

KNIHOVNA NOVOVĚKÉ TRADICE
A SOUČASNOSTI
Svazek 74

RENÉ DESCARTES

La dioptrique

Dioptrika

Přeložil Jiří Fiala

PRAHA
2010

OIKOYMENH
Hennerova 223
CZ – 150 00 Praha 5
<http://www.oikoymenh.cz>

KATALOGIZACE V KNIZE - NÁRODNÍ KNIHOVNA ČR

Descartes, René

La dioptrique = Dioptrika / René Descartes ; přeložil Jiří Fiala. – Praha : OIKOYMENH, 2010. – 308 s. – (Knihovna novověké tradice a současnosti ; sv. 74)

– Souběžný český text Přeloženo z francouzštiny

ISBN 978-80-7298-385-8 (váz.)

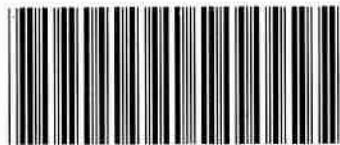
535

- optika – díla do r. 1800

- pojednání

- komentovaná vydání

535 - Optika [6]



255160920

F2011/0394

**Filozofická fakulta
Univerzity Karlovy v Praze**

Práce na této knize a její vydání byly podpořeny grantem
GA ČR P401/10/0690 „Prameny evropské matematiky“

Univerzita Karlova v Praze
Knihovna filozofie FF

Translation © Jiří Fiala, 2010

© OIKOYMENH, 2010

ISBN 978-80-7298-385-8

© Západočeská univerzita v Plzni, 2010

ISBN 978-80-7043-962-3

Obsah

1. O světle	7
2. O lomu	29
3. O oku	53
4. O smyslech obecně	61
5. O obrazech, které se tvoří na pozadí oka	73
6. O vidění	97
7. O prostředcích ke zdokonalení zraku	127
8. O tvarech, které musí mít průhledná tělesa, aby ohýbala paprsky lomem všemi způsoby, které slouží zraku	159
9. Popis dalekohledů	209
10. O způsobu broušení skel	237

Komentář:

Descartes a zákon lomu světla (Jiří Fiala)	267
--	-----

Discours premier
De la lumiere

Rozprava první
O světle

De la lumiere
Discours Premier

||₈₁ Toute la conduite de nostre vie depend de nos sens, entre lesquels celui de la veüe estant le plus vniuersel & le plus noble, il n'y a point de doute que les inuentions qui seruent a augmenter sa puissance, ne soyent des plus vtiles qui puissent estre. Et il est malaisé d'en trouuer aucune qui l'augmente dauantage que celle de ces merueilleuses lunettes qui, n'estant en vsage que depuis peu, nous ont desia decouuert de nouveaux astres dans le ciel, & d'autres nouveaux objets dessus la terre, en plus grand nombre que ne sont ceus que nous y auions veus auparauant : en sorte que, portant nostre veüe beaucoup plus loin que n'auoit coustume d'aller l'imagination de nos peres, elles semblent nous auoir ouuert le chemin, pour paruenir a vne connoissance de la Nature beaucoup plus grande & plus parfaite qu'ils ne l'ont eue. Mais, a la honte de nos sciences, cete inuention, si vtile & si admirable, n'a premierement ||₈₂ esté trouuée que par l'experience & la fortune. Il y a environ trente ans, qu'un nommé Iaques Metius, de la ville d'Alcmar en Hollande, homme qui n'auoit iamais estudié, bien qu'il eust un pere & un frere qui ont fait profession des mathematiques, mais qui prenoit particulièrement plaisir a faire des miroirs & verres bruslans, en composant mesme l'hyuer avec de la glace, ainsi que l'experience a monstré qu'on peut faire, ayant a cete occasion plusieurs verres de diuerses formes, s'auisa par bonheur de regarder au trauers de deus, dont l'un estoit un peu plus espais au milieu qu'aux extremités, & l'autre au contraire beaucoup plus espais aux extremités qu'au milieu, & il les appliqua si hereusement aux deus bouts d'un tuyau, que la premiere des lunettes dont nous parlons, en fut composée. Et c'est seulement sur ce patron, que toutes les autres qu'on a veües depuis ont esté faites,

O světle
Rozprava první

Celý běh našeho života závisí na našich smyslech, z nichž zrak je smyslem nejuniversálnějším a nejvznešenějším, a není pochyb, že vynálezy sloužící k jeho posílení jsou ze všech nejužitečnější. Stěží lze nalézt jiný vynález, který by tento smysl umocňoval více než podivuhodné dalekohledy a mikroskopy, které ač používány jen nedlouho, nám už odhalily nové hvězdy na nebi a další nové objekty na Zemi, a to ve větším počtu, než jsme kdy mohli dříve vidět: takže prodloužením našeho vidění na větší vzdálenosti, než si dokázali naši otcové představit, zdají se dalekohledy otevírat nám cestu vedoucí k poznání Přírody daleko většímu a dokonalejšímu, než měli oni. Avšak k zahanbení našich věd byl tento vynález, tak užitečný a obdivuhodný, učiněn na základě zkušenosti a šťastné náhody. Před asi třiceti lety [žil] muž jménem Jakub Metius z města Alcmar v Holandsku, muž, který nikdy nestudoval, ačkoli měl otce a bratra, jejichž povoláním byla matematika, který však měl zálibu ve zhotovování zápalných zrcadel a skel (čoček), která sestavoval dokonce v zimě z ledu, možnost čehož mu ukázala zkušenost. I stalo se, že měl několik skel různých tvarů a šťastnou náhodou ho napadlo podívat se dvěma skly, z nichž jedno bylo trochu silnější uprostřed než na okrajích a druhé naopak trochu silnější na okrajích než uprostřed, a tato skla umístil tak šťastně na oba konce trubice, že vznikl první z dalekohledů, o nichž jsme mluvili. Podle tohoto vzoru byly od těch dob zhotovovány

sans que personne encore, que ie sçache, ait suffisamment déterminé les figures que ces verres doivent auoir. Car, bien qu'il y ait eu depuis quantité de bons esprits, qui ont fort cultiué cete matiere, & ont trouué a son occasion plusieurs choses en l'Optique, qui valent mieux que ce que nous en auoient laissé les anciens, toutefois, a cause que les inuentions vn peu malaysées n'arriuent pas a leur dernier degré de perfection du premier coup, il est encore demeuré assés de difficultés en celle cy, pour me donner suiet d'en escrire. Et d'autant que l'execution des choses que ie diray, doit dependre de l'industrie des artisans, qui pour l'ordinaire n'ont point estudié, ie tascheray de me rendre intelligible a tout le monde, & de ne rien omettre, ny supposer, qu'on doie auoir appris des autres sciences. C'est pourquoy ie commenceray par l'explication de la lumiere & de ses rayons ; puis, ayant fait vne brieue description des parties de l'œil, ie diray particulièrement en quelle sorte se fait la vision ; & en suite, ayant remarqué toutes les choses qui sont capables de la rendre plus parfaite, i'enseigneray comment elles y peuuent estre adious-tées par les inuentions que ie descriray.

Or, n'ayant icy autre occasion de parler de la lumiere, que pour expliquer comment ses rayons entrent dans l'œil, & comment ils peuuent estre détournés par les diuers cors qu'ils rencontrent, il n'est pas besoin que i'entreprene de dire au vray quelle est sa nature, & ie croy qu'il suffira que ie me serue de deux ou trois comparaisons, qui aydent a la conceuoir en la façon qui me semble la plus commode, pour expliquer toutes celles de ses propriétés que l'experience nous fait connoistre, & pour deduire en suite toutes les autres qui ne peuuent pas si aysement estre remarquées ; imitant en cecy les Astronomes, qui, bien que leurs suppositions soyent presque toutes fausses ou incertaines, toutefois, a cause qu'elles se rapportent a diuerses obseruations qu'ils ont faites, ne laissent pas

všechny ostatní dalekohledy, aniž by někdo, pokud je mi známo, dostatečně určil tvary, které musí tato skla mít. Ačkoli bylo mnoho znamenitých duchů, kteří velmi tuto záležitost pěstovali a přišli přitom v optice na množství věcí, jejichž hodnota byla vyšší než to, co nám zanechali staří, přesto z důvodů, že obtížnější vynálezy nedosahují svého posledního stupně dokonalosti napoprvé, zůstává ještě mnoho obtížných věcí, které jsou důvodem, abych o tomto námětu psal. Protože provedení věcí, o nichž budu mluvit, nutně závisí na obratnosti řemeslníků, kteří zpravidla nejsou vzděláni, budu se snažit být srozumitelný všem a nic nevynechat, ani nepředpokládat nic, čemu by bylo třeba se učit u jiných věd. Proto zde začnu vysvětlením světla a jeho paprsků; pak po krátkém popisu částí oka řeknu zvláště něco o tom, jak se uskutečňuje vidění; posléze pak, poté, co si všimnu všech věcí, které jsou s to je zdokonalit, naučím vás, jak je lze uzpůsobit pomocí vynálezů, které popíši.

Protože zde budu hovořit o světle jen proto, abych vysvětlil, jak světelné paprsky vcházejí do oka a jak mohou být ohýbány rozličnými tělesy, na něž narazí, není zapotřebí, abych se pokusil říci, jaká je pravá povaha světla, a myslím si, že bude stačit, abych si posloužil dvěma či třemi přirovnáními, která pomohou pochopit světlo způsobem, jenž se mi jeví být nejprůhodnější k vysvětlení všech těch jeho vlastností, o nichž nás poučuje zkušenost, a k následnému vyvození všech ostatních vlastností, jichž si nelze tak snadno všimnout. V tom napodobuji astronomy, kteří, ačkoli jsou jejich předpoklady téměř všechny

d'en tirer plusieurs consequences tres vrayes & tres assurées.

Il vous est bien sans doute arriué quelque fois, en marchant de nuit sans flambeau, par des lieux vn peu difficiles, qu'il falloit vous ayder d'vn baston pour vous conduire, & vous aués pour lors pû remarquer, ||₈₄ que vous sentiés, par l'entremise de ce baston, les diuers obiects qui se rencontroyent autour de vous, & mesme que vous pouués distinguer s'il y auoit des arbres, ou des pierres, ou du sable, ou de l'eau, ou de l'herbe, ou de la boüe, ou quelque'autre chose de semblable. Il est vray que cete sorte de sentiment est vn peu confuse & obscure, en ceus qui n'en ont pas vn long vsage ; mais considerés la en ceus qui, estant nés aueugles, s'en sont seruis toute leur vie, & vous l'y trouuerés si parfaite & si exacte, qu'on pourroit quasi dire qu'ils voyent des mains, ou que leur baston est l'organe de quelque sixiesme sens, qui leur a esté donné au default de la veüe. Et pour tirer vne comparaison de cecy, ie desire que vous pensiés que la lumiere n'est autre chose, dans les corps qu'on nomme lumineux, qu'vn certain mouuement, ou vne action fort prompte & fort viue, qui passe vers nos yeux, par l'entremise de l'air & des autres corps transparens, en mesme façon que le mouuement ou la resistance des corps, que rencontre cet aueugle, passe vers sa main par l'entremise de son baston. Ce qui vous empeschera d'abord de trouuer estrange, que ceste lumiere puisse estendre ses rayons en vn instant, depuis le soleil iusques a nous : car vous scaués que l'action, dont on meut l'vn des bouts d'vn baston, doit ainsy passer en vn instant iusques a l'autre, & qu'elle y deuroit passer en mesme sorte, encores qu'il y auroit plus de distance qu'il n'y en a, depuis la terre iusques aux cieus. Vous ne trouuerés pas estrange non plus, que par son moyen nous puisssions voir toutes sortes de couleurs ; & mesme ||₈₅ vous croyrés peutestre que ces couleurs ne sont autre chose, dans les

chybné nebo nejisté, vyvozují z těchto předpokladů mnohé velmi pravdivé a jisté závěry, neboť se opírají o rozličná dříve vykonaná pozorování.

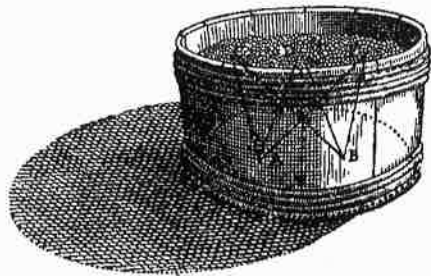
Jistě se vám někdy přihodilo, že jste šli v noci bez pochodně dost obtížnými místy, takže bylo třeba si pomáhat holí, aby vás vedla, a mohli jste si všimnout, že jste pomocí této hole vnímali různé předměty, které byly kolem vás, a dokonce jste mohli rozlišovat, zda to jsou stromy, nebo kameny, nebo písek, nebo voda, nebo tráva, nebo bahno, nebo nějaká podobná věc. Je pravda, že vnímání tohoto druhu je poněkud matné a chabé u těch lidí, kteří s ním nemají dost dlouhou zkušenost, avšak zkoumáte-li je u těch z nich, kteří jsou od narození slepí a používali je celý svůj život, shledáte, že je tak dokonalé a tak přesné, že by se téměř mohlo říci, že tito lidé vidí rukama nebo že jejich hůl je orgánem jakéhosi šestého smyslu, který jim byl dán v náhradu za zrak. Abychom z toho vyvodili přirovnání, chci, abyste si mysleli, že světlo v tělesech, která zveme světelnými, není nic jiného než určitý pohyb nebo velmi rychlá a velmi živá akce směřující k našim očím prostřednictvím vzduchu a jiných průhledných těles, způsobem stejným, jako směřuje pohyb nebo odpor věcí, s nimiž se střetává onen slepec, k jeho ruce prostřednictvím jeho hole. To vám zabrání pokládat za divné, že světlo může šířit své paprsky okamžitě od Slunce až k nám: víte totiž, že akce, která pohne jedním koncem hole, musí právě tak vmžiku přejít na její konec druhý, a že by tak musela přejít, i kdyby vzdálenost byla větší, než je vzdálenost mezi zemí a nebem. A neshledáte divným ani to, že můžeme pomocí světla vidět všechny druhy barev; a dokonce možná uvěříte, že tyto barvy jsou v tělesech zvaných barevná, jen

corps qu'on nomme colorés, que les diuerses façons, dont ces corps la reçoivent & la renuoyent contre nos yeux : si vous considerés que les differences, qu'un aueugle remarque entre des arbres, des pierres, de l'eau, & choses semblables, par l'entremise de son baston, ne lui semblent pas moindres que nous font celles qui sont entre le rouge, le iaune, le verd, & toutes les autres couleurs ; & toutefois que ces differences ne sont autre chose, en tous ces corps, que les diuerses façons de mouvoir, ou de resister aux mouuemens de ce baston. En suite de quoy vous aurés occasion de iuger, qu'il n'est pas besoin de supposer qu'il passe quelque chose de materiel depuis les objets iusques a nos yeux, pour nous faire voir les couleurs & la lumiere, ny mesme qu'il y ait rien en ces objets, qui soit semblable aux idées ou aux sentimens que nous en auons : tout de mesme qu'il ne sort rien des corps, que sent un aueugle, qui doieue passer le long de son baston iusques a sa main, & que la resistance ou le mouuement de ces corps, qui est la seule cause des sentimens qu'il en a, n'est rien de semblable aux idées qu'il en conçoit. Et par ce moyen vostre esprit sera deliuré de toutes ces petites images voltigeantes par l'air, nommées des *especes intentionelles*, qui trauaillent tant l'imagination des Philosophes. Mesme vous pourrés aysement decider la question, qui est entre eux, touchant le lieu d'où vient l'action qui cause le sentiment de la veüe : car, comme nostre aueugle peut sentir les corps qui sont autour de luy, non seulement ||₈₆ par l'action de ces corps, lors qu'ils se meuuent contre son baston, mais aussy par celle de sa main, lors qu'ils ne font que luy resister ; ainsy faut il auoir que les objets de la veüe peuuent estre sentis, non seulement par le moyen de l'action qui, estant en eux, tend vers les yeux, mais aussy par le moyen de celle qui, estant dans les yeux, tend vers eux. Toutefois, pour ce que cete action n'est autre chose que la lumiere, il faut remarquer qu'il n'y a que ceux qui peuuent voir pendant

různými způsoby, jimiž tato tělesa přijímají a odesílají světlo k našim očím: uvážíte-li, že rozdíly, které slepý rozpoznává mezi stromy, kameny, vodou a podobnými věcmi pomocí své hole, se mu nejeví být menší než rozdíly, které my rozpoznáváme mezi červenou, žlutou, zelenou a všemi ostatními barvami; a nicméně tyto rozdíly nejsou ve všech tělesech ničím jiným než rozličnými způsoby pohybu této hole či odporu vůči jejím pohybům. V důsledku toho máte příležitost posoudit nepotřebnost předpokladu, že by mezi předměty a našimi očima muselo procházet něco materiálního, co by dovolovalo vidět barvy a světlo, a že ani neexistuje nic v těchto předmětech, co by se nějak podobalo idejím nebo vjemům, které o nich máme: tak jako nic nevychází z těles, která cítí slepec, co by muselo procházet podél jeho hole až k jeho ruce, a tak, jako odpor nebo pohyb těchto těles, které jsou jedinou příčinou vjemů, jež má, neexistuje v nich nic podobného idejím, které o nich pojímá. Tím se váš duch osvobodí od všech těch malých obrázků poletujících vzduchem, zvaných *intencionální druhy*, jež tak zaměstnávají představivost filosofů. Můžete dokonce snadno řešit otázku, která tyto filosofy rozděluje a která se týká místa, z něž vychází akce způsobující pocit vidění: tak jako náš slepec může **pocítovat tělesa**, která se **nacházejí kolem něj**, nejen akcí těchto těles, když se pohybují proti jeho holi, ale také akcí ruky, jestliže mu tato tělesa odporují, tak je třeba připustit, že předměty vidění lze vnímat nejen prostřednictvím akce, která je v nich a směřuje k očím, nýbrž i prostřednictvím toho, co je v očích a směřuje k těmto předmětům. Nicméně, protože tato akce není nic jiného než světlo, je třeba poznamenat, že pouze u těch, kteří

les tenebres de la nuit, comme les chats, dans les yeux desquels elle se trouue ; & que, pour l'ordinaire des hommes, ils ne voyent que par l'action qui vient des objets : car l'experience nous monstre que ces objets doiuent estre lumineux ou illuminés pour estre veus, & non point nos yeux pour les voir. Mais, pour ce qu'il y a grande difference entre le baston de cet aueugle & l'air ou les autres corps transparens, par l'entremise desquels nous voyons, il faut que ie me serue encores icy d'une autre comparaison.

Voyés une cuve au temps de vendange, toute pleine de raisins a demi foulés, & dans le fons de laquelle on ait fait un trou ou deux, comme A & B, par où le vin doux, qu'elle contient, puisse couler. Puis pensés que, n'y ayant point de vuide en la Nature, ainsy que presque tous



les Philosophes auoient, & neantmoins y ayant plusieurs pores en tous ||⁸⁷ les corps que nous aperceuons autour de nous, ainsy que l'experience peut monstrer fort clairement ; il est necessaire que ces pores soyent remplis de quelque matiere fort subtile & fort fluide, qui s'estende sans interruption depuis les Astres iusques a nous. Or, cete matiere subtile estant comparée avec le vin de cete cuve, & les parties moins fluides ou plus grossieres, tant de l'air que des autres cors transparens, avec les grappes de raisins qui sont parmi : vous entendrés facilement que, comme les parties de ce vin, qui sont par exemple vers C, tendent a descendre en ligne droite par le trou A, au mesme instant qu'il est ouuert, & ensemble par le trou B, & que celles qui sont vers D, & vers E, tendent aussy en mesme tems a descendre par ces deux trous,

mohou vidět v temnotách noci, například u koček, se může nacházet v očích a že lidé zpravidla vidí pouze akci, která vychází od předmětů: zkušenost nám totiž ukazuje, že tyto předměty musí být světelné nebo osvětlené, aby je bylo možno vidět, a nikoli tak, že by k jejich vidění musely být světelné naše oči. Protože však je velký rozdíl mezi holí tohoto slepce a vzduchem a jinými průhlednými tělesy, skrze něž vidíme, je třeba, abych si zde posloužil ještě jiným příměrem.

Pohledte při vinobraní na kád' naplněnou napolo vy-lisovanými hrozny, v jejímž dně udělali jeden nebo dva otvory, například A a B, jimiž šťáva z kádě může vytékat. A nyní uvažte, že v přírodě není prázdno, jak připouštějí téměř všichni filosofové, a protože nicméně ve všech těle-sech, která kolem nás pozorujeme, je množství pórů, což nám dosti jasně ukazuje zkušenost, je nutné, aby tyto póry byly zaplněny nějakou velmi jemnou a velmi tekutou lát-kou, která se bez přerušení rozprostírá od hvězd až k nám. A tuto jemnou látku přirovnáme k vínu v kádi, a části méně tekuté a hrubší, jako jsou části vzduchu a jiných průhledných tělesa, přirovnáme k bobulím hroznů, které jsou v kádi. Snadno pak pochopíte, že například ty části šťávy, které jsou například u C, směřují dolů po přímce otvorem A, v témž okamžiku, kdy je otevřen, společně ot-vorem B, a ty, které jsou u D a u E, směřují současně dolů

sans qu'aucune de ces actions soit empeschée par les autres, ny aussy par la resistance des grappes qui sont en cete cuue : nonobstant que ces grappes, estant soutenües l'une par l'autre, ne tendent point du tout a descendre par ces trous A & B, comme le vin, & mesme qu'elles puissent cependant estre meües, en plusieurs autres façons, par ceux qui les foulent : ainsy toutes les parties de la matiere subtile, que touche le costé du Soleil qui nous regarde, tendent en ligne droite vers nos yeux au mesme instant qu'ils sont ouuers, sans s'empescher les vnes les autres, & mesme sans estre empeschées par les parties grossieres des cors transparens, qui sont entre deux : soit que ces cors se meuvent en d'autres façons, comme l'air, qui est presque tousiours agité par quelque vent ; soit qu'ils soyent sans mouuement, comme peut estre le verre ||₈₈ ou le cristal. Et remarqués icy qu'il faut distinguer entre le mouuement, & l'action ou inclination a se mouuoir. Car on peut fort bien conceuoir que les parties du vin, qui sont par exemple vers C, tendent vers B, & ensemble vers A, nonobstant qu'elles ne puissent actuellement se mouuoir vers ces deus costés en mesme temps ; & qu'elles tendent exactement en ligne droite vers B & vers A, nonobstant qu'elles ne se puissent mouuoir si exactement vers la ligne droite, a cause des grappes de raisins qui sont entre deus : & ainsy, pensant que ce n'est pas tant le mouuement, comme l'action des cors lumineus qu'il faut prendre pour leur lumiere, vous deués iuger que les rayons de cete lumiere ne sont autre chose, que les lignes suiuant lesquelles tend cete action. En sorte qu'il y a vne infinité de tels rayons qui viennent de tous les poins de cors lumineus, vers tous les poins de ceus qu'ils illuminent, ainsy que vous poués imaginer vne infinité de lignes droites, suiuant lesquelles les actions, qui viennent de tous les poins de la superficie du vin CDE, tendent vers A, & vne infinité d'autres, suiuant lesquelles les actions, qui viennent de ces mesmes poins,

těmito dvěma otvory, aniž by některé z těchto akcí bránily akcím ostatním a nebrání jim ani odpor bobulí, které jsou v této kádi: bez ohledu na to, že tyto bobule, které se navzájem podepírají, vůbec nemají tendenci klesat těmito otvory A a B jako šťáva, i když ti, kteří je lisují [šlapou], mohou jimi pohybovat mnoha jinými způsoby: tak všechny části jemné látky, která se dotýká strany Slunce k nám obrácené, směřují po přímce k našim očím v tu chvíli, kdy jsou oči otevřené, aniž by si navzájem bránily a aniž by jim bylo bráněno hrubšími částicemi průhledných těles, která jsou mezi Sluncem a očima: a to buď proto, že se tato tělesa pohybují jinými způsoby, jako třeba vzduch, který je stále uváděn do pohybu nějakým větrem, nebo proto, že jsou bez pohybu, jako třeba sklo nebo krystal. A všimněte si zde, že je třeba rozlišovat mezi pohybem a akcí nebo tendencí se pohybovat. Lze si totiž velmi dobře představit, že části šťávy, které jsou u C, směřují k B a společně k A, bez ohledu na to, že se nemohou skutečně pohybovat směrem k těmto dvěma stranám současně; a že směřují přesně po přímce k B a k A, bez ohledu na to, že se nemohou pohybovat tak přesně po přímce, v důsledku bobulí hroznů, které jsou mezi oběma: a uvážíme-li tedy, že to není ani tak pohyb jako spíše akce světelných těles, co je třeba brát za jejich světlo, musíte usoudit, že paprsky tohoto světla nejsou ničím jiným než liniemi, podél nichž tato akce směřuje. Takže existuje nekonečné množství takových paprsků, které vycházejí ze všech bodů světelných těles ke všem bodům těch těles, která je osvětlují, a tudíž si můžete představit nekonečné množství přímek, podél nichž směřují akce, které vycházejí k A ze všech bodů povrchu vína CDE, a nekonečné množství jiných, podél nichž

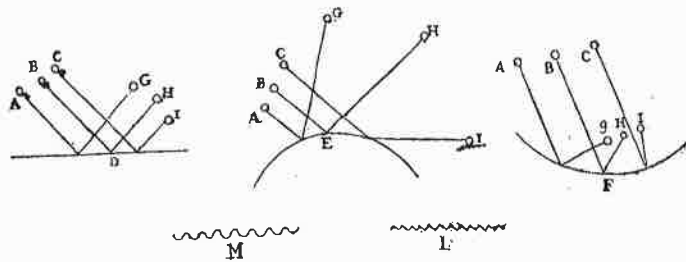
tendent aussy vers B, sans que les vnes empeschent les autres.

Au reste, ces rayons doivent bien estre ainsy tousiours imaginés exactement drois, lors qu'ils ne passent que par vn seul cors transparent, qui est par tout esgale a soy-mesme : mais, lors qu'ils rencontrent quelques autres cors, ils sont suiets a estre détournés par eux, ou amortis, en mesme façon que l'est le mouuement d'une balle, ou d'une pierre iettée dans ||⁸⁹ l'air, par ceux qu'elle rencontre. Car il est bien aysé a croire que l'action ou inclination a se mouuoir, que i'ay dit deuoir estre prise pour la lumiere, doit suiure en cecy les mesmes loys que le mouuement. Et afin que i'explique cete troisieme comparaison tout au long, considerés que les corps, qui peuuent ainsy estre rencontrés par vne balle qui passe dans l'air, sont ou mous, ou durs, ou liquides ; & que, s'ils sont mous, ils arrestent & amortissent tout a fait son mouuement : comme lors qu'elle donne contre des toiles, ou du sable, ou de la boüe ; au lieu que, s'ils sont durs, ils la renuoyent d'un autre costé sans l'arrester ; & ce, en plusieurs diuerses façons. Car ou leur superficie est toute esgale & vnie, ou raboteuse & inesgale ; & derechef, estant esgale, elle est ou platte, ou courbée ; & estant inesgale, ou son inesgalité ne consiste qu'en ce qu'elle est composée de plusieurs parties diuersement courbées, dont chacune est en soy assés vnie ; ou bien elle consiste, outre cela, en ce qu'elle a plusieurs diuers angles ou pointes, ou des parties plus dures l'une que l'autre, ou qui se meuuent, & ce, avec des varietés qui peuuent estre imaginées en mille sortes. Et il faut remarquer que la bale, outre son mouuement simple & ordinaire, qui la porte d'un lieu en l'autre, en peut encores auoir vn deuxiesme, qui la fait tourner autour de son centre, & que la vitesse de cetuy cy peut auoir plusieurs diuerses proportions avec celle de l'autre. Or, quand plusieurs bales venant d'un mesme costé, rencontrent vn

směřují k B ty akce, které vycházejí z těchže bodů, aniž by si navzájem překážely.

Nadto je třeba si vždy tyto paprsky představovat jako přesně přímé, procházejí-li pouze jedním průhledným tělesem, které je všude stejné: jestliže však narazí na nějaká jiná tělesa, jsou jimi přinuceny odklonit se nebo zeslábnout, a to stejným způsobem, jako je odkloněn nebo zeslaben pohyb míče nebo kamene hozeného vzduchem, tím, s čím se střetne. Snadno se uvěří, že akce nebo sklon k pohybování se, o nichž jsem řekl, že se mají brát za světlo, musí v tom sledovat tytéž zákony jako tento pohyb. A abych vysvětlil toto třetí přirovnání podrobně, uvažte, že tělesa, s nimiž se může střetnout míč letící vzduchem, jsou buďto měkká, nebo tvrdá, nebo tekutá; a jsou-li měkká, pak okamžitě zastaví a zeslabí jeho pohyb: například narazí-li na závěs nebo písek nebo bahno; zatímco jsou-li tvrdá, odešlou ho na jinou stranu bez zastavení; a činí tak mnoha různými způsoby. Jedním způsobem, je-li jejich povrch naprosto rovný a jednotný, jiným, je-li hrbolatý a nepravidelný; a opět jiným v případě hladkého povrchu, podle toho, je-li rovinný, nebo zakřivený; a když je nepravidelný, pak jinak, jestliže se jeho nepravidelnost skládá z mnoha různě zakřivených částí, z nichž každá sama je dosti hladká; a zase jinak, sestává-li z množství různých úhlů nebo hrotů, nebo z částí rozličné tvrdosti, nebo částí, které se pohybují, a tak dále s rozmanitostmi, které si lze představit tisíci způsoby. Je třeba poznamenat, že míč kromě svého jednoduchého a obvyklého pohybu, přenášejíciho jej z místa na místo, může mít ještě pohyb druhý, který jím otáčí kolem jeho středu, a že rychlost tohoto pohybu se může nacházet v mnoha různých poměrech k rychlosti pohybu druhého. Když několik

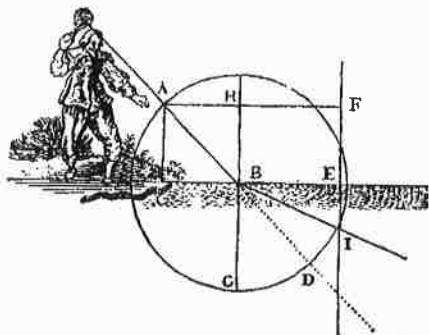
cors, dont la superficie est toute vnie & esgale, elles se reflexissent esgalement, & en mesme ||₉₀ ordre, en sorte que, si cete superficie est toute plate, elles gardent entre elles la mesme distance, apres l'auoir rencontrée, qu'elles auoyent auparauant ; & si elle est courbée en dedans ou en dehors, elles s'approchent ou s'esloignent en mesme ordre les vnes des autres, plus ou moins, a raison de cete courbure. Comme vous voyés icy les bales A, B, C, qui, apres auoir rencontré les superficies des cors D, E, F, se reflexissent vers G, H, I. Et si ces bales rencontrent vne superficie inesgale, comme L ou M, elles se reflexissent



vers diuers costés, chascune selon la situation de l'endroit de cete superficie qu'elle touche. Et elles ne changent rien que cela en la façon de leur mouuement, lors que son inesgalité ne consiste qu'en ce que ces parties sont courbées diuersement. Mais elle peut aussy consister en plusieurs autres choses & faire, par ce moyen, que, si ces bales n'ont eu auparauant qu'un simple mouuement droit, elles en perdent vne partie, & en acquerent au lieu vn circulaire, qui peut auoir diuerse proportion avec ce qu'elles retiennent du droit, selon que la superficie du cors qu'elles rencontrent peut estre diuersement disposée. Ce que ceux ||₉₁ qui iouent a la paume esprouent assés, lors que leur bale rencontre de faux quareaux, ou bien qu'ils la touchent en biaisant de leur raquette, ce qu'ils nomment, ce me

míčů přichází ze stejné strany a když narazí na nějaké těleso, jehož povrch je zcela hladký a rovný, odrazí se stejně v témž pořadí, takže, je-li tento povrch naprosto rovný, udržují mezi sebou po střetu s touto plochou touž vzdálenost, kterou měly předtím; a je-li tato plocha zakřivená dovnitř, nebo vně, přibližují se, nebo se vzdalují v témž pořadí jedny od druhých v důsledku tohoto zakřivení. Zde například vidíte míče A, B, C, které poté, co se střetly s povrchy těles D, E, F, se odrazily ke G, H, I. A jestliže tyto míče narazí na rovnou plochu, například L nebo M, odrazí se různými směry, každý podle situace v tom místě této plochy, kde se dotkl. A na způsobu svého pohybu nezmění nic jiného než toto, pokud nerovnost spočívá pouze v tom, že různé části jsou různě zakřiveny. Tato plocha však může sestávat z mnoha jiných věcí a způsobit tím, že tyto míče, které se předtím pohybovaly jednoduše a přímo, ztratí jednu část tohoto pohybu a místo ní nabudou část kruhovou, která může být v různých poměrech k tomu, co si podržely z pohybu přímého v závislosti na povrchu těles, s nimiž se střetly, který může být rozličně utvářen. Což dostatečně vyzkoušeli ti, kteří hrají hru s míčem, když jejich míč dopadl na chybné dlaždice, anebo když se míče dotkli nakloněnou raketou, čemuž se říká, zdá se mi, říznutí nebo „faleš“.

semble, couper ou friser. Enfin, considerés que, si vne bale qui se meut rencontre obliquement la superficie d'un cors liquide, par lequel elle puisse passer plus ou moins facilement que par celuy d'où elle sort, elle se détourne & change son cours en y entrant : comme, par exemple, si

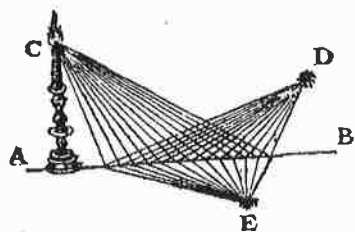


estant en l'air au point A, on la pousse vers B, elle va bien en ligne droite depuis A iusques a B, si ce n'est que sa pesanteur ou quelqu'autre cause particuliere l'en empesche; mais, estant

au point B où ie suppose qu'elle rencontre la superficie de l'eau CBE, elle se détourne & prend son cours vers I, allant derechef en ligne droite depuis B iusques a I, ainsy qu'il est aysé à verifier par l'experience. Or il faut penser, en mesme façon, qu'il y a des cors qui, estant rencontrés par les rayons de la lumiere, les amortissent, & leur ostent toute leur force, a sçauoir ceux qu'on nomme noirs, lesquels n'ont point d'autre couleur que les tenebres ; & qu'il y en a d'autres qui les font reflexir, les vns au mesme ordre qu'ils les reçoient, a sçauoir ceux qui, ayant leur superficie toute polie, peuuent seruir de miroirs tant plats que courbés, & les autres confusement vers plusieurs costés ; & que derechef, ||₉₂ entre ceux cy, les vns font reflexir ces rayons sans apporter aucun autre changement en leur action, a sçauoir ceux qu'on nomme blancs, & les autres y apportent avec cela vn changement semblable a celuy que reçoit le mouuement d'une balle quand on la frize, a sçauoir ceux qui sont rouges, ou iaunes, ou bleus, ou de quelque autre telle couleur. Car ie pense pouuoir determiner en quoy consiste la na-

Konečně uvažte, že když pohybuující se míč dopadne šikmo na povrch tekutého tělesa, jímž může projít více, či méně snadněji než tělesem, z něž přišel, odkloní se a při vstupu do tohoto tělesa změni svůj směr: například je-li ve vzduchu v bodě A, pošle se směrem k B, pak se mezi body A a B pohybuje po přímce, pokud tomu nebrání jeho váha nebo nějaká jiná zvláštní příčina; jakmile se ale ocitne v bodě B, o němž předpokládám, že v něm dochází ke střetu s povrchem vody CBE, odkloní se a začne směřovat k I opět po přímce od B až k I, což lze snadno ověřit zkušeností. Je třeba si myslet tímž způsobem, že existují tělesa, která po dopadu paprsků světla tyto paprsky oslabí a odeberou jim veškerou jejich sílu, totiž ta tělesa, kterým se říká černá, jejichž žádný bod nemá jinou barvu než temnotu; a že existují jiná, která tyto paprsky odrazí v témž pořadí, v němž přišly, totiž ta, která mají svůj povrch vyleštěný a mohou sloužit jako zrcadla, rovinná i zakřivená, a opět jiná tělesa, z nichž jedna odrážejí tyto paprsky, aniž by vnášela do jejich akce jakoukoli jinou změnu, totiž ta, která se nazývají bílá. Jiná zase nesou s sebou změnu podobnou té, kterou přijal pohyb míče, když dostal „faleš“, totiž ta, která jsou červená nebo žlutá nebo modrá nebo jakékoli jiné takové barvy. Domnívám se, že jsem s to stanovit, v čem spočívá povaha každé z těchto barev a ukázat

ture de chacune de ces couleurs, & le faire voir par experience ; mais cela passe les bornes de mon suiet. Et il me suffit icy de vous auertir que les rayons, qui tombent sur les cors qui sont colorés & non polis, se reflexissent ordinairement de tous costés, encore mesme qu'ils ne viennent que d'un seul costé : comme, encores que ceux



qui tombent sur la superficie du cors blanc AB, ne viennent que du flambeau C, ils ne laissent pas de se reflexir tellement de tous costés, qu'en quelque lieu qu'on pose l'œil, comme par

exemple vers D, il s'en trouue tousiours plusieurs venans de chasque endroit de cete superficie AB, qui tendent vers luy. Et mesme, si l'on suppose ce cors fort delié comme un papier ou une toile, en sorte que le iour passe au trauers, encores que l'œil soit d'autre costé que le flambeau, comme vers E, il ne lairra pas de se reflexir vers luy quelques rayons de chacune des parties de ce cors. Enfin, considerés que les rayons se détournent aussy, en mesme façon qu'il a esté dit d'une bale, quand ils rencontrent obliquement la superficie d'un cors transparent, ||93 par lequel ils penetrent plus ou moins facilement que par celui d'où ils viennent, & cete façon de se détourner s'appelle en eux Refraction.

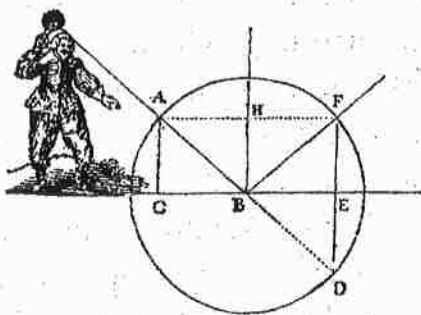
to zkušeností; to však překračuje hranice mého tématu. Stačí mi zde ujistit vás, že se paprsky, které dopadají na tělesa, která jsou barevná a nevyleštěná, odraží zpravidla na všechny strany, a to i když přicházejí všechny z jedné strany: například ty, které dopadají na povrch bílého tělesa AB a vycházejí pouze z plamene C, se odraží natolik do všech stran, že ať umístíme oko do kteréhokoli místa, například do D, vždy se najde množství paprsků přicházejících ze všech míst tohoto povrchu AB, které k němu směřují. A stejně předpokládáme-li, že je toto těleso velmi tenké, jako papír nebo plátno, takže jím proniká světlo, a oko je na druhé straně než plamen, například v E, stejně se k němu odrazí několik paprsků z každé části tohoto tělesa. A konečně uvažte, že se paprsky odklánějí tímž způsobem, o němž se hovořilo u míče, dopadnou-li šikmo na povrch průhledného tělesa, jímž pronikají, a tento způsob odklánění se u nich nazývá lomem.

Discours second
De la refraction

Rozprava druhá
O lomu

De la refraction
Discours Second

||93 D'autant que nous aurons besoin cy après de sçavoir exactement la quantité de cete refraction, & qu'elle peut assés commodement estre entendue par la comparaison dont ie viens de me servir, ie croy qu'il est a propos que ie tasche icy tout d'un train de l'expliquer, & que ie parle premierement de la reflexion, afin d'en rendre l'intelligence d'autant plus aysée.



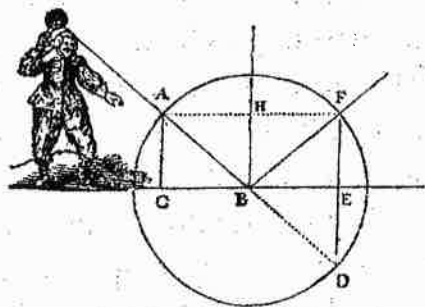
Pensons donc qu'une bale, estant poussée d'A vers B, rencontre, au point B, la superficie de la terre CBE, qui, l'empeschant de passer outre, est cause qu'elle se détourne ;

& voyons vers quel costé. Mais afin de ne nous embarasser point en de nouvelles difficultés, supposons que la terre est parfaitement platte & dure, & que la balle va tousiours d'esgale vitesse, tant en descendant qu'en remontant, sans nous enquerir en aucune ||94 façon de la puissance qui continue de la mouvoir, apres qu'elle n'est plus touchée de la raquette, ny considerer aucun effect de sa pesanteur, ny de sa grosseur, ny de sa figure. Car il n'est icy question d'y regarder de si prés, & il n'y a aucune de ces choses qui ait lieu en l'action de la lumiere a laquelle cecy se doit rapporter. Seulement faut il remarquer, que la puissance, telle qu'elle soit, qui fait continuer le mouuement de cete balle, est differente de celle qui la determine a se mouvoir plustost vers vn costé que vers vn autre, ainsy qu'il est tres aysé a cognoistre de ce que c'est la force dont elle a esté poussée par la raquette, de qui depend son mouue-

O lomu
Rozprava druhá

Protože budeme v dalším potřebovat znát přesně velikost refrakce [lomu] a protože ji lze pohodlně pochopit příměrem, který jsem právě použil, jsem přesvědčen, že je na místě, abych se zde pokusil rovnou ji vyložit. Abych její pochopení usnadnil, promluvím nejprve o reflexi [odrazu]. Uvažujme tedy o míči, který je vržen z A směrem k B a který narazí v tomto bodě B na povrch země CBE, jenž tím, že mu brání projít na druhou stranu, je příčinou toho, že se míč odkloní [odrazí]; a podívejme se, na kterou stranu. Ale abychom se nedostali do nových potíží, předpokládejme, že je země dokonale rovná a tvrdá a že se míč pohybuje stále stejnou rychlostí, a to jak při sestupu, tak vzestupu, aniž bychom se jakkoli ptali po síle, která ho udržuje v pohybu i poté, co se už nedotýká rakety, a nebudeme ani přihlížet k důsledkům jeho váhy, velikosti nebo tvaru. Nejde zde totiž o to, zkoumat to takto podrobně, a žádná z těchto věcí se netýká činnosti světla, o níž nám zde jde. Je třeba pouze poznamenat, že moc jako taková, která udržuje míč v pohybu, se liší od té síly, která určuje, zda se bude pohybovat spíše k jedné straně než k jiné, takže z toho snadno poznáváme, že ta síla, kterou byl vržen raketou, je ta, na níž závisí jeho pohyb,

ment, & que cete mesme force l'auroit pû faire mouvoir vers tout autre costé, aussy facilement que vers B, au lieu que c'est la situation de cete raquette qui la determine a tendre vers B, & qui auroit pû l'y determiner en mesme façon, encores qu'vne autre force l'auroit meue. Ce qui monstre desia qu'il n'est pas impossible que cete balle soit détournée par la rencontre de la terre, & ainsy, que la determination qu'elle auoit a tendre vers B soit changée, sans qu'il y ait rien pour cela de changé en la force de son mouvement, puis que ce sont deux choses diuerses, & par consequent qu'on ne doit pas imaginer qu'il soit necessaire qu'elle s'aresté quelque moment au point B auant que de retourner vers F, ainsy que font plusieurs de nos Philosophes ; car, si son mouuement estoit vne fois interrompu par cet arrest, il ne se trouueroit aucune cause, qui le fist par après recommencer. De plus, il faut remarquer que la determination a se mouoir vers quelque costé peut, aussy ||₉₅ bien que le mouuement & generalement que toute autre sorte de quantité, estre diuisée entre toutes les parties desquelles on peut imaginer qu'elle est composée ; & qu'on peut aysement imaginer que celle de la balle qui se meut d'A vers B est composée de deux autres,



dont l'une la fait descendre de la ligne AF vers la ligne CE, & l'autre en mesme temps la fait aller de la gauche AC vers la droite FE, en sorte que ces deux, jointes ensemble, la conduisent iusques a B suivant la ligne droite

AB. Et en suite il est aisé a entendre, que la rencontre de la terre ne peut empescher que l'une de ces deux determi-

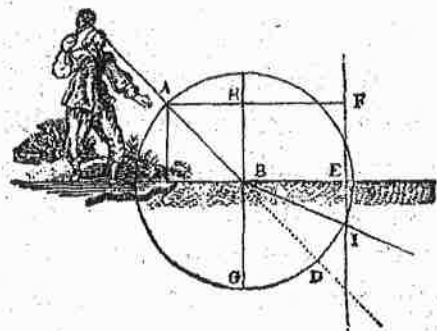
a že táž síla by jej mohla přimět, aby se pohyboval k jiné straně tak snadno jako k B, takže je to poloha této rakety, která určuje jeho pohyb směrem k B a která by jej mohla určit tímž způsobem, i kdyby jím pohybovala jiná síla. Což už ukazuje, že není nemožné, aby se míč odklonil při dopadu na zem tak, že by se jeho určení směřovat k B změnilo, aniž by došlo k nějakým změnám v síle jeho pohybu, protože to jsou dvě různé věci, a tudíž není třeba si představovat, že by bylo nutné, aby se na nějaký okamžik zastavil v bodě B, dříve než se obrátí k bodu F, jak si to myslí většina z našich filosofů; neboť jestliže by byl jeho pohyb jednou tímto zastavením přerušen, nenalezla by se už žádná příčina, která by ho přiměla k tomu, aby se opět začal pohybovat. Navíc je třeba poznamenat, že určení [rychlost] pohybovat se k některé stran, může být, podobně pohybu a obecně veličině jakéhokoli druhu, rozloženo na části, o nichž si lze představit, že se z nich skládá; a že si lze snadno představit, že ta [rychlost] míče, který se pohybuje od A k B, je složena ze dvou jiných, z nichž jedna ho nechává klesat od přímky AF k přímce CE a druhá ho současně vede od levé [přímky] AC k pravé [přímce] FE tak, aby tyto dvě [složky] spojeny dohromady jej vedly do B po přímce AB. A v důsledku toho se snadno pochopí, že střetnutí se zemí může bránit jen jednomu z těchto určení,

nations, & non point l'autre en aucune façon. Car elle doit bien empêcher celle qui faisoit descendre la balle d'AF vers CE, a cause qu'elle occupe tout l'espace qui est au dessous de CE ; mais pourquoy empêcheroit elle l'autre qui la faisoit auancer vers la main droite, vû qu'elle ne luy est aucunement opposée en ce sens là? Pour trouuer donc iustement vers quel costé cete balle doit retourner, descriuons vn cercle du centre B, qui passe par le point A, & disons qu'en autant de temps qu'elle aura mis a se mouuoir depuis A iusques a B, elle doit infalliblement retourner depuis B iusques a quelque point de la circonference de ce cercle, d'autant que tous les points qui sont aussy distans de cetuy cy B qu'en est A, se trouuent en cete circonference, & que nous supposons le mouuement ||₉₆ de cete balle estre tousiours esgalement viste. Puis afin de sçauoir precisement auquel de tous les points de cete circonference elle doit retourner, tirons trois lignes droites AC, HB & FE perpendiculaires sur CE, & en telle sorte, qu'il n'y ait ni plus ni moins de distance entre AC & HB qu'entre HB & FE ; & disons, qu'en autant de temps que la bale a mis a s'auancer vers le costé droit, depuis A, l'vn des poins de la ligne AC, iusques a B, l'vn de ceux de la ligne HB, elle doit aussy s'auancer depuis la ligne HB iusques a quelque point de la ligne FE ; car tous les poins de cete ligne FE sont autant esloignés de HB en ce sens là, l'vn comme l'autre, & autant que ceux de la ligne AC, & elle est aussy autant déterminée a s'auancer vers ce costé-là, qu'elle a esté auparauant. Or est il qu'elle ne peut arriuer en mesme tems en quelque point de la ligne FE, & ensemble a quelque point de la circonference du cercle AFD, si ce n'est au point D, ou au point F, d'autant qu'il n'y a que ces deux, où elles s'entrecouperent l'vne l'autre ; si bien que, la terre l'empeschant de passer vers D, il faut conclure qu'elle doit aller infalliblement vers F. Et ainsy vous voyés facilement comment se fait la refle-

druhému však v žádném případě. Střetnutí se zemí musí bránit tomu určení, které vedlo míč k sestupu od AF k CE, neboť země zaujímá celý prostor, který je pod CE; proč by však bránilo druhému určení, které jej vede k pohybu doprava, jestliže mu nijak v tomto směru neodporuje? Abychom tedy přesně zjistili, ke které straně se míč musí obrátit, opišme kružnici se středem B a procházející bodem A a řekněme, že tolik času, kolik míč spotřeboval na pohyb od A k B, musí nepochybně spotřebovat při návratu z B až k nějakému bodu na této kružnici, neboť všechny body, které jsou od něj vzdáleny stejně, jako je vzdálen bod B od A, se nacházejí na této kružnici, a předpokládáme, že pohyb míče je stále stejně rychlý. Abychom pak poznali přesně, ke kterému ze všech bodů kružnice se má vrátit, vedme tři přímky AC, HB a FE kolmo k CE tak, aby vzdálenost mezi AC a HB nebyla ani větší ani menší než vzdálenost mezi HB a FE; a řekněme že tolik času, kolik míč potřebuje k tomu, aby se posunul z A, jednoho z bodů přímky AC, až do B, jednoho z bodů přímky HB, musí také spotřebovat na to, aby se přesunul z přímky HB až do nějakého bodu na přímce FE; neboť všechny body této přímky FE jsou stejně vzdálené od HB v tomto směru, jeden jako druhý, a také stejně jako body přímky AC [jsou vzdáleny od HB], a míč má totéž určení [rychlost] tímto směrem, jako měl dříve. Je tomu tak, že míč nemůže dorazit současně do nějakého bodu přímky FE a do nějakého bodu kružnice AFD, jestliže není v bodě D nebo v bodě F, neboť jen v těchto bodech se [tato přímka a kružnice] protínají; protože země brání projít do D, je třeba vyvodit závěr, že musí jít nepochybně k F. A tak vidíte snadno, jak probíhá odraz,

xion, a sçavoir selon vn angle tousiours esgal a celuy qu'on nomme l'angle d'incidence. Comme, si vn rayon, venant du point A, tombe au point B sur la superficie du miroir plat CBE, il se reflexist vers F, en sorte que l'angle de la reflexion FBE n'est ne plus ne moins grand que celuy de l'incidence ABC.

Venons maintenant a la Refraction. Et premierement ||97 supposons qu'une bale, poussée d'A vers B, rencontre au point B, non plus la superficie de la terre, mais une toile



CBE, qui soit si foible & deliée que cete bale ait la force de la rompre & de passer tout au trauers, en perdant seulement une partie de sa vitesse, a sçavoir, par exemple, la moitié. Or cela posé, afin de sçavoir

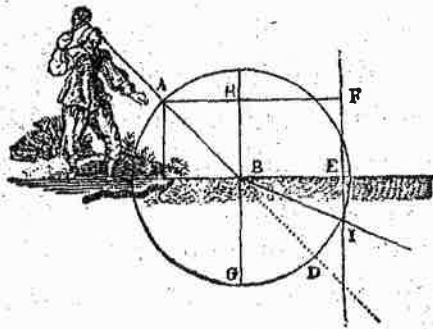
quel chemin elle doit suivre, considerons de rechef que son mouvement differe entierement de sa determination a se mouvoir plustost vers un costé que vers un autre, d'où il suit que leur quantité doit estre examinée separement. Et considerons aussy que, des deux parties dont on peut imaginer que cete determination est composée, il n'y a que celle qui faisoit tendre la bale de haut en bas, qui puisse estre changée en quelque façon par la rencontre de la toile ; & que, pour celle qui la faisoit tendre vers la main droite, elle doit tousiours demeurer la mesme qu'elle a esté, a cause que cete toile ne luy est aucunement opposée en ce sens là. Puis, ayant descrit du centre B le cercle AFD, & tiré a angles droits sur CBE les trois lignes droites AC, HB, FE, en telle sorte qu'il y ait deux fois

totiž podle úhlu, který je vždy roven úhlu, jemuž se říká úhel dopadu. Například jestliže paprsek vycházející z bodu A padne do bodu B na povrchu rovinného zrcadla CBE, odrazí se k F tak, aby úhel odrazu FBE nebyl ani větší ani menší než úhel dopadu ABC.

Pojďme nyní k lomu. A předpokládejme nejprve, že se míč poslaný z A směrem k B střetne v bodě B nikoli s povrchem země, nýbrž s plátnem CBE, které je tak slabé a jemné, že míč má sílu jej protrhnout a projít jím, přičemž pouze ztratí část své rychlosti, totiž například polovinu. Když to předpokládáme, pak k tomu, abychom poznali, kterou cestu musí sledovat, uvažme znovu, že se jeho pohyb zcela liší od jeho určení pohybovat se spíše k jedné straně než k druhé, z čehož plyne, že jejich velikosti se musí zkoumat odděleně. A uvažme také, že ze dvou částí, z nichž si představujeme toto určení složené, je jen jedna, totiž ta, která nutila míč shora dolů, jež se může změnit nějakým způsobem při střetu s plátnem; a že ta, která ho nutila směřovat doprava, musí stále zůstatvat táž, jako byla, protože v tomto směru jí plátno vůbec neklade odpor. Pak poté co jsme opsali ze středu B kružnici AFD a vedli pod pravými úhly k CBE tři přímký AC, HB, FE tak, aby vzdálenost mezi FE a HB byla dvojnásobná

autant de distance entre FE & HB qu'entre HB & AC, nous verrons que cete bale doit tendre vers le point I. Car, puisqu'elle perd la moitié de sa vitesse, en trauersant la toile CBE, elle doit employer deux fois autant de ||⁹⁸ tems a passer au dessous, depuis B iusques a quelque point de la circonference du circle AFD, qu'elle a fait au dessus a venir depuis A iusques a B. Et puis qu'elle ne perd rien du tout de la determination qu'elle auoit a s'auancer vers le costé droit, en deux fois autant de tems qu'elle en a mis a passer depuis la ligne AC iusques a HB, elle doit faire deux fois autant de chemin vers ce mesme costé, & par consequent arriuer a quelque point de la ligne droite FE, au mesme instant qu'elle arriue aussi a quelque point de la circonference du cercle AFD. Ce qui seroit impossible, si elle n'alloit vers I, d'autant que c'est le seul point au -dessous de la toile CBE, où le cercle AFD & la ligne droit FE s'entrecouperent.

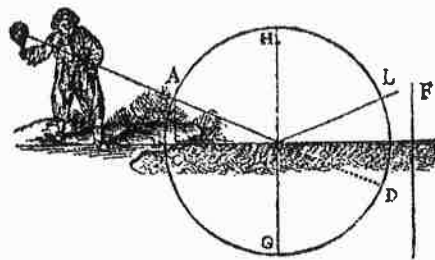
Pensons maintenant que la bale qui vient d'A vers D, rencontre au point B, non plus vne toile, mais de l'eau, dont la superficie CBE lui oste iustement la moitié de sa vitesse, ainsi que faisoit cete toile. Et le reste posé comme deuant, ie dis que cete bale doit passer de B en ligne droite, non vers D, mais vers I. Car, premierement, il est certain que la superficie de l'eau la doit détourner vers là en mesme façon que la toile, vû qu'elle luy oste tout autant de sa force, & qu'elle luy est opposée en mesme sens. Puis, pour le reste du cors de l'eau qui remplit tout l'espace qui est depuis B



než vzdálenost mezi HB a AC, vidíme, že míč musí směřovat k bodu I. Protože totiž ztratil průchodem plátnem CBE polovinu své rychlosti, musí použít dvojnásobný čas, aby prošel z B zdola až do nějakého bodu na kružnici AFD, než potřeboval k tomu, aby dospěl shora z A do B. A protože neztrácí nic ze svého určení, které ho nutí k tomu, aby se pohyboval k pravé straně za dvojnásobek času, jež potřeboval k přechodu od přímky AC až k přímce HB, musí vykonat dvojnásobnou cestu k téže [pravé] straně a v důsledku toho dospět do nějakého bodu na přímce FE v témž okamžiku, v němž také dospěje do nějakého bodu kružnice AFD. Což by bylo nemožné, pokud by nesměřoval k I, neboť to je jediný bod pod plátnem CBE, kde se protíná kružnice AFD s přímkou FE.

Mysleme si teď, že míč, který se pohybuje z A směrem k D, se nestřetne v bodě B s plátnem, ale s vodou, jejíž povrch CBE mu odebere právě polovinu jeho rychlosti, tak jako to udělalo plátno. A ostatní nechť je jako dříve, takže říkám, že tento míč musí pokračovat z B po přímce nikoli směrem k D, nýbrž k I. Protože za prvé je jisté, že povrch vody jej musí odklonit týmž směrem jako plátno, neboť mu odebírá stejně síly a klade odpor v témž směru. Dále, co se týče zbytku vody, který zaplňuje celý prostor, jenž je od B k I, ten mu odporuje více, či méně

iusques a I, encores qu'il luy resiste plus \parallel_{99} ou moins que ne faisoit l'air que nous y supposions auparauant, ce n'est pas a dire pour cela qu'il doive plus ou moins la détourner : car il se peut ouvrir, pour luy faire passage, tout aussi facilement vers vn costé que vers vn autre, au moins si on suppose tousiours, comme nous faisons, que ny la pesanteur ou legereté de cete bale, ny sa grosseur, ny sa figure, ny aucune autre telle cause estrangere ne change son cours. Et on peut icy remarquer, qu'elle est d'autant plus détournée par la superficie de l'eau ou de la toile, qu'elle la rencontre plus obliquement, en sorte que, si elle la rencontre a angles droits, comme lors qu'elle est



poussée d'H vers B, elle doit passer outre en ligne droite vers G, sans aucunement se détourner. Mais si elle est poussée suivant vne ligne comme AB, qui

soit si fort inclinée sur la superficie de l'eau ou de la toile CBE, que la ligne FE, estant tirée comme tantost, ne coupe point le cercle AD, cete bale ne doit aucunement la penetrer, mais reiaillir de sa superficie B vers l'air L, tout de mesme que si elle y auoit rencontré de la terre. Ce qu'on a quelquefois experimenté avec regret, lorsque faisant tirer pour plaisir des pieces d'Artillerie vers le fons d'une riuere, on a blessé ceux qui estoient de l'autre costé sur le riuage.

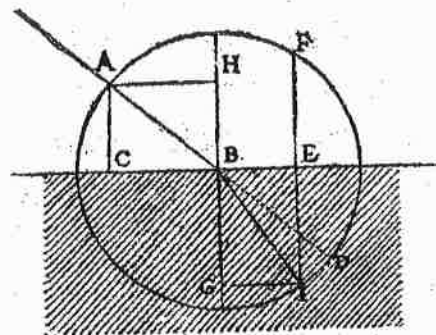
Mais faisons encore icy vne autre supposition, & pensons que la bale, ayant esté premierement poussée d'A vers B, est poussée derechef, estant au point B, \parallel_{100} par la raquette CBE, qui augmente la force de son mouuement, par exemple, d'un tiers, en sorte, qu'elle puisse faire, par après,

než vzduch, který jsem tam předpokládal už dříve, což ale neznamená, že by ho zbytek vody musel více, či méně odchýlit: aby jej totiž nechala projít, může se voda otevřít stejně snadno směrem k jedné straně jako k druhé, aspoň pokud předpokládáme, jak i činíme, že ani váha nebo lehkost tohoto míče, ani jeho velikost, ani jeho tvar, ani žádná jiná taková příčina nemění jeho směr. A zde lze poznamenat, že se míč o to více odchýlí povrchem vody nebo plátna, čím menší je úhel, pod nímž se s ním střetne, takže jestliže se s ním střetne pod pravým úhlem, například je-li vržen z H a do B, musí projít podél přímky do bodu G, aniž by se nějak odchýlil. Jestliže však je vržen podél přímky, jako je AD, která je tak silně nakloněná k povrchu vody nebo plátna CBE, že přímka EF vedená jako výše vůbec kružnici AD neprotne, tento míč ji vůbec nesmí proniknout, nýbrž odskočí od jejího povrchu B ke vzduchu L, stejně jako kdyby se byl střetl se zemí. To bylo naneštěstí několikrát vyzkoušeno, když při dělostřelbě pro zábavu směrem na dno řeky došlo ke zranění těch, kteří stáli na druhém břehu.

Ale učiňme zde ještě jiný předpoklad a mysleme si, že míč, poté co byl nejprve vržen z A do B, je pak vržen znovu v bodě B raketou CBE, která zvýší sílu jeho pohybu například o jednu třetinu,¹ takže může poté vykonat za

¹Tomu je třeba rozumět tak, že nová rychlost bude rovna třem polovinám rychlosti původní.

autant de chemin en deux momens, qu'elle en faisoit en trois auparavant. Ce qui fera le mesme effect, que si elle rencontroit au point B vn cors de telle nature, qu'elle



passast au trauers de sa superficie CBE, d'vn tiers plus facilement que par l'air. Et il suit manifestement de ce qui a esté desia démontré, que, si l'on décrit le cercle AD comme deuant, & les lignes AC, HB, FE,

en telle sorte qu'il y ait d'vn tiers moins de distance entre FE & HB qu'entre HB & AC, le point I, où la ligne droite FE & la circulaire AD s'entrecoupent, designera le lieu vers lequel cete bale, estant au point B, se doit détourner.

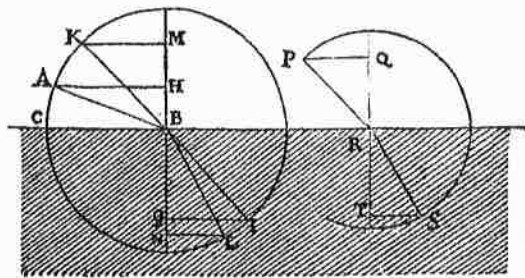
Or on peut prendre aussi le reuers de cete conclusion & dire que, puisque la bale qui vient d'A en ligne droite iusques a B, se détourne estant au point B, & prend son cours de là vers I, cela signifie que la force ou facilité, dont elle entre dans le cors CBEI, est a celle dont elle sort du cors ACBE, comme la distance qui est entre AC & HB, a celle qui est entre HB & FI, c'est a dire comme la ligne CB est a BE.

Enfin, d'autant que l'action de la lumiere suit en cecy les mesmes loix que le mouuement de cete bale, il faut dire que, lorsque ses rayons passent obliquement d'vn cors transparent dans vn autre, qui les reçoit plus ou moins facilement que le premier, ils s'y détournent ^{||101} en telle sorte, qu'ils se trouuent tousiours moins inclinés sur la superficie de ces cors, du costé où est celui qui les reçoit le plus aysement, que du costé où est l'autre : & ce, iustement a proportion de ce qu'il les reçoit plus aysement que ne fait l'autre. Seulement faut-il prendre garde que cete

dva okamžiky stejnou dráhu, jako vykonal předtím za tři. Což bude mít týž efekt, jako kdyby se míč střetl v bodě B s tělesem takové povahy, že projde jeho povrchem CBE o třetinu snadněji než vzduchem. Z toho, co bylo dokázáno, plyne zjevně, že opišeme-li kružnici AD jako výše a vedeme-li přímky AC, HB, FE tak, aby byla vzdálenost mezi FE a HB o třetinu menší, než je vzdálenost mezi HB a AC, pak bod I, v němž protíná přímka FE kružnici AD, vyznačuje místo, k němuž se musí odklonit míč, který je v bodě B. Tento závěr lze však obrátit a říci, že vzhledem k tomu, že míč, který se pohybuje z A po přímce až do B, se odkloní v bodě B a vydá se směrem k I, což znamená, že síla či snadnost, s níž vstupuje do tělesa CBEI, se má k té [síle či slabosti], s níž vychází z tělesa ACBE, jako se má vzdálenost, která je mezi AC a HB, k té, která je mezi HB a FI, to jest jako se má úsečka CB k úsečce BE.

Nakonec, protože činnost světla sleduje v tom týž zákony jako pohyb míče, je třeba říci, že když jeho paprsky projdou šikmo z jednoho průhledného tělesa do druhého, které je přijme více, či méně snadno než těleso prvé, odkloní se v něm takovým způsobem, že se budou vždy nacházet méně nakloněné k tomu povrchu těchto těles, z jehož strany se nachází těleso, které je přijímá snadněji než ze strany druhé: a to přesně v poměru té strany, která je přijímá snadněji ke straně druhé. Je třeba jen dát pozor

inclination se doit mesurer par la quantité des lignes droites, comme CB ou AH, & EB ou IG, & semblables, comparées les vnes aux autres ; non par celle des angles, tels que sont ABH ou GBI, ny beaucoup moins par celle des semblables a DBI, qu'on nomme les angles de Refraction. Car la raison ou proportion qui est entre ces angles, varie a toutes les diuerses inclinations des rayons ; au lieu que celle qui est entre les lignes AH & IG ou semblables, demeure la mesme en toutes les refractions qui sont causées par les mesmes cors. Comme, par exemple, s'il



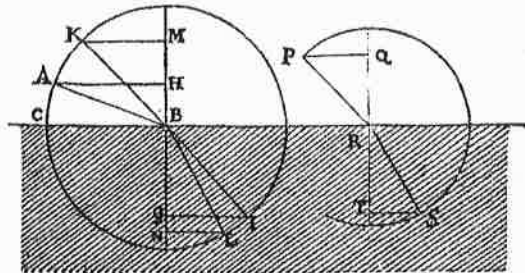
passé vn rayon dans l'air d'A vers B, qui, rencontrant au point B la superficie du verre CBR, se détourne vers I dans ce verre ; & qu'il en vienne vn autre de K vers B, qui se détourne vers L ; & vn autre de P vers R, qui se détourne vers S ; il doit y auoir mesme proportion entre les lignes KM & LN, ou PQ & ST, qu'entre AH & IG, mais non la mesme entre les angles KBM & LBN, ou PRQ & SRT, qu'entre ABH & IBG.

Si bien que vous voyés maintenant en quelle sorte ^{||102} se doiuent mesurer les refractions ; & encores que, pour determiner leur quantité, en tant qu'elle depend de la nature particuliere des cors où elle se font, il soit besoin d'en venir a l'experience, on ne laisse pas de le pouuoir faire assés certainement & aysement, depuis qu'elles sont ainsi toutes reduites sous vne mesme mesure ; car il suffit de les examiner en vn seul rayon, pour cognoistre toutes celles

na to, že tento sklon se musí měřit velikostí úseček, jako jsou CB nebo AH a EB nebo IG a podobné, porovnáním jedné s druhými; a nikoli úhly, jako jsou ABH nebo GBI ani těmi, které jsou podobné DBI, jimž se říká úhly lomu. Neboť ratio čili proporce, která je mezi těmito úhly, se mění při všech rozličných sklonech paprsků; zatímco poměr, který je mezi úsečkami AH a IG a podobnými, zůstává stejný u všech lomů, které jsou způsobeny týmiž tělesy. Tak například jestliže se nějaký paprsek, který přichází vzduchem z A do B, v němž se střetne s povrchem skla CBR, odkloní v tomto skle k I; a jestliže jiný přicházející z K k B se odkloní k L; a ještě jiný z P do R se odkloní k S; pak musí být též poměr mezi úsečkami KM a LN nebo PQ a ST, jako je mezi AH a IG, avšak poměr, který je mezi úhly KBM a LBN nebo PRQ a SRT, není též jako mezi úhly ABH a IBG.

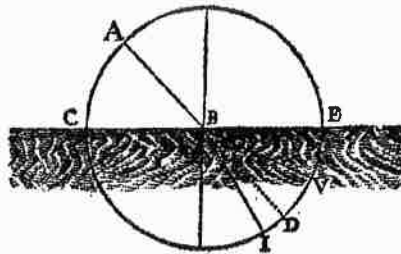
Takže nyní vidíte, jak se mají měřit lomy; a také že mají-li se znát jejich velikosti, pak protože závisí na dílčí povaze těles, v nichž lom probíhá, je třeba vycházet ze zkušenosti, což nelze udělat dost jistě a snadno, pokud nejsou všechny převedeny na jednu míru; neboť stačí zkoumat jen jeden paprsek, abychom poznali všechny ty, které

qui se font en vne mesme superficie, & on peut eiter toute erreur, si on les examine outre cela en quelques autres. Comme, si nous voulons scauoir la quantité de celles qui se font en la superficie CBR, qui separe l'air AKP du verre LIS, nous n'auons qu'a l'esprouer en celle du rayon



ABI, en cherchant la proportion qui est entre les lignes AH & IG. Puis, si nous craignons d'auoir failli en cete experience, il faut encores l'esprouer en quelques autres rayons, comme KBL ou PRS, & trouuant mesme proportion de KM a LN, & de PQ a ST, que d'AH a IG, nous n'aurons plus aucune occasion de douter de la verité.

Mais peuestre vous estonnerés vous, en faisant ces experiences, de trouuer que les rayons de la lumiere s'inclinent plus dans l'air que dans l'eau, sur les superficies où se fait leur refraction, & encores plus dans l'eau que dans le verre, tout au contraire d'une bale, qui s'incline dauantage



la superficie de l'eau CBE, elle se détournera de B vers V ; & si c'est vn rayon, il ira, tout au contraire, de B vers I. Ce

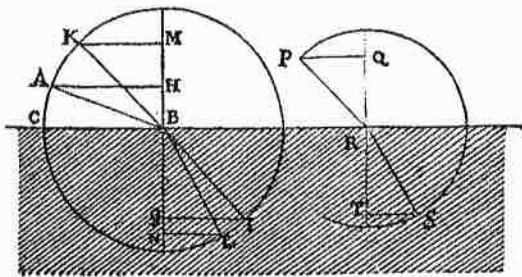
procházejí jedním a týmž povrchem, a že se lze vyhnout každé chybě, prozkouáme-li ještě několik paprsků dalších. Chceme-li například zjistit velikost lomů, které se dějí v povrchu CBR, oddělujícím vzduch AKP od skla LIS, stačí vyzkoušet jen lom paprsku ABI a zjistit poměr, který je mezi úsečkami AH a IG. Pak, pokud se obáváme, že jsme se v této zkušenosti mohli zmýlit, je třeba zkusit ještě několik jiných paprsků, například KBL nebo PRS, a nalezneme-li též poměr KM k LN a PQ k ST, jako je AH k IG, nebudeme už mít žádnou příležitost pochybovat o pravdě.

Možná vás však překvapí při dělání těchto pokusů, zjistíte-li, že se paprsky světla na povrchu, kde dochází k jejich lomu, sklánějí více ve vzduchu než ve vodě, a ještě více ve skle, přesně naopak než u míče, který se sklání více ve vodě než ve vzduchu a který do skla nemůže vůbec proniknout. Například míč, poslaný vzduchem z A k B, se v B dotkne povrchu vody CBE a odkloní se k V ; a je-li to paprsek, pak jde zcela opačně z B do I. Což přestanete

dans l'eau que dans l'air, ||₁₀₃ & ne peut aucunement passer dans le verre. Car, par exemple, si c'est vne bale qui, estant poussée dans l'air d'A vers B, rencontre au point B

que vous cesserez toutesfois de trouuer estrange, si vous souuenés de la nature que i'ay attribuée a la lumiere, quand i'ay dit qu'elle n'estoit autre chose, qu'un certain mouuement ou vne action receuë en vne matiere tres subtile, qui remplit les pores des autres cors ; & que vous consideries que, comme vne bale perd dauantage de son agitation, en donnant contre vn cors mou, que contre vn qui est dur, & qu'elle roule moins aysement sur vn tapis, que sur vne table toute nuë, ainsi l'action de cete matiere subtile peut beaucoup plus estre empeschée par les parties de l'air, qui, estant comme molles & mal iointes, ne luy font pas beaucoup de resitance, que par celles de l'eau, qui luy en font dauantage ; & encores plus par celles de l'eau, que par celles du verre, ou du cristal. En sorte que, d'autant que les petites parties d'un cors transparent sont plus dures & plus fermes, d'autant laissent elles passer la lumiere plus aysement : car cete lumiere n'en doit pas chasser aucunes hors de leurs places, ainsi qu'une bale en doit chasser de celles de l'eau, pour trouuer passage parmy elles.

Au reste, sachant ainsi la cause des refractions qui $||_{104}$ se font dans l'eau & dans le verre, & communement en tous les autres cors transparents qui sont autour de nous, on peut remarquer qu'elles y doiuent estre toutes semblables, quand les rayons sortent de ces cors, & quand ils y entrent. Comme, si le rayon qui vient d'A vers B,

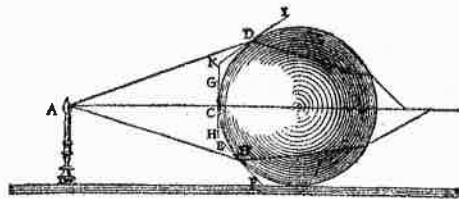


se détourne de B vers I, en passant de l'air dans le verre, celui qui reuiendra d'I vers B, doit aussi se détourner

pokládat za podivné, rozpomenete-li si na povahu, kterou jsem přisoudil světlu, když jsem řekl, že není ničím jiným než určitým pohybem nebo akcí získanými ve velmi jemné látce, která zaplňuje póry jiných těles; a uvážíte-li, že míč ztratí víc ze své čilosti, působí-li proti měkkému tělesu než tělesu tvrdému, a že se valí méně snadno po koberci než po neprostřeném stole, takže působení takové subtilní látky může být více oslabeno částčkami vzduchu, které jsou měkké a špatně pospojované a kladou méně odporu, než částčkami vody, které jej kladou více; a ještě více než částčkami vody pak částčkami skla nebo krystalu. Takže čím tvrdší a pevnější jsou částčky nějakého průhledného tělesa, tím snáze dovolují procházet světlu: neboť toto světlo nemusí žádné z nich vyhánět z jejich míst, zatímco míč musí částčky vody vyhánět, aby si mezi nimi našel průchod.

Nakonec, známe-li tedy příčinu lomu, k němuž dochází ve vodě, ve skle a obecně ve všech jiných průhledných tělesech, která jsou kolem nás, lze poznamenat, že všechny lomy, k nimž dochází při vstupu do těchto těles a při výstupu z nich, musí být stejné. Neboť když paprsek, který jde od A k B, se odkloní z B k I, když prošel ze vzduchu do skla, pak paprsek, který se vrací z I směrem k B, se musí také v B odklonit k A. Nicméně mohou existovat

de B vers A. Toutesfois il se peut trouver d'autres cors, principalement dans le ciel, où les refractions, procedant d'autres causes, ne sont pas ainsi reciproques. Et il se peut aussy trouver certains cas, ausquels les rayons se doiuent courber, encores qu'ils ne passent que par vn seul cors transparent, ainsi que se courbe souuent le mouuement d'une bale, pource qu'elle est détournée vers vn costé par sa pesanteur, & vers vn autre par l'action dont on l'a poussée, ou pour diuerses autres raisons. Car enfin i'ose dire que les trois comparaisons, dont ie viens de me seruir, sont si propres, que toutes les particularités qui s'y peuuent remarquer, se raportent a quelques autres qui se trouvent toutes semblables en la lumiere ; mais ie n'ay tasché que d'expliquer celles qui faisoient le plus a mon suiet. Et ie ne vous veux plus faire icy considerer autre chose, sinon que les superficies des cors transparens qui sont courbées, détournent les rayons qui passent par chacun de leurs ||₁₀₅ points, en mesme sorte que seroient les superficies plattes, qu'on peut imaginer toucher ces cors aux mesmes points.



Comme, par exemple, la refraction des rayons AB, AC, AD, qui, venans du flambeau A, tombent sur la superficie courbe de la boule de cristal BCD, doit estre considerée en mesme sorte, que si AB tomboit sur la superficie plate EBF, & AC sur GCH, et AD sur IDK, & ainsi des autres. D'où vous voyés que ces rayons se peuuent assembler ou escarter diuersement, selon qu'ils tombent sur des superficies qui sont courbées diuersement. Et il est temps que ie commence a vous descrire quelle est la structure de l'œil, afin de vous pouuoir faire entendre comment les rayons, qui entrent dedans, s'y disposent pour causer le sentiment de la veuë.

jiná tělesa, především na nebi, kde lomy, vznikající z jiných příčin, takto obratitelné nejsou. A lze také zjistit určité případy, v nichž se paprsky musí zakřivit, i když procházejí jen jedním jediným průhledným tělesem, tak jako se často zakřiví pohyb míče, protože se odklání k jedné straně svou vahou a k druhé akcí, která jej postrčila, nebo z různých jiných příčin. Nakonec se odvažuji říci, že ta tři srovnání, jichž jsem používal, jsou tak čistá, že všechny zvláštnosti, kterých si lze všimnout, se týkají nějakých zvláštností světla; ale nekladl jsem si za úkol vysvětlovat jiné než jen ty, které se nejvíce týkají mého tématu. A nechci vás nutit, abyste zde zkoumali ještě něco jiného než průhledná tělesa, jejichž zakřivený povrch odklání paprsky procházející každým z jeho bodů tímž způsobem, jako by to dělaly rovinné povrchy, které se v těchto bodech těles dotýkají. Tak například lom paprsků AB, AC, AD, které vycházejí z plamene A a dopadají na zakřivený povrch křišťálové koule BCD, je třeba si představit stejně, jako kdyby AB padl na rovinný povrch EBF, a AC na GCH, a AD na IDK a tak pro ostatní. Z toho vidíte, že paprsky se mohou spojovat, nebo rozptylovat různě, podle toho, jak jsou zakřivené povrchy, na něž dopadnou. A je na čase, abych vám začal popisovat, jaká je struktura oka, abyste mohli pochopit, jak se umístí paprsky, které do něj vstoupí, aby mohly způsobit pocit vidění.

Discours troisieme

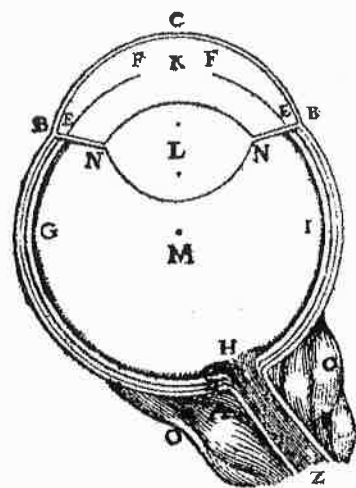
De l'œil

Rozprava třetí

O oku

De L'œil
Discours Troisième

||105 S'il estoit possible de couper l'œil par la moitié, sans que les liqueurs dont il est rempli s'escoulassent, ni qu'aucune de ses parties changeast de place, & que le ||106 plan de la section passast iustement par le milieu de la prunelle, il paroistroit tel qu'il est representé en cete figure. ABCB est vne peau assés dure & epaisse, qui compose comme vn vase rond dans lequel toutes ses parties



interieures sont contenues. DEF est vne autre peau deliée, qui est tendue ainsi qu'une tapisserie au dedans de la precedente. ZH est le nerf nommé optique, qui est composé d'un grand nombre de petits filets, dont les extremités s'estendent en tout l'espace GHI, où, se meslant avec vne infinité de petites veines & arteres, elles composent

vne espece de chair extremement tendre & delicate, laquelle est comme vne troisieme peau, qui couure tout le fons de la seconde. K, L, M sont trois sortes de glaires ou humeurs fort transparentes, qui remplissent tout l'espace contenue au dedans de ces peaux, & ont chacune la figure, en laquelle vous la voyés icy representée. Et l'experience monstre que celle du milieu, L, qu'on nomme l'humeur cristalline, cause a peu prés mesme refraction que le verre ou le cristal ; & que les deux autres, K & M, la causent vn peu moindre, enuiron comme l'eau commune, en sorte que les rayons de la lumiere passent plus facilement par

O oku
Rozprava třetí

Kdyby bylo možno rozříznout oko na poloviny, aniž by vytekly tekutiny, jimiž je naplněno, a aniž by některá z jeho částí změnila místo, a takovým způsobem, aby rovina řezu procházela přesně středem zřítelnice, vypadalo by to tak, jak je znázorněno na tomto obrázku. ABCB je dostatečně tvrdý a silný obal tvořící jakoby kulatou vázu, v níž jsou obsaženy všechny vnitřní části. DEF je druhý obal, slabší, který je natažen jako tapiserie uvnitř obalu předchozího. ZH je nerv zvaný optický, který je složen z velkého počtu drobných vláken, jejichž koncečky se rozprostírají v celém prostoru GHI, kde se proplétají s nekonečným množstvím malých žilek a tepen, a vytvářejí tak něco na způsob krajně jemného a delikátního těla, které je jakoby třetím obalem pokrývajícím celé dno obalu druhého. K, L, M jsou tři druhy velmi průhledných slizů nebo šťáv zaplňujících celý prostor obsažený uvnitř těchto obalů a každý z nich má tvar vyobrazený na obrázku. Zkušenost ukazuje, že prostřední, L, která se nazývá krystalická šťáva [čočka], způsobuje téměř tytéž lomy jako sklo nebo křišťál; a že dvě zbývající, K a M, způsobují lom poněkud menší, zhruba jako obyčejná voda, takže paprsky světla procházejí snáze

celle du milieu que par les deux autres, & encores plus facilement par ces deux que par l'air. En la premiere peau, la partie BCB est transparente, & vn peu plus voutée que le reste BAB. En la seconde, la superficie ||₁₀₇ interieure de la partie EF, qui regarde le fons de l'œil, est toute noire & obscure ; & elle a au milieu vn petit trou rond FF, qui est ce qu'on nomme la prunelle, & qui paroist si noir au milieu de l'œil, quand on le regarde par dehors. Ce trou n'est pas tousiours de mesme grandeur, & la partie EF de la peau en laquelle il est, nageant librement en l'humeur K, qui est fort liquide, semble estre comme vn petit muscle, qui se peut estre cir & eslargir a mesure qu'on regarde des objets plus ou moins proches, ou plus ou moins esclairés, ou qu'on les veut voir plus ou moins distinctement. Et vous pourrés voir facilement l'experience de tout cecy en l'œil d'vn enfant ; car si vous luy faites regarder fixement vn objet proche, vous verrés que sa prunelle deuiendra vn peu plus petite que si vous luy en faites regarder vn plus esloigné, qui ne soit point avec cela plus esclairé. Et de rechef, qu'encores qu'il regarde tousiours le mesme objet, il l'aura beaucoup plus petite, estant en vne chambre fort claire, que si, en fermant la pluspart des fenestres, on la rend fort obscure. Et enfin que, demeurant au mesme iour, & regardant le mesme objet, s'il tasche d'en distinguer les moindres parties, sa prunelle sera plus petite, que s'il ne le considere que tout entier, & sans attention. Et notés que ce mouuement doit estre appelé volontaire, nonobstant qu'il soit ordinairement ignoré de ceux qui le font, car il ne laisse pas pour cela d'estre dependant & de suiure de la volonté qu'ils ont de bien voir ; ainsi que les mouuements des leures & de la langue, qui seruent a prononcer les paroles, se nomment volontaires, a cause qu'ils suiuent de la volonté ||₁₀₈ qu'on a de parler, nonobstant qu'on ignore souuent quels ils doiuent estre pour seruir a le prononciation de chaque lettre. EN, EN sont plusieurs petits filets

částí střední než oběma ostatními a opět snáze těmito dvěma než vzduchem. V prvním obalu je část BCB průhledná a trochu vyklenutější než zbytek BAB. V druhém obalu je vnitřní povrch části EF, který je obrácen ke dnu oka, zcela černý a temný; a uprostřed má malý okrouhlý otvor FF, který je tím, čemu se říká zřítelnice, a který se jeví tak černý uprostřed oka, díváme-li se na něj zvnějšku. Tento otvor není vždy téže velikosti a část EF obalu, v němž se nachází, plovouc volně ve šťávě K, která je velice tekutá, vypadá jako malý sval, který se může zužovat a roztahovat v souladu s tím, pozorují-li se předměty více, nebo méně blízké, nebo více, či méně osvětlené, nebo když je chceme vidět více, či méně zřetelně. A můžete se o tom snadno přesvědčit pozorováním oka dítěte; necháte-li ho upřeně pozorovat blízký předmět, uvidíte, že se jeho zřítelnice stane poněkud menší, než když ho necháte hledět na předmět vzdálenější, který však není ve srovnání s prvním více osvětlený. A opět, necháte-li ho hledět stále na týž předmět, bude jeho zřítelnice menší, bude-li se tento předmět nacházet v dobře osvětlené místnosti, než když zavřete většinu oken a místnost zatemníte. Konečně, zůstane-li osvětlení stejné a bude-li dítě pozorovat týž předmět, tak bude-li se snažit rozpoznat nejmenší části tohoto předmětu, bude jeho zřítelnice menší, než když pozoruje předmět vcelku a nepozorně. A všimněte si, že tento pohyb musí být nazván volním, nehledě na to, že o něm zpravidla nevědí ti, kteří jej vykonávají, neboť kvůli tomu nepřestane být závislý na vůli těch, kteří chtějí dobře vidět; tak jako se pohyby rtů a jazyka, sloužící k vyslovování řeči, nazývají volní, protože sledují vůli toho, kdo mluví, nehledě na to, že si často neuvědomujeme, jaké musí tyto pohyby být, aby sloužily pro vyslovování každého písmene. EN, EN je množství černých vláček,

noirs, qui embrassent tout autour l'humeur marquée L, & qui, naissans aussi de la seconde peau, en l'endroit où la troisieme se termine, semblant autant de petits tendons, par le moyen desquels cete humeur L, deuenant tantost plus voutée, tantost plus platte, selon l'intention qu'on a de regarder des obiets proches ou esloignés, change vn peu toute la figure du cors de l'œil. Et vous poués cognoistre ce mouuement par experience : car si, lors que vous regardés fixement vne tour ou vne montaigne vn peu esloignée, on presente vn liure deuant vos yeux, vous n'y pourrés voir distinctement aucune lettre, iusques a ce que leur figure soit vn peu changée. Enfin O, O sont six ou sept muscles attachés a l'œil par dehors, qui le peuuent mouuoir de tous costés, & mesme aussi, peutestre, en le pressant ou retirant, ayder a changer sa figure. Je laisse a dessein plusieurs autres particularités qui se remarquent en cete matiere, & dont les Anatomistes grossissent leurs liures ; car ie croy que celles que i'ay mises icy, suffiront pour expliquer tout ce qui sert a mon suiet, & que les autres que i'y pourrois adiouster, n'aydant en rien vostre intelligence, ne seroyent que diuertir vostre attention.

kteřá objímají celou šťávu označenou L a kteřá vycházejí z druhého obalu v tom místě, kde končí obal třetí. Vypadají jako malé svaly, pomocí nichž tato šťáva L, kteřá se stává tu vyklenutější, tu plošší v závislosti na záměru prohlížet bližší, či vzdálenější předměty, mění poněkud celý tvar očního tělesa. Tento pohyb můžete poznat zkušeností: hledíte-li upřeně na nějakou vzdálenější věž nebo horu a vsune-li vám někdo před oči knihu, nemůžete vidět zřetelně žádné písmeno, dokud se tvar očí mírně nezmění. Konečně O, O je šest nebo sedm svalů připojených k oku zevnějška, které jím mohou pohybovat na všechny strany a možná i stlačováním nebo uvolňováním pomáhat oku měnit jeho tvar. Záměrně vynechávám mnoho jiných zvláštností, které se uvádějí při výkladu této látky a jimiž anatomové zaplňují své knihy; myslím si totiž, že ty zvláštnosti, které jsem zde uvedl, dostačují pro vysvětlení všeho toho, co slouží mému cíli, a že ostatní, které bych mohl dodat, v ničem nepomohou vašemu chápání a sloužily by jen k rozptýlení vaší pozornosti.

Discours quatriesme

Des sens en general

Rozprava čtvrtá

O smyslech obecně

Des sens en general
Discours Quatriesme

||₁₀₉ Mais il faut que ie vous die maintenant quelque chose de la nature des sens en general, afin de pouuoir d'autant plus aysement expliquer en particulier celuy de la veüe. On sçait desia assés que c'est l'ame qui sent, & non le cors : car on voit que, lorsqu'elle est diuertie par vne extase ou forte contemplation, tout le cors demeure sans sentiment, encores qu'il ait diuers obiects qui le touchent. Et on sçait que ce n'est pas proprement en tant qu'elle est dans les membres qui seruent d'organes aux sens exterieurs, qu'elle sent, mais en tant qu'elle est dans le cerueau, où elle exerce cete faculté qu'ils apellent le sens commun : car on voit des blessures & maladies qui, n'offensant que le cerueau seul, empeschent generalement tous les sens, encores que le reste du cors ne laisse point pour cela d'estre animé. Enfin on sçait que c'est par l'entremise des Nerfs, que les impressions, que sont les obiets dans les membres exterieurs, paruiennent iusques a l'ame dans le cerueau : car on voit diuers accidens, qui, ne nuisant a rien qu'a quelque Nerf, ostent le sentiment de toutes les parties du cors où ce Nerf enuoye ses branches, sans rien diminuer de celuy des autres. Mais, pour sçauoir plus particulierement en quelle sorte l'ame, demeurant dans le cerueau, peut ||₁₁₀ ainsi, par l'entremise des Nerfs, recevoir les impressions des obiets qui sont au dehors, il faut distinguer trois choses en ces Nerfs : a sçauoir, premierement, les peaux qui les enuelopent, & qui, prenant leur origine de celles qui enuelopent le cerueau, sont comme de petits tuyaux diuisés en plusieurs branches, qui se vont espandre ça & là par tous les membres, en mesme façon que les venes & les arteres ; puis leur substance interieure, qui s'estand en forme de petits filets tout le long de ces tuyaux, depuis le cerueau, d'où elle prend son origine, iusques aux extremités

O smyslech obecně
Rozprava čtvrtá

Je však třeba, abych vám nyní něco pověděl o povaze smyslů obecně, neboť tak budu moci snáze vysvětlit smysl vidění zvlášť. Víme už dosti dobře, že je to duše, která vnímá, a nikoli tělo: neboť vidíme, že když je vzrušena nějakou extází nebo usilovnou kontemplací, tělo celé zůstává bez citu, i když se ho dotýkají všelijaké předměty. A víme, že duše nevnímá proto, že by byla v údech sloužících vnějším smyslovým orgánům, nýbrž proto, že je v mozku, kde vykonává tu schopnost, již nazývají společným smyslem. Neboť vidíme, že rány a nemoci, které zasahují výhradně mozek, zabraňují obecně všem smyslům, i když ostatní tělo vůbec nepřestává být živoucí. Konečně víme, že právě prostřednictvím nervů se děje to, že vjemy, které vyvolávají předměty ve vnějších údech, přicházejí až do duše v mozku: vídáme totiž i různé nehody, které poškodí jen jediný nerv a zbaví citu všechny ty části těla, do nichž tento nerv vysílá své větve, aniž by se cokoli umenšilo v částech jiných. Avšak k tomu, abychom pochopili zvlášť to, jakým způsobem duše, přebývajíc v mozku, může takto prostřednictvím nervů přijímat vjemy předmětů, které jsou vně, je třeba rozlišit v těchto nervech tři věci: za prvé obaly, které je obklopují a které mají svůj původ v obalech obklopujících mozek a jež jsou jako malé trubičky dělící se do mnoha větví, rozbíhajících se do všech různých údů stejným způsobem jako žíly a tepny; dále pak jejich vnitřní substanci, která se táhne ve tvaru drobných vláken po celé délce těchto trubic od mozku, kde má svůj počátek, až ke konečkům údů, kde se upínají

des autres membres, où elle s'attache, en sorte qu'on peut imaginer, en chacun de ces petits tuyaux, plusieurs de ces petits filets independans les vns des autres ; puis enfin les esprits animaux, qui sont comme vn air ou vn vent tres-subtil, qui, venant des chambres ou concauités qui sont dans le cerueau, s'escoule par ces mesme tuyaux dans les muscles. Or les Anatomistes & Medecins auoient assés que ces trois choses se trouuent dans les Nerfs ; mais il ne me semble point qu'aucun d'eux en ait encores bien distingué les vsages. Car, voyant que les Nerfs ne seruent pas seulement a donner le sentiment aux membres, mais aussi a les mouoir, & qu'il y a quelquefois des paralysies qui ostent le mouuement, sans oster pour cela le sentiment, tantost ils ont dit qu'il y auoit deux sortes de Nerfs, dont les vns ne seruoyent que pour les sens, & les autres que pour les mouuemens ; & tantost, que la faculté de sentir estoit dans les peaux ou membranes, & que celle de mouoir estoit dans la substance interieure des Nerfs : qui sont choses fort repugnantes a ||₁₁₁ l'experience & a la raison. Car qui a iamais pû remarquer aucun Nerf, qui seruist au mouuement, sans seruir aussi a quelque sens ? Et comment, si c'estoit des peaux que le sentiment dependist, les diuerses impressions des obiets pourroyent elles, par le moyen de ces peaux, paruenir iusques au cerueau ? Afin donc d'euitter ces difficultés, il faut penser que ce sont les esprits, qui, coulans par les Nerfs dans les Muscles, & les enfans plus ou moins, tantost les vns, tantost les autres, selon les diuerses façons que le cerueau les distribue, causent le mouuement de tous les membres ; & que ce sont les petits filets, dont la substance interieure de ces Nerfs est composée, qui seruent aus sens. Et d'autant que ie n'ay point icy besoin de parler des mouuemens, ie desire seulement que vous conceuiés que ces petits filets, estant enfermés, comme i'ay dit, en des tuyaux qui sont tousiours enflés & tenus ouuers par les esprits qu'ils contiennent,

tak, že si lze představit v každé z těchto drobných trubiček množství malých navzájem na sobě nezávislých vláček; a nakonec životní proudy, které jsou jako vzduch anebo velmi jemný váněk a které vycházejí z komor nebo vyduťin v mozku a proudí týmiž trubičkami do svalů. Anatomové a lékaři plně uznávají, že se tyto tři věci v nervech nacházejí; nezdá si mi však, že by někdo z nich dobře rozlišoval jejich použití. Vidíme-li totiž, že nervy neslouží pouze k tomu, aby dávaly údům cit, nýbrž také aby jimi pohybovaly, a že se vyskytují někdy paralýzy, které zbavují možnosti pohybu, aniž by kvůli tomu odejmuly citění, říkají tito anatomové a lékaři někdy, že jsou dva druhy nervů. Jedny slouží jen smyslům a druhé jen pohybům. Říkají, že schopnost cítit je v obalech neboli membránách a schopnost pohybovat je ve vnitřní substanci nervů, což jsou věci silně odporující zkušenosti i rozumu. Či snad někdo našel nějaký nerv, který by sloužil pohybu, aniž by sloužil také nějakému citění? A kdyby to byl obal, na čem citění závisí, jak by se mohly různé vjemy předmětů dostávat pomocí těchto obalů až do mozku? Abychom se tudíž těmto potížím vyhnuli, je třeba uvážit, že to jsou ony proudy, které proudí nervy do svalů a více, či méně je nadouvají, tu jedny, tu druhé, podle různých způsobů, jimiž je mozek rozesílá, čímž způsobují pohyb všech údů; a že to jsou ona drobná vláčénka, z nichž sestává vnitřní substance nervů, které slouží smyslům. Protože zde nepotřebuji hovořit o pohybech, chci pouze, abyste pochopili, že tato drobná vláčénka, uzavřená, jak jsem řekl, v trubičkách, které jsou vždy nafouknuté a udržované otevřené oněmi proudy, které obsahují a které nejsou ani stlačeny

ne se pressent ny empeschent aucunement les vns les autres, & sont estendus depuis le cerueau iusques aux extremités de tous les membres qui sont capables de quelque sentiment, en telle sorte que, pour peu qu'on touche & face mouuoir l'endroit de ces membres où quelqu'un d'eux est attaché, on fait aussi mouuoir au mesme instant l'endroit du cerueau d'où il vient, ainsni que, tirant l'un des bouts d'une corde qui est toute tendue, on fait mouuoir au mesme instant l'autre bout. Car, sachant que ces filets sont ainsi enfermés en des tuyaux, que les esprits tiennent tousiours vn peu enflé & entre ouuerts, il est aysé a entendre qu'encores qu'ils fussent beaucoup plus deliés que ceux que filent les vers a soye, & plus foibles ||¹¹² que ceux des araignées, ils ne lairroyent pas de se pouuoir estendre depuis le teste iusques aux membres les plus esloignés, sans estre en aucun hasard de se rompre, ny que les diuerses situations de ces membres empeschassent leurs mouuements. Il faut, outre cela, prendre garde a ne pas supposer que, pour sentir, l'ame ait besoin de contempler quelques images qui soyent enuoyées par les obiects iusques au cerueau, ainsi que font communement nos Philosophes ; ou, du moins, il faut conceuoir la nature de ces images tout autrement qu'il ne font. Car, d'autant qu'ils ne considerent en elles autre chose, sinon qu'elles doiuent auoir de la ressemblance avec les obiects qu'elles representent, il leur est impossible de nous monstrer comment elles peuuent estre formées par ces obiects, & receues par les organes des sens exterieurs, & transmises par les Nerfs iusques au cerueau. Et ils n'ont eu aucune raison de les supposer, sinon que, voyant que nostre pensée peut facilement estre excitée, par vn tableau, a conceuoir l'obiect qui y est peint, il leur a semblé qu'elle deuoit l'estre, en mesme façon, a conceuoir ceux qui touchent nos sens, par quelques petits tableaux qui s'en formassent en nostre teste, au lieu que nous deuons considerer qu'il y a plusieurs autres choses

ani si vzájemně nepřekážejí a vedou od mozku až ke koncům všech údů, jež jsou schopny nějakého citu, tím způsobem, že i sebemenší dotek nebo uvedení do pohybu toho místa těchto údů, kde jsou některé z nich upnuty, vede rovněž v témž okamžiku k pohybu toho místa v mozku, z něž vycházejí, podobně tomu, jako když zatáhnete za jeden konec napnutého provazu, uvedete do pohybu v témž okamžiku i konec druhý. Víme totiž, že tato vlákénka jsou uzavřená v trubičkách, které proudy udržují vždy mírně nafouknuté a otevřené, a snadno pochopíte, že i když jsou mnohem tenčí než ta vlákna, která souká bourec morušový, a slabší než vlákna pavouků, mohou být vedena od hlavy až k nejbzdálenějším údům bez jakéhokoli rizika přetržení a bez toho, že by rozmanité polohy těchto údů bránily jejich pohybu. Kromě toho je třeba si dát pozor, abychom se nedomnívali, že k tomu, aby cítila, musí duše kontemlovat nějaké obrazy vysílané předměty až do mozku, jak se běžně domnívají naši filosofové; nebo aspoň je třeba chápat povahu těchto obrazů zcela odlišně, než to činí oni. Tím spíše že u nich nezkoumají nic jiného než to, že se musí podobat předmětům, které představují, a proto nám nemohou ukázat, jak by se mohly tyto obrazy vytvářet těmito předměty a jak by mohly být přijímány vnějšími smyslovými orgány a přenášeny nervy až do mozku. A neměli žádný jiný důvod předpokládat tyto obrázky než ten, že viděli, jak se naše myšlení může snadno vzrušit obrazem, totiž předmětem na něm namalovaným. Takže se jim zdálo, že se takto musí vzrušovat i nějakými malými obrázky, které se vytvářejí v naší hlavě. Místo toho musíme uvážit, že existuje mnoho věcí jiných než obrázky,

que des images, qui peuuent exciter nostre pensée ; comme par exemple, les signes & les paroles, qui ne ressemblent en aucune façon aux choses qu'elles signifient. Et si, pour ne nous esloigner que le moins qu'il est possible des opinions desia receues, nous aymons mieux auotier que les obiets que nous sentons, enuoyent veritablement leurs images iusques au ||₁₁₃ dedans de nostre cerueau, il faut au moins que nous remarquions qu'il n'y a aucunes images qui doiuent en tout ressembler aux obiets qu'elles representent : car autrement il n'y auroit point de distinction entre l'obiet & son image : mais qu'il suffist qu'elles leur ressemblent en peu de choses ; & souuent mesme, que leur perfection depend de ce qu'elles ne leur ressemblent pas tant qu'elles pourroyent faire. Comme vous voyés que les taille-douces, n'estant faites que d'un peu d'encre posée ça & là sur du papier, nous representent des forets, des villes, des hommes, & mesme des batailles & des tempestes, bien que, d'une infinité de diuerses qualités qu'elles nous font concevoir en ces obiets, il n'y en ait aucune que la figure seule dont elles ayent proprement la ressemblance ; & encores est-ce une ressemblance fort imparfaite, vû que, sur une superficie toute plate, elles nous representent des cors diuersement releués & enfoncés, & que mesme, suiuant les regles de la perspectiue, souuent elles representent mieux des cercles par des ouales que par d'autres cercles ; & des quarrés par des lozanges que par d'autres quarrés ; & ainsi de toutes les autres figures : en sorte que souuent, pour estre plus parfaites en qualité d'images, & représenter mieux un obiet, elles doiuent ne luy pas ressembler. Or il faut que nous pensions tout le mesme des images qui se forment en nostre cerueau, & que nous remarquions qu'il est seulement question de sçauoir comment elles peuuent donner moyen a l'ame de sentir toutes les diuerses qualités des obiets ausquels elles se raportent, & non point comment elles ont en soy leur ressemblance, Comme,

keré mohou vzrušit naše myšlení, například znaky a slova, jež se nijak nepodobají věcem, které znamenají. A abychom se co nejméně vzdálili od už přijatých mínění, připustíme raději, že předměty, které vnímáme, opravdu vysílají své obrazy až dovnitř našeho mozku. Je však třeba, abychom aspoň poznamenali, že neexistují žádné obrázky, které by se musely zcela podobat předmětům, jež představují: neboť jinak by nebyl žádný rozdíl mezi předmětem a jeho obrazem: stačí však, aby se jim podobaly v několika málo věcech. Často dokonce jejich dokonalost závisí na tom, že se jim nepodobají tak, jak by mohly. Víte například, že mědirytiny zhotovované tak, že se tu a tam nanese na papír tuš, nám představují lesy, města, lidi, a dokonce bitvy a bouře, ačkoli z nekonečného množství různých kvalit, které rozpoznáváme v těchto předmětech, není žádná jiná než tvar sám, jemuž se opravdu podobají; a ještě je to podobnost velmi nedokonalá vzhledem k tomu, že nám znázorňují na zcela rovné ploše tělesa rozmanitě vystupující a ustupující, a že dokonce podle pravidel perspektivy se kružnice znázorňují často lépe ovály než jinými kružnicemi; a čtverce kosoúhelníky než jinými čtverci; a podobně pro všechny ostatní tvary: takže často k tomu, abychom dosáhli větší dokonalosti kvality obrazů a lépe nějaký předmět zobrazili, nesmí se tomuto předmětu podobat. Je třeba, abychom stejným způsobem uvažovali o obrazech, které se tvoří v našem mozku, a abychom poznamenali, že je to otázka pouze vědění, jak mohou poskytnout duši prostředky k citění všech různých kvalit předmětů, k nimž se vztahují, a nikoli jak se samy o sobě těmto předmětům podobají. Například když se slepec,

||114 lors que l'aueugle, dont nous auons parlé cy dessus, touche quelques cors de son baston, il est certain que ces cors n'enuoyent autre chose iusques a luy, sinon que, faisant mouuoir diuersement son baston selon les diuerses qualités qui sont en eus, ils meuent par mesme moyen les nerfs de sa main, & ensuite les endroits de son cerueau d'où viennent ces nerfs ; ce qui donne occasion a son ame de sentir tout autant de diuerses qualités en ces cors, qu'il se trouue de varietés dans les mouuemens qui sont causés par eux en son cerueau.

o němž jsme zde hovořili výše, dotkne svou holí nějakých těles, je jisté, že tato tělesa mu nepošílají nic jiného než to, že tím, jak rozličně pohybují jeho holí podle různých kvalit, které jsou v nich obsaženy, pohybují tím i nervy jeho ruky, a tím i místy jeho mozku, z nichž tyto nervy vycházejí; což dává příležitost jeho duši, aby vnímala v těchto tělesech tolik různých kvalit, kolik se nachází rozmanitosti v pohybech, které jsou jimi v jeho mozku způsobeny.

Discours cinquieme

Des images qui se forment
sur le fonds de l'œil

Rozprava pátá

O obrazech, které se tvoří
na pozadí oka

Des images qui se forment
sur le fonds de l'œil
Discours Cinquiesme

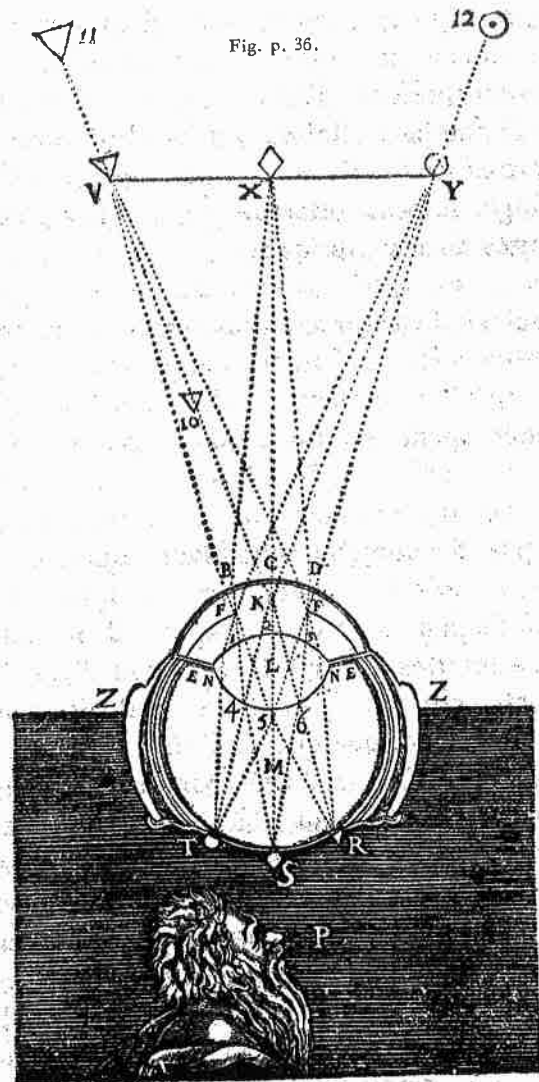
||₁₁₄ Vous voyés donc assés que, pour sentir, l'ame n'a pas besoin de contempler aucunes images qui soyent semblables aux choses qu'elle sent; mais cela n'empesche pas qu'il ne soit vray que les obiets que nous regardons, en imprimant d'assés parfaites dans le fouds de nos yeux ; ainsi que quelques vns ont desia tres-ingenieusement expliqué, par la comparaison des celles qui paroissent dans vne chambre, lors que l'ayant toute fermée, reserué vn seul trou, & ayant mis au deuant de ce trou vn verre en forme de lentille, ||₁₁₅ on estend derriere, a certaine distance, vn linge blanc, sur qui la lumiere, qui vient des obiets de dehors, forme ces images. Car ils disent que cete chambre represente l'œil ; ce trou, la prunelle ; ce verre, l'humeur cristaline, ou plustost toutes celles des parties de l'œil qui causent quelque refraction ; & ce linge, la peau interieure, qui est composée des extremités du nerf optique.

Mais vous en pourrés estre encores plus certain, si, prenant l'œil d'vn homme fraichement mort, ou, au default, celui d'vn boef ou de quelqu'autre gros animal, vous coupés dextrement vers le fonds les trois peaux qui l'envelopent, en sorte qu'vne grande partie de l'humeur M, qui y est, demeure découuerte, sans qu'il y ait rien d'elle pour cela qui se respende ; puis, l'ayant recouuerte de quelque cors blanc, qui soit si delié que le iour passe au trauers, comme, par exemple, d'vn morceau de papier ou de la coquille d'vn œuf, RST, que vous mettiés cet œil dans le trou d'vne fenestre fait exprés, comme Z, en sorte qu'il ait de deuant BCD, tourné vers quelque lieu où il y ait diuers obiets, comme V, X, Y, éclairés par le soleil ; & le derriere, où est le cors blanc RST, vers le dedans de la chambre, P, où vous serés, & en laquelle il ne doit entrer

O obrazech, které se tvoří
na pozadí oka
Rozprava pátá

Vidíte tudíž dostatečně, že duše k tomu, aby cítila, nepotřebuje pozorovat nějaké obrazy, které by se podobaly těm věcem, které cítí; to ale nebrání tomu, aby nebylo pravda, že předměty, které pozorujeme, se vtiskují dosti dokonale na pozadí našich očí; a také tomu, co nám někteří velmi vynalézavě vysvětlili příměrem s tím, co se děje v místnosti, která je zcela uzavřená, až na jeden otvor, před nějž je vloženo sklo ve tvaru čočky, a v určité vzdálenosti je nataženo bílé plátno, na němž světlo, přicházející od předmětu venku, vytváří tyto obrazy. Říkají totiž, že tato místnost představuje oko; a onen otvor zřítelnici; sklo pak krystalickou šťávu či spíše všechny ty části oka, které způsobují nějaký lom; a plátno vnitřní obal, který je složen z konečků optického nervu.

Mohli byste se však o tom ještě více ujistit, kdybyste vzali oko nějakého člověka, který právě zemřel, nebo v náhradu oko býka nebo nějakého velkého zvířete a obratně odřízli u dna oka ony tři obaly, které jej obklopují tak, aby značná část tam se nacházející M zůstala odkrytá, aniž by se z ní něco vylilo; a pak to přikryli nějakým bílým tělesem, které by bylo tak tenounké, že by propouštělo světlo, například kouskem papíru nebo vaječnou skořápkou, RST, a umístili toto oko do předem připraveného otvoru v okně, například Z, tak, aby jeho přední část BCD byla obrácená k nějakému místu, kde se nachází rozličné předměty, například V, X, Y, které jsou osvětlené sluncem; a část zadní, kde je bílé těleso RST, směrem dovnitř místnosti P, v níž se nacházíte a do níž nesmí pronikat žádné jiné světlo než



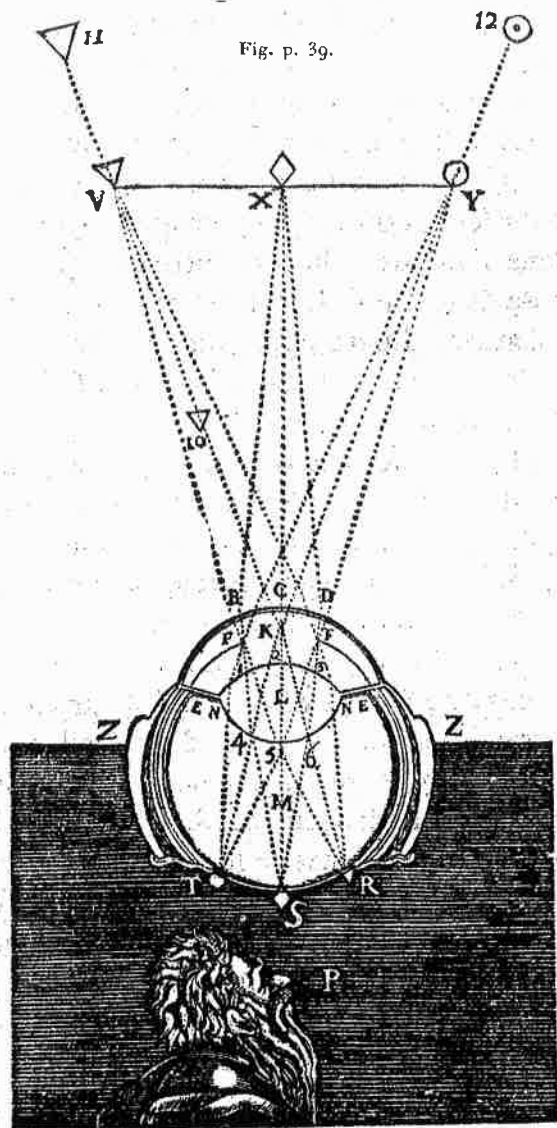
aucune lumiere, que celle qui pourra penetrer au trauers de cet œil, dont vous sçaués que toutes les parties, depuis C iusques a S, sont transparentes. Car, cela fait, si vous regardés sur ce cors blanc RST, vous y verrés, non peutestre

sans admiration & plaisir, vne peinture, qui representera fort naïuement en perspective tous les obiets qui seront au dehors vers ||₁₁₆ VXY, au moins si vous faites en sorte que cet œil retiene sa figure naturelle, proportionnée a la distance ||₁₁₇ de ces obiets : car, pour peu que vous le pressiés plus ou moins que de raison, cete peinture en deuiendra moins distincte. Et il est a remarquer qu'on doit le presser vn peu dauantage, & rendre sa figure vn peu plus longue, lors que les obiets sont fort proches, que lors qu'ils sont plus esloignés. Mais il est besoin que i'explique icy plus au long comment se forme cete peinture ; car ie pourray, par mesme moyen, vous faire entendre plusieurs choses qui appartient a la vision.

to, které může pronikat tímto okem, o němž víte, že všechny jeho části, od C až k S, jsou průhledné. Když to uděláte a podíváte se na toto bílé těleso RST, uvidíte tam, patrně nikoli bez obdivu a potěšení, obraz, který představuje zcela věrně v perspektivě všechny předměty, které jsou venku u VXY, aspoň pokud se postaráte o to, aby si oko podrželo svůj přirozený tvar, úměrný vzdálenosti těchto předmětů. Když totiž na něj přitlačíte více, nebo méně, než je tento poměr, stane se obraz méně zřetelným. A je třeba poznamenat, že se musí na toto oko trochu přitlačit a poněkud jeho tvar prodloužit, jsou-li tyto předměty dost blízko, než když jsou vzdálenější. Je však třeba zde vysvětlit podrobněji, jak se vytváří obraz; neboť tím vám budu moci objasnit řadu věcí náležejících k vidění.

Considerés donc, premierement, que, de chasque point des obiets V, X, Y, il entre en cet œil autant de rayons, qui penetrent iusques au cors blanc RST, que l'ouuerture de la prunelle FF en peut comprendre, & que, suiuant ce qui a esté dit icy dessus, tant de la nature de la refraction que de celle des trois humeurs K, L, M, tous ceux de ces rayons, qui viennent d'un mesme point, se courbent en trauersant les trois superficies BCD, 123 & 456, en la façon qui est requise pour se rassembler derechef enuiron vers vn mesme point. Et il faut remarquer qu'afin que la peinture, dont il est icy question, soit la plus parfaite qu'il est possible, les figures de ces trois superficies doiuent estre telles, que tous les rayons, qui viennent de l'un des points des obiets, se rassemblent exactement en l'un des points du cors blanc RST. Comme vous voyés icy que ceux du point X s'assemblent au point S ; en suite de quoy ceux qui viennent du point V s'assemblent aussi a peu prés au point R ; & ceux du point Y, au point T. Et que, reciproquement, il ne vient aucun rayon vers S, que du point X ; ny quasi ^{||}₁₁₈ aucun vers R, que du point V ; ny vers T, que du point Y, & ainsi des autres. Or cela posé, si vous vous souuenés de ce qui a esté dit cy dessus de la lumiere & des couleurs en general, & en particulier de cors blancs, il vous sera facile a entendre, qu'estant enfermé dans la chambre P, & iettant vos yeux sur le cors blanc RST, vous y deués voir la ressemblance des obiets V, X, Y. Car, premierement, la lumiere, c'est a dire le mouuement ou l'action dont le soleil, ou quelqu'autre des cors qu'on nomme lumineux, pousse vne certaine matiere fort subtile qui se trouue en tous les cors transparents, estant repoussée vers R par l'obiet V, que ie suppose, par exemple, estre rouge, c'est a dire estre disposé a faire que les petites parties de cete matiere subtile, qui ont esté seulement poussées en lignes droites par les cors lumineux, se meuuent aussi en rond autour de leurs centres, après les auoir rencontrés, & que

Uvažme tedy nejprve, že z každého z bodů předmětů V, X, Y vchází do oka tolik paprsků pronikajících až k bílému tělesu RST, kolik jich může otvor zřítelnice propustit, a že podle toho, co zde bylo řečeno výše o povaze lomu, jakož i o povaze tří štáv K, L, M, zakřivují se všechny paprsky, které vycházejí z jednoho a téhož bodu, při průchodu třemi povrchy BCD, 123 a 456 způsobem, který je vyžadován k tomu, aby se pak znovu soustředily do jednoho a téhož bodu. Je třeba poznamenat, že k tomu, aby ten obraz, který se zde zkoumá, byl tak dokonalý, jak jen možno, musí být tvary těchto tří povrchů takové, že všechny paprsky vycházející z jednoho z bodů předmětů se soustředily přesně do jednoho z bodů bílého tělesa RST. Zde například vidíte, že paprsky vycházející z bodu X se soustřeďují do bodu S; v důsledku čehož ty, které vycházejí z bodu V, se soustřeďují rovněž přibližně do bodu R; a ty, které vycházejí z bodu Y, do bodu T. A obráceně, do bodu S nepřicházejí žádné jiné paprsky než ty, které vycházejí z bodu X; a téměř žádné do R, kromě paprsků z bodu V; a ani do T než ty, které přicházejí z bodu Y; a podobně pro ostatní. Když jsme si toto uvědomili, pak vzpomenete-li si na to, co zde bylo řečeno výše o světle a barvách obecně, zvláště pak o bílých tělesech, snadno pochopíte, že zůstanete-li uzavřeni v místnosti P a pohlednete na bílé těleso RST, musíte tam vidět podobnost předmětů V, X, Y. Neboť za prvé, světlo, to jest pohyb nebo akce, již Slunce nebo nějaké jiné těleso, kterému se říká světelné, strká určitou velmi jemnou látku, nacházející se ve všech průhledných tělesech, žene tuto látku směrem k R předmětem V, o němž předpokládám, že je například červený, to jest způsobilý vyvolat to, že se malinké částičky této jemné látky, které byly hnány světelnými tělesy výhradně po přímkách, pohybují také kolem svých středů poté, co se s těmito tělesy střetly, a že tyto



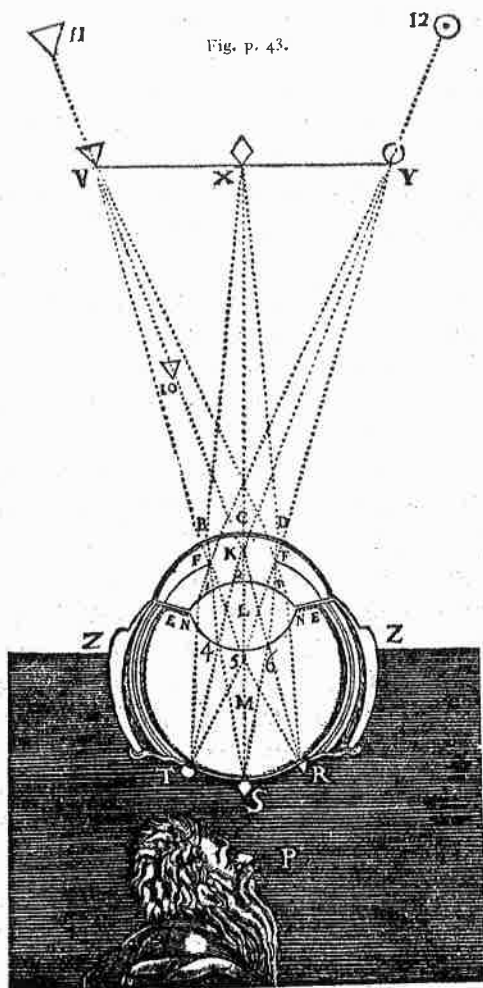
leurs deux mouuemens ayent entre eux la proportion qui est requise pour faire sentir la couleur rouge ; il est certain que l'action de ces deux mouuemens, ayant rencontré

au point R vn cors blanc, c'est a dire vn cors disposé a la renuoyer vers tout autre costé sans la changer, doit de là se reflexhir vers vos yeux par les pores de ce cors, que i'ay supposé a cet effect fort delié, & comme percé a iour de tous costés, & ainsi vous faire voir le point R de couleur rouge. Puis, la lumiere estant aussi repoussée de l'obiet X, que ie suppose iaune, vers S ; & d'Y, que ie suppose bleu, vers T, d'où elle est portée vers vos yeux ; elle vous doit faire paroistre S de couleur iaune, & T de couleur bleuë. Et ainsi les trois points R, S, T, paroissans des ||₁₁₉ mesmes couleurs, & gardans entre eux le mesme ordre que les trois V, X, Y, en ont manifestement la ||₁₂₀ ressemblance. Et la perfection de cette peinture depend principalement de trois choses : a sçauoir de ce que, la prunelle de l'œil ayant quelque grandeur, il y entre plusieurs rayons de chasque point de l'obiet, comme icy XB14S,

dva jejich pohyby jsou v onom vzájemném vztahu, který je vyžadován k tomu, abychom vnímali červenou barvu. Je jisté, že akce těchto dvou pohybů, poté co v bodě R dosáhla bílého tělesa, to jest tělesa způsobilého odeslat tuto akci beze změny jiným směrem, se musí odrazit k našim očím póry tohoto tělesa, o němž předpokládám, že je velice tenounké a jakoby proniknuté ze všech stran světlem, a tudíž vám umožní vidět bod R v červené barvě. Dále, světlo je takto odstrkováno předmětem X, o němž předpokládám, že je žlutý, k bodu S, a předmětem Y, o němž předpokládám, že je modrý, k bodu T, odkud je nesené k našim očím. S se vám musí jevit žlutý a T modrý. A tak tři body R, S, T, zdající se stejných barev a zachovávající mezi sebou totéž pořadí jako body V, X, Y, jsou si v tom zjevně podobné. A dokonalost tohoto obrazu závisí především na třech věcech: totiž na tom, že zřetelnice oka má nějakou velikost, a proto jí prochází více paprsků z každého bodu předmětu jako zde XB14S, XC25S,

XD36S, & tout autant d'autres qu'on en puisse imaginer entre ces trois, y vient du seul point X ; & de ce que ces rayons souffrent dans l'œil de telles refractions, que ceux qui viennent de diuers points, se rassemblent a peu près en autant d'autres diuers points sur le cors blanc RST ; & enfin de ce que, tant les petits filets EN que le dedans de la peau EF estant de couleur noire, & la chambre P toute fermée & obscure, il ne vient d'ailleurs que des obiets V, X, Y aucune lumiere qui trouble l'action de ces rayons. Car, si la prunelle estoit si estroite, qu'il ne passast qu'un seul rayon de chasque point de l'obiet vers chasque point du cors RST, il n'auroit pas assés de force pour se reflexir de là dans la chambre P, vers vos yeux. Et la prunelle estant vn peu grande, s'il ne se faisoit dans l'œil aucune refraction, les rayons qui viendroient de chasque point des obiets, s'espandroyent ça & là en tout l'espace RST, en sorte que, par exemple, les trois points V, X, Y enuoyeroient trois rayons vers R, qui, se reflexissans de là tous ensemble vers vos yeux, vous feroient paroistre ce point R d'une couleur moyenne entre le rouge, le iaune & le bleu, & tout semblable aux points S & T, vers lesquels les mesmes points V, X, Y enuoyeroient aussi chacun vn de leurs rayons. Et il arriueroit aussi quasi le mesme, si la refraction qui se fait en l'œil estoit plus ou moins grande qu'elle ne doit, a raison $||_{121}$ de la grandeur de cet œil : car, estant trop grande, les rayons qui viendroient, par exemple, du point X, s'assembleroient auant que d'estre paruenus iusques a S, comme vers M ; &, au contraire, estant trop petite, ils ne s'assembleroient qu'au delà, comme vers P ; si bien qu'ils toucheroient le cors blanc RST en plusieurs points, vers lesquels il viendroit aussi d'autres rayons des autres parties de l'obiet. Enfin, si les cors EN, EF n'estoyent noirs, c'est a dire disposés a faire que la lumiere qui donne de contre s'y amortisse, les rayons qui viendroient vers eux du cors blanc RST, pourroient de là

XC25S, XD36S a tolik dalších, kolik si jen lze představit mezi těmito třemi, vycházejících z jediného bodu X. Dále na tom, že tyto paprsky podstupují v oku takové lomy, že se ty, které vycházejí z různých bodů, soustřeďují přibližně do stejného počtu jiných různých bodů na bílém tělese RST; a konečně na tom, že drobounká vlákna EN, která jsou za obalem EF, mají černou barvu, a že místnost P je zcela uzavřená a zatemněná, takže do ní nepřichází žádné jiné světlo než z předmětů V, X, Y, které by bránilo akci těchto paprsků. Kdyby totiž zřítelnice byla tak úzká, že by jí z každého bodu tělesa RST prošel jeden jediný paprsek, neměl by dost síly se odtud odrazit do místnosti P směrem k našim očím. A kdyby byla zřítelnice příliš velká, nedocházelo by v oku k žádnému lomu, a paprsky, které přicházejí ze všech bodů předmětů, by se rozptýlily sem a tam v celém prostoru RST, takže například tři body V, X, Y, vysílající tři paprsky směrem k R, by se odrazily společně k našim očím a vy byste viděli v tomto bodě R barvu prostřední mezi červenou, žlutou a modrou, a podobně by tomu bylo s body S a T, k nimž by tytéž body V, X, Y vysílaly také každý po jednom ze svých paprsků. A téměř k tomuž by došlo, kdyby byl lom, k němuž dochází v oku, větší, nebo menší, než být má podle velikosti oka: neboť kdyby bylo příliš velké, pak by se paprsky, přicházející například z bodu X, soustřeďovaly dříve, než by dospěly k bodu S, například v bodě M. A naopak, kdyby bylo příliš malé, soustřeďovaly by se až za tímto bodem, například v bodě P, takže by se dotkly bílého tělesa RST ve více bodech, k nimž vedly i jiné paprsky od jiných částí předmětu. Konečně, kdyby tělesa EN, EF nebyla černá, to jest schopná rušit na ně dopadající světlo, pak by se paprsky přicházející k tomuto tělesu od bílého tělesa RST

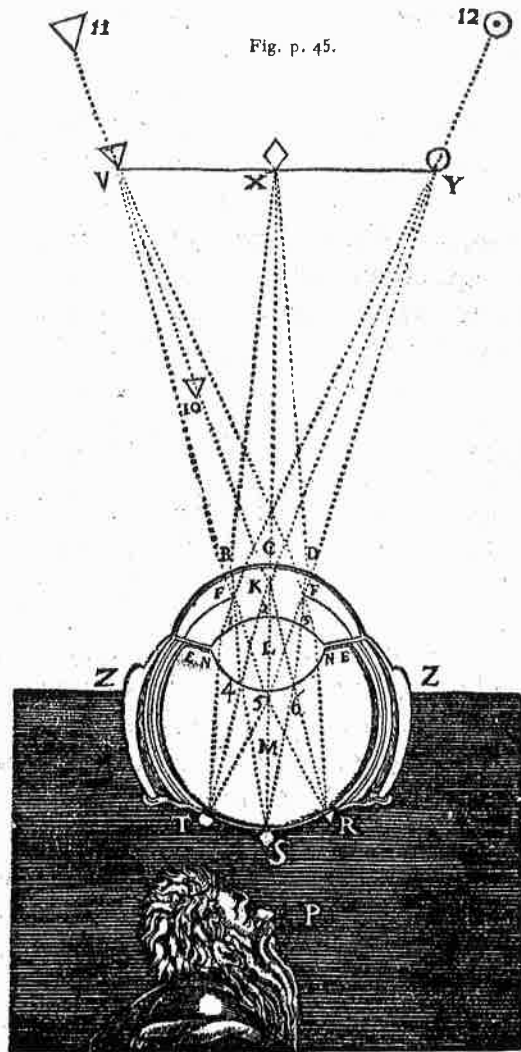


retourner, ceux de T vers S & vers R ; ceux de R, vers T & vers S ; & ceux de S, vers R & vers T : au moyen de quoy ils troubleroient l'action les vns des autres ; & le mesme feroient aussy les rayons qui viendroient de la chambre P vers RST, s'il y auoit quelque autre lumiere en cete chambre, que celle qu'y enuoient les obiets V, X, Y.

Mais, après vous auoir parlé des perfections de cete peinture, il faut aussi que ie vous face considerer ses defauts, dont le premier & le principal est que, quelques figures que puissent auoir les parties de l'œil, il est impossible qu'elles fassent que les rayons qui viennent de diuers points, s'assemblent tous en autant d'autres diuers points, & que tout le mieux qu'elles puissent faire, c'est seulement que tous ceux qui viennent de quelque point, comme d'X, s'assemblent en vn autre point, comme S, dans le milieu du fonds de l'œil ; en quel cas il n'y en peut auoir que quelques vns de ceux du point V, qui s'assemblent iustement au point R, ou du point Y, qui s'assemblent iustement au point T ; & les autres s'en doiuent escarter

od něj mohly odrazit: paprsky od T k S a k R; paprsky od R k T a S; a paprsky od S k R a k T: v důsledku toho by si překážely navzájem v akci, a totéž by činily paprsky, které vycházejí z místnosti P k RST, kdyby v této místnosti bylo ještě nějaké další světlo než to, které vysílají předměty V, X, Y.

Ale poté co jsem vám vyprávěl o dokonalostech tohoto obrazu, je třeba, abych vás upozornil na jeho nedostatky, z nichž první a základní je ten, že ať už mohou mít části oka jakýkoli tvar, není možné, aby způsobovaly to, že se paprsky přicházející z různých bodů všechny soustředí do stejného počtu různých bodů, a že to nejlepší, co dokáží, je pouze to, že se všechny ty paprsky, které přicházejí z nějakého bodu, například X, soustředí do jiného bodu uprostřed pozadí oka, například S. V tomto případě se jen několik málo paprsků vycházejících z bodu V soustředí přesně do bodu R, nebo těch, které přicházejí z bodu Y, přesně do bodu T; ostatní paprsky se musí



quelque peu, tout a l'entour, ainsi que i'expliqueray ||123 cy après. Et cecy est cause que cete peinture n'est iamais si distincte vers ses extremités qu'au milieu, comme il a esté assés remarqué par ceux qui ont escrit de l'Optique. Car c'est pour cela qu'ils ont dit que la vision se fait princi-

pablement suiuant la ligne droite, qui passe par les centres de l'humeur cristalline & de la prunelle, telle qu'est icy la ligne XKLS, qu'ils nomment l'aissieu de la vision. Et notés que les rayons, par exemple, ceux qui viennent du point V, s'escartent autour du point R, d'autant plus que l'ouuerture de la prunelle est plus grande ; & ainsi que, si sa grandeur sert a rendre les couleurs de cete peinture plus viues & plus fortes, elle empesche en reuanche que ces figures ne soyent si distinctes, d'où vient qu'elle ne doit estre que mediocre. Notés aussi que ces rayons s'escarteroient encores plus autour du point R, qu'ils ne font, si le point V, d'où ils viennent, estoit beaucoup plus proche de l'œil, comme vers 10, ou beaucoup plus esloigné, comme vers 11, que n'est X, a la distance duquel ie suppose que la figure de l'œil est proportionnée ; de sorte

kolem něj poněkud rozptýlit, jak to vysvětlím níže. A to je příčinou toho, že tento obraz není nikdy zřetelný na svých krajích tak jako uprostřed, čehož si už dostatečně všimli ti, kteří psali o optice. Právě z tohoto důvodu říkali, že se vidění děje v zásadě podle přímky, která prochází středy krystalické šťávy a zřítelnice, například zde podle přímky XKLS, kterou nazvali osou vidění. A povšimněte si, že paprsky, například ty, které vycházejí z bodu V, se kolem bodu R rozptylují tím více, čím větší je otvor zřítelnice; a také že slouží-li její velikost tomu, aby předávala barvy tohoto obrazu živěji a silněji, brání naopak tomu, aby tyto tvary byly zřetelné, z čehož vyplývá, že zřítelnice nemůže být než prostředně velká. Všimněte si také, že se tyto paprsky rozptylují více kolem bodu R, než by tomu bylo, kdyby bod V, z něž přicházejí, byl oku blíže, např. v 10, nebo od oka dále, např. v 11, než tento bod X, o jehož vzdálenosti předpokládám, že je úměrná tvaru oka. Takže

qu'ils rendroyent la parti R de cete peinture encores moins distincte qu'ils ne font. Et vous entendrés facilement les demonstrations de tout cecy, lors que vous aurés vû, cy après, quelles figures doiuent auoir les cors transparents, pour faire que les rayons qui viennent d'un point, s'assemblent en quelqu'autre point, après les auoir trauersés. Pour les autres defauts de cete peinture, ils consistent en ce que ses parties sont renuersées, c'est a dire en position toute contraire a celle des obiets ; & en ce qu'elles sont apetissées & racourcies, ||₁₂₄ les vnes plus, les autres moins, a raison de la diuerse distance & situation des choses qu'elles representent, quasi en mesme façon que dans un tableau de perspectiue. Comme vous voyés icy clairement que T, qui est vers le costé gauche, represente Y, qui est vers le droit, & que R, qui est vers le droit, represente V, qui est vers le gauche. Et de plus, que la figure de l'obiet V ne doit pas occuper plus d'espace vers R, que celle de l'obiet 10, qui est plus petit, mais plus proche ; ny moins que celle de l'obiet 11, qui est plus grand, mais a proportion plus esloigné, sinon en tant qu'elle est un peu plus distincte. Et enfin, que la ligne droite VXY est représentée par la courbe RST.

Or, ayant vû cete peinture dans l'œil l'un animal mort, & en ayant consideré les raisons, on ne peut douter qu'il ne s'en forme une toute semblable en celui d'un homme vif, sur la peau interieure, en la place de laquelle nous auions substitué le cors blanc RST ; & mesme qu'elle ne s'y forme beaucoup mieux, a cause que ses humeurs, estant plaines d'esprits, sont plus transparentes, & ont plus exactement la figure qui est requise a cet effect. Et peut estre aussi qu'en l'œil d'un boef la figure de la prunelle, qui n'est pas ronde, empesche que cete peinture n'y soit si parfaite.

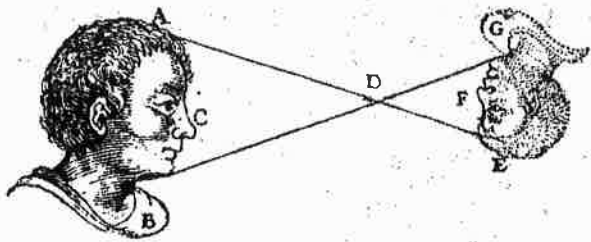
On ne peut douter non plus que les images qu'on fait paroistre sur un linge blanc, dans une chambre obscure, ne s'y forment tout de mesme & pour la mesme raison

tyto paprsky činí část R tohoto obrazu ještě méně zřetelnou. Důkazy toho všeho, co bylo řečeno, pochopíte snadno, až se v dalším dozvíte, jaké tvary musí mít průhledná tělesa, aby způsobovala, že se paprsky vycházející z jednoho bodu soustředí do několika jiných bodů poté, co tímto tělesem prošly. Co se týče dalších nedostatků tohoto obrazu, ty spočívají v tom, že jsou jeho části převrácené, to jest v poloze přesně opačné té, kterou zaujímají předměty; a dále v tom, že jsou zmenšené a zkrácené, jedny víc a jiné míň, kvůli různé vzdálenosti a poloze věcí, které zobrazují, a to téměř stejně jako v perspektivních obrazech. Zde například vidíte jasně, že bod T, který je na levé straně, zobrazuje Y, který je na straně pravé; a že bod R, který je napravo, zobrazuje V, který je nalevo. A dále že tvar předmětu V nemusí zaujímat více prostoru u R než tvar předmětu 10, který je menší, avšak bližší; ani méně než prostor předmětu 11, který je větší, avšak úměrně vzdálenější, přičemž zobrazení je poněkud zřetelnější. A konečně že přímka VXY je zobrazena křivkou RST.

Když jste tedy viděli tento obraz v oku mrtvého zvířete a uvážili důvody, nelze pochybovat o tom, že se něco zcela podobného tvoří na vnitřním obalu oka živého člověka v místě, které jsme nahradili bílým tělesem RST; a dokonce že se tvoří lépe, neboť jeho šťávy, plné proudů, jsou průhlednější a mají přesněji ten tvar, který je k tomu zapotřebí. Možná také brání tvar zřítelnice v býčím oku, který není kruhový, aby tento obraz byl tak dokonalý.

Nelze ani pochybovat, že obrazy, které se ukazovaly na bílém plátně v temné místnosti, se tvoří přesně stejně

qu'au fonds de l'œil; mesmes, a cause qu'elles y sont ordinairement beaucoup plus grandes, & s'y forment en plus de façons, on y peut plus commodement ^{||125} remarquer diuerses particularités, dont ie desire icy vous auertir, afin que vous en faciés l'experience, ^{||126} si vous ne l'aués encores iamais faite. Voyés donc, premierement, que, si on ne met aucun verre au deuant du trou qu'on aura fait en cete chambre, il paroitra bien quelques images sur le linge, pouruû que le trou soit fort estroit, mais qui seront fort confuses & imparfaites, & qui le seront d'autant plus que ce trou sera moins estroit ; & qu'elles seront aussi d'autant plus grandes, qu'il y aura plus de distance entre luy & le linge, en sorte que leur grandeur doit auoir, a peu prés, mesme proportion avec cete distance, que la grandeur des obiets, qui les causent, avec la distance qui est entre eux & ce mesme trou. Comme il est euidēt



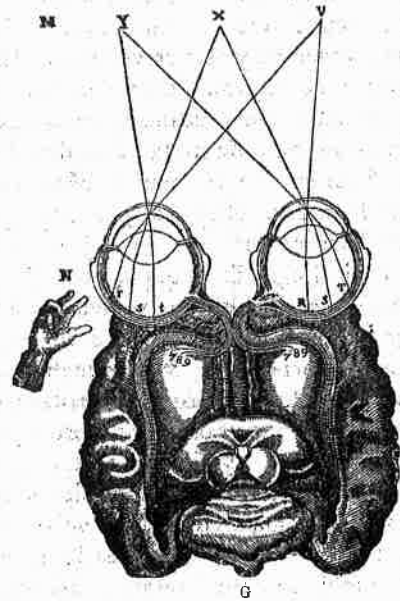
que, si ACB est l'obiet, D le trou, & EFG l'image, EG est a FD comme AB est a CD. Puis ayant mis vn verre en forme de lentille au deuant de ce trou, considerés qu'il y a certaine distance determinée, a laquelle tenant le linge, les images paroissent fort distinctes, & que, pour peu qu'on l'esloigne ou qu'on l'aproche dauantage du verre, elles commencent a l'estre moins. Et que cete distance doit estre mesurée par l'espace qui est, non pas entre le linge & le trou, mais entre le linge & le verre : en sorte que, si l'on met le verre vn peu au delà du trou de part ou d'autre, le linge en doit aussi estre d'autant aproché

a ze stejného důvodu jako na pozadí oka. Protože jsou zpravidla mnohem větší a tvoří se více způsoby, lze pohodlně pozorovat různé zvláštnosti, na něž vás zde chci upozornit, abyste je mohli zakusit, pokud jste tak už ne učinili. Nejprve si všimněte toho, že pokud před otvor, který byl udělán v této místnosti, nedáte žádné sklo, objeví se sice na plátně několik obrazů, pokud ovšem je tento otvor dosti úzký, avšak tyto obrazy jsou velmi nejasné a nedokonalé, a to tím horší, čím je tento otvor méně úzký; a že budou tím větší, čím větší bude vzdálenost mezi otvorem a plátnem, takže jejich velikost musí být přibližně v témž poměru k této vzdálenosti, jako se má velikost předmětů, které je způsobují, ke vzdálenosti, která je mezi nimi a týmž otvorem. Například je zřejmé, že je-li ACB předmět, D otvor a EFG obraz, má se EG k FD, jako se má AB k CD. Dále, umístíme-li před tento otvor sklo ve tvaru čočky, můžete uvážit, že existuje určitá vzdálenost, v níž je třeba natáhnout plátno, aby se obrazyjevily velmi zřetelně, a že když trochu vzdálíme, nebo přiblížíme plátno ke sklu, začnou být méně zřetelné. A že tato vzdálenost se musí měřit prostorem, který je nikoli mezi plátnem a otvorem, nýbrž mezi plátnem a čočkou: takže když umístíme sklo poněkud za otvor z jedné, či druhé strany, musí se plátno také natolik přiblížit, či vzdálit.

ou reculé. Et qu'elle depend en partie de la figure de ce verre, & en partie aussy de l'esloignement des obiets : car, en laissant l'obiet en mesme lieu, moins les superficies ||¹²⁷ du verre sont courbées, plus le linge en doit estre esloigné, & en se seruant du mesme verre, si les obiets en sont fort proches, il en faut tenir le linge vn peu plus loin, que s'ils en sont plus esloignés. Et que de cete distance depend la grandeur des images, quasi en mesme façon que lors qu'il n'y a point de verre au deuant du trou. Et que ce trou peut estre beaucoup plus grand, lors qu'on y met vn verre, que lors qu'on le laisse tout vuide, sans que les images en soyent pour cela de beaucoup moins distinctes. Et que, plus il est grand, plus elles paroissent claires & illuminées : en sorte que, si on couure vne partie de ce verre, elles paroistront bien plus obscures qu' auparauant, mais qu'elles ne lairront pas pour cela d'occuper autant d'espace sur le linge. Et que, plus ces images sont grandes & claires, plus elles se voyent parfaitement : en sorte que, si on pouuoit aussi faire vn œil, dont la profondeur fust fort grande, & la prunelle fort large, & que les figures de celles de ses superficies qui causent quelque refraction, fussent proportionées a cete grandeur, les images s'y formeroient d'autant plus visibles. Et que, si ayant deux ou plusieurs verres en forme de lentilles, mais assés plats, on les ioint l'vn contre l'autre, ils auront a peu prés le mesme effect qu'auroit vn seul, qui seroit autant vouté ou conuexe qu'eux deux ensemble ; car le nombre des superficies où se font les refractions n'y fait pas grand chose. Mais que, si on esloigne ces verres a certaines distances les vns des autres, le second pourra redresser l'image que le premier aura renuersée, & le troisieme la renuerser derechef, & ainsi de suite. Qui sont toutes choses dont ||¹²⁸ les raisons sont fort aysées a deduire de ce que i'ay dit, & elles seront bien plus vostres, s'il vous faut vser d'vn peu de reflexion pour les conceuoir, que si vous les trouués icy mieux expliquées.

A že tato vzdálenost závisí zčásti na tvaru tohoto skla a zčásti také na vzdálenosti předmětů: necháme-li totiž předmět na témže místě, pak čím méně jsou povrchy skla zakřiveny, tím musí být plátno vzdálenější, a když používáme totéž sklo, pak, jsou-li předměty velmi blízko, je třeba natáhnout plátno v poněkud větší vzdálenosti, než kdyby byly tyto předměty vzdálenější. A to, že tato vzdálenost závisí na velikosti obrazů téměř stejným způsobem, jako když před otvorem není žádné sklo. A že tento otvor může být mnohem větší, když se tam vloží sklo, než když se ponechá zcela prázdný, aniž by kvůli tomu byly obrazy méně zřetelné. A že čím je větší, tím více se zdají být jasné a osvětlené: takže když zakryjeme jednu část tohoto skla, budou se jevit temnější než předtím, ale nepřestanou kvůli tomu zaujímat týž prostor na plátně. A že čím větší a jasnější jsou tyto obrazy, tím dokonaleji se vidí: takže kdyby bylo možno zhotovit oko, jehož hloubka by byla velmi velká a jehož zřítelnice by byla velmi široká, a dále tak, aby tvary těch z jeho povrchů, které způsobují nějaké lomy, byly úměrné této velikosti, pak by obrazy, které se tam utvářejí, byly mnohem viditelnější. A že kdybychom měli dvě nebo více skel ve tvaru čoček, avšak dosti plochých, a spojili je jedno za druhým, měly by zhruba týž účinek, jako by mělo sklo jedno, které by bylo tak vypouklé, nebo konvexní, jako ona obě skla dohromady; neboť počet povrchů, kde se dějí lomy, není příliš důležitý. Jestliže však vzdálíme tato skla od sebe na určitou vzdálenost, může druhé sklo navrátit do původní polohy obraz, který sklo první obrátilo, a třetí může tento obraz opět obrátit a tak dále. Což jsou všechno věci, jejichž důvody lze velmi snadno odvodit z toho, co jsem řekl. Stanou se vám vlastnějšími a pochopíte je snáze, dáte-li si trochu práce s jejich rozmyšlením, než kdyby tady byly lépe vysvětleny.

Au reste, les images des objets ne se forment pas seulement ainsi au fonds de l'œil, mais elles passent encores au delà iusques au cerueau, comme vous entendrés facilement, si vous pensés que, par exemple, les rayons qui viennent dans l'œil de l'objet V, touchent au point R



l'extrémité de l'un des petits filets \parallel_{129} du nerf optique, qui prend son origine de l'endroit 7 de la superficie intérieure du cerueau 789 ; & ceux de l'objet X touchent au point S l'extrémité d'un autre de ces filets, dont le commencement est au point 8 ; & ceux de l'objet Y en touchent un autre au point T, qui répond à l'endroit du cerueau marqué 9, & ainsi des autres.

Et que, la lumière

n'estant autre chose qu'un mouvement, ou une action qui tend à causer quelque mouvement, ceux de ses rayons qui viennent d'V vers R, ont la force de mouvoir tout le filet R7, & par conséquent l'endroit du cerueau marqué 7 ; & ceux qui viennent d'X vers S, de mouvoir tout le nerf S8, & même de le mouvoir d'autre façon que n'est le R7, à cause que les objets X & V sont de deux diuerses couleurs ; & ainsi, que ceux qui viennent d'Y, meuvent le point 9. D'où il est manifeste qu'il se forme derechef une peinture 789, assez semblable aux objets V, X, Y, en la superficie intérieure du cerueau qui regarde ses concavités. Et de là je pourrais encores la transporter iusques à une certaine petite glande, qui se trouve environ le milieu de ces concavités,

& est proprement le siege du sens commun. Mesme je pourrais, encores plus outre, vous monstrer comment quelquefois elle peut passer de là par les arteres d'une femme enceinte, iusques à quelque membre déterminé de l'enfant qu'elle porte en ses entrailles, & y former ces marques d'enuie, qui causent tant d'admiration à tous des Doctes.

Obrazy předmětů se ovšem netvoří pouze na pozadí oka, nýbrž prochází dozadu až do mozku, což můžete pochopit snadno, pomyslíte-li, že například paprsky, které přicházejí do oka z předmětu V, se v bodě R dotýkají koncečku jednoho z drobných vláken optického nervu, který začíná v místě 7 vnitřního povrchu mozku 789; a paprsky z předmětu X se dotýkají v bodě S koncečku jiného z těchto vláček, jehož začátek je v bodě 8; a paprsky předmětu Y se ho dotýkají v jiném bodě T, který odpovídá místu v mozku, označeném 9, a tak i pro ostatní. A to, že světlo není nic jiného než pohyb nebo akce, která směřuje k vyvolání určitých pohybů, znamená, že ty z paprsků, které přicházejí od V k R, mají sílu pohnout celým vláknem R7 a v důsledku toho i místem v mozku, označeným 7; a ty, které vycházejí z X směrem k S, pohnou celým nervem S8, a stejně tak jím pohnou jiným způsobem, než pohnul R7, protože předměty X a V jsou dvou odlišných barev; a také, že ty paprsky, které vycházejí z Y, pohnou bodem 9. Z toho je zjevné, že se pak utvoří obraz 789, dosti podobný předmětům V, X, Y, na vnitřním povrchu mozku, nacházejícím se proti jeho konkávnostem. A odtud bych jej mohl přenést až do nějaké malé žlázy, která se nachází zhruba uprostřed těchto konkávností a je vlastním sídlem společného smyslu. Dokonce bych vám mohl nadto ukázat, jak někdy může projít tudy tepnami těhotné ženy až do nějakého určitého údu dítěte, které tato žena nese ve svých útrokách, a tam utvořit mateřská znaménka, která vyvolávají u učenců tolik údivu.

Discours sixiesme
De la vision

Rozprava šestá
O vidění

De la vision
Discours Sixiesme

||₁₃₀ Or, encores que cete peinture, en passant ainsi iusques au dedans de nostre teste, retiene tousiours quelque chose de la ressemblance des obiets dont elle procede, il ne se faut point toutesfois persuader, ainsi qui ie vous ay desia tantost assés fait entendre, que se soit par le moyene de cete ressemblance qu'elle face que nous les sentons, comme s'il y auoit derechef d'autres yeux en nostre cerueau, avec lesquels nous la puissions apercevoir ; mais plustots, que ce sont les mouuemens par lesquels elle est composée, qui agissans immediatement contre nostre ame, d'autant qu'elle est vnie a nostre cors, sont institués de la Nature pour luy faire auoir de tels sentimens. Ce que ie vous veux icy expliquer plus en detail. Toutes les qualités que nous aperceuons dans les obiets de la vetie, peuuent estre reduites a six principales, qui sont : la lumiere, la couleur, la situation, la distance, la grandeur, & la figure. Et premierement, touchant la lumiere & la couleur, qui seules appartiennent proprement au sens de la veue, il faut penser que nostre ame est de telle nature, que la force des mouuemens, qui se trouuent dans les endroits du cerueau d'où viennent les petits filets des nerfs optiques, luy fait auoir le sentiment de la lumiere ; & la façon de ces ||₁₃₁ mouuemens, celui de la couleur : ainsi que les mouuemens des nerfs qui respondent aux oreilles, luy font ouir les sons ; & ceux des nerfs de la langue luy font gouster les saueurs ; & , generalement, ceux des nerfs de tout le cors luy font sentir quelque chatouillement, quand ils sont moderés, & quand ils sont trop violents, quelque douleur ; sans qu'il doie, en tout cela, y auoir aucune ressemblance entre les idées qu'elle conçoit, & les mouuemens qui causent ces idées. Ce que vous croirés facilement, si vous remarqués qu'il semble a ceux qui reçoient quelque blessure dans

O vidění
Rozprava šestá

I když si obraz při průchodu až dovnitř naší hlavy vždy zachová něco z podobnosti předmětům, z nichž pochází, nelze se domnívat, jak už jsem vám to zde dostatečně vysvětlil, že vnímání prostřednictvím této podobnosti probíhá tak, jako by byly v našem mozku další oči, jimiž tento obraz můžeme vnímat. Spíše je tomu tak, že pohyby, z nichž je složen, působí bezprostředně na naši duši, dokud je spojena s naším tělem, a tyto pohyby jsou ustaveny přírodou tak, aby mohly takové vjemy v duši vyvolávat. Což zde chci vysvětlit podrobněji. Všechny kvality, které v předmětech vidění vnímáme, mohou být redukovány na šest základních: světlo, barva, vzájemná poloha, vzdálenost, velikost a tvar. Nejprve co se týče světla a barvy, které jediné náležejí výhradně smyslu vidění: je třeba myslet, že naše duše je takové povahy, že síla pohybů, které se nacházejí v těch místech mozku, z nichž vycházejí vlákénka optických nervů, poskytují duši pocit světla, a způsob těchto pohybů, pocit barvy: podobně jako pohyby nervů, které odpovídají uším, umožňují duši vnímat zvuky; a pohyby nervů jazyka dovolují duši vnímat chuť; a obecně pohyby nervů celého těla dovolují duši cítit nějaké polechtání, jsou-li tyto pohyby mírné, zatímco jsou-li velmi silné, nějakou bolest, aniž by v tom všem musela existovat nějaká podobnost mezi představami, které duše vnímá, a pohyby, které tyto představy vyvolávají. Čemuž snadno uvěříte, všimnete-li si těch, jejichž oko bylo

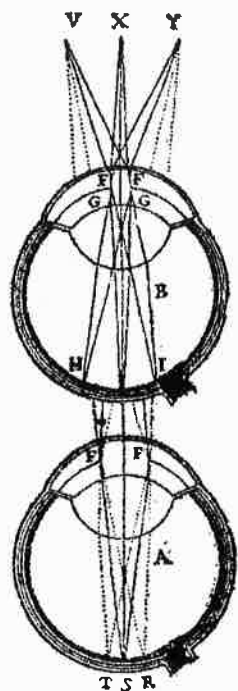
l'œil, qu'ils voyent vne infinité de feux & d'eslairs deuant eux, nonobstant qu'ils ferment les yeux, ou bien qu'ils soyent en lieu fort obscur ; en sorte que ce sentiment ne peut estre attribué qu'a la seule force du coup, laquelle meut les petits filets du nerf optique, ainsi que feroit vne violente lumiere ; & cete mesme force, touchant les oreilles, pourroit faire ouir quelque son ; & touchant le cors en d'autres parties, y faire sentir de la douleur. Et cecy se confirme aussy de ce que, si quelquefois on force ses yeux a regarder le soleil, ou quelqu'autre lumiere fort viue, ils en retienent, après vn peu de temps, l'impression en telle sorte que, nonobstant mesme qu'on les tiene fermés, il semble qu'on voye diuerses couleurs, qui se changent & passent de l'une a l'autre, a mesure qu'elles s'affoiblissent : car cela ne peut proceder que de ce que les petits filets du nerf optique, ayant esté meus extraordinairement fort, ne se peuuent arrester sitost que de coustume. Mais l'agitation, qui est encores en eux après que les yeux sont ||₁₃₂ fermés, n'estant plus assés grande pour représenter cete forte lumiere qui l'a causée, represente des couleurs moins viues. Et ces couleurs se changent en s'affoiblissant, ce qui monstre que leur nature ne consiste qu'en la diuersité du mouuement, & n'est point autre que ie l'ay cy dessus supposée. Et enfin cecy se manifeste de ce que les couleurs paroissent souuent en des cors transparens, où il est certain qu'il n'y a rien qui les puisse causer, que les diuerses façons dont les rayons de la lumiere y sont receus, comme lors que l'arc-en-ciel paroist dans les nuës, & encores plus clairement, lors qu'on en voit la ressemblance dans vn verre qui est taillé a plusieurs faces.

Mais il faut icy particulierement considerer en quoy consiste la quantité de la lumiere qui se voit, c'est a dire, de la force dont est meu chacun des petits filets du nerf optique : car elle n'est pas tousiours esgale a la lumiere qui est dans les obiets, mais elle varie a raison de leur

zraněno a kteří před sebou vidí nespočet jisker a záblesků i při zavřených očích anebo v naprosto temném místě; takže tento pocit lze připsat pouze síle úderu, která uvedla do pohybu vlákénka optického nervu tak, jak by to udělalo silné světlo; a táž síla dotýkající se uší by mohla vést ke slyšení nějakého zvuku. A kdyby se dotkla těla v jiných částech, vyvolala by pocit bolesti. To se potvrzuje také tím, že přinutíme-li oči, aby hleděly do slunce nebo nějakého velmi silného světla, podrží si oči po nějakou dobu vjem takový, že i když je pevně zavřeme, zdá se nám, že vidíme rozličné barvy, které se mění a přecházejí jedny v druhé s tím, jak slábnou: to totiž nemůže pocházet než od několika vláček optického nervu, která byla mimořádně silně uvedena do pohybu, nemohou se uklidnit tak snadno jako obvykle. Avšak pohyb, který je ještě v nich i poté, co jsou oči zavřené, není už dost silný na to, aby představoval ten druh světla, který tento pohyb vyvolal, představuje barvy méně živé. A tyto barvy se mění při slábnutí, což ukazuje, že jejich povaha spočívá pouze v rozmanitosti těchto pohybů, a není jiná, než jak jsem to níže předpokládal. A konečně se to ukazuje v tom, že tyto barvy se často objevují v průhledných tělesech, kde je jisté, že neexistuje nic, co by je mohlo vyvolat, než rozličné způsoby, jimiž se v nich paprsky světla přijímají, například když se objeví duha v mračích, a ještě jasněji, když vidíme něco podobného v broušeném skle.

Je však zapotřebí prozkoumat zde, v čem spočívá kvantita viděného světa, to jest síla, která pohybuje každým vláčkem optického nervu: není totiž vždy rovna světlu, které je v předmětech, ale mění se úměrně s jejich vzdá-

distance & de la grandeur de la prunelle, & aussy a raison de l'espace que les rayons, qui vienent de chasque point de l'obiet, peuuent occuper au fonds de l'œil. Comme, par exemple, il est manifeste que le point X enuoyeroit plus de rayons dans l'œil B qu'il ne fait, si la prunelle FF estoit ouuerte iusques a G ; & qu'il en enuoye tout autant en cet œil B qui est proche de luy, & dont la prunelle est fort estroitte, qu'il fait en l'œil A, dont la prunelle est beaucoup plus grande, mais qui est a proportion plus esloigné. Et encores qu'il n'entre pas plus de rayons des diuers points de l'obiet VXY , considerés tous ensemble, dans le fonds de l'œil A que dans celui de l'œil B, toutesfois, pour ce que ces rayons ne s'y estendent qu'en l'espace TR, qui est plus petit que n'est HI, dans lequel ils s'estendent



au fonds de l'œil B, ils y doivent agir avec plus de force contre chacune des extremités du nerf optique qu'ils y touchent : ce qui est fort aisé a calculer. Car, si, par exemple, l'espace HI est quadruple de TR, & qu'il contienne les extremités de quatre mille des petits filets du nerf optique, TR ne contiendra que celles de mille, & par consequent chacun de ces petits filets sera meü, dans le fonds de l'œil A, par la milliesme partie des forces qu'ont tous les rayons qui y entrent, iointes ensemble, &, dans le fonds de l'œil B, par le quart de la milliesme partie seulement. Il faut aussy considerer qu'on ne peut discerner les parties des cors qu'on regarde, qu'en tant qu'elles different en quelque façon de couleur ; que la vision distincte de ces couleurs ne depend pas seulement de ce que tous les rayons, qui

leností a s velikostí zřítelnice a také úměrně s prostorem, který mohou na pozadí oka zaujímat paprsky, jež vycházejí z každého bodu předmětu. Je například je zřejmé, že bod X vysílá do oka B více paprsků, než by tomu bylo, kdyby byla zřítelnice FF otevřená až ke G; a že jich posílá stejně do oka B, které je mu blíže a jehož zřítelnice je velmi úzká, stejně jako do oka A, jehož zřítelnice je mnohem větší, které však je úměrně vzdálenější. A dále, protože nepřichází do pozadí oka A dohromady více paprsků z různých bodů předmětu VXY než do pozadí oka B, neboť tyto paprsky se rozšiřují pouze do prostoru TR, který je menší než prostor HI, v němž se rozšiřují na pozadí oka B, musí tam působit s větší silou proti každému z konečků optického nervu, jehož se dotknou: což se dá snadno vypočítat. Je-li například prostor HI čtyřnásobkem prostoru TR a obsahuje-li čtyři tisíce vláček optického nervu, bude TR obsahovat pouze tisíc těchto vláček a v důsledku toho bude každé z nich podrážděno na pozadí oka A tisící částí síly, kterou mají dohromady všechny tam dopadající paprsky, a na pozadí oka B pouze čtvrtinou tisící částí. Je třeba také uvážit, že části pozorovaných těles lze rozlišit jen v té míře, v níž se nějak liší barvou; a že zřetelné vidění těchto barev nezávisí pouze na tom, že se všechny paprsky vycházející z každého bodu

vient de chasque point de l'obiet, se rassemblent a peu prés en autant d'autres dieurs poins au fonds de l'œil, & de ce qu'il n'en vient aucuns autres d'ailleurs vers ces mesmes poins, ainsi qu'il a esté tantost amplement expliqué ; mais aussy de la multitude des petits filets du nerf optique, qui sont en l'espace qu'occupe l'image au fonds de l'œil. Car, si, par exemple, l'obiet VXY est $||_{134}$ composé de dix mille parties, qui soyent disposées a enuoyer des rayons vers le fonds de l'œil RST, en dix mille façons differentes, & par consequent a faire voir en mesme temps dix mille couleurs, elles n'en pourront neantmoins faire distinguer a l'ame que mille tout au plus, si nous supposons qu'il n'y ait que mille des filets du nerf optique en l'espace RST ; d'autant que dix des parties de l'obiet, agissant ensemble contre chacun de ces filets, ne le peuuent mouuoir que d'une seule façon, composée de toutes celles dont elles agissent, en sorte que l'espace qu'occupe chacun de ces filets ne doit estre consideré que comme vn point. Et c'est ce qui fait que souuent vne prairie, qui sera peinte d'une infinité de couleurs toutes diuerses, ne paroistra de loin que toute blanche, ou toute bleuë ; &, generalement, que tous les cors se voyent moins distinctement de loin que de prés ; & enfin que, plus on peut faire que l'image d'un mesme obiet occupe d'espace au fonds de l'œil, plus il peut estre vû distinctement. Ce qui sera cy après fort a remarquer.

Pour la situation, c'est a dire le costé vers lequel est posée chasque partie de l'obiet au respect de nostre cors, nous ne l'aperceuons pas autrement par l'entremise de nos yeux que par celle de nos mains ; & sa cognoissance ne depend d'aucune image, ny d'aucune action qui viene de l'obiet, mais seulement de la situation des petites parties du cerueau d'où les nerfs prenent leur origine. Car cete situation, se changeant tant soit peu, a chasque fois que se change celle des membres où ces nerfs sont inserés, est instituée $||_{135}$ de la Nature pour faire, non seulement

předmětu soustřeďují do přibližně téhož počtu jiných různých bodů na pozadí oka a že k týmž bodům nepřicházejí žádné jiné paprsky, což bylo už zevrubně vysvětleno, nýbrž i na množství vláček optického nervu, které jsou v prostoru zaujímaném obrazem na pozadí oka. Jestliže se například předmět VXY skládá z deseti tisíc částí, které jsou s to vysílat paprsky k pozadí oka RST, a tudíž deseti tisíci různými způsoby, takže to umožňuje duši vidět současně deset tisíc barev, pak by přesto nebylo možno duši rozlišit více než tisíc barev, předpokládáme-li, že v prostoru RST je pouze tisíc vláček optického nervu. Deset částí předmětu, působících společně na každé z těchto vláček, může tímto vláčkem pohnout jen jedním způsobem, složeným ze všech těch pohybů, které na něj působí, takže prostor, který zaujímá každé z těchto vláček, se musí pokládat za jeden bod. To vede k tomu, že louka hýřící nesčetně zcela odlišnými barvami se často zдалky jeví celá bílá nebo celá modrá,

a obecně že všechna tělesa zдалky vidíme méně zřetelně než zblízka; a konečně že čím větší obraz téhož předmětu lze vyvolat na pozadí oka, tím zřetelněji lze tento předmět vidět, čehož si v dalším podrobně všimneme.

Co se polohy týče, to jest strany, k níž je obrácena každá část předmětu vzhledem k našemu tělu, nevnímáme ji prostřednictvím našich očí jinak než prostřednictvím našich rukou; a její poznání nezávisí na žádném obrazu ani na žádné akci, která vychází z předmětu, nýbrž pouze na vzájemné poloze malých částí mozku, z nichž vycházejí nervy. Tato poloha se totiž mírně mění pokaždé, když se změní poloha údů, do nichž jsou tyto nervy vloženy, a je tak uzpůsobena přírodou nejen kvůli tomu, aby duše

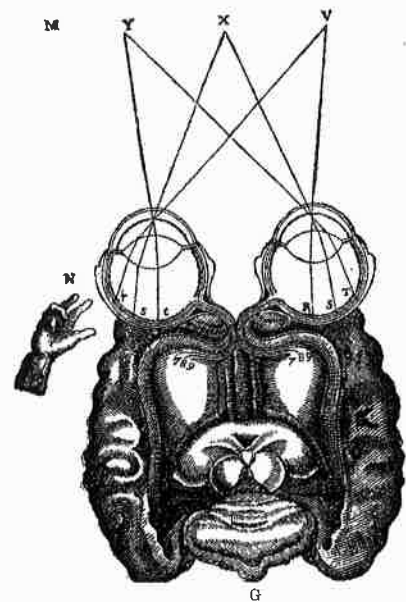
que l'ame cognoisse en quel endroit est chasque partie du cors qu'elle anime, au respect de toutes les autres ; mais aussy qu'elle puisse transferer de là son attention a tous les lieux contenus dans les lignes droites qu'on peut imaginer estre tirées de l'extremité de chacune de ces parties, & prolongées a l'infini. Comme, lors que l'aveugle, dont



nous auons desia tant parlé cy dessus, tourne sa main A vers E, ou C aussy vers E, les nerfs inserés en cete main causent vn certain changement en son cerueau, qui donne moyen a son ame de connoistre, non seulement le lieu A ou C, mais aussy tous les

autres qui sont en la ligne droite AE ou CE, en sorte qu'elle peut porter son attention iusques aux obiets B & D, & determiner les lieux où ils sont, sans connoistre pour

cela ny penser aucunement a ceux où sont ses deux mains. Et ainsi, lors que nostre œil ou nostre teste se tournent vers quelque costé, nostre ame en est auertie par le changement que les nerfs inserés dans les muscles, qui seruent a ces mouuemens, causent en nostre cerueau. Comme icy, on l'œil RST, il faut penser que la situation du petit filet du nerf optique, qui est au point R, ou S, ou T,



est suiuite d'une autre certaine situation de la partie du

poznávala, na jakém místě je vzhledem ke všem částem ostatním každá část těla, které duše oživuje, nýbrž i proto, aby odtud mohla přenést svou pozornost na všechna místa obsažená v přímkách, které si lze představit vedené od konce každé z těchto částí a prodloužené do nekonečna. Například když onen slepec, o němž jsme tolik mluvili výše, obrátí svou ruku A k E, nebo C také k E, pak nervy vložené do této ruky způsobí určité změny v jeho mozku, které poskytují prostředky jeho duši, aby poznala nejen místo A nebo C, nýbrž i všechna ostatní, která jsou na přímce AE nebo CE, takže může přenést svou pozornost až na předměty B a D a určit ta místa, kde se nacházejí, aniž by k tomu potřebovala znát místa, kde se nacházejí jeho dvě ruce, ba ani o nich nijak nemusí přemýšlet. A tak když se naše oko nebo naše hlava otočí k nějaké straně, naše duše je o tom uvědoměna změnou, kterou způsobí nervy vložené do svalů těmto pohybům sloužícím. Například zde v oku RST je třeba uvážit, že poloha vláčénka optického nervu, který je v bodě R, nebo S, nebo T, je následována jinou určitou polohou části mozku 7, nebo 8,

cerueau 7, ou 8, ou 9, qui fait que l'ame peut connoistre tous les lieux qui sont en la ligne RV, ou SX, ou TY. De façon que vous ne deuez pas trouuer estrange que les obiets puissent estre veus en leur vray situation, ||₁₃₆ nonobstant que la peinture qu'ils impriment dans l'œil, en ait vne toute contraire : ainsi que nostre aueugle peut sentir en



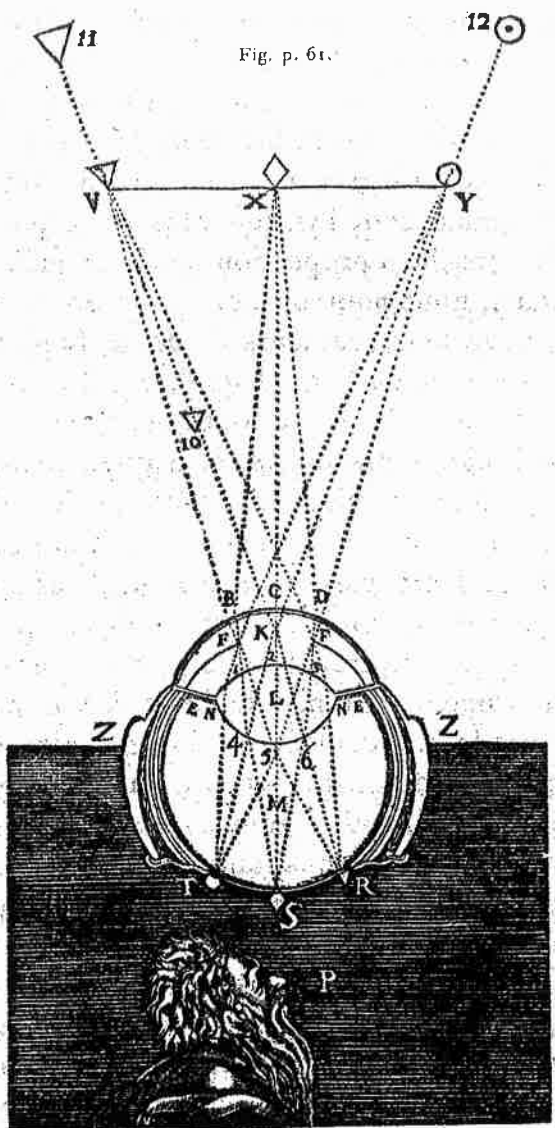
mesme temps l'obiet B, qui est a droite, par l'entremise de sa main gauche ; & D, qui est a gauche, par l'entremise de sa main droite. Et comme cet aueugle ne iuge point qu'un cors soit double, encore qu'il le touche de ses deux mains, ainsi,

lors que nos yeux sont tous deux disposés en la ||₁₃₇ façon qui est requise pour porter nostre attention vers vn mesme lieu, ils ne nous y doiuent faire voir qu'un seul obiet, nonobstant qu'il s'en forme en chascun d'eux vne peinture.

La vision de la distance ne depend, non plus que celle de la situation d'aucunes images enuoyées des obiets, mais, premierement, de la figure du cors de l'œil ; car, comme nous auons dit, cete figure doit estre vn peu autre, pour nous faire voir ce qui est proche de nos yeux, que pour nous faire voir ce qui en est plus esloigné, & a mesure que nous la changeons pour la proportionner a la distance des obiets, nous changeons aussy certaine partie de nostre cerueau, d'une façon qui est instituée de la Nature pour faire apercevoir a nostre ame cete distance. Et cecy nous arriue ordinairement sans que nous y facions de reflexion ; tout de mesme que, lors que nous serrons quelque cors de nostre main, nous la conformons a la grosseur & a la figure de ce cors, & le sentons par son moyen, sans qu'il soit besoin pour cela que nous pensions a ses mouemens. Nous cognoissons, en second lieu, la distance par le rapport qu'ont les deux yeux l'un a l'autre. Car, comme

nebo 9, která způsobí, že duše může poznat všechna místa, která jsou na přímce RV, nebo SX, nebo TY. Nemělo by vám tudíž připadat divné, že předměty lze vidět v jejich skutečné poloze, bez ohledu na to, že obraz, který otiskují v oku, má polohu přesně obrácenou: tak náš slepec může současně cítit předmět B, který je napravo, konečkem své levé ruky; a D, který je nalevo, konečkem své pravé ruky. A tak jako tento slepec nesoudí, že je nějaké těleso dvojité, i když se ho dotýká oběma rukama, tak podobně i pomocí našich očí, které jsou uzpůsobeny k tomu, aby naši pozornost soustřeďovaly do jednoho a téhož místa, vidíme přesto jen jeden předmět, bez ohledu na to, že vytváří v každém oku svůj obraz samostatně.

Vidění vzdálenosti rovněž nezávisí, podobně jako vidění polohy, na nějakých obrazech předměty vysílaných, ale především na tvaru tělesa oka; neboť jak jsme řekli, tento tvar musí být poněkud jiný, abychom viděli to, co je blízko našich očí, než když máme vidět to, co je vzdálenější, a v té míře, jak měníme tvar oka, aby se stal úměrným vzdálenosti předmětů, měníme i určitou část našeho mozku způsobem, který je nastaven přírodou k tomu, aby naše duše mohla vnímat vzdálenost. A k tomu zpravidla dochází, aniž bychom o tom přemýšleli; právě tak jako když sevřeme rukou nějaké těleso, uzpůsobíme tuto ruku velikosti a tvaru tohoto tělesa a pomocí toho ho pocítujeme, aniž bychom k tomu museli přemýšlet o pohybech ruky. Na druhém místě poznáváme vzdálenost podle vztahu, který mají naše oči navzájem. Například náš sle-



nostre aueugle, tenant les deux baston AE, CE, dont ie suppose qu'il ignore la longueur, & sçachant seulement l'interuale qui est entre ses deux mains A & C, & la gran-

deur des angles ACE, CAE, peut de là, comme par vne Geometrie naturelle, cognoistre où est le point E ; ainsi, quand nos deux yeux, RST & *rst*, sont tournés vers X, la grandeur de la ligne Ss, & celle des deux angles XSs & XsS, nous font sçauoir où est le point X. ||₁₃₈ Nous pouuons aussy le mesme par d'aide d'un oeil seul, en luy faisant changer de place : comme, si, le tenant tourné vers X, nous le mettons premierement au point S & incontinent après au point s, cela suffira pour faire que la grandeur de la ligne Ss & des deux angles XSs & XsS se trouuent ensemble en nostre fantasie, & nous facent apercevoir la distance du point X : & ce, par vne action de la pensée, qui, n'estant qu'une imagination toute simple, ne laisse point d'enueloper en soy vn raisonnement tout semblable a celuy que font les Arpenteurs, lors que, par le moyen de deux differentes stations, ils mesurent les lieux inaccessibles.

pec, který drží dvě hole AE, CE, o nichž předpokládám, že jejich délku nezná, a když zná pouze interval mezi svými dvěma rukama A a C a velikost úhlů ACE, CAE, může odtud jakoby pomocí přirozené geometrie poznat, kde se nachází bod E; podobně když se naše obě oči, RST a *rst*, obrátí k X, pak velikost úsečky Ss a velikosti obou úhlů XSs a XsS nám dovolí poznat, kde je bod X. Téhož můžeme dosáhnout i pomocí jediného oka tím, že změníme jeho polohu: udržujeme ho obrácené k X a nejprve jej umístíme do bodu S a pak hned do bodu s, což stačí k tomu, aby se velikosti úsečky Ss a dvou úhlů XSs a XsS nacházely společně v naší představivosti a umožnily nám vnímat vzdálenost od bodu X, a to akcí myšlení, která i když je jen velmi jednoduchou představou, připomíná velmi podobnou úvahu, kterou činí zeměměřiči, když pomocí dvou různých stanovišť měří nepřístupná místa.

Nous auons encores vne autre façon d'apercevoir la distance, a sçauoir par la distinction ou confusion de la figure, & ensemble par la force ou debilité de la lumiere. Comme, pendant que nous regardons fixement vers X, les rayons qui viennent des obiets 10 & 12, ne s'assemblent pas si exactement vers R & vers T, au fonds de nostre œil, que si ces obiets estoient aux points V & Y ; d'où nous voyons qu'ils sont plus esloignés, ou plus proches de nous, que n'est X. Puis, de ce que la lumiere, qui vient de l'obiet 10 vers nostre œil, est plus forte que si cet obiet estoit vers V, nous le iugeons estre plus proche ; & de ce que celle qui vient de l'obiet 12, est plus foible que s'il estoit vers Y, nous le iugeons plus esloigné. Enfin, quand nous imaginons desia d'ailleurs la grandeur d'un obiet, ou sa situation, ou la distinction de sa figure & de ses couleurs, ou seulement la force de la lumiere qui vient de luy, cela nous peut seruir, non pas proprement ||₁₃₉ a voir, mais a imaginer sa distance. Comme, regardant de loin quelque cors, que nous auons accoustumé ||₁₄₀ de voir de prés, nous en iugeons bien mieux l'esloignement, que nous ne ferions si sa grandeur nous estoit moins connuë. Et regardant vne montaigne exposée au soleil, au delà d'une forest couuerte d'ombre, ce n'est que la situation de cete forest, qui nous la fait iuger la plus proche. Et regardant sur mer deux vaisseaux, dont l'un soit plus petit que l'autre, mais plus proche a proportion, en sorte qu'ils paroissent esgaux, nous pourrons, par la difference de leurs figures & de leurs couleurs & de la lumiere qu'ils enuoyent vers nous, iuger lequel sera le plus loin.

Au reste, pour la façon dont nous voyons la grandeur & la figure des obiets, ie n'ay pas besoin d'en rien dire de particulier, d'autant qu'elle est toute comprise en celle dont nous voyons la distance & la situation de leurs parties. A sçauoir, leur grandeur s'estime par la connoissance, ou l'opinion, qu'on a de leur distance, comparée avec la

Máme ještě druhý způsob, jak vnímat vzdálenost, totiž zřetelností, nebo nezřetelností tvaru společně se silou, nebo slabostí světla. Například když upřeně hledíme na X, pak se paprsky přicházející z předmětů 10 a 12 nesoustřeďují tak přesně do R a do T na pozadí našeho oka, jak by tomu bylo, kdyby byly tyto předměty v bodech V a Y. Odtud vidíme, že jsou od nás vzdálenější, nebo k nám bližší, než je X. Dále, protože světlo vycházející z předmětu 10 k našemu oku je silnější, než kdyby tento předmět byl v bodě V, soudíme o něm, že je bližší; a protože světlo, které vychází z předmětu 12, je slabší, než kdyby byl tento předmět v Y, soudíme o něm, že je vzdálenější. A konečně, když už jsme si představili velikost předmětu nebo jeho polohu nebo zřetelnost jeho tvaru a jeho barev, nebo pouze sílu světla, které z něj vychází, pak nám to může posloužit ne sice přímo k vidění, ale k představě vzdálenosti. Prohlížíme-li si například zpovzdálí nějaké těleso, které jsme běžně viděli zblízka, usoudíme lépe na vzdálenost, než kdyby nám velikost tohoto předmětu byla méně známa. A díváme-li se na nějakou horu osvětlenou sluncem za nějakým lesem pokrytým stínem, pak je to jen tato poloha lesa, co nás vede k tomu, že soudíme, že je blíže. A díváme-li se přes moře na dvě lodě, z nichž jedna je menší než druhá, avšak úměrně bližší, takže se nám zdají být stejně velké, mohli bychom na základě rozdílu jejich tvarů a jejich barev a světla, které k nám vysílají, usoudit, která z nich je dále.

Konečně, co se způsobů, jimiž vidíme velikost a tvar předmětů, týče, nepotřebuji zde říci něco zvláštního, tím spíše, že jsou všechny obsaženy v tom způsobu, jímž vidíme vzdálenost a postavení částí těchto předmětů. Jejich velikost se totiž odhaduje znalostí nebo míněním, které máme o jejich vzdálenosti, ve srovnání s velikostí obrazů,

grandeur des images qu'ils impriment au fonds de l'œil ; & non pas absolument par la grandeur de ces images, ainsi qu'il est assés manifeste de ce que, encore qu'elles soyent, par exemple, cent fois plus grandes, lors que les obiets sont fort proches de nous, que lors qu'ils en sont dix fois plus esloignés, elles ne nous les font point voir pour cela cent fois plus grands, mais presque esgaux, au moins si leur distance ne nous trompe. Et il est manifeste aussy que la figure se iuge par la cognoissance, ou opinion, qu'on a de la situation des diuerses parties des obiets, & non par la ressemblance des peintures qui sont dans l'œil : car ces peintures ne contiennent ordinairement que des ouales & des lozanges, ||₁₄₁ lors qu'elles nous font voir des cercles & des quarrés.

Mais, afin que vous ne puissiés aucunement douter que la vision ne se face ainsi que ie l'ai expliquée, ie vous veux faire encore icy considerer les raisons pourquoy il arriue quelquefois qu'elle nous trompe. Premièrement, a cause que c'est l'ame qui voit, & non pas l'œil, & qu'elle ne void immediatement que par l'entremise du cerueau, de là vient que les frenetiques, & ceux qui dorment, voyent souuent, ou pensent voir, diuers obiets qui ne sont point pour cela deuant leurs yeux : à sçauoir, quand quelques vapeurs, remuant leur cerueau, disposent celles de ses parties qui ont costume de seruir a la vision, en mesme façon que feyroient ces obiets, s'ils estoyent presens. Puis, à cause que les impressions, qui viennent de dehors, passent vers le sens commun par l'entremise des nerfs, si la situation de ces nerfs est contrainte par quelque cause extrordinaire, elle peut faire voir les obiets en d'autres lieux qu'ils ne sont. Comme, si l'œil *rst*, estant disposé de soy a regarder vers X, est contraint par le doigt N a se tourner vers M, les parties du cerueau d'où vient ses nerfs, ne se disposent pas tout a fait en mesme sorte que si c'estoyent ses muscles qui le tournassent vers M ; ny aussy en mesme sorte que s'il

které otiskují na pozadí oka; a nikoli absolutně velikostí těchto obrazů, což je dostatečně zjevné z toho, že i když jsou například stokrát větší, když jsou předměty velmi blízko nás, než když jsou desetkrát vzdálenější, nevidíme je kvůli tomu stokrát větší, nýbrž téměř stejné, aspoň pokud nás jejich vzdálenost neklame. A zjevné je také, že tvar se posuzuje znalostí nebo míněním, které máme o poloze různých částí předmětu, a nikoli podobností obrazů, které vytvářejí v oku: tyto obrazy totiž zpravidla neobsahují než ovály a kosoúhelníky, ačkoli my vidíme kružnice a čtverce.

Abyste však nemohli vůbec pochybovat, že vidění se děje tak, jak jsem vysvětlil, předložím vám ke zvážení důvody, proč dochází k tomu, že nás někdy klame. Za prvé: protože je to duše, kdo vidí, a nikoli oko, a protože nevidí bezprostředně, nýbrž prostřednictvím mozku, vyplývá odtud, že blázni a ti, kdo spí, vídají často, nebo se domnívají, že vidí, rozmanité předměty, které vůbec nejsou před jejich očima: když totiž nějaké výpary, ovlivňující jejich mozek, zapůsobí na ty části, které obvykle slouží vidění, a to tímž způsobem, jak by to dělaly předměty, kdyby byly přítomny. A dále v důsledku toho, že tyto vjemy, které přicházejí zevnějšku, procházejí ke společnému smyslu prostřednictvím nervů, je-li poloha těchto nervů tísněna nějakou mimořádnou příčinou, může to vést k vidění předmětů jinde, než jsou. Například jestliže oko *rst*, které je zaměřeno k dívání se směrem k X, je donuceno prstem N obrátit se k M, pak ty části mozku, z nichž vychází jeho nervy, se nezaměří zcela stejným způsobem, jako kdyby to byly jeho svaly, které jej obrátily k M; ani

regardoit veritablement vers X ; mais d'une façon moyenne entre ces deux, a sçavoir, comme s'il regardoit vers Y ; & ainsi l'obiet M paroistra au lieu où est Y, par l'entremise de cet œil, & Y au lieu où est X, & X au lieu où est V, & ces obiets paroissans aussy ||₁₄₂ en mesme temps en leurs vrais lieux, par l'entremise de l'autre œil RST, ils sembleront doubles. Et mesme façon que, touchant la petite

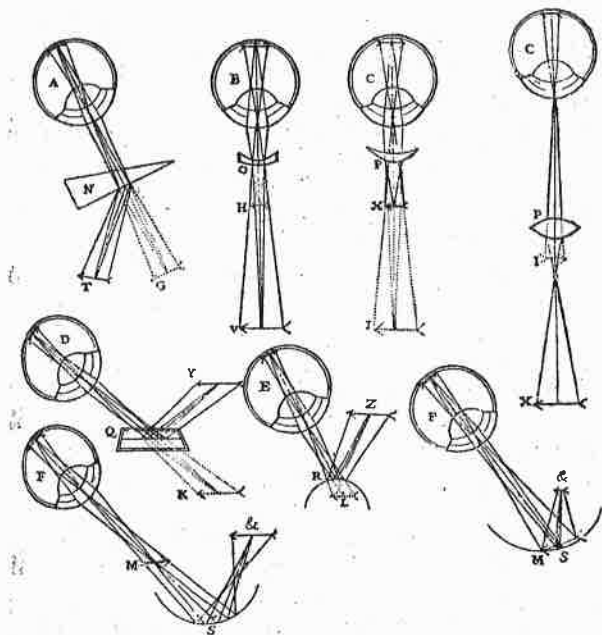


boule G des deux doigts A & D croisés l'un sur l'autre, on en pense toucher deux ; a cause que, pendant que ces doigts se retiennent l'un l'autre ainsi croisés, les muscles de chacun d'eux tendent a les escarter, A vers C, & D vers F ; au moyen de quoy les parties du cerueau

d'où vient les nerfs qui sont inseré en ces muscles, se trouvent disposées en la façon qui est requise pour faire qu'ils semblent estre, A vers B, & D vers E, & par consequent y toucher deux diuerses boules, H & I. De plus, a cause que nous sommes accoustumés de iuger que les impressions qui meuent nostre veuë, viennent des lieux vers lesquels nous devons regarder pour les sentir, quand il arriue qu'elles viennent d'ailleurs, nous y pouuons facilement estre trompés. Comme ceux qui ont les yeux infectés de la iaunisse, ou bien qui regardent au trauers d'un verre iaune, ou qui sont enfermés dans vne chambre où il n'entre aucune lumiere que par de tels verres, attribuent cete couleur a tous les cors qu'ils regardent. Et celuy qui est dans la chambre obscure que i'ay tantost descrite, attribue au cors blanc RST les couleurs des obiets V, X, Y, a cause que c'est seulement vers luy qu'il dresse sa veuë.

tím způsobem, že by se skutečně díval k X; nýbrž způsobem prostředním mezi těmito dvěma, totiž jako kdyby se díval k Y; a tak se předmět M jeví prostřednictvím tohoto oka na tom místě, kde je Y, a Y na místě, kde je X, a X na místě, kde je V, a tyto předměty se současně jeví prostřednictvím oka RST na svých pravých místech, a proto se zdají být zdvojeny. A je to stejné, jako když se dotknete kuličky G dvěma zkříženými prsty A a D; máte dojem, že se dotýkáte kuliček dvou; důvodem je, že se svaly každého z takto zkřížených prstů snaží tyto prsty roztáhnout, A k C a D k F; tím se ty části mozku, z nichž vycházejí nervy, které jsou vloženy do těchto svalů, rozmístí způsobem, jenž je požadován k tomu, aby se cítilo, že A je v B a D v E, a v důsledku toho se tam zdánlivě dotýkají dvou různých kuliček H a I. Navíc, protože jsme zvyklí soudit, že vjemy, které pohybují naším zrakem, vycházejí z míst, k nimž se díváme, abychom je viděli, pak stane-li se, že přijdou odjinud, může nás to snadno oklamat. Například ti, jejichž oči jsou infikovány žloutenkou, nebo ti, kteří se dívají přes žluté sklo, nebo ti, kteří jsou zavřeni v místnosti, do níž přichází světlo pouze takovými skly, přisuzují tuto barvu všem tělesům, na něž se dívají. A ten, kdo se nachází v temné místnosti, kterou jsem už dříve popsal, přisuzuje bílému tělesu RST barvy předmětů V, X, Y, protože pouze k tomuto tělesu směřuje jeho pohled.

Et les yeux A, B, C, D, E, F, voyans les obiets T, V, X, Y, Z, & au trauers des verres N, O, P, & dans les miroirs Q, R, S, les iugent estre aux points G, H, I, K, L, M ;



& ||₁₄₃ V, Z estre plus petits, & X, & plus grands qu'ils ne sont : ou bien aussy X, & plus petits & avec cela renuersés, a sçauoir, lors qu'ils sont vn peu loin des yeux C, F, d'autant que ces verres & ces miroirs détournent les rayons qui vienent de ces obiets, en telle sorte que ces yeus ne les peuuent voir distinctement, qu'en se disposant comme ils doiuent estre pour regarder vers les points G, H, I, K, L, M, ainsi que connoistront facilement ceux qui prendront la peine de ||₁₄₄ l'examiner. Et ils verront, par mesme moyen, combien les anciens se sont abusés en leur Catoptrique, lors qu'ils ont voulu determiner le lieu des images dans les miroirs creux & conuexes. Il est aussy a remarquer que tous les moyenes qu'on a pour connoistre

la distance, sont fort incertains : car, quant a la figure de l'œil, elle ne varie quasi plus sensiblement, lors que l'obiet est a plus de quatre ou cinq pieds loin de luy, & mesme elle varie si peu lors qu'il est plus proche, qu'on n'en peut tirer aucune connoissance bien precise. Et pour les angles compris entre les lignes tirées des deus yeux l'vn a l'autre & de là vers l'obiet, ou de deus stations d'vn mesme oeil, ils ne varient aussy presque plus, lors qu'on regarde tant soit peu loin. En suite de quoy nostre sens commun mesme ne semble pas estre capable de recevoir en soy l'idée d'une distance plus grande qu'environ

A oči A, B, C, D, E, F, vidící předměty T, V, X, Y, Z, & přes skla N, O, P a v zrcadlech Q, R, S, soudí, že se nacházejí v bodech G, H, I, K, L, M; a že V, Z jsou menší a X, & větší, než jsou: nebo také X, & menší a spolu s tím převrácené, totiž jsou-li poněkud dále od očí C, F, neboť tato skla a tato zrcadla odchyľují paprsky přicházející z těchto předmětů takovým způsobem, že je oči mohou vidět zřetelně, jen když se umístí tak, jak je třeba pro dívání se směrem k bodům G, H, I, K, L, M, což poznají snadno ti, kteří si dají práci s tím, aby to vyzkoušeli. A uvidí přitom, jak se staří ve své katoptrice mýlili, když chtěli určovat místo obrazů v konkávních a konvexních zrcadlech. Je třeba také poznamenat, že všechny prostředky, které máme pro poznání vzdálenosti, jsou velmi nejisté: neboť tvar oka se nemění citelně, nachází-li se předmět vzdálen od oka o více než čtyři nebo pět stop, a právě tak se málo mění, když je dosti blízko, takže nelze vyvodit žádné dosti přesné poznání. A co se týče úhlů svíraných přímkami vedenými mezi očima a k předmětu nebo dvěma postaveními jednoho a téhož oka, ty už se nemění téměř vůbec, díváme-li se z větší dálky. V důsledku čehož náš společný smysl si sám stěží dokáže udělat představu o vzdálenosti

de cent ou deus cens pieds, ainsi qu'il se peut verifier de ce que la lune & le soleil, qui sont du nombre des cors les plus esloignés que nous puissions voir, & dont les diametres sont a leur distance a peu près comme vn a cent, n'ont coustume de nous paroistre que d'vn ou deus pieds de diametre tout au plus, nonobstant que nous scachions assés, par raison, qu'ils sont extremement grands & extremement esloignés. Car cela ne nous arriue pas faute de les pouuoir conceuoir plus grands que nous ne faisons, vû que nous conceuons bien des tours & des montaignes beaucoup plus grandes, mais pour ce que, ne les pouuant conceuoir plus esloignés que de cent ou deus cens pieds, il suit de là que leur diametre ne nous doit paroistre que d'vn ou de deus ||₁₄₅ pieds. En quoy la situation ayde aussy a nous tromper ; car ordinairement ces Astres semblent plus petits, lors qu'ils sont fort hauts vers le midy, que lors que, se leuant ou se couchant, il se trouue diuers obiets entre eus & nos yeus, qui nous font mieus remarquer leur distance. Et les Astronomes esprouent assés, en les mesurant avec leurs instrumens, que ce qu'ils paroissent ainsi plus grands vne fois que l'autre, ne vient point de ce qu'ils se voyent sous vn plus grand angle, mais de ce qu'ils se iugent plus esloignés ; d'où il suit que l'axiome de l'ancienne Optique, qui dit que la grandeur apparente des obiets est proportionnée a celle de l'angle de la vision, n'est pas tousiours vray. On se trompe aussy en ce que les cors blancs ou lumineus, & generally tous ceus qui ont beaucoup de force pour mouuoir le sens de la veuë, paroissent tousiours quelque peu plus proches & plus grands qu'ils ne seroient, s'ils en auoient moins. Or la raison qui les fait paroistre plus proches, est que le mouuement dont la prunelle s'estrecist pour euter la force de leur lumiere, est tellement ioint avec celui qui dispose tout l'œil a voir distinctement les obiets proches, & par lequel on iuge de leur distance, que l'vn ne se peut gueres faire, sans qu'il

větší než zhruba s to nebo dvě stě stop, což si lze ověřit na tom, že Měsíc a Slunce, patřící mezi nejvzdálenější tělesa, která můžeme vidět a jejichž průměry se mají k jejich vzdálenosti zhruba jako jedna ku stu, se nám obvykle jeví jako o průměru nejvýše jedné nebo dvou stop, nehledě na to, že rozumem dobře víme, že jsou krajně veliká a krajně vzdálená. K tomu nedochází nedostatkem našich schopností představit si je větší, neboť si dokážeme dobře představit mnohem větší věže a hory, nýbrž proto, že si je nedokážeme představit vzdálenější než sto nebo dvě stě stop, a odtud plyne, že se nám jejich průměr nemůže jevit větší než jednu nebo dvě stopy. V tom přispívá poloha k našemu klamu, neboť obvykle se tyto hvězdy jeví menší, jsou-li vysoko na jihu, než když vycházejí, nebo zapadají a kdy se mezi nimi a našima očima nachází rozličné předměty, které nám dovolují lépe poznat jejich vzdálenost. A astronomové to dostatečně vyzkoušeli měřením svými přístroji: to, že se jeví být jednou větší než jindy, není způsobeno tím, že bychom je viděli pod větším úhlem, nýbrž tím, že je pokládáme za vzdálenější. Odtud plyne, že axiom staré optiky říkající, že zdánlivá velikost předmětů je úměrná velikosti úhlu pohledu, není vždy pravdivý. Mýlíme se i v tom, že bílá nebo svítící tělesa a obecně všechna ta, která mají větší sílu pohnout smysly vidění, se vždy zdají být o něco blíže a větší, než kdyby té síly měla méně. Důvodem toho, že se zdají být blíže, je, že pohyb, jímž se zřetelnice zužuje, aby se vyhnula síle jejich světla, je natolik spjat s pohybem, který uzpůsobuje celé oko k tomu, aby vidělo zřetelněji blízké předměty, a jímž se posuzuje jejich vzdálenost, že se jeden pohyb nemůže uskutečnit, aniž

se face aussy vn peu de l'autre : en mesme façon qu'on ne peut fermer entierement les deus premieres doigts de la main, sans que le troisieme se courbe aussy quelque peu, comme pour se fermer avec eus. Et la raison pourquoy ces cors blancs ou lumineus paroissent plus grands, ne consiste pas seulement en ce que l'estime qu'on fait de leur grandeur depend de celle $\|_{146}$ de leur distance, mais aussy en ce que leurs images s'impriment plus grandes dans le fonds de l'œil. Car il faut remarquer que les bouts des filets du nerf optique qui le couurent, encores que très petits, ont neantmoins quelque grosseur ; en sorte que chacun d'eus peut estre touché en l'vne de ses parties par vn obiet, & en d'autres par d'autres ; & que n'estant toutesfois capable d'estre meu que d'vne seule façon a chasque fois, lors que la moindre de ses parties est touchée par quelqu'obiet fort esclatant, & les autres par d'autres qui le sont moins, il suit tout entier le mouuement de celuy qui est le plus esclatant, & en represente l'image, sans représenter celle des autres. Comme, si les bouts de ces petits filets sont 1. 2. 3. & que les rayons qui viennent, par exemple, tracer



l'image d'vne estoile sur le fonds de l'œil, s'y estendent sur celuy qui est marqué 1, & tant soit peu au delà tout autour sur les extremités des six autres marqués 2, sur lesquels ie suppose qu'il ne vient point d'autres rayons, que fort

foibles, des parties du ciel voisines a cete estoile, son image s'estendra en tout l'espace qu'occupent ces six marqués 2, & mesme peutestre encores en tout celuy qu'occupent les douze marqués 3, si la force du mouuement est si grande qu'elle se communique aussy a eus. Et ainsi vous voyés que les Estoiles, quoy qu'elles paroissent assés petites, paroissent neantmoins beaucoup plus grandes qu'elles ne deuroient a raison de leur extreme distance. Et qu'encores qu'elles ne seroient pas entierement rondes, elles ne

by se uskutečnil trochu i druhý, stejně jako nelze zcela sevřít ukazováček a prostředník, aniž by se také trochu ohnul prsteníček, jako by se měl sevřít spolu s nimi. A důvod, proč tato bílá nebo svítící tělesa se zdají být větší, nespočívá pouze v tom, že odhad o jejich velikosti závisí na odhadu jejich vzdálenosti, nýbrž i v tom, že se jejich obrazy otiskují na pozadí oka větší. Je třeba poznamenat, že konce vláken optického nervu, která pokrývají pozadí oka, ačkoli jsou velmi malá, nicméně nějakou velikost mají; takže každé z nich může být podrážděno v jedné části jedním předmětem a v druhých druhými; a že tím, že mohou být vždy podrážděny jen jedním jediným způsobem, je-li nějaká malinká část podrážděna nějakým silně zářícím předmětem a části jiné předměty méně zářícími, vede to k tomu, že dráždění toho, které více září, vytvoří obraz, aniž by se vytvořily obrazy předmětů jiných. Jsou-li například konce těchto malých vláken 1, 2, 3 a přicházející paprsky kreslí na pozadí oka obraz třeba nějaké hvězdy, dopadají na ten, který je označen 1, a na několik málo konečků kolem něj, například na těch šest, které jsou označeny 2 a o nichž předpokládám, že na ně dopadají pouze velmi slabé paprsky z oblastí nebe blízkých této hvězdě, roztáhne se obraz této hvězdy na celý prostor zaujímaný těmito šesti označenými 2, a možná i na ten, který zaujímá dvanáct konečků označených 3, je-li síla dráždění tak velká, že se předá i jim. A tak vidíte, že hvězdy, jakkoli se zdají být velmi malé, zdají se přesto být mnohem větší, než by měly být z důvodů jejich obrovské vzdálenosti. A ačkoli nejsou zcela kruhové, zdají

lairoient pas de paroistre telles. Comme ||₁₄₇ aussy vne tour quarrée estant veüe de loin paroist ronde, & tous les cors qui ne tracent que de fort petites images dans l'œil, n'y peuuent tracer les figures de leurs angles. Enfin, pour ce qui est de iuger de la distance par la grandeur, ou la figure, ou la couleur, ou la lumiere, les tableaux de Perspective nous monstrent assés combien il est facile de s'y tromper. Car souuent, parce que les choses, qui y sont peintes, sont plus petites que nous ne nous imaginons qu'elles doivent estre, & que leurs lineamens sont plus confus, & leur couleurs plus brunes ou plus foibles, elles nous paroissent plus esloignées qu'elles ne sont.

se takovými být. Tak jako čtvercová věž se zdá být zdálky kulatá a všechna tělesa, která kreslí v oku jen velmi malé obrázky, nemohou vykreslit všechny tvary jejich rohů a koutů. A konečně, co se týče usuzování na vzdálenost z velikosti, nebo z tvaru, nebo z barvy, nebo ze světla, perspektivní obrazy nám ukazují dostatečně, jak snadné je se zmýlit. Protože ty věci, které jsou na nich namalované, jsou menší, než by podle našich představ měly být, a jejich obrysy jsou mlhavější a jejich barvy tmavší nebo slabší, zdají se nám často být vzdálenější, než jsou.

Discours septiesme

Des moyens de perfectionner
la vision

Rozprava sedmá

O prostředcích ke zdokonalení
zraku

Des moyens de perfectionner la vision
Discours Septiesme

||¹⁴⁷ Maintenant que nous auons assés examiné comment se fait la vision, receuillons en peu de mots & nous remettons deuant les yeux toutes les conditions qui sont requises a sa perfection, afin que, considerant en quelle sorte il a desia esté pouruû a chacune par la Nature, nous puissions faire vn denombrement exact de tout ce qui reste encore à l'art a y adiouster. On peut reduire toutes les choses ausquelles il faut auoir icy esgard, a trois principales, ||¹⁴⁸ qui sont : les obiets, les organes interieurs qui reçoient les actions de ces obiets, & les exterieurs qui disposent ces actions a estre receues comme elles doiuent. Et touchant les obiets, il suffit de sçauoir que les vns sont proches ou accessibles, & les autres esloignés & inaccessibles ; &, avec cela, les vns plus, les autres moins illuminés ; afin que nous soyons auertis que, pour ce qui est des accessibles, nous les pouuons approcher ou esloigner, & augmenter ou diminuer la lumiere qui les eclaire, selon qu'il nous sera le plus commode ; mais que, pour ce qui concerne les autres, nous n'y pouuons changer aucune chose. Puis, touchant les organes interieurs, qui sont les nerfs & le cerueau, il est certain aussy que nous ne sçaurions rien adiouter par art a leur fabrique ; car nous ne sçaurions nous faire vn nouveau cors & si les medecins y peuuent ayder en quelque chose, cela n'appartient point a nostre suiet. Si bien qu'il ne nous reste a considerer que les organes exterieurs, entre lesquels ie comprends toutes les parties transparentes de l'œil, aussy bien que tous les autres cors qu'on peut mettre entre luy & l'obiet. Et ie trouue que toutes les choses ausquelles il est besoin de pouuoir avec ces organes exterieurs, peuuent estre reduites a quatre points. Dont le premier est que tous les rayons qui se vont rendre vers chacune des extremités du

O prostředcích ke zdokonalení zraku
Rozprava sedmá

Nyní, když už jsme dostatečně prozkoumali, jak vidění probíhá, shrneme to do několika slov a znovu si předvedeme všechny ty podmínky, které jsou nutné k jeho zdokonalení, abychom po zvážení toho, co bylo každému z nás dáno přírodou, mohli přesně vyčíslit vše, co by bylo možno ještě uměle přidat. Všechny věci, na něž je třeba zde brát ohled, lze zredukovat na tři základní, jimiž jsou: předměty, vnitřní orgány, které přijímají akce těchto předmětů, a vnější orgány, které rozmísťují tyto akce tak, aby byly přijímány tak, jak mají. Co se předmětů týče, stačí vědět, že jedny jsou blízké čili dostupné a druhé vzdálené a nedostupné; a spolu s tím, že některé jsou méně osvětlené, abychom si uvědomili, že k dostupným předmětům se můžeme přiblížit, nebo se od nich vzdálit, a zvýšit, či snížit jejich osvětlení, podle toho, co je pro nás výhodné; avšak co se jiných předmětů týče, nemůžeme u nich z toho nic změnit. Dále, co se týče vnitřních orgánů, což jsou nervy a mozek, je jisté, že k jejich ustrojení rovněž nemůžeme nic uměle přidat, neboť si nedokážeme udělat nové tělo, a jestliže lékaři mohou v něčem pomoci, nenáleží to k našemu tématu. Takže nám zbývají jen vnější orgány, mezi něž počítám všechny průhledné části oka, jakož i všechna ostatní tělesa, která lze mezi ně a předmět vložit. A shledávám, že všechny tyto věci, o něž je nutno se postarat těmito vnějšími orgány, lze převést na čtyři body. Prvním je, aby všechny ty paprsky, které dopadají na každý

nerf opique, ne viennent, autant qu'il est possible, que d'une mesme partie de l'objet, & qu'ils ne reçoivent aucun changement en l'espace qui est entre deus : car, sans cela, les images qui'ils forment ne sçauroient estre ny bien semblables a leur original, ||₁₄₉ ny bien distinctes. Le second, que ces images soient fort grandes ; non pas en estendue de lieu, car elles ne sçauroient occuper que le peu d'espace qui se trouue au fonds de l'œil ; mais en l'estendue de leurs lineamens ou de leurs traits, car il est certain qu'ils seront d'autant plus aysés a discerner qu'ils seront plus grands. Le troisieme, que les rayons qui les forment soient assez forts pour mouvoir les petits filets du nerf optique, & par ce moyen estre sentis ; mais qu'ils ne le soient pas tant qu'ils blessent la veuë. Et le quatrieme, qu'il y ait le plus d'objets qu'il sera possible, dont les images se forment dans l'œil en mesme temps, afin qu'on en puisse voir le plus qu'il sera possible tout d'une veuë.

Or la Nature a employé plusieurs moyens a pouruoir a la premiere de ces choses. Car, premierement, remplissant l'œil de liqueurs fort transparentes & qui ne sont teintes d'aucune couleur, elle a fait que les actions qui viennent de dehors, peuuent passer iusques au fonds sans se changer. Et par les refractions que causent les superficies de ces liqueurs, elle a fait qu'entre les rayons, suiuant lesquels ces actions se conduisent, ceux qui viennent d'un mesme point, se rassemblent en un mesme point contre le nerf ; & en suite, que ceux qui viennent des autres points, s'y rassemblent aussy en autant d'autres diuers points, le plus exactement qu'il est possible. Car nous devons supposer que la Nature a fait en cecy tout ce qui est possible, d'autant que l'experience ne nous y fait rien apercevoir au contraire. Et mesme nous voyons que, pour rendre d'autant moindre le defect qui ne peut, ||₁₅₀ en cecy, estre totalement euité, elle a fait qu'on puisse restrecir la prunelle quasi autant que la force de la lumiere le permet. Puis,

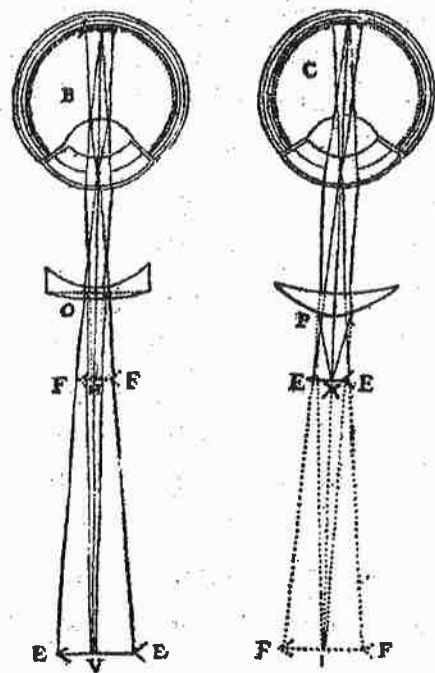
koneček optického nervu, přicházely pokud možno z jedné a téže části předmětu, a aby nepodstupovaly žádnou změnu v prostoru, který je mezi oběma: neboť bez toho by nedokázaly být vytvářející se obrazy ani podobné svému originálu, ani být dosti zřetelné. Druhý bod se týká toho, aby tyto obrazy byly dost velké; ne ve smyslu zaujímaného prostoru, neboť dokáží zaujmout jen málo prostoru, který se nachází na pozadí oka, nýbrž ve smyslu jejich obrysů nebo jejich rysů, neboť je jisté, že čím větší jsou, tím snadněji je lze rozlišit. Třetí bod pak je, aby ty paprsky, které obrazy vytvářejí, byly dost silné k podráždění vláček optického nervu, a tím byly pocíťovány; ne však tolik, aby poranily zrak. A čtvrtý bod požaduje, aby existovalo co možná nejvíc předmětů, jejichž obrazy se současně vytvářejí v oku, aby jich bylo možno jedním pohledem co nejvíce vidět.

Pro první z těchto věcí využila Příroda mnohé prostředky. Oko naplnila velmi průhlednými tekutinami bez jakéhokoli barevného odstínu, a tím dosáhla toho, že akce, přicházející zvnějšku, mohou projít až dozadu oka beze změny. A pomocí lomů, které způsobují povrchy těchto tekutin, dosáhla toho, že mezi paprsky, podél nichž se akce vedou, ty, které vycházejí z jednoho a téhož bodu, se soustřeďují v jednom a témž bodě proti nervu, a dále ty, které přicházejí od jiných bodů, se soustřeďují rovněž do stejného počtu různých bodů způsobem tak přesným, jak jen možno. Musíme totiž předpokládat, že příroda v tom udělala vše, co je možné, tím spíše, že nám zkušenost nic opačného neukazuje. Vidíme dokonce, že pro zmenšení vady, které se nelze zcela vyhnout, dovolila zužovat zřetelnice téměř natolik, kolik jim to světlo dovolí. Dále, černou

par la couleur noire dont elle a teint toutes les parties de l'œil, opposées au nerf, qui ne sont point transparentes, elle a empêché qu'il n'allast aucuns autres rayons vers ces mesmes points. Et enfin, par le changement de la figure du cors de l'œil, elle a fait qu'encore que les obiets en puissent estre plus ou moins esloignés vne fois que l'autre, les rayons qui viennent de chacun de leurs points, ne laissent pas de s'assembler, tousiours aussy exactement qu'il se peut, en autant d'autres points au fonds de l'œil. Toutefois, elle n'a pas si entierement pouruû a cete dernière partie, qu'il ne se trouue encore quelque chose a y adiouter : car, outre que, communement a tous, elle ne nous a pas donné le moyen de courber tant les superficies de nos yeux, que nous puissions voir distinctement les obiets qui en sont fort proches, comme a vn doigt ou vn demi doigt de distance, elle y a encore manqué dauantage en quelques vns, a qui elle a fait les yeux de telle figure, qu'ils ne leur peuuent seruir qu'a regarder les choses esloignées, ce qui arriue principalement aus vieillars ; & aussy en quelques autres, a qui, au contraire, elle les a fait tels, qu'ils ne leur seruent qu'a regarder les choses proches, ce qui est plus ordinaire aus ieunes gens. En sorte qu'il semble que les yeux se forment au commencement, vn peu plus longs & plus estrois qu'ils ne doiuent estre, & que, par après, pendant qu'on vieillist, ils deuient plus plats & plus larges. Or, afin que nous puissions remedier par art a ces defauts, ||¹⁵¹ il sera premierement besoin que nous cherchions les figures que les superficies d'vne piece de verre ou de quelqu'autre cors transparent doiuent auoir, pour courber les rayons, qui tombent sur elles, en telle sorte que tous ceux qui viennent d'vn certain point de l'obiet, se disposent, en les trauer-sant, tout de mesme que s'ils estoient venus d'vn autre point, qui fust plus proche ou plus esloigné : a sçauoir, qui fust plus proche, pour seruir a ceux qui ont la veuë

barvou, kterou opatřila všechny neprůhledné části oka, jež se nacházejí proti nervu, zabránila tomu, aby do oka nepronikly k týmž bodům žádné jiné paprsky. A konečně měněním tvaru tělesa oka dosáhla toho, že ač mohou být předměty tu více, tu méně vzdálené, nepřestávají se paprsky přicházející z každého z jejich bodů soustřeďovat do stejného počtu jiných bodů na pozadí oka vždy tak přesně, jak je to jen možné. Nicméně v tomto posledním bodě neuspěla natolik, aby se nemohlo najít něco, co by se nemohlo přidat. Příroda nikomu z nás nedala prostředek k takovému zakřivení povrchů našich očí, abychom mohli zřetelně vidět předměty, které jsou velmi blízko, například ve vzdálenosti jednoho palce nebo půl palce, a některým z nás dokonce udělala oči takového tvaru, že mohou sloužit jen k pozorování předmětů vzdálených, což se stává především starým lidem. A některým jiným je zase naopak udělala tak, že jim neslouží než k prohlížení předmětů blízkých, jak tomu zpravidla bývá u mladých lidí. Takže se zdá, že se oči na začátku utvářejí delší a užší, než mají být, a že stárnutím se stávají ploššími a širšími. Abychom mohli napravit uměle tyto vady, bude nejprve třeba, abychom vyhledali ty tvary, které musí mít povrchy kusu skla nebo nějakého jiného průhledného tělesa, aby ohýbaly paprsky, které na ně dopadají, tak, že všechny ty, které přicházejí z určitého bodu předmětu, se průchodem těmito povrchy rozmístí tak, jak kdyby přicházely z nějakého jiného bodu, který je blíže, nebo dále. Přiblížené body poslouží krátkozrakým a body oddálené

courte ; & qui fust plus esloigné, tant pour les vieillars que generalement pour tous ceux qui veulent voir des obiets plus proches que la figure de leurs yeux ne le permet. Car, par exemple, l'œil B, ou C, estant disposé a faire que tous



les rayons qui viennent du point H, ou I, s'assemblent au milieu de son fonds ; & ne le pouuant estre a faire aussy que ceux du point V, ou X, s'y assemblent ; il est evident que, si on met au deuant de luy le verre O, ou P, qui face que tous les rayons du point V, ou X, entrent dedans, tout de mesme que s'ils venoyent du point H, ou I, ou

suppleera par ce moyen a son defect. Puis, a cause qu'il peut y auoir des verres de plusieurs diuerses figures, qui ayent en cela exactement le mesme effect, il sera besoin, pour choisir les plus
||₁₅₂ propres a nostre dessein, que nous prenions encore garde principalement a deux conditions. Dont la premiere est que ces figures soyent les plus simples & les plus aysées a descrire & a tailler qu'il sera possible. Et la seconde, que par leur moyen les rayons qui viennent des autres points de l'obiet, comme E, E, entrent dans l'œil a peu près de mesme que s'ils venoient d'autant d'autres points, comme F, F. Et notés que ie dis seulement icy a peu près, non autant qu'il est possible ; car, outre qu'il seroit peuestre assés

jak lidem starým, tak obecně všem těm, kteří chtějí vidět předměty bližší, než jim tvar jejich očí dovoluje. Například oko B, nebo C je uzpůsobené k tomu, aby všechny paprsky, které přicházejí z bodu H nebo I, soustřeďovalo doprostřed svého pozadí; nedokáže však dosáhnout toho, aby se tam soustředily i paprsky přicházející z bodu V, nebo X. Je zřejmé, že dáme-li před něj sklo O, nebo P, které způsobuje, že všechny paprsky z bodu V, nebo X vstoupí do oka tak, jako kdyby přicházely z bodu H nebo I, napravíme tím tuto vadu. Dále vzhledem k tomu, že mohou existovat skla mnoha různých tvarů, mající v tomto ohledu přesně stejný účinek, bude třeba k výběru skel nejvhodnějších dodržet v zásadě dvě podmínky. První je, aby tyto tvary byly jak jen možno nejjednodušší a nejsnadnější na vybrušování. A druhá podmínka požaduje, aby paprsky přicházející z jiných bodů předmětu, například E, E, vstupovaly do oka jejich prostřednictvím přibližně tak, jako kdyby přicházely ze stejného počtu jiných bodů, například F, F. A všimněte si, že zde říkám „přibližně“ a nikoli „tak, jak je jen možno“, neboť kromě toho, že by se

mal-aysé a determiner par Geometrie, entre vne infinité de figures qui peuvent servir a ce mesme effect, celles qui y sont exactement les plus propres, il seroit entierement inutile, a cause que, l'œil mesme ne faisant pas que tous les rayons qui viennent de diuers points, s'assemblent iustement en autant d'autres diuers points, elles ne seroyent pas sans doute pour cela les plus propres a rendre la vision bien distincte, & il est impossible en cecy de choisir autrement qu'a peu près, a cause que la figure precise de l'œil ne nous peut estre connue. De plus, nous aurons tousiours a prendre garde, lors que nous appliquerons ainsi quelque cors au deuant de nos yeux, que nous imitions autant qu'il sera possible la Nature, en toutes les choses que nous voyons qu'elle a obserué en les construisant ; & que nous ne perdion aucun des auantages qu'elle nous a donnés, si ce n'est pour en gagner quelque autre plus important.

Pour la gradeur des images, il est a remarquer qu'elle depend seulement de trois choses, a sçauoir, de la distance qui est entre l'obiet & le lieu où se ^{||}₁₅₃ croisent les rayons qu'il enuoye de diuers de ses poins vers le fonds de l'œil ; puis, de celle qui est entre ce mesme lieu & le fonds de l'œil ; & enfin, de la refraction de ces rayons. Comme il est euident que l'image RST seroit plus grande qu'elle n'est, si l'obiet VXY estoit plus proche du lieu K, où se croysent les rayons VKR & YKT, ou plustost de la superficie BCD, qui est proprement le lieu où ils commencent a se croiser, ainsi que vous verrés cy après ; ou bien si on pouuoit faire que le cors de l'œil fust plus long, en sorte qu'il y eust plus de distance qu'il n'y a, depuis sa superficie BCD, qui fait que ces rayons s'entrecroysent, iusques au fonds RST ; ou enfin, si la refraction ne les courboit pas tant en dedans vers le milieu S, mais plustost, s'il estoit possible, en dehors. Et quoy qu'on imagine outre ces trois choses, il n'y a rien qui puisse rendre cete image plus grande. Mesme la derniere n'est quasi point du tout considerable, a cause

obtížně stanovovalo geometrií, které z nekonečně mnoha tvarů sloužících témuž účelu jsou přesně ty nejvhodnější, by to bylo i zcela zbytečné, neboť oko samo nesoustřeďuje všechny paprsky, které přicházejí z různých bodů do přesně stejného počtu různých bodů, takže by tyto tvary nepochybně nebyly nejvhodnější k tomu, aby činily vidění zřetelnějším. A tyto tvary nelze vybírat než přibližně už proto, že přesný tvar oka nám nemůže být znám. Navíc si musíme vždy dávat pozor, vkládáme-li nějaké těleso před naše oči, abychom jak jen možno napodobovali přírodu ve všech věcech, o nichž víme, že k nim při jejich konstrukci přihlížela, a abychom neztratili žádnou z výhod, kterou nám dala, pokud by se tím neměly získat nějaké jiné důležitější výhody.

Co se velikosti obrazů týče, je třeba poznamenat, že tato velikost závisí pouze na třech věcech. Totiž na vzdálenosti mezi předmětem a místem, kde se kříží paprsky, které toto těleso vysílá z různých svých bodů směrem k pozadí oka, dále na vzdálenosti mezi tímž místem a pozadím oka, a konečně na lomu těchto paprsků.² Je zřejmé, že obraz RST bude větší, bude-li předmět VXY blíže místu K, kde se kříží paprsky VKR a YKT, nebo spíše povrchu BCD, která je vlastním místem, kde se začínají křížit, jak uvidíte v dalším. Větší by byl dále také tehdy, kdyby bylo možno dosáhnout toho, aby těleso oka bylo tak dlouhé, aby se zvětšila vzdálenost mezi povrchem BCD, způsobujícím křížení paprsků, a pozadím RST; a konečně kdyby se paprsky nezakřivovaly lomem ani tak dozadu směrem ke středu S, jako spíše, kdyby to bylo možné, směrem vně. Ať napínáme naši představivost sebevíc, kromě těchto tří věcí není už nic, co by mohlo tento obraz zvětšit. Poslední věc nestojí téměř za úvahu, neboť tímto způsobem lze

²K dalšímu viz obrázek na str. 110.

qu'on ne peut iamais augmenter l'image par son moyen que de fort peu, & ce avec tant de difficulté, qu'on le peut tousiours plus aysement par l'vne des autres, ainsi que vous scaurés tout maintenant. Aussy voyons nous que la Nature l'a negligée ; car faisant que les rayons, comme VKR & YKT, se courbent en dedans vers S sur les superficies BCD & 123, elle a rendu l'image RST vn peu plus petite que si elle auoit fait qu'ils se courbassent en dehors, comme ils font vers 5 sur la superficie 456, ou qu'elle eust laissé estre tous droits. On n'a point besoin aussy de considerer la premiere de ces trois choses, ||₁₅₄ lors que les obiets ne sont point du tout accessibles : mais, lors qu'ils le sont, il est euident que, d'autant que nous les regardons de plus prés, d'autant leurs images se forment plus grandes au fonds de nos yeux. Si bien que, la Nature ne nous ayant pas donné le moyen de les regarder de plus prés qu'environ a vn pied ou demi pied de distance, afin d'y adiouster par art tout ce qui se peut, il est seulement besoin d'interposer vn verre, tel que celui qui est marqué P, dont il a esté parlé tout maintenant, qui face que tous les rayons, qui viennent d'vn point le plus proche qu'il se pourra, entrent dans l'œil comme s'ils venoient d'vn autre point plus esloigné. Or tout le plus qu'on puisse faire par ce moyen, c'est qu'il n'y aura que la douze ou quinziesme partie d'autant d'espace entre l'œil & l'obiet, qu'il y en deuroit auoir sans cela ; & ainsi, que les rayons qui viendront de diuers poins de cet obiet, se croisans douze ou quinze fois plus prés de luy, ou mesme quelque peu d'antage, a cause que ce ne sera plus sur la superficie de l'œil qu'ils commenceront a se croiser, mais plustost sur celle du verre, dont l'obiet sera vn peu plus proche, ils formeront vne image, dont le diametre sera douze ou quinze fois plus grand qu'il ne pourroit estre, si on ne se seruoit point de ce verre ; & par consequant sa superficie sera environ deus cens fois plus grande, ce qui sera que l'obiet

obraz zvětšit jen velmi málo a s takovými potížemi, že toho lze vždy dosáhnout snáze jednou ze dvou věcí ostatních, což se hned dozvíte. Vidíme také, že i příroda tento třetí způsob odvrhla; dosáhneme-li totiž toho, aby se paprsky, například VKR a YKT, zakřivovaly uvnitř směrem k S na površích BCD a 123, vytvoří se obraz RST o něco menší, než kdybychom dosáhli toho, aby se zakřivovaly vně, jako například v bodě 5 na povrchu 456, nebo je nechali projít přímo bez lomu. Pokud jsou předměty zcela nedostupné, první z těchto věcí není zde třeba zkoumat. Jestliže však dostupné jsou, je zřejmé, že z čím větší blízkosti je prohlížíme, tím větší vytvářejí obrazy na pozadí našich očí. Příroda nám nedala možnost prohlížet předměty blíže než stopu nebo půl stopy vzdálené, a tak k tomu, abychom tam dodali uměle vše, co lze, stačí pouze vložit sklo takové jako to, které je označeno P, o němž se právě hovořilo, které způsobí, že všechny paprsky přicházející z nejbližšího možného bodu vstupují do oka jako kdyby přicházely z nějakého jiného, vzdálenějšího bodu. Tímto způsobem se dá dosáhnout nejvýše toho, že mezi okem a předmětem bude jen dvanáctina nebo patnáctina prostoru, který by tam byl bez toho. Takže paprsky přicházející z různých bodů tohoto předmětu se kříží dvanáctkrát či patnáctkrát blíže předmětu, nebo dokonce ještě vícekrát, neboť to už nebude povrch oka, kde se začínají křížit, nýbrž spíše ten povrch skla, kterému je předmět blíže. Vytvoří obraz, jehož průměr bude dvanáctkrát nebo patnáctkrát větší, než by byl, kdybychom toto sklo nepoužili. V důsledku toho bude jeho povrch přibližně dvěstěkrát větší, což způsobí, že se předmět bude jevit

paroistra environ deux cent fois plus distinctement ; au moyen de quoy il paroistra aussy beaucoup plus grand, non pas deus cent fois iustement, mais plus ou moins, a proportion de $||_{155}$ ce qu'on le iugera estre esloigné. Car, par exemple, si, en regardant l'obiet X au trauers du verre P, on dispose son œil C en mesme sorte qu'il deuroit estre pour voir vn autre obiet, qui seroit a 20 ou 30 pas loin de luy, & que, n'ayant d'ailleurs aucune cognoissance du lieu où est cet obiet X, on le iuge estre veritablement a trente pas, il semblera plus d'vn milion de fois plus grad qu'il n'est. En sorte qu'il pourra deuenir d'vne puce vn elephant ; car il est certain que l'image que forme vne puce au fonds de l'œil, lors qu'elle en est si proche, n'est pas moins grande que celle qu'y forme vn elephant, lors qu'il en est a trente pas. Et c'est cecy seul qu'est fondée toute l'inuention de ces petites lunettes a puces composées d'vn seul verre, dont l'vsage est par tout assés commun, bien qu'on n'ait pas encores connu la vraye figure qu'elles doiuent auoir ; & pource qu'on sçait ordinairement que l'obiet est fort proche, lors qu'on les employe a le regarder, il ne peut paroistre si grand qu'il seroit, si on l'imaginoit plus esloigné.

Il ne reste plus qu'vn autre moyen pout augmenter la grandeur des images, qui est de faire que les rayons qui viennent de diuers points de l'obiet, se croisent le plus loin qu'il se pourra du fonds de l'œil ; mais il est bien, sans comparaison, le plus important & le plus considerable de tous. Car c'est l'vnique qui puisse seruir pour les obiets inaccessibles, aussy bien que pour les accessibles, & dont l'effet n'a point de bornes : en sorte qu'on peut, en s'en seruant, augmenter les images de plus en plus iusques a vne grandeur indefinie. Comme, par exemple, d'autant que la premiere $||_{156}$ des trois liqueurs dont l'œil est rempli, cause a peu près mesme refraction que l'eau commune, si on applique tout contre vn tuyau plein d'eau, comme EF, au

zhruba dvěstěkrát zřetelněji. Díky tomu se bude také jevit mnohem větší, nikoli přesně dvěstěkrát, nýbrž více, či méně úměrně našemu odhadu jeho vzdálenosti. Jestliže například při pozorování předmětu X přes sklo P nastavíme oko C tak, jak by mělo být pro vidění jiného předmětu, který je 20 či 30 kroků od něj vzdálen, a nemáme-li žádnou jinou znalost místa, kde se tento předmět X nachází, soudíme, že opravdu je vzdálen 30 kroků, pak se zdá být milionkrát větší, než je. Tak se blecha může stát slonem, neboť je jisté, že obraz, který vytváří blecha na pozadí oka, je-li blízko, není menší než obraz, který vytváří slon, je-li vzdálen třicet kroků. A pouze na tom jsou založeny všechny vynálezy lup, složených z jediného skla, jejichž používání je zcela běžné, i když ještě není znám pravý tvar, který mají mít. A protože zpravidla víme, že předmět je velmi blízko, když tyto lupy používáme k jeho prohlížení, nemůže se tento předmět zdát být tak veliký, jak by se zdál tomu, kdo by si ho představoval vzdálený.

Zbývá už jen jeden prostředek pro zvětšení obrazů, který spočívá v tom, že se paprsky přicházející z různých bodů předmětu nechají křížit co nejdále od pozadí oka. Je to však nesrovnatelně nejdůležitější prostředek a nejvíce hodný pozornosti. Je totiž jediný, který může sloužit pro nedostupné předměty stejně dobře jako pro dostupné, a jeho účinek nemá mezí: takže jeho použitím lze zvětšovat obrazy stále více až do nekonečna. Protože například první ze tří tekutin, které zaplňují oko, způsobuje přibližně tytéž lomy jako obyčejná voda, přiložíme-li k oku trubici naplněnou vodou, jako je EF, na jejímž dně je sklo

bout duquel il y ait vn verre GHI, dont la figure soit toute semblable a celle de la peau BCD qui couure cete liqueur,



& ait mesme rapport a la distance du fonds de l'œil, il ne se fera plus aucune refraction a l'entrée de cet œil ; mais celle qui s'y faisoit auparavant, (& qui estoit cause que tous les rayons qui venoient d'vn mesme point de l'obiet commençoient a se courber dès cet endroit là, pour s'aller assembler en vn mesme point sur les extremités du nerf optique, & qu'ensuite tous ceux qui venoyent de diuers points s'y croisoient, pour s'aller rendre sur diuers points de ce nerf), se sera dès l'entrée du tuyau GI : si bien que ces rayons, se croisans dès là, formeront l'image RST beaucoup plus grande que s'ils ne se croisoient que sur la superficie BCD ; & ils la formeront de plus en plus grande selon que se tuyau sera plus long. Et ainsi l'eau EF faisant l'office de l'humeur K ; le verre GHI, celuy de la peau BCD ; & l'entrée du tuyau GI, celuy de la prunelle ; la vision se fera en mesme façon que si la Nature auoit fait l'œil $||_{157}$ plus long

qu'il n'est, de toute la longueur de ce tuyau. Sans qu'il y ait autre chose a remarquer, sinon que la vraye prunelle sera, pour lors, non seulement inutile, mais mesme nuisible, en ce qu'elle exclura, par sa petitesse, les rayons qui pourroient aller vers les costés du fonds de l'œil, & ainsi empeschera que les images ne s'y estendent en autant

GHI, jehož tvar je zcela podobný obalu BCD, který pokrývá tuto tekutinu a které má též poměr ke vzdálenosti od pozadí oka, nedojde při vstupu do oka k žádnému lomu. Avšak ten lom, k němuž tam dříve docházelo (a který byl příčinou toho, že všechny paprsky přicházející z téhož bodu předmětu se začínaly zakřivovat od tohoto místa, aby se pak soustředily do jednoho a téhož bodu na konečcích optického nervu, a všechny ty, které přicházely od různých bodů, se tam křížily, aby se pak rozešly k různým bodům tohoto nervu), se nyní děje na vstupu do trubice GI: takže paprsky, které se zde kříží, vytvářejí obraz RST mnohem větší, než by byl, kdyby se byly křížily na povrchu BCD; a vytvářejí jej tím větší, čím delší je tato trubice. A tak jako voda EF nahrazuje šňávu K, nahrazuje sklo GHI obal BCD a vstup do trubice GI nahrazuje vstup do zřítelnice. Vidění se děje stejným způsobem, jako kdyby příroda byla udělala oko delší, než je, totiž v délce této trubice. Nic už není třeba dodávat, snad jen to, že skutečná zřítelnice bude tudíž nejen neúčinná, nýbrž dokonce škodlivá v tom, že svou malostí vylučuje ty paprsky, které by mohly jít ke stranám pozadí oka, a tak brání tomu, aby obrazy zaujímalý tolik prostoru,

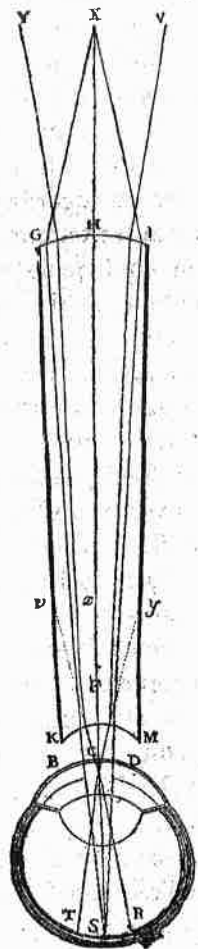
d'espace qu'elles seroient, si elle n'estoit point si estroite. Il ne faut pas aussy que ie m'oublie de vous auertir que les refractions particulieres, qui se font vn peu autrement dans le verre GHI que dans l'eau EF, ne sont point icy considerables, a cause que, ce verre estant par tout esgalement espais, si la premiere de ses superficies fait courber les rayons vn peu plus que ne feroit celle de l'eau, la seconde les redresse d'autant a mesme temps. Et c'est pour cete mesme raison que, cy dessus, ie n'ay point parlé des refractions que peuuent causer les peaus qui enuoloppent les humeurs de l'œil, mais seulement de celles de ses humeurs.

Or, d'autant qu'il y auroit beaucoup d'incommodité a ioindre de l'eau contre nostre œil, en la façon que ie vien d'expliquer ; & mesme que, ne pouuant sçauoir preciselyment quelle est la figure de la peau BCD qui la couure, on ne sçauroit determiner exactement celle du verre GHI, pour le substituer en sa place ; il sera mieux de se seruir d'une autre inuention, & de faire, par le moyen d'un ou de plusieurs verres ou autres cors transparens, enfermés aussy en vn tuyau, mais non pas ioints a l'œil si exactement qu'il ne demeure vn peu d'air entre deux, que, dès l'entrée de ce tuyau, les rayons qui viennent d'un mesme point de l'obiet se plient, ou se courbent, en la façon qui est requise pour faire qu'ils aillent se rassembler en vn autre point, vers l'endroit où se trouuera le milieu du fonds de l'œil, quand ce tuyau sera mis au deuant. Puis, de rechef, que ces mesme rayons, en sortant de ce tuyau, se plient & se redressent en telle sorte qu'ils puissent entrer dans l'œil tout de mesme que s'ils n'auoient point du tout esté pliés, mais seulement qu'ils vinssent de quelque lieu qui fust plus proche. Et ensuite, que ceux qui viendront de diuers points, s'estant croisés dès l'entrée de ce tuyau, ne se decroissent point a la sortie, mais qu'ils aillent vers l'œil en mesme façon que s'ils venoient d'un obiet qui fust

kolik by ho zaujímalý, kdyby nebyla tak úzká. Neměl bych také opomenout upozornit vás na to, že určité lomy, které se dějí poněkud jinak ve skle GHI než ve vodě EF, zde nejsou významné, protože toto sklo je všude stejně tlusté a jestliže první z jeho povrchů zakřivuje paprsky o něco více, než by je zakřivovala voda, druhý povrch je zakřivuje stejně, ale opačně. A právě z tohoto důvodu jsem zde nehovořil o lomech, které mohou způsobovat obaly, jež obklopují štávy oka, nýbrž jen o těch, které jsou způsobeny jeho štávy.

Bylo by ovšem velmi nepohodlné přikládat k našemu oku vodu způsobem, který jsem právě popsal. A protože nemůžeme znát přesně tvar obalu BCD, který pokrývá oko, nemůžeme ani přesně stanovit tvar skla GHI, abychom jej dosadili na jeho místo; lépe by bylo použít jiný vynález a pomocí jednoho nebo více skel nebo jiných průhledných těles, rovněž uzavřených v trubici, avšak nespojených s okem tak přesně, aby mezi nimi už nebyl žádný vzduch, dosáhnout toho, aby se na vstupu do této trubice ty paprsky, které vycházejí z jednoho a téhož bodu předmětu, ohýbaly nebo zakřivovaly způsobem, který je vyžadován k tomu, aby se pak soustředily do jiného bodu, do místa, které se nachází uprostřed pozadí oka, když se tato trubice před něj umístí. A pak znovu, aby se tytéž paprsky při výstupu z této trubice ohýbaly a narovnalý takovým způsobem, aby mohly vstoupit do oka stejně, jako kdyby se vůbec neohýbaly, nýbrž přicházely z nějakého místa, které je velmi blízko. A dále, aby ty, které přicházejí z různých bodů a křížící se na vstupu do trubice, se nerozdělovaly na výstupu, nýbrž aby pokračovaly do oka stejným způsobem, jako kdyby přicházely od nějakého předmětu, který je větší nebo bližší. Dejme tomu, že

plus grand, ou plus proche. Comme, si le tuyau HF est rempli d'un verre tout solide, dont la superficie GHI soit de telle figure, qu'elle face que tous les rayons qui viennent du point X, estant dans le verre, tendent vers S ; & que son autre superficie KM les plie de rechef en telle sorte, qu'ils tendent de là vers l'œil en mesme façon que s'ils venoient du point *x*, que ie suppose en tel lieu, que les lignes *xC* & *CS* ont entre elles mesme proportion que *XH* & *HS* ; ceux qui viendront du point V les croiseront necessairement en la superficie GHI, de façon que, se trouvant desia esloignés d'eus lors qu'ils seront a l'autre bout du tuyau, la superficie KM ne les en pourra pas rapprocher, principalement si elle est concaue, ainsi que ie la suppose ; mais elle les renuoyra vers l'œil, a peu près en mesme sorte que s'ils venoient du point *y*. Au moyen de quoy ils formeront l'image RST d'autant plus grande que le tuyau sera plus long, & il ne sera point besoin, pour determiner ^{||159} les figures des cors transparens dont on voudra se servir a cet effect, de sçauoir exactement quelle est celle de la superficie BCD.



Mais, pour ce qu'il y auroit de rechef de l'incommodité a trouuer des verres ou autres tels cors qui fussent assés espais pour remplir tout le tuyau HF, & assés clairs & transparens pour n'empescher point pour cela le passage de la lumiere, on pourra laisser vuide tout le dedans de ce tuyau, & mettre seulement deux verres a ses deux bouts, qui facent

že je trubice HF naplněna zcela pevným sklem, jehož povrch GHI má takový tvar, který způsobuje, že všechny paprsky přicházející z bodu X směřují v tomto skle k S a že jeho druhý povrch KM je ohýbá znovu tak, že odtud směřují do oka stejně, jako kdyby přicházely z bodu *x*, o němž předpokládám, že je v takovém místě, že se úsečky *xC* a *CS* mají k sobě stejně, jako se má *XH* k *HS*. Ty paprsky, které přicházejí z bodu V, se kříží nutně na povrchu GHI takovým způsobem, že když jsou na druhém konci trubice, jsou od sebe vzdáleny tak, že je povrch KM nemůže přiblížit, zvláště je-li konkávní, jak i předpokládám. Ale k oku je odešle téměř stejně, jako kdyby přicházely z bodu *y*. Tím vytvoří obraz RST tím větší, čím je trubice delší, a pro stanovení tvarů průhledných těles, která za tímto účelem chceme použít, vůbec není třeba vědět přesně, jaký je tvar povrchu BCD.

Protože však je opět nepohodlné nalézat skla nebo nějaká jiná tělesa, která by byla dost tlustá, aby zaplnila celou trubici HF, a která by byla dost jasná a průhledná, aby nebránila průchodu světla, je možno ponechat celý vnitřek této trubice prázdný a umístit pouze na její konce dvě skla, která by měla týž účinek, o němž jsem právě řekl,

le mesme effet que ie vien de dire que les deux superficies GHI & KLM deuoient faire. Et c'est sur cecy seul qu'est fondé toute l'inuention de ces lunettes composées de deux verres mis aus deux bouts d'un tuyau, qui m'ont donné occasion d'escire ce Traité.

Pour la troisieme condition qui est requise a la perfection de la veüe de la part des organes exterieurs, a scauoir, que les actions qui meuuent chasque filet du nerf optique ne soyent ny trop fortes ny trop foibles, la Nature y a fort bien pouruü, en nous donnant le pouuoir d'estrecir & d'eslargir les prunelles de nos yeux. Mais elle a ||160 encore laissé a l'art quelque chose a y adiouster. Car, premierement, lors que ces actions sont si fortes, qu'on ne peut assés estrecir les prunelles pour les souffrir, comme lors qu'on veut regarder le soleil, il est aysé d'y apporter remede en se mettant contre l'œil quelque cors noir, dans lequel il n'y ait qu'un trou fort estroit, qui face l'office de la prunelle ; ou bien en regardant au trauers d'un crespé, ou de quelqu'autre tel cors vn peu obscur, & qui ne laisse entrer en l'œil qu'autant de rayons de chasque partie de l'obiet, qu'il en est besoin pour mouoir le nerf optique sans le blesser. Et lors que, tout au contraire, ces actions sont trop foibles pour estre senties, nous pouons les rendre plus fortes, au moins quand les obiets sont accessibles, en les exposant aux rayons du soleil, tellement ramassés par l'ayde d'un miroir ou verre bruslant, qu'ils ayent le plus de force qu'ils puissent auoir pour les illuminer sans les corrompre.

Puis, outre cela, lors qu'on se sert des lunettes dont nous venons de parler, d'autant qu'elles rendent la prunelle inutile, & que c'est l'ouuerture par où elles reçoient la lumiere de dehors qui fait son office, c'est elle aussy qu'on doit eslargir ou estrecir, selon qu'on veut rendre la vision plus forte ou plus foible. Et il est a remarquer que, si on ne faisoit point cete ouuerture plus large qu'est la pru-

že by jej měly mít oba povrchy GHI a KLM. A pouze na tom je založen celý vynález trubic složených ze dvou skel umístěných na obou koncích trubice, který mne vedl k napsání tohoto pojednání.

Co se týče třetí podmínky požadované pro zdokonalení vidění vnějšími orgány, totiž aby akce, které dráždí každé vlákénko optického nervu, nebyly ani příliš silné, ani příliš slabé, postarala se o to příroda velmi dobře tím, že nás vybavila schopností zužovat a rozšiřovat zřítelnice našich očí. Ponechala však i něco k umělému vylepšení.

Předně, jsou-li akce tak silné, že nelze dostatečně zúžit zřítelnice, aby byly tyto akce snesitelné, například chceme-li pozorovat slunce, snadno se tomu odpomůže tak, že dáme před oko nějaké černé těleso, v němž je pouze velmi úzký otvor, který zaujme službu zřítelnice; nebo tím, že se díváme přes krep nebo nějaké jiné trochu temné těleso, které propustí do oka jen tolik paprsků od každé části předmětu, kolik je jich třeba k podráždění optického nervu bez jeho zranění. A jsou-li naopak tyto akce příliš slabé na to, aby byly pociťovány, můžeme je zesílit, aspoň pokud jsou tyto předměty dostupné, tím, že je vystavíme slunečním paprskům, které soustředíme pomocí zrcadla nebo zápalného skla, aby měly největší sílu, již mohou mít pro osvětlení těchto těles, aniž by je poškodily.

Dále, kromě toho, používání trubic, o nichž jsme právě mluvili, činí zřítelnici zbytečnou a nahrazují její funkci otvorem, jímž přijímají trubice světlo zvnějšku, který lze také rozšiřovat, nebo zužovat podle toho, zda chceme dosáhnout silnějšího, nebo slabšího vidění. Je třeba poznamenat, že když tento otvor neuděláme větší, než je otvor

nelle, les rayons agiroient moins fort contre chasque partie du fonds de l'œil, que si on ne se seruoit 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. ||161 Mais on peut la rendre beaucoup plus large, & ce d'autant plus, que le verre qui redresse les rayons, est situé plus proche du point vers lequel celuy qui les a pliés les faisoit tendre. Comme, si le verre $GgHi$ fait que tous les rayons

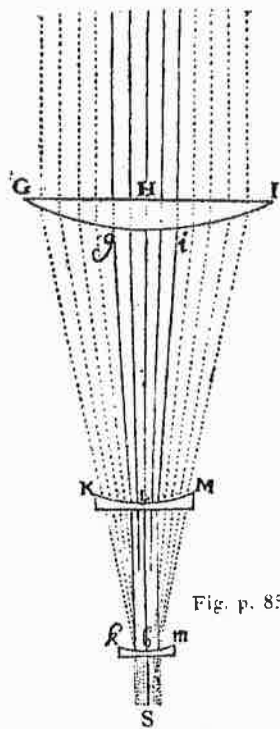


Fig. p. 85.

qui vienent du point qu'on veut regarder tendent vers S, & qu'ils soient redressés par le verre KLM, en sorte que de là ils tendent paralleles vers l'œil : pour trouuer la plus grande largeur que puisse auoir l'ouuerture du tuyau, il faut faire la distance qui est entre les points K & M, esgale au diametre de la prunelle ; puis, tirant du point S deus lignes droites qui passent par K & M, a sçauoir SK, qu'il faut prolonger iusques a g ; & SM, iusques a i ; on aura gi pour le diametre qu'on cherchoit. Car il est manifeste que, si on la faisoit plus grande, il n'entreroit point pour cela dans l'œil plus de rayons du point vers lequel on dresse

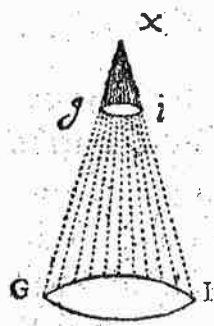
sa veüe, & que, pour ceux qui y viendroient de plus des autres lieux, ne pouuans ayder a la vision, ils ne feroient que la rendre plus confuse. Mais si, au lieu du verre KLM, on se sert de klm , qui, a cause de sa figure, doit estre mis plus proche du point S, on prendra de rechef la distance

zřítelnice, budou paprsky působit slaběji na každou část pozadí oka, než kdybychom tuto trubici nepoužili, a to v témž poměru, v němž jsou obrazy, které se tam vytvářejí, větší: nepočítajíc v to, že povrchy za sebou jdoucích skel zmenší jejich sílu. Je však možné tento otvor zvětšit mnohem více, a to tím více, čím blíže je sklo narovnávací paprsky bodu, k němuž směřují paprsky, které odklonilo druhé sklo. Například jestliže sklo $GgHi$ způsobuje, že všechny paprsky vycházející z bodu, který chceme pozorovat, směřují k S, a jestliže je sklo KLM narovnávací, takže od něj jdou už k oku rovnoběžně, pak pro nalezení největší šířky, kterou otvor trubice může mít, je třeba udělat vzdálenost mezi body K a M rovnou průměru zřítelnice, dále pak z bodu S vést dvě úsečky, které procházejí body K a M, totiž SK, kterou je třeba prodloužit až do g , a SM, kterou je třeba prodloužit až do i . Hledaným průměrem pak bude gi . Je totiž zjevné, že kdyby se průměr udělal větší, nevstupovalo by proto do oka více paprsků z bodu, k němuž směřuje náš pohled, a co se týče těch, které přicházejí navíc z jiných míst, ty nemohou vidění pomoci a činí jej jen rozostřenějším. Jestliže však místo skla KLM použijeme klm , které v důsledku svého tvaru musí být umístěno blíže k bodu S, a opět vezmeme vzdálenost mezi

entre les points k & m esgale au diametre de la prunelle ; puis, tirant les lignes SkG & SmI , on aura GI pour le diametre de l'ouerture cherchée, ||₁₆₂ qui, comme vous voyés, est plus grand que gi , en mesme proportion que la ligne SL surpasse Sl . Et si cete ligne Sl n'est pas plus grande que le diametre de l'œil, la vision sera aussy forte a peu près, & aussy claire, que si on ne se seruoit point de lunettes, & que les obiets fussent, en recompense, plus proches qu'ils ne sont, d'autant qu'ils paroissent plus grands. En sorte que, si la longuer du tuyau fait, par exemple, que l'image d'un obiet esloigné de trente lieues se forme aussy grande dans l'œil, que s'il n'estoit esloigné que de trente pas, la largeur de son entrée, estant telle que ie viens de la determiner, fera que cet obiet se verra aussy clairement que si, n'en estant veritablement esloigné que de trente pas, on le regardoit sans lunettes. Et si on peut faire cete distance entre les points S & l encore moindre, la vision sera encore plus claire.

Mais cecy ne sert principalement que pour les obiets inaccessibles ; car, pour ceus qui sont accessibles, l'ouerture du tuyau peut estre d'autant plus estroite qu'on les en aproche d'auantage, sans pour cela que la vision en soit moins claire. Comme vous voyés qu'il n'entre pas moins de rayons du point X dans le petit verre gi , que dans le grand GI . Et enfin, elle ne peut estre plus large que les verres qu'on y applique, lesquels, a cause de leurs figures, ne doiuent point exceder certaine grandeur, que ie determineray cy après.

Que si quelquefois la lumiere qui vient des obiets est trop forte, il sera bien aysé de l'affoiblir, en courant tout autour les extremités du verre qui est a ||₁₆₃ l'entrée du tuyau : ce qui vaudra mieus que de mettre au deuant



body k a m rovnou průměru zřítelnice, pak vedeme-li úsečky SkG a SmI , dostaneme GI pro hledaný průměr otvoru, který je, jak vidíte, větší než gi v témž poměru, v němž úsečka SL přesahuje Sl . A jestliže tato úsečka Sl není větší než průměr oka, bude vidění také zhruba stejně silné a jasné, jako když nepoužijeme tuto trubici, a že náhradou za to bude, že se předměty budou jevit tím blíže, než jsou, čím se budou jevit větší. Takže jestliže délka trubice způsobuje například to, že předmět vzdálený 30 mil se v oku vytvoří tak velký, jako kdyby byl vzdálen jen třicet kroků, a bude-li velikost vstupu taková, jakou jsem právě určil, bude tento předmět vidět tak jasně, jako kdyby byl skutečně vzdálen pouze 30 kroků a pozoroval se bez trubice. A lze-li učinit vzdálenost mezi body S a l ještě menší, bude vidění ještě jasnější. Vidíte například, že z bodu X nepřichází méně paprsků do malého skla gi než do velkého GI . A konečně tento otvor nemůže být větší než skla, která se do něj vkládají a která vzhledem k svému tvaru nemohou přesáhnout určitou velikost, již hned stanovím.

Je-li světlo přicházející od předmětů příliš silné, bude snadné je zeslabit zakrytím okrajů skla nacházejícího se na vstupu do trubice, což je lepší než dávat před ně jaká

quelques autres verres plus troubles ou colorés, ainsi que plusieurs ont coutume de faire pour regarder le soleil ; car, plus cete entrée sera étroite, plus la vision sera distincte, ainsi qu'il a esté dit cy dessus de la prunelle. Et mesme il faut observer qu'il sera mieux de couvrir le verre par le dehors que par le dedans, afin que les reflexions qui se pouroient faire sur les bords de sa superficie, n'enuoyent vers l'œil aucuns rayons : car ces rayons, ne seruans point a la vision, y pouroient nuire.

Il n'y a plus qu'une condition qui soit désirée de la part des organes extérieurs, qui est de faire qu'on aperçoive le plus d'objets qu'il est possible en mesme temps. Et il est a remarquer qu'elle n'est aucunement requise pour la perfection de voir mieux, mais seulement pour la commodité de voir plus ; & mesme qu'il est impossible de voir plus d'un seul objet a la fois distinctement : en sorte que cete commodité, d'en voir cependant confusement plusieurs autres, n'est principalement utile, qu'afin de sçavoir vers quel costé il faudra, par après, tourner ses yeux pour regarder celui d'entre eux qu'on voudra mieux considerer. Et c'est a quoy la Nature a tellement pouruû, qu'il est impossible a l'art d'y adiouster aucune chose ; mesme, tout au contraire, d'autant plus que par le moyen de quelques lunettes on augmente la grandeur des lineaments de l'image qui s'imprime au fonds de l'œil, d'autant fait on qu'elle represente moins d'objets : a cause que l'espace qu'elle occupe ne peut aucunement estre augmenté, si ce n'est peutestre de fort peu en la renuersant, ||¹⁶⁴ ce que ie iuge estre a reietter pour d'autres raisons. Mais il est aysé, si les objets sont accessibles, de mettre celui qu'on veut regarder en l'endroit où il peut estre vû le plus distinctement au trauers de la lunete ; & s'ils sont inaccessibles, de mettre la lunete sur une machine, qui serue a la tourner facilement vers tel endroit déterminé qu'on voudra. Et ainsi il ne nous manquera rien

jiná matná nebo zabarvená skla, jak mají mnozí zvyk činit při pozorování Slunce. Čím bude totiž tento vstup užší, tím bude vidění zřetelnější, tak jak jsem to výše řekl o zřítelnici. A je třeba si také všimnout toho, že je lépe toto sklo zakrýt zvnějšku než zevnitř, aby odrazy, které by se mohly tvořit na okrajích tohoto povrchu, nevysílaly do oka nějaké paprsky, neboť tyto paprsky, které nijak neslouží vidění, by mohly jen překážet.

Zbývá už jen jedna podmínka, která je požadována pro vnější orgány, totiž umožnit vnímání co nejvíce předmětů, jak jen možno současně. A je třeba poznamenat, že tato podmínka se vůbec nevyžaduje pro zdokonalení vidění, nýbrž pouze pro výhodnost vidět více. Stejně není možné vidět zřetelně více než jeden předmět současně, takže tato výhoda, která spočívá v tom, že vidíme další tělesa než zřetelně, je užitečná pouze k tomu, abychom věděli, kam obrátit náš zrak, abychom pozorovali ten z těchto předmětů, který bychom si chtěli lépe prohlédnout. A v tom příroda uspěla natolik, že není možné k tomu nic umělého přidat. Dokonce naopak čím více se prostřednictvím trubice zvětšuje velikost obrysů obrazu, který se otiskuje na pozadí oka, tím méně předmětů zobrazuje. Důvodem je, že prostor, který takový obraz zaujímá, nelze nijak zvětšit, snad jen o trošku jeho obrácením, což pokládám za nežádoucí z jiných důvodů. Jsou-li předměty dostupné, je snadné položit ten, který chceme prohlížet, na to místo, kde ho lze vidět zřetelněji pomocí trubice; a jsou-li nedostupné, pak umístit trubici na nějaký stroj, který slouží k tomu, aby ji obrátil snadno k tomu určitému místu, kam chceme. A tak nám nechybí nic z toho, co činí tuto čtvrtou podmínku tak vážnou.

de ce qui rend le plus cete quatriesme condition considerable.

Au reste, afin que ie n'obmette icy aucune chose, i'ay encore a vous auertir que les defauts de l'œil, qui consistent en ce qu'on ne peut assés changer la figure de l'humeur cristaline ou bien la grandeur de la prunelle, se peuuent peu a peu diminuer & corriger par l'vsage : a cause que cete humeur cristaline, & la peau qui contient cete prunelle, estant de vrais muscles, leurs fonctions se facilitent & s'augmentent lors qu'on les exerce, ainsi que celles de tous les autres muscles de nostre cors. Et c'est ainsi que les chasseurs & les matelots, en s'exerçant a regarder des obiets fort esloignés, & les graueurs ou autres artisans, qui font des ourages fort subtils, a en regarder de fort proches, acquerent ordinairement la puissance de les voir plus distinctement que les autres hommes. Et c'est ainsi aussy que les Indiens, qu'on dit auoir pû fixement regarder le soleil, sans que leur veuë en fust offusquée, auoient deu sans doute auparauant, en regardant souuent des obiets fort esclatans, accoustumer peu a peu leurs prunelles a s'estrecir plus que les nostres. Mais ces choses apartiennent plustost a la Medicine, dont la fin est de remedier aus defauts de ||₁₆₅ la veuë par la correction des organes naturels, que non pas a la Dioptrique, dont la fin n'est que de remedier aus mesme defauts par l'application de quelques autres organes artificiels.

Nakonec, abych zde nic nevynechal, musím vám ještě sdělit, že vady oka, spočívající v tom, že nelze snadno změnit tvar krystalické šťávy nebo velikost zřítelnice, mohou být pozvolna zmenšeny a napraveny používáním: důvodem je, že tato krystalická šťáva a obal, který obsahuje tuto zřítelnici, jsou pravé svaly, jejichž funkce se usnadňuje a zlepšuje, jsou-li cvičeny, tak jako je tomu u všech jiných svalů našeho těla. Proto také lovci a námořníci, kteří se cvičí ve vidění vzdálených předmětů, a rytci nebo jiní řemeslníci, kteří zhotovují velmi jemná díla a dívají se na ně velmi zblízka, nabývají zpravidla schopnosti vidět zřetelněji než jiní lidé. Proto také ti Indové, o nichž se říká, že se mohou dívat upřeně do slunce, aniž by se jejich zrak poškodil, museli nepochybně předtím často pozorovat velmi osvětlené předměty a uzpůsobit si pozvolna své zřítelnice, aby se zužovaly víc než naše. Avšak tyto věci náležejí spíše do medicíny, jejímž úkolem je napravovat vady zraku opravou přirozených orgánů, a nikoli dioptrice, jejímž cílem je napravovat tyto vady používáním nějakých jiných, umělých orgánů.

Discours huitiesme

Des figvres qve doivent avoir les
corps transparens pour
detourner les rayons par
refraction en toutes les façons
qui servent a la vevë.

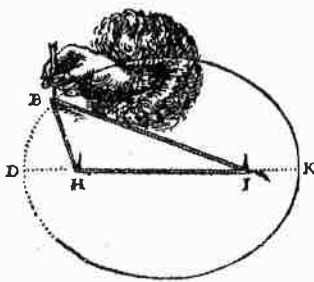
Rozprava osmá

O tvarech, které musí mít
průhledná tělesa, aby ohýbala
paprsky lomem všemi způsoby,
které slouží zraku

Des figvres qve doivent avoir les corps transparens
pour detourner les rayons par refraction
en toutes les façons qui servent a la vevë.
Discours Huictiesme.

||₁₆₅ Or, afin que ie vous puisse tantost dire plus exacte-
ment en quelle sorte on doit faire ces organes artificiels,
pour les rendre les plus parfaits qui puissent estre, il est
besoin que l'explique auparavant les figures que doiuent
avoir les superficies des cors transparens pour plier & dé-
tourner les rayons de la lumiere en toutes les façons qui
peuvent servir a mon dessein. En quoy si ie ne me puis
rendre assés clair & intelligible pour tout le monde, a
cause que c'est vne matiere de Geometrie vn peu diffi-
cile, ie tascheray au moins de l'estre assés pour ceux qui
auront seulement ||₁₆₆ appris les premiers Elemens de cete
science. Et d'abord, afin de ne les tenir point en suspens,
ie leur diray que toutes les figures dont i'ay icy a leur par-
ler, ne seront composées que d'Ellipses ou d'Hyperboles,
& de cercles ou de lignes droites.

L'Elipse, ou l'Ouale, est vne ligne courbe que les Mathe-
maticiens ont accoustumé de nous exposer en coupant
de trauers vn cone ou vn
cylindre, & que i'ay vu
aussy quelquefois employer
par des Iardiniers dans les
compartiments de leurs par-
terres, où ils la descriuent
d'vne façon qui est veritable-
ment fort grossiere & peu
exacte, mais que fait, ce me
semble, mieux comprendre sa nature, que la section du
cylindre ny du cone. Ils plantent en terre deux picquets,
comme, par exemple, l'vn au point H, l'autre au point



O tvarech, které musí mít průhledná tělesa,
aby ohýbala paprsky lomem všemi způsoby,
které slouží zraku
Rozprava osmá

Dříve než budu moci říci přesněji, jakého druhu je třeba
zhotovovat tyto umělé orgány,³ aby byly tak dokonalé,
jak je to jen možné, je třeba, abych objasnil tvary, které
musí mít povrchy průhledných těles, aby ohýbaly světelné
paprsky všemi těmi způsoby, které mohou sloužit mému
cíli. Nemohu-li však být zde dost jasný a pochopitelný pro
všechny, neboť jde o poněkud obtížnější záležitost geomet-
rie, pokusím se být dosti jasný a pochopitelný pro ty, kteří
zvládli alespoň počátky této vědy. A hned řeknu, abych
je neponechával v nejistotě, že všechny tvary, o nichž zde
bude řeč, jsou složeny jen z elips, nebo hyperbol a z kruž-
nic, nebo úseček.

Elipsa čili ovál⁴ je křivka, kterou nám matematici zpra-
vidla vysvětlují pomocí řezu kužele nebo válce a kterou
jsem také vídal používat zahradníky při dělení záhonů
v parcích, kde ji opisují způsobem, který je dosti hrubý
a nepřesný, jenž však, jak se mi zdá, dovoluje pochopit
její povahu lépe než řezy kužele nebo válce. Zapíchnou do
země dva kolíky, například jeden v bodě H a druhý v bodě

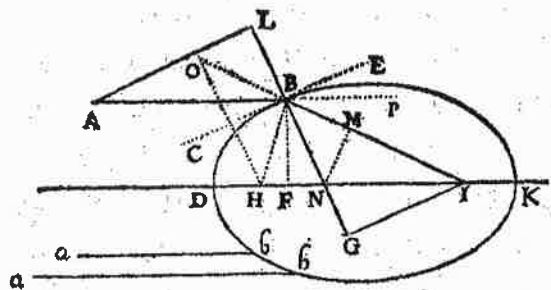
³Následující rozprava je věnována *brýlím a dalekohledům*.

⁴„Ovál“ se zde ovšem nerozumí ve smyslu *Geometrie* (i když elipsy jsou zvláštním případem Descartových oválů).

I, & ayant noué ensemble les deux bouts d'une corde, ils la passent autour d'eux, en la façon que vous voyés icy BHI. Puis, mettant le bout du doigt en cete corde, ils le conduisent tout autour de ces deux picquets, en la tirant tousiours a eux d'esgale force, afin de la tenir tendue esgalement, & ainsi descriuent sur la terre la ligne courbe DBK, qui est vne Ellipse. Et si, sans changer la longueur de cete corde BHI, ils plantent seulement leurs picquets H & I vn peu plus proches l'un de l'autre, ils descriront derechef vne Ellipse, mais qui sera d'autre espece que la precedente ; & s'ils les plantent encore vn peu plus proches, ^{||167} ils en descriront encore vne autre ; & enfin, s'ils les ioignent ensemble tout a fait, ce sera vn cercle qu'ils descriront. Au lieu que, s'ils diminuent la longueur de la corde en mesme proportion que la distance de ces picquets, ils descriront bien des Ellipses qui seront diuerses en grandeur, mais qui seront toutes de mesme espece. Et ainsi vous voyés qu'il y en peut auoir d'une infinité d'especes toutes diuerses, en sorte qu'elles ne different pas moins l'une de l'autre, que la derniere fait du cercle ; & que, de chasque espece, il y en peut auoir de toutes grandeurs ; & que, si d'un point, comme B, pris a discretion dans quelqu'une de ces Ellipses, on tire deux lignes droites vers les deux points H & I, où les deux picquets doiuent estre plantés pour la descrire, ces deux lignes BH & BI, iointes ensemble, seront esgales a son plus grand diametre DK, ainsi qu'il se prouue facilement par la construction. Car la portion de la corde qui s'estend d'I vers B & de là se replie iusques a H, est la mesme qui s'estend d'I vers K ou vers D & de là se replie aussy iusques a H : en sorte que DH est esgale a IK, & HD plus DI, qui valent autant que HB plus BI, sont esgales a la toute DK. Et enfin, les Ellipses qu'on décrit en mettant tousiours mesme proportion entre leur plus grand diametre DK & la distance des points H & I, sont toutes d'une mesme espece. Et a cause de certaine proprieté de

I, a přivází k sobě oba konce provazu, který pak vedou kolem těchto kolíků způsobem, jenž je na obrázku označen BHI. Pak tímto provazem prostrčí prst a vedou jej kolem těchto dvou kolíků, přičemž provaz táhnou stejnou silou tak, aby byl stále stejně napnut, čímž opiší na zemi křivku DBK, která je elipsou. A jestliže pak, aniž by změnili délku provazu BHI, zapíchnou oba kolíky H a I trochu blíže k sobě navzájem, opiší znovu elipsu, která však bude jiného druhu než elipsa předcházející; a jestliže je zapíchnou ještě blíže sebe, opiší opět další; a konečně jestliže je zcela k sobě přiblíží, pak to, co opiší, bude kružnice. A jestliže místo toho zkrátí délku provazu i vzdálenost obou kolíků v témž poměru, opiší elipsy, které budou různé co do velikosti, avšak všechny téhož druhu. A tak vidíte, že lze mít nekonečně mnoho zcela odlišných druhů, takže se vzájemně jedny od druhých neliší méně, než se liší druhý od kružnice; a že od každého druhu lze mít všechny velikosti; a že když vybereme libovolně bod, například B, na některé z těchto elips a vedeme-li dvě úsečky k bodů H a I, v nichž byly zapíchnuty kolíky pro její opsání, pak tyto dvě úsečky BH a BI, spojeny dohromady, budou rovny většímu průměru DK, což se snadno dokáže z konstrukce. Část provazu, která je vedena z I k B a pak se obrací k H, je totiž táž jako ta, která vede od I ke K nebo k D a pak se otáčí k H: takže DH je rovno IK a HD plus DI, což je tolik jako HB plus BI, jsou rovny celé DK. A konečně elipsy, které opisujeme při zachování poměru mezi větším průměrem DK a vzdáleností bodů H a I, jsou všechny téhož

ces points H & I, que vous entendrés cy après, nous les nommerons les points bruslans, l'vn interieur, & l'autre exterior : a sçauoir, si on les rapporte a la moitié de l'Ellipse qui est vers D, I sera l'exterieur ; & si on les rapporte a l'autre moitié $||_{168}$ qui est vers K, il sera l'interieur ; & quand nous parlerons sans distinction du point bruslant, nous entendrons tousiours parler de l'exterieur. Puis, outre cela, il est besoin que vous sçachiés que, si par ce point B on tire les deux lignes droites LBG & CBE, qui se couppent l'une l'autre a angles droits, & dont l'une, LG, diuise l'angle HBI en deux parties esgales, l'autre CE touchera cete Ellipse en ce point B sans la couper. De quoy ie ne mets pas la demonstration, pource que les Geometres la sçauent assés, & que les autres ne feroient que s'ennuyer de l'entendre. Mais ce que i'ay icy particulièrement dessein de vous expliquer, c'est que, si on tire encore de ce point B, hors de l'Ellipse, la ligne droite BA parallele

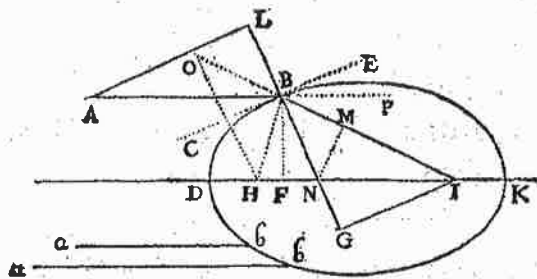


au plus grand diametre DK, & que, l'ayant prise esgale a BI, des points A & I on tire sur LG les deux perpendiculaires AL & IG, ces deux dernieres AL & IG auront entre elles mesme proportion que les deux DK & HI. En sorte que, si la ligne AB est vn rayon de lumiere, & que cete Ellipse DBK soit en la superficie d'vn corps transparent tout solide, par lequel, suiuant ce qui a esté dit cy dessus, les rayons passent plus aysement que par l'air, en mesme proportion que la ligne DK est plus grande que HI, ce

druhu. A vzhledem k určité vlastnosti těchto bodů H a I, o níž uslyšíte později, nazveme tyto body ohnisky; jeden vnitřním a druhý vnějším ohniskem: totiž vztahujete-li je k té polovině elipsy, která je u D, bude I vnější; a jestliže je vztahujete k té polovině, která je u K, bude I vnitřní; a mluvíme-li bez rozlišování o ohnisku, vždy rozumíme ohnisko vnější. Kromě toho je třeba, abyste věděli, že vedete-li tímto bodem B dvě přímky LBG a CBE, které se vzájemně protínají v pravých úhlech a z nichž jedna, LG, dělí úhel HBI na dvě stejné části, pak druhá, CE, se dotýká této elipsy v tomto bodě B, aniž by ji protínala. Neuvádím důkaz, neboť geometrii to dobře znají a jiné by to nudilo. Co vám však zde musím zvláště vysvětlit je, že vedete-li z tohoto bodu B vně elipsy úsečku BA rovnoběžnou většinu z průměrů DK a vezmete-li ji stejně dlouhou jako BI a spustíte-li z bodů A a I na LG dvě kolmice AL a IG, budou tyto dvě kolmice v témž poměru, jako je poměr mezi DK a HI. Takže je-li přímka AB paprskem světla a elipsa DBK povrchem zcela průhledného pevného tělesa, kterým podle toho, co bylo řečeno výše, procházejí paprsky snadněji než vzduchem, a to v témž poměru, v němž se má úsečka DK k HI, ohne se

rayon AB sera tellement détourné au point B, par la superficie de ce cors transparent, qu'il ira de là vers I. Et pource que ce point B est pris a discretion ||₁₆₉ dans l'Ellipse, tout ce qui se dit icy du rayon AB se doit entendre generally de tous les rayons paralleles a l'aissieu DK, qui tombent sur quelque point de cete Ellipse, a sçavoir qu'ils y seront tous tellement détournés, qu'ils iront se rendre de là vers le point I.

Or cecy se demonstre en cette sorte. Premièrement ||₁₇₀ a cause que tant les lignes AB & NI, que AL & GI, sont paralleles, les triangles ALB & IGN sont semblables ; d'où il suit que AL est a IG comme AB est a NI ; ou bien, pource que AB & BI sont esgales, comme BI est a NI.



Puis si on tire HO parallele a NB, & qu'on prolonge IB iusques a O, on verra que BI est a NI comme OI est a HI, a cause que les triangles BNI & OHI sont semblables. Enfin, les deux angles HBG & GBI estans esgaus par la construction, HOB, qui est esgal a GBI, est aussy esgal a OHB, a cause que cetuy cy est esgal a HBG ; & par consequent le triangle HBO est isoscele, & la ligne OB estant esgale a HB, la toute OI est esgale a DK, d'autant que les deux ensemble HB & IB luy sont esgales. Et ainsi, pour reprendre du premier au dernier, AL est a IG comme BI a NI, & BI a NI comme OI a HI, & OI est esgale a DK ; donc AL est a IG comme DK est a HI.

tento paprsek AB v bodě B povrchem tohoto průhledného tělesa tak, že půjde k bodu I. A protože jsme bod B zvolili na této elipse libovolně, vše, co jsme zde řekli o paprsku AB, se dá rozšířit na všechny paprsky rovnoběžné s osou DK dopadající v nějakém bodě na tuto elipsu, totiž že se všechny ohýbají tak, že směřují k bodu I.

To se dokazuje tímto způsobem:⁵ Nejprve vzhledem k tomu, že rovnoběžné jsou jak úsečky AB a NI, tak AL a GI, jsou trojúhelníky ALB a IGN podobné; odtud plyne, že se AL má k IG tak, jako se má AB k NI; a protože jsou si AB a BI rovny, i tak, jako se má BI k NI. † Jestliže pak vedeme HO rovnoběžně s NB a prodloužíme-li IB až k O, vidíme, že BI se má k NI tak jako OI k HI, neboť trojúhelníky BNI a OHI jsou podobné. Konečně, protože oba úhly HBG a GBI jsou si rovny, jak je vidět z konstrukce, je HOB, který je roven GBI, také roven OHB, neboť tento úhel je roven HBG; a v důsledku toho je trojúhelník HBO rovnoramenný, a protože úsečka OB je rovna HB, je celá OI rovna DK, neboť je jí rovno spojení úseček HB a IB. A vezmeme-li jednu místo druhé [, vidíme], že se AL má k IG tak jako BI k NI a BI k NI jako OI k HI a OI je rovna DK; tudíž AL se má k IG tak jako DK k HI.

⁵ V prvním vydání z r. 1637 zde následuje jiný důkaz, který Descartes zmínil v dopise Mersennovi (viz Adam-Tannery, *Correspondance*, II, str. 638). Ve francouzském textu i v překladu uvádím jen tuto novější verzi. Změněná část sahá až k místu, které je v českém překladu označeno †.

Si bien que, si, pour tracer l'Ellipse DBK, on donne aux lignes DK & HI la proportion qu'on aura connu, par experience, estre $||_{171}$ celle qui sert a mesurer la refraction de tous les rayons qui passent obliquement de l'air dans quelque verre, ou autre matiere transparente qu'on veut employer ; & qu'on face vn cors de ce verre qui ait la figure que descriroit cete Ellipse si elle mouuoit circulairement autour de l'aissieu DK ; les rayons qui seront dans l'aire paralleles a cet aissieu, comme AB, *ab*, entrans dans ce verre, s'y detourneront en telle sorte, qu'ils iront tous s'assembler au point bruslant I, qui des deux H & I est le plus esloigné du lieu d'où ils viennent. Car vous scaués que le rayon AB doit estre detourné au point B par la superficie courbe du verre, que represente l'Ellipse DBK, tout de mesme qu'il le seroit par la superficie plate du mesme verre que represente la ligne droite CBE, dans laquelle il doit aller de B vers I, a cause qu'AL & IG sont l'vne a l'autre comme DK & HI, c'est a dire, comme elles doiuent estre pour mesurer la refraction. Et le point B ayant esté pris a discretion dans l'Ellipse, tout ce que nous auons démontré de ce rayon AB, se doit entendre en mesme façon de tous les autres paralleles a DK, qui tombent sur les autres points de cete Ellipse ; en sorte qu'ils doiuent tous aller vers I.

De plus, a cause que tous les rayons qui tendent vers le centre d'un cercle ou d'un globe, tombans perpendiculairement sur sa superficie, n'y doiuent souffrir aucune refraction, si du centre I on fait vn cercle a telle distance qu'on voudra, pouruû qu'il passe entre D & I, comme BQB, les lignes DB & QB, tournant autour de l'aissieu DQ, descriront la figure d'un verre qui assemblera dans l'air au point I tous les rayons $||_{172}$ qui auront esté de l'autre costé, aussy dans l'air, paralleles a cet aissieu : & reciproquement qui fera que tous ceux qui seront venus du point I, se rendront paralleles de l'autre costé.

Takže jestliže pro nakreslení elipsy DBK se udávají úsečky DK a HI, jejichž poměr je znám ze zkušenosti jako ten, který měří lom všech paprsků, které přicházejí skloněné vzduchem do nějakého skla nebo jiné průhledné látky, již chceme použít; a zhotovíme-li z tohoto skla těleso tvaru, který se opisuje tato elipsa při otáčení kolem osy DK, pak paprsky, kterou budou ve vzduchu a budou rovnoběžné s touto osou, například [paprsky] AB, *ab*, a vstoupí do tohoto skla, odkloní se v něm tak, že všechny půjdou společně do toho z ohnisek H a I, které je více vzdálené od místa, z něž vycházejí. Víte totiž, že paprsek AB se musí odklonit v bodě B zakřiveným povrchem skla, který představuje elipsu DBK tak, jako kdyby prošel rovinným povrchem téhož skla, jež představuje přímka CBE a v němž musí tento paprsek jít z B do I, neboť AL se má k IG tak, jako se má DK k HI, to jest tak, jak tomu musí být pro měření lomu. A bod B byl na elipse vybrán libovolně, takže vše, co jsme dokázali o tomto paprsku AB, se stejným způsobem rozšiřuje na všechny ostatní rovnoběžky s DK, které procházejí jinými body této elipsy; takže všechny musí směřovat do bodu I. Dále, vzhledem k tomu, že všechny paprsky směřující ke středu nějaké kružnice nebo koule a dopadající kolmo na její povrch nepodléhají žádnému lomu, opíšeme-li ze středu I kružnici v libovolné vzdálenosti, jen aby procházela mezi body D a I, například BQB, pak křivky DB a QB opíší při otáčení kolem osy DQ tvar skla, jež soustředí ve vzduchu do bodu I všechny paprsky, které byly na druhé straně také ve vzduchu rovnoběžné s touto osou: a obráceně, které způsobí, že všechny ty, které přijdou z bodu I, se vydají rovnoběžně na druhou stranu.

Fig. p. 95.

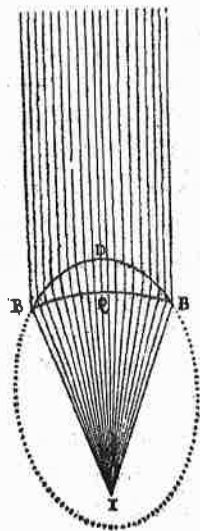
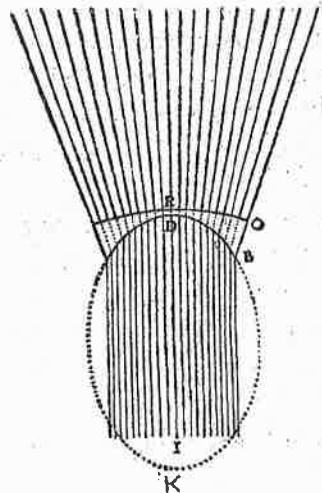
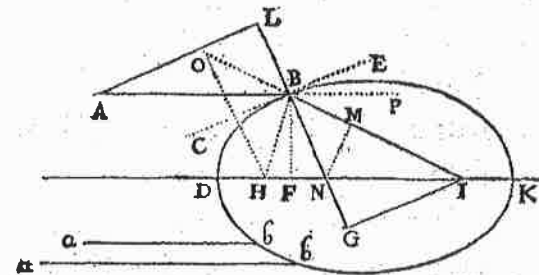


Fig. p. 96.



Et si du mesme centre I on décrit le cercle RO, a telle distance qu'on voudra au delà du point D ; & qu'ayant pris le point B dans l'Ellipse a discretion, pouruû toutefois qu'il ne soit pas plus esloigné de D que de K, on tire la ligne droite BO, qui tende vers I ; les lignes RO, OB & BD, meuës circulairement autour de l'aissieu DR, descriront la figure d'un verre qui fera que les rayons paralleles a cet aissieu du costé de l'Ellipse, s'escarteront ça & là de l'autre costé, comme s'il venoient tous du point I. Car il est manifeste ||173 que, par exemple, le rayon PB doit estre autant détourné par la superficie creuse du verre DBA, comme AB par la conuexe ou bossue du verre DBK, & par consequent que BO doit estre en mesme ligne droite que BI, puisque PB est en mesme ligne droite que BA : & ainsi des autres.

Et si de rechef, dans l'Ellipse DBK, on en décrit vne autre plus petite, mais de mesme espece, comme *dbk*, dont le point bruslant marqué I soit en mesme lieu que celui de



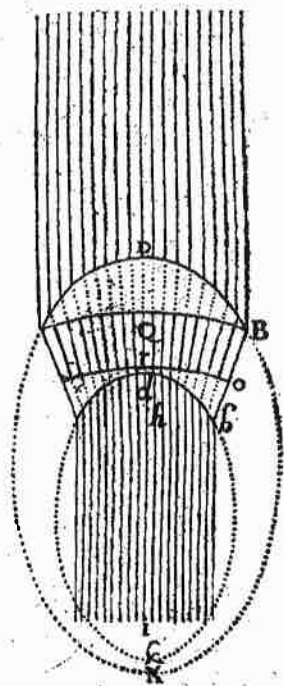
A jestliže z téhož středu I opišeme kružnici RO v libovolné vzdálenosti za bodem D a vybereme-li na elipse bod B libovolně, avšak tak, aby nebyl vzdálenější od D než od K, a vedeme-li přímku BO směřující k I, pak křivky RO, OB a BD při otáčení kolem osy DR opiší tvar skla, které způsobí, že paprsky rovnoběžné s touto osou ze strany elipsy se rozptýlí na druhé straně tak, jako by všechny vycházely z bodu I. Je totiž zjevné, že například paprsek PB se musí konkávním povrchem skla DBA ohnout tak, jako se ohne paprsek AB konvexním povrchem skla DBK, a v důsledku toho musí být BO na téže přímce, jako je BI, neboť PB je na téže přímce jako BA: a stejně pro ostatní paprsky.

A jestliže se uvnitř elipsy DBK opiše jiná menší elipsa, avšak téhož druhu, například *dbk*, jejíž ohnisko označené I je na téměř místě jako ohnisko elipsy předcházející, rovněž

la precedente aussy marqué I, & l'autre *h* en mesme ligne droite & vers le mesme costé que DH, & qu'ayant pris B a discretion, comme cy deuant, on tire la ligne droite B*b* qui tende vers I, les lignes DB, B*b*, *bd*, meuës autour de l'aissieu D*d*, descriront la figure d'un verre qui fera que tous les rayons qui, auant que de le rencontrer, auront esté paralleles, se trouveront derechef paralleles après en estre sortis, & qu'avec cela ils seront plus resserrés, & occuperont un moindre espace du costé de la plus petite Ellipse *db*, que de celuy de la plus grande. Et si, pour eüter l'épaisseur de ce verre DB*bd*, on décrit du centre I les cercles QB & *ro*, les superficies DBQ & *robd* représenteront les figures & la situation de deux verres moins espais, qui auront en cela son mesme effect.

Et si on dispose les deux verres semblables DBQ & *dbq* inegaus en grandeur, en telle sorte que leurs aissieux soient en une mesme ligne droite, & leurs deux points bruslans extérieurs, marqués I, en un mesme lieu, & que leurs superficies circulaires BQ, *bq* se regardent l'une l'autre, ils auront aussy en cela le mesme effect.

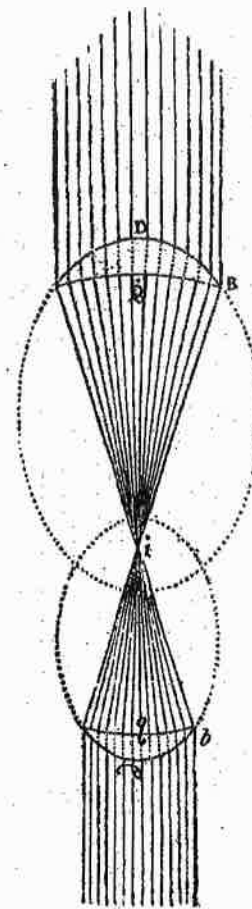
Et si on joint ces deux verres semblables inegaus en grandeur DBQ & *dbq*, ou qu'on les mette a telle distance qu'on voudra l'un de l'autre, pouruü seulement que leurs aissieux soient en mesme ligne droite, & que leurs superficies Elliptiques se regardent, ils feront que tous les rayons



označené I, a druhé ohnisko *h* se nachází na téže přímce a na téže straně jako DH, a jestliže vybereme libovolně bod B tak jako výše a vedeme přímku B*b* směřující k I, pak přímky DB, B*b*, *bd* opíší při otáčení kolem osy D*d* tvar skla, které způsobí, že všechny paprsky, jež byly před dopadem na toto sklo rovnoběžné, budou po výstupu z toho skla i nadále rovnoběžné, avšak budou zhuštěnější a budou zaujímat méně prostoru ze strany menší elipsy *db* než ze strany elipsy větší. A jestliže s cílem vyhnout se tloušťce tohoto skla DB*bd* opíšeme ze středu I kružnice QB a *ro*, pak budou povrchy DBQ a *robd* představovat tvary a polohu dvou méně tlustých skel, která však budou mít též účinek.

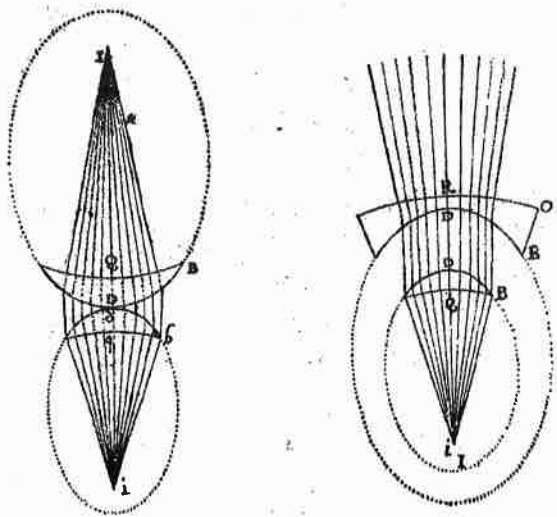
A máme-li dvě podobná skla DBQ a *dbq* co do velikosti nestejná a taková, že jejich osy jsou na téže přímce a jejich dvě vnější ohniska označená I v témž místě a dále taková, že jejich kruhové povrchy BQ, *bq* jsou k sobě obrácené, budou mít v tomto také též účinek.

A spojíme-li tato dvě podobná a nestejně velká skla DBQ a *dbq*, nebo když je umístíme do jakékoli vzdálenosti jedno od druhého, a když jsou jen jejich osy na téže přímce a jejich eliptické povrchy jsou k sobě obrácené, pak budou působit, že všechny paprsky, které přicházejí z ohniska



qui viendront du point bruslant de l'un marqué I, s'iront assembler en l'autre aussy marqué I.

Et si on joint les deux differens DBQ & DBOR, en sorte aussy que leurs superficies DB & BD se regardent, ils feront que les rayons qui viendront du point *i*, que l'Ellipse du verre DBQ a pour son point bruslant, s'escarteront comme s'ils venoient du point I, qui est le point bruslant du verre DBOR : ou reciproquement, que ceux qui tendent vers ce point I, s'iront assembler en l'autre marqué *i*.

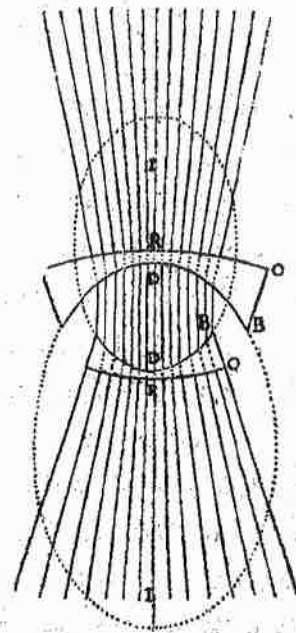


||₁₇₅ Et enfin, si on joint les deux DBOR & DBOR, toujours en sorte que leurs superficies DB, BD se regardent, on fera que les rayons qui, en trauersant l'un de ces verres, tendent au delà vers I, s'escarteront derechef, en sortant de l'autre, comme s'ils venoient de l'autre point I. Et on peut faire la distance de chacun de ces points marqués I plus ou moins grande autant qu'on veut, en changeant la grandeur de l'Ellipse dont il depend. En sorte que, avec l'Ellipse seule & la ligne circulaire, on peut descrire des verres qui facent que les rayons qui viennent d'un

jednoho skla, označeného I, se soustředí do jiného ohniska, rovněž označeného I.

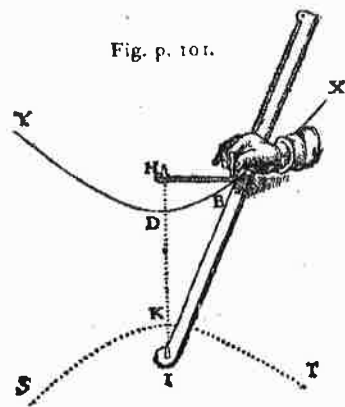
A jestliže spojíme tato dvě odlišná skla DBQ a DBOR tak, aby byly jejich povrchy DB a BD obráceny k sobě, pak způsobí, že paprsky vycházející z bodu *i*, který je ohniskem elipsy skla DBQ za své ohnisko, se pak rozptýlí jako by vycházely z bodu I, který je ohniskem skla DBOR: nebo obráceně ty, které směřují k tomuto bodu I, se soustředí do jiného bodu, označeného *i*.

A nakonec, spojíme-li obě skla DBOR a DBOR vždy tak, aby jejich povrchy DB, BD byly k sobě obrácené, pak to způsobí, že paprsky, které projdou jedním z těchto skel, budou směřovat k I, pak se rozptýlí a vystoupí do druhého skla, jako by přicházely z jiného bodu I. A vzdálenost každého z těchto bodů označených I lze udělat větší, či menší dle naší vůle, přičemž měníme velikost elipsy, na níž závisí. Takže pomocí pouze elipsy a kružnice lze popsat skla, která způsobí, že paprsky vycházející z jednoho



point, ou tendent vers vn point, ou sont paralleles, changent ||₁₇₆ de l'une en l'autre de ces trois sortes de dispositions, en toutes les façons qui puissent estre imaginées.

L'Hyperbole est aussy vne ligne courbe que les Mathematiciens expliquent par la section d'un cone, comme l'Ellipse. Mais, afin de vous la faire mieux concevoir, j'introduiray encore icy vne iardinier qui s'en sert a compasser la broderie de quelque parterre. Il plante derechef ses deux piquets aux points H & I ; & ayant attaché au bout



d'un longue reigle le bout d'un corde vne peu plus courte, il fait vne trou rond a l'autre bout de cete reigle, dans lequel il fait entrer le picquet I, & vne boucle a l'autre bout de cete corde, qu'il passe dans le picquet H. Puis, mettant le doigt au point X, où elles sont attachées l'une a l'autre, il le coule de là en bas iusques a D, tenant

tousiours cependant la corde toute iointe & comme colée contre la reigle depuis le point X iusques a l'endroit où il la touche, & et avec cela toute tendue : au moyen de quoy, contraignant cete reigle de tourner autour du picquet I a mesure qu'il abaisse son doigt, il décrit sur la terre la ligne courbe XBD, qui est vne partie d'une Hyperbole. Et, après cela, tournant sa reigle de l'autre costé vers Y, il en décrit en mesme façon vne autre partie YD. Et, de plus, s'il passe la boucle de sa corde dans le piquet I, & le bout de sa reigle dans le piquet H, il décrira vne autre ||₁₇₇ Hyperbole SKT toute semblable & opposée a la precedente. Mais si, sans changer ses piquets ny sa reigle, il fait seulement sa corde vne peu plus longue, il décrira

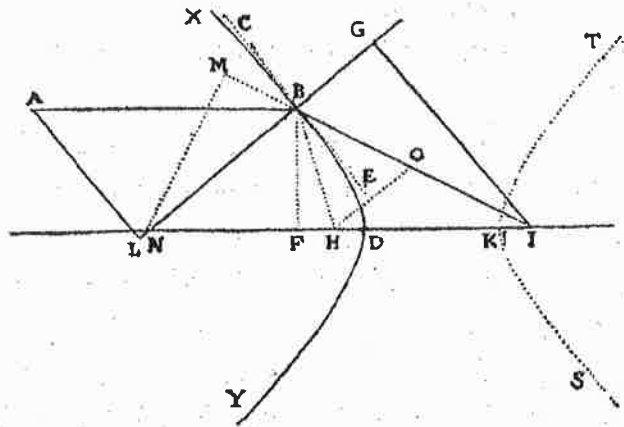
bodů, nebo k nějakému bodu směřující, nebo rovnoběžné, se změni z jednoho z těchto tří druhů dispozic v jiný, a to všemi způsoby, které si lze představit.

Hyperbola je také křivka, kterou matematici vysvětlují řezem kuželu, podobně jako elipsu. Abych vám však usnadnil pochopení, uvedu i zde zahradníka, který ji používá k vymezení záhonu v nějakém parku. Nejprve zapíchne dva kolíky v bodech H a I; k jednomu konci dlouhého pravítka připevní konec o něco kratšího provazu, na druhém konci pravítka udělá otvor, který nasadí na kolík I, a na druhém konci provazu udělá smyčku, kterou nasadí na druhý kolík H. Pak umístí prst do bodu X, kde je provaz přitážen k pravítku, a pohybuje jím dolů až do bodu D, přičemž stále ovšem drží provaz těsně u pravítka od bodu X až k místu, kde se ho dotýká, a stále ho udržuje napjatý: když tímto pravítkem otáčí kolem kolíku I, pak tím, jak snižuje svůj prst, opisuje na zemi křivku XBD, která je jednou částí hyperboly. A pak obrátí pravítko na druhou stranu směrem k Y a stejným způsobem opíše druhou část YD. A jestliže pak navíc umístí smyčku provazu na kolík I a konec pravítka [s otvorem] na kolík H, opíše jinou hyperbolu SKT zcela podobnou předcházející a jí protilehlou. Jestliže však beze změny kolíků i pravítka pouze poněkud provaz prodlouží, opíše hyperbolu jiného

vne Hyperbole d'une autre espece ; & s'il la fait encore un peu plus longue, il en descriera encore vne d'autre espece, iusques a ce que, la faisant tout a fait esgale a la reigle, il descriera, au lieu d'une Hyperbole, vne ligne droite. Puis, s'il change la distance de ses picquets en mesme proportion que la difference qui est entre les longueurs de la reigle & de la corde, il descriera des Hyperboles qui seront toutes de mesme espece, mais dont les parties semblables seront differentes en gradeur. Et enfin, s'il augmente esgalement les longueurs de la corde & de la reigle, sans changer ny leur difference, ny la distance des deux picquets, il ne descriera tousiours qu'une mesme Hyperbole, mais il en descriera vne plus grande partie. Car cete ligne est de telle nature que, bien qu'elle se courbe tousiours de plus en plus vers un mesme costé, elle se peut toutesfois estendre a l'infiny, sans que iamais ses extremités se rencontrent. Et ainsi vous voyés qu'elle a en plusieurs façons mesme rapport a la ligne droite, que l'Ellipse a la circulaire. Et vous voyés aussy qu'il y en a d'une infinité de diuerses especes, & qu'en chasque espece il y en a vne infinité dont les parties semblables sont differentes en grandeur. Et, de plus, que si d'un point, comme B, pris a discretion dans l'une d'elles, on tire deux lignes droites vers les deux points, comme H & I, où les deux picquets doiuent estre plantés pour la descrire, & que nous nommerons encore les points bruslants, la difference $||_{178}$ de ces deux lignes, HB & IB, sera tousiours esgale a la ligne DK, qui marque la distance qui est entre les Hyperboles opposées. Ce qui paroist de se que BI est plus longue que BH, d'autant iustement que la reigle a esté prise plus longue que la corde ; & que DI est aussy d'autant plus longue que DH. Car, si on accourcist celle-cy, DI, de KI, qui est esgale a DH, on aura DK pour leur difference. Et enfin, vous voyés que les Hyperboles qu'on descrit en mettant tousiours mesme proportion entre DK & HI, sont toutes d'une mesme espece. Puis,

druhu; a prodlouží-li ho ještě trochu, opíše opět další druh a tak dále, až když provaz dosáhne stejné délky, jakou má pravítka, opíše místo hyperboly úsečku. Jestliže pak v témž poměru změni vzdálenost svých kolíků i rozdíl mezi délkou pravítka a délkou provázku, opíše hyperboly, které všechny budou téhož druhu, avšak jejichž podobné části se budou lišit velikostí. A konečně, zvětší-li stejně délky provazu i pravítka, aniž by měnil jejich rozdíl a vzdálenost obou kolíků, opíše vždy touž hyperbolu, avšak její větší část. Tato křivka je totiž té povahy, že ačkoli se stále více zakřivuje k téže straně, může se nicméně prodlužovat do nekonečna, aniž by se kdy její kraje setkaly. A tak vidíte, že má též vztah k přímce více způsobu, než má elipsa ke kružnici. A vidíte také, že existuje nekonečně mnoho různých druhů a že v každém druhu existuje nekonečně mnoho hyperbol, jejichž podobné části se liší velikostí. A dále, když z nějakého bodu B, vybraného libovolně na jedné z nich, vedeme dvě přímky k oběma bodům H a I, v nichž byly zapíchnuty kolíky pro její opsání a které nazveme ohnisky, bude rozdíl těchto dvou úseček HB a IB vždy roven úsečce DK, která vyznačuje rozdíl mezi protilehlými hyperbolami. Což je vidět z toho, že BI je delší než BH právě o tolik, o kolik bylo pravítka delší než provaz; a že DI je také o tolik delší než DH. Neboť když zkrátíme DI ke KI, což je rovno DH, budeme mít DK jako jejich rozdíl. A nakonec vidíte, že hyperboly, které se opíší, když klademe vždy též poměr mezi DK a HI, jsou

outré cela, il est besoin que vous sçachiés que, si par le point B pris a discretion dans vne Hyperbole, on tire la ligne droite CE, qui diuise l'angle HBI en deux parties esgales, la mesme CE touchera cete Hyperbole en ce point B, sans la couper : de quoy les Geometres sçauent assés la demonstration.

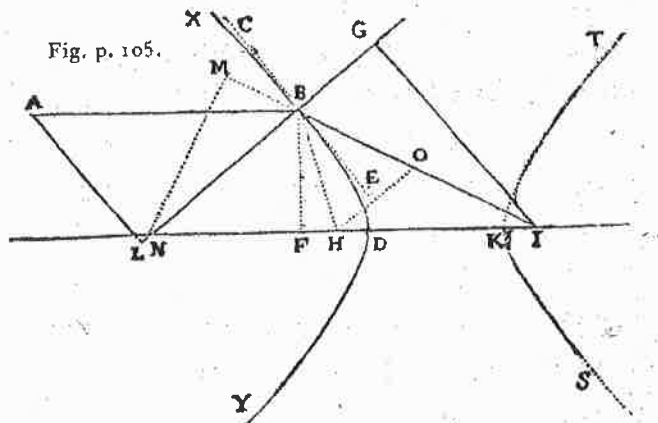


||₁₇₉ Mais ie veux icy ensuite vous faire voir que, si de ce mesme point B on tire vers le dedans de l'Hyperbole la ligne droite BA parallele a DK, & qu'on tire aussy par le mesme point B la ligne LG qui coupe CE a angles droits ; puis, ayant pris BA esgale a BI, que des points A & I on tire sur LG les deux perpendiculaires AL & IG, ces deux dernieres, AL & IG, auront entre elles mesme proportion que les deux DK & HI. Et ensuite, que si on donne la figure de cete Hyperbole a vn cors de verre dans lequel les refractions se mesurent par la proportion qui est entre les lignes DK & HI, elle fera que tous les rayons qui seront paralleles a son aissieu, dans ce verre, s'iront assembler au dehors au point I, au moins si ce verre est conuexe ; & s'il est concaue, qu'ils s'escarteront ça & là, comme s'il venoient de ce point I.

všechny téhož druhu. A kromě toho je třeba, abyste věděli, že jestliže vedeme bodem B, libovolně zvoleným na hyperbole, přímkou CE, která dělí úhel HBI na dvě stejné části, bude se CE dotýkat této hyperboly v bodě B, aniž by hyperbolu protínala: geometři znají důkaz.

Chci vám však v dalším ukázat, že jestliže z téhož bodu B vedeme uvnitř hyperboly úsečku BA rovnoběžně s DK a jestliže z téhož bodu vedeme také úsečku LG, která protíná CE v pravých úhlech, pak položíme-li BA rovno BI a z bodů A a I vedeme na LG dvě kolmice AL a IG, pak budou tyto dvě úsečky AL a IG v témž poměru jako DK a HI. A konečně, jestliže dáme tvar této hyperboly nějakému tělesu ze skla, v němž se lomy měří poměrem, který je mezi úsečkami DK a HI, pak toto sklo způsobí, že paprsky, které jsou rovnoběžné s její osou, se v tomto skle soustředí všechny do bodu I, pokud je toto sklo konvexní; a je-li konkávní, pak se rozptýlí tak, jako kdyby vycházely z tohoto bodu I.

Ce qui peut estre ainsi démontré. Premièrement, a \parallel_{180} cause que tant les lignes AB & NI, que AL & GI, sont paralleles, les triangles ALB & IGN sont semblables ; d'où

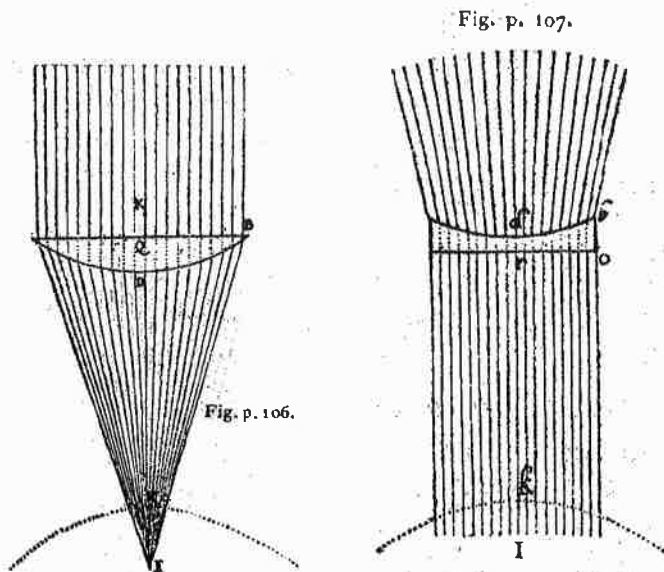


il suit que AL est a IG comme AB est a NI ; ou bien, pource que AB & BI sont esgales, comme BI est a NI. Puis, si on tire HO parallele a LG, on verra que BI est a NI comme OI est a HI, a cause que les triangles BNI & OHI sont semblables. Enfin, les deux angles EBH & EBI estans esgaus par la construction, & HO, qui est parallele a LG, coupant comme elle CE a angles droits, les deux triangles BEH & BEO sont entierement esgaus. Et ainsi, BH, la baze de l'un, \parallel_{181} estant esgale a BO, la baze de l'autre, il reste OI pour la difference qui est entre BH & BI, laquelle nous auons dit estre esgale a DK. Si bien que AL est a IG comme DK est a HI. D'où il suit que, mettant tousiours entre les lignes DK & HI la proportion qui peut seruir a mesurer les refractions du verre ou autre matiere qu'on veut employer, ainsi que nous auons fait pour tracer les Ellipses, excepté que DK ne peut estre icy que la plus courte, au lieu qu'elle ne pouuoit estre auparauant que la plus longue : si on trace vne portion

Což lze dokázat takto.⁶ Nejprve vzhledem k tomu, že úsečky AB a NI, stejně jako AL a GI, jsou rovnoběžné, jsou trojúhelníky ALB a IGN podobné; z čehož plyne, že se AL má k IG tak jako AB k NI; a protože AB a BI jsou si rovny tak jako se má BI k NI. † Vedeme-li pak HO rovnoběžně s LG, uvidíme, že se BI má k NI tak, jako se má OI k HI, neboť trojúhelníky BNI a OHI jsou podobné. Konečně, oba úhly EBH a EBI jsou si podle konstrukce rovny a HO, která je rovnoběžná s LG, protíná CE v pravých úhlech, takže oba trojúhelníky BEH a BEO jsou si naprosto rovny. A protože BH, což je přepona jednoho, je rovna BO, přeponě druhého, je OI rozdílem mezi BH a BI, o němž jsme řekli, že je roven DK. Takže AL se má k IG tak, jako DK k HI. Z čehož plyne, že zajistíme-li vždy mezi úsečkami DK a HI též poměr, který může sloužit k měření lomů skla nebo jiné látky, již chceme použít, tak jako jsme to dělali pro nakreslení elips, ale s tou výjimkou, že DK zde může být jen kratší, zatímco u elips mohla být jen delší, pak nakreslíme-li část hyperboly tak

⁶Zde opět nahrazeno druhou Descartovou redakcí (až po znak †).

d'Hyperbole tant grande qu'on voudra, comme DB , & que de B on face descendre a angles droits sur KD la ligne droite BQ , les deux lignes DB & QB , tournant autour de l'aissieu DQ , descriront la figure d'un verre qui fera que tous les rayons qui le traueront & seront dans l'air paralleles a cet aissieu du costé de la superficie plate BD , en laquelle, comme vous scaués, ils ne souffriront aucune refraction, s'assembleront de l'autre costé au point I .

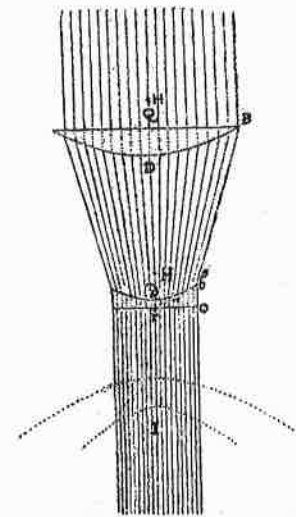


Et si, ayant tracé l'Hyperbole db semblable a la precedente, ||₁₈₂ on tire la ligne droite ro en tel lieu qu'on voudra, pouruü que, sans couper cete Hyperbole, elle tombe perpendiculairement sur son aissieu dk , & qu'on ioigne les deux points b & o par vne autre ligne droite parallele a dk , les trois lignes ro , ob & bd , meués autour de l'aissieu dk , descriront la figure d'un verre qui fera que tous les rayons qui seront paralleles a son aissieu du costé de sa superficie plate, s'escarteront ça & là de l'autre costé, comme s'ils venoient du point I .

velkou, jak chceme, například DB , a jestliže z B spustíme v pravých úhlech na KD úsečku BQ , pak budou linie DB a QB při otáčení kolem osy DQ opisovat tvar skla, který způsobí, že se všechny paprsky, které tímto sklem projdou a budou rovnoběžné s touto osou ze strany rovinného povrchu BD , v němž, jak víte, nebudou podléhat žádnému lomu, soustředí na druhé straně do bodu I .

A jestliže nakreslíme hyperbolu db podobnou hyperbole předcházející a vedeme-li úsečku ro v libovolném místě, avšak tak, aby neprořála tuto hyperbolu a padla kolmo na osu dk a jestliže pak spojíme oba body b a o jinou úsečkou, rovnoběžnou dk , pak tyto tři úsečky ro , ob a bd opíší při pohybu kolem osy dk tvar skla, které způsobí, že všechny paprsky rovnoběžné s jeho osou ze strany rovinného povrchu, se na druhé straně rozptýlí tak, jako kdyby přicházely z bodu I .

Et si, ayant pris la ligne HI plus courte, pour tracer l'hyperbole du verre *robd*, que pour celle du verre DBQ, on dispose ces deux verres en telle sorte que leurs aissieus DQ, *rd* soient en mesme ligne droite, & leurs deux points bruslans marqués I en mesme lieu, & que leurs deux superficies hyperboliques se regardent ; ils feront que tous les rayons qui, auant que de les rencontrer, auront esté paralleles a leurs aissieus, le seront encore après les auoir tous deux trauersés, & avec cela seront reserrés en vn moindre espace du costé du verre *robd* que de l'autre.



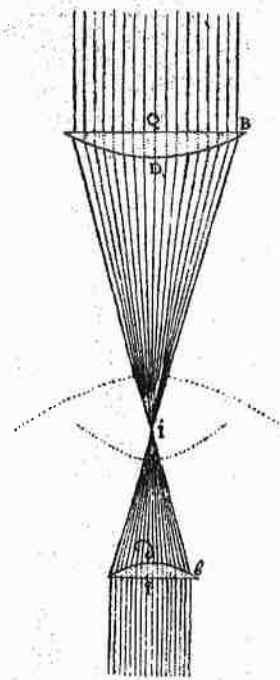
Et si on dispose les deux verres semblables DBQ & *dbq* inegaus en grandeur, en telle sorte que leurs aissieus DQ, *dq* soyent aussy en mesme ligne droite, & leurs deux points bruslans marqués I en mesme lieu, ||₁₈₃ & que leurs deux superficies hyperboliques se regardent ; ils feront, comme les precedens, que les rayons paralleles d'un costé de leur aissieu le seront aussy de l'autre, &, avec cela, seront reserrés en moindre espace du costé du moindre verre.

Et si on ioint les superficies plates de ces deux verres DBQ & *dbq*, ou qu'on les mette a telle distance qu'on voudra l'un de l'autre, pouruû seulement que leurs superficies plates se regardent, sans qu'il soit besoin avec cela que leurs aissieus soient en mesme ligne droite : ou plustost, si on compose vn autre verre qui ait la figure de ces deux ainsi conioints, on fera par son moyen que les rayons qui viendront de l'un des points marqués I, s'iront assembler en l'autre de l'autre costé.

Vybereme-li pro kreslení hyperboly skla *robd* úsečku HI kratší, než je úsečka pro kreslení hyperboly skla DBQ, a obě skla umístíme tak, aby jejich osy DQ, *rd* byly na téže přímce a obě jejich ohniska označená I v témž místě a tak, aby byly jejich hyperbolické povrchy obráceny k sobě, pak to způsobí, že všechny paprsky, které před dopadem na tato skla byly rovnoběžné s jejich osou, budou takovými i po průchodu oběma skly s tím, že budou stlačeny ze strany skla *robd* do prostoru menšího než ze strany druhé.

Máme-li dvě podobná skla DBQ a *dbq* nestejně velikosti a umístíme-li je tak, aby jejich osy DQ a *dq* byly na téže přímce a jejich obě ohniska označená I v témž místě a jejich dva hyperbolické povrchy byly obráceny k sobě, pak způsobí, podobně sklům předcházejícím, že paprsky rovnoběžné z jedné strany s jejich osou budou takové i na straně druhé s tím, že budou zhuštěny do menšího prostoru ze strany menšího skla.

A spojíme-li rovinné povrchy těchto dvou skel DBQ a *dbq* nebo umístíme-li je do takové vzdálenosti, jakou si zvolíme, pokud pouze budou tyto rovinné povrchy obráceny k sobě, aniž by bylo třeba, aby jejich osy byly na téže přímce: nebo spíše, jestliže zhotovíme jiné sklo mající tvar těchto dvou takto spojených, pak pomocí toho dosáhneme, že paprsky, které vycházejí z jednoho z bodů označených I, se soustředí do druhého na druhé straně.



Et si on compose vn verre qui ait la figure des deux DBQ & rodb, tellement ioints que leurs superficies plates s'entretouchent, on fera que les rayons qui seront venus de l'vn des points I, s'escarteront comme s'ils estoient venus de l'autre.

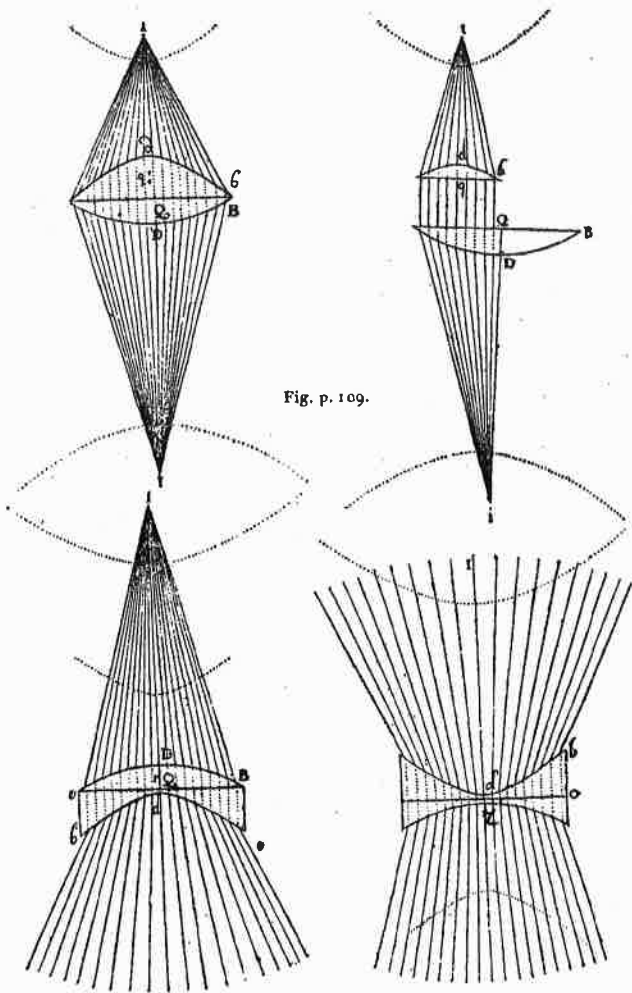


Fig. p. 109.

Et enfin, si on compose vn verre qui ait le figuré de deux tels que rodb, derechef tellement ioints que leurs su-

perficiés plates s'entretouchent, on fera que \parallel_{184} les rayons qui, allans rencontrer ce verre, seront escartés comme pour s'assembler au point I qui est de \parallel_{185} l'autre costé, seront derechef escartés, après l'auoir trauersé, comme s'ils estoient venus de l'autre point I.

Et tout cecy est, ce me semble, si clair, qu'il est seulement besoin d'ouuir les yeux & de considerer les figures pour l'entendre.

Au reste, les mesme changemens de ces rayons, que ie vien d'expliquer premierement par deux verres elliptiques, & après par deux hyperboliques, peuuent aussy estre causés par deux dont l'vn soit elliptique & l'autre hyperbolique. Et, de plus, on peut encore imaginer vne infinité d'autres verres qui facent, comme ceux cy, que

A jestliže složíme sklo, které má tvar obou DBQ a rodb spojených tak, aby se jejich rovinné povrchy dotýkaly, způsobíme, že paprsky, které přicházely z jednoho z bodu I, se rozptýlí tak, jako kdyby přišly z druhého.

A konečně, složíme-li sklo, které má tvar dvou takových, jako jsou rodb, spojených tak, aby se jejich rovinné povrchy dotýkaly, způsobíme, že paprsky, které při dopadu na toto sklo byly rozptýleny tak, jako kdyby se měly soustředit do bodu I, který je na druhé straně, budou pak rozptýleny po průchodu tímto sklem tak, jako kdyby přicházely z druhého bodu I.

A toto vše je, jak se mi zdá, tak jasné, že je třeba pouze otevřít oči a podívat se na obrázky, abychom to pochopili.

Nakonec, tytéž změny paprsků, které jsem vysvětlil nejprve dvěma eliptickými skly a pak dvěma hyperbolicnými, mohou být také vyvolány dvěma skly, z nichž jedno je eliptické a druhé hyperbolicné. Navíc si lze představit nekonečně mnoho dalších skel, která způsobí, podobně

tous les rayons qui viennent d'un point, ou tendent vers un point, ou sont paralleles, se changent exactement de l'une en l'autre de ces trois dispositions. Mais ie ne pense pas avoir icy aucun besoin d'en parler, a cause qu'ie les pourray plus commodement expliquer cy après en la Geometrie, & que ceux que j'ay descrits sont les plus propres de tous a mon dessein, ainsi que ie veus tascher maintenant de prouver, & vous faire voir, par mesme moyen, lequel d'entre eux y sont les plus propres, en vous faisant considerer toutes les principales choses en quoy ils different.

La premiere est que les figures des vns sont beaucoup plus aysées a tracer que celles des autres ; & il est certain qu'après la ligne droite, la circulaire, & la parabole, qui seules ne peuvent suffire pour tracer aucun de ces verres, ainsi que chascun pourra facilement voir, s'il l'examine, il n'y en a point de plus simples que l'ellipse & l'hyperbole. En sorte que, la ligne droite estant plus aysée a tracer que la circulaire, & l'hyperbole ne l'estant pas moins que l'ellipse, ceux dont ¹⁸⁶ les figures sont composées d'hyperboles & de lignes droites, sont les plus aysés a tailler qui puissent estre ; puis, ensuite, ceux dont les figures sont composées d'ellipses & de cercles : en sorte que tous les autres que ie n'ay point expliqués le sont moins.

La seconde est qu'entre plusieurs, qui changent tous en mesme façon la disposition des rayons qui se rapportent a un seul point, ou viennent paralleles d'un seul costé, ceux dont les superficies sont le moins courbées, ou bien le moins inegalement, en sorte qu'elles causent les moins inegales refractions, changent tousiours un peu plus exactement que les autres la disposition des rayons qui se rapportent aux autres points, ou qui viennent des autres costés. Mais, pour entendre cecy parfaitement, il faut considerer que c'est la seule inegalité de la courbure des lignes dont sont composées les figures de ces verres, qui empesche qu'ils ne

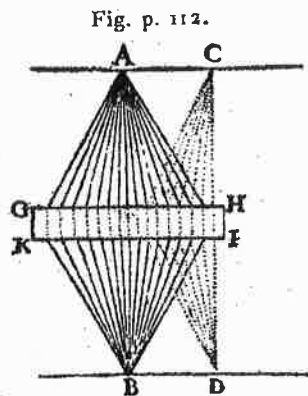
těmto, že všechny paprsky, které vycházejí z jednoho bodu, nebo do jednoho bodu směřují, nebo jsou rovnoběžné, se změni přesně z jedné z těchto tří dispozic na jinou. Nemyslím si však, že by bylo zapotřebí o nich zde mluvit, neboť je mohu pohodlněji vysvětlit později v *Geometrii* a také proto, že ty, která jsem popsal, jsou nejhodnější pro můj účel, což se chci nyní pokusit dokázat, a tím vám ukázat, které z nich jsou nejhodnější, a to tak, že vám předvedu všechny základní rozdíly mezi nimi.

První rozdíl je, že tvary jedněch se kreslí snadněji než tvary jiné; a je jisté, že po úsečce, kružnici a parabole, které samy nestačí pro nakreslení žádného z těchto skel, což může každý snadno vidět, jestliže je prozkoumá, nejsou žádné jednodušší než elipsa a hyperbola. Protože úsečka se kreslí snadněji než kružnice a hyperbola není méně snadná než elipsa, ty tvary, které jsou složeny z hyperboly a úseček, se zhotoví nejsnadněji ze všech možných; pak následují ty, jejichž tvary jsou složeny z elipsy a kružnic. Všechny ostatní, které jsem zde nevysvětloval, jsou složitější.

Druhý rozdíl je v tom, že z mnoha skel, která všechna mění týmž způsobem dispozici paprsků, jež se vztahují k jednomu jedinému bodu⁷ nebo přicházejí rovnoběžně z jedné strany, ta, jejichž povrchy jsou méně zakřivené nebo méně nestejně zakřivené, způsobují méně nestejně lomy a mění přesněji než jiná skla dispozice paprsků, které se vztahují k jiným bodům nebo které přicházejí z druhých stran. Abychom však tomu dokonale porozuměli, je třeba uvážit, že je to pouze nestejnost křivosti křivek, z nichž jsou tvary těchto skel složeny, která zabraňuje tomu, aby

⁷Tomuto „vztahují se“ je třeba rozumět takto: všechny z tohoto jediného bodu vycházejí, nebo všechny do tohoto jediného bodu směřují.

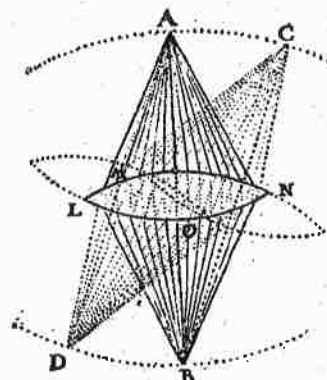
changent aussy exactement la disposition des rayons qui se rapportent a plusieurs diuers points, ou viennent paralleles de plusieurs diuers costés, qu'ils font celle de ceux qui se



rapportent a vn seul point, ou viennent paralleles d'vn seul costé. Car, par exemple, si, pour faire que tous les rayons qui viennent du point A s'assemblent au point B, il falloit que le verre GHIK, qu'on mettroit entre deux, eust ses superficies toutes plates, en sorte que la ligne droite GH, qui en represente l'vne, eust la proprieté de

faire que tous ces rayons, venans du point A, se rendissent \parallel 187 paralleles dans le verre, & par mesme moyen, que l'autre ligne droite KI fist que de là s'allassent assembler au point B, ces mesmes lignes GH & KI seroient aussy que tous les rayons venans du point C s'iroient assembler au point D; & generalement, que tous ceux qui viendroient de quelqu'un des points de la ligne droite AC, que ie suppose parallele a GH, s'iroient assembler en quelqu'un des points de BD, que ie suppose aussy parallele a KI, & autant esloignée d'elle qu'AC est de GH: d'autant que, ces lignes GH & KI n'estant aucunement courbées, tous les points de ces autres AC & BD se rapportent a elles en mesme façon les vns que les autres. Tout de mesme, si c'estoit le verre LMNO, dont ie suppose les superficies LMN & LON estre deux esgales portions de Sphere, qui eust la proprieté de faire que tous les rayons venans du point A s'allassent assembler au point B, il l'auroit aussy de faire que ceux du point C s'assemblassent au point D, & generalement, que tous ceux de quelqu'un des points de la superficie CA, que ie suppose estre vne portion de

tato skla měnila dispozice paprsků vztahujících se k více různým bodům nebo rozptýleně přicházejících z více různých stran, tak přesně jako u těch paprsků, které se vztahují k jednomu bodu nebo



přicházejí rovnoběžně z jedné strany. Neboť například k dosažení toho, aby se všechny paprsky, vycházející z bodu A, soustředily do bodu B, by bylo třeba, aby sklo GHIK, které mezi ně vložíme, mělo zcela rovinné povrchy, takže úsečka GH, která představuje jeden tento povrch, by měla tu

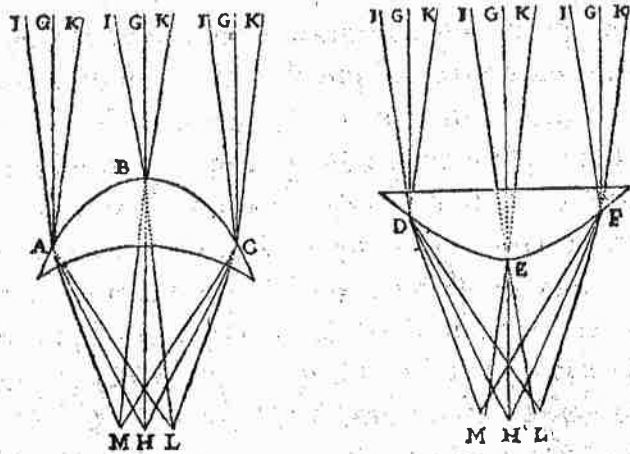
vlastnost, že by měnila v tomto skle všechny paprsky přicházející z bodu A v tomto skle na rovnoběžné, a podobně druhá úsečka KI způsobí, že se po výstupu z ní paprsky soustředí do bodu B. Tytéž úsečky GH a KI způsobí také, že se všechny paprsky, přicházející z bodu C, soustředí do bodu D; a obecně, že se všechny paprsky, které vycházejí z nějakého z bodů úsečky AC, o níž předpokládám, že je rovnoběžná s GH, soustředí do některého z bodů úsečky BD, o níž předpokládám, že je také rovnoběžná KI a že je od ní vzdálená tak, jako je AC vzdálená od GH: protože tak, že tyto úsečky GH a KI nejsou vůbec zakřivené, vztahují se k nim všechny body úseček AC a BD týmž způsobem. Podobně, máme-li sklo LMNO, o němž předpokládám, že jeho povrchy LMN a LON jsou stejnými díly sféry [kulové plochy], která má tu vlastnost, že způsobuje, že všechny paprsky přicházející z bodu A se soustředí do bodu B, pak bude způsobovat také to, že se všechny paprsky, vycházející z bodu C, budou soustřeďovat do bodu D; a obecně, že se všechny paprsky z nějakých bodů povrchu CA, o němž předpokládám, že je to část sféry

Sphere qui a mesme centre que LMN, s'assembleroient en quelqu'un de ceux de BD, que ie suppose aussy vne portion de Sphere qui a mesme centre que LON, & en est aussy esloignée qu'AC est d'LMN : d'autant que toutes les parties de ces superficies LMN & LON sont esgalement courbées au respect de tous les points \parallel_{188} qui sont dans les superficies CA & BD. Mais a cause qu'il n'y a point d'autres lignes, en la Nature, que la droite & la circulaire, dont toutes les parties se rapportent en mesme façon a plusieurs diuers points, & que ny l'une ny l'autre ne peuvent suffire pour composer la figure d'un verre, qui face que tous les rayons qui viennent d'un point s'assemblent en un autre point exactement, il est evident qu'aucune de celles qui y sont requises, ne fera que tous les rayons qui viendront de quelques autres points, s'assemblent exactement en d'autres points ; & que, pour choisir celles d'entre elles qui peuvent faire que ces rayons s'escartent le moins de lieux où on les voudroit assembler, il faut prendre les moins courbées, & les moins inesgalement courbées, afin qu'elles approchent le plus de la droite ou de la circulaire ; & encore plustost de la droite que de la circulaire ; & que les parties de celle cy ne se rapportent d'une mesme façon qu'a tous les points qui sont esgalement distans de son centre, & ne se rapportent a aucuns autres en mesme façon qu'elles font a ce centre. D'où il est aysé de conclure qu'en cecy l'hyperbole surpasse l'ellipse, & qu'il est impossible d'imaginer des verres d'aucune autre figure, qui rassemblent tous les rayons venans de diuers points en autant d'autres points esgalement esloignés d'eux, si exactement que celui dont la figure sera composée d'hyperboles. Et mesme, sans que ie m'arreste a vous en faire icy vne demonstration plus exacte, vous pouvez facilement appliquer cecy aux autres façons de changer la disposition des rayons qui se rapportent a diuers points ou viennent paralleles de diuers costés, \parallel_{189} & connoistre que, pour toutes, ou les

mající týž střed jako LMN, soustředí do některého z bodů povrchu BD, o němž rovněž předpokládám, že je to část sféry s týmž středem jako LON a že je od ní vzdálen stejně, jako je AC vzdálen od LMN: neboť všechny části těchto povrchů LMN a LON jsou stejně zakřivené vzhledem ke všem bodům, které jsou na površích CA a BD. Protože v přírodě se však nevyskytují žádné jiné křivky s výjimkou úseček a kružnic, jejichž všechny části by se k sobě vztahovaly týmž způsobem k více různým bodům, a protože ani úsečky ani kružnice nemohou dostačovat pro složení tvaru skla, které by soustřeďovalo všechny paprsky vycházející z jednoho bodu přesně do bodu druhého, neboť je zřejmé, že žádná z potřebných nezpůsobí, že se všechny paprsky, které vycházejí z nějakých jiných bodů, soustředí přesně do jiných bodů. A že k tomu, abychom mezi nimi vybrali ty, které co nejméně odchyľují paprsky od těch bodů, do nichž jsme je chtěli soustředit, je třeba vzít tvary nejméně zakřivené a co nejméně nestejně křivé, aby se co nejvíce blížily úsečce nebo kružnici. A je třeba dát přednost úsečce před kružnicí, neboť části kružnice se vztahují stejným způsobem pouze k těm bodům, které jsou stejně vzdálené od jejího středu, kdežto jiné body se vztahují k částem kružnice jinak než ke středu. Odtud se snadno vyvodí, že v tomto ohledu je hyperbola lepší než elipsa a že je nemožné si představit skla nějakého jiného tvaru, která by soustřeďovala všechny paprsky přicházející z různých bodů do jiných bodů stejně od nich vzdálených než ta skla, jejichž tvar je složen z hyperbol. Aniž bych se zde zdržoval uváděním přesnějšího důkazu, můžete to snadno použít na jiné způsoby změn dispozice paprsků, které se vztahují k jiným bodům, nebo přicházejí rovnoběžně z různých stran, a pochopit, že ve všech případech

verres hyperboliques y sont plus propres qu'aucuns autres, ou du moins, q'ils n'y sont pas notablement moins propres, en sorte que cela ne peut estre mis en contrepois avec la facilité d'estre taillés, en quoy ils surpassent tous les autres.

La troisieme difference de ces verres est que les vns font que les rayons qui se croysent en les trauersant, se trouvent vn peu plus escartés de l'vn de leurs costés que de l'autre ; & que les autres font tout le contraire. Comme,



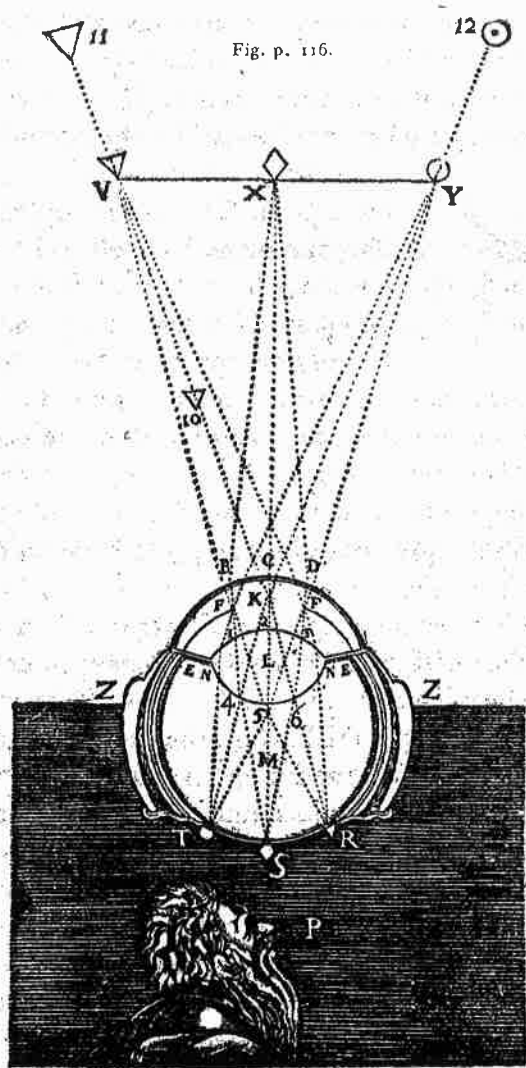
si les rayons G, G sont ceux qui viennent du centre du Soleil, & que I, I soient ceux qui viennent du costé gauche de sa circonference, & K, K ceux qui viennent du droit, ces rayons s'escartent vn peu plus les vns des autres, après auoir trauersé le verre hyperbolique DEF, qu'ils ne faisoient auparauant : & au contraire, ils s'escartent moins apres auoir trauersé l'elliptique ABC : en sorte que cet elliptique rend les points L, H, M plus proches les vns des autres que ne fait l'hyperbolique, & mesme il les rend d'autant plus proches qu'il est plus espais. Mais neanmoins, tant espais qu'on le puisse faire, il ne les peut rendre qu'enuiron d'vn quart ou d'vn tiers plus proches que l'hyperbolique.

Ce qui se mesure par la quantité des refractions que cause le verre, en sorte que le cristal de montaigne, dans lequel elles se font vn peu plus grandes, doit rendre cette inegalité vn peu plus grande. Mais il n'y a point de verre d'aucune autre figure qu'on puisse imaginer, qui face que les points L, H, M soient notablement plus esloignés que fait cet hyperbolique, ny moins que fait cet elliptique.

jsou hyperbolická skla vhodnější než jakákoli jiná, nebo aspoň že nejsou podstatně méně vhodná, takže je nelze klást do protikladu se snadností jejich zhotovování, v čemž přesahují všechny ostatní.

Třetí rozdíl mezi těmito skly spočívá v tom, že jedna způsobují, že paprsky křížící se při průchodu jimi jsou poněkud více odkloněné z jedné z jejich stran než z druhé a že jiná skla dělají právě opak. Například jestliže paprsky G, G vycházejí ze středu Slunce a I, I vycházejí z levé strany jeho obvodu a K, K vycházejí z okraje pravého, pak se tyto paprsky odklánějí tímto sklem poněkud více poté, co prošly hyperbolickým sklem DEF, než před průchodem tímto sklem: naopak se odklánějí méně po průchodu eliptickým sklem ABC, takže eliptické sklo sblízuje body L, H, M více než sklo hyperbolické, přičemž je sblízuje tím více, čím je sklo tlustší. Nicméně však, i když toto sklo uděláme tak tlusté, jak jen dokážeme, nemůže je přiblížit než zhruba o jednu čtvrtinu či jednu třetinu více než sklo hyperbolické. Což se měří velikostí lomů, které toto sklo způsobuje, takže horský krystal, v němž je lom poněkud větší, musí tuto nerovnost o něco zvětšit. Neexistuje však žádné sklo nějakého představitelného tvaru, které by vzdálilo body L, M, N významněji než sklo hyperbolické, nebo je sblížilo více než sklo eliptické.

Or vous pouués icy remarquer par occasion en quel sens il faut entendre ce que i'ai dit cy dessus, que les rayons

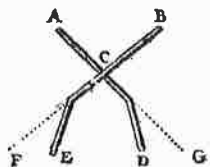


venans de diuers points, ou paralleles de diuers costés, se croysent tous dès la premiere superficie qui a la puissance

de faire qu'ils se rassemblent a peu près en autant d'autres diuers points, comme lors que i'ay dit que ceux de l'obiet VXY, qui forment l'image RST sur le fonds de l'œil, se croysent dès la premiere de ses superficies BCD. Ce qui depend de ce que, par exemple, les trois rayons VCR, XCS & YCT, se croysent veritablement sur cete superficie BCD au point C : d'où vient qu'encore que VDR se croyse avec YBT beaucoup plus haut, & VBR avec YDT beaucoup plus bas, toutesfois, pource qu'ils tendent vers les mesmes points que font VCR & YCT, on les peut considerer tout de mesme que s'ils se croysent aussy au mesme lieu. Et pource que c'est cete superficie BCD qui les fait ainsi tendre vers les mesmes points, on doit plustost penser que c'est au lieu où elle est qu'ils se croysent tous,

Při této příležitosti si zde můžete všimnout, v jakém smyslu je třeba chápat to, co jsem řekl výše, totiž že se paprsky vycházející z různých bodů nebo rovnoběžné z různých stran všechny kříží po průchodu prvním povrchem, který způsobuje, že se soustřeďují přibližně do téhož počtu různých bodů. Jak jsem už řekl, body předmětu VXY, které vytvářejí na pozadí oka obraz RST, RST na pozadí oka, se kříží po průchodu prvním povrchem BCD. Což závisí na tom, že například tři paprsky VCR, XCS a YCT se na tomto povrchu BCD opravdu kříží v bodě C: odtud vyplývá, že ačkoli se VDR kříží s YBT o hodně výše a VBR s YDT o hodně níže, lze je přesto pokládat za křížící se v témž místě, protože směřují k týmž bodům, jako směřují VCR a YCT. Protože je to povrch BCD, který způsobuje, že směřují k týmž bodům, je nutno spíše uvažovat, že se

que non pas plus haut ny plus bas. Sans mesme que ce que les autres superficies, comme ||₁₉₂ 123 & 456, les peuvent détourner, en empesche. Non plus qu'encore que les deux bastons ACD & BCE, qui sont courbés, s'escartent beaucoup des



poins F & G, vers lesquels ils s'iroient rendre, si, se croysans autant qu'ils font au point C, avec cela ils estoient droits, ce ne lasisse pas d'estre veritablement en ce point C qu'ils se croy-

sent. Mais ils pourroient bien estre si courbés, que cela les feroit croiser derechef en vn autre lieu. Et, en mesme façon, les rayons qui trauersent les deux verres conuexes DBQ & dbq, se croysent sur la superficie du premier, puis se recroisent derechef sur celle de l'autre : au moins ceux qui viennent de diuers costés ; car, pour ceux qui viennent d'vn mesme costé, il est manifeste que ce n'est qu'au point bruslant marqué I qu'ils se croisent.

Vous poués remarquer, aussy par occasion, que les rayons du Soleil, ramassés par le verre elliptique ABC, doiuent brusler avec plus de force qu'estant ramassés par l'hyperbolique DEF. Car il ne faut pas seulement prendre garde aux rayons qui viennent du centre du Soleil, comme G, G, mais aussy a tous les autres qui, venans des autres points de sa superficie, n'ont pas sensiblement moins de force que ceux du centre : en sorte que la violence de la chaleur qu'ils peuvent causer se doit mesurer par la grandeur du cors qui les assemble, comparée avec celle de l'espace où il les assemble. Comme, si le diametre du verre ABC est ||₁₉₃ quatre fois plus grand que la distance qui est entre les poins M & L, les rayons ramassés par ce verre doiuent auoir seize fois plus de force que s'ils ne passoyent que par vn verre plat qui ne les détourast aucunement. Et pource que la distance qui est entre ces poins M & L est plus ou moins grande, a raison de celle qui est entre eux

musí křížit v tom místě, kde se nachází, a nikoli výše nebo níže. Jiné povrchy, které je mohou odklánět, například 123 a 456, tomu nijak nebrání. Tak jako se dvě zahnuté tyče ACD

a BCE hodně odklánějí od bodů F a G, k nimž by směřovaly, kdyby po křížení v bodě C zůstaly rovné, protnou v bodě C. Mohly by však být zahnuté tak, že by se později zkřížily v jiném místě. A právě tak se paprsky, které projdou dvěma konvexními skly DBQ a dbq,⁸ nejprve kříží na povrchu prvního a pak znovu na povrchu druhého: aspoň ty, které přicházejí z různých stran, neboť pro ty, které přicházejí z téže strany, je zjevné, že se kříží jen v ohnisku označeném I.

Při této příležitosti si můžete všimnout, že paprsky Slunce soustředěné eliptickým sklem ABC musí pálit s větší silou, než kdyby byly soustředěny hyperbolickým sklem DEF. Je totiž třeba uvažovat nejen paprsky, které vycházejí ze středu Slunce, například G, G, nýbrž i všechny ostatní, které vycházejí z jiných bodů na jeho povrchu, neboť ty nemají o nic méně síly než ty, které vycházejí ze středu, takže prudkost tepla, které mohou působit, se musí měřit velikostí těles, která je shromažďují, ve srovnání s velikostí prostoru, kde se soustřeďují. Například je-li průměr skla ABC čtyřikrát větší než vzdálenost mezi body M a L, musí mít paprsky soustředěné tímto sklem šestnáctkrát více síly, než kdyby procházely pouze rovinným sklem, které je nijak neohýbá. Vdálčnost mezi body M a L může být větší, či menší ve srovnání se vzdáleností

⁸Viz obr. na str. 187.

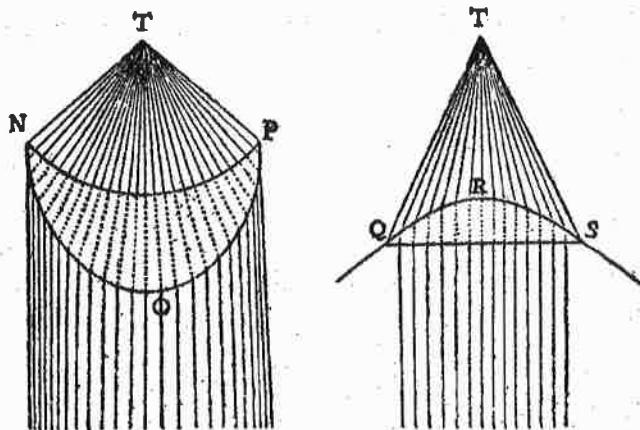
& le verre ABC, ou autre tel cors qui fait que les rayons s'y assemblent, sans que la grandeur du diametre de ce cors y puisse rien adiouster, ny sa figure particuliere, qu'environ vn quart ou vn tiers tout au plus, il est certain que cete ligne bruslante a l'infini, que quelques vns ont imaginée, n'est qu'une resuerie, &, qu'ayant deux verres ou miroirs ardens, dont l'un soit beaucoup plus grand que l'autre, de quelle façon qu'ils puissent estre, pouruû que leurs figures soient toutes pareilles, le plus grand doit bien ramasser les rayons du soleil en vn plus grand espace, & plus loin de soy, que le plus petit ; mais que ces rayons ne doiuent point auoir de force en chasque partie de cet espace, qu'en celui où le plus petit les ramasse. En sorte qu'on peut faire des verres ou miroirs extremement petits, qui brusleront avec autant de violance que les plus grands. Et vn miroir ardent dont le diametre n'est pas plus grand qu'environ la centiesme partie de la distance qui est entre luy & le lieu où il doit rassembler les rayons du soleil, c'est a dire a mesme proportion avec cete distance, qu'a le diametre du soleil avec celle qui est entre luy & nous, fust-il poli par vn Ange, ne peut faire que les rayons qu'il assemble eschauffent plus en l'endroit où il les assemble, que ceux qui viennent directement du \parallel_{194} soleil. Ce qui se doit aussy entendre des verres bruslans a proportion. D'où vous poués voir que ceux qui ne sont qu'a demi scauans en l'Optique se laissent persuader beaucoup de choses qui sont impossibles, & que ces miroirs dont on a dit qu'Archimede brusloit des nauires de fort loin, deuoient estre extremement grands, ou plustost qu'ils sont fabuleus.

La quatriesme difference qui doit estre remarquée entre les verres dont il est icy question, appartient particulièrement a ceux qui changent la disposition des rayons qui viennent de quelque point assés proche d'eux, & consiste en ce que les vns, a scauoir ceux dont la superficie

mezi nimi a sklem ABC nebo jiným takovým tělesem, které soustřeďuje paprsky, přičemž ani velikost průměru těchto těles ani jejich určitý tvar k tomu nemohou přidat více než přibližně čtvrtinu nebo třetinu. Jisté je, že křivka zapalující v nekonečnu, kterou si někteří vymýšleli, není než snem. A máme-li dvě zápalná skla nebo zrcadla, z nichž jedno je o hodně větší než druhé, a to i tak, jak jen lze, pak pokud jen jsou jejich tvary naprosto shodné, musí větší dobře soustřeďovat sluneční paprsky ve větším prostoru a větší vzdálenosti než sklo menší. Avšak tyto paprsky nemusí mít více síly v každé části tohoto prostoru než v prostoru, do něž je soustřeďuje sklo menší. Takže lze zhotovit velmi malá skla nebo zrcadla, která budou zapalovat s touž prudkostí jako skla nebo zrcadla velká. A zápalné zrcadlo, jehož průměr není větší než zhruba setina vzdálenosti mezi ním a místem, do něž má soustřeďovat sluneční paprsky, to jest mající též poměr k této vzdálenosti, jako má průměr Slunce ke vzdálenosti mezi ním a námi, i kdyby bylo vybroušeno nějakým andělem, nemůže způsobit, aby paprsky které, soustřeďuje, ohřály místo, do něž je soustřeďuje, více než paprsky, které přicházejí přímo ze Slunce. To platí odpovídajícím způsobem i pro zápalná skla. Z toho můžete vidět, že pouze lidi polovzdělané v optice lze snadno přesvědčit o věcech nemožných. A dále to, že ta zrcadla, o nichž se říká, že jimi Archimédes zapálil velmi vzdálené lodě, by musela být nesmírně veliká, nebo že to jsou spíše výmysly.

Čtvrtý rozdíl, kterého je třeba si všimnout u skel, o nichž se zde hovoří, se týká zvláště těch, která mění dispozici paprsků vycházejících z nějakého dosti jim blízkého bodu, a spočívá v tom, že ta skla, jejichž povrch,

qui regarde vers ce point est la plus creuse a raison de leur grandeur, peuuent recevoir plus grande quantité de ces rayons que les autres, encore que leur diametre ne soit



point plus grand. Et en cecy le verre elliptique NOP, que ie suppose si grand, que ses extremités N & P sont les points où se termine le plus petit diametre de l'ellipse, surpasse l'hyperbolique ||₁₉₅ QRS, quoy qu'on le suppose aussy tant grand qu'on voudra ; & il ne peut estre surpassé par ceux d'aucune autre figure. Enfin, ces verres different encore en ce que, pour produire les mesmes effects, eu esgard aux rayons qui se rapportent a vn seul point ou a vn seul costé, les vns doiuent estre plus en nombre que les autres, ou doiuent faire que les rayons qui se rapportent a diuers points, ou a diuers costés, se croysent plus de fois. Comme vous aués vû que, pour faire, avec les verres elliptiques, que les rayons qui viennent d'un point s'assemblent en vn autre point, ou s'escartent comme s'ils venoient d'un autre point, ou que ceux qui tendent vers vn point s'escartent derechef comme s'ils venoient d'un autre point, il est tousiours besoin d'y en employer deux, au lieu qu'il n'y en faut employer qu'un seul, si on se sert

který je obrácen k tomuto bodu, je nejvíce konkávní vzhledem k jejich velikosti, mohou soustřeďovat větší množství paprsků než jiná, i když jejich průměr není větší. V tomto smyslu je eliptické sklo NOP, o němž předpokládám, že je tak velké, že jeho krajní body N a P jsou krajními body nejmenšího průměru elipsy, lepší než jakkoli velké hyperbolické sklo QRS, a že ani skla jiných tvarů nemohou být lepší. Nakonec, tato skla se liší ještě v tom, že pro dosažení téhož efektu vůči paprskům vztahujícím se k určitému bodu nebo k jedné určité straně, musí být počet skel v jednom případě větší než v jiném, neboť musí způsobovat, že paprsky, které se týkají různých bodů nebo různých stran, se kříží vícekrát. Jak jste viděli, k tomu, abychom s eliptickými skly dosáhli toho, aby se paprsky, vycházející z jednoho bodu, soustředily do jiného bodu, nebo rozptýlily tak, jako kdyby vycházely z jiného bodu, nebo aby se ty, které směřují k nějakému bodu, pak rozptýlily tak, jako kdyby vycházely z jiného bodu, je vždy třeba použít skel dvou, zatímco jestliže použijeme skel hyperbolických, stačí použít sklo jen jedno, a že lze dosáh-

des hyperboliques ; & qu'on peut faire que les rayons paralleles, demeurans paralleles, occupent vn moindre espace qu'auparavant, tant par le moyen de deux verres hyperboliques conuexes, qui font que les rayons qui viennent de diuers costés se croysent deux fois, que par le moyen d'un conuexe & d'un concaue, qui font qu'ils ne croysent qu'une fois. Mais il est evident que iamais on ne doit employer plusieurs verres a ce qui peut estre aussy bien fait par l'ayde d'un seul, ny faire que les rayons se croysent plusieurs fois, lors qu'une suffit.

Et, generalement, il faut conclure de tout cecy que les verres hyperboliques & les elliptiques sont preferables a tous les autres qui puissent estre imaginés, & mesme que les hyperboliques sont quasi en tout preferables aus elliptiques. En suite de quoy, ie diray maintenant ||₁₉₆ de quelle façon il me semble qu'on doit composer chascue espece de lunettes, pour les rendre les plus parfaittes qu'il est possible.

nout toho, aby rovnoběžné paprsky zůstaly rovnoběžné, ale zaujímaly menší prostor než předtím, a to jak pomocí dvou konvexních hyperbolických skel, která způsobí, že se paprsky vycházející z různých stran kříží dvakrát, tak pomocí jednoho konvexního a jednoho konkávního skla, která způsobí, že se kříží jen jednou. Je však zjevné, že se nikdy nemá používat více skel k tomu, co lze stejně dobře udělat pomocí skla jednoho, a že se máme vyhýbat případům, v nichž se paprsky kříží několikrát, jestliže stačí, aby se křížily jen jednou.

A obecně je z toho všeho třeba uzavřít, že hyperbolickým a eliptickým sklům je třeba dávat přednost před všemi ostatními, která lze vymyslet, a právě tak, že sklům hyperbolickým je třeba téměř ve všem dát přednost před skly eliptickými. Nyní řeknu něco o tom, jak se podle mého mínění mají sestavovat všemožné brýle a dalekohledy, aby byly jak jen možno dokonalé.

Discours neufiesme
La description des lunettes

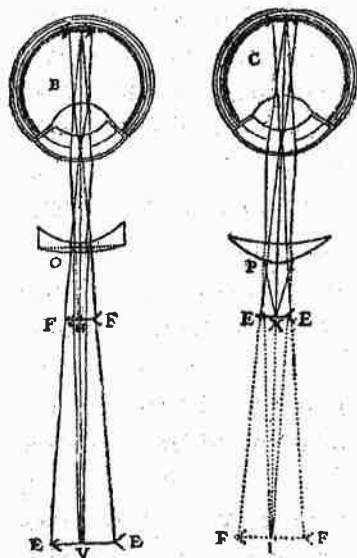
Rozprava devátá
Popis dalekohledů

||196 Il est besoin, premierement, de choisir vne matiere transparente, qui, estant assés aysée a tailler, & neantmoins assés dure pour retenir la forme qu'on luy donnera, soit en outre la moins colorée, & qui cause le moins de reflexion qu'il est possible. Et on n'en a point encore trouué qui ait ces qualités en plus grande perfection que le verre, lors qu'il est fort clair & fort pur, & composé de cendres fort subtiles. Car, encore que le cristal de montaigne semble plus net & plus transparent, toutesfois, pource que ses superficies causent la reflexion de plus de rayons que celles du verre, ainsi que l'experience semble nous apprendre, il ne sera peuestre pas si propre a nostre dessein. Or, afin que vous scachiés la cause de cete reflexion, & pourquoy elle se fait plustost sur les superficies tant du verre que du cristal, que non pas en l'epaisseur de leur cors, & pourquoy elle s'y fait plus grande dans le cristal que dans le verre, il faut que vous vous souueniés de la façon dont ie vous ay cy dessus fait conceuoir la nature de la lumiere, lors que i'ay dit quelle ||197 n'estoit autre chose, dans les cors transparens, que l'action ou inclination a se mouuoir d'une certaine matiere tres subtile qui remplit leurs pores ; & que vous pensiés que les pores de chacun de ces cors transparens sont si vnés & si droits que la matiere subtile qui peut y entrer coule facilement tout du long, sans y rien trouuer qui l'arreste ; mais que ceus de deux cors transparens de diuerse nature, comme ceux de l'air & ceux du verre ou du cristal, ne se rapportent iamais si iustement les vns aus autres, qu'il n'y ait tousiours plusieurs des parties de la matiere subtile, qui, par exemple, venant de l'air vers le verre, s'y reflexissent, a cause qu'elles rencontrent les parties solides de la superficie ; & tout de mesme, venant du verre vers l'air, se

Nejprve je třeba vybrat nějakou průhlednou látku, která by se dobře brousila, a přesto byla dosti tvrdá, aby si udržela tvar, který jí dáme. Dále by měla být co nejméně zabarvená a způsobovat co nejméně odrazů. Dosud se nenašlo nic, co by mělo tyto kvality ve větší dokonalosti než sklo, pokud je velmi čiré a velmi čisté a vyrobené z velmi jemného popelu. Ačkoli se horský krystal zdá být čistší a průhlednější, způsobují jeho povrchy odraz většího počtu paprsků, než je tomu u skla, o čemž nás poučuje zkušenost, takže nebude asi k našemu účelu tak vhodný. Abyste pochopili příčinu tohoto odrazu a proč k němu dochází na površích skla i krystalu spíše než uvnitř těchto těles, a proč je odraz větší v krystalu než ve skle, je třeba, abyste si vzpomněli na způsob, jímž jsem vám výše vysvětloval povahu světla. Říkal jsem, že světlo v průhledných tělesech není nic jiného než akce nebo sklon k pohybu nějaké velmi jemné látky, která zaplňuje jejich póry, a že si máte představovat, že jsou póry průhledných těles tak hladké a přímé, že ona jemná látka, která do nich může proniknout, protéká snadno, aniž by narazila na něco, co by ji zastavilo. A dále, že však póry dvou průhledných těles různé povahy, například vzduchu a skla nebo vzduchu a krystalu, si nikdy neodpovídají tak přesně, aby se nevyškvtlo množství částic jemné látky přicházející například ze vzduchu do skla, které se odrazí, protože se střetnou s pevnými částmi povrchu skla; a stejně, když přechází ze

reflechissent & retournent au dedans de ce verre, a cause qu'elles rencontrent les parties solides de la superficie de cet air ; car il y en a aussy beaucoup en l'air qui peuuent estre nommées solides a comparaison de cete matiere subtile. Puis, en considerant que les parties solides du cristal sont encore plus grosses que celles du verre, & les pores plus serrés, ainsi qu'il est aysé a iuger de ce qu'il est plus dur & plus pesant, on peut bien penser qu'il doit causer ses reflexions encore plus fortes, & par consequent donner passage a moins de rayons que ne fait ny l'air ny le verre ; bien que cependant il le donne plus libre a ceux ausquels il le donne, suivant ce qui a esté dit cy dessus.

Ayant donc choisi le verre le plus pur, le moins coloré, & celuy qui cause le moins de reflexion qu'il est possible, si on veut par son moyen corriger le défaut de ceux qui ne voyent pas si bien les objets vn peu esloignés que les proches, ou les proches que les esloignés, les figures les plus propres a cet effect sont celles qui se tracent par des hyperboles. Comme, par exemple, l'œil B, ou C, estant disposé a faire que tous les rayons, qui viennent du point H, ou I, s'assemblent exactement au milieu de son fonds, & non pas ceux du point V, ou X, il faut, pour luy faire voir distinctement l'objet qui est vers V, ou X, mettre entre deux le verre O, ou P, dont les superficies, l'une conuexe & l'autre concaue, ayent les figures tracées par deux hyperboles qui soient telles qu'H, ou I, soit le point



skla do vzduchu, tak se odrazí a vrátí dovnitř do skla, protože narazí na pevné částice povrchu vzduchu, neboť ve vzduchu je také mnoho částic, které lze označit za pevné ve srovnání s touto jemnou látkou. Uvážíme-li dále, že pevné částice krystalu jsou ještě větší než pevné částice skla a že póry jsou tam sevřenější, pak lze snadno usoudit z tvrdosti a váhy krystalu, že musí způsobovat odrazy mnohem silnější, a že v důsledku toho dovoluje procházet méně paprskům než sklo nebo vzduch, ačkoli těm, které propustí, dá průchod volnější, v souladu s tím, co bylo řečeno výše.

Když jsme tedy vybrali nejčistší a nejméně zbarvené sklo, způsobující co nejméně odrazů, a chceme-li pomocí něj napravit vadu těch, kteří nevidí předměty vzdálenější tak dobře jako předměty blízké, nebo blízké tak dobře jako vzdálenější, pak nejvhodnějšími tvary k tomuto účelu jsou ty, které jsou kresleny hyperbolami. Například oko B, nebo C má takový tvar, že ohýbá všechny paprsky přicházející z bodu H, nebo I tak, že se soustředí přesně doprostřed jeho pozadí, ne však paprsky, které přicházejí z bodu V, nebo X; pak k tomu, aby vidělo zřetelněji předmět, který je v bodě V, nebo X, je třeba vložit mezi oko a předmět sklo O, nebo P, jehož povrchy, jeden konvexní a druhý konkávní, mají tvary kreslené dvěma takovými

bruslant de la concaue, qui doit estre tournée vers l'œil, & V, ou X, celui de la conuexe.

Et si on suppose le point I, ou V, assés esloigné, comme seulement a quinze ou vingt pieds de distance, il suffira, au lieu de l'hyperbole dont il deuroit estre le point bruslant, de se seruir d'une ligne droite, & ainsi de faire l'une des superficies du verre toute plate ; a sçavoir l'interieure qui regarde vers l'œil, si c'est I qui soit assés esloigné ; ou l'exterieure, si c'est V. Car lors vne partie de l'obiet, de la grandeur de la prunelle, pourra tenir lieu d'un seul point, a cause que son image n'occupera gueres plus $\|_{199}$ d'espace au fonds de l'œil, que l'extremité de l'un des petits filets du nerf optique. Et mesme il n'est pas besoin de se seruir de verres differens a chasque fois qu'on veut regarder des objets vn plus ou moins esloignés l'un que l'autre ; mais c'est assés, pour l'usage, d'en auoir deux, dont l'un soit proportionnés a la moindre distance des choses qu'on a coutume de regarder, & l'autre a la plus grande ; ou mesme seulement d'en auoir vn, qui soit moyen entre ces deux. Car les yeux ausquels on les veut approprier, n'estans point tout a fait inflexibles, peuuent aysement assés changer leur figure, pour l'accomoder a celle d'un tel verre.

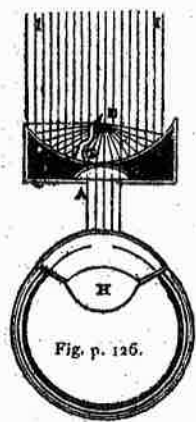
Que si on veut, par le moyen aussy d'un seul verre, faire que les objets accessibles, c'est a dire ceux qu'on peut approcher de l'œil autant qu'on veut, paroissent beaucoup plus grands, & se voyent beaucoup plus distinctement que sans lunettes, le plus commode sera de faire celle des superficies de ce verre qui doit estre tournée vers l'œil toute plate, & donner a l'autre la figure d'une hyperbole, dont le point bruslant soit au lieu où on voudra mettre l'obiet. Mais notés que ie dis le plus commode, car l'aduoue bien que, donnant a la superficie de ce verre la figure d'une ellipse, dont le point bruslant soit aussy au lieu où on voudra mettre l'obiet, & a l'autre celle d'une partie de Sphere, dont le centre soit au mesme lieu que ce point

hyperbolami, že H, nebo I je ohniskem konkávního povrchu, který musí být obrácen k oku, a V, nebo X, ohniskem povrchu konvexního.

A předpokládáme-li, že je bod I, nebo V dosti vzdálen, například patnáct nebo dvacet stop, bude stačit místo hyperboly, jejímž ohniskem musí být, použít přímku, a tím učinit jeden z povrchů skla naprosto rovinným, totiž povrch vnitřní, který je obrácen k oku, je-li to bod I, který je vzdálený; nebo vnější, pokud je to bod V. Neboť jestliže jedna část předmětu ve velikosti zřítelnice může zaujímat jeden jediný bod, zaujme její obraz na pozadí oka místo ne větší než koneček jednoho z vláček optického nervu. A podobně není zapotřebí používat odlišná skla pokaždé, když chceme prohlížet předměty, které jsou více nebo méně vzdálené, nýbrž stačí k tomu mít dvě skla, z nichž jedno je úměrné nejmenší vzdálenosti od věci, které obvykle prohlížíme, a druhé vzdálenosti největší. Nebo je dokonce možno mít jen jedno, které je prostřední mezi oběma. Oči, pro něž je chceme použít, nejsou totiž zcela nepružné a mohou snadno měnit svůj tvar a přizpůsobovat se tvaru takového skla.

Chceme-li také použitím jednoho jediného skla dosáhnout toho, aby se dostupné předměty, to jest ty, které můžeme libovolně přiblížit k oku, jevily mnohem větší a bylo je vidět zřetelněji než bez přiblížovacího skla, bude nejvýhodnější udělat povrch tohoto skla, který má být obrácen k oku, zcela rovinným a druhému dát tvar hyperboly, jejíž ohnisko je v tom místě, kam chceme položit předmět. Všimněte si však, že říkám nejvýhodnější, neboť připouštím, že dáme-li povrchu tohoto skla tvar elipsy, jejíž ohnisko bude rovněž v místě, kam chceme položit předmět, a druhému dáme tvar sféry, jejíž střed je na téměř místě

bruslant, l'effect en pourra estre vn peu plus grand ; mais en reuanche vn tel verre ne pourra pas si commodement estre taillé. Or ce point bruslant, soit de l'hyperbole, soit de l'ellipse, doit estre si proche que, l'obiet, qu'il faut supposer \parallel_{200} fort petit, y estant mis, il ne reste, entre luy & le verre, que iustement autant d'espace qu'il en faut pour donner passage a la lumiere qui doit l'esclairer. Et il faut enchasser ce verre en telle sorte, qu'il n'en reste rien de découuert que le milieu, qui soit enuiron de pareille grandeur que la prunelle, ou mesme vn peu plus petit ; & que la matiere en quoy il sera enchassé soit toute noire du costé qui doit estre tourné vers l'œil, où mesme aussy il ne sera pas inutile qu'elle soit garnie tout autour d'un bord de panne ou velours noir, afin qu'on la puisse commodement appuier tout contre l'œil, & ainsi empescher qu'il n'aille vers luy aucune lumiere, que par l'ouuerture du verre. Mais en dehors il sera bon qu'elle soit toute blanche, ou plustotst toute polie, & qu'elle ait la figure d'un miroir creux, en sorte qu'elle renuoye sur l'obiet tous les rayons de la lumiere qui viennent vers elle. Et pour



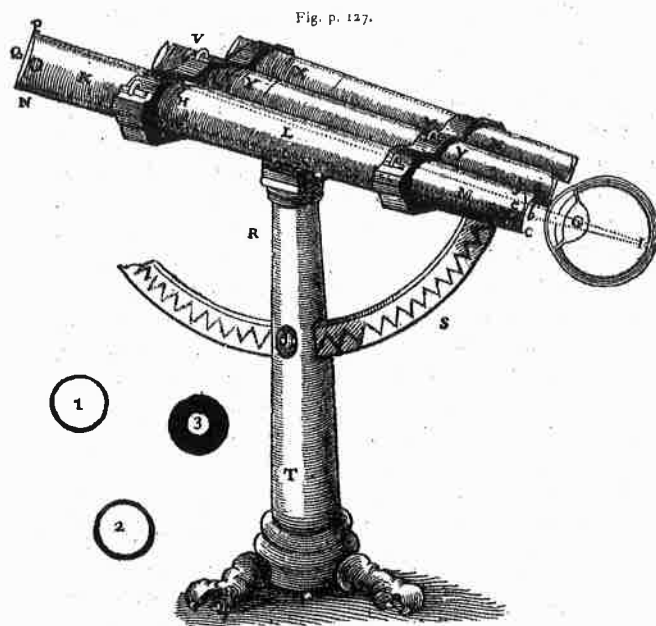
soustenir cet obiet en l'endroit où il doit estre posé pour estre vû, ie ne desapprouue pas ces petites fioles de verre ou de cristal fort transparent, dont l'vsage est desia en France assés commun. Mais, pour rendre la chose plus exacte, il vaudra encore mieux qu'il y soit tenu ferme par vn ou deux petits ressorts en forme de bras, qui sortent du chassis de la lunete. Enfin, pour ne manquer point de lumiere, il faudra, en regardant cet obiet, le tourner tout droit vers le soleil. Comme si

A est le verre, C la partie interieure de la matiere en laquelle \parallel_{201} il est enchassé, D l'exterieure, E l'obiet, G

jako toto ohnisko, může být účinek o něco větší. Takové sklo ale nelze tak snadno vybrousit. Toto ohnisko, ať už hyperboly nebo elipsy, musí totiž být tak blízko, aby mezi předmětem, o němž předpokládám, že je velmi malý, a který umístíme do ohniska, a sklem zbylo jen tolik prostoru, kolik je nutno k tomu, aby tam proniklo světlo, které jej má osvětlit. A toto sklo je třeba zasadit tak, aby nezakrytý zůstal jen střed, který musí být zhruba té velikosti, jakou má zřítelnice, nebo i o něco menší, a látka, do níž má být zasazeno, musí být zcela černá z té strany, která má být obrácená k oku, ba dokonce není neúčinné opatřit okraje černým aksamitem nebo sametem, aby bylo možno sklo pohodlněji přitlačit k oku a zabránit tomu, aby do oka pronikalo jiné světlo než otvorem skla. Na druhé straně bude však vhodné, aby bylo z vnější strany zcela bílé, nebo spíše dokonale vyleštěné, a aby mělo tvar dutého zrcadla, a odráželo tak na předmět všechny paprsky světla, které k němu přijdou. A co se týče uchycení předmětu na tom místě, kde má být umístěn k prohlížení, nemám námitek proti malým lahvičkám z velmi průhledného skla nebo krystalu, které se už ve Francii běžně používají. Abychom však dosáhli větší přesnosti, bylo by ještě lépe, kdyby byl předmět pevně uchycen pomocí dvou vzpruh ve tvaru ruček vycházejících z obruby skla. A nakonec, aby nám nechybělo světlo, je třeba při prohlížení předmětu jej obrátit přímo proti slunci. Například je-li A sklo, C vnitřní část látky, do níž je zasazeno, D část vnější,

le petit bras qui le soustient, H l'œil, & I le soleil, dont les rayons ne vont point en l'œil directement, a cause de l'interposition tant de la lunete que de l'obiet ; mais, donnans contre le cors blanc, ou le miroir D, ils se reflexissent premieremnt de là vers E, puis d'E ils se reflexissent vers l'œil.

Que si on veut faire vne lunete, la plus parfaite qui puisse estre, pour seruir a voir les Astres ou autres obiets fort esloignés & inaccessibles, on la doit composer de deux verres hyperboliques, l'un conuexe & l'autre concaue, mis dans les deus bouts d'un tuyau en la façon que vous voyés



icy representée. Et, premierement, *abc*, la superficie du verre concaue, *abcdef*, doit auoir la figure d'une hyperbole, qui ait son point bruslant a la distance a laquelle l'œil, pour lequel on prepare cete lunete, peut voir le plus distinctement ses obiets. Comme icy, l'œil G estant dis-

posé a voir plus distinctement les obiets qui sont vers H qu'aucuns autres, H doit estre le point bruslant de l'hyperbole *abc* ; & pour les vieillars, qui voyent mieux les obiets fort esloignés que les proches, cete superficie *abc* doit estre toute plate ; au lieu que, pour ceux qui ont la veuë fort courte, elle doit estre assés concaue. Puis l'autre superficie *def* doit auoir la figure d'une autre hyperbole, dont le point bruslant I soit esloigné d'elle de la largeur d'un pouce, ou enuiron, en sorte qu'il se rencontre vers le fonds de l'œil, lors que ce verre est appliqué

E předmět, G ručka, která jej přidržuje, H oko a I slunce, jehož paprsky nevstupují do oka přímo, protože je jim do cesty vloženo jak sklo, tak předmět, ale nejdříve dopadají na bílé těleso, nebo zrcadlo D, odrážejí se nejprve k E, a pak se od E odrážejí k oku.

Chceme-li zhotovit co nejdokonalejší dalekohled, abychom jím mohli vidět hvězdy a jiné velmi vzdálené a nedostupné předměty, je třeba složit dvě hyperbolická skla, jedno konvexní a druhé konkávní, a umístit je na oba konce trubice způsobem, který zde vidíte znázorněný. Nejprve, *abc*, povrch konkávního skla *abcdef*, musí mít tvar hyperboly, která má své ohnisko v té vzdálenosti, v níž oko, pro něž připravujeme tento dalekohled, může vidět nejzřetelněji své předměty. Například zde je oko G uzpůsobeno k zřetelnějšímu vidění předmětů, které jsou v H, než předmětů jiných, takže H musí být ohniskem hyperboly *abc*. A pro staré lidi, kteří vidí předměty vzdálené lépe, než předměty blízké, musí být tento povrch *abc* zcela rovinný; zatímco pro ty, kteří jsou krátkozrací, musí být dost konkávní. A dále, druhý povrch *def* musí mít tvar jiné hyperboly, jejíž ohnisko I je od ní vzdáleno na vzdálenost palce, nebo přibližně tak, aby se ocitlo na pozadí oka, kdyby se toto sklo přímo dotklo povrchu oka. Všim-

tout contre sa superficie. Notés toutes fois que ces proportions ne sont pas si absolument nécessaires, qu'elles ne puissent beaucoup estre changées, ||₂₀₂ en sorte que, sans tailler autrement la superficie *abc*, pour ceux qui ont la veuë courte ou longue, que pour les autres, on peut assés commodement se servir d'une mesme lunete pour toutes sortes d'yeux, en allongeant seulement ou accourcissant le tuyau. Et pour la superficie *def*, peutestre qu'a cause de la difficulté qu'on aura a la creuser tant comme i'ai dit, il sera plus aysé de luy donner la figure d'une hyperbole, dont le point bruslant soit vn peu plus esloigné : ce que l'experience enseignera mieux que mes raisons. Et ie puis ||₂₀₃ seulement dire en general que, les autres choses estant esgales, d'autant que ce point I sera plus proche, d'autant les obiets paroistront plus grands, a cause qu'il faudra disposer l'œil comme s'ils estoient plus près de luy ; & que la vision pourra estre plus forte & plus claire, a cause que l'autre verre pourra estre plus grand ; mais qu'elle ne sera pas si distincte, si on le rend par trop proche, a cause qu'il y aura plusieurs rayons qui tomberont trop obliquement sur sa superficie au pris des autres. Pour la grandeur de ce verre, la portion qui en demeure découuerte, lors qu'il est enchassé dans le tuyau KLM, n'a besoin d'exceder que de fort peu la plus grande ouuerture de la prunelle. Et pour son epaisseur, elle ne scauroit estre trop petite ; car, encore qu'en l'augmentant on puisse faire que l'image des obiets soit vn peu plus grande, a cause que les rayons qui viennent de diuers points s'escartent vn peu plus du costé de l'œil, on fait aussy en reuanche qu'ils paroissent en moindre quantité & moins clairs ; & l'auantage de faire que leurs images deuiennent plus grandes, se peut mieux gagner par autre moyen. Quant au verre conuexe NOPQ, sa superficie NQP, qui est tournée vers les obiets, doit estre toute plate ; & l'autre, NOP, doit auoir la figure d'une hyperbole, dont le point bruslant I tombe exactement au

něte si však, že tyto proporce nejsou tak absolutně nutné, aby se nemohly dosti měnit, takže aniž bychom vybrušovali povrch *abc* pro krátkozraké nebo dalekozraké jinak než pro ostatní, lze zcela pohodlně použít též dalekohled pro všechny druhy očí prostě prodloužením, nebo zkrácením jeho trubice. Vzhledem k potížím s vyhloubením povrchu *def* bude snadnější mu dát tvar hyperboly, jejíž ohnisko je trochu vzdálenější, což vás zkušenost naučí lépe než mé úvahy. Mohu říci pouze obecně, že při zachování ostatních věcí, čím blíže bude bod I, tím se budou předměty zdát být většími, protože je třeba uzpůsobit oko tak, jako kdyby mu byly blíže, a že vidění může být silnější a jasnější, protože druhé sklo může být větší, ale nebude tak zřetelné, dáme-li sklo příliš blízko, protože bude mnoho paprsků, které padnou velmi šikmo na jeho povrch ve srovnání s jinými. Co se týče velikosti tohoto skla, pak ta část, která zůstává nezakrytá při zasazení do trubice KLM, nemusí přesahovat více než o kousek největší otevření zřítelnice. A co se jeho tloušťky týče, nemůže být příliš malá, i když její zvětšení způsobí, že obrazy předmětů budou o trochu větší, neboť ty paprsky, které přicházejí z různých bodů, se poněkud více rozptýlí ke stranám oka, avšak za cenu toho, že se budou jevit v horší kvalitě a méně jasně; výhody větších obrazů lze lépe dosáhnout jiným prostředkem. Co se týče konvexního skla NOPQ, musí být povrch NQP, který je obrácen k předmětům, zcela rovinný, a povrch druhý, NOP, musí mít tvar hyperboly, jejíž ohnisko I padne přesně do téhož místa jako

mesme lieu que celuy de l'hyperbole *def* de l'autre verre, & soit d'autant plus esloigné du point O qu'on veut auoir vne lunete plus parfaite. En suite de quoy la grandeur de son diametre NP se determine par les deux lignes droites *IdN* & *IfP*, tirées du point bruslant I par *d* & *f*, les extremités du diametre du verre hyperbolique ||₂₀₄ *def*, que ie suppose esgaler celuy de la prunelle. Où toutesfois il faut remarquer qu'encore que le diametre de ce verre NOPQ soit plus petit, les obiets n'en paroistront que d'autant plus distincts, & n'en paroistront pas moindres pour cela, ny en moindre quantité, mais seulement moins esclairés. C'est pourquoy, lors qu'ils le sont trop, on doit auoir diuers cercles de carton noir, ou autre telle matiere, comme 1, 2, 3, pour couvrir ses bords, & le rendre par ce moyen le plus petit que la force de la lumiere qui vient des obiets pourra permettre. Pour ce qui est de l'epaisseur de ce verre, elle ne peut de rien profiter, ny aussy de rien nuire, sinon en tant que le verre n'est iamais si pur & si net, qu'il n'empesche tousiours le passage de quelque peu plus de rayons que ne fait l'air. Pour le tuyau KLM, il doit estre de quelque matiere assés ferme & solide, afin que les deux verres enchassés en ses deux bouts y retiennent tousiours exactement leur mesme situation. Et il doit estre tout noir par le dedans, & mesme auoir vn bord de pane ou velours noir vers M, affin qu'on puisse, en l'appliquant tout contre l'œil, empescher qu'il n'y entre aucune lumiere que par le verre NOPQ. Et pour sa longueur & sa largeur, elles sont assés determinées par la distance & la grandeur des deux verres. Au reste, il est besoin que ce tuyau soit attaché sur quelque machine, comme RST, par le moyen de laquelle il puisse estre commodement tourné de tous costés, & aresté vis a vis des obiets qu'on veut regarder. Et, a cet effect, il doit y auoir aussy vne mire ou deux pinnules, comme V, V, sur cete machine ; & mesme, outre cela, pource que, d'autant que ces lunettes font ||₂₀₅ que les obiets

ohnisko hyperboly *def* druhého skla, a bude tím vzdálenější od bodu O, čím dokonalejší dalekohled chceme mít. V důsledku čehož se její průměr NP určuje dvěma úsečkami *IdN* a *IfP*, vedenými z ohniska I body *d* a *f*, což jsou krajní body diametru hyperbolického skla *def*, o němž předpokládám, že je roven průměru zřítelnice. Je však třeba poznamenat, že čím menší je průměr tohoto skla NOPQ, tím se v něm předměty jeví být zřetelnější a nejeví se v něm být kvůli tomu ani menší, ani v menší kvantitě, nýbrž jen méně osvětlené. Právě proto je třeba v případě jejich přílišného osvětlení mít připraveny různé kroužky černého papíru nebo nějakého podobného materiálu, například 1, 2, 3, aby se mohly zakrýt okraje skla NOPQ, a tím toto osvětlení zmenšit natolik, nakolik to síla světla přicházejícího od předmětů dovolí. A co se tloušťky tohoto skla týče, ta nemůže ani nic zlepšit, ani nic zhoršit, pokud je toto sklo tak čisté a průzračné, že nebrání průchodu paprsků o nic víc než vzduch. Trubice KLM musí být z nějakého tvrdého a pevného materiálu, aby obě skla, zasazená na jejích koncích, zůstávala vždy přesně v téže poloze. Zevnitř musí být zcela černá a u M mít okraje z aksamitu nebo sametu, aby při přiložení k oku zabránila pronikání jiného světla než sklem NOPQ. A co se její délky a šířky týče, ty jsou určeny dostatečně vzdáleností a velikostí obou skel. Nakonec je třeba, aby byla tato trubice připevněna k nějakému stroji, například RST, pomocí něž ji lze otáčet na kteroukoli stranu a upevnit ji v poloze směrem k předmětům, které chceme pozorovat. Za tímto účelem musí být na tomto stroji muška nebo dva hledáčky, například V, V. Kromě toho, protože tyto dalekohledy způsobují, že se předměty zdají být větší,

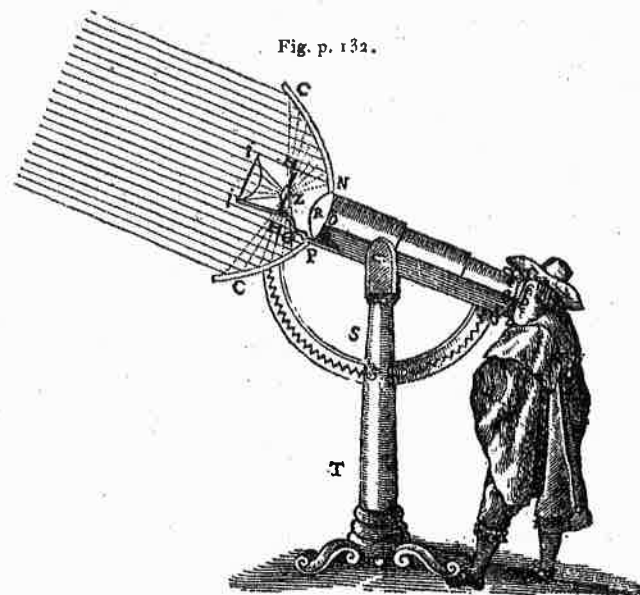
paroissent plus grands, d'autant en peuvent elles moins faire voir a chasque fois, il est besoin d'en ioindre avec les plus parfaittes quelques autres de moindre force, par l'ayde desquelles on puisse, comme par degrés, venir a la connoissance du lieu où est l'obiet que ces plus parfaittes font apreueoir. Comme sont icy XX & YY, que ie suppose tellement aiustées avec la plus parfaite QLM, que, si on tourne la machine en telle sorte que, par exemple, la planete de Iupiter paroisse au trauers de deus pinnules V, V, elle paroistra aussy au trauers de la lunete XX, par laquelle, outre Iupiter, on pourra aussy distinguer ces autres moindres planetes qui l'accompaignent ; si on fait que quelqu'une de ces moindres planetes se rencontre iustement au milieu de cete lunete XX, elle se verra aussy par l'autre YY, où paroissant seul & beaucoup plus grande que par la precedente, on y pourra distinguer diuerses regions : & derechef, entre ces diuerses regions, celle du milieu se verra par la lunete KLM, & on y pourra distinguer plusieurs choses particulieres par son moyen ; mais on ne pourroit scauoir que ces choses fussent en tel endroit de la telle des planetes qui accompaignent Iupiter, sans l'ayde des deux autres, ny aussy la disposer a monstrier ce qui est en tout autre endroit determiné vers lequel on veut regarder.

On pourra encore adiouster vne ou plusieurs autres lunettes plus parfaittes avec ces trois, au moins si l'artifice des hommes peut passer si auant. Et il n'y a point de difference entre la façon de ces plus parfaittes & de celles qui le sont moins, sinon que leur ^{||206} verre conuexe doit estre plus grand, & leur point bruslant plus esloigné. En sorte que, si la main des ouuriers ne nous manque, nous pourrons par cete inuention voir des obiets aussy particuliers & aussy petits, dans les Astres, que ceux que nous voyons communement sur la terre.

pak k tomu, aby je bylo možno vidět pokaždé, je třeba připojit k nejdokonalejšímu z nich nějaké další dalekohledy menší síly, pomocí nichž lze postupně dospět až k poznání místa, kde se nachází předmět, který tyto nejdokonalejší dalekohledy dovolují vidět. Zde například to jsou XX a YY, o nichž předpokládám, že jsou tak spjaty s nejdokonalejším dalekohledem QLM, že obrátíme-li stroj kupříkladu tak, že v obou hledáčkách V, V vidíme planetu Jupiter, bude také vidět dalekohledem XX, jímž lze kromě Jupitera rozlišit také jiné menší planety, které jej doprovázejí. A jestliže dosáhneme toho, aby se některá z těchto malých planet ocitla přesně uprostřed tohoto dalekohledu XX, bude ji také vidět dalším dalekohledem YY, kde bude už sama, a protože bude větší než v případě předchozím, bude na ní možno rozlišit různé oblasti. A znovu, mezi těmito různými oblastmi bude oblast prostřední viditelná dalekohledem KLM a bude v ní možno tímto dalekohledem rozlišit více jednotlivých věcí. Bez pomoci obou ostatních dalekohledů by však nebylo možno vědět, že tyto věci jsou na tomto místě té z planet, které doprovázejí Jupitera, ani namířit tento dalekohled na to určité místo, které chceme pozorovat.

K těmto třem dalekohledům by bylo možno připojit několik dalších ještě dokonalejších dalekohledů, kdyby to lidská obratnost dokázala. A mezi těmito dokonalejšími dalekohledy a dalekohledy méně dokonalými není žádný jiný rozdíl než ten, že jejich konvexní sklo musí být větší a jejich ohnisko vzdálenější. Takže nechybí-li nám ruka řemeslníků, mohli bychom tímto vynálezem vidět na hvězdách předměty tak jednotlivé a tak malé jako ty, které běžně vidíme na zemi.

Enfin, si on veut auoir vne lunete qui face voir les obiets proches & accessibles le plus distinctement qu'il se peut, & beaucoup plus que celle que i'ay tantost descrite pour mesme effect, on la doit aussy composer de deux verres hyperboliques, l'un concaue & l'autre conuexe, enchassés dans les deux bouts d'un tuyau, & dont le concaue *abcdef* soit tout semblable a celui de la precedente, comme aussy *NOP*, la superficie interieure du conuexe.



Mais, pour l'exterieure *NRP*, au lieu qu'elle estoit toute plate, elle doit icy estre fort conuexe, & auoir la figure d'une hyperbole, dont le point bruslant exterior *Z* soit si proche que, l'obiet y estant mis, il ne reste entre luy & le verre qu'autant d'espace qu'il en faut pour donner passage a la lumiere qui doit l'esclairer. Puis le diametre de ce verre n'a pas besoin d'estre si grand que pour la lunete precedente, ny ne doit pas aussy estre si petit que celui du verre *A* de l'autre d'aparauant ; mais il doit a peu prés

estre tel que la ligne droite *NP* passe par le point bruslant interieur de l'hyperbole *NRP* : car, estant moindre, il receuroit moins de rayons de l'obiet *Z* ; & estant plus grand, il n'en receuroit que fort peu dauantage ; en sorte que, son epaisseur deuant estre a proportion beaucoup plus augmentée qu'aparauant, elle ||₂₀₇ leur osteroit bien autant de leur force que sa grandeur leur en donneroit, &, outre cela, l'obiet ne pourroit pas estre tant esclairé. Il sera bon aussy de poser cete lunete sur quelque machine comme *ST*,

Konečně, chceme-li mít mikroskop, který dovoluje vidět blízké a dostupné předměty tak zřetelně, jak je to jen možné a mnohem větší než v přístroji, který jsem popsal dříve, je třeba také složit dvě hyperbolická skla, jedno konkávní a druhé konvexní, a zasadit je do obou konců trubice. Konkávní sklo *abcdef* se zcela podobá předcházejícímu, například *NOP*, vnitřnímu povrchu konvexního skla. Avšak co se týče vnějšího povrchu, *NRP*, místo toho, aby bylo naprosto rovinné, musí zde být velmi konvexní a mít tvar hyperboly, jejíž vnější ohnisko *Z* musí být tak blízko, aby když se do něj umístí pozorovaný předmět, zůstane mezi ním a sklem jen tolik prostoru, kolik je třeba k tomu, aby tam proniklo světlo, které má tento předmět osvětlit. Dále, průměr tohoto skla nepotřebuje být tak velký jako pro dalekohled, ani nemusí být tak malý, jako je průměr druhého skla *A* z případu výše. Musí však být zhruba takový, aby přímka *NP* procházela vnitřním ohniskem hyperboly *NRP*: kdyby byl menší, dostávala by od předmětu *Z* méně paprsků, a kdyby byl větší, dostávala by jich jen o málo více. Takže tloušťka tohoto skla by musela být úměrně mnohem větší, než tomu bylo dříve, a odníkala by paprskům tolik jejich síly, kolik jim dá jeho velikost, a navíc by tento předmět nemohl být tak osvětlený. Bude také vhodné umístit tento mikroskop na nějaký

qui la tiene directement tournée vers le soleil. Et il faut enchasser le verre NOPR dans le milieu d'un miroir creux parabolique, comme CC, qui rassemble tous les rayons du soleil du point Z, sur l'objet qui doit y estre soustenu par le petit bras G, qui sorte de quelque endroit de ce miroir. Et ce bras doit aussy soustenir, autour de cet objet, quelque cors noir & obscur, comme HH, iustement de la grandeur du verre NOPR, afin qu'il empesche qu'aucuns des rayons du soleil ne tombent directement sur ce verre ; car, de là, entrans dans le ||₂₀₈ tuyau, quelques vns d'eux se pourroient reflexchir vers l'œil & affoiblir d'autant la vision, pource qu'encore que ce tuyau doive estre tout noir par le dedans, il ne le peut estre toutesfois si parfaitement que la matiere ne cause tousiours quelque peu de reflexion, lorsque la lumiere est fort viue, ainsi qu'est celle du soleil. Outre cela, ce cors noir HH doit auoir vn trou au milieu, marqué Z, qui soit de la grandeur de l'objet, afin que, si cet objet est en quelque façon transparent, il puisse aussy estre éclairé par les rayons qui viennent directement du soleil ; ou mesme encore, si besoin est, par ces rayons ramassés au point Z par vn verre bruslant, comme II, de la grandeur du verre NOPR, on sorte qu'il viene de tous costés autant de lumiere sur l'objet, qu'il en peut souffrir sans en estre consumé. Et il sera aysé de couvrir vne partie de ce miroir CC, ou de ce verre II, pour empescher qu'il n'y en puisse venir trop. Vous voyés bien pourquoy i'ay icy tant de soin de faire que l'objet soit fort éclairé, & qu'il viene beaucoup de ses rayons vers l'œil ; car le verre NOPR, qui en cete lunete fait l'office de la prunelle, & dans lequel se croisent ceux de ces rayons qui viennent de dieurs poins, estant beaucoup plus proche de l'objet que de l'œil, est cause qu'ils s'estendent, sur les extremités du nerf optique, en vn espace beaucoup plus grand que n'est la superficie de l'objet d'où ils viennent ; & vous scaués qu'ils y doiuent auoir d'autant moins de force

stroj, například ST, který jej bude udržovat obrácený ke Slunci. A sklo NOPR je třeba zasadit doprostřed nějakého dutého parabolického zrcadla, například CC, které soustřeďuje všechny sluneční paprsky do bodu Z na předmět, jenž musí tam být přichycen ručičkou G, vycházející z nějakého místa tohoto zrcadla. A tato ručička musí také přidržovat kolem tohoto předmětu něco černého a temného, například HH, přesně o velikosti skla NOPR, aby se zabránilo tomu, že by nějaké sluneční paprsky dopadaly přímo na toto sklo; neboť odtud by se mohly některé z nich při vstupu do trubice odrazit k oku a oslabit vidění, protože i když tato trubice musí být zevnitř černá, nemůže být tak dokonalá, aby její materiál nezpůsobil vždy několik málo odrazů, je-li světlo dosti silné, tak jak je tomu u světla slunečního. Kromě toho musí mít černé těleso HH uprostřed otvor Z velikosti předmětu, aby pokud je tento předmět nějakým způsobem průhledný, mohl být rovněž osvětlen paprsky, které přicházejí přímo od slunce, nebo dokonce, je-li třeba, těmito paprsky soustředěnými do bodu Z zápalným sklem, například II, o velikosti skla NOPR, tak, aby ze všech stran přicházelo tolik světla na předmět, kolik jich může snést, aniž by shořel. A bude snadné pokrýt jednu část skla CC, nebo skla II k zabránění tomu, aby světla nepřicházelo příliš. Vidíte dobře, proč jsem se tolik staral o to, aby byl předmět velmi osvětlený a aby do oka přicházelo mnoho z jeho paprsků, neboť sklo NOPR, které v tomto mikroskopu plní funkci zřítelnice a v němž se kříží ty z paprsků, které přicházejí z různých bodů, je mnohem blíže předmětu než oku, a tím je příčinou toho, že se tyto paprsky rozprostírají na konečcích optického nervu v prostoru mnohem větším, než je povrch předmětu, z něž přicházejí. A víte, že mají tím

qu'ils y sont plus estendus, comme on voit, au contraire, qu'estans rassemblés en vn plus petit espace par vn miroir ou verre bruslant, ils en ont plus. Et c'est de là que depend la longueur $||_{209}$ de cete lunete, c'est a dire la distance qui doit estre entre l'hyperbole NOP & son point bruslant. Car, d'autant qu'elle est plus longue, d'autant l'image de l'obiet est plus estendue dans le fonds de l'œil, ce qui fait que toutes ses petites parties y sont plus distinctes. Mais cela mesme affoiblist aussy tellement leur action, qu'enfin elle ne pourroit plus estre sentie, si cete lunete estoit par trop longue. En sorte que sa plus grande longueur ne peut estre determinée que par l'experience, & mesme elle varie, selon que les obiets peuuent plus ou moins auoir de lumiere, sans en estre consumés. Je sçay bien qu'on pourroit encore adiouster quelques autres moyens pour rendre cete lumiere plus forte ; mais, outre qu'ils seroient plus malaysés a mettre en pratique, a peine troueroit on des obiets qui en peussent souffrir dauantage. On pourroit bien aussy, au lieu du verre hyperbolique NOPR, en trouuer d'autres qui receuroient quelque peu plus grande quantité de rayons ; mais, ou ils ne feroient pas que ces rayons, venans de diuers poins de l'obiet, s'assemblassent si exactement vers l'œil en autant d'autres diuers poins ; ou il faudroit y employer deux verres au lieu d'un, en sorte que la force de ces rayons ne seroit pas moins diminuée par la multitude des superficies de ces verres, qu'elle seroit augmentée par leurs figures ; & enfin l'execution en seroit de beaucoup plus difficile. Seulement vous veus-ie encore auertir que, ces lunettes ne pouuant estre appliquées qu'a vn seul œil, il sera mieux de bander l'autre, ou le couvrir de quelque voile fort obscur, afin que sa prunelle demeure la plus ouuerte qu'il se pourra, que de $||_{210}$ le laisser exposé a la lumiere, ou de le fermer par l'ayde des muscles qui meuuent ses paupieres ; car il y a ordinairement telle connexion entre les deux yeux, que l'un

méně síly, čím více jsou rozprostraněné, a naopak, jsou-li soustředěny do menšího prostoru zrcadlem nebo zápalným sklem, mají této síly více. A právě na tom závisí délka tohoto mikroskopu, to jest vzdálenost, která musí být mezi hyperbolou NOP a jejím ohniskem. Čím je totiž tato délka větší, tím rozsáhlejší je na pozadí oka obraz předmětu, což způsobuje, že všechny malé části jsou zřetelnější. To však také jeho akci oslabuje natolik, že nakonec nemůže už být pocítována, je-li tento mikroskop příliš dlouhý. Takže jeho největší délka se dá stanovit jen zkušeností a mění se s tím, kolik světla předměty snesou, aniž by shořely. Vím dobře, že lze přidat další prostředky pro zesílení světla, ale kromě toho, že se s obtížemi uvádějí do praxe, stěží se naleznou předměty, které by je snesly. Bylo by též možné nalézt místo hyperbolického skla NOPR skla jiná, která přijímají o něco větší množství paprsků, ta však buďto nezpůsobují, že se paprsky přicházející z různých bodů předmětu soustředí tak přesně v oku do stejného počtu jiných různých bodů, nebo se musí použít dvě skla místo jednoho, takže se síla těchto paprsků oslabí množstvím povrchů těchto skel více, než se zvýší jejich tvary. A konečně by jejich zhotovení bylo mnohem obtížnější. Chtěl bych vás však pouze upozornit, že se tyto mikroskopy dají použít jen pro jedno oko, takže druhé je lépe zavázat, nebo jej zakrýt nějakým velmi tmavým závojem, aby jeho zřítelnice zůstala co nejvíce otevřená, než nechat toto oko vystavené světlu nebo ho zavřít pomocí svalů, které pohybují víčky. Spojení obou očí je totiž obvykle takové, že

ne sçauroit gueres se mouuoir en aucune façon, que l'autre ne se dispose a l'imiter. De plus, il ne sera pas inutile, non seulement d'appuier cete lunete tout contre l'œil, en sorte qu'il ne puisse venir vers luy aucune lumiere que par elle, mais aussy d'auoir auparauant attendri sa veuë en se tenant en lieu obscur, & d'auoir l'imagination disposée comme pour regarder des choses fort esloignées & fort obscures, afin que la prunelle s'ouure d'autant plus, & ainsi qu'on en puisse voir vn obiet d'autant plus grand. Car vous sçaués que cete action de la prunelle ne suit pas immediatement de la volonté qu'on a de l'ouuir, mais plustost de l'idée ou du sentiment qu'on a de l'obscurité & de la distance des choses qu'on regarde.

Au reste, si vous faites vn peu de reflexion sur tout ce qui a esté dit cy dessus, & particulièrement sur ce que nous auons requis de la part des organes exterieurs pour rendre la vision la plus parfaite qu'elle puisse estre, il ne vous sera pas malaysé a entendre que, par ces diuerses façons de lunettes, on y adiuste tout ce que l'art y peut adiuster, sans qu'il soit besoin que ie m'arreste a vous en deduire la preuue plus au long. Il ne vous sera pas malaysé non plus a connoistre que toutes celles qu'on a euës iusques icy n'ont pû aucunement estre parfaittes, vû qu'il y a très grande difference entre la ligne circulaire & l'hyperbole, & qu'on a seulement tasché, en les faisant, a se seruir de celle là, pour les effects ausquels i'ay démontré ||₂₁₁ que celle cy estoit requise. En sorte qu'on n'a iamais sceu rencontrer que lors qu'on a failli si hereusement, que, pensant rendre spheriques les superficies des verres qu'on a taillés, on les a rendues hyperboliques, ou de quelqu'autre equiuallente. Et cecy a principalement empesché qu'on n'ait pû bien faire les lunettes qui seruent a voir les obiets inaccessibles ; car leur verre conuexe doit estre plus grand que celui des autres ; &, outre qu'il est moins aysé de rencontrer en beaucoup qu'en peu, la difference qui est entre la figure

se jedno oko nemůže vůbec polhnout, aniž by ho druhé nenapodobilo. Navíc není neúčinné nejen tento mikroskop přiložit těsně k oku tak, aby do něj nemohlo pronikat žádné jiné světlo než mikroskopem, nýbrž i předem uzpůsobit svůj zrak pobyttem v temném místě a přizpůsobit svou představivost, jako by mělo jít o prohlížení vzdálených a temných věcí, čímž se zřítelnice otevře co nejvíce, a může tak vidět větší předmět. Víte totiž, že tato akce zřítelnice není bezprostředně ovlivnitelná vůlí ji rozevřít, nýbrž spíše představami nebo pocity, které máme z temnoty a vzdálenosti věcí, které prohlížíme.

Zamyslíte-li se nakonec trochu nad tím, co tady bylo řečeno, a zvláště nad tímto, co jsme vyžadovali od vnějších orgánů pro zdokonalení vidění způsobem co nejdokonalejším, nebude pro vás nesnadné pochopit, že těmito dalekohledy a mikroskopy se přidává vše, co se uměle přidat dá. Není třeba, abych se zde zdržoval podrobným dokazováním. A ani nebude pro vás obtížné pochopit, že všechny ty prostředky, které se používaly až dodnes, vůbec nemohly být dokonalé, neboť je velký rozdíl mezi kružnicí a hyperbolou, a při jejich zhotovování se používala pouze kružnice, ačkoli k dosažení těchto účinků je nebytná hyperbola, jak jsem dokázal. Z toho plyne, že by takových účinků nebyli nikdy dosáhli, kdyby se jim šťastnou náhodou při vybrušování skel, o nichž si mysleli, že jsou sférická, nepodařilo dostat skla hyperbolická nebo nějakého ekvivalentního tvaru. A to principiálně bránilo tomu, aby se zhotovily dalekohledy, které by sloužily pro vidění nedostupných předmětů, neboť jejich konvexní sklo musí být mnohem větší než sklo jiných přístrojů. A zhotovit velké sklo je mnohem nesnadnější než sklo malé, a kromě toho je rozdíl, který je mezi hyperbolickým a sférickým tvarem,

hyperbolique & la spherique est bien plus sensible vers les extremités du verre que vers son centre. Mais, a cause que les artisans iugeront peut estre qu'il y a beacoup de difficulté a tailler les verres exactement suiuant cete figure hyperbolique, ie tascheray encore icy de leur donner vne inuention, par le moyen de laquelle ie me persuade qu'ils en pourront assés commodement venir a bout.

mnohem citelnější na okrajích skla než u jeho středu. Protože však si řemeslníci patrně myslí, že vybrušovat skla přesně tohoto hyperbolického tvaru je mnohem obtížnější, pokusím se zde uvést vynález, který mne přesvědčuje, že mohou snadno dosáhnout úspěchu.

Discours dixiesme

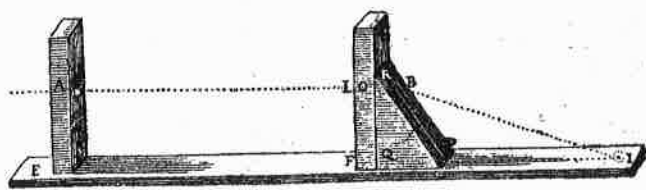
De la façon de tailler les verres

Rozprava desátá

O způsobu broušení skel

De la façon de tailler les verres
Discours Dixiesme

||₂₁₁ Après auoir choisi le verre ou le cristal dont on a dessein de se seruir, il est, premierement, besoin de chercher la proportion qui, suiuant ce qui a esté dit cy dessus, sert de mesure a ses refractions ; & on la ||₂₁₂ pourra commodement trouuer par l'ayde d'vn tel instrument. EFI est vne planche ou vne reigle toute plate & toute droite, & faite de telle matiere qu'on voudra, pouruû qu'elle ne soit ny trop luisante, ny transparente, affin que la lumiere, donnant dessus, puisse facilement y estre discernée de l'ombre. EA & FL sont deux pinnules, c'est a dire deux



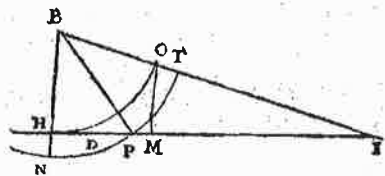
petites lames, de telle matiere aussy qu'on voudra, pouruû qu'elle ne soit pas transparente, esleuées a plomb sur EFI, & dans lesquelles il y a deux petits trous ronds, A & L, posés iustement vis a vis l'vn de l'autre, en sorte que le rayon AL, passant au trauers, soit parallele a la ligne EF. Puis RPQ est vne piece du verre que vous voulés esprouer, taillée en forme de triangle, dont l'angle RQP est droit, & PRQ est plus aigu que RPQ. Les trois costés RQ, QP & RP, sont trois faces toutes plates & polies, en sorte que, la face QP estant appuiée contre la planche EFI, & l'autre face QR contre la pinnule FL, le rayon du soleil qui passe par les deux trous A & L penetre iusques a B au trauers du verre PQR sans y souffrir aucune refraction, a cause qu'il rencontre perpendiculairement sa superficie RQ. Mais, estant paruenû au point B, où il rencontre obliquement son autre superficie RP, il n'en peut sortir sans se ||₂₁₃ courber

O způsobu broušení skel
Rozprava desátá

Poté, co jsme vybrali sklo nebo krystal, který hodláme použít, je třeba nejprve zjistit poměr, který podle toho, co bylo řečeno výše, slouží k měření lomů. Snadno jej lze nalézt pomocí následujícího přístroje. EFI je zcela rovná a přímá deska, nebo pravítko, udělaná z libovolného materiálu, ne však ani příliš lesklého, ani průhledného, aby se mohlo snadno rozlišit na něj dopadající světlo od stínu. EA a FL jsou dva hledáčky, to jest dvě destičky z libovolného materiálu, který však není průhledný, svisle vztyčené na EFI, v nichž jsou malé kruhové otvory A a L, umístěné přesně proti sobě, aby byl paprsek AL, procházející napříč, rovnoběžný s přímkou EF. Dále RPQ je kus skla, které chceme zkoumat, vybroušený do tvaru trojúhelníku, jehož úhel RQP je pravý a PRQ je ostřejší než RPQ. Tři strany RQ, QP a RP jsou zcela rovnými a vyleštěnými plochami, tak aby strana QP byla přitisknuta na desku EFI a druhá strana QR k hledáčku FL, takže světlo, které prochází oběma otvory A a L, proniká sklem PQR až do bodu B bez lomu, protože dopadá kolmo na povrch RQ. Dospěje-li do bodu B, v němž dopadne šikmo na druhý povrch RP, nemůže z něj vystoupit, aniž by se ohnulo

vers quelque point de la planche EF, comme par exemple vers I. Et tout l'usage de cet instrument ne consiste qu'à faire ainsi passer le rayon du soleil par ces trous A & L, afin de connoître par ce moyen le rapport qu'a le point I, c'est à dire le centre de la petite ouale de lumière que ce rayon décrit sur la planche EFI, avec les deux autres points B & P, qui sont : B, celui où la ligne droite qui passe par les centres de ces deux trous A & L se termine sur la superficie RP ; & P, celui où cete superficie RP & celle de la planche EFI sont coupées par le plan qu'on imagine passer par les points B & I, & ensemble par les centres des deux trous A & L.

Or, connoissant ainsi exactement ces trois points B, P, I, & par consequent aussy le triangle qu'ils determinent,



on doit transferer ce triangle avec vn compas sur du papier ou quelqu'autre plan fort vni, puis du centre B descrire par le point P le

cercle NPT, & ayant pris l'arc NP esgal a PT, tirer la ligne droite BN qui coupe IP prolongée au point H ; puis derechef, du centre B par H descrire le cercle HO qui coupe BI au point O ; & on aura la proportion qui est entre les lignes HI & OI pour la mesure commune de toutes les refractions qui peuuent estre causées par la difference qui est entre l'air & le verre qu'on examine. De quoy si on n'est pas encore certain, on pourra faire tailler du mesme verre d'autres petits triangles rectangles differens de cetuy cy, & se servant d'eux en mesme sorte pour chercher cete proportion, ||₂₁₄ on la trouuera tousiours semblable, & ainsi on n'aura aucune occasion de douter que ce ne soit veritablement celle qu'on cherchoit. Que si, après cela, dans la ligne droite HI, on prend MI esgale a OI, & HD esgale a DM, on aura D pour le sommet, & H & I

k nějakému bodu na desce EF, například I. A celé použití tohoto přístroje spočívá jen v tom, že takto necháme projít sluneční paprsek otvory A a I, abychom tímto způsobem zjistili vztah, který má bod I, to jest střed malého oválu světla opisovaného tímto paprskem na desce EFI, ke dvěma ostatním bodům B a P: B je ten bod, v němž končí na povrchu RP úsečka procházející středy obou otvorů A a I; a P je bod, kde tento povrch RP protíná povrch desky EFI a rovinu, kterou si představujeme procházet body B a I společně se středy obou otvorů A a I.

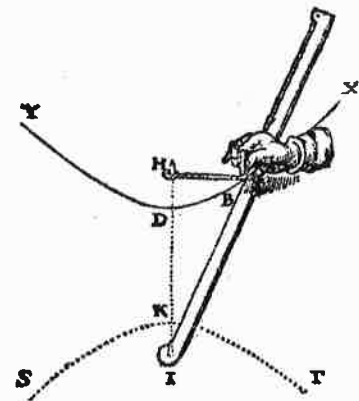
Známe-li takto přesně tyto tři body B, P, I, a tudíž i trojúhelník, který určují, je třeba přenést tento trojúhelník pomocí kružítka na papír nebo nějaký jiný hladký povrch a pak ze středu B opsat bodem P kružnici NPT. Vezmeme-li oblouk NP rovný PT a vedeme-li úsečku BN, která protíná prodlouženou úsečku IP v bodě H, a pak ze středu B opišeme bodem H kružnici HO, která protíná BI v bodě O, je poměr, který je mezi úsečkami HI a OI společnou mírou všech lomů, jež mohou být způsobeny rozdílem, který je mezi vzduchem a zkoumaným sklem. Nejsme-li si tím ještě jisti, lze nechat vybrousit z téhož skla další malé trojúhelníky, různé od dříve zkoumaného, a s jejich použitím stejným způsobem vyhledat tento poměr. Zjistíme-li, že je vždy podobný, pak není žádný důvod k pochybnostem, že to není opravdu ten, který jsme hledali. Jestliže pak na úsečce HI vezmeme MI rovno OI a HD rovno DM, budeme mít D pro vrchol a H a I pro

pour les pions bruslans de l'hyperbole dont ce verre doit avoir la figure, pour servir aus lunettes que i'ay descrites.

Et on pourra rendre ces trois pions H, D, I plus ou moins esloignés qu'il ne sont, de tant qu'on voudra, en tirant seulement vne autre ligne droite parallele a HI plus loin ou plus près qu'elle du point B, & tirant de ce point B trois lignes droites BH, BD, BI qui la coupent. Comme vous voyés icy qu'il a mesme raport entre les trois pions H, D, I, & h, d, i , qu'entre les trois H, D, I.

Puis il est aysé, ayant ces trois pions, de tracer l'hyperbole en la façon qui a esté cy-dessus expliquée, a scauoir en plantant deux picquets aux pions H & I, & faisant que la corde mise autour du picquet H soit tellement attachée a la règle qu'elle ne se puisse replier, vers I, plus autant que iusques a D.

Mais si vous aymés mieux la tracer avec le compas ordinaire, en cherchant plusieurs pions par où elle ||₂₁₅ passe, mettés l'vne des pointes de ce compas au point H ; & l'ayant tant ouuert, que son autre pointe passe vn peu au delà du point D, comme iusques a 1, du centre H descriués le cercle 133 ; puis, ayant fait M2 esgale a H1, du centre I, par le point 2, descriués le cercle 233, qui coupe le precedent aux pions 33, par lesquels cete hyperbole doit passer, aussy bien que par le point D, qui en est le sommet.



ohniska hyperboly, jejíž tvar má toto sklo mít, aby sloužilo dalekohledům a mikroskopům, které jsem popsal.

Bylo by možno libovolně více či méně oddálit tyto tři body H, D, I tím, že pouze vedeme jinou úsečku rovnoběžnou s HI dále nebo blíže bodu B a z tohoto bodu B vedeme tři úsečky BH, BD, BI, které ji protínají. Jak zde vidíte, mezi třemi body H, D, I a h, d, i je též poměr jako mezi třemi body H, D, I.

Máme-li tyto tři body, je snadné nakreslit hyperbolu způsobem, který byl výše vysvětlen, totiž zaražením dvou kolíků do bodů H a I a zařízením, aby se provázek, uvázaný u kolíku H a přiléhající těsně k pravítku, nemohl přiblížit více k bodu I než v bodě D.

Dáváte-li však přednost kreslení obyčejným kružítkem a vyhledání více bodů, jimiž hyperbola prochází, zaboďte kružítko v bodě H a rozevřete jej tak, aby jeho druhý konec procházel poněkud za bodem D, například bodem 1, a opište kružnici 133. Pak udělejte M2 rovno H1 a ze středu I opište bodem 2 kružnici 233, která protíná předcházející kružnici v bodech 33, jimiž musí procházet tato hyperbola, stejně jako musí procházet bodem D, který je jejím vrcholem.

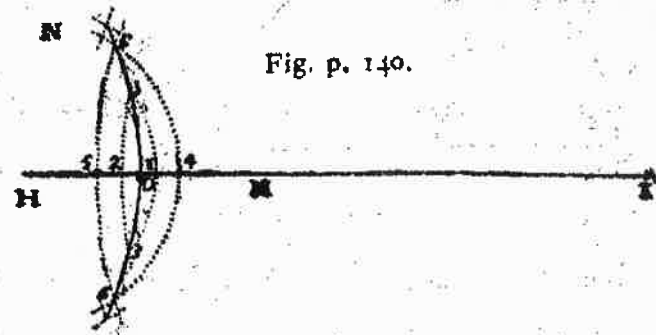
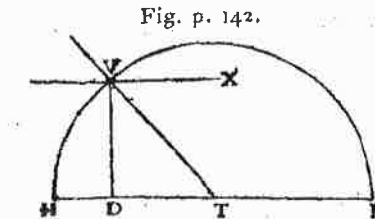


Fig. p. 140.

Remettés par après tout de mesme l'une des pointes du compas au point H, & l'ouvrant en sorte que son autre pointe passe un peu au delà du point 1, comme jusques a 4, du centre H descrivez le cercle 466. Puis ayant pris M5 esgale a H4, du centre I par 5 descrivez le cercle 566, qui coupe le precedent aux points 66 qui sont dans l'hyperbole; & ainsi, continuant de mettre la pointe du compas au point H, & le reste comme devant, vous pouvez trouver tant de points qu'il vous plaira de cette hyperbole.

Ce qui ne sera peutestre pas mauvais pour faire grossierement quelque modelle qui represente a peu près la figure des verres qu'on veut tailler. Mais pour leur donner exactement cette figure, il est besoin d'avoir quelque autre invention par le moyen de laquelle on puisse descrire des hyperboles tout d'un trait, comme on décrit des cercles avec un compas. Et ie n'en sache point de meilleure que la suivante. Premièrement, du centre T, qui est le milieu de la ligne HI, il faut descrire le cercle HVI, puis du point D eslever une perpendiculaire sur HI, qui coupe

ce cercle au point V; & de T tirant une ligne droite par ce point V, on aura l'angle HTV, qui est tel, que si on l'imagine tourner en rond autour de l'axe HT, la ligne TV décrira la superficie d'un Cone, dans

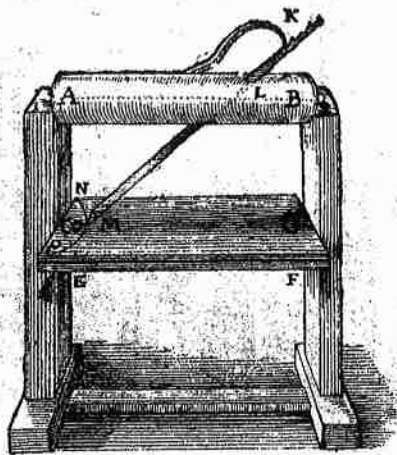


lequel la section faite par le plan VX parallèle a cet axe HT, & sur lequel DV tombe a angles droits, sera une hyperbole toute semblable & esgale a la precedente. Et tous les autres plans parallèles a cet axe couperont aussi dans ce Cone des hyperboles toutes semblables, mais inegales, & qui auront leurs points bruslans plus ou moins esloignés selon que ces plans le seront de cet axe.

Pak stejným způsobem zabodněte kružítko znovu do bodu H, rozevřete jej tak, aby jeho druhý konec procházel poněkud za bodem 1, například bodem 4, a ze středu H opište kružnici 466. Pak vezměte M5 rovno H4 a ze středu I opište bodem 5 kružnici 566, která protíná předcházející kružnici v bodech 66, jež také leží na hyperbole. A pokračujte zabodnutím kružítko do bodu H, v ostatním postupujte jako výše, a můžete nalézt tolik bodů této hyperboly, kolik se vám zachce.

To není špatné pro udělání nějaké hrubé formy, která představuje přibližně tvar skel, jež chceme vybrousit. Abychom jim však dali tento tvar přesněji, je třeba mít nějaký další vynález, pomocí něž lze opsat hyperbolu jedním tahem, tak jako opisujeme kružnice kružítkem. A neznám lepší než následující. Nejprve je třeba ze středu T, který je středem úsečky HI, opsat kružnici HVI a pak z bodu D vztyčit kolmici na HI, která tuto kružnici protíná v bodě V. Vedeme-li pak z bodu T úsečku tímto bodem V, dostaneme úhel HTV takový, že když si představíme otáčení kolem osy HT, opiše úsečka TV povrch kužele, v němž řez rovinou VX, rovnoběžnou s touto osou HT, na níž DV padne pod pravými úhly, bude hyperbolou zcela podobnou a rovnou předcházející. A všechny ostatní roviny jí rovnoběžné řezou také tento kužel v hyperbolách zcela podobných, avšak netotožných, které mají svá ohniska více či méně vzdálená podle vzdálenosti těchto rovin od osy.

En suite de quoy on peut faire vne telle machine. AB est vn tour ou rouleau de bois ou de metal, qui, tournant sur les poles 1, 2, represente l'aissieu HI de l'autre figure. CG, EF sont deux lames ou planches toutes plates & vnies, principalement du costé qu'elles s'entretouchent, en sorte que la superficie qu'on peut imaginer entre elles deux, estant parallele au rouleau AB, & coupée a angles droits par le plan qu'on imagine passer par les points 1, 2, & C, O, G, represente le plan VX qui coupe le Cone. Et NP, la largeur de la superieure CG, est esgale au diametre du verre qu'on veut tailler, ou tant soit peu plus grande. Enfin KLM est vne reigle qui, tournant avec le rouleau AB sur les poles 1, 2, en sorte que l'angle ALM demeure tousiours esgal a HTV, represente la ligne TV ||₂₁₇ qui décrit le Cone. Et il faut penser que cete reigle est tellement passée au trauers de ce rouleau, qu'elle peut se hausser & se baisser en coulant dans le trou L, qui est iustement de sa grosseur ; & mesme qu'il y a quelque part, comme vers K, vn pois ou ressort, qui la presse tousiours contre la lame CG, par qui elle est soustenue & empeschée de passer outre : & de plus. que son extremité M est vne pointe

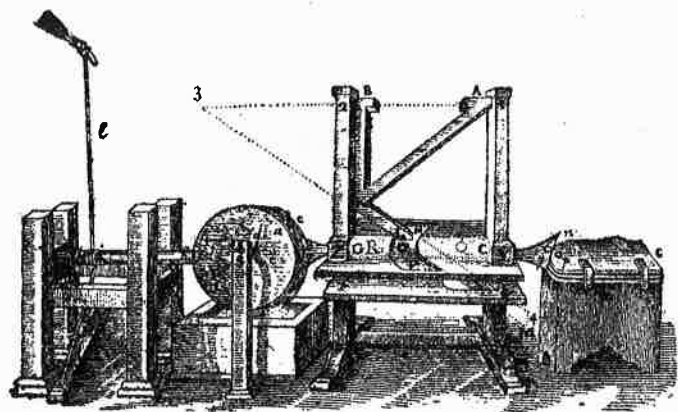


d'acier bien trempée, qui a la force de couper cete lame CG, mais non pas l'autre EF qui est dessous. D'où il es manifeste que, si on fait mouvoir cete reigle KLM sur les poles 1, 2, en sorte que la pointe d'acier M passe d'N par O vers P, & reciproquement de P par O vers N, elle diuisera cette lame CG en deux autres, CNOP & GNOP, dont le costé

Na základě toho lze takový stroj udělat. AB je dřevěný nebo kovový válec, který se otáčí v čepích 1, 2 a představuje osu HI z předchozího obrázku. CG, EF jsou dvě desky, zcela rovné a hladké především na stranách k sobě obrácených, takové, že povrch, který si lze představit mezi oběma, je rovnoběžný s válcem AB a je protínán pod pravými úhly rovinou, kterou si představujeme procházet body 1, 2, a C, O, G, představuje rovinu VX, jež řeže kužel. A NP, šířka povrchu CG, je rovna průměru skla, které chceme vybrousit, nebo je o něco větší. Konečně KLM je pravítko, otáčející se s válcem AB v čepích 1, 2 tak, že úhel ALM zůstává stále roven HTV. Toto pravítko představuje úsečku TV, která opisuje kužel. A je třeba si myslet, že toto pravítko je tak prostrčeno tímto válcem, že se může zvedat a klesat kouzaje otvorem L, který je přesně jeho tloušťky. A dále je třeba umístit někde, například v K, závaží nebo pružinu, jež toto pravítko stále tlačí k desce CG, kterou je podpíráno a která brání, aby prošlo dále. Navíc je na konci M tohoto pravítka hrot z dobře kalené oceli, který řeže tuto desku CG, nikoli však desku EF, jež je vespod. Odtud je zřejmé, že otáčíme-li tímto pravítkem KLM kolem čepů 1, 2 tak, aby ocelový hrot M procházel z N bodem O k bodu P a obráceně z P přes O do N, rozřežeme tuto desku CG na dvě jiné, CNOP

NOP sera terminé d'une ligne tranchante, convexe en CNOP, & concave en GNOP, qui aura exactement la figure d'une hyperbole. Et ces deux lames, CNOP, GNOP, étant d'acier ou autre matière fort dure, pourront servir non seulement de modèles, mais peut être aussi d'outils ou instrumens pour tailler certaines roués, dont je dirai tantost que les verres doivent tirer leurs figures. Toutesfois il y a encore icy quelque défaut en ce que, la pointe d'acier M étant \parallel_{218} vn peu autrement tournée lors qu'elle est vers N ou vers P, que lors qu'elle est vers O, le fil ou le tranchant qu'elle donne a ces outils ne peut être par tout esgal. Ce qui me fait croire qu'il vaudra mieux se servir de la machine suivante, nonobstant qu'elle soit vn peu plus composée.

ABKLM n'est qu'une seule pièce, qui se meut toute entière sur les poles 1, 2, & dont la partie ABK peut avoir telle figure qu'on voudra, mais KLM doit avoir celle

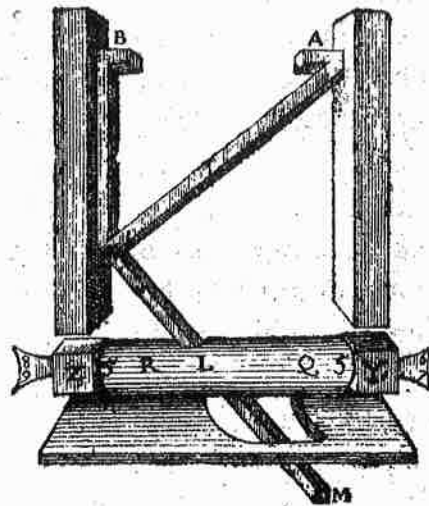


d'une règle ou autre tel cors, dont les lignes qui terminent ses superficies soient parallèles ; & elle doit être tellement inclinée, que la ligne droite 43, qu'on imagine passer par le centre de son épaisseur, étant prolongée jusques à celle qu'on imagine passer par les poles 1, 2, y face vn angle 234 esgal à celui qui a tantost été marqué

a GNOP, jejichž strana NOP bude ukončena průsečnicí, konvexní v desce CNOP a konkávní v GNOP, mající přesně tvar hyperboly. A tyto dvě desky CNOP a GNOP, jsou-li z oceli nebo nějakého jiného velmi tvrdého materiálu, mohou sloužit nejen jako modely, nýbrž pravděpodobně i jako nástroje nebo instrumenty pro vybrušování určitých disků, které, jak hned ukáží, dají sklům žádané tvary. Je tady však určitá vada spočívající v tom, že ocelový hrot M je natočen poněkud jinak, nachází-li se v bodech N nebo P, než když je v bodě O, a proto okraj řezu nemůže být všude stejný. Domnívám se tudíž, že by bylo lépe použít následující stroj, bez ohledu na to, že je poněkud složitější.

ABKLM je jeden kus, který se pohybuje jako celek v čepích 1, 2 a jehož část ABK může mít libovolný tvar. KLM však musí mít tvar pravitka nebo nějakého jiného takového tělesa, jehož linie, které ohraničují jeho povrch, jsou rovnoběžné, a musí být nakloněno tak, aby úsečka 43, kterou si představujeme procházet jeho středem, prodloužená až k té úsečce, kterou si představujeme procházet čepy 1, 2, tam svírala úhel 234 rovný úhlu, jenž byl ozna-

des lettres HTV. CG, EF sont deux planches paralleles a l'aissieu 12, & dont les superficies qui ||₂₁₉ se regardent sont fort plates & vnies, & couppees a angles drois par le plan 12GOC. Mais, au lieu de s'entreteoucher comme deuant, elles sont icy iustement autant esloignees l'une de l'autre qu'il est besoin pour donner passage entre elles deux a vn cylindre ou rouleau QR, qui est exactement



rond, & par tout d'esgale grosseur. Et, de plus, elles ont chascune vne fente NOP, qui est si longue & si large, que la reigle KLM, passant par dedans, peut se mouuoir ça & là sur les poles 1, 2, tout autant qu'il est besoin pour tracer entre ces deux planches vne partie d'une hyperbole, de la grandeur du dia-

metre des verres qu'on veut tailler. Et cete reigle est aussy passées au trauers du rouleau QR, en telle façon que, le faisant mouuoir avec soy sur les poles 1, 2, il demeure neantmoins tousiours enfermé entre les deus planches CG, EF, & parallele a l'aissieu 12. Enfin Y67 & Z89 sont les outils qui doiuent seruir a tailler en hyperbole tel cors qu'on voudra, & leurs manches Y, Z sont de telle espaisseur que leurs superficies, qui sont toutes plates, touchent exactement de part & d'autre celles des deux planches CG, EF, sans qu'ils laissent pour cela de glisser entre deux, a cause qu'elles sont fort polies. Et ils ont chascun vn trou rond, 5, 5, dans ||₂₂₀ lequel l'un des bouts du rouleau QR

čen písmeny HTV. CG, EF jsou dvě destičky, rovnoběžné s osou 12, jejichž k sobě obrácené povrchy jsou velmi rovné a hladké, a jsou protnuty pod pravými úhly rovinou 12GOC. Avšak místo toho, aby se jako předtím dotýkaly, jsou zde od sebe vzdáleny přesně tak, jak je zapotřebí k tomu, aby mezi nimi mohl procházet válec QR, který je přesně kulatý a všude stejně velký. Navíc má každá z těchto desek štěrbinu NOP, která je tak dlouhá a tak široká, aby se pravítko KLM, které jí prochází, mohlo pohybovat v čepích 1, 2 sem a tam, natolik, nakolik je toho třeba pro narýsování mezi těmito dvěma deskami části hyperboly o velikosti průměru skel, která chceme vybrousit. A toto pravítko prochází také válcem QR tak, aby se mohl pohybovat spolu s ním v čepích 1, 2 a přesto zůstával stále uzavřený mezi dvěma deskami CG, EF a byl rovnoběžný s osou 12. Konečně Y67 a Z89 jsou nástroje, které mají sloužit pro vyříznutí požadované hyperboly v těchto tělesech, a jejich rukověti Y, Z jsou tak tlusté, aby se jejich povrchy, které jsou zcela rovné, dotýkaly přesně z jedné i druhé strany desek CG, EF, aniž by kvůli tomu přestaly klouzat mezi oběma, neboť jsou velmi vyleštěné. Každá z nich má kruhový otvor 5, 5, v němž je uzavřen jeden

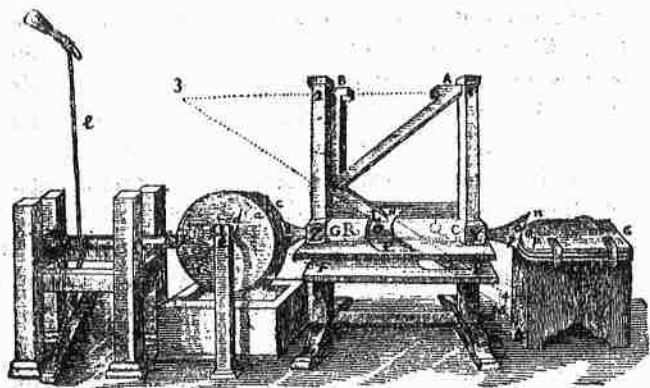
est tellement enfermé, que ce rouleau peut bien se tourner autour de la ligne droite 55 qui est comme son aissieu, sans les faire tourner avec soy, a cause que leurs superficies plates, estant engagées entre les planches, les en empêchent ; mais qu'en quelque autre façon qu'il se meue, il les contraint de se mouvoir aussy avec luy. Et de tout cecy il est manifeste que, pendant que la reigle KLM est poussée d'N vers O & d'O vers P, ou de P vers O & d'O vers N, faisant mouvoir avec soy le rouleau QR, elle fait mouvoir par mesme moyen ces outils Y67 & Z89, en telle façon que le mouuement particulier de chascune de leurs parties décrit exactement la mesme hyperbole que fait l'intersection des deux lignes 34 & 55, dont l'une, a sçauoir 34, par son mouuement décrit le cone, & l'autre, 55, décrit le plan qui le coupe. Pour les pointes ou tranchans de ces outils, on les peut faire de diuerses façons, selon les diuerses vsages ausquels on les veut employer. Et pour donner la figure aux verres conuexes, il me semble qu'il sera bon de se seruir premierement de l'outil Y67, & d'en tailler plusieurs lames d'acier presque semblables a CNOP, qui a tantost esté descrite ; puis, tant par le moyen de ces lames que de l'outil Z89, de creuser vne rouë, comme *d*, tout autour selon son epaisseur *abc*, en sorte que toutes les section qu'on peut imaginer y estre faites par des plans, dans lesquels se trouue *ee* l'aissieu de cete rouë, ayent la figure de l'hyperbole que trace cete machine ; & enfin, d'attacher le verre qu'on veut tailler sur vn tour comme *hik*, & l'appliquer contre cete rouë *d*, en telle sorte que, faisant mouvoir ce tour sur son aissieu *hk*, en tirant la corde *ll*, & cete rouë aussy sur le sien, en la tournant, le verre mis entre deux prene exactement la figure qu'on luy doit donner.

Or, touchant la façon de se seruir de l'outil Y67, il est a remarquer qu'on ne doit tailler que la moitié des lames *cnop* a vne fois, par exemple, que celle qui est entre les

z konců válce QR tak, aby se tento válec mohl dobře otáčet kolem úsečky 55, která je jako jeho osou, aniž by se otáčely spolu s ním, neboť jejich rovinné povrchy, vsunuté mezi desky, tomu brání. Pohybuje-li se však válec jakýmkoli jiným způsobem, přinutí je pohybovat se spolu s ním. A z toho všeho je zjevné, že když je pravítko KLM postrčeno od N k O a od O k P, nebo od P k O a od O k N, čímž nutí k pohybu válec QR, pohne i nástroj Y67 a Z89 tak, že dílčí pohyby každé z jejich částí opisují přesně touž hyperbolu, kterou vytváří průsečík dvou úseček 34 a 55, z nichž jedna, totiž 34, opisuje svým pohybem kužel a druhá, 55, opisuje rovinu, která jej protíná. Hroty nebo řezáky těchto nástrojů lze zhotovit různým způsobem, podle rozličných účelů, k nimž je chceme použít. A abychom dali tvar konvexním sklům, zdá se mi, že bude dobré použít napřed nástroj Y67 a jím vyřezat několik ocelových destiček přibližně podobných CNOP, která byla právě popsána, a pak jak pomocí těchto destiček, tak i nástrojem Z89 vyhloubit disk, například *d*, dokola podle jeho tloušťky *abc* tak, aby všechny řezy, o nichž si lze představit, že jsou skutečně roviny, v nichž se nachází osa *ee* tohoto disku, měly tvar hyperboly, kterou tento stroj kreslí. A konečně je třeba připevnit k válci sklo, které chceme vybrušovat, například *hik*, a použít na něj tento disk *d* tak, abychom při otáčení tímto válcem kolem osy *hh* a přitahováním provazu *ll* a také otáčením disku kolem osy dosáhli toho, že sklo, které je umístěno mezi oběma, nabude přesně tvaru, který mu chceme dát.

Co se týče způsobu použití nástroje Y67, je třeba poznamenat, že lze najednou vyřezat pouze polovinu destiček *cnop*, například tu, která se nachází mezi body *n* a *o*.

poins *n* & *o*. Et, a cet effet, il faut mettre vne barre en la machine vers *P*, qui empesche que la reigle *KLM*, estant meüe d'*N* vers *O*, ne se puisse auancer vers *P*, qu'autant



qu'il faut pour faire que la ligne 34, qui marque le milieu de son espaisseur, paruiene iusques au plan 12GOC, qu'on imagine couper les planches a angles droits. Et le fer de cet outil Y67 doit estre de telle figure, que toutes les parties de son tranchant soient en ce mesme plan, lors que la ligne 34 s'y trouue ; & qu'il n'en ait point d'autres ailleurs qui s'auacent au delà vers le costé marqué *P*, ||222 mais que tout le tallu de son espaisseur se iette vers *N*. Au reste, on le peut faire si mousse ou si aygu, & tant ou si peu incliné, & de telle longueur qu'on voudra, selon qu'on le iugera plus a propos. Puis, ayant forgé les lames *cnop*, & leur ayant donné avec la lime la figure la plus approchante qu'on aura pû de celle qu'elles doivent auoir, il les faut appliquer & presser contre cet outil Y67, & faisant mouuoir la reigle *KLM* d'*N* vers *O*, & reciproquement d'*O* vers *N*, on taillera l'vne de leurs moitiés. Puis, afin de pouuoir rendre l'autre toute semblable, il doit y auoir vne barre, ou autre telle chose, qui empesche qu'elles ne puissent estre auancées vers cet outil, au delà du lieu où elles se trouuent lors que leur moitié *NO* est acheuée

K tomu je třeba umístit do stroje u *P* tyč, která brání tomu, aby se pravítka *KLM*, pohybující se od *N* k *O*, mohlo posunout k *P* jen natolik, nakolik je třeba pro dosažení toho, aby úsečka 34, vyznačující střed tloušťky tohoto pravítka, sahala až k rovině 12GOC, protínající desky pod pravými úhly. A železo tohoto nástroje Y67 musí mít takový tvar, aby všechny části jeho ostří byly v téže rovině, když se v ní nachází úsečka 34, a aby nebyly žádné jiné části, které by se posouvaly za stranu, označenou *P*, avšak aby sklon ostří směřoval vždy k bodu *N*. Nakonec je možno jej udělat tak tupý, nebo ostrý a tak hodně nebo málo nakloněný a takové délky, jak chceme, podle toho, co pokládáme za nejvhodnější. Když pak vykováme destičky *cnop* a pilníkem jim dáme tvar co nejbližší tomu, který mají mít, je třeba je přiložit a přitlačit k tomuto nástroji Y67 a pohybováním pravítkem *KLM* od *N* k *O* a obráceně od *O* k *N* vyřezat jednu z jejich polovin. Abychom pak zhotovili zcela podobnou polovinu druhou, je nutno tam mít tyč, nebo něco jiného, co zabráni pohybu těchto destiček za to místo, kde se nacházely při dokončení poloviny *NO*.

de tailler ; & lors, les en ayant vn peu reculées, il faut changer le fer de cet outil Y67, & en mettre vn autre en sa place dont le tranchant soit exactement dans le mesme plan & de mesme forme, & autant auancé que le precedent, mais qui ait tout le tallu de son espaisseur ietté vers P, en sorte que, si on appliquoit ces deux fers de plat l'vn contre d'autre, les deux tranchans semblassent n'en faire qu'vn. Puis, ayant transferé vers N la barre qu'on auoit mise auparauant vers P pour empescher le mouuement de la reigle KLM, il faut faire mouuoir cete reigle d'O vers P & de P vers O, iusques a ce que les lames *cnop* soient autant auancées vers l'outil Y67 qu'auparauant, &, cela estant, elles seront acheuées de tailler.

Pour la rouë *d*, qui doit estre de quelque matiere fort dure, après luy auoir donné avec la lime la figure la plus approachante de celle qu'elle doit auoir, qu'on ||₂₂₃ aura pû, il sera fort aysé de l'acheuer, premierement avec les lames *cnop*, pouruû qu'elles ayent esté au commencement si bien forgées que la trampe ne leur ait rien osté depuis de leur figure, & qu'on les applique sur cete rouë en telle sorte que leur tranchant *nop* & son aissieu *ee* soient en vn mesme plan ; &, enfin, qu'il y ait vn ressort ou contrepois qui les presse contre elle, pendant qu'on la fait tourner sur son aissieu. Puis aussy avec l'outil Z89, dont le fer doit estre esgalement tallué des deus costés, & avec cela il peut auoir telle figure quasi qu'on voudra, pouruû que toutes les parties de son tranchant 89 soient dans vn plan qui coupe les superficies des planches CG, EF a angles drois. Et, pour s'en seruir, on doit faire mouuoir la reigle KLM sur les poles 1,2, en sorte qu'elle passe tout de suite de P iusques a N, puis reciproquement d'N iusques a P, pendant qu'on fait tourner la rouë sur son aissieu. Au moyen de quoy, le tranchant de cet outil osterá toutes les inegalités qui se trouueront d'vn costé a l'autre en l'espaisseur de cete rouë, & sa pointe toutes celles qui se

Pak je třeba s nimi trochu couvnout a vyměnit v nástroji Y67 ostří, jehož řezák bude přesně v téže rovině a bude mít týž tvar a bude vysunut jako předcházející, avšak bude mít sklon směřující zcela k P, takže přiložíme-li oba tyto řezáky proti sobě, budou vypadat jako jeden. Přeneseme-li pak do N tyč, kterou jsme předtím umístili do P pro zabránění pohybu pravítka KLM, je třeba pohybovat tímto pravítkem od O k P a od P k O, až se tyto destičky *cnop* natolik posunou k nástroji Y67, jako tomu bylo dříve. Když se toho dosáhne, je vyřezávání dokončeno. Co se týče disku *d*, který musí být z nějakého velmi pevného materiálu, pak poté, co se mu dal pilníkem tvar nejvíce se blížící tvaru, který má mít, bude už velmi snadné dokončit ho, nejprve destičkami *cnop*, pokud byly na začátku tak dobře ukovány, aby jim zakalení nic neodebralo z jejich tvaru, a pokud jsou přiloženy na tento disk tak, aby se jejich řezáky *nop* nacházely v téže rovině, v níž leží osa *ee*. A konečně je třeba, aby byla nějaká pružina nebo nějaké závaží, přitlačující je k tomuto disku při jeho otáčení kolem osy. Pak pokračujeme nástrojem Z89, jehož ostří musí být skoseno z obou stran stejně, a tím může mít ten tvar, který chceme, pokud všechny části ostří 89 jsou v jedné rovině, která protíná povrchy destiček CG, EF v pravých úhlech. Abychom jej mohli použít, musíme pohybovat pravítkem KLM v čepech 1, 2 tak, aby při otáčení kolem osy procházelo hned z P až k N a pak hned obráceně od N k P. Pomocí ostří tohoto nástroje se odstraní všechny nerovnosti nacházející se na obou stranách

trouueront de haut en bas. Car il doit auoir vn tranchant & vne pointe.

Après que cete rouë aura ainsi acquis toute la perfection qu'elle peut auoir, le verre pourra facilement estre taillé par les deus diuers mouuemens d'elle & du tour sur lequel il doit estre attaché, pouruû seulement qu'il y ait quelque ressort, ou autre inuention, qui, sans empescher le mouuement que le tour luy donne, le presse tousiours contre la rouë, & que le bas de cete rouë soit tousiours plongé dans vn vase qui contienne le grés, ou l'emer, ou le tripoli, ou la potée ||²²⁴ ou autre telle matiere dont il est besoin de se seruir pour tailler & polir le verre.

Et a l'exemple de cecy, vous pouués assés entendre en quelle sorte on doit donner la figure aux verres concaues, a sçauoir en faisant, premierement, des lames comme *cnop* avec l'outil Z89, puis taillant vne rouë tant avec ces lames qu'avec l'outil Y67, & tout le reste en la façon qui vient d'estre expliquée. Seulement faut il obseruer que la rouë dont on se sert pour les conuexes peut estre aussy grande qu'on la voudra faire, mais que celle dont on se sert pour les concaues doit estre si petite que, lors que son centre est vis a vis de la ligne 55 de la machine qu'on employe a la tailler, sa circonference ne passe point au dessus de la ligne 12 de la mesme machine. Et on doit faire mouuoir cete rouë beaucoup plus viste que le tour, pour polir ces verres concaues, au lieu qu'il est mieux, pour les conuexes, de faire mouuoir le tour plus promptement : dont la raison est que le mouuement du tour vse beaucoup plus les extremités du verre que le milieu, & qu'au contraire celuy de la rouë les vse moins. Pour l'vtilité de ces diuers mouuemens, elle est fort manifeste : car, polissant les verres avec la main dans vne forme, en la façon qui seule a esté en vsage iusques a present, il seroit impossible de rien faire de bien que par hasard, encore que les formes fussent toutes parfaites ; & les polissant avec le seul

disku a jeho hrot odstraní ty nerovnosti, které se na něm nacházejí shora dolů. Musí mít tedy i řezák i hrot.

Když tento disk dosáhl plné dokonalosti, kterou může mít, lze snadno vybrousit sklo dvěma různými pohyby skla a válce, k němuž je připevněno, pokud je k dispozici nějaká pružina nebo jiný vynález, který by bez překázení pohybu, jenž dává válec sklu, stále přitlačoval toto sklo k disku, a pokud je spodní část tohoto disku stále ponořená do nějaké nádoby, která obsahuje pískovec, smírek, tripolis, nebo potaš, nebo nějaký jiný takový materiál, kterého je třeba k broušení a leštění skel.

Na základě tohoto příkladu můžete snadno pochopit, jak se má dát tvar konkávním sklům, totiž tak, že se nejprve připraví destičky *cnop* nástrojem Z89, pak se vyřízne disk použitím jak těchto destiček, tak nástroje Y67, a všechno ostatní se provede tak, jak jsem právě vysvětlil. Je třeba si jen všimnout, že disk používaný pro konvexní skla může být libovolně velký, ale disk, který se používá pro skla konkávní, musí být tak malý, aby, když se jeho střed nachází proti úsečce 55 stroje na broušení, nesaahal jeho obvod za úsečku 12 téhož stroje. A tento disk se musí otáčet při leštění konkávních skel mnohem rychleji než válec, kdežto pro skla konvexní je lepší, aby se rychleji otáčel válec. Důvodem je, že pohyb válce obrušuje mnohem více okraj skla než jeho střed, a naopak pohyb disku jej obrušuje méně. Užitečnost těchto různých pohybů je velmi zjevná: leštíme-li skla rukou v nějaké formě způsobem, který až dosud byl jediným používaným, je možné udělat něco dobrého jen náhodou, i když jsou tyto formy

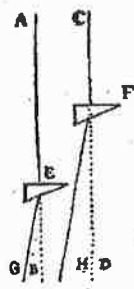
mouuement du tour sur vn modelle, tous les petits defauts de ce modelle marqueroient des cercles entiers sur le verre.

Je n'adiouste pas icy les demonstrations de plusieurs ||₂₂₅ choses qui appartient a la Geometrie : car ceux qui sont vn peu versés en cete science les pourront assés entendre d'eux mesmes, & ie me persuade que les autres seront plus ayses de m'en croire, que d'auoir la peine de les lire. Au reste, affin que tout se face par ordre, ie voudrois, premierement, qu'on s'exerçast a polir des verres, plats d'vn costé & conuexes de l'autre, qui eussent la figure d'vne hyperbole dont les poins bruslans fussent a deux ou trois pieds l'vn de l'autre : car cete longueur est suffisante pour vne lunete qui serue a voir assés parfaitement les obiets inaccessibles. Puis ie voudrois qu'on fist des verres concaues de diuerses figures, en les creusant tousiours de plus en plus, iusques a ce qu'on eust trouué par experience la iuste figure de celui qui rendroit cete lunete la plus parfaite qu'il soit possible, & la mieux proportionnée a l'œil qui auroit a s'en seruir. Car vous scaués que ces verres doiuent estre vn peu plus concaues pour ceux qui ont la veuë courte que pour les autres. Or, ayant ainsi trouué ce verre concaue, d'autant que le mesme peut seruir au mesme œil pour toute autre sorte de lunettes, il n'est plus besoin, pour les lunettes qui seruent a voir les obiets inaccessibles, que de s'exercer a faire d'autres verres conuexes qui doiuent estre posé plus loin du concaue que le premier, & a en faire aussy par degrés qui doiuent estre posés de plus en plus loin, iusques a la plus grande distance qu'il se pourra, & qui soient aussy plus grands a proportion. Mais notés que, d'autant que ces verres conuexes doiuent estre posé plus loin des concaues, & par consequent aussy de l'œil, d'autant doiuent ils ||₂₂₆ estre taillés plus exactement, a cause que les mesmes defauts y détournent les rayons d'autant plus loin de l'endroit où ils doiuent aller. Comme, si le verre F détourne le rayon CF autant que

dokonalé. Leštíme-li je jedním pohybem válce na nějakém modelu, všechny malé vady tohoto modelu zanechají pro sobě kružnice na skle.

Neuvádím zde důkazy mnoha věcí, které náležejí geometrii, neboť ti, kteří jsou v této vědě trochu zběhlí, mohou je nalézt sami, a jsem přesvědčen, že ostatní mi raději uvěří, než aby se namáhali s jejich čtením. Nakonec, aby všechno šlo ve správném pořadí, je nejprve třeba se naučit leštit skla, která jsou z jedné strany rovinná a z druhé konvexní ve tvaru hyperboly, jejíž ohniska jsou od sebe vzdálená dvě nebo tři stopy, neboť tato délka dostačuje pro dalekohled, sloužící k dosti dokonalému pozorování nedostupných předmětů. Pak chci, aby se dělala konkávní skla různých tvarů, která budou stále hlubší, až se zkušeností nalezne pravý tvar skla, které učiní tento dalekohled co nejdokonalším a co nejlépe přizpůsobeným oku, jemuž má sloužit. Víte totiž, že tato skla musí být pro krátkozraké o něco konkávnější než pro ostatní. Když jsme takto našli toto konkávní sklo, lze je použít pro všechny druhy dalekohledů pro totéž oko, a pro dalekohledy, které slouží k vidění nedostupných předmětů, je třeba se jen cvičit ve zhotovování jiných konvexních skel, která mají být umístěna dále od konkávního než sklo první, a tak postupně zhotovovat další, která mohou být umístěna dál, až k největší vzdálenosti, jež je možná, a která jsou také úměrně stále větší. Všimněte si však, že čím dále se mají konvexní skla umístit od skel konkávních, a tedy i od oka, tím musí být vybroušena přesněji, neboť tytéž vady odchyľují paprsky tím více, čím vzdálenější je místo, kam mají dopadat. Jestliže například sklo F odklání paprsek

le verre E détourne AE, en sorte que les angles AEG & CFH soient esgaus, il est manifeste que CF, allant vers H, s'esloigne bien plus du point D où il iroit sans cela, qu'AE ne fait du point B, allant vers G. Enfin, la dernière & principale chose a quoy ie voudrois qu'on s'exercast, c'est a polir les verres conuexes des deux costés pour les lunettes qui seruent a voir les obiets accessibles, & que, s'estant premierement exercé a en faire de ceux qui rendent ces lunettes fort courtes, a cause que ce seront les plus aysés, on taschast après, par degrés, a en faire de



ceux qui les rendent plus longues, iusques a ce qu'on soit parueniu aus plus longues dont on se puisse seruir. Et affin que la difficulté que vous pourrés trouuer en la construction de ces dernières lunettes ne vous dégouste, ie vous veux auertir qu'encore que d'abord leur vsage n'attire pas tant que celuy de ces autres, qui semblent promettre de nous esleuer dans les cieux, & de nous y mostrer sur les astres des cors aussy particuliers, & peuestre aussy diuers que ceux qu'on void sur la terre, ie les iuge toutes fois beaucoup plus vtiles, a cause qu'on pourra voir par leur moyen les diuers meslanges & arrangemens des petites parties dont les animaux & les plantes, & peuestre aussy les autres cors qui nous enuironnent, sont composés, & de là tirer beaucoup d'auantage pour venir a la connoissance de leur nature. Car, desia ||227 selon l'opinion de plusieurs Philosophes, tous ces cors ne sont faits que des parties des elemens diuersement meslées ensemble ; & selon la miene, toute leur nature & leur essence, au moins de ceux qui sont inanimés, ne consiste qu'en la grosseur, la figure, l'arrangement, & les mouuemens de leurs parties.

Pour la difficulté qui se rencontre, lors qu'on voute ou creuse ces verres des deus costés, a faire que les sommets des deux hyperboles soient directement opposés l'un

CF tak, jako sklo E odklání paprsek AE, takže úhly AEG a CFH jsou si rovny, je zjevné, že se paprsek CF, jdoucí k H, vzdaluje od bodu D, kam by šel bez toho, více, než se odklání AE od bodu B, když směřuje ke G. Konečně poslední a základní věc, v níž bych chtěl, abyste se vycvičili, je leštění oboustranně konvexních skel pro mikroskopy, které slouží k pozorování dostupných předmětů, a abyste se poté, co se nejprve vycvičíte ve zhotovování těch, které dělají tyto mikroskopy velmi krátké, neboť jsou snadnější, se pak pokoušeli postupně zhotovovat ta, která je čimí delšími, až se dostanete k nejdělsím, které lze použít. A aby vás neodradila obtížnost, kterou můžete shledat při konstrukci těchto posledních mikroskopů, chci vás upozornit, že ačkoli zprvu jejich používání nepřitahuje tolik jako používání dalekohledů, které se nám zdají slibovat, že nás vyzvednou do nebes a ukáží nám na hvězdách jednotlivá tělesa tak rozlišená, jako vidíme na zemi, pokládám je nicméně za mnohem užitečnější, neboť pomocí nich lze vidět různé směsi a uspořádání částíček, z nichž jsou složena zvířata a rostliny a možná i jiná tělesa, která nás obklopují, a tím velmi přispějí k poznání jejich povahy. Neboť podle mínění mnohých filosofů jsou všechna tato tělesa složena z částíček různě spolu smíchaných, a podle mého mínění celá jejich povaha a podstata, aspoň těch, která jsou neodůševnělá, spočívá pouze ve velikosti, tvaru, uspořádání a pohybech jejich částíček.

Co se týče potíže, s níž se střetáváme, brousíme-li oboustranně vypouklá či dutá skla a máme-li dosáhnout toho, aby obě hyperboly byly položeny přímo proti sobě,

a l'autre, on y pourra remedier en arondissant sur le tour leur circonference, & la rendant exactement esgale a celle des manches ausquels on les doit attacher pour les polir ; puis, lors qu'on les y attache, & que le plastre, ou la poix & le ciment dont on les y joint, est encore frais & flexible, en les faisant passer avec ces manches par vn anneau dans lequel ils n'entrent qu'a peine. Je ne vous parle point de plusieurs autres particularités qu'on doit obseruer en les taillant, ny aussy de plusieurs autres choses que i'ay tantost dit estre requises en la construction des lunettes : car il n'y en a aucune que ie iuge si difficile qu'elle puisse arrester les bons esprits ; & ie ne me reigle pas sur la portée ordinaire des artisans, mais ie veus esperer que les inuentions que i'ay mises en ce Traité seront estimées assés belles & assés importantes pour obliger quelques vns des plus curieux & des plus industrieus de nostre siecle a en entreprendre l'execution.

lze si od ní odpomoci tím, že na válci zaokrouhlíme jejich obvod a uděláme jej přesně rovným obvodu rukojetí, jimiž je třeba toto sklo pro leštění uchopit. A když je uchytíme, je třeba, aby sádra, smůla nebo tmel, kterým jsou tam připevněny, byly ještě čerstvé a pružné, a aby jen tak tak prošly spolu s úchytkami kroužkem. Nemluvím zde o mnoha jiných podrobnostech, kterým je třeba se při vybrušování věnovat, ani o mnoha jiných věcech, o nichž jsem řekl, že se požadují ke konstrukci dalekohledů a mikroskopů, neboť soudím, že z nich žádná není tak těžká, aby mohla chytré lidi odradit. Neřídím se zde totiž běžnou schopností řemeslníků, nýbrž chci doufat, že vynálezy, které jsem v tomto pojednání uvedl, budou oceněny jako natolik krásné a významné, aby povzbudily některé z nejzvědavějších a nejobratnějších řemeslníků našeho století, aby se pustili do jejich uskutečňování.

Komentář

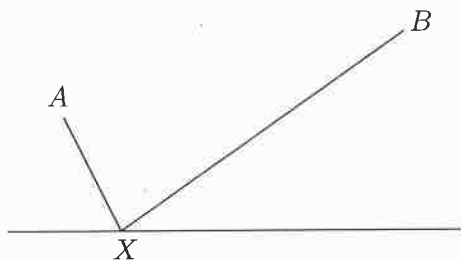
Descartes a zákon lomu světla

V tomto dodatku se podíváme na Descartův objev zákona lomu světla z hlediska současné filosofie vědy. Půjde nám o vnitřní dějiny, tedy o rekonstrukci myšlenkových pochodů vedoucích k tomuto objevu.

Připomeňme si nejprve krátce, že (deduktivní) vědecká teorie sestává z jazyka této teorie, několika vět formulovaných v tomto jazyce principů, zákonů, axiomů) a odvozovacích pravidel. Jazyk vědecké teorie je stanoven jeho gramatikou, syntaktickými pravidly pro vytváření správně utvořených vět a pro analýzu („větný rozbor“) těchto vět. Takovým pravidlům se říká formační nebo generativní. Syntax jazyka má být u vyspělých teorií taková, že vylučuje jakoukoli vágnost či dokonce nesmyslnost správně utvořených vět. Transformační pravidla pak dovolují transformovat jedny věty na jiné a tak ukazovat souvislosti mezi větami. V přirozeném jazyce jsou takovými transformačními pravidly například ta pravidla gramatiky, která říkají, jak z dané věty utvořit otázku, rozkaz, převést ji do minulého času nebo do trpného rodu. Tato pravidla můžeme používat, aniž bychom větě rozuměli, znali její smysl; stačí, když budeme znát přesně její gramatickou strukturu (a pravidla pro slovesa). U vědeckých teorií jsou těmito pravidly pravidla *odvozovací*, dovolující z jedné či více vět *odvodit* (dedukovat) věty další, které jsou *důsledky* oněch vět. Jsou to odvozovací pravidla logiky (jako je například substituce nebo *modus ponens*), případně odvozovací pravidla matematiky. Konečně pak každá deduktivní

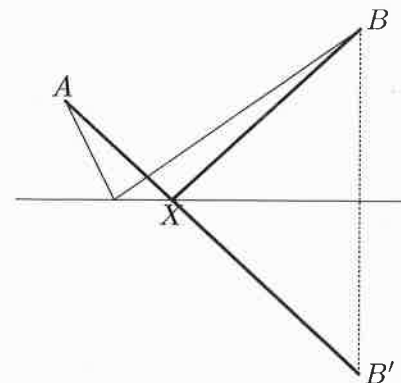
teorie má stanoveno několik principů, počátků, axiomů, (přírodních) zákonů. Věty, které lze odvodit z těchto počátků, tvoří *obsah* dané teorie; jsou to věty, které jsou v ní *platné*. Takto pojímané teorie mají ovšem jen syntax, nikoli sémantiku; jsou „o ničem“. Aby byly o něčem, abychom vůbec mohli hovořit o nějaké shodě se skutečností, musí přistoupit ještě jedna složka: překlad vět dané teorie do přirozeného jazyka a zpět. Teprve pak můžeme říkat o některých platných větách, že jsou *pravdivé*. Hlavními otázkami pak je: jak se dá k takovým teoriím dospět a jak se dají ověřovat. A to si ukážeme právě na příbežích katoptiky a dioptriky. Optika se tradičně dělila na nauku o odrazu světla (katoptiku) a nauku o lomu světla (dioptriku).⁹ Projdeme je stručně obě.

Začneme katoptikou, naukou o odrazu světla. Jazykem naší teorie bude jazyk eukleidovské geometrie, odvozovací (transformační pravidla) budou tatáž jako v geometrii a naše teorie bude mít jediný fyzikální „axióm“ či „přírodní zákon“: *příroda koná vždy nejúsporněji*, tj. po nejkratších drahách. Úloha nyní zní: jak se lze dostat z bodu A do bodu B odrazem po nejkratší dráze:

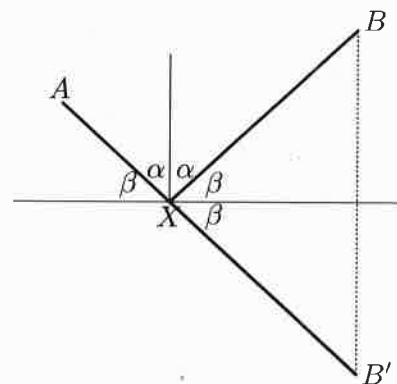


⁹ České termíny *odswětelnictw* pro katoptiku a *prúswětelnictw* pro dioptriku, které navrhol Wojtěch Sedláček ve své české učebnici fyziky *Základové přjrodnictw a matematiky potažené neboli smjšené*, druhý díl, věnovaný *swětloznalectw*, tj. optice, Praha 1828, se ovšem neujaly.

Máme tedy najít X tak, aby $AX + XB$ bylo nejkratší. Jedno z možných řešení je patrné z následujícího obrázku:



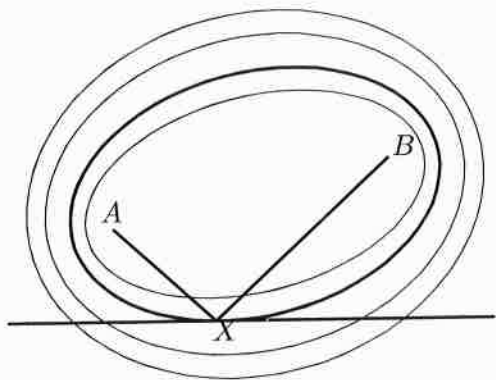
Bod B' je *symetrický* k bodu B podle dané přímky. Protože $AX + XB = AX + XB'$ a nejkratší dráhou mezi A a B' je úsečka AB' , dostáváme hledaný bod X jako průsečík této úsečky s danou přímkou. Nyní stačí jen si podrobně prohlédnout následující obrázek (a ověřit, že úhly β jsou si skutečně rovny), abychom dostali známý *zákon odrazu světla*: úhel odrazu se rovná úhlu dopadu (α).



Zákon odrazu světla jsme v naší teorii odvodili, a tím i vysvětlili, proč se světlo odráží tímto způsobem. Každé vysvětlení (vysvětlení „proč“) je vždy odvozením v nějaké teorii. Proč se světlo odráží takto? Protože příroda koná po nejkratších drahách a protože... Každé vysvětlení je vysvětlením v nějaké teorii; v jiných teoriích (třeba vlnové) bude vysvětlení jiné.

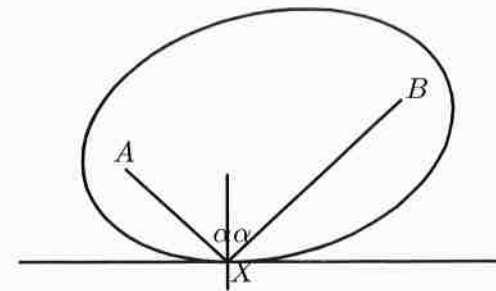
Současně jsme vysvětlili i obraz v zrcadle: bod B' je zrcadlový obraz bodu B , protože oko v bodě A vidí tento bod ve směru pokračování úsečky AX .

V naší rekonstrukci postoupíme nyní k ukázkce objevu v rámci už dané teorie. Výraz $AX + BX$ mohl u někoho vyvolat vzpomínku, že se s ním už v jiné souvislosti setkal.¹⁰ Body X , pro něž je tento součet konstantní ($AX + BX = k$), leží přece na *elipse*. Říká se tomu někdy „zahradníková konstrukce elipsy“ a Descartes ji v *Dioptrice* také uvádí, stejně jako velmi málo známou zahradníkovou konstrukci hyperboly. Pro různé konstanty k dostaneme různé elipsy:

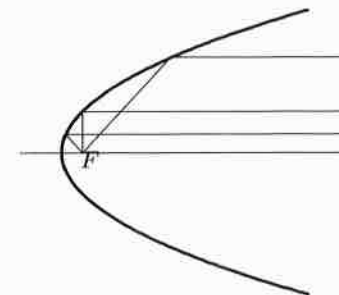


¹⁰ Následující krásná rekonstrukce je v IX. kapitole 1. oddílu I. dílu knihy G. Pólya, *Mathematics and Plausible Reasoning*, Princeton 1954.

Tyto elipsy jsou něco jako vrstevnice na mapě a přímka odrazu představuje pak cestu. Stejně jako na mapě platí i zde: pokud přímka elipsu protíná ve dvou bodech, je mezi těmito body buďto „dolík“ nebo „kopeček“. Pokud jsou tyto body tytéž, tj. jedná se o *tečnu*, pak je v tomto bodě minimum (nebo maximum). My hledáme minimum, proto je tou hledanou elipsou – vrstevnicí ta, která se s přímkou dotýká. Paprsek vyslaný z A se tedy v bodě X elipsy odráží od její *tečny* v tomto bodě a pokračuje do bodu B . Proto se bodům A, B říká *ohniska* elipsy. Odtud obráceně dostaneme známou konstrukci tečny k elipse v zadaném bodě X : X spojíme s ohnisky, úhel rozpůlíme a vedeme k němu kolmici v X :



Pokud je jedno z ohnisek elipsy v nekonečnu, dostaneme *parabolu*. Paprsky, které přicházejí rovnoběžně s osou paraboly, se všechny soustředí do jednoho bodu – ohniska paraboly.



Odtud pak idea zápalného zrcadla a jedna z prvních typických a hloupých popularizací vědy: vyprávění o tom, jak Archimédés pomocí takového obrovského zrcadla zapálil nepřátelské loďstvo daleko na moři,¹¹ vyprávění, je-muž se Descartes v *Dioptrice* vysmívá.

Optické vlastnosti kuželoseček jsou velice pozoruhodné a byly známy už v antice, psal o nich například Eukleidés. Současně zde máme krásný příklad, kdy dojde *uvnitř* už hotových vědeckých teorií k nečekanému propojení dvou původně zcela odlišných oblastí. O hyperbole ještě uslyšíme v další překvapivé souvislosti.

Dodejme ještě, že předložená rekonstrukce je falešná v tom, že jsme už přišli k hotové teorii. Skutečný objev se odehrál někde zcela jinde. Jak vůbec jsme mohli říci, že se světlo „šíří“? Jak by se to dalo bezprostředně *pozorovat*? A dále je zde něco, co muselo vypadat jako naprostý nesmysl: někdo kdysi nakreslil úsečku a řekl: „toto je světlo“! S podobnou absurdností se setkáme i u Descarta – tou absurdností, která mu dovolila objevit zákon lomu světla.

Přejdeme tedy nyní k dioptrice, nauce o lomu světla. To, jak se světlo láme při přechodu z jednoho prostředí do jiného, byla záhada, jejíž řešení se hledalo od antiky až do 17. století. První řešení podal patrně Harriot (kolem r. 1598) a pak Snell (někdy v polovině 20. let 17. století). Tyto objevy však nebyly publikovány a nebyly známy Descartovi, jehož řešením problému lomu se zde budeme výhradně zbývat. Nebudu se ani pokoušet načrtnout historii *dioptriky*. Místo toho pouze ocituji začátek Fermatova dopisu Mersennovi:¹²

¹¹ Tuto historku vypráví byzantský polyhistor Ióannés Tzetzés (12. stol.), který – protože byl učitel – byl tak chudý, že musel prodat své knihy a „citovat popaměti“; *Chiliadés* II, 103–144; Ivor Thomas, *Greek Mathematical Works*, II, Cambridge (Mass.) – London 1980, Loeb Classical Library, str. 20–21.

¹² Toulouse, duben nebo květen 1637; AT, I, 354–361; *Œuvres de*

„Ctihodný Otče,

požadujete můj soud o pojednání o *Dioptrice* pana Descarta. Je pravda, že ta trocha času, kterou mi dal pan de Beaugrand na její prolistování, se zdá mne zbavovat povinnosti uspokojit vás přesně a do podrobností; látka je to velmi jemná a ostrá, takže se neodvažuji doufat, že by vám mohly mé nedokonalé a ještě ne dobře strávené myšlenky poskytnout nějaké velké uspokojení. Ačkoli jinak pokládám hledání pravdy za vždy chvályhodné a [myslím si,] že to, co hledáme, nacházíme často tápavě a v temnotách, věřím, že neshledáte špatným, pokusím-li se vám vysvětlit svou představu o této záležitosti. Tato představa zůstává ještě temná a nesnadná a vysvětlím ji snad někdy jindy, pokud jsou mé základy prokazatelné, nebo pokud sám nezměním mínění.

Poznání lomu se hledalo vždy, avšak marně. Alhazen a Vitellion na tom pracovali, aniž by příliš postoupili; a ti, kteří přišli po nich, si velmi dobře všimli, že se to vše redukuje na zjištění určitého poměru, pomocí nějž jakmile se pozná jeden lom, všechny ostatní se dají snadno nalézt. Veškeré základy *Dioptriky* musí spočívat v tomto bodě, to jest na shodě a vztahu, který má jeden známý lom ke všem ostatním.

Přijmeme-li to, pak je nutné, aby ti, kteří chtějí položit základy dioptriky, hledali tuto shodu a tento vztah.

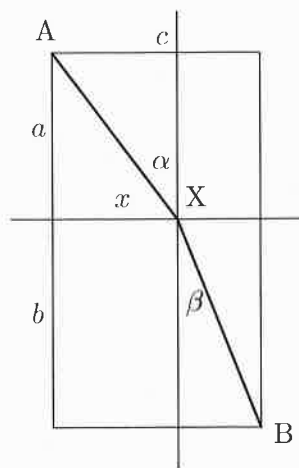
Maurolic Abbé de Messine ve svém posmrtně vydaném díle *De lumine & umbra*¹³ se domníval, že úhly, jimž se říká úhly dopadu, jsou úměrné těm,

Fermat publiées par les soins de Paul Tannery et Charles Henry, Paris 1891-1912; II, str. 106–115.

¹³ *Abbatis Francisci Maurolyci Messanensis. Photismi de lumine, et umbra ad perspectivam, et radiorum incidentiam facientes.* – *Dia-*

jinž se říká úhly lomu. Kdyby tento výrok byl pravdivý, stačil by nám pro nakreslení správných tvarů, která musí mít průhledná tělesa, vytvářející tolik divů. Protože však tento výrok nebyl Maurolicem dobře dokázán a protože zkušenost sama se zdá jej usvědčovat z nepravdivosti, zůstalo v něm toho mnoho na čem mohl pan Descartes cvičit svého ducha a objevit nám nová světla v těch tělesech, která až dosud představovala značné nejasnosti.“

Dříve než přistoupíme k rekonstrukci Descartova objevu zákonu lomu, připomeňme si formulaci zákonu lomu v dnešní (učebnicové) formulaci. K lomu světla dochází při přechodu z jednoho prostředí do druhého. Označme α úhel dopadu, tj. úhel, který svírá paprsek s kolmicí, vztyčenou v bodu dopadu, a β úhel lomu, tj. úhel, který svírá lomený paprsek v druhém prostředí s kolmicí spuštěnou z bodu dopadu.



phanorum partes, seu Libri tres: in quorum primo de perspicuis corporibus, in secundo de Iride, in tertio de organi visualis structura, et conspicillorum formis agitur. -- Problemata ad perspectivam, et Iridem pertinentia. Neapoli 1611. Superiorum permissu.

Zákon lomu pak říká, že poměr sinů těchto úhlů je konstantní, tj.

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = k,$$

přičemž tato konstanta k závisí na obou prostředích a nazývá se *relativní index lomu* druhého prostředí k prostředí prvnímu. *Absolutním indexem lomu* nějakého prostředí se nazývá relativní index lomu tohoto prostředí vůči vakuu. Index lomu závisí ovšem nejen na vlnové délce světla (jinak se lomí žluté a jinak červené světlo) a na řadě dalších parametrů, např. pro vzduch na jeho teplotě, tlaku, vlhkosti.

Relativní index lomu druhého prostředí k prostředí prvnímu je roven poměru *rychlostí* světla v těchto prostředích, tj. u/v , kde u je rychlost světla v prvním prostředí, v v druhém. *Opticky hustším* prostředím se nazývá to, jehož (absolutní) index lomu je větší než index lomu prostředí druhého, které se nazývá prostředím *opticky řidším*. Opticky hustší prostředí je tudíž to, v němž se světlo šíří rychlostí menší než v prostředí druhém. Ze zákona lomu plyne, že vstupuje-li světlo z prostředí opticky řidšího do prostředí opticky hustšího (např. ze vzduchu do vody), je $\alpha > \beta$; říká se, že se paprsek láme *ke kolmici*; v opačném případě se láme *od kolmice*. V případě lomu od kolmice existuje ovšem *mezní úhel* dopadu ε , pro nějž je úhel lomu β devadesát stupňů. Je to ten úhel, jehož sinus je roven = indexu lomu. Při úhlech dopadu větších než mezní úhel ε nepronikne už paprsek do řidšího prostředí, nýbrž se *odrazí*. Tomuto jevu se říká *úplný odraz* či *totální reflexe*. Totálního odrazu se používá v *refraktometrech* k měření indexu refrakce.

Uvedme ještě několik indexů lomů (pro žluté světlo): voda 1,333 (Descartes používá v *Meteorech* hodnotu $\frac{187}{250}$, tedy dosti přesnou), korunové sklo 1,51, těžké korunové sklo 1,6102, křemenné sklo 1,4589, diamant 2,4173.

Otázka zní, jak je možné, že se ani velkým duchům nedařilo nalézt tak jednoduchou zákonitost. Podle rozšířené představy se k takovým zákonům dochází na základě pozorování a měření, která se pak zobecní (generalizují), dovedou indukci do tvaru obecné zákonitosti. Přitom by se mohlo zdát, že právě toto je jednoduchý případ: stačilo by přece změřit několik úhlů α a β , a pak nalézt na základě této tabulky odpovídající matematickou funkci, která by to tuto zákonitost vyjadřovala. Že je to představa hodně falešná ukazuje už to, že takto nikdo nepostupoval – jinak bychom měli zákon lomu už dávno. Použijeme však argument jiný, vnitřní. Především: jak víme předem, co máme měřit? Proč by to měly být právě úhly, navíc zrovna α a β . Ale dejme tomu, že bychom se třeba náhodně rozhodli právě pro tyto úhly a pořídili dostatečně dlouhou tabulku měření. Pravděpodobnost, že by se nám podařilo uhádnout (nebo nějak vypočítat), že úhel lomu β závisí na úhlu dopadu α podle vzorce

$$\beta = \arcsin\left(\frac{1}{k} \sin \alpha\right)$$

je nulová. Nejde jen to, že *funkce*, které v této formuli vystupují, byly zavedeny až mnohem později (*sin* v 18. století, funkce *arcsin* až ve století 19.), ale i o to, že bychom podle induktivistických představ měli hledat vyjádření *nejjednodušší*, tedy spíše nějakou formuli, která by obsahovala nanejvýše násobení a dělení, tedy třeba formuli ve tvaru podílu dvou polynomů apod. Mohli bychom ale také začít měřit něco jiného (což za chvíli uvidíme) – ale co? Indukcí k žádné hypotéze nedojdeme, hypotézu už musíme mít předem, abychom vůbec věděli, co měřit.

Pozoruhodné je, že této představě o nezbytnosti indukce, tomuto „mýtu učebnice“¹⁴ podlehl i Pierre Duhem, který ve své *La théorie physique, son objet et sa*

¹⁴ K roli měření ve fyzice viz znamenitý článek Thomase S. Kuhna,

structure (1906) ve třetí kapitole prvního dílu zastává názor, že pouze experiment, indukce a generalizace mohly přivést Descarta k objevu zákona lomu.¹⁵

Je to o to podivnější, že Descartes sám hned na první stránce *Dioptriky* hovoří zcela jasně o opaku, když píše o nedávných vynálezech dalekohledů a mikroskopů, „které nám už odhalily nové hvězdy na nebi a další nové objekty na Zemi, a to větším počtu, než jsme kdy mohli dříve vidět. [...] *Avšak k zahanbení našich věd byl tento vynález, tak užitečný a obdivuhodný, učiněn na základě zkušenosti a šťastné náhody.*“ Podobně píše v dopise Merseňovi z 1. března 1638:¹⁶

„Vězte, že lomy jsem ve své *Dioptrice* dokázal geometricky a *a priori* a divím se, že o tom ještě pochybujete; jste ovšem obklopen lidmi, kteří jak jen mohou mluví v můj neprospěch. Víím, že ti, kteří mne nemají rádi, schválně o tom s vámi mluví i proto, aby se dozvěděli o mých novinkách. Proto se musím spíše podívat nad tím, že vzdor všem jejich pletichám mne nepřestáváte mít rád a stranit mi, za což jsem vám obzvláště vděčný.“

Podívejme se však už konečně na to, jak Descartes objevil zákon lomu. První zmínka je v Beekmanových poznámkách¹⁷ ve třetím oddíle nazvaném *Angulus refractionis a Des Cartes exploratus*. Nejprve se zde hovoří o zjištění indexu lomu pomocí jednoho skleněného trojúhelníka (o tom bude podrobněji řeč níže) a pak formuluje zákon lomu:

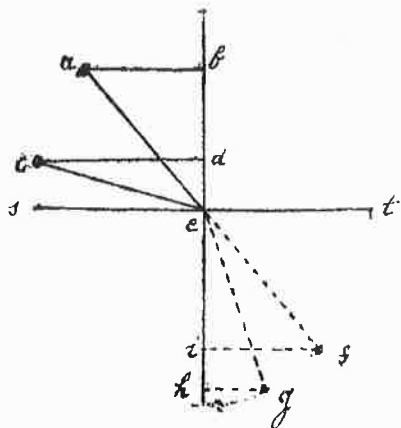
The Function of Measurement in Modern Physical Science, in: *Isis*, 52, 1961, str. 161–190; přetištěno v Thomas S. Kuhn, *The Essential Tension*, Chicago 1977, str. 178–224.

¹⁵ Upozorňuje na to Karl R. Popper ve své *Logice vědeckého bádání*, český překlad Jiří Fiala, Praha 1997, str. 7, pozn. 5 pod čarou.

¹⁶ AT II, 30–32.

¹⁷ Descartes et Beekman, 1628–1629, AT X, 335–337.

„Cognito uno angulo refractionis, deducit inde reliquos secundum angulorum sinus:
ut enim, inquit, ab ad hg, ita cd ad if.“



Všimněme si nejprve této formulace zákona lomu. Body a , c , g a f leží na kružnici se středem e . Její poloměr označme r ($= ae = eg = \dots$). Paprsek ae pokračuje po lomu jako eg a tvrdí se zde, že poměr ab ku hg je konstantní (pro daná prostředí). Je to jednoduchá formulace zákona lomu, v níž sinusy (explicitně) vůbec nevystupují.

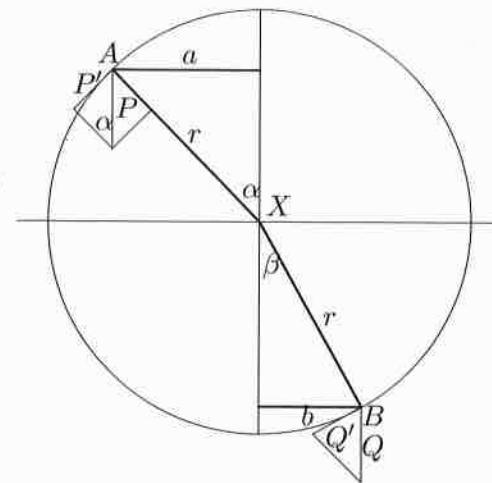
Podívejme se teď na Descartovo odvození tohoto zákona, které zaujímá necelé čtyři řádky!

„Considerat enim sub st esse aquam, radios esse aeg , cef ; indemque videtur ipsi pati quod brachia α equalia bilancis, quorum finibus appenta sunt pondera, quorum id quod in aquâ est levius est et brachium attolît.“

Rozhraním mezi prostředími (vzduchem a vodou) je příčka st . Světelný paprsek aeg pokládáme za zlomenou světelnou hůl, jejíž do vody ponořená část je nadlehčo-

vána. Máme zde tedy rovnoramennou zalomenou páku a hledáme podmínku rovnováhy. Ta je vyjádřena právě uvedeným zákonem lomu, že totiž poměr úseček ae a hg je roven poměru vah Q a P , zavěšených v bodech g a a (Q je P zmenšená nadlehčením vodou) a je tedy konstantní.

Podívejme se na to ještě jednou pomalu s použitím elementární matematiky.



V bodě A působí na světelnou hůl síla P , v bodě B obdobně jiná síla Q . Obě síly rozložíme na složky tečné ke kružnici a složky směřující podle tyče. Rovnováhy bude dosaženo, když si budou rovny složky tečné ke kružnici. Z podobnosti trojúhelníků máme:

$$P' : P = a : r, \quad Q' : Q = b : r.$$

Podmínka rovnováhy je $P' = Q'$, tedy $a : b = Q : P$ a zákon lomu světla tedy zní: $a : b = \text{konstanta}$. Dnešní učebnicovou formulaci dostaneme snadno:

$$a : b = a/r : b/r = \sin \alpha : \sin \beta = \text{konstanta}.$$

Je tady zjevná chyba: Q je větší než P . Pokud by došlo k nadlehčení, musel by se paprsek lomit *od kolmice*. Nádherné ale je to, že na tom zde vůbec nezáleží: nejde o *zdůvodnění* zákona lomu, ale o jeho *objev*.

Aby se zákon lomu – stejně jako jakýkoli jiný základní fyzikální zákon – mohl objevit, bylo nutno zformulovat odvažnou a nepravděpodobnou (rozumí se nikoli numericky nepravděpodobnou, nýbrž nepravděpodobnou v rámci stávající představ a teorií) hypotézu, z ní zákon vyvodit deduktivně a pak podrobit testování. K testování se dostaneme za chvíli. Nyní uvažme, co by se vlastně mělo pokládat za *důkaz* takového zákona: tento důkaz totiž nemůže být induktivní (nejenže indukci nic neobjevíme, ale už vůbec jí nemůžeme nic dokázat), nýbrž deduktivní. Jenže deduktivní důkaz musí vycházet z nějakých ještě obecnějších předpokladů, u nichž důkaz bude tím spíše chybět. Jak to říká Popper: *věda vždy vysvětluje známé pomocí neznámého*. To je ale také to, co si o tom myslí sám Descartes, když čelí námitkám, že *svůj* zákon lomu nedokázal:¹⁸

„Ptáte se, zda stále trvám na tom, že to, co jsem napsal o lomu, je důkaz; myslím si, že ano, aspoň natolik, nakolik je možné podat důkaz v této látce, aniž by se napřed dokázaly principy fyziky metafyzickou (což doufám jednoho dne udělat, ale co nebylo předtím uděláno) a natolik, nakolik byla kdy dokázána nějaká otázka mechaniky, nebo optiky, nebo astronomie nebo nějaké jiné látky, která není čistě geometrická nebo aritmetická. Požadovat však ode mne geometrické důkazy v látce, která závisí na fyzice, znamená chtít, abych dělal věci nemožné. A jestliže za důkazy pokládáme jen důkazy geometrické, pak je třeba říci, že Archimédés nikdy nic v mechanice nedokázal, ani Vitellion v optice, ani Ptolemaios

¹⁸ Dopis Mersennovi z 27. května 1638; AT II, str. 141–144.

v astronomii atd., což se rozhodně říci nedá. V takových záležitostech se totiž spokojíme s tím, že autoři předpokládají jisté věci, které nejsou ve zjevném rozporu se zkušeností, a pak hovoří konsekventně a bez toho, že by se dopouštěli paralogismů, a to dokonce i když jejich předpoklady nebyly přesně pravdivé. Například mohu dokázat, že sama definice těžiště, podaná Archimédem, je chybná a že takový bod vůbec neexistuje.¹⁹ A i další věci, které Archimédés předpokládá, nejsou přesně pravdivé. Co se Ptolemaia a Vitelliona týče, ti mají předpoklady ještě méně jisté a vůbec kvůli tomu nemusíme odmítnout důkazy, které z nich vyvozují. To, o čem tvrdím, že jsem dokázal ohledně lomu, vůbec nezávisí na pravdivosti povahy světla, ani na tom, zda se děje nebo neděje vmžiku, nýbrž pouze na tom, že jsem předpokládal, že je to akce, nebo síla [vne vertu], která sleduje tytéž zákony jako místní pohyb [le mouvement local] v tom, že je způsobem, jímž se přemísťuje jedno místo do druhého, a která se sděluje prostřednictvím velmi jemné tekutiny, která se nachází v pórech průhledných těles. [...] A vězte, že jsou jen dvě cesty, jak vyvrátit to, co jsem napsal, z nichž jedna je dokázat nějakými pokusy nebo úvahami, že věci, které jsem předpokládal, jsou chybné; a druhá, že to, co jsem vyvodil, takto vyvodit nelze. Což velmi dobře pochopil pan Fermat; chtěl totiž také vyvrátit to, co jsem napsal o lomu a to tím, že se pokoušel dokázat, že je tam paralogismus. Avšak pro ty, kteří se spokojí s tím, že řeknou, že nevěří tomu, co jsem napsal, protože jsem to vyvodil z jistých předpokladů, které jsem nedokázal, ti nevědí, co požadují, a ani to, co požadovat mají.“

¹⁹ Srv. AT I, str. 446–447.

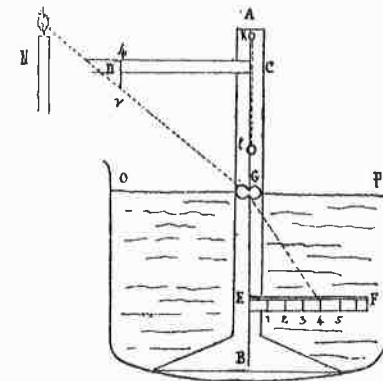
Opustíme teď objevování a odvozování zákona lomu a podívejme se na jeho „verifikaci“ u Descarta. Pokud bychom podléhali „mýtu učebnice“, čekali bychom, že nově objevený zákon Descartes podrobil rozsáhlému experimentálnímu ověřování. Zdálo by se, že to potvrzuje dopis Goliovi z 2. února 1632, v němž Descartes popisuje podrobně přístroj na měření lomů.²⁰

„Nejprve bych zhotovil přístroj ze dřeva nebo nějakého jiného materiálu takový, jaký vidíte na obrázku. AB je pravítka nebo zcela rovný kus dřeva s podstavcem B, na němž může pevně stát na dně nádoby OP; EF a CD jsou dvě další pravítka, připevněná kolmo k AB; G je hledí [pinnule], které musí být dosti velké a zhruba tohoto tvaru:



Velké musí být proto, aby nijak nebránilo tomu, že hladina vody musí být ve středu *i*, v němž dochází k lomu, zcela rovná a hladká. Body G a H slouží ke stanovení tohoto bodu *i*. Pravítka EF je rozděleno na dílky 1, 2, 3, 4 atd., které mohou být stejné i nestejně, na tom nezáleží. [Na okraji stránky: Je také třeba, aby pravítka EF bylo větší než DC a posunutě dozadu, aby dílky byly v téže rovině jako hledí G a muška (hrot, stíle) *r*.] Nakonec *kl* je olovnice [plomb] nebo vodováha [niveau], pomocí níž je třeba vyrovnat nádobu, do níž je vnořen tento přístroj tak, aby přímka AB směřovala přímo ke středu světla [Země]. Pak do nádoby naléváme vodu až se její hladina právě dotkne hledí G; jednou rukou pak držíme mušku *r* na pravítce DC a druhou svícen N

a pohybujeme jimi tak (aniž bychom oddělili mušku *r* od pravítka DC) až stín [l'ombre] mušky *r* dopadne přesně doprostřed hledí GH a odtud na jeden z dílků pravítka EF, např. 4. Na úsečce CD označíme bod, kde se nachází muška *r*, např. 4. Pak je třeba vytáhnout přístroj z vody a na základě toho,



co víme, vyznačit na úsečce CD, které musí odpovídat všem dílkům EF. Například opišeme kružnici, jejíž střed je G a vedeme přímky 4G, 4G, které protnou tuto kružnici v bodech *a* a *d*. Pak vedu kolmice *ab*, *cd*, dále přímku G3, která protíná touž kružnici v bodě *f*, dále vedu kolmici *ef* a pak vyhledám úsečku *hi*, která se má k *ef* tak, jako se má *ab* k *cd*. Když ji najdu, umístím ji v tomto kruhu rovnoběžně s *ab*. Pak vedu *Gh* až k DC a tím najdu bod 3A. Další body najdu stejným způsobem. Když jsem tak našel všechny dílky pravítka CD, je třeba vrátit přístroj zpět do vody jako dříve a dívat se, zda muška umístěná na dílkách úsečky DC vrhne stín procházející G přesně na dílky pravítka EF. Nepochybuji vůbec, že dokážete nalézt množství dalších vynálezů lepších, než je tento, pokud si s tím dáte práci.“

²⁰ AT I, str. 236–242; dopis je adresován A Monsieur Monsieur Golius, Professeur aus Mathematiques & aus langues Orientales a Leyden.

Převapení však obsahuje konec dopisu, který uvádí Clerserierovo vydání:²¹

„Pokud jste dosud vůbec neuvažoval o prostředku k uskutečnění těchto zkušeností (pokusů), neboť jak vím, zabýval jste se věcmi lepšími, snad se vám bude tento přístroj zdát snadnější, než přístroj, který popisuje Vitellion. Mohu se však mýlit, *neboť jsem nepoužil ani první ani druhý přístroj a všechny zkušenosti (pokusy), které jsem v této záležitosti udělal, spočívají v tom, že jsem si nechal vybrousit asi před pěti lety sklo, jehož model nakreslil pan Mydorge.* A když jsem [tento pokus] udělal, všechny paprsky Slunce, které tímto sklem [čočkou] prošly, se soustředily do jednoho bodu a to přesně v té vzdálenosti, kterou jsem předpověděl. Což mne ujišťuje v tom, že se buďto tento řemeslník šťastně zmýlil, nebo že má úvaha nebyla chybná.“

Kurzíva je ovšem moje. Descartes nic neměřil. Provedl jeden jediný *experimentum crucis*: nechal si vybrousit jednu jedinou čočku podle výpočtů na základě svého zákona lomu a předpověděl, že tato čočka musí soustředit všechny paprsky do jednoho jediného bodu. Uvědomme si, že při zakřivení čočky tím naráz vyzkouší nekonečné množství různých úhlů dopadu i lomu. Je to přímo exemplární příklad na „potenciální falsifikátor“ teorie v Popperově smyslu: teorie se vystavuje krajnímu riziku: když se paprsky nesejdou, je falsifikována a může se vyhodit.

Descartes popisuje tento pokus stručně v dopise Huygensovi v prosinci 1635.²² Huygens chtěl totiž Descartův pokus zopakovat a nechal si vybrousit k tomu hyperbo-

²¹ II. díl vydaný v roce 1659 pod názvem *Lettres de Mr. Descartes où sont expliquées plusieurs belles difficultés touchant ses autres Ouvrages*; je přetištěno v AT.

²² AT I, str. 334–337.

lické „sklo“ (čočku) a pokus mu nevyšel. Čočku zřejmě poslal Descartovi a ten odpovídá:

„Dnes ráno se udělalo trochu sluníčko, takže jsem mohl vyzkoušet vaše sklo [čočku]. Promiňte mi však, prosím, dovolím-li si tvrdit, že mu brusič nedal vůbec ten tvar, který jste předepsal. Uvidíte to snadno, jestliže si dáte práci s tím, abyste je zakryl z té strany, která je rovná, papírem, v němž jsou různé dírky, a vystavil je slunci a přidržel za ním jiný papír, na němž je několik kruhů a přímek, vyznačujících místa, kam by měly dopadnout sluneční paprsky procházející těmito dírkami.“

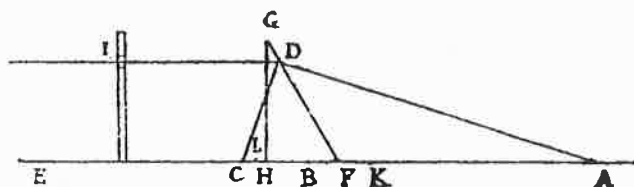
Descartes vůbec nepochybuje o správnosti svého zákona lomu a ani o tom, že by Huygens nebyl zadal tvar čočky nesprávně. Podrobně pak vysvětluje v čem se brusič zmýlil a že opravdu nedal čočce tvar hyperboly. Pak popisuje, jak si kdysi nechal vybrousit čočku on:

„Před nějakými osmi nebo devíti lety jsem si nechal vybrousit sklo pomocí otočného zařízení [tour, soustruhu] a dopadlo to dokonale dobře. Průměr tohoto skla nebyl větší než polovina průměru skla vašeho, přesto ale pálilo velmi silně ve vzdálenosti osmi palců a když bylo podrobena téže zkoušce s kusem papíru s dírkami, zjistilo se, že všechny paprsky, které procházely těmito dírkami se přiblížily úměrně až na vzdálenost osmi palců, kde se velice přesně soustředily do jednoho [bodu]. Řeknu vám však, čeho bylo třeba dbát při jeho vybrušování. *Primò* jsem si nechal vybrousit tři malé zcela stejné trojúhelníky, každý z nich měl jeden úhel pravý a další o velikosti třiceti stupňů, takže jedna z jeho stran [odvěsen] byla dvojnásobkem druhé. Tyto trojúhelníky byly z horského křišťálu [de cristal de mon-

tagne], benátského skla [de cristalin ou verre de Venise] a z méně jemného skla [de verre moins fin]. Pak jsem si nechal zhotovit pravítko z mědi [cuiure] se dvěma hledáčky [pinnules], abych na ně připevnil tyto trojúhelníky a změřil lomy tak, jak jsem to vysvětlil v *Dioptrice*. Z toho jsem se dozvěděl, že lom horského křišťálu je mnohem větší než benátského skla a ten je zase větší než o méně čistého skla. Nepamatuji se však přesně na velikosti těchto lomů. Načež pan Mydorge, o němž jste možná už slyšel a kterého pokládám za nejpřesnějšího a nejlepšího kreslíře matematických útvarů na světě, narýsoval hyperbolu, která odpovídala lomu benátského skla, a to na velkou dokonale vyleštěnou měděnou desku pomocí kružítka [compas], jehož ocelové hroty byly tak jemné jako jehly. Pak vypiloval [lima] přesně tuto desku ve tvaru hyperboly, čímž se získala šablona [patron], podle níž jeden výrobce matematických přístrojů, jménem Ferrier vybrousil dokola vyhloubenou měděnou formu [moule] velikosti skla, které chtěl vybrousit. Aby si nepoškodil první model častým připevňováním k této formě, vyřízl dva kusy papíru, které používal místo tohoto modelu dokud nedovedl tuto formu k dokonalosti. Pak připevnil své sklo na soustruh [le tour] a mezi obojí dal písokvec [brusný písek] a toto sklo vybrousil. Když pak chtěl vybrousit stejným způsobem sklo konkávní, nedokázal to, protože pohyb soustruhu byl mírnější uprostřed než na krajích, takže sklo se tam [uprostřed] opotřebovalo méně, než by mělo. [...] Promiňte pane, jestliže jsem vás nudil touto dlouhou a špatnou rozpravou; byl jste to však vy, kdo na mne naléhal a přál si, abych vám doložil, co jsem udělal.“

Ta čočka, o níž se zde mluví, je plochá z té strany, z níž na ni dopadají sluneční paprsky. Druhá strana čočky je vypouklá a má tvar rotačního hyperboloidu, tedy plochy, která vznikne tak, že jednu větev hyperboly otáčíme kolem její osy. K tomu se ještě podrobně vrátíme. Descartes vyvodil čistě geometricky, že taková čočka musí – pokud platí jeho zákon lomu – soustředit všechny paprsky do jednoho bodu, totiž do ohniska druhé větve této hyperboly – pokud ovšem tvar hyperboly odpovídá indexu lomu skla, z něž je čočka zhotovena. Čekali bychom tedy, že zde už bude Descartes muset měřit tento index lomu, a že tedy vyzkouší řadu úhlů dopadu a změří odpovídající úhly lomu a z toho pak vypočte hledaný index. Vůbec ne. Nechal si vybrousit tři pravoúhlé trojúhelníky z různých materiálů, umístil je na pravítko a nechal jimi projít jeden jediný paprsek a zaznamenal si bod na pravítku, do něž se tento paprsek zlomil (viz obrázek a text níže). A to už mu stačilo k tomu, aby mohl nakreslit požadovanou hyperbolu (či spíše dát návod na její nakreslení). Jak tento návod vypadal, uvidíme za okamžik z dopisu Ferrierovi. Podstatná je zde věta „Nepamatuji se však přesně na velikosti těchto lomů“; domnívám se dokonce, že Descartes tyto lomy (indexy, úhly) vůbec nezjišťoval, neboť to nepotřeboval. Vybrušování trojúhelníků a čoček musela být záležitost značně nákladná a nebylo možné si nechat vybrušovat spousty trojúhelníků s různými sklony, aby se tak ověřoval experimentálně zákon lomu. Ze zákona lomu vyvodil hyperbolický tvar čočky a vsadil vše na jeden jediný pokus s jednou jedinou čočkou. Je dobré si uvědomit, že genialita tohoto klíčového pokusu spočívala mj. i v tom, že se zde *naráz*, bez jakéhokoli měření, ověřil zákon lomu pro nekonečně mnoho úhlů dopadu a lomu, neboť do každého bodu hyperboly dopadá paprsek pod jiným úhlem.

A nyní se podívejme podrobně na návod, který posílá z Amsterdamu 13. listopadu 1629 brusiči čoček Ferrierovi:²³



„Nechť přímka vašeho kvadrantu [quadrant] je AE a skleněný trojúhelník na ní umístěný FGH, přičemž je takové velikosti, aby přímka GH byla kolmá na AE a aby světelný paprsek, který projde hledím [pinnule] I pokračoval přímo až k D, aniž by se lomil dříve než v bodě D. Všimněte si tedy přímky GDF, která představuje sklon skla, v němž se lom děje, a bodu D, v němž je protínána slunečním paprskem, a bodu A, v němž sluneční paprsek IDA protíná přímku vašeho kvadrantu. Máte tedy úhel ADF. Nyní veďte z bodu D jinou přímku DC tak, aby se úhel FDC rovnal úhlu ADF, a tudíž aby celý úhel ADC byl dvojnásobkem úhlu ADF; a všimněte si v kterém bodě tato přímka DC protne váš kvadrant, totiž v bodě C. Když tento bod najdeme, vezměte úsečku CK rovnou CD a úsečku AL rovnou AD. Pak vyhledejte střed mezi body K a L, totiž B. Máte tři body ABC, které vám dávají poměr, který je mezi úsečkami AB a BC, a to je vše, co bylo třeba udělat. Tento poměr totiž zůstane vždy stejný bez ohledu na to, jaký trojúhelník vezmete, pokud je stejné průhlednosti [d'vn mesme diaphane].“

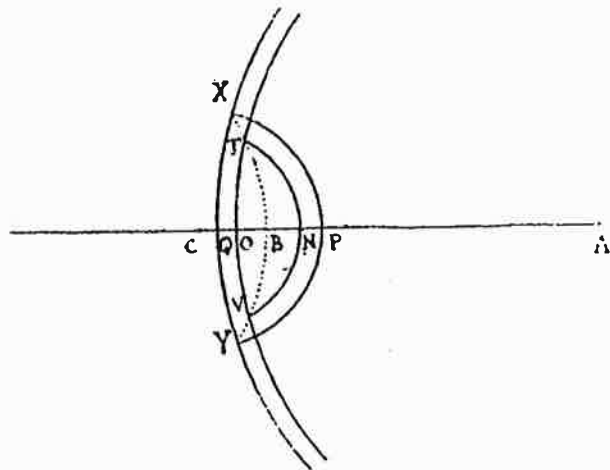
²³ AT I, str. 62–65; korespondence s Ferrierem, která je obsažena v I. díle AT, je rozsáhlá a patří mezi první zachované Descartovy dopisy (v AT mají čísla VI, XI, XII, XIII; z tohoto posledního dopisu zde cituji).

AE je ono měděné pravítko, na něž je umístěn skleněný pravoúhlý trojúhelník FGH. Necháme projít štěrbinou I jeden světelný paprsek. Ten dopadne na přední stranu trojúhelníku kolmo, takže se nezlomí a pokračuje sklem až do bodu D, kde se zlomí a na pravítku vyznačíme bod D, do něž tento paprsek padne. A to stačí k nakreslení hledaného tvaru skla. Abychom se v tomto Descartově nijak nekommentovaném návodu, určeném řemeslníkovi, u něž nemůže Descartes předpokládat nějaké znalosti kuželoseček a jejich vlastností, vyznali, předpokládejme, že už víme, že hledaná křivka má být hyperbola (to vyplyne pak z dalšího Descartova výkladu). Pak ovšem je přímka GF tečnou k této hyperbole a víme, že tečna pílí úhel, který svírají přímky vedené z bodu dotyku do ohnisek hyperboly. Bod A je tedy jedno ohnisko této hyperboly a druhé ohnisko je podle popsané konstrukce v bodě C. To ale nestačí, potřebujeme ještě znát vrcholy této hyperboly. Jedním z nich je bod B. Hyperbola (větev, která nás zajímá) je množinou bodu D takových, že rozdíl délek úseček AD a CD je konstantní; tato konstanta je rovna vzdálenosti vrcholů obou větví paraboly. Jeden vrchol je Descartův bod B, druhý, který označíme B', je nalevo od ohniska A ve vzdálenosti CB, tj. $AB' = CB$. Zbývá dokázat, že skutečně $AD - CD = BB'$. Podle konstrukce máme $AD = LC + CB + BK + KB' + B'A$, $CD = CB + BK$, takže $AD - CD = LC + KB' + B'A = LC + KB' + CB = BK + KB' = BB'$, neboť podle konstrukce $LC + CB = BK$.

Nyní následuje návod na nakreslení této hyperboly. Descartes se vyhýbá v dopise brusiči slovu „hyperbola“, až ke konci tohoto úryvku dopisu jednou toto slovo použije.

„Máme-li body A B C, pak můžete nakreslit křivku čočky takto: zapíchněte kružítko do středu B, rozevřete tak málo, jak chcete, na přímce AC vyznačte dva body N a O, které jsou od B stejně vzdálené.

Jedno rameno kružítka umístíte do A, druhé do O a nakreslete část kružnice TOV; pak otočte kružítko tak, aby jedno rameno bylo v C a druhé v N a nakreslete jinou část kružnice, která protíná předcházející v bodech T a V jimiž musí procházet vaše křivka. Tak můžete nalézt neomezený počet bodů: jeden hrot kružítka dáte do B, kružítko rozevřete o trochu víc než v předcházejícím případě, vezmete dva body stejně vzdálené od B, řekněme P a Q, pak ze středu A vedete kružnici XQY a ze středu C kružnici XPY. Průsečíky těchto dvou kružnic vám pak dají dva body X a Y a tak dále do nekonečna. Myslím si, že to je právě ten způsob, který použil pan Mydorge. Můžete to udělat tak, že kružítko zapíchnete do každého z bodů A, B a C jen jednou, totiž když máte hrot kružítka v B, dostanete body NO a PQ a nekonečně mnoho dalších; pak zapíchnete kružítko do A a nakreslíte kružnice TOV,



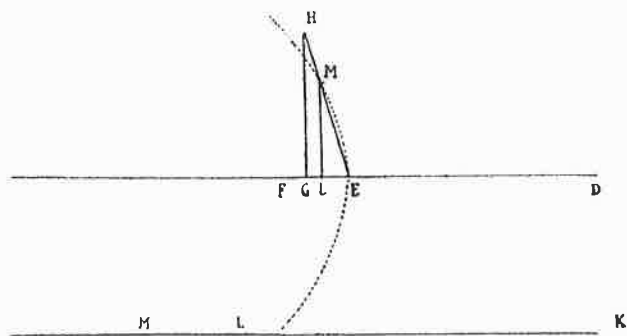
XQY a podobné. Pak zapíchnete kružítko do C a nakreslíte další kružnice TNV, XPY. Tento [postup] je nejkratší, nesmíme se však zmýlit a splést si prů-

sečíky kružnic. Takto nakreslená křivka pak bude soustřeďovat paprsky na vzdálenost, která je od A až k B.“

Že takto sestrojená křivka je opravdu hyperbola, je vidět snadno. Například pro bod T máme: $CT = CN$, $AT = AO$, takže $AT - CT = AO - CN = (AB + d) - (CB + d) = AB - CB = AB - AB' = BB'$, kde d je poloměr kružnice se středem B a procházející body N a O.

Ale to ještě není vše. Tímto způsobem nakreslíme totiž jednu určitou hyperbolu, která bude soustřeďovat paprsky do bodu A, tedy na určitou vzdálenost. Kdybychom pak chtěli nakreslit tvar čočky, která by soustřeďovala paprsky na jinou vzdálenost, museli bychom znovu opakovat postup např. s jinou polohou šterbiny. Ale to je zbytečné, stačí jedno jediné „měření“ pro všechny případy:

„Chcete-li nakreslit kružnici, která bude soustřeďovat paprsky na větší nebo menší vzdálenost, například na vzdálenost DE, pak najděte EF, která se bude mít k DF tak, jako se má BC k AB. A když ji najdete, použijte body DEF pro nakreslení vaší křivky tak, jako jste to dělal s body ABC. To znamená, že jakmile jste jednou získal pomocí kvadrantu poměr, který je mezi úsečkami AB a BC, poslouží vám tento poměr pro všechna skla téže průhlednosti a to na jakoukoli vzdálenost, na niž chcete, aby soustřeďovala paprsky. Zvažte případ, kdy je úsečka AB šestkrát tak velká jako BC a kdy chcete vybrousit sklo, které soustřeďuje paprsky ve vzdálenosti šesti palců; udělejte DE o délce šesti palců a EF dlouhou jeden palec. Nakreslete vaši křivku na základě tří bodů DEF. Chcete-li vybrousit sklo, které soustřeďuje paprsky ve vzdálenosti šesti stop, udělejte DE o délce šesti stop a EF délky jedné stopy. A tak podobně pro jakoukoli vzdálenost.“



Ferrier však měl ještě jiný problém: má kus skla a z něj má vybrousit hyperbolickou čočku. Jenže ta křivka, kterou si podle Descartova návodu nakreslil (nechal nakreslit) byla taková, že by musel odbrousit hodně skla, což bylo pracné. Potřeboval tedy křivku uzpůsobit (zvětšit) tak, aby odbušování skla bylo co nejmenší. A s tím si nevěděl rady, dokonce to pokládal za nějaké Descartovo tajemství. Descartes mu na to v témže dopise odpovídá:

„Máte-li kus skla, které chcete vybrousit beze ztráty jeho tloušťky uprostřed a beze ztráty jeho průměru, postupujte takto. Použijte některou z křivek, které jste už nakreslil, například hyperbolickou křivku EM, a na úsečce EF vyznačte EG, což je tloušťka uprostřed vašeho skla a pod pravými úhly vedte GH, což je poloměr vašeho daného skla. Pak vedte přímku, která prochází body E a H a která protne křivku v nějakém místě, řekněme v bodě M. Z bodu M pak vedte kolmici ML a nalezněte úsečku, která se má k DE tak, jako se má GH k ML. A ještě jednu, která se má k EF tak, jako se má GH k ML. A tyto dvě úsečky použijte místo úseček DE a EF pro nakreslení požadované křivky. Například DE je šest palců a GH je dvojnásobkem ML. Je tedy třeba vzít úsečku

o dvanácti palcích, řekněme KL. EF je jeden palec dlouhá a vezměte tedy LM o délce dvou palců; a s těmito třemi body KLM nakreslete křivku, požadovanou k tomu, abyste neztratil nic ze svého skla a aby soustřeďovalo paprsky ve vzdálenosti úsečky KL. Rozesmál jste mne, když jste to nazval tajemstvím; není to nic, na co byste nemohl snadno přijít sám, pokud jste pochopil předcházející. A budete-li o tom mluvit, potěší mne, řeknete-li, že jste na to přišel sám na základě toho, co jsem vám řekl obecně o způsobu kreslení této křivky. Mohl byste říci, že to není nic jiného, než trojčlenka [vne regle de trois]: říkáte totiž, že když mi úsečka ML dá DE a EF, co mi pak dá úsečka GH? Tak najdete KL a LM.“

Krásný je závěr: Descartes by byl rád, kdyby Ferrier všude vykládal, že na to přišel sám a dokonce ho navádí, jak to má říkat: že to přece není nic jiného než trojčlenka... Důvod je, zdá se mi, jasný: Descartes potřebuje sám říkat, že i obyčejní řemeslníci jsou s to pochopit to, co učenci té doby odmítají jako nesmysly, složitosti, nepravdivosti, bludy... Stěžuje si na to v dopise Mersennovi z 1. března 1638 v souvislosti se svou *Geometrií*, kde rovněž zdůrazňuje, že to pochopili i dva lidé, kteří učí matematiku nikoli na universitě, ale vojáky:²⁴

„Vaši analytici [Vos Analystes] nechápou nic z mé Geometrie a smějí se všemu, co říkají. Konstrukce a důkazy všech obtížných věcí tam jsou; vynechal jsem však ty nejjednodušší, aby se jim podobní mohli na nich cvičit. Někteří ji pochopili dokonale, mezi nimi jsou dva, jejichž povoláním je vyučovat matematiku vojáky. Co se profesorů *École* týče, žádný jí nerozumí, nemluvě o Goliovi a ještě méně o Hortensiovi, který toho o ní moc neví. Není třeba, abyste

²⁴ AT II, str. 30–32.

od svých geometrů požadoval nějaké otázky; pokud se však nějaké námitky vyskytnou, přijmete je od nich za níže uvedených podmínek a v ostatním je ujistíte upřímně, že jakmile obdržím jejich spisy, ocením je spravedlivě podle toho, co si zaslouží. [...] Zjišťuji, že vaši geometři, kteří ve své akademii zkoumají vše, co se zdá být nové, vůbec nezkoumají mou *Geometrii*, protože ji nejsou s to pochopit;²⁵ tento nedostatek však pochází spíše z nich samých než z mého spisu, neboť jsou někteří, kteří mu rozumí a kteří Geometrii shledávají právě tak jasnou jako *Dioptriku* a *Meteory*, či dokonce někteří za ještě jasnější.“

Descartes je tak znechucen nepochopením toho, co udělal, že se rozhoduje už nepsat. Současně ale trvá na tom, že cokoli, co má aspoň tři řádky a co nechal vytisknout je pravdivé; kdyby ne, pak se *všechno, celá jeho filosofie* může vyhodit.²⁶

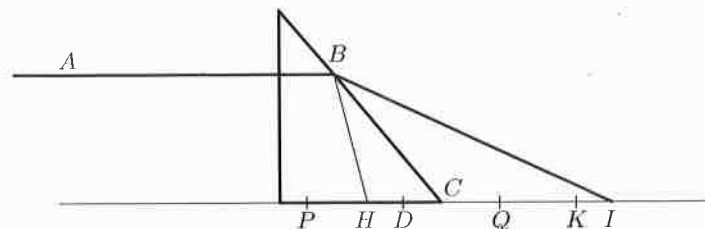
„Vidím z toho a z mnoha jiných takových věcí, že dobré důvody mají velmi málo síly k tomu, aby přesvědčily o pravdě, což mne vedlo téměř k rozhodnutí zapomenout zcela na psaní a nikdy už nestudovat než pro sebe sama. Přesto však bych chtěl, aby se myslelo, že jestliže to, co jsem napsal o tom²⁷ nebo o lomech nebo o nějaké jiné záležitosti, o níž jsem pojednal na více než 3 řádcích v tom, co jsem nechal vytisknout, by se ukázalo nepravdivé, pak by nestála za nic ani moje ostatní filosofie.“

²⁵ Míněny jsou zde schůzky matematiků, které se konaly ve čtvrtek postupně u některého z nich. Mersenne jmenuje některé z nich v dopisu Peirescovi z r. 1635: Pascal (nikoli Blaise), Mydorge, Hardy, Roberval, Desargues, Chambon.

²⁶ Dopis Mersennovi z 9. února 1639, AT II, str. 501.

²⁷ *De motu cordis*.

Zopakujme nyní matematickou podstatu celého výkladu stručně včetně důkazu, že hledaná anaklastická křivka je skutečně hyperbola.

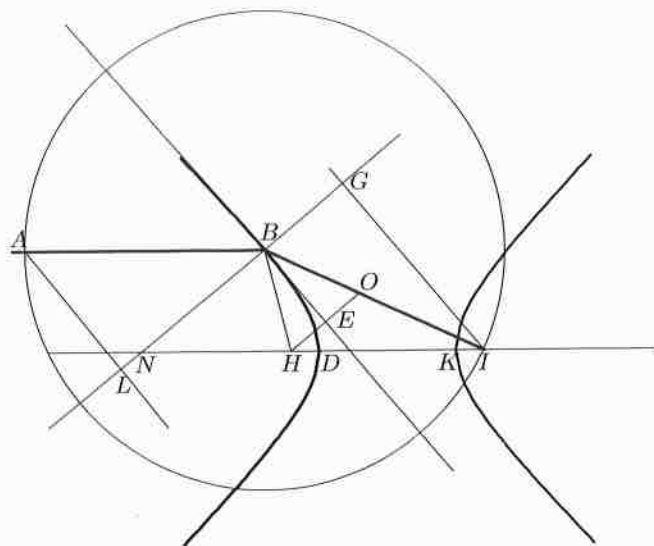


Descartes žádá po Ferrierovi, aby následující konstrukcí získal body H, D . Nejprve má vést úsečku BH tak, aby úhel HBC byl roven úhlu CBI , tedy aby přímka BC půllila úhel HBI . Dále pak má pomocí kružítka nalézt bod P tak, aby $IB = IP$ a pak ještě bod Q tak, aby $HB = HQ$. Načež se má rozpůlit úsečka PQ a získat tak bod D . *Body H, D, I pak dostačují*, píše Descartes, *k nakreslení hyperboly, kterou pak přesně nakreslí pan Mydorge*. Doplňme si ještě bod K tak, že $HD = IK$. H, I jsou ohniska a D, K vrcholy hledané hyperboly:

Bod B na ní leží:

$$BI - BH = PI - HQ = PD + DK + KI - HD - DQ = DK.$$

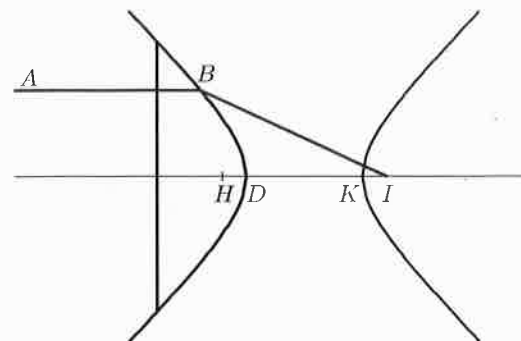
Přímka BC je tečna v bodě B k této hyperbole, protože půllí úhel, které svírají průvodiče od ohnisek. Tato hyperbola soustřeďuje všechny paprsky rovnoběžné s HI do ohniska I , pokud je ze skla, jehož index refrakce je roven $DK : HI$. Stojí za to pokusit se to dokázat samostatně, abychom pak lépe ocenili nesmírnou jednoduchost Descartova důkazu využívajícího jen obyčejnou podobnost trojúhelníků.



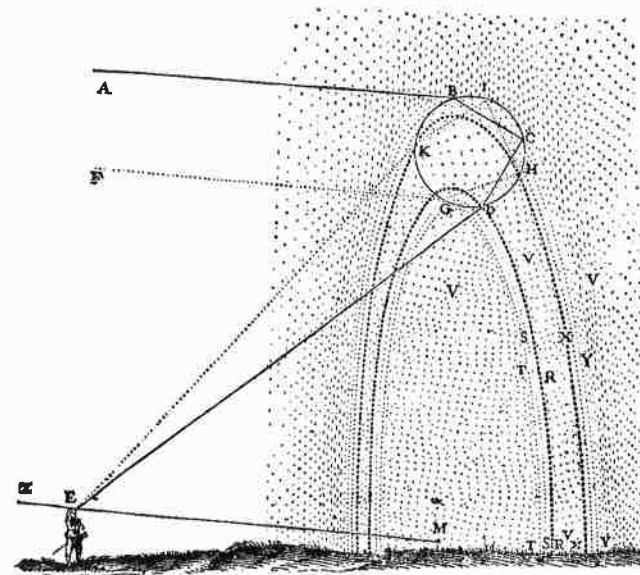
V bodě B na hyperbole vedeme normálu LG (kolmo k tečně BE v bodě B). Bod A volíme tak, aby $AB = BI$. Z bodu A spustíme kolmici na normálu a dostaneme bod L . Podobně vedeme kolmici na tuto přímku i z bodu I a dostaneme bod G . Dokážeme, že $AL : GI = DK : HI$ pro libovolný bod na hyperbole. $DK : HI$ je ovšem konstanta (je to poměr vzdáleností vrcholů ke vzdálenosti ohnisek hyperboly). Tím bude dokázáno, že všechny paprsky rovnoběžné s osou hyperboly se budou lomit do ohniska I , pokud bude čočka ve tvaru odpovídajícího rotačního hyperboloidu udělána ze skla, jehož index refrakce je právě $DK : HI$ – ale to jsme právě zaručili předcházející konstrukcí. Důkaz:

- 1) $AL : IG = AB : NI$ ($\triangle ALB$, $\triangle IGN$ jsou podobné: úhly u A a I jsou stejné)
- 2) $AL : IG = BI : NI$ ($AB = BI$)
- 3) $BI : NI = OI : HI$ ($\triangle BNI$, $\triangle OHI$ jsou podobné)
- 4) $OI : HI = DK : HI$ ($BH = BO$, $BI = BO + OI$,
 $OI = BI - BH = DK$).

Výsledná čočka:



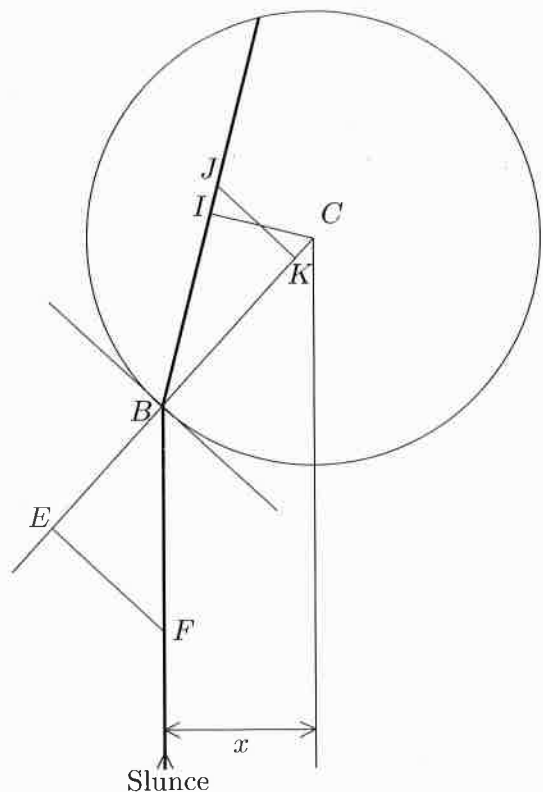
Dalším krokem bylo předvedení, jak bychom dnes řekli, vysvětlující, explikativní síly této teorie. Descartes použil svůj zákon lomu světla v *Meteorech* k vysvětlení *duhy*. Nejde o barvy duhy (i ty Descartes vysvětluje), ale o její *polohu*: že je to oblouk kružnice a hlavně, že ji vůbec vidíme, že se světlo nerozptýlí rovnoměrně všemi směry.



To je nádherný obrázek z *Meteorů*, na němž můžeme sledovat dráhu světla procházející kapičkou vody. Dokonce je tam vidět i vytváření sekundární duhy. My zde použijeme obrázky, které nám dovolí celou Descartovu argumentaci sledovat snadněji a podrobněji.

Descartes začal pokusy se skleněnou koulí naplněnou dešťovou vodou. Slunce měl za zády a koulí pohyboval, až dostal nejzářivější červenou barvu. Ukázalo se, že k tomu dojde, když je úhel mezi paprsky Slunce a paprskem dopadajícím do oka přibližně 42° .

Teď půjde o to, zda se to dá odvodit z Descartova zákona lomu světla.

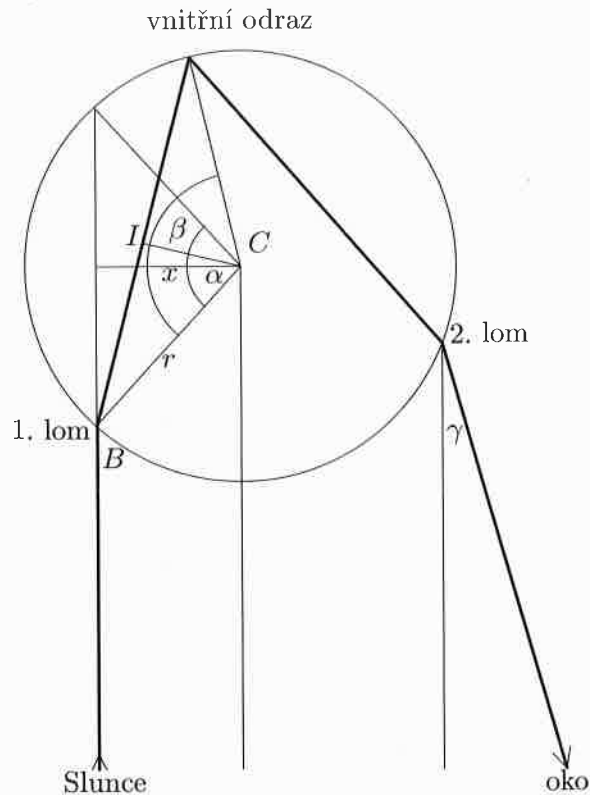


Sluneční paprsek dopadne na kapičku vody v bodě B . Proměnnou x je zde vzdálenost paprsku od středu C kapičky. Bod F je takový, že $BF = BC$, pro bod J na lomeném paprsku platí, že $BJ = BC$. E je pata kolmice spuštěné z bodu F na přímkou BC , K pata kolmice z bodu J .

Především si všimněme, že $EF = x$. Ze zákona lomu plyne, že poměr $JK : EF$ je konstantní a je roven indexu refrakce vody vůči vzduchu. Descartes použil hodnotu $187/250$, což je velmi přesné.

Nyní položíme $a = IC$. Je jasné, že $JK = IC$, takže máme první vztah:

$$a = \frac{187}{250} \cdot x.$$



Teď se soustředíme na obrázek výše. Položme $BC = r$. Máme

$$\frac{x}{r} = \cos \frac{\alpha}{2}, \text{ tedy } \alpha = 2 \cdot \arccos \frac{x}{r}$$

$$\frac{a}{r} = \cos \frac{\beta}{2}, \text{ tedy } \beta = 2 \cdot \arccos \frac{a}{r}.$$

Prodloužíme-li paprsek Slunce a paprsek oka tak, až se protnou, uvidíme, že pro úhel γ platí

$$\gamma = \alpha - 2\beta + 180^\circ.$$

Descartes nyní podrobně tabeluje hodnoty γ pro různá x . Na poloměru r nezáleží, jen na x/r , a/r .

$\frac{x}{r}$	$\frac{a}{r}$	α	β	γ
0,1	0,0748	168°31'	171°25'	165°44'
0,2	0,1496	156°56'	162°48'	151°27'
0,3	0,2244	145°50'	154°40'	137°70'
0,4	0,2992	132°51'	145°11'	122°50'
0,5	0,3740	120°00'	136°40'	108°13'
0,6	0,4488	106°16'	126°40'	33°44'
0,7	0,5236	91°90'	116°51'	79°25'
0,8	0,5984	73°44'	106°29'	65°44'
0,9	0,6732	51°41'	95°22'	54°26'
1,0	0,7480	0°00'	83°10'	69°30'

Abychom vůbec něco viděli, musí paprsků přicházet víc, musí být „hustší“. K tomu dochází někde mezi 0,8 a 1. Descartes počítá druhou tabulku pro $\frac{x}{r} = 0,80, 0,81, 0,82, \dots, 0,98$, aby zjistil, že tam skutečně paprsky houstnou kolem 42° .

To jsme ale měli jen případ s *jedním* vnitřním odrazem. Dáte-li si práci se dvěma vnitřními odrazy (tj. lom – odraz – odraz – lom) (viz obrázek z *Meteorů* výše), dostanete *sekundární duhu*, u níž se úhel nachází kolem 52° . Tento úhel δ by vám měl vyjít $= 3\beta - \alpha - 180^\circ$.

Descartes někde tady dalších zkoumání zanechal, zřejmě proto, že ho to už nudilo, jak psával v *Geometrii*. Rozhodně to nenudilo jiného velkého matematika té doby, Pierra Fermata, jehož navíc způsob Descartova uvažování rozčiloval.

Pierre de Fermat se seznámil s Descartovou *Dioptrikou* krátce po jejím vydání prostřednictvím Mersenna²⁸ a na jedné straně vyjadřoval obrovský obdiv k důsledkům, které Descartes ze zákona lomu vyvodil, na druhé straně však kritizoval způsob odvození podaný v *Dioptrice*. Korespondence na toto téma je rozsáhlá, avšak téměř výhradně (až na asi dvě výjimky) se odehrává pouze prostřednictvím Mersenna.²⁹ Zde se omezím jen na to, jakým způsobem Fermat napravil odvození Descartova zákona lomu. Fermat především mění výchozí princip, tedy to, z čeho bude zákon lomu vyvozovat:

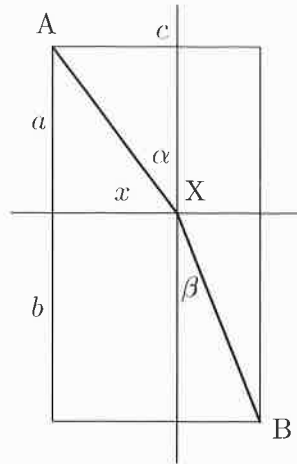
„*Demonstratio nostra unico nititur postulato: naturam operari per modos et vias faciliores et expeditiores. Ita enim αἴτημα concipiendum censemus, non, ut plerique, naturam per lineas brevissimas semper operari.*“³⁰

Do principu, jímž jsme začínali při výkladu odrazu světla (totiž že příroda koná po nejkratších drahách), stačilo tak dodat jediné slovo: příroda koná po *časově* nejkratších drahách. Úloha nyní zněla: jak se dostat z bodu *A* do bodu *B* lomem po časově nejkratší dráze, když v jednom prostředí je rychlost světla *u* a v druhém *v*:

²⁸ Viz výše citovaný dopis Fermata Mersennovi z dubna nebo května 1637.

²⁹ Tato korespondence je otištěna v AT i v *Oeuvres de Fermat*, kde je i pokračování korespondence Fermata s Mersennem a dalšími na toto téma po Descartově smrti.

³⁰ Fermat, *Synthesis ad refractiones, Oeuvres*, in: I, str. 173.



Máme tedy najít bod X tak, aby

$$\frac{AX}{u} + \frac{XB}{v}$$

bylo minimální, čili – když vše vyjádříme pomocí Pythagorovy věty analyticky – máme minimalizovat funkci

$$\frac{\sqrt{a^2 + x^2}}{u} + \frac{\sqrt{(c-x)^2 + b^2}}{v}.$$

Nyní umíme tuto úlohu vyřešit snadno pomocí elementárního diferenciálního počtu. Stačí vypočítat derivaci uvedené funkce x a položit ji rovnou nule:

$$\frac{x}{u\sqrt{a^2 + x^2}} - \frac{c-x}{v\sqrt{(c-x)^2 + b^2}} = 0$$

odtud dostaneme okamžitě zákon lomu světla:

$$\frac{\sin \alpha}{u} = \frac{\sin \beta}{v}.$$

Ne tak ovšem v polovině 17. století. Fermat musel najít způsob, jak počítat minima a maxima funkcí. To se mu podařilo a popsal to v pojednání *Methodus ad disquirendam maximam et minimam*.³¹

Fermatovu metodu si ukážeme na jednoduchém příkladu: máme najít maximum funkce $x(b-x)$.

Dejme tomu, že se tohoto maxima dosahuje v bodě $x = a$. Pak v bodech kolem bodu a , tj. v bodech $a-e$, $a+e$ (e je nějaké malé kladné číslo) musí být hodnoty této funkce menší než hodnota v a :

$$(a-e)(b-a+e) < a(b-a) > (a+e)(b-a-e).$$

Po roznásobení, odečtení stejných členů a vydělení e dostaneme

$$e > b-2a > -e$$

a protože to musí platit pro každé, libovolně malé kladné e , plyne odtud, že $b = 2a$.

Máme zde krásný příklad toho, jak se rozvíjí matematika (a věda vůbec): první důkazy velkých matematických vět bývají složité, nepřehledné, zamotané (ostatně sám Fermat píše v citovaném dopise, že „to, co hledáme, nacházíme často tápavě a v temnotách“). Matematici (často celé generace) se pak pokoušejí tento důkaz vyjasnit a zjednodušit až do nějaké (dočasně) konečné podoby. Ve šťastných případech se při této práci objeví něco velmi podstatného, co se pak stane základem nové matematické teorie. To je i případ Fermatův, který při nápravě Descartova důkazu vynalezl metodu maxim a minim, která se pak stala základem diferenciálního počtu, tj. matematické analýzy.

Aby byl náš příběh ještě podivuhodnější a zamotanější, všimněme si na závěr znovu výchozího výrazu

³¹ Fermat, *Œuvres*, I, str. 133–136 (spis, zaslaný prostřednictvím Mersenna Descartovi, který jej dostal kolem 10. ledna 1638).

$$\frac{AX}{u} + \frac{XB}{v}$$

a vzpomeňme si, že při odrazu světla bylo přirozeně $u = v$ a tehdy jsem se zajímal o body, splňující rovnost

$$AX + XB = k$$

a ukázali jsme si, že je to elipsa. Jak je tomu v případě lomu?

$$\frac{AX}{u} + \frac{XB}{v} = k.$$

Co je to za křivky? Jsou to algebraické křivky 4. stupně, zvané dnes *Descartovy ovály*. Descartes se jimi a jejich *optickými* vlastnostmi zabývá podrobně v druhé knize *Geometrie*.

Ediční poznámka

Dioptrika je jedním z esejů doprovázejících *Rozpravu o metodě*. Francouzský text i překlad je podle vydání Descartových spisů Adamem a Tannerym. Ve zde otištěném francouzském textu, odpovídajícím 1. vydání, je jen „dlouhé s“ nahrazeno obyčejným *s*. Stránkování vydání Adama a Tanneryho je vyznačeno takto: ||_{nn}. V doslovu, který je rekonstrukcí Descartova objevu zákona lomu z hlediska současné filosofie vědy, jsou použity rozsáhlé pasáže z mých dřívějších textů o Descartovi, zvláště pak článku *Reflexe o refrakci*, který vyšel ve *Filosofickém časopise*, 45, 1997 č. 6, str. 969–995.

Summary

This translation of Descartes' *Dioptrics* is based on French original, which is included into this book. The translation is accompanied by an attempt to reconstruct Descartes' discovery of the law of refraction from the point of view of modern philosophy of science.

RENÉ DESCARTES

Dioptrika

Vydalo nakladatelství OIKOYMENH jako svoji 387. publikaci. Z francouzského originálu René Descartes, *La Dioptrique*, podle vydání Adama a Tanneryho, přeložil Jiří Fiala. Lektoroval Tomáš Marvan. Odpovědný redaktor Aleš Havlíček. Technická redakce Vladimír Nedvídek. Obálku navrhl Zdeněk Ziegler. Sazba L^AT_EX Jiří Fiala. Tisk *Alfaprint* Praha. První vydání, Praha 2010.

