

DES MICROSCOPES.

PRÉFACE.

Avec des lentilles en verre, soit uniques, soit au nombre de deux ou de trois combinées l'une avec l'autre d'une façon déterminée, on construit encore des microscopes à l'aide desquels de fort petits objets quels qu'ils soient, ainsi que leurs parties, ne paraissent pas moins grossis que les objets lointains contemplés à l'aide de télescopes. Quant à ceux qui consistent en une seule lentille, il est croyable qu'on s'est aperçu de leur utilité peu de temps après l'invention des télescopes; mais il fallait plus de sagacité pour découvrir l'artifice des microscopes composés; leur construction paraît être postérieure de dix ans environ à cette invention-là. En effet, il paraît que vers la 18^{ème} année de ce siècle, il n'existait pas encore de microscopes de cette espèce; puisqu'Hier. Syrturus, qui a publié un livre en cette année-là sur l'origine et la fabrication des télescopes¹⁾ n'aurait pas passé sous silence une invention aussi remarquable si alors elle avait déjà été connue. Il est vrai que François Fontana déclare dans son livre des „Observations”²⁾ publié en 1646 qu'il a connu ces microscopes depuis cette même année 1618. Mais le témoignage de Hier. Syrtalis qu'il invoque n'est pas plus ancien que l'année 1625³⁾. Or, des témoins oculaires m'ont souvent raconté⁴⁾ qu'en 1621 ils avaient vu à Londres, en Angleterre, des microscopes de ce genre chez notre compatriote Drebbel⁵⁾, et que celui-ci fut considéré alors comme le premier inventeur de ces instruments. Mais rien n'empêche de croire que l'un et l'autre, en combinant des lentilles de diverses manières, ne soient parvenus à faire cette découverte, quoiqu'ignorant les causes des effets observés et toute géométrie.

1) Leçon alternative: „sunt”.

2) Leçon alternative: „secus”.

3) Leçon alternative: „minus erat obvium”.

4) Leçon alternative: „quod”.

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

6) Voir l'ouvrage cité dans la note 7, p. 48 du T. I. Il s'agit du „Tractatus octavus de microscopio, quo minutissima & quasi invisibilia, sic argenter, ut clarè, distinctè conspicuntur.” Dans ce traité qui occupe les p. 145—151 de l'ouvrage cité et où le microscope composé est décrit, le „Caput I. De inventore huius specilli” commence par la phrase: „Inventionem hanc reperi in anno 1618.”

7) Voici cette déclaration, telle qu'on la trouve à la p. 3 de l'ouvrage mentionné dans la note précédente: „Ego Hieronymus Sirsalis Societatis Jesu S. T. P. in Collegio Neapolitano omnibus testatum voto me circiter annum 1625 in domo Perillustri viri, ac patris solii Parthenopæi decoris Francisci Fontanæ vidisse microscopium, et non multo post temporis

DE MICROSCOPIIS.

[PRÆFATIO.]

Lentibus vitreis etiam vel folis, vel binis ternive certa ratione junctis, Microscopia parantur¹⁾, quibus corpuscula quælibet minima partesque eorum non minus²⁾ auctæ apparent quam res longinquæ telescopijs. Et eorum quidem quæ simplici lente constant, credibile est non multo post inventa telescopia usum fuisse animadversum; compositorum vero artificium majoris erat industria³⁾, quod decennio circiter posterius esse invento illo videtur. Nondum enim anno hujus sæculi 18.º ejusmodi microscopia extrixit apparet, cum⁴⁾ Hier. Syrturus, qui de origine et fabrica Telescopiorum eo anno librum edidit⁵⁾, non fuerit silentio præteriturus insigne inventum, si jam tum cognitum fuisset. Franc. quidem Fontana ab ipso A.º 1618 id sibi arrogat in libro Observationum⁶⁾ edito in lucem A.º 1646. Sed testimonium Hier. Syrtalis quod adducit non est antiquius Anno 1625⁷⁾. Anno autem 1621 apud Drebbelium⁸⁾ nostratrem conspecta fuisse microscopia hujusmodi Londini in Britannia ipsi quibus ostendebantur⁹⁾ sæpe mihi narrauerunt¹⁰⁾, ipsumque primum auctorem eorum tunc habitum. Nihil vetat autem quin ambo ex varia lentium compositione huc devenerint, etsi causarum in his rebus et omnis Geometriæ ignari.

intervallo Telescopium è duobus conuexis ab ipso mira arte compositum, ut merito diuino eius ingenio tam præclara inuenta accepta referenda sint. Telescopium vero è conuexo & concauo compactum fateor eo perfectionis ab eodem perductum, ut licet multa ac ferè omnia, quæ Neapolim ex varijs partibus illata sunt, perspexerim, ut sum hac in re percuriosus, nullum tamen viderim, quod conferendum, nedum præferendum sit ijs, quæ Fontana elaborauerit. Quare multum quidem debent tam posteris nostro sæculo, quam externi nostræ Vrbi, quod virum dederint, qui tantum benemeretur de omni ætate, de toto Orbe.”

8) Voir sur Drebbel la note 12, p. 122 du T. V.

9) Leçon alternative: „qui adfuerant”.

10) Parmi eux on doit compter, sans doute, le père de Christian Huygens, qui se trouvait à Londres comme secrétaire d'ambassade au printemps de 1621 et ensuite de décembre 1621 jusqu'au mois de février 1623 et qui, pendant cette dernière période, fréquentait beaucoup Drebbel, dont il avait fait la connaissance à son premier séjour. Voici la description qu'il donna plus tard, probablement en 1631, du microscope de Drebbel dans un fragment d'autobiographie publié en 1897 par le Dr. J. A. Worp, p. 1—122 du T. 18 des „Bijdragen en Mededeelingen van het Historisch Genootschap gevestigd te Utrecht”. On y lit aux p. 119—121: „Ab eiusdem non manu solâ sed prodigioso ingenio est perspicillum, ut sic dicam statarium duobus vitris instructum, quorum convexum utrumque, alterum, quod inferius et objecto proximum est, amplitudine auricularis digiti medium unguem vix aequat. Hoc mirabili tubulo, ut nihil omni vitâ aliud præstisset, nominis immortalitatem Drebbelium non dubie promeruit. Corpora nempe, quorum inter atomos haecenus æstimatio

D'ailleurs les microscopes simples dont j'ai parlé et qui étaient autrefois réputés moins bons, ont été améliorés il y a peu de temps à ce point qu'ils surpassent tous les autres dans la puissance d'agrandir. Ils se composent soit d'une seule petite lentille convexe soit d'une petite sphère en verre placée près de l'œil; nous exposerons d'abord les raisons et les causes de chacune de ses dispositions.

[PROPOSITION X.]

Exposer la construction et l'emploi des microscopes simples¹⁾.

L'effet de la petite lentille se conçoit aisément d'après ce que nous avons écrit en général à la Prop. III, Livre II, Part. I²⁾ sur le grossissement dû à une lentille convexe. En effet, soit N la lentille (fig. 30), supposons l'objet placé en R, son foyer, et l'œil O fort près de la lentille. Les rayons issus du point R et réfractés se rendront parallèlement à l'œil O et donneront lieu à une vision distincte. Or, l'objet QRQ sera aperçu en même grandeur que si la lentille N était absente et qu'au lieu d'elle il y avait une lamelle percée d'une petite ouverture³⁾, c'est-à-dire il sera vu sous l'angle QNQ. De sorte que la lentille interposée n'a ici d'autre effet que de rendre distincte la vision qui sans la lentille serait confuse⁴⁾. Mais comme la vision ne devient distincte pour l'œil nu que lorsque celui-ci est à une certaine distance, de 8 pouces par exemple, on pourra dire que l'image apparente est maintenant grossie dans un rapport égal à celui de ces 8 pouces au petit espace NR, c'est-à-dire à la distance focale de la petite lentille N; de sorte que si cette distance est égale à la cinquième partie d'un pouce, le grossissement linéaire sera 40:1. Plus donc la distance focale de la petite lentille N est petite, plus grand aussi sera son pouvoir de grossir l'image d'un petit objet⁵⁾; toutefois il se

suit, omnem humanam aciem longe fugientia, inspectanti oculo tam distincte obiect, ut, cum maxime vident imperiti, que nunquam videre, nihil se videre questi primo, mox incredibilia oculis usurpare clamitent. . . . Cum Drebbelio frequenter, quoties Londini essem, ad me visente, memini hac de re præstantissimos sermones fuisse, quorum, si per vita sortem liceat, fructum aliquando et profectum non vanâ mihi spe pollicear.⁶⁾

¹⁾ Leçon alternative: „facultate”.

²⁾ Suscription qu'on rencontre à la p. 222 de l'édition de 1703, mais qui manque dans le manuscrit; comparez la note 2 de la p. 475.

³⁾ Voir les p. 181—183.

⁴⁾ Voir la Prop. I, Liv. II, Part. I, p. 173.

⁵⁾ Les phrases qui précèdent, à commencer par le mot „Visibile” remplacent le raisonnement ingénieux mais bien plus compliqué, biffé depuis, que nous faisons suivre: „Quod si

Cæterum simplicia quæ dixi microscopia, cum ante hac minoris fierent haud pridem eo perducta fuere ut cæteris omnibus in augendis virtute¹⁾ antecellant. Fiunt autem vel lenticula una convexe, vel sphaerula vitrea prope ad oculum adnota, quorum utriusque rationes causasque hic primum exponemus.

[PROPOSITIO X.]

[Simplicium microscopiorum rationes et usus exponere.]²⁾

Lenticulæ effectus ex ijs facile intelligitur, quæ de amplificatione convexæ lentis in universon scripsimus Prop. [III, Lib. II, Part. I]³⁾. Sit enim lens N [Fig. 30], res visa ad R focus nempe ejus, oculus O proxime lenti admotus. Jam radij ex R egressi ac refracti mittentur ad oculum O paralleli, distinctamque visionem efficiunt. Visibile autem QRQ eadem magnitudine cernetur ac si lens N abesset, et in locum ejus lamina cum exiguo foramine constitueretur⁴⁾, nempe angulo QNQ. ut proinde nihil aliud hic præster interposita lens, quam ut distincta fiat visio, quæ absque lente confusa foret⁵⁾. Sed cum nudo oculo ita demum distincta fiat si spatio aliquo, puta 8 pollicum, oculus distet; tanto nunc auctior imago apparens dici poterit quanto 8 pollices isti majores sunt spatio NR, seu foci distantia lenticulæ N, quæ si pollicis quintam partem æquet, erit augmentum velur 40 ad 1, ratione diametri. Quanto igitur minor erit foci distantia lenticulæ N, tanto major erit effectus ejus in dilatanda rei minutæ specie⁶⁾; quamquam obstacula quædam hic sese



distantia oculi CA æqualis sit AB, latitudo autem rei visæ EE, duplo major hæc apparebit ac quanta absque lenticula spectaretur, quia ductis ED, axi BC parallelis, junctisque DC, scimus angulo DCD spectatam in EE. qui angulus duplus censendus est anguli ECE, qui rectis EC comprehenditur. Constat porro ex [Prop. XIII, Lib. II, Part. I, p. 232] admoto vel remoto longius oculo C ab lenticula A, eodem tamen angulo lineam EE perceptum iri. Itaque applicato ad ipsam lentem A oculo nulla est amplificatio. eadem magnitudine trans lentem atque ea remota apparet linea EE; quia duplicata magnitudo apparens manet, vera autem duplo augetur; nec aliud hic præster interposita lens, quam ut distincta fiat visio quæ absque lente confusa foret.⁷⁾

⁶⁾ Primitivement cette phrase se terminait par les mots, biffés depuis, „ac proinde id unice incumbendum ut quam minimæ lenticulæ, exactè ad sphericam convexitatem elaborentur atque expoliantur, in quo non exigua est difficultas.”

présente ici certains obstacles que nous devons mentionner plus tard et qui empêchent de dépasser certaines limites ¹⁾. Et la même chose a lieu dans le cas des petites sphères qui, comme nous l'avons dit, peuvent être employées ici en guise de lentilles; lesquelles d'ailleurs peuvent aisément être fabriquées aussi petites qu'on le désire. Ces sphères ne sont inférieures aux petites lentilles, si les unes et les autres sont en verre, que sous un seul rapport: pour un même grossissement les petites lentilles sont trois fois plus distantes de l'objet; elles laissent donc libre un espace à travers lequel la lumière peut être admise latéralement. De cette façon on peut observer les couleurs des objets, tandis qu'autrement il faut tourner le microscope vers la lumière directe et contempler seulement des objets si minces qu'ils sont transparents.

L'effet obtenu avec la petite sphère, et ce que nous avons dit de la distance trois fois moindre, est démontré de la façon suivante ²⁾: Considérons une sphère en verre à centre K (fig. 31) et à axe AB; plaçons sur cet axe, prolongé des deux côtés, l'œil en D et l'objet en C; les distances AD et BC étant chacune égale au quart du diamètre AB. Le point C est donc le point de concours des rayons parallèles à l'axe AB qui tombent sur la surface AH ³⁾. C'est pourquoi l'objet placé en C enverra, par suite de la réfraction due à la sphère, des rayons parallèles à l'œil situé au point D; par conséquent, la vision deviendra distincte. Si l'on prolonge BD jusqu'en L, de sorte que AL soit égale au diamètre AB, et si, d'après la proposition XII, Liv. I, Part. I ⁴⁾, on choisit le point F de telle manière que DL : DK = DA : DF, D sera le point de concours des rayons qui dans la sphère correspondent au point F, tels que GH. Or, de même que DL et DK sont égales, de même aussi DA et DF le seront. Supposons maintenant GE parallèle à l'axe et puisse ce rayon intercepter la ligne CE de l'objet. Tirons en outre la droite ED. Le rayon EG, réfracté au point G, se meut donc selon GH et, réfracté de nouveau au point H, il continue sa route et atteint l'œil au point D. C'est pourquoi la ligne CE est vue sous l'angle ADH, tandis que, contemplée à l'œil nu, elle occuperait l'angle CDE, que je dis être la moitié de l'angle précédent. En effet, comme AF est le double de AD, l'angle ADH sera le double de l'angle AFH. Or, DE est parallèle à FG, parce que GE est d'abord parallèle à FD et peut être considérée comme égale à cette dernière droite ou à la droite BC, attendu que la petite ligne CE est, par hypothèse, de fort petite dimension par rapport au diamètre de la sphère. Par conséquent, l'angle ADH sera aussi double de l'angle CDE; l'angle ADH est donc égal à l'angle CKE. Il s'ensuit que, l'œil étant placé au point D (ou en un autre point quelconque sur le prolongement de l'axe BA d'après la prop. XIII du Livre II, Part. I ⁵⁾), la ligne CE apparaîtra sous le

¹⁾ Voir la p. 533, qui suit.

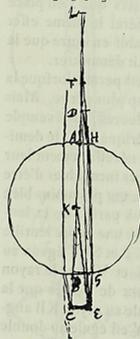
²⁾ Leçon alternative: „relinquant”.

³⁾ On peut comparer avec ce qui suit les trois dernières annotations, p. 690—694, qui font

afferunt in sequentibus memoranda, quæ ultra certos terminos progredi verant ⁶⁾. Atque idem in sphaerulis accidit quæ ut diximus pro lentibus hic adhiberi possunt; quas aliqui quantumvis exiguas facile parare licet. Hæc vero hoc uno lentibus cedunt si utraq; sint vitræ, quod in pari amplificatione triplo amplius a visibili lenticulæ distent, eoque spatium præbeant ⁷⁾, quo lateralis lux immitratur. Sic enim rerum colores conspiciere licet, cum aliqui directæ luci obvertentiam sit microscopium, et tantum quæ tenuitate sua pellucet intuentia.

Effectus vero sphaerulæ, atque hoc quod diximus de triplo minore distantia sic demonstrantur ⁸⁾: Sit sphaera vitrea cujus centrum K [Fig. 31], axis AB, in quo utrimque producto statuatur oculus ad D; visibile ad C; positus distantijs singulis AD, BC diametri AB quadrantibus. Est ergo punctum C concursus radiorum axi AB parallelorum qui incidunt in superficiem AH ⁴⁾; quare visibile in C positum, mittet radios ex refractione sphaeræ parallelas ad oculum in D, eoque fiet visio distincta. Producta autem BD ad L, ut AL sit diametro AB æqualis, si fiat secundum propof. [XII, Lib. I, Part. I] ⁵⁾ ut DL ad DK, ita DA ad DF, erit in puncto D concursus radiorum intra sphaeram positum ⁶⁾ et ad punctum F pertinentium, qualis GH. Sicut autem æquales DL, DK, ita quoque erunt DA, DF. Sit jam GE axi parallela, atque interceptat rei visæ lineam CE, ac ducatur recta ED. Radius ergo EG, fractus ad G, incedit secundum GH, et rursus fractus ad H, pergit ad oculum in D, quamobrem linea CE spectatur angulo ADH, quæ nudo oculo occuparet ang. CDE. quem dico illius esse dimidium. Quia enim AF dupla ad AD, erit angulus ADH duplus AFH. Est autem DE parallela FG, quia GE et parallela est FD, et huic ipsi five rectæ BC æqualis censenda, quia CE lineola velut minima habetur ratione sphaeræ diametri. Erit ergo anguli quoque CDE duplus ADH; qui æqualis proinde angulo CKE. Unde liquet oculo ad D collocato, (sive utcumque alibi in producto axe BA per prop. [XIII, Lib. II, Part. I] ⁷⁾) apparituram lineam

[Fig. 31.]



[Fig. 32.]



partie du § 11 de l'Appendice X. Ces annotations ont dû servir d'avant-projet aux considérations qui suivent.

⁴⁾ Voir la Prop. XIII, Liv. I, Part. I, p. 79.

⁵⁾ Voir la p. 41 du Tome présent.

⁶⁾ Leçon alternative: „euntium”.

⁷⁾ Voir la p. 233 du Tome présent.

même angle sous lequel cette ligne ferait vue à l'œil nu par un observateur regardant du point K¹⁾. Si donc le diamètre AB de la petite sphère est de $\frac{1}{16}$ pouce²⁾, et c'est de sphères de cette grandeur que nous nous servons habituellement³⁾, KC devient égale à $\frac{1}{16}$ pouce, distance qui est à celle de 8 pouces comme 1 est à 128. Par conséquent, dans ce cas le grossissement est exprimé par le rapport 128 : 1; il est donc sans doute fort considérable. Mais si la distance focale NR de la lentille N [Fig. 32] est égale à la droite KC, l'objet RQ, comme nous l'avons dit, sera vu à travers cette lentille en même grandeur que lorsque l'œil avait été placé en N et que la lentille était absente; et la grandeur apparente ne change pas en quelque endroit de l'axe prolongé RN que l'on place l'œil. Il s'enfuit donc que le même grossissement et en général le même effet est obtenu par la lentille N et par la sphère AB. Il est établi en outre que la distance RN est égale à trois fois la distance BC; ce qu'il fallait démontrer.

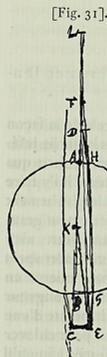
Nous avons négligé ici l'épaisseur de la lentille NQ ce qui est permis lorsque la distance focale NR est égale à un pouce ou n'est pas beaucoup plus petite. Mais comme les lentilles très menues sont pratiquement les meilleures, par exemple celles qui sont formées des deux côtés dans une cavité sphérique dont le demi-diamètre ne surpasse pas le douzième d'un pouce, il faut nécessairement leur laisser une certaine épaisseur, afin qu'elles ne deviennent pas incapables d'être maniées à cause de leur extrême petitesse et qu'elles ne prennent pas moins bien la forme sphérique. Il en résulte que la distance, dont j'ai parlé, de la lentille à l'objet s'amointrit. Considérons par exemple (Fig. 33) une petite lentille ST, dont la surface coupée par un plan donne des arcs SXT et SVT égaux au tiers d'une circonférence, c'est-à-dire décrits des centres X et V avec le rayon XV. Pour que cette lentille produise le même grossissement de l'objet que la petite sphère AB [Fig. 31], il faut que XV devienne égale au rayon KB augmenté d'un quart⁴⁾; d'où il s'enfuit que la distance focale VY est égale au double de BC⁵⁾ ou à $\frac{2}{3}$ NR.

¹⁾ On trouve encore en marge: „Nota CE vel BG triplam esse AH.” et de même un peu plus haut: „de luce per foramen” [voir l'avant-dernière ligne du troisième alinéa de la p. 521]. „de area.”

²⁾ C'est-à-dire de 2,18 mm.

³⁾ On peut consulter encore, sur la grandeur des boulettes employées par Christiaan Huygens, sa lettre à Constantijn, frère, du 18 nov. 1678 à la p. 124 du T. VIII.

⁴⁾ Le résultat est juste; mais il est clair qu'une partie du raisonnement est supprimée. Pour y suppléer posons $XV = r$, alors, d'après la formule de la note 2 de la p. 86, où maintenant $R_1 = R_2 = c = r$, on aura $VY = \frac{2}{3}r$. Puis après, pour suivre autant que possible le raisonnement appliqué dans l'alinéa qui précède, on doit marquer sur l'axe YVX un point U, tel qu'on aura $XU = YV$ et construire le point W, qui, par rapport à la surface réfringente SXT, correspond au point U. D'après la règle de la Prop. XII, Liv. I, Part. I, p. 41 on trouvera $XW = 2r$. Ainsi, un rayon parallèle à l'axe partant d'un point Z de l'objet, situé



[Fig. 31].



[Fig. 33].

dupla BC⁵⁾, seu $\frac{2}{3}$ NR.



[Fig. 32].

CE angulo eodem quo nudo oculo apparet intuiti ex puncto K¹⁾. Unde si diameter sphaerulae AB sit $\frac{1}{16}$ pollicis²⁾, qualibus uti solemus³⁾, sit $KC \propto \frac{1}{16}$ pollicis cuius ad distantiam 8 pollicum ea est ratio quae 1 ad 128; adeo ut amplificationis ratio tunc sit quae 128 ad 1, quae sane insignis admodum. arqui si lentis N [Fig. 32] foci distantia NR aequalis sit rectae KC, diximus ejus opera visibile RQ eadem magnitudine cerni ac si, absque lente, in N oculus poneretur; neque etiam hic mutatur apprensus magnitudo ubicunque in axe producto RN oculus statuatur. Ergo sequitur eandem multiplicationem, eandemque profus effectum praestari lente N et sphaera AB. Et constat porro distantiam RN triplam esse BC, quae fuerant demonstranda.

Hic crassitudinem lentis NQ pro nulla habuimus, qualis censeripotest, cum foci distantia

NR pollicaris est vel non multo minor; Sed quum usu praestent exiles lenticulae, velut quae utrinque formantur cavo sphaerico, cuius $\frac{1}{2}$ diameter duodecimam pollicis non excedit, necessario relinquenda est ijs crassitudo aliqua, ne ob nimiam parvitatem intractabiles fiant, neve minus bene sphaericam formam induant. Hinc vero minuitur illa quam dixi distantia vitri a subiecto visibili. Velut si sit lenticula ST [Fig. 33] cuius superficies plano secta faciat arcus SXT, SVT circumferentiae trices, nempe descriptos centris X, V, radio XV. Haec ut idem praestet augendo visibili ac sphaerula AB [Fig. 31]; debet XV radio KB et quarta ejus parti aequalis poni⁴⁾; unde oritur foci distantia VY

à une distance d de l'axe, se dirigera dans l'intérieur de la lentille vers le point W, qui, en effet, n'est autre que le foyer de la surface SVT, et fera avec l'axe un angle égal à d : $VW = d$: $3r$. Ensuite, lorsque ce rayon, après sa seconde réfraction, se portera vers le point U, cet angle sera augmenté dans le rapport de XU à XV, c'est-à-dire de $\frac{2}{3}$ à 2. L'œil qu'on peut supposer placé en U verra donc la partie YZ = d de l'objet sous un angle d : $\frac{2}{3}r$, et pour que le grossissement égale celui de la lentille N de la fig. 32, il faut donc qu'on ait $\frac{2}{3}r = NR = \frac{2}{3}KB$ [Fig. 31]; c'est-à-dire $r = XV = \frac{3}{2}KB$.

⁵⁾ Puisqu'on a, d'après la note qui précède, $VY = \frac{2}{3}VX$ et $VX = \frac{3}{2}KB$, donc $VY = KB = 2BC$.

PROPOSITION XI.

Expliquer comment on fabrique les petites sphères et lentilles et de quelle façon on s'en sert.

Plus les sphères sont petites, plus il est aisé de les fabriquer, et cela de la façon suivante ¹⁾. On introduit ²⁾ de très menus fragments de verre dans la partie inférieure de la flamme d'une lampe là où l'on observe la couleur bleue, de sorte que le verre rougit au feu. On touche le fragment de verre, de manière à l'y faire adhérer, avec un fil de fer étiré, aussi mince que possible, et on le fait adroitement tourner; le verre en découle ainsi en petites boules qui seront suffisamment grandes si elles sont égales à un grain de moutarde. Parmi plusieurs boulettes ainsi préparées vous en trouverez quelques bonnes; vous pourrez le constater après les avoir enchauffées dans une lame d'airain. Cela se fait ainsi. Vous pliez en deux une lame d'airain très mince de la largeur d'un doigt et d'une longueur double; vous percerez le carré ainsi obtenu en son milieu avec la pointe d'une aiguille; vous polirez avec une pierre de touche les trous opposés pour enlever toute inégalité aux bords, et vous couvrirez la surface de noir de fumée afin qu'il ne reste aucune partie brillante à l'intérieur. Vous introduirez ensuite la boulette encore attachée au fil de fer entre les deux parties de la lame et vous la placerez entre les deux ouvertures; vous la retiendrez dans cette position par la pression, plaçant autour d'elle trois petits clous d'airain coupés d'un fil et les rivant à l'aide d'un marteau. Vous construirez ainsi avec peu de peine plusieurs microscopes dont vous choisirez les meilleurs ⁴⁾.

Comme je l'ai dit, le principal usage qu'on peut faire de ces microscopes est d'observer de petits corps transparents. Les petits appareils ainsi construits sont montés de telle manière que par la rotation d'une vis on peut les faire approcher ou s'écarter de l'objet; on peut ainsi les placer à la distance requise et rendre la vision distincte ⁵⁾. À cet effet il est aussi fort utile d'écarter le surplus de lumière et de n'admettre celle-ci que par un trou éloigné de l'objet à une distance à peu près égale à quatre fois son diamètre ⁶⁾. On peut mieux définir

¹⁾ On peut consulter sur l'invention des boulettes pour les microscopes et sur les différentes manières dont elles furent fabriquées par Hudde, Hartsoeker et les frères Huygens, les pp. 58—60 (surtout la note 1), 64, 65, 67, 68, 70, 88 (note 4), 89, 90, 91, 98 et 206 (note 10) du T. VIII.

²⁾ Au lieu de ce qui suit on lisait primitivement la description un peu plus détaillée, biffée depuis, que voici: „Frustulum vitri ad flammam lucernæ candescat transversum tubuli afflatu, ut fieri solet, in cuspidem porrectam. Candescat, ac simul in filum extendatur. Ejus filii particula, imæ flammæ sed quiescenti admota nec

[PROPOSITION XI.]

Quomodo sphaerulae et exiguae lentes parentur atque usui aptentur exponere.

Sphaerulae quo minores eo facilius conficiuntur, hoc modo ¹⁾. Fragmina ²⁾ vitri minima ad imam lucernae flammam qua parte caeruleus color conspicitur admoventur ut candescant atque ita filo ferreo, quantum tenuissimum duci potest excepta, ac porro dextrè versata, in globulos abeunt, qui satis magni si granum sinapi aequaverint. E pluribus ita paratis aliquos probos reperies, idque experies postquam lamellae aëreae eos incluseris. Quod ita fit. Lamellam ex aëre tenuissimo digiti latitudine, longitudine duplâ, complicabis, tum medium hoc quadratum acus cuspidem perforabis, foramina opposita cotricula levigabis ne quid scabri circa margines adhæreat et flammæ fuligine inscicias, ne quid fulgidum intus remaneat ³⁾. Inde sphaerulam adhuc filo ferreo hærentem intra lamellam atque ad ipsa foramina inferes; pressamque continebis adactis circum aënis tribus clavicularibus ex filo defectis malleoque firmatis. Sic levi opera plura microscopia efficies, e quibus quæ optima felices ⁴⁾.

Horum uti dixi præcipuus est usus ad pellucida quæque corpuscula inspicienda. Imponuntur vero machinulae ita constructae ut cochleolæ conversione accedant recedantque a visibili, atque ita ad requisitam distantiam deducantur sicut distincta visio ⁵⁾. cui porro plurimum conducit, ut lux nimia coëreatur, nec nisi per foramen admittatur quod circiter quaternis suis diametris a visibili distet ⁶⁾.

interius inversa quo caeruleus color conspicitur, ibi continue dextrè versata in globulos abit qui satis magni si sinapi granum magnitudine aequaverint, filo ferreo tenuissimo ac capillari ex alia parte excipiatur, utroque nimirum candente. simulque deinde globulus a vitreo filo suo abstrahatur, ut soli ferreo insideat, atque ita porro in ima quam dixi flamma rotundetur donec figura perfecta sphaerica appareat.”

¹⁾ Il y avait „restet”, mais Huygens annota en marge „remaneat pro restet.”

²⁾ On trouvera au § 7 de l'Appendice X, p. 683, une description plus détaillée de la manière d'enchaîner la boulette dans la lame d'airain.

³⁾ On peut consulter sur les divers arrangements imaginés à cet effet par les frères Huygens les pp. 92, 93, 97, 114, 122, 123, 124, 128, 129, 131, 137 et 188 du T. VIII, et les §§ 5—8 de l'Appendice X, p. 680—685. De plus les pp. 99, 112, 113 et 122 du T. VIII contiennent des renseignements sur une petite machine, munie d'une roue à objets, qui était l'oeuvre commune de Christiaan Huygens, Olaf Römer et Hartsoeker.

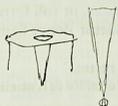
⁴⁾ On trouve en marge deux petites figures, reproduites à côté, où l'on reconnaît le trou en

de cette façon l'ouverture qui convient à la boulette que par la largeur du trou contigu qu'il n'y a aucun avantage à rétrécir. L'oeil doit être placé fort près de la boulette afin qu'il puisse embrasser un plus grand espace.

D'ailleurs les petits corps solides ou liquides qu'on veut examiner doivent être placés sur une petite plaque de verre ronde et plane laquelle doit, pendant l'observation, être mobile dans tous les sens¹⁾. Quelques observateurs attirent le fluide par des tubes de verre si étroits qu'on peut à peine y faire entrer un seul cheveu²⁾; mode d'opérer qui a aussi ses avantages. Mais si l'on se sert, des petites lentilles dont nous avons parlé et si l'on place latéralement une deuxième lentille pour éclairer l'objet d'en haut³⁾, il faut prendre soin de donner les dimensions convenables au petit trou qui sert d'ouverture, essayant quel diamètre il peut avoir sans que la vision devienne moins distincte. En effet, dans ce cas les points des corpuscules rayonnent eux-mêmes, ce qui n'a pas lieu chez les corps transparents qu'on observe à travers les boulettes: dans ce dernier cas l'objet intercepte de la lumière mais n'en émet pas.

L'effet qu'on obtient ainsi de ces petites lentilles et boules est admirable, comme on peut s'en convaincre d'après les expériences publiées⁴⁾, par lesquelles la connaissance des choses naturelles a fait de grands progrès. Parmi celles-ci il y a l'observation nette du mouvement circulaire du sang, lequel nous avons vu avec délice dans la queue d'une anguille, où il nous fut montré par notre célèbre compatriote Leeuwenhoek, investigateur fort zélé de ces phénomènes⁵⁾. En effet, cette queue est transparente; et le sang, composé de globules légèrement colorées en rouge, circule rapidement par les petits canaux des artères qui aboutissent dans les veines. Sans doute on observerait la même chose dans les autres animaux; seulement on ne trouve pas aisément chez eux des parties transparentes. Or, Leeuwenhoek avait plongé une petite anguille vivante dans un tube de verre à moitié rempli d'eau, auquel il appliquait extérieurement le microscope là où l'extrémité de la queue touchait le verre⁶⁾.

question et le faisceau de lumière qui passe par un point du petit objet se trouvant au milieu du champ de vision. Or, il est clair que la petitesse de la section de ce faisceau, là où il rencontre la boulette, diminue singulièrement les deux aberrations, mais aussi que cet artifice ne peut pas servir, comme Huygens va le remarquer bientôt, dans le cas d'un corps opaque éclairé par devant. Voyez encore l'arrangement avec les petites platines carrées mentionné aux pp. 123, 130 et 131 du T. VIII et consultez sur d'autres arrangements pour obtenir une illumination convenable de l'objet transparent les §§ 4, 5, 9 et 11, de l'Appendice X, pp. 678, 680, 686, 690,



et de plus une remarque à propos des observations microscopiques du 17 sept. 1678, p. 710 de l'Appendice XI.

¹⁾ Leçon alternative „latus”.

²⁾ La leçon primitive faisait suivre: „quod si liquida materia inspicienda sit, minima ejus guttula vitro huic imposita, alio orbiculo ex tali lamina tenuissima pre-

Etenim hoc pacto melius apertura sphaerulae conveniens definitur quam latitudine foraminis contigui, quod hic artari nihil necesse est. Oculus sphaerulae proxime admovendus est quo majus spatium complectatur.

Ceterum quae visui proponuntur corpuscula, aut liquorum guttulae, orbiculo vitreo plano imponuntur qui inter aspiciendum in omnem partem¹⁾ mobilis sit oportet²⁾. Sunt et qui vitreis tubulis liquorem attrahant, tam angustis ut vix pilos singulos admittant³⁾, quae ratio suos quoque usus habet. Lenticulis autem quas diximus utendo, ac lente alia à latere apposita, lucem rei visae desuper affundendo⁴⁾, curandum est ut aperturae minimum foramen exacte temperetur, experiendo quantum patere possit sine distincta visionis detrimento. Radiant enim hic corpusculorum puncta, quod aliter est in pellucidis quae per sphaerulas spectantur, ubi lucem intercepti res objecta, non emittit.

Mirabilis autem est lenticularum ac sphaerularum ejusmodi effectus, ut ex editis in publicum experimentis cognoscere licet⁵⁾, quibus naturalium rerum cognito plurimum lucis accipit. In his est observatio manifesta circularis motus sanguinis, quem, monstrante N. Lewenhokio nostro, diligentissimo horum investigatore⁶⁾, in anguilla cauda, summa cum voluptate conspeximus. Est enim perlicuda⁷⁾; ac sanguis globulis subrubentibus constans, celeri motu per canaliculos arteriarum, qui venis continuantur, discurrit, quod haud dubie in ceteris quoque animalibus animadvertetur, sed non facile partes luci perviae in his reperiuntur. Anguillulam vivam in tubum vitreum demiserat aqua femiplenum cui extrinsecus microscopium applicabar ea parte qua cauda extrema vicrum tangebatur⁷⁾.

menda est, ut tamen inter utrumque exigua distantia relinquatur.”

³⁾ Il s'agit entre autres de Leeuwenhoek. Consultez à ce propos la p. 27 du T. VIII et les p. 122—124 du N° 106, du 21 septembre 1674, des „Philosophical Transactions.”

⁴⁾ Voir la Fig. 4, p. 624 de l'Appendice VIII, et consultez sur la clarté des objets opaques sous le microscope composé les p. 337—339 du Tome présent.

⁵⁾ Voir, entre autres, les ouvrages suivants, cités dans la „Correspondance”: Power „Experimental philosophy”, etc., 1664 (T. IV, p. 382); Hooke „Micrographia”, etc., 1667 (T. V, p. 4); Swammerdam „Historia Insectorum Generalis”, etc., 1669 (T. VII, p. 44) et les communications de Leeuwenhoek à la Société Royale de Londres, qui commencèrent en 1673 et qui furent pour la plupart rassemblées dans ses „Opera omnia”, 1722 (T. VII, p. 315, voir aussi T. VIII, p. 161, note 3); quant à Huygens lui-même, il n'a rien publié sur ses nombreuses observations microscopiques, excepté sa lettre à l'auteur du Journal des Sçavans d'août 1678 qu'on trouve aux p. 96—97 du T. VIII. Ajoutons que nous avons réuni dans l'Appendice XI, p. 698 et suiv. les observations microscopiques de Huygens telles qu'on les rencontre dans ses Manuscrits.

⁶⁾ Voir sur Antoni van Leeuwenhoek la note 16, p. 315 du T. VII.

⁷⁾ On trouvera à l'Appendice XI, p. 720, une description détaillée d'une telle observation qui d'après le lieu qu'elle occupe au Manuscrit II doit être datée de 1692. Voir pour une observation de Huygens du 28 février 1678 sur la composition du sang la p. 698 de ce même Appendice XI.

Il est également intéressant d'observer les animalcules nageant dans des gouttes d'eau, dans lesquelles du gingembre ou du poivre ou quelque autre substance possédant une odeur plus ou moins prononcée a séjourné durant quelques jours ¹⁾.

Ces animalcules sont de formes diverses et plus petits les uns que les autres. Leurs mouvements assez rapides eu égard à leur propre grandeur font étonner: en effet, on ne peut voir aucun agencement qui leur permette d'avancer, attendu qu'ils ne possèdent ni pieds ni branchies et qu'ils ne fléchissent pas le corps comme le font les poissons. Car les petites anguilles du vinaigre ²⁾, beaucoup plus grandes que ces animalcules, nagent de la même manière que les poissons des fleuves; ces anguilles ont ceci de remarquable qu'elles donnent naissance à des petits vivants ³⁾. En effet, j'ai vu une anguille qui en contenait quatre autres plus petites (car elles sont entièrement transparentes) et comme elle fut soigneusement gardée dans un petit tube, elle leur a donné le jour après quelques heures, et les petites anguilles nageaient chacune séparément.

Mais il est vraisemblable que les animalcules dont j'ai dit qu'ils se meuvent dans l'eau, viennent de l'air et sont attirés dans l'eau par l'odeur. En effet, des substances diverses ayant été macérées dans l'eau, on y trouve les mêmes formes d'animalcules ⁴⁾. Mais lorsque le vase est fermé, il n'en apparaît aucun ⁵⁾. Or, ils planent aisément dans l'air à cause de leur extrême petitesse, attendu qu'ils sont beaucoup plus menus que les moindres grains de poussière. Il est donc fort possible que, sans le savoir, nous en faisons entrer dans nos poumons bien des milliers. Et il ne serait pas inutile d'observer dans quels saisons il en apparaît davantage, et si leur nombre augmente lorsque l'air est vicié.

Il apparaît ⁶⁾ que le lait consiste dans de petits globules transparents nageant dans un liquide également transparent mais de pouvoir réfringent différent; par conséquent, le lait paraît blanc quoiqu'il ne contienne que des matières absolument diaphanes et incolores.

Je ne parle pas de tant de formes admirables de menus insectes. Des ailes des papillons et des cousins, recouvertes de plumes extrêmement petites ⁷⁾. Des grains de poussière attachés aux étamines au milieu des fleurs ⁸⁾, lesquels ne sont autre chose que des follicules transparents remplis de cette matière dont les abeilles font la cire, et qu'elles emportent à leurs ruches attachée à leurs pieds. Mais il faut considérer comme la découverte la plus admirable et la plus impor-

¹⁾ On peut consulter sur ces observations, en outre de l'Appendice XI, p. 698 et suiv., les pp. 21—27, 68—70, 73, 74, 91, 92, 97, 124, 125, 130, 131, 139—142, 159, 163, 166, 168, 169, 204, 205, 224 et 225 du T. VIII.

²⁾ Voir encore sur ces anguilles l'observation du 11 juin 1678, p. 700 de l'Appendice XI.

³⁾ D'après H. Baker, „Employment for the microscope, etc.” London, 1753, la viviparité de l'anguilla aceti fut décrite pour la première fois en 1688 par Marco Antonio Cello de Rome, et cette assertion a été répétée par des auteurs modernes. Toutefois, à propos d'une propagation supposée des spermatozoïdes à l'intérieur des testicules, Leeuwenhoek, dans une lettre du 5 avril 1680 au secrétaire de la Soc. Roy. de Londres s'exprime comme il suit:

Jucunda etiam est animalculorum observatio aquæ guttulis innatantium, in quam zinziber, aut piper, aut aliud odoris acrioris diebus aliquot demersum fuerit ¹⁾.

Variæ sunt formæ aliæque alij minores, miri etiam motus pro modulo ipsorum fati celeres quorum instrumentum nullum animadverti potest, cum pedibus branchijsque careant, nec corpora ut pisces inflectant. Nam anguillulæ aceti ²⁾, quæ istis longe majores sunt, eadem ratione ac fluviatiles natant, in quibus hoc mirum quod ex se fueris generent. Vidi enim quæ parvulas quaternas intra se contineret (sunt enim per lucidæ totæ) cumque in tubulo asservaretur, post horas aliquot eas enixa est, quæ seorsim quæque natabant.

Sed ista quæ dixi in aqua discurrunt animalcula veri simile est ære in aquam allici propter odorem. Varij enim rebus in aqua maceratis eadem formæ eorum reperuntur ³⁾, ac clauso vasculo nulla comparent ⁴⁾. Facile autem ob insignem puritatem in ære sustinentur, cum minimis pulvisculis multo minora sint. Ita multa ipsorum millia forsitan in pulmones dimitimus ignari, nec inutile esset observare quibus anni tempestatibus plura appareant, et num ære viciato augeantur.

Lac exiguis globulis pellucidis constare apparet ⁵⁾, in liquore item pellucido sed diuersæ refractionis natantibus; hinc album videtur cum tamen non aliam materiam quam prorsus diaphanam contineat, coloreque carentem.

Mitro insectorum minimorum tot mirabiles formas. Alas papilionum et culicum, plumulis exiguis obfitas ⁶⁾. Pulvisculos in medijs florum apicibus inhærentes ⁷⁾, qui nil aliud sunt quam folliculi transparentes materia ea pleni ex qua ceram apes conficiunt, quamque pedibus suis affixam in alvearia deferunt. Omnium

„doch niet op die manier gelijk ik voor desen geseyd heb dat het met de slangentjens, die in Asijn zijn, toegaat, die haar jongen in haar lijf dragen” [„mais non de la manière, dont j'ai dit auparavant, que cela se passe chez les anguillules qui sont dans le vinaigre, lesquelles portent leurs petits dans leur corps”]. Il est vrai que cette lettre, comme plusieurs de cette époque, ne fut pas publiée dans les Phil. Trans., mais on la trouve dans l'ouvrage de Leeuwenhoek „Ontledingen en ontdekkingen,” etc., Leyden, Cornelis Boutesteyn, 1686, p. 34. Quant à la lettre antérieure à laquelle Leeuwenhoek fait allusion, nous ne la connaissons pas.

⁴⁾ Comparez dans l'Appendice XI les remarques du 1 janv. 1679 (p. 717) et du 28 août 1692 (p. 725—726).

⁵⁾ Comparez dans l'Appendice XI les observations du 24 juin jusqu'au 3 juillet 1679 (p. 718—719) et du 26 et 27 sept. 1692 (p. 730—731). D'ailleurs l'interprétation que Huygens a donnée ici à cette observation n'est pas exacte. Ce n'était probablement que le manque d'air qui empêchait dans le vase fermé le développement des animalcules en question. Toutefois on trouvera dans l'Appendice XI d'autres observations (celles du 22 déc. 1678, p. 716—717) dans lesquelles Huygens se montre un précurseur de Needham et de Spallanzani en examinant l'influence de l'application du froid et de la chaleur sur le développement ultérieur des organismes dans les infusions.

⁶⁾ Voir l'observation de Huygens du 28 février 1678, p. 698 de l'Appendice XI et consultez sur celles de Leeuwenhoek la note G, p. 400 du T. VII.

⁷⁾ Voir à ce propos les pp. 125, 142 et 143 du T. VIII.

⁸⁾ Voir les pp. 65, 96, 106, 112, 205 et 213 du T. VIII et l'observation du 20 mars 1678, p. 699 du Tome présent.

tante de toutes ce qu'on a observé dans la semence des animaux mâles¹⁾, favoir qu'il y nage en guise de petits poissons une immense multitude d'animalcules ayant à peu près la même forme que les grenouilles qui viennent de naître et qui ne possèdent pas encore de pattes. Il ne me paraît guère douteux que ces animalcules entrent dans les oeufs féminins et constituent le commencement des animaux qui en naîtront²⁾. En effet, il y a plusieurs raisons qui nous portent à croire qu'il en est ainsi, et ce n'est pas une grande objection que de dire que souvent parmi une si grande multitude ce ne sont que quelques-uns ou même un seul qui arrive à grandir jusqu'à devenir un animal, attendu que nous observons la même abondance, la même fécondité superflue, dans la plupart des semences des arbres et des herbes, par exemple dans les semences du sapin, du pavot, etc.

A cause de leur extrême petitesse (car même dix mille de ces animalcules ne font pas égaux en grandeur à un petit grain de sable³⁾), il faut les observer avec ces petites boules de verre, dont le pouvoir grossissant est le plus grand.

PROPOSITION XII.

Expliquer la construction des microscopes composés⁴⁾.

Nous parlerons maintenant des microscopes composés, à l'aide desquels on observe les objets qui ne transmettent pas la lumière et où leurs couleurs vraies apparaissent, et cela mieux et plus commodément qu'avec des lentilles uniques⁵⁾.

Soit A [Fig. 34 et 35] la plus petite lentille du microscope, et B la plus grande. Nous ferons voir plus loin la cause pour laquelle elles doivent être placées ainsi⁶⁾. Et supposons B la plus proche de l'oeil qui se trouve au point C, tandis que A est située du côté de l'objet placé en E. ABC est l'axe commun aux deux lentilles. Il faut considérer la question de deux manières que nous éluciderons par deux figures. Dans la première les rayons émanant d'un seul point E de l'objet et tombant sur la lentille A sont réunis par la réfraction due à cette lentille en un point P;

¹⁾ Il s'agit e. a. de l'observation de Leeuwenhoek sur le sperme du coq (p. 163 du T. VIII) et surtout de celle sur le nombre immense de spermatozoïdes qu'on trouve dans la laite de la morue, lequel, d'après les calculs de Leeuwenhoek, surpasse le nombre des hommes qui habitent la terre; voir sa lettre à Constantyn Huygent, père, du 27 avril 1679 (p. 161—162 du T. VIII) et surtout la note 3 de la p. 161; on peut d'ailleurs consulter encore sur les observations de spermatozoïdes les pp. 59, 60, 62, 63, 65, 68, 69, 71, 74, 77, 96, 97, 100—103, 160, 163 et 167 du T. VIII, les pp. 698 et 702 de l'Appendice XI, et l'Appendice XII, p. 733.

²⁾ Leçon alternative „autæta”.

³⁾ Evidemment Huygens partage l'opinion de Leeuwenhoek (voir l'Appendice XII aux pp. 735—736) et d'autres de ses contemporains que ce sont les spermatozoïdes qui se développent en animaux et que la matrice ou les oeufs ne servent que comme milieux de culture.

⁴⁾ On retrouve le même nombre dans la lettre de Leeuwenhoek citée dans la note 9 de la p. 525; voir la p. 161 du T. VIII.

vero mirabilissimum ac præcipuum putandum, quod in femine animalium marium est observatum¹⁾; nempe in eo animalculorum immensam multitudinem pisciculorum more natæ, ejus fere formæ quam ranæ habent nuper natæ ac nondum pedibus præditæ²⁾. Quæ animalcula, intrare ova fœminarum, atque esse ipsorum animalium inde excludendorum initia, vix mihi dubitandum videtur³⁾. Plurima enim hoc suadeant, nec multum obstat quod e tanta multitudine sæpe vel pauca vel unum duntaxat in animal excrecant, cum eadem abundantia ac superflua fecunditas in plerisque arborum et herbarum feminibus conspiciatur, velut abietis, papaveris etc.

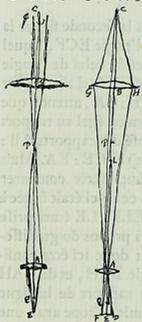
Hæc vero animalcula propter miram parvitatem (nam vel decem millia eorum exiguum arenæ granum non æquant⁴⁾) globulis istis vitreis inspicienda sunt, quorum in augendo præcipua est virtus.

[Fig. 34.]

[Fig. 35.]

[PROPOSITIO XII.]

[Microscopiorum compositorum rationes explicare.]⁵⁾



Nunc de compositis microscopijs dicemus, quorum opera spectantur quæ lucem non transmittunt, verique eorum colores apparent, idque melius commodiusque quam lenticulis singulis⁶⁾.

Sint lentes microscopij A [Fig. 34 et 35] minor, et B major, cur autem ita ponendæ causam postea demonstrabimus⁷⁾. sitque B oculo propior, qui sit ad C punctum; A vero ad rem visam obversa, quæ sit ad E, axis communis lenti utriusque ABC. duplex autem adhibenda est observatio, quam duplici schemate designamus. In priorè radij ex uno rei visæ puncto E manantes in lentem A, conveniunt hujus refractione ad punctum P, atque ibi sese interfecantes,

⁵⁾ Suscription qu'on rencontre à la p. 228 de l'édition de 1703, mais qui manque dans le manuscrit; comparez la note 2 de la p. 475.

⁶⁾ On trouve ici en marge les annotations suivantes: „ex pag. 8 in margine” [il s'agit des lignes 7—12, à commencer par le mot „lenticulis”, de la p. 523] „petenda erit ratio cur non tantum amplificare possint composita microscopia vel quæ colores ostendant rerum, quam globuli aut lenticulæ ad transparentia.”

„Cur non compositum multum amplificans ad lucem obvertatur cum majori apertura? an quod lenticulæ non satis accuratè formentur? Sed quid opus est? obscuriora essent ob secundæ lenti materiam et repercussiones. imo et lenticula inferior multo crassior est globulo vitreo.”

⁷⁾ Il s'agit de l'effet sur les deux aberrations de l'interversion de l'oculaire et de l'objectif.

se coupant en ce point et continuant leur route jusqu'à la lentille B, ils font rendus parallèles par cette dernière et parviennent ainsi à l'œil placé au point C; de cette façon la vision devient distincte. Il faut donc que la distance AE soit plus grande que AQ, distance focale de la lentille A. Et les longueurs EQ, EA, EP doivent former une proportion¹⁾. Mais la lentille B doit être placée de telle manière que son foyer qui se trouve du côté de A, tombe précisément au point P. Tout ceci est évident d'après ce qui a été démontré plus haut. La deuxième figure montre les rayons DAG, FAH, EAB émanant chacun d'un autre point de l'objet. Or, le point A est le centre de la lentille, et, pour déterminer la place C de l'œil, on fait en sorte que les grandeurs AP, AB et AC forment une proportion²⁾. En effet, de cette façon on obtient que, quelque petite que soit l'ouverture de la lentille A, la lentille B est pourtant remplie toute entière par l'image de l'objet, puisque les rayons issus du point A et tombant sur la lentille B toute entière sont amenés à se réunir au point C.

On apprendra à connaître le grossissement en traçant dans la seconde figure la droite CF; en effet, il sera égal au rapport de l'angle BCH à l'angle ECF, lequel est égal au produit du rapport de l'angle BCH à l'angle BAH et de celui de l'angle BAH ou EAF à l'angle ECF. Mais le premier de ces rapports est égal au rapport de la droite AB à la droite BC, et le deuxième au rapport CE : EA, attendu que pour ces petits angles le rapport des angles est considéré comme égal au rapport des tangentes. Par conséquent, le grossissement sera composé des rapports AB : BC ou AP : PB (car AP, AB et AC forment une proportion) et CE : EA. Mais pour pouvoir mieux juger de l'effet du microscope, il faut plutôt comparer l'angle BCH à l'angle sous lequel l'on verrait la droite EF si celle-ci était située à une distance de 8 pouces de l'œil, c'est-à-dire à l'angle ELF, LE étant prise égale à 8 pouces d'après ce que nous avons dit plus haut³⁾ à propos du grossissement dû à une petite lentille simple. Le grossissement doit donc ici être considéré comme composé du rapport de l'angle BCH à l'angle BAH, et de BAH ou EAF à ELF; c'est-à-dire du rapport AP : PB et du rapport de la ligne EL, longue de 8 pouces, à la droite EA. En effet, si le microscope avait une longueur telle que, par exemple, CE était de deux pieds, c'est-à-dire égale à trois fois LE et qu'on avait trouvé d'après le premier calcul un grossissement 90 : 1, il ne faudrait cependant considérer le grossissement que comme égal à 30 : 1, parce que la ligne EF regardée à travers le microscope ne paraîtrait que 30 fois plus longue que cette même ligne regardée à l'œil nu d'une distance de 8 pouces. Car il ne s'agit pas de calculer combien le microscope grossit un objet situé à une distance de deux pieds, mais seulement de savoir dans quel rapport est grossi

par lequel le grossissement ne changerait pas. Cette question sera traitée aux §§ 7 et 17 de l'Appendice IX, pp. 637 et 656. En effet, le théorème remarquable du § 17 cité était d'abord destiné à faire partie de la „Dioptrique”; voir la note 5 de la p. 657.

atque in lentem B pergentes, hujus opera paralleli redduntur atque ita ad oculum in C perveniunt, eoque distincta fit visio. Oportet itaque distantiam AE majorem esse quam sit AQ foci distantia lentis A. Et proportionales esse debent EQ, EA, EP¹⁾. Lens vero B ita collocanda ut ejus focus qui versus A, cadat in ipsum punctum P. quæ omnia ex supra demonstratis manifesta sunt. Altera figura radios singulos exhibet à diversis rei visæ punctis fluentes DAG, FAH, EAB. Est autem punctum A medium lentis, ponunturque AP, AB, AC proportionales, ad definiendum oculi locum C²⁾; ita enim fit ut quamlibet exiguo foramine pateat lenticula A, tota tamen lens B imagine rei visæ impleatur, quoniam radij ex A in totam lentem B cadentes coguntur ad punctum C.

Proportio autem magnitudinis apparentis ad veram cognoscetur ductâ in secunda figura rectâ CF. Erit enim ea quam habet angulus BCH ad angulum ECF. quæ ratio componitur ex ratione anguli BCH ad angulum BAH et anguli BAH seu EAF ad angulum ECF. Sed prior harum est eadem quæ rectæ AB ad BC, et posterior ea quæ CE ad EA, quia in exiguis angulis hinc eadem censetur ratio angulorum quæ tangentium. Ergo ratio apparentis ad veram magnitudinem erit composita ex rationibus AB ad BC seu AP ad PB (nam proportionales sunt AP, AB, AC) et CE ad EA. Sed ut rectius æstimetur microscopij effectus, comparandus est potius angulus BCH cum angulo, quo cerneretur recta EF si ab oculo 8 pollices distaret, hoc est cum ang.^o ELF; posita LE pollicum 8, secundum ea quæ de simplicis lenticulæ multiplicatione superius dicta fuere³⁾. atque ita ratio amplificationis censenda hic componi ex ratione anguli BCH ad BAH, et BAH seu EAF ad ELF; hoc est ex ratione AP ad PB, et lineæ EL, 8 pollices longæ, ad rectam EA. Si enim tanta longitudinis esset microscopium ut ex. gratia CE esset duorum pedum, hoc est, tripla LE, repertaque esset priori ratiocinio magnitudo apparens ad veram quæ 90 ad 1, tamen non nisi quæ 30 ad 1 censenda esset, quia tantum trigecuplo major appareret linea EF microscopij opera quam nudo oculo ex octo pollicum distantia spectata. Non enim considerandum quantum microscopio amplificemus rem duobus pedi-

[Fig. 34.] [Fig. 35.]



¹⁾ Par la Prop. XX, Part. I, Lib. I, p. 98.

²⁾ Ainsi l'œil se trouvera au point qui correspond au point A par rapport à la lentille B, c'est-à-dire au lieu où l'image de l'oculaire est formée par l'objectif. Comparez la note 1 de la p. 196.

³⁾ Voir la p. 515.

l'objet regardé de la distance à laquelle nous avons coutume de placer l'oeil, lorsqu'on veut voir distinctement.

PROPOSITION XIII.

De la clarté des images formées par les microscopes et de leurs ouvertures.

De même que nous avons auparavant discuté les ouvertures des télescopes²⁾, de même aussi nous nous occuperons maintenant de ce qui se rapporte aux petites lentilles des microscopes situées du côté des objets; desquelles dépend toute leur puissance et tout leur effet, à tel point qu'on peut conclure de la nature de ces lentilles jusqu'à quelle limite on peut pousser le grossissement; ce que personne, que je sache, n'a encore exposé. Or, on rencontrera ici, comme cela a été démontré dans le cas des télescopes, une progression pour ainsi dire infinie, non pas il est vrai dans le microscope simple, contenant une seule lentille, mais dans ceux qui en comprennent deux³⁾.

Pour les microscopes composés d'une seule lentille, il faut observer que dans ceux qui possèdent une distance focale d'un demi-pouce ou davantage, il n'est pas du tout nécessaire de diminuer l'ouverture afin de rendre la vision distincte, attendu que l'étroitesse de la pupille a précisément l'effet d'exclure, pour autant qu'il en est besoin, les rayons qui seraient nuisibles et cela absolument de la même manière que si la lentille ne possédait qu'une ouverture de cette même grandeur. Mais dans le cas des lentilles plus petites, où il est nécessaire de limiter les ouvertures, il faut que leurs diamètres aient entre eux un rapport égal à celui des distances focales, afin de donner des objets des images également nettes. Mais la clarté fera alors dans le même rapport élevé au carré; de sorte que plus les lentilles dont on se servira seront fortes, plus grande, mais aussi plus obscure, sera l'image qu'elles donneront de chaque objet⁴⁾.

Considérons une petite lentille P [Fig. 36], dont l'axe est TBF et PD le rayon de la plus grande ouverture que l'expérience a montré qu'elle peut avoir, rayon inférieur à celui de la pupille. Soit le foyer extrême des rayons rouges qui proviennent de rayons parallèles à l'axe, au point F, où l'objet lui-même est placé, tandis que le foyer des rayons violets provenant de ces mêmes rayons parallèles à l'axe, se trouve en B. En supposant aussi toutes les mêmes choses au sujet de la plus petite lentille p [Fig. 37], dont le rayon de l'ouverture pd soit à la distance focale pf dans le même rapport que chez la plus grande lentille, je dis qu'on aperçoit l'objet avec une netteté égale à travers chacune des deux lentilles.

En effet, comme dans l'un et l'autre cas le rayon ED, s'il tombe parallèlement

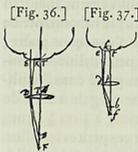
bus distans, sed quanto major efficiatur quam cum ex eo spectatur intervallo, quo solemus oculum admoveere cum distincte¹⁾ intueri cupimus.

[PROPOSITIO XIII.]

De Microscopiorum luce et aperturis.

Sicut antea de Telescopiorum aperturis inquisivimus²⁾, ita nunc ea quoque expendemus quæ Microscopiorum lenticulis ad res visas oberfens conveniunt; unde omnis eorum pendet vis et effectus, adeo quidem ut hinc discendum sit quousque visibilium amplificatio perducatur: quod hæcenus a nemine, quod sciam, fuit definitum. Invenietur autem et hic progressus quidam infinitus qualis in Telescopiis ostensus fuit, non quidem in simplici unius lenticulæ Microscopio, sed in ijs quæ ex binis componuntur³⁾.

Si singulis lenticulis microscopia constituantur, sciendum est in ijs quæ circiter semipollicarem habent aut majorem foci distantiam, nihil opus esse moderanda apertura distinctam visionem efficere; quoniam ipsa pupillæ angustia radios nocituros quantum opus est excludit, atque ita prorsus ac si non majori foramine lens adaperata foret. In minoribus vero lenticulis ubi aperturarum circumscriptio necessaria est, oportet harum diametros eandem rationem servare quæ est foci distantiarum, ut æque distincte res visas referant. claritas vero tunc erit in eadem ratione duplicata, ut proinde quo acutiores lenticulæ adhibebuntur eo majora quidem sed et obscuriora omnia videri faciant⁴⁾.



Sit lenticula P [Fig. 36], cujus axis TBF, semidiameter aperturæ PD, quantum maximam experientia ferri posse ostendit, eaque pupillæ minor, focus extremus radiorum rubrorum qui ab axi parallelis procedunt, in F puncto, ubi et visibile collocatum sit. focus violaceorum ab ipsdem axi parallelis procedentium, in B. Positis item ipsdem omnibus in minore lenticula p [Fig. 37], cujus aperturæ semidiameter pd sit ad foci distantiam pf sicut in majore. dico utraque æque distincte visibile conspici.

Cum enim utrobique si radius ED axi parallelus in lentem P incidat, idem

¹⁾ Leçon alternative: „curiosius”.

²⁾ Voir la Prop. VII, p. 481.

³⁾ Voir, plus loin, la note 7 de la p. 533.

⁴⁾ On trouvera une rédaction antérieure (de 1684) de la démonstration de cette proposition au § 2 de l'Appendice VIII, p. 624—625. De même, l'aberration chromatique du microscope simple est traitée au § 5 de l'Appendice IX, p. 634.

à l'axe sur la lentille P, est dispersé également par l'angle FDB, de sorte qu'il conduit l'extrême couleur rouge au point F, et l'extrême couleur violette au point B, il arrivera réciproquement que le rayon FD émanant de l'objet, sera dispersé par l'angle EDK, de telle manière que l'angle EDK fera égal à l'angle FDB, d'après la proposition...¹⁾ L'angle d'aberration est donc dans les deux cas l'angle FDB et c'est de lui que dépend l'aberration des rayons au fond de l'oeil, comme nous l'avons démontré lorsque nous traitons du télescope²⁾. Mais comme, d'après la nature de cette aberration, $PF : FB = pf : fb$, et qu'on a de même, par hypothèse, $PD : PF = pd : pf$, il est évident que les angles PFD, **pdf** d'une part et les angles PBD, **pbd** d'autre part sont égaux et que, par conséquent, la différence des deux premiers est égale à celle des deux derniers, c'est-à-dire $\angle FDB = \angle fdb$. Par suite, les aberrations au fond de l'oeil sont égales dans les deux cas, et il en résulte que la vision est dans les deux cas également distincte³⁾.

De plus, comme les angles PFD et **pdf** sont égaux, il apparaît que dans les deux cas la même quantité de rayons issus des points F, f, et d'autres points quelconques, atteint les lentilles et, par conséquent, aussi la pupille de l'oeil. Mais la largeur de l'image au fond de l'oeil est d'autant plus grande dans le cas de la petite lentille, que PF est plus grande que **pf**, comme cela a été démontré plus haut⁴⁾; et les surfaces apparentes sont entre elles comme les carrés de leurs largeurs. Par conséquent, la même quantité de rayons de lumière employée pour illuminer l'une et l'autre surface, rendra la plus petite plus lumineuse dans un rapport égal à celui des deux surfaces, c'est-à-dire au carré du rapport $PF : pf$; ce qui restait à démontrer.

Comme donc dans les petites lentilles plus fortes la perfection de la vision telle qu'on la trouve dans de plus grandes ne peut être conservée sans que l'obscurité augmente, il s'en suit qu'il n'est pas permis de pousser le grossissement aussi loin qu'on le voudrait, à moins que, pour éclairer l'objet, une lumière plus abondante ne soit procurée d'autre part⁵⁾. Mais même de cette façon nous n'avons guère, parce que la largeur auprès de la pupille, c'est-à-dire celle du petit cylindre lumineux émanant des différents points de l'objet, duquel nous avons parlé dans l'explication des télescopes⁶⁾ et qui possède ici une largeur précisément égale à celle de l'ouverture, ne peut être diminuée de manière à devenir inférieur à $\frac{1}{2}$ ou $\frac{2}{3}$ ligne; de sorte que de toutes façons un terme est posé à l'efficacité de ces petites lentilles.

Ainsi nous examinerons dans la suite ce que l'on peut obtenir par la combinaison de deux lentilles: nous démontrerons en premier lieu que l'on peut avoir un plus grand effet avec les microscopes plus courts qu'avec ceux qui sont plus longs. Nous démontrerons même⁷⁾ qu'il existerait une progression pour ainsi dire

¹⁾ Comparez la Prop. VI, p. 475 et le lemme de la p. 487.

²⁾ Voir la p. 491.

³⁾ Il est clair que le même raisonnement peut servir pour le cas de l'aberration sphérique, comme Huygens l'a remarqué lui-même dans l'annotation en italiques ajoutée plus tard

spargatur per angulum FDB, ita ut rubrum colorem extremum deferat ad F, violaceum extremum ad B. fiet vicissim ut radius a visibili manans FD, spargatur per angulum EDK, ita ut angulus EDK sit æqualis FDB, ex prop...¹⁾ Est itaque utrobique aberrationis angulus FDB, a quo pendet aberratio radiorum in oculi fundo, ut ostensum cum de Telescopiis agebatur²⁾. Quia vero ex natura aberrationis hujus, ut PF ad FB, ita est **pf ad fb**; itemque ex hypothesi, PD ad PF ut **pd ad pf**, manifestum est æquales esse tam angulos PFD, **pdf**, quam PBD, **pbd**, quare et differentia priorum, æqualis differentie posteriorum, hoc est ang. FDB æqualis angulo **fdb**, ac proinde aberrationes in fundo oculi utrimque æquales, eoque visio æque distincta³⁾.

Porro quia anguli PFD, **pdf** æquales, apparet eandem quantitatem radiorum utrobique a punctis rei visæ F, f et alijs quibusvis ad lentes manare, eoque et ad oculi pupillam. Latitudo vero rei visæ in fundo oculi major fit minori lenticula, quanto major est PF quam **pf**, ut in superioribus demonstratum est⁴⁾; et superficies apparentes sunt in duplicata ratione latitudinum. Ergo eadem radiorum lucidorum quantitas utrique superficiei illustrandæ impensa, clariorem efficiet minorem secundum rationem quæ ab altera superficiei superatur, hoc est secundum duplicatam rationem PF ad **pf**, quod demonstrandum supererat.

Cum itaque servari non possit eadem visionis perfectio in acutioribus lenticulis quæ reperitur in majoribus, quin crescat obscuritas, sequitur non licere amplificando quousque libet progredi, nisi lux major illustrando visibili aliunde arceffatur⁵⁾. Nec sic quoque multum proficimus, quoniam latitudo ad pupillam, seu cylindrus radiosus à singulis rei visæ punctis affluens de quo in telescopiorum explicatione dictum fuit⁶⁾, quique hic ipsam aperturæ latitudinem habet, non infra quintam sextamve lineæ partem contrahi potest, adeo ut undique terminus præscriptus sit harum lenticularum efficacia.

Jam porro quid binis lenticibus componendis fieri possit investigabimus, atque imprimis ostendemus plus præstari posse brevioribus quam longioribus microscopijs. Quin etiam infinitum quandam ampliationis progressum dari demonstrabimus⁷⁾ nisi obstaret lenticularum parvitas, quæ continuo tanta fit, ut nec veras sphaera

au § 2, p. 624, de l'Appendice VIII; comparez la note 6 de cette p. 624. De plus, dans le postscriptum ajouté (p. 625) à ce même paragraphe, il reconnaît l'importance bien plus grande de l'aberration sphérique. C'est donc évidemment par mégarde que Huygens n'a pas discuté ici dans le texte de la «Dioptrique» l'effet de cette aberration dans le microscope simple; effet qu'il traite si amplement, dans la suite, pour le cas du microscope composé; voir les Prop. XV (p. 543), XVII (p. 561) et XVIII (p. 569).

⁴⁾ Voir la Prop. X, p. 515.

⁵⁾ Comparez la note 4 de la p. 523.

⁶⁾ Voir la p. 507.

⁷⁾ Voir les Prop. XIV (p. 535), XV (p. 543) et XVIII (p. 569).

infinie du grossissement, si la petitesse des lentilles n'y faisait obstacle, laquelle devint bientôt telle que nous ne pouvons ni leur donner des formes sphériques parfaites ni nous en servir assez aisément, attendu qu'elles finissent par échapper même aux regards.

Or ¹⁾, la proposition suivante fera également vraie pour chacune des deux aberrations des rayons. Car nous montrerons plus loin ²⁾ qu'il faut ici tenir compte aussi de l'aberration qui provient de la forme de la lentille.

PROPOSITION XIV.

Lorsqu'un microscope quelconque composé de deux lentilles, tel que nous l'avons décrit ³⁾, est donné, on peut, en conservant la lentille oculaire, trouver un autre microscope plus court, pour lequel la grandeur apparente de l'objet et la clarté sont les mêmes, tandis que la vision est plus nette, ou bien la netteté la même et la clarté plus grande ⁴⁾.

Considérons un microscope composé de la lentille oculaire EZ [Fig. 38] et de la lentille PD se trouvant du côté de l'objet, desquelles l'axe commun est VEPB. Supposons l'objet placé au point B; soit O, entre P et B, le foyer de la lentille PD, N, entre E et P, le foyer de la lentille EZ. L'œil se trouve au point V et la disposition soit la même que plus haut ⁵⁾, c'est-à-dire telle que BO, BP, BN forment une proportion, et de même PN, PE, PV.

Ensuite, ayant pris une lentille oculaire ez [Fig. 39] possédant une distance focale en égale à EN, joignons-y une deuxième lentille pd, dont la distance focale po soit inférieure à PO. Or, comme PO est à po, ainsi soit PN à pn et ainsi aussi PB à pb. Par conséquent, de même que les rayons émanant d'un point B de l'objet, se réunissent au point N par la réfraction due à la lentille PD, de même aussi les rayons qui viennent du point b se réunissent en n par la réfraction due à la lentille pd; ensuite ils deviendront parallèles par la réfraction due à la lentille ez; et c'est dans cet état qu'ils parviendront à l'œil placé en v, point qu'on trouve en formant une proportion des trois grandeurs pn, pe et pv; il en résultera que l'œil verra toute la lentille ez remplie de l'image de l'objet, d'après ce que nous avons

¹⁾ Primitivement on lisait au lieu de l'alinéa qui suit: „Sequentes autem propositiones duas ita primum demonstrabimus ut sola radiorum aberratio consideretur quæ ex dissipatione oritur, altera vero quæ ex figura pro nulla habeatur. Cujus tamen postmodum rationem quoque habebimus cum non semper in his negligi possit.”

²⁾ Voir la p. 565, qui suit.

³⁾ Voir la Prop. XII, p. 527.

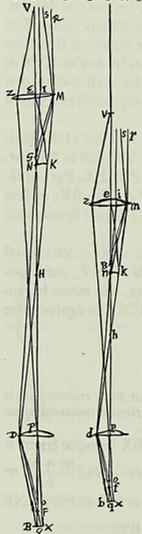
⁴⁾ On lit encore en marge les sommaires suivants du contenu de la proposition présente: „servata oculari, diminuta inferiori lenticula, melius fieri. ostende brevius melius.

superficies ijs inducere, nec satis commode ipsas tractare possimus, quippe quæ et visum denique effugiant.

Sequens ¹⁾ vero propositio æque vera erit in utraque radiorum aberratione. Namque hic ejus quoque rationem habendam esse quæ ex figura nascitur, postmodum ostendemus ²⁾.

PROPOS[ITIO XIV].

[Fig. 38.] [Fig. 39.]



Dato quocunque Microscopio ex binis lentibus quomodo diximus ³⁾ composito, potest aliud brevius reperiri, servata eadem lente oculari in quo eadem fiat rei visæ magnitudo apparens, eadem claritas, visio autem distinctior, vel servata eadem distinctio, major claritas ⁴⁾.

Sit microscopium ex lentibus EZ [Fig. 38] oculari et PD ad visibile obversa compositum, quarum axis communis VEPB; Sit visibile ad B; focus lentis PD inter P, B, sit O. focus lentis EZ inter E, P, sit N. Oculus ad V. dispositio autem qualis supra ⁵⁾, ut nempe BO, BP, BN sint proportionales, itemque PN, PE, PV.

Porro adsumta lente oculari ez [Fig. 39] quæ foci distantiam en æqualem habeat EN, jungatur ei lens altera pd, cujus foci distantia po minor sit quam PO. Sicut autem PO ad po, ita sit PN ad pn, et ita quoque PB ad pb. Itaque quemadmodum radij a puncto rei visæ B manantes, refractione lentis PD conveniunt in N, ita quoque qui a puncto b veniunt, refractione lentis pd conveniunt in n, atque inde refractione lentis ez fiunt paralleli atque ita ad oculum ferentur qui sit in v, positis proportionalibus pn, pe, pv, unde fiet ut totam lentem ez imagine rei visæ

patebit inversum pejus esse [voir la note 7, p. 527]. Si in majori sit optima omnium dispositio tamen brevius illi præstabit.”

Ajoutons que le § 11 de l'Appendice IX, qui date de 1692, contient l'avant-projet de tout ce qui suit au sujet de la Proposition présente; voir le début de la première Partie de ce § 11, p. 644, jusqu'au commencement du dernier alinéa de la p. 645.

⁵⁾ Comparez le dernier alinéa de la p. 527; mais remarquez que les points V, E, N, P, O et B de la figure présente correspondent respectivement aux points C, B, P, A, Q et E de la Fig. 35 de la page citée.

expliqué plus haut ¹⁾. Or, je dis maintenant que dans les deux microscopes les objets auront la même grandeur apparente. Et, si, de plus, les ouvertures des lentilles PD et **pd** sont prises proportionnelles à leurs distances focales, je dis qu'on obtient avec les deux microscopes la même clarté, mais qu'avec le plus court on voit tous les objets plus distinctement, en d'autres termes que l'angle d'aberration dans l'oeil y devient plus petit.

Supposons que les petites lignes BX et **bx**, perpendiculaires à l'axe et égales entre elles, représentent les largeurs de l'objet, et traçons par les centres des lentilles P et **p** les droites XPZ et **xpz** coupant les lentilles EZ et **ez** aux points Z et **z**; menons à partir de ces points les droites ZV et **zv** aux points où se trouve l'oeil. Les petites lignes égales BX et **bx** feront donc vues sous les angles EVZ et **evz** et si nous démontrons que celles-ci sont égales entre elles, c'est-à-dire, que le rapport VE : EZ est égal au rapport **ve** : **ez**, la grandeur apparente fera la même dans les deux cas ²⁾.

Or, le rapport VE : EZ est composé des rapports VE : EP et EP : EZ. Mais le rapport VE : EP est égal au rapport EN : NP, parce que VP, EP et NP forment une proportion. Et le rapport EP : EZ est le même que PB : BX. Par conséquent, le rapport VE : EZ est composé des rapports EN : NP et PB : BX, et sera donc égal au rapport des rectangles EN, PB et NP, BX, lequel se compose aussi des rapports PB : NP et EN : BX.

On démontre de même que dans le plus petit microscope le rapport **ve** : **ez** est composé des rapports **pb** : **np** et **en** : **bx**. Mais le rapport **pb** : **np** est, par hypothèse, égal au rapport PB : NP, comme cela se voit aisément. De même le rapport **en** : **bx** est égal au rapport EN : BX, parce que **en** et **EN** sont égales entre

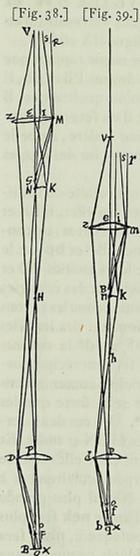
¹⁾ Voir la p. 529 et surtout la note 2 de cette page.

²⁾ Voici une démonstration algébrique que primitivement on trouvait à cet endroit dans le manuscrit mais qui fut biffée pour la remplacer par celle, plus géométrique et moins embarrassée, qui est contenue dans les deux alinéas qui suivent dans le texte:

Sit $PB \propto b$, $PN \propto c$, NE itemque $ne \propto d$, $pb \propto f$, BX itemque $bx \propto n$.

Igitur ut PB ad BX ita erit PE ad EZ . hoc est ut b ad n erit $c + d$ ad $\frac{nc + nd}{b} \propto$
 ∞EZ . Et quia proportionales sunt PN , PE , PV , erit ut PN ad PE ita NE
 ad EV , hoc est sicut c ad $c + d$ ita erit d ad $\frac{dc + dd}{c} \propto EV$.

Similiratione in minori microscopio erit ut pb ad bx ita pe ad ez , hoc est ut
 f ad n ita $\frac{cf}{b} + d$ (nam pn est $\frac{cf}{b}$ quia ex hypothesi proportionales sunt BP ,
 PN ; bp , pn) ad $\frac{nc}{b} + \frac{nd}{f}$, quod igitur $\propto EZ$. Et quia proportionales pn , pe ,



plenum spectet, per ea quæ superius explicata sunt ¹⁾. dico jam utroque microscopio apparentes rei visæ magnitudines fore æquales. Quod si et aperturæ lentium PD, **pd**, proportionales ponantur ipsarum foci distantijs, dico utroque microscopio eandem haberi claritatem, sed breviori omnia distinctius cerni, sive angulum aberrationis in oculo hic minorem fieri.

Sint rei visæ latitudines lineolæ BX, **bx**, axis perpendicularæ et inter se æquales, et per centra lentium P, **p**, ducantur rectæ XPZ, **xpz**, lentibus EZ, **ez** occurrentes in Z, **z**, atque hinc ducantur ZV, **zv**, ad puncta oculi. Spectabuntur itaque lineolæ æquales BX, **bx**, angulis EVZ, **evz**, qui si inter se æquales esse ostendantur, hoc est si eadem sit ratio VE ad EZ quæ **ve** ad **ez**, erit utroque magnitudo apparens eadem ²⁾.

Componitur autem ratio VE ad EZ ex rationibus VE ad EP et EP ad EZ. Sed ratio VE ad EP est eadem quæ EN ad NP, quia proportionales sunt VP, EP, NP. Et ratio EP ad EZ est eadem quæ PB ad BX. Ergo ratio VE ad EZ componitur ex EN ad NP et PB ad BX, ac propterea eadem erit quæ rectang. EN, PB ad rectang. NP, BX; quæ etiam componitur ex rationibus PB ad NP et EN ad BX.

Eodem modo in minori microscopio ostenditur ratio **ve** ad **ez** componi ex rationibus **pb** ad **np** et **en** ad **bx**. Sed ratio **pb** ad **np** est eadem ex hypothesi quæ PB ad NP ut facile perspicitur. Itemque ratio **en** ad **bx** eadem quæ

pv , erit ut pn ad pe ita ne ad ev ; hoc est ut $\frac{cf}{b}$ ad $\frac{cf}{b} +$

$+ d$, sive ut cf ad $cf + bd$, ita d ad $d + \frac{bdd}{cf} \propto ev$.

Jam eandem ostendemus esse rationem **ve** ad **ez** quam EV ad EZ. Harum prior enim est ea quæ $d + \frac{bdd}{cf}$ ad $\frac{nc}{b} + \frac{nd}{f}$, altera quæ $\frac{dc + dd}{c}$ ad $\frac{nc + nd}{b}$. Sed prior, ductis omnibus in bcf , est ea quæ $dcfb + bdd$ ad $nccf + bend$ seu dividendo per $cf + bd$, ea quæ db ad nc . altera vero, ducendo in bc , est ea quæ $bdc + bdd$ ad $ncc + cnd$, seu dividendo per $c + d$, ea quæ db ad nc . Itaque eandem apparet esse rationem **ev** ad **vz** quæ VE ad EZ, eoque angulos æquales esse, **evz**, EVZ, quod erat dem."