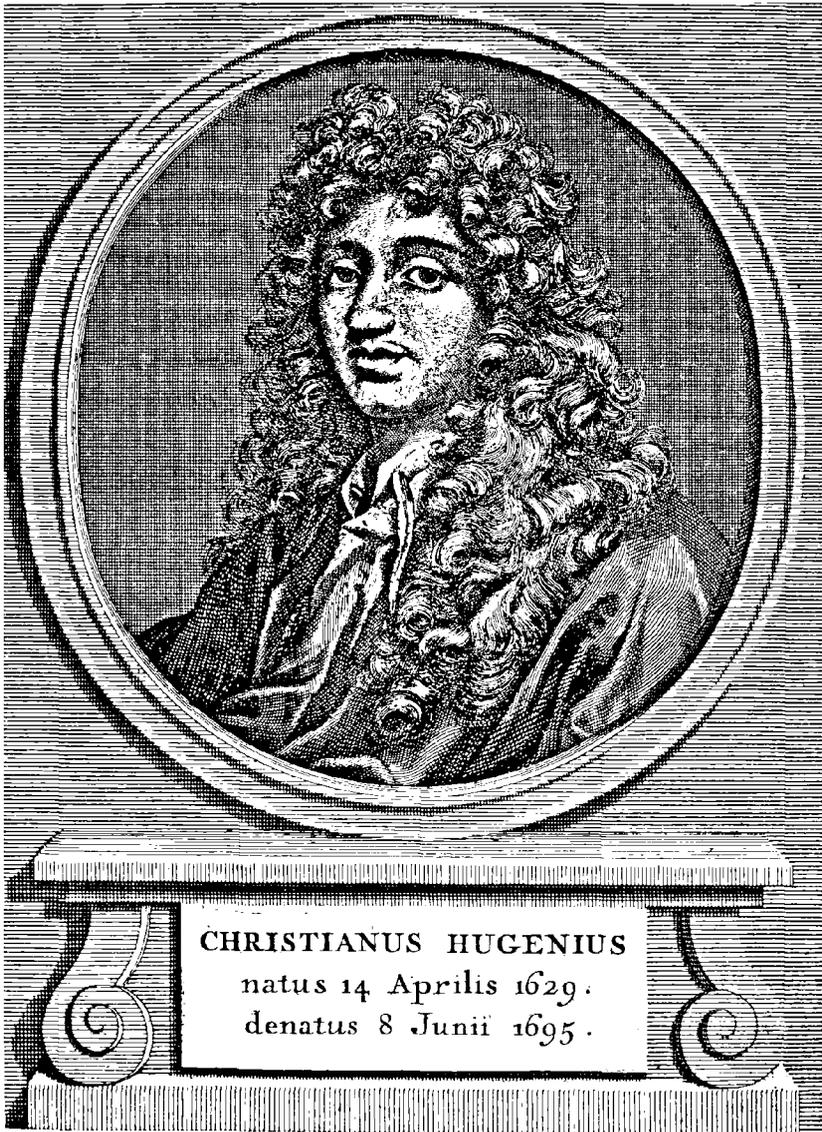


TRAITÉ DE LA LUMIERE

AVEC UN

DISCOURS DE LA PESANTEUR.



*Phototypie v. C. Stedder, Leipzig - Frankfurt.*

# TRAITÉ DE LA LUMIERE

OÙ SONT EXPLIQUÉES LES CAUSES

DE CE QUI LUY ARRIVE DANS LA REFLEXION ET DANS LA REFRACTION ET PARTICULIEREMENT  
DANS L'ÉTRANGE REFRACTION DU CRISTAL D'ISLANDE.

AVEC UN

## DISCOURS DE LA CAUSE DE LA PESANTEUR

PAR

MONSIEUR **CHRISTIAN HUYGHENS**, SEIGNEUR DE ZEELEHM.

EDIDIT

CUM PRAEFATIONE LATINA

### W. BURCKHARDT.

LIPSIÆ

GRESSNER & SCHRAMM.



## EDITORIS PRAEFATIO.

---

14. April. 1629 Hagae Comitum in Hollandia Christianus Hugenius natus est posterior e filiis Constantini Hugeni equitis, Zelhemii et Zulichemii toparchae, in principis summa familiaritate versantis. Pater Constantinus scriptorum veterum peritissimus atque scientiae Mathematicae et Mechanicae haud ignarus filios optime erudiendos curavit. Quare Christianus puer brevi tempore in Musicis, Geographicis, Arithmetiis permultum profecisse et decimum annum agens jam scientiam non exiguam collegisse dicitur. Sedecim annos natus e ludo literario in academiam Leidensem transiit jurisprudentiae studiis sese traditurus, sed indole natura quasi insita impellebatur, ut duce Schotenio, qui Cartesii scripta mathematica interpretabatur, potius Geometriae operam daret; brevique tantum praestitit, ut inter sagacissimos recentioris geometriae interpretores haberetur. Gravesande operum Hugeni editor: „ingenii“, inquit, „ad haec studia nati varia tunc temporis dedit specimina, brevique famam inter Mathematicos annos superantem acquisivit.“

Per annos 1646, 1647, 1648 Bredae, in academia, pro parte patris curae commissa, versabatur, ut juris potius studiis se dederet, et 1649 Hagam Comitum rediit. Eodem anno Henricum Comitem Nassavium in Holsatiam et Daniam proficiscentem prosecutus est; libentissime iter in Suediam continuasset, ut Cartesium philosophum et geometricum clarissimum ad Reginae Christinae aulam versantem

cognosceret; sed Henricus Comes, postquam quae sibi proposuerat mox finivit, Hagam revertit. Quo itinere perfecto per longinquum tempus Hagae Hugenius manebat, multa nova et praeclara reperiens, quae quum ad Geometriam tum ad Mechanicam et Astronomiam attinent. Quibus gloria ac laude ita florebat, ut 1665 ab Ludovico XIV., praeclarissimo Francogallorum rege, academiae literarum regiae, brevi ante Lutetiae Parisiorum crectae, socius adscriberetur et stipendio annuo non exiguo donaretur. Quibus honoribus elatus non dubitavit, Lutetiam petere, ubi ei regis jussu domicilium in aedificio Bibliothecis regiis destinato praebebatur. Academiae decus et gloria certo Lutetiae usque ad mortem mansisset, nisi Ludovicus rex protestantes juribus anno 1598 ab Henrico IV. sapienter sanctis et confirmatis privavisset. Quamvis nullo modo Hugenius prohiberetur, dicere et quaerere, quid sibi liberet, 1681 Hagam Comitum rediit. Qua in urbe usque ad mortem studiis mathematicis totum se dedit et multa sagaciter inveniebat. Quatuordecim annis post quam Galliam reliquit, graviter aegrescivit, ut 8. Jun. 1695 moreretur. Legato Burcherus de Volder et Bernhardius Fullenius rogabantur, ut scripta posthuma ederent.

Haec sunt, quae occurrebant illi Hugenio, qui inter homines suae aetatis adeo praecelebat, ut nemo fere major, pauci aequales haberi possint. Omnes artis mathematicae ipsius et adhibitae partes, Mechanicam, Astronomiam, Geometriam, Arithmeticam, Opticen multis novis auxit et ad altiorem gradum sustulit. Mechanicam horologiis oscillatoriis, de isochronismo corporum in cycloide cadentium quaestionibus, centrorum oscillationum theoria, Astronomiam Saturni annuli et unius e lunis inventionem, Geometriam praeter alia evolutionum theoria, Arithmeticam tractatu de ludo aleae et studiis de maximis et minimis exornavit.

Quod ad Opticen attinet, telescopiis ad usum aptissimis, quae ipse construxit, excellebat. Ut enim mirarum Saturni formarum a Galilaeo jam anno 1610 accurate observatarum rationem reperiret, non verebatur, ipse manus admovere vitris poliendis et perpoliendis. Quo factum est, ut lentas, quas cum Constantino fratre perfecerat, omnium consensu ab aliis fabricatas multo superarent. Lentium theoriam in Dioptrica, a Buchero de Volder et Bernhardio Fullenio edita, distincte exposuit. Optime vero meritus est „Tractatu de Lumine,“ quem nunc cum „Dissertatione de Gravitate“ in publicum emittimus. Quo

quidem tractatu luminis theoriae, quam nunc rerum physicarum peritissimi firmissimam agnoscunt, fundamentum aedificavit. Plerique enim Hugonii aetatis mathematici cum Newtono consenserunt, materiam quandam a corporibus lucidis emissam ad oculos nostros pervenire impulsuque efficere, ut videamus. Quam quidem hypothesim a vero abhorrere, Hugonius in tractatu de lumine contendit, et verisimile arbitratur, lumen fere instar soni in undas sphaericas se extendere particulis materiae, quam aetherem appellat, se ipsas percutientibus. Qua sententia de luminis natura nitens, demonstrat, angulos incidentiae et reflexionis aequales esse et radium reflexum in eodem plano perpendiculari ad planum reflectens remanere ac radium incidentem. Pro densitate mediorum a lumine percurrendorum luminis celeritatem esse diversam ponens, porro ostendit, refractionem notam sinuum proportionem servare et radios luminis in aëre Atmosphaerae incurvari. Quin etiam cristalli Islandici mirandam refractionem diligentissime tractat et emanationibus sphaeroideis explicare conatur.

Credit, omnes, qui rerum causas cognoscere desiderent et mira luminis phaenomena admirari noverint, ex his speculationibus aliquam voluptatem percepturos esse, sperat quoque, quosdam fore, qui his principiis nitentes altius inquirant in luminis naturam quam ipse facere potuerit. Sane haec spes ad irritum non redacta est. Quamquam per longinquum tempus mathematici Newtoni hypothesim secuti sunt, denique theoria ab Hugonio inaugurata victoriam reportavit. Particulas aetheris quidem aliter ac Hugonius cogitaverit moveri consentimus, sed omnes Hugonium auctorem hypothesis celebramus, quae luminis naturam optime explicare videtur.

Tractatus ille de Lumine cum „Dissertatione de Gravitate“ gallice Leidae 1690 apud vander Aa editus et duodequadraginta annis post a Gravesande Amstelodami apud Ianssonio-Waesbergios in linguam latinam versus inter *Opera Hugonii reliqua* publicatus est. Gravesande jam anno 1724 apud vander Aa Leidae (Lugduni Batavorum) *Opera varia* collecta in quatuor tomos dispersa ediderat, quorum „horologium oscillatorium sive de motu pendulorum ad horologia aptato demonstrationes geometricae“ et „Systema Saturnium sive de causis mirandorum Saturni phaenomenon et comite ejus planeta novo“ longe sunt gravissima. Postea a Waesbergiis Bibliopolis invitatus est, ut *reliqua* quoque *opera* edenda et emendanda curaret; quod anno 1628 ipsum perfecisse jam diximus.

Ipse quidem Gravesande in praefatione *operum reliquorum* „*Deficiunt*,” inquit, „*ut in praefatione*\*) *monui, tractatus duo, de Lumine uno, de Gravitate altero, ut et volumen operum posthumorum.*

*Haec autem omnia, quae in Leidensi editione deficiunt, cum de novo typis mandare vellent, Bibliopolae Amstelodamenses Waesbergii, ad quos hujus faciendi jus pervenerat, me rogarunt, ut et hisce scriptis operam meam non derogarem, ut tanti viri Opera Omnia, eadem forma edita, unicum quasi formarent Corpus, libenter suscepi, quantum enim hoc omnibus Mathematicum aestimatoribus gratum foret, satis superque noveram. Duobus ergo voluminibus, anno MDCCXXIV., Leidae apud Janssonios vander Aa editis, duo nova adjiciuntur, quorum ultimum, quod opera continet posthuma, in duos tomos subdividitur. In horum autem voluminum primo Tractatus continetur de Lumine, et Dissertatio de Gravitate, quae ambo scripta gallice dedit auctor, quamvis primum, ut ipse in huius praefatione monet, in linguam latinam vertere sibi proposuerat.*

*Ut autem opera omnia latine ederentur, tractatus hos ambos in linguam latinam verti curarunt Bibliopolae, quod cum minus exacte praestitum fuisset, Vir Cl., qui nunc in Academia Frisia Professor, summa cum laude Philosophiam docet, et qui alia nostri auctoris opera, quae belgice aut gallice conscripta cum reliquis Leidae jam sunt edita, latinitate donaverat, ut eo tempore monui, hanc etiam versionem cum gallicis auctoris verbis contulit, et juxta auctoris mentem emendavit.* †

Nostris temporibus „Tractatus de Lumine“ et gallice scriptus et in latinam linguam translatus tam raro invenitur, ut omnibus mathematicis gratum fore putaverimus, denuo illum edi. Tractatui de Lumine dissertationem de Gravitate, quamquam minus gravem, adjecimus, quod semper haec duo scripta conjuncta erant. Secuti sumus editionem gallicam; et fere nihil mutavimus, quamvis negligentius Hugenius scripserit. Cum benevolentia recipiatur hic liber et scientiae commo-  
modo sit!

\*) In praefatione *Operum variorum*.

## PREFACE.

---

J'escrivis ce Traité pendant mon séjour en France, il y a 12 ans; et je le communiquay en l'année 1678 aux personnes sçavantes, qui composoient alors l'Academie Royale des Sciences, à la quelle le Roy m'avoit fait l'honneur de m'appeller. Plusieurs de ce corps, qui sont encore en vie, pourront se souvenir d'avoir esté presents quand j'en fis la lecture, et mieux que les autres, ceux d'entre eux qui s'appliquoient particulièrement à l'étude des Mathematiques; des quels je ne puis plus citer que les Celebres Messieurs, Cassini, Romer, et De la Hire. Et quoyque du depuis j'y aye corrigé et changé plusieurs endroits; les copies que j'en fis faire dés ce temps là, pourroient servir de preuve, que je n'y ay pourtant rien ajouté, si ce n'est des conjectures touchant la formation du Cristal d'Islande, et une nouvelle remarque sur la refraction du Cristal de Roche. J'ay voulu rapporter ces particularitez pour faire connoitre depuis quand j'ay medité les choses que je publie maintenant, et non pas pour déroger au merite de ceux, qui, sans avoir rien vû de ce que j'avois escrit, peuvent s'estre rencontrés à traiter des matieres semblables: comme il est arrivé effectivement à deux Excellents Geometres, Messieurs Newton et Leibnits, à l'égard du Probleme de la figure des verres pour assembler les rayons, lors qu'une des surfaces est donnée.

On pourra demander pourquoy j'ay tant tardé à mettre au jour cet Ouvrage. La raison est que je l'avois escrit assez negligemment en la Langue où on le voit, avec intention de le traduire en Latin, faisant ainsi pour avoir plus d'attention aux choses. Après quoy je me proposois de le donner ensemble avec un autre Traité de Dioptrique, où j'explique les effets des Telescopes, et ce qui appartient de plus à cette Science. Mais le plaisir de la nouveauté ayant cessé, j'ay differé de temps à autre d'executer ce dessein, et je ne sçay pas quand j'aurois encore pû en venir à bout, estant souvent diverti, ou par des affaires, ou par quelque nouvelle étude. Ce que considerant, j'ay en fin jugé qu'il valoit mieux de faire paroître cet escrit tel qu'il est, que de le laisser courir risque en attendant plus longtemps, de demeurer perdu.

On y verra de ces sortes de demonstrations, qui ne produisent pas une certitude aussi grande que celles de Geometrie, et qui mesme en different beaucoup, puisque au lieu que les Geometres prouvent leurs Propositions par des Principes certains et incontestables, icy les Principes se verifient par les conclusions qu'on en tire; la nature de ces choses ne souffrant pas que cela se fasse autrement. Il est possible toutefois d'y arriver à un degré de vraisemblance, qui bien souvent ne cede guere à une evidence entiere. Sçavoir lors que les choses, qu'on a démontrées pas ces Principes supposez, se raportent parfaitement aux phenomenes que l'experience a fait remarquer; sur tout quand il y en a grand nombre, et encore principalement quand on se forme et prevoit des phenomenes nouveaux, qui doivent suivre des hypotheses qu'on employe, et qu'on trouve qu'en cela l'effet repond à nostre attente. Que si toutes ces preuves de la vraisemblance se rencontrent dans ce que je me suis proposé de traiter, comme il me semble qu'elles font, ce doit estre une bien grande confirmation du succès de ma recherche, et il se peut malaisement que les choses ne soient à peu prés comme je les represente. Je veux donc croire que ceux qui aiment à connoître les Causes, et qui sçavent admirer la

merveille de la Lumiere, trouveront quelque satisfaction dans ces diverses speculations qui la regardent, et dans la nouvelle explication de son insigne propriété, qui fait le principal fondement de la construction de nos yeux, et de ces grandes inventions qui en étendent si fort l'usage. J'espere aussi qu'il y en aura, qui en suivant ces commencements, penetreront plus avant toute cette matiere que je n'ay sçû faire, puisqu'il s'en faut beaucoup qu'elle ne soit epuisée. Cela paroît par les endroits que j'ay marquez, où je laisse des difficultez sans les resoudre; et encore plus par les choses que je n'ay point touchées du tout, comme sont les Corps Luisants de plusieurs sortes, et tout ce qui regarde les Couleurs; en quoy personne jusqu' icy ne peut se vanter d'avoir reussi. Enfin il reste bien plus à chercher touchant la nature de la Lumiere, que je ne pretens d'en avoir decouvert, et je devray beaucoup de retour à celuy qui pourra suppléer à ce qui me manque icy de connoissance. A la Haye. Le 8. Jan. 1690.

---

# TRAITÉ DE LA LUMIERE.

## CHAP. I.

### DES RAYONS DIRECTEMENT ÉTENDUS.

Les demonstrations qui concernent l'Optique, ainsi qu'il arrive dans toutes les sciences où la Geometrie est appliquée à la matiere, sont fondées sur des veritez tirées de l'experience; telles que sont que les rayons de lumiere s'étendent en droite ligne; que les angles de reflexion et d'incidence sont égaux: et que dans les refractions le rayon est rompu suivant la regle des Sinus, desormais si connue, et qui n'est moins certaine que les precedentes.

La plupart de ceux qui ont écrit touchant les differentes parties de l'Optique se sont contentés de presupposer ces veritez. Mais quelques uns plus curieux en ont voulu rechercher l'origine, et les causes, les considerant elles mesmes comme des effets admirables de la Nature. En quoy ayant avancé des choses ingenieuses, mais non pas telles pourtant que les plus intelligens ne souhaitent des explications qui leur satisfassent d'avantage; je veux proposer icy ce que j'ay medité sur se sujet, pour contribuer autant que je puis à l'éclaircissement de cette partie de la Science naturelle, qui non sans raison en est reputée une des plus difficiles. Je reconnois estre beaucoup redevable à ceux qui ont commencé les premiers à dissiper l'obscurité estrange où ces choses estoient enveloppées, et à donner esperance qu'elles se pouvoient expliquer par des raisons intelligibles. Mais je m'étonne aussi d'un autre costé comment ceux là mesme, bien souvent ont voulu faire passer des raisonnements peu evidents, comme tres certains et demonstratifs: ne trouvant pas que personne ait encore expliqué probablement ces premiers, et notables phenomenes

de la lumiere, sçavoir pourquoy elle ne s'étend que suivant des lignes droites, et comment les rayons visuels, venant d'une infinité de divers endroits, se croisent sans s'empêcher en rien les uns les autres.

J'essaieray donc dans ce livre, par des principes receus dans la Philosophie d'aujourd'huy, de donner des raisons plus claires et plus vraisemblables, premierement de ces propriétés de la lumiere directement estenduë; secondement de celle qui se reflechit par la rencontre d'autres corps. Puis j'expliqueray les symptomes des rayons qui sont dit souffrir refraction en passant par des corps diaphanes de differente espece: où je traiteray aussi les effets de la reflexion de l'air par les differentes densitez de l'Atmosphere.

Ensuite j'examineray les causes de l'étrange refraction de certain Cristal qu'on apporte d'Islande. Et en dernier lieu je traiteray des differentes figures des corps transparents et reflechissants, par lesquelles les rayons sont assemblez en un point ou detournez en differentes manieres. Où l'on verra avec quelle facilité se trouvent, suivant nostre Theorie nouvelle, non seulement les Ellipses, Hyperboles, et autres lignes courbes que Mr. Des Cartes a subtilement inventées pour cet effet; mais encore celles qui doivent former la surface d'un verre, lorsque l'autre surface est donnée, spherique, platte, ou de quelque figure que ce puisse estre.

L'on ne sçauroit douter que la lumiere ne consiste dans le mouvement de certaine matiere. Car soit qu'on regarde sa production, on trouve qu' icy sur la Terre c'est principalement le feu et la flamme qui l'engendrent, lesquels contiennent sans doute des corps qui sont dans un mouvement rapide, puis qu'ils dissolvent et fondent plusieurs autres corps des plus solides: soit qu'on regarde ses effets, on voit que quand la lumiere est ramassée, comme par des miroirs concaves, elle a la vertu de brûler comme le feu, c'est à dire qu'elle desunit les parties des corps; ce qui marque assurément du mouvement, au moins dans la vraye Philosophie, dans laquelle on conçoit la cause de tous les effets naturels par des raisons de mechanique. Ce qu'il faut faire à mon avis, ou bien renoncer à toute esperance de jamais rien comprendre dans la Physique.

Et comme, suivant cette Philosophie, l'on tient pour certain que la sensation de la veuë n'est excitée que par l'impression de quelque mouvement d'une matiere qui agit sur les nerfs au fond de nos yeux, c'est encore une raison de croire que la lumiere consiste dans un

mouvement de la matiere qui se trouve entre nous et le corps lumineux.

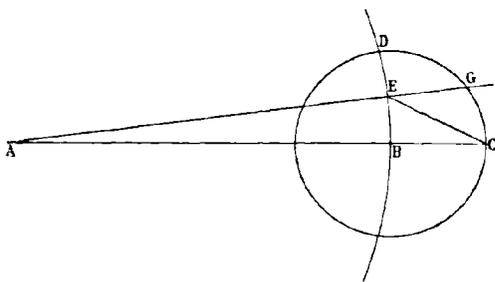
De plus quand on considere l'extreme vitesse dont la lumiere s'étend de toutes parts, et que quand il en vient de differents endroits, mesme de tout opposez, elles se traversent l'une l'autre sans s'empescher; on comprend bien que quand nous voyons un objet lumineux, ce ne sçauroit estre par le transport d'une matiere, qui depuis cet objet s'en vient jusqu' à nous, ainsi qu'une bale ou une fleche traverse l'air: car assurément cela repugne trop à ces deux qualités de la lumiere, et sur tout à la derniere. C'est donc d'une autre maniere qu'elle s'étend, et ce qui nous peut conduire à la comprendre c'est la connoissance que nous avons de l'extension du Son dans l'air.

Nous sçavons que par le moyen de l'air, qui est un corps invisible et impalpable, le Son s'étend tout à l'entour du lieu où il a esté produit, par un mouvement qui passe successivement d'une partie de l'air à l'autre, et que l'extension de ce mouvement se faisant également viste de tous costez, il se doit former comme des surfaces spheriques, qui s'elargissent tousjours et qui viennent frapper nostre oreille. Or il n'y a point de doute que la lumiere ne parvienne aussi depuis le corps lumineux jusqu' à nous par quelque mouvement imprimé à la matiere qui est entre deux: puisque nous avons déjà veu que ce ne peut pas estre par le transport d'un corps qui passeroit de l'un à l'autre. Que si avec cela la lumiere employe du temps à son passage; ce que nous allons examiner maintenant, il s'ensuivra que ce mouvement imprimé à la matiere est successif, et que par consequent il s'étend, ainsique celui du Son, par des surfaces et des ondes spheriques: car je les appelle ondes à la ressemblance de celles que l'on voit se former dans l'eau quand on y jette une pierre, qui representent une telle extension successive en rond, quoyque provenant d'une autre cause, et seulement dans une surface plane.

Pour voir donc si l'extension de la lumiere se fait avec le temps, considerons premierement s'il y a des experiences qui nous puissent convaincre du contraire. Quant à celles que l'on peut faire icy sur la Terre, avec des feux mis à de grandes distances, quoy qu'elles prouvent que la lumiere n'employe point de temps sensible à passer ces distances, on peut dire avec raison qu'elles sont trop petites et qu'on n'en peut conclure sinon que le passage de la lumiere est

extremement viste. Mr. Des Cartes qui estoit d'opinion qu'elle est instantanée, se fondoit, non sans raison, sur une bien meilleure experience tirée des Eclipses de Lune: laquelle pourtant, comme je feray voir, n'est point convaincante. Je la proposeray un peu autrement que luy, pour en faire mieux comprendre toute la consequence.

Soit A le lieu du soleil, BD une partie de l'orbite ou chemin annuel de la Terre. ABC une ligne droite, que je suppose rencontrer le chemin de la Lune, représenté par le cercle CD, en C.



Or si la lumiere demande du temps, par exemple une heure pour traverser l'espace qui est entre la Terre et la Lune; il s'ensuivra que la Terre estant parvenue en B, l'ombre qu'elle cause, ou l'interruption de la lumiere, ne sera pas encore parvenue au point C, mais qu'elle n'y arrivera qu'une heure après. Ce sera donc une heure après, à compter depuis que la Terre a esté en B, que la Lune arrivant en C, y sera obscurcie: mais cette obscuracion ou interruption de lumiere ne parviendra à la Terre que dans une autre heure. Posons que dans ces deux heures elle soit parvenue en E. La Terre donc estant en E, verra la Lune Eclipsée en C, dont elle est partie une heure auparavant, et verra en mesme temps le soleil en A. Car estant immobile, comme je le suppose avec Copernic, et la lumiere s'estendant par des lignes droites, il doit tousjours paroître où il est. Mais on a tousjours observé, disent-ils, que la Lune eclipsée, paroît au lieu de l'Ecliptique opposé au Soleil; et cependant icy il paroîtroit en arriere de ce lieu, de l'angle GEC, complement de AEC à deux angles droits. Donc cela est contraire à l'experience, puisque l'angle GEC seroit fort sensible, et environ de 33 degrez. Car selon nostre supputation, qui est au Traité des causes des phenomenes de Saturne, la distance BA entre la Terre et le So-

leil, est environ de douze mille diametres terrestres et partant quatre cens fois plus grande que BC distance de la Lune, qui est de 30 diametres. Donc l'angle ECB sera à peu près quatre cens fois plus grand que BAE, qui est de cinq minutes; sçavoir le chemin que fait la Terre en deux heures dans son orbite; et ainsi l'angle BCE presque de 33 degrez; et de mesme l'angle CEG, qui le surpasse de cinq minutes.

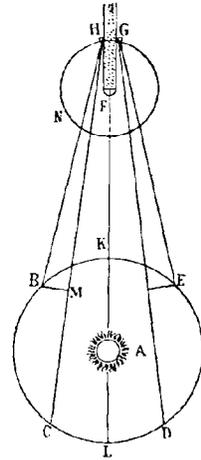
Mais il faut noter que la vitesse de la lumiere dans ce raisonnement a esté posée telle qu'il luy faut une heure de temps pour faire le chemin d'icy à la Lune. Que si l'on suppose qu'il ne faut pour cela qu'une minute de temps, alors il est manifeste que l'angle CEG ne sera que de 33 minutes et s'il ne faut, que dix secondes de temps, cet angle ne sera pas de six minutes. Et alors il n'est pas aisé de s'en apercevoir dans les observations de l'Eclipse, ni par consequent permis d'en rien conclure pour le mouvement instantané de la lumiere.

Il est vray que c'est supposer une estrange vitesse qui seroit cent mille fois plus grand que celle du Son. Car le Son selon ce que j'ay observé, fait environ 180 Toises dans le temps d'une Seconde ou d'un battement d'artere. Mais cette supposition ne doit pas sembler avoir rien d'impossible; parce qu'il ne s'agit point du transport d'un corps avec tant de vitesse, mais d'un mouvement successif, qui passe des uns aux autres. Je n'ay donc pas fait difficulté, en meditant ces choses, de supposer que l'emanation de la lumiere se faisoit avec le temps, voyant que par là tous ses phenomenes se pouvoient expliquer, et qu'en suivant l'opinion contraire tout estoit incomprehensible. Car il m'a tousjours semblé, et à beaucoup d'autres avec moy, que mesme M<sup>r</sup>. Des Cartes, qui a eu pour but de traiter intelligiblement de tous les sujets de Physique, et qui assurément y a beaucoup mieux reussi que personne devant luy, n'a rien dit qui ne soit plein de difficultez, ou mesme inconcevable, en ce qui est de la Lumiere et de ses proprietéz.

Mais ce que je n'employois que comme une hypothese, a receu depuis peu grande apparence d'une verité constante, par l'ingenieuse demonstration de M<sup>r</sup>. Romer que je vay rapporter icy, en attendant qu'il donne luy mesme tout ce qui doit servir à la confirmer. Elle est fondée de mesme que la precedente sur des observations celestes, et prouve non seulement que la lumiere employe du temps à son passage, mais aussi fait voir combien elle employe de temps et que sa vitesse est encore pour le moins six fois plus grande que celle que je viens de dire.

Il se sert pour cela des Eclipses que souffrent les petites Planètes qui tournent autour de Jupiter; et qui entrent souvent dans son ombre; et voicy quel est son raisonnement. Soit A le soleil, BCDE l'orbe annuel de la Terre, F Jupiter, GN l'orbite du plus proche de ses Satellites, car c'est celuy cy qui est plus propre à cette recherche qu'aucun des trois autres, à cause de la vitesse de sa revolution. Que G soit ce Satellite entrant dans l'ombre de Jupiter, H le mesme sortant de l'ombre.

Supposé donc que la Terre estant en B, quelque temps devant la dernière quadrature, l'on ait veu sortir ledit Satellite de l'ombre; il faudroit si la Terre demeurait en ce mesme lieu, qu'après 42 heures et demie l'on viste encore une pareille emersion; par ce que c'est le temps dans lequel il fait le tour de son orbite, et qu'il revient à l'opposition du Soleil. Et si la Terre demeurait toujours en B pendant 30 revolutions, par exemple, de ce Satellite, elle le verrait encore sortir de l'ombre après 30 fois 42 heures et demie. Mais la Terre s'estant transportée pendant ce temps en C, en s'éloignant d'avantage de Jupiter, il s'ensuit que si la lumière employe du temps à son passage, l'illumination de la petite planète sera aperçue plus tard en C qu'elle ne l'auroit esté en B, et qu'il faut ajouter, à ce temps de 30 fois 42 heures et demie, encore celuy qu'emploie la lumière à passer l'espace MC, différence des espaces CH, BH. De mesme vers l'autre quadrature quand la Terre depuis D est venue en E, en s'approchant de Jupiter, les immersions du Satellite G dans l'ombre doivent s'observer auparavant en E, qu'elles n'auroient paru si la Terre estoit demeurée en D.



Or par quantité d'observations de ces Eclipses, faites pendant dix ans consecutifs, ces differences se sont trouvées tres considerables, comme de dix minutes, et d'avantage, et l'on en a conclu que pour traverser tout le diametre de l'orbe annuel KL, qui est le double de la distance d'icy au soleil, la lumière a besoin d'environ 22 minutes de temps.

Le mouvement de Jupiter dans son orbite, pendant que la Terre passe de B en C, ou de D en E est compris dans ce calcul; et l'on

fait voir qu'on ne peut point attribuer le retardement de ces illuminations, ni l'anticipation des Eclipses à l'irregularité qui se trouve au mouvement de cette petite planete, ni à son exentricité.

Que si l'on considere la vaste étendue du diametre KL, qui selon moy est de quelques 24 mille diametres de la Terre, l'on connoitra l'extreme vitesse de la lumiere. Car supposé que KL ne soit que de 22 mille de ces diametres, il paroît qu'estants passez en 22 minutes, cela fait mille diametres en une minute; et  $16\frac{2}{3}$  diametres dans une seconde ou battement d'artere, qui font plus de onze cent fois cent mille toises; puisque le diametre de la Terre contient 2865 lieuës de 25 au degré et que chaque lieuë est de 2282 Toises, suivant la mesure exacte que Mr. Picard a prise par ordre du Roy en 1669. Mais le Son, comme j'ay dit cy-devant, ne fait que 180 toises dans le mesme temps d'une seconde: donc la vitesse de la lumiere est plus de six cens mille fois plus grande que celle du Son: ce qui pourtant est tout autre chose que d'estre momentanée, puis qu'il y a la mesme difference que d'une chose finie à une infinie. Or le mouvement successif de la lumiere estant confirmé de cette maniere, il s'ensuit, comme j'ay deja dit, qu'il s'étend par des ondes spheriques, ainsi que le mouvement du Son.

Mais si l'un et l'autre se ressemblent en cela, ils different en plusieurs autres choses; sçavoir en la premiere production du mouvement qui les cause; en la matiere dans laquelle ce mouvement s'étend; et en la maniere dont il se communique. Car pour ce qui est de la production du Son, on sçait que c'est par l'ébranlement subit d'un corps entier ou d'une partie considerable, qui agite tout l'air contigu. Mais le mouvement de la lumiere doit naitre comme de chaque point de l'objet lumineux, pour pouvoir faire apercevoir toutes les parties differentes de cet objet, comme il se verra mieux dans la suite. Et je ne crois pas que ce mouvement se puisse mieux expliquer, qu'en supposant ceux d'entre les corps lumineux qui sont liquides, comme la flamme, et apparemment le soleil, et les étoiles, composez de particules qui nagent dans une matiere beaucoup plus subtile, qui les agite avec une grande rapidité, et les fait frapper contre les particules de l'ether, qui les environnent, et qui sont beaucoup moindres qu'elles. Mais que dans les lumineux solides comme du charbon, ou du metal rougi au feu, ce mesme mouvement est causé par l'ébranlement violent des particules du metal ou du bois,

dont celles qui sont à la surface frappent de mesme la matiere etherée. L'agitation au reste des particules qui engendrent la lumiere doit estre bien plus prompte, et plus rapide que n'est celle des corps qui causent le son, puisque nous ne voyons pas que le fremissement d'un corps qui sonne est capable de faire naitre de la lumiere, de mesme que le mouvement de la main dans l'air n'est pas capable de produire du Son.

Maintenant si l'on examine quelle peut estre cette matiere dans laquelle s'étend le mouvement qui vient des corps lumineux, laquelle j'appelle Etherée, on verra que ce n'est pas la mesme qui sert à la propagation du Son. Car on trouve que celle cy est proprement cet air que nous sentons, et que nous respirons, lequel estant osté d'un lieu, l'autre matiere qui sert à la lumiere ne laisse pas de s'y trouver. Ce qui se prouve en enfermant un corps sonnante dans un vaisseau de verre, dont on tire en suite l'air par la machine que M<sup>r</sup>. Boyle nous a donnée, et avec laquelle il a fait tant de belles experiences. Mais en faisant celle dont je parle, il faut avoir soin de placer le corps sonnante sur du cotton ou sur des plumes en sorte qu'il ne puisse pas communiquer ses tremblements au vaisseau de verre qui l'enferme, ni à la machine ce qui avoit jusqu' icy esté negligé. Car alors après avoir vuide tout l'air, l'on n'entend aucunement le Son du metal quoique frappé.

On void d'icy non seulement que nostre air, qui ne penetre point le verre, est la matiere par laquelle s'étend le Son; mais aussi que ce n'est point le mesme air, mais une autre matiere dans laquelle s'étend la lumiere, puisque l'air estant osté de ce vaisseau, la lumiere ne laisse pas de le traverser comme auparavant.

Et ce dernier point se demontre encore plus clairement par la celebre experience de Torricelli; où le tuyau de verre d'où le vif argent s'est retiré, restant tout vuide d'air, transmet la lumiere de mesme que quand il y a de l'air: car cela prouve qu'une matiere differente de l'air se trouve dans ce tuyau, et que cette matiere doit avoir percé le verre, ou le vif argent ou l'un et l'autre qui sont tous deux impenetrables à l'air. Et lorsque dans la mesme experience l'on fait le vuide en mettant un peu d'eau par dessus le vif argent, l'on en conclud pareillement que la dite matiere passe à travers le verre, ou l'eau, ou à travers tous les deux.

Quant aux differentes manieres dont j'ay dit que se communi-

quent successivement les mouvemens du Son, et de la lumiere, on peut assez comprendre comment cecy se passe en ce qui est du Son, quand on considere que l'air est de telle nature qu'il peut estre comprimé, et reduit à un espace beaucoup moindre qu'il n'occupe d'ordinaire; et qu' à mesure qu'il est comprimé il fait effort à se remettre au large: car cela joint à sa penetrabilité, qui luy demeure non obstant sa compression, semble prouver qu'il est fait de petits corps qui nagent et qui sont agitez fort viste dans la matiere etherée, composée de parties bien plus petites. De sorte que la cause de l'extension des ondes du Son, c'est l'effort que font ces petits corps' qui s'entrechoquent, à se remettre au large, lorsqu'ils sont un peu plus serrez dans le circuit de ces ondes qu'ailleurs.

Mais l'extreme vitesse de la lumiere, et d'autres proprietéz qu'elle a, ne scauroient admettre une telle propagation de mouvement, et je vais monstrier icy de quelle maniere je conçois qu'elle doit estre. Il faut expliquer pour cela la proprieté que gardent les corps durs à transmettre le mouvement les uns aux autres.

Lorsqu'on prend un nombre de boules d'égale grosseur, faites de quelque matiere fort dure et qu'on les range en ligne droite, en sorte qu'elles se touchent; l'on trouve, en frappant avec une boule pareille contre la premiere de ces boules, que le mouvement passe comme dans un instant jusqu' à la derniere, qui se separe de la rangée, sans qu'on s'appercoive que les autres se soient remuées. Et mesme celle qui a frappé demeure immobile avec elles. Où l'on voit un passage de mouvement d'une extreme vitesse et qui est d'autant plus grande que la matiere des boules est d'une plus grande dureté.

Mais il est encore constant que ce progréz de mouvement n'est pas momentané, mais successif, et qu'ainsi il y faut du temps. Car si le mouvement, ou si l'on veut, l'inclination au mouvement ne passoit pas successivement par toutes ces boules, elles l'acquerroient toutes en mesme temps, et partant elles avanceroient toutes ensemble; ce qui n'arrive point: mais la derniere quitte toute la rangée, et acquiert la vitesse de celle qu'on a poussée. Outre qu'il y a des experiences qui font voir que tous ces corps que nous comptons au rang des plus durs, comme l'acier trempé, le verre, et l'Agathe, font ressort, et plient en quelque façon, non seulement quand ils sont étendus en verges, mais aussi quand ils sont en forme de boules ou autrement. C'est à dire qu'ils rentrent quelque peu en eux mesmes à l'endroit

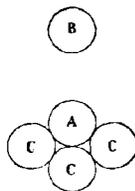
où ils sont frappés; et qu'ils se remettent aussitost dans leur premiere figure. Car j'ay trouvé qu'en frappant avec une boule de verre, ou d'Agathe, contre un gros morceau et bien epais de mesme matiere, qui avoit la surface platte et tant soit peu ternie avec l'haleine ou autrement, il y restoit des marques rondes, plus ou moins grandes, selon que le coup avoit esté fort ou foible. Ce qui fait voir que ces matieres obeïssent à leur rencontre, et se restituent; à quoy il faut qu'elles emploient du temps.

Or, pour appliquer cette sorte de mouvement à celuy qui produit la lumiere, rien n'empêche que nous n'estimions les particules de l'ether estre d'une matiere si approchante de la dureté parfaite et d'un ressort si prompt que nous voulons. Il n'est pas necessaire pour cela d'examiner icy la cause de cette dureté, ny de celle du ressort, dont la consideration nous meneroit trop loin de nostre sujet. Je diray pourtant en passant qu'on peut concevoir que ces particules de l'ether, non obstant leur petitesse, sont encore composées d'autres parties et que leur ressort consiste dans le mouvement tres-rapide, d'une matiere subtile, qui les traverse de tous costez; et contraint leur tissu à se disposer en sorte, qu'il donne un passage à cette matiere fluide le plus ouvert, et le plus facile qui se puisse. Ce qui s'accord avec la raison que M<sup>r</sup>. Des Cartes donne du ressort, sinon que je ne suppose pas des pores en forme de canaux ronds, et creux, comme luy. Et il ne faut pas s'imaginer qu'il ait rien d'absurde en cecy ny d'impossible; estant au contraire fort croyable que c'est ce progresz infini de differentes grosseurs de corpuscules, et les differens degrez de leur vitesse, dont la Nature se sert à operer tant de merveilleux effets.

Mais quand nous ignorerions la vraye cause du ressort, nous voyons tousjours qu'il y a beaucoup de corps qui ont cette propriété; et ainsi il n'y a rien d'étrange de la supposer aussi dans des petits corps invisibles comme ceux de l'Ether. Que si l'on veut chercher quelqu' autre maniere dont le mouvement de la lumiere se communique successivement, on n'en trouvera point qui convienne mieux que le ressort avec la progression égale, qui semble estre necessaire, parce que si ce mouvement se ralentissoit à mesure qu'il se partage entre plus de matiere, en s'éloignant de la source de la lumiere, elle ne pourroit pas conserver cette grande vitesse dans de grandes distances. Mais en supposant le ressort dans la matiere etherée, ses parti-

cules auront la propriété de se restituer également vite, soit qu'elles soient fortement ou faiblement poussées; et ainsi le progrès de la lumière continuera toujours avec une vitesse égale

Et il faut sçavoir que quoique les particules de l'éther ne soient pas rangées ainsi en lignes droites comme dans nostre rangée de



boules, mais confusement, en sorte qu'une en touche plusieurs autres, cela n'empesche pas qu'elles ne transportent leur mouvement et qu'elles ne l'étendent toujours en avant. En quoy il y a à remarquer une loy du mouvement qui sert à cette propagation, et qui se verifie par l'experiance. C'est que quand une boule, comme icy A, en touche plusieurs autres pareilles CCC, si elle est frappée par une autre boule B, en sorte qu'elle fasse impression sur toutes les CCC qu'elle touche, elle leur transporte tout son mouvement, et demeure après cela immobile comme aussi la boule B. Et sans supposer que les particules etherées soient de forme spherique (car je ne vois pas d'ailleurs qu'il soit besoin de les supposer telles) l'on comprend bien que cette propriété de l'impulsion ne laisse pas de contribuer à ladite propagation de mouvement.

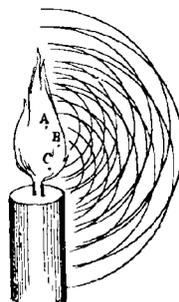
L'Égalité de grandeur semble y estre plus necessaire, parce qu'autrement il doit y avoir quelque reflexion de mouvement en arriere quand il passe d'une moindre particule à une plus grande, suivant les Regles de la Percussion que j'ay publiées il y a quelques années.

Cependant l'on verra cy après que nous n'avons pas tant besoin de supposer cette égalité pour la propagation de la lumière, que pour la rendre plus aisée et plus forte; n'estant pas aussi hors d'apparence que les particules de l'éther ayent esté faites égales pour un si considerable effet que celuy de la lumière, du moins dans cette vaste étenduë qui est au de là de la region des vapeurs, qui ne semble servir qu'à transmettre la lumière du Soleil et des Astres.

J'ay donc monstré de quelle façon l'on peut concevoir que la lumière s'étend successivement par des ondes spheriques, et comment il est possible que cette extension se fasse avec une aussi grande vitesse, que les experiances, et les observations celestes la demandent. Où il faut encore remarquer que quoique les parties de l'éther soient supposées dans un continuel mouvement, (car il y a bien des raisons pour cela) la propagation successive des ondes n'en sçauroit estre

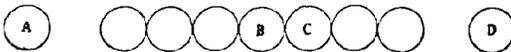
empeschée, parce qu'elle ne consiste point dans le transport de ces parties, mais seulement dans un petit ebranlement, qu'elles ne peuvent s'empescher de communiquer à celles qui les environnent, non obstant tout le mouvement qui les agite et fait changer de place entr'elles.

Mais il faut considerer encore plus particulièrement l'origine de ces ondes, et la maniere dont elles s'estendent. Et premicrement il s'ensuit de ce qui a esté dit de la production de la lumiere, que chaque petit endroit d'un corps lumineux, comme le Soleil, une chandelle, ou un charbon ardent, engendre ses ondes, dont cet endroit est le centre. Ainsi dans la flamme d'une chandelle, estans distinguez les points A, B, C; les cercles concentriques, descrits autour de chacun de ces points, representent les ondes qui en proviennent. Et il en faut concevoir de mesme autour de chaque point de la surface, et d'une partie du dedans de cette flamme.



Mais comme les percussions au centre de ces ondes n'ont point de suite réglée, aussi ne faut il pas s'imaginer que les ondes mesmes s'entresuivent par des distances égales: et si ces distances paroissent telles dans cette figure, c'est plutost pour marquer le progres d'une mesme onde en des temps égaux que pour en représenter plusieurs provenues d'un mesme centre.

Il ne faut pas au reste que cette prodigieuse quantité d'ondes, qui se traversent sans confusion, ny sans s'effacer les unes les autres, semble inconcevable; estant certain qu'une mesme particule de matiere peut servir à plusieurs ondes, venant de divers costez, ou mesme de costez contraires; non seulement si elle est poussée par des coups qui s'entresuivent prez à prez, mais mesme par ceux qui agissent sur elle en mesme instant; et cela à cause du mouvement qui s'étend successivement. Ce qui se peut prouver par la rangée de boules égales, de matiere dure,

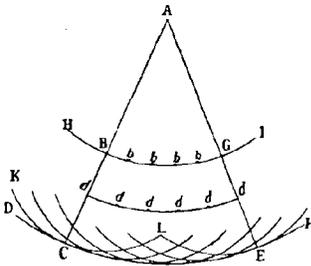


si l'on pousse en mesme temps des deux costez opposez des boules pareilles A et D, l'on verra rejaillir chacune avec la mesme vitesse qu'elle avoit en allant, et toute la rangée demeurer en sa place;

quoique le mouvement ait passé tout du long, et doublement. Et si ces mouvemens contraires viennent à se rencontrer à la boule du milieu B, ou à quelque autre comme C, elle doit plier et faire ressort, des deux costez, et ainsi servir en mesme instant à transmettre ces deux mouvemens.

Mais ce qui peut d'abord paroître fort étrange et mesme incroyable, c'est que des ondulations produites par des mouvemens et des corpuscules si petits, puissent s'étendre à des distances si immenses, comme par exemple depuis le soleil, ou depuis les étoiles jusqu'à nous. Car la force de ces ondes doit s'affoiblir à mesure qu'elles s'écartent de leur origine, de sorte que l'action de chacune en particulier deviendra sans doute incapable de se faire sentir à nostre veuë. Mais on cessera de s'étonner en considerant que dans une grande distance du corps lumineux une infinité d'ondes, quoique issues de points differens de ce corps, s'unissent en sorte que sensiblement elles ne composent qu'une onde seule qui par consequent doit avoir assez de force pour se faire sentir. Ainsi ce nombre infini d'ondes qui naissent en mesme instant de tous points d'une étoile fixe, grande peut estre comme le Soleil, ne font sensiblement qu'une seule onde, laquelle peut bien avoir assez de force pour faire impression sur nos yeux. Outre que de chaque point lumineux il peut venir plusieurs milliers d'ondes dans le moindre temps imaginable, par la frequente percussion des corpuscules qui frappent l'Ether en ces points; ce qui contribue encore à rendre leur action plus sensible.

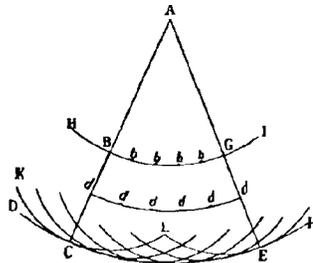
Il y a encore à considerer dans l'émanation de ces ondes, que chaque particule de la matiere, dans laquelle une onde s'étend ne doit pas communiquer son mouvement seulement à la particule prochaine, qui est dans la ligne droite tirée du point lumineux; mais qu'elle en donne aussi necessairement à toutes les autres qui la touchent et qui s'opposent à son mouvement. De sorte qu'il forte qu'autour de chaque particule il se fasse une onde dont cette particule soit le centre. Ainsi si DCF est une onde emanée du point lumineux A, qui est son centre; la particule B, une de celles qui sont comprises dans la sphere DCF, aura fait son onde



particuliere KCL, qui touchera l'onde DCF en C, au mesme moment que l'onde principale, emanée du point A, est parvenue en DCF; et il est clair qu'il n'y aura que l'endroit C de l'onde KCL qui touchera l'onde DCF, sçavoir celui qui est dans la droite menée par AB. De mesme les autres particules de la sphere DCF, comme bb, dd etc auront fait chacune son onde. Mais chacune de ces ondes ne peut estre qu' infiniment foible comparée à l'onde DCF, à la composition de laquelle toutes les autres contribuent par la partie de leur surface qui est la plus éloignée du centre A.

L'on voit de plus que l'onde DCF est déterminée par l'extremité du mouvement, qui est sorti du point A en certain espace de temps; n'y ayant point de mouvement au de là de cette onde, quoy qu'il y en ait bien dans l'espace qu'elle enferme, sçavoir dans les parties des ondes particulieres, lesquelles parties ne touchent point la sphere DCF. Et tout cecy ne doit pas sembler estre recherché avec trop de soin, ni de subtilité; puisque l'on verra dans la suite, que toutes les proprietéz de la lumiere, et tout ce qui appartient à sa reflexion et à sa refraction, s'explique principalement par ce moyen. C'est ce qui n'a point esté connu à ceux qui cy-devant ont commencé à considerer les ondes de lumiere, parmy lesquels sont M<sup>r</sup>. Hook dans sa Micrographie, et le P. Pardies, qui dans un traitté dont il me fit voir une partie, et qu'il ne pût achever estant mort peu de temps après, avoit entrepris de prouver par ces ondes les effets de la reflexion et de la refraction. Mais le principal fondement, qui consiste dans la remarque que je viens de faire, manquoit à ses demonstrations, et il avoit dans le reste des opinions bien differentes des mienes, comme peut estre l'on verra quelque jour si son écrit s'est conservé.

Pour venir aux proprietéz de la lumiere; remarquons premierement que chaque partie d'onde doit s'étendre en sorte, que les extremitez soient tousjours entre les mesmes lignes droites tirées du point lumineux. Ainsi la partie d'onde BG, ayant le point lumineux A pour centre, s'étendra en l'arc CE, terminé par les droites ABC, AGE. Car bien que les ondes particulieres, produites par les particules que comprend l'espace CAE, se repandent aussi hors



de cet espace, toutesfois elles ne concourent point en mesme instant, à composer ensemble une onde qui termine le mouvement, que precisement dans la circonference CE, qui est leur tangente commune.

Et d'icy l'on voit la raison pourquoy la lumiere, à moins que ses rayons ne soient reflechis ou rompus, ne se repand que par des lignes droites, en sorte qu'elle n'éclaire aucun objet que quand le chemin depuis sa source jusqu'à cet objet est ouvert suivant de telles lignes. Car si, par exemple, il y avoit une ouverture BG, bornée par des corps opaques BH, GJ; l'onde de lumiere qui sort du point A sera toujours terminée par les droites AC, AE, comme il vient d'estre démontré: les parties des ondes particulieres, qui s'étendent hors de l'espace ACE, estant trop foibles pour y produire de la lumiere.

Or quelque petite que nous fassions l'ouverture BG, la raison est toujours la mesme pour y faire passer la lumiere entre des lignes droites; parce que cette ouverture est toujours assez grande pour contenir un grand nombre de particules de la matiere etherée, qui sont d'une petitesse inconcevable; de sorte qu'il paroît que chaque petite partie d'onde s'avance necessairement suivant la ligne droite qui vient du point luisant. Et c'est ainsi que l'on peut prendre des rayons de lumiere comme si c'estoient des lignes droites.

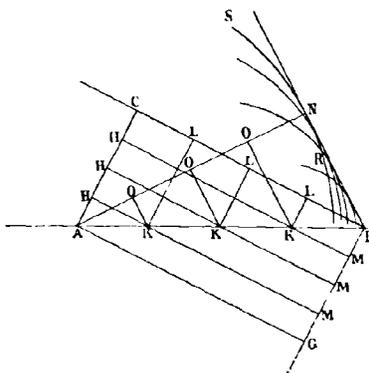
Il paroît au reste, par ce qui a esté remarqué touchant la foiblesse des ondes particulieres, qu'il n'est pas necessaire que toutes les particules de l'Ether soient égales entre elles quoique l'égalité soit plus propre à la propagation du mouvement. Car il est vray que l'inégalité fera qu'une particule, en poussant une autre plus grande, fasse effort pour reculer avec une partie de son mouvement, mais il ne s'engendrera de cela que quelques ondes particulieres en arriere vers le point lumineux, incapables de faire de la lumiere, et non pas d'onde composée de plusieurs, comme estoit CE.

Une autre, et des merveilleuses proprietéz de la lumiere est que, quand il en vient de divers costez, ou mesme d'opposez, elles font leur effet l'une à travers l'autre sans aucun empéchement. D'où vient aussi que par une mesme ouverture plusieurs spectateurs peuvent voir tout à la fois des objets differens, et que deux personnes se voyent en mesme instant les yeux l'un de l'autre. Or suivant ce qui a esté expliqué de l'action de la lumiere, et comment ses ondes ne se détruisent point, ny ne s'interrompent les unes les autres quand elles se croisent, ces effets que je viens de dire sont aisez à conce-

voir. Qui ne le sont nullement à mon avis selon l'opinion de Descartes, qui fait consister la lumière dans une pression continuelle, qui ne fait que tendre au mouvement. Car cette pression ne pouvant agir tout à la fois des deux costez opposez, contre des corps qui n'ont aucune inclination à s'approcher; il est impossible de comprendre ce que je viens de dire de deux personnes qui se voyent les yeux mutuellement, ny comment deux flambeaux se puissent éclairer l'un l'autre.

CHAP. II.  
DE LA REFLEXION.

Ayant expliqué les effets des ondes de lumière, qui s'étendent dans une matiere homogene, nous examinerons ensuite ce qui leur arrive en rencontrant d'autres corps. Nous ferons voir premierement comment par ces mesmes ondes s'explique la Reflexion de la lumière, et pourquoi elle garde l'égalité des angles. Soit une surface plane et polie, de quelque metal, verre ou autre corps, AB, que d'abord je consideray comme parfaitement unie (me reservant à parler des inégalitéz, dont elle ne peut estre exempte, à la fin de cette demonstration) et qu'une ligne AC, inclinée sur AB, represente une partie d'une onde de lumière, dont le centre soit si loin que cette partie AC puisse estre considerée comme une ligne droite; parce que je considere tout ceey comme dans un seul plan, m'imaginant que le plan, où est cette figure, coupe la sphere de l'onde par son centre, et le plan AB à angles droitz; ce qu'il suffit d'avertir une fois pour toutes.

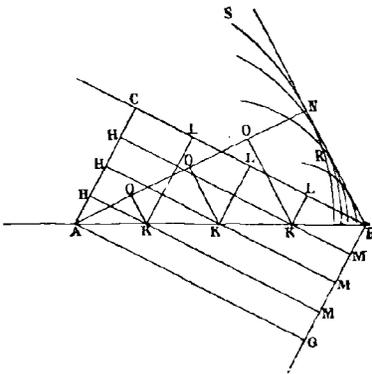


L'endroit C de l'onde AC, dans un certain espace de temps, sera

avancé jusqu'au plan AB en B, suivant la droite CB, que l'on doit s'imaginer venir du centre lumineux, et qui par conséquent est perpendiculaire à AC. Or dans ce mesme espace de temps, l'endroit A de la mesme onde, qui a esté empesché de communiquer son mouvement par de là le plan AB, ou du moins en partie, doit avoir continué son mouvement dans la matiere qui est au dessus de ce plan, et cela dans une étenduë égale à CB; faisant son onde spherique particuliere, suivant ce qui a esté dit cy-dessus. Laquelle onde est icy representée par la circonference SNR, dont le centre est A, et le demidiametre AN égal à CB.

Que si l'on considere en suite les autres endroits H de l'onde AC, il paroît qu'ils ne seront pas seulement arrivez à la surface AB par les droites HK paralleles à CB, mais que de plus ils auront engendré, des centres, K, des ondes spheriques particulieres dans le diaphane, representées icy par des circonfereces dont les demidiametres sont égaux aux KM, c'est à dire aux continuations des HK jusqu'à la droite BG parallele à AC. Mais toutes ces circonfereces ont pour tangente commune la ligne droite BN, sçavoir la mesme qui de B est fait tangente du premier de ces cercles, dont A estoit le centre, et AN le demidiametre égal à BC, comme il est aisé de voir.

C'est donc la ligne BN (comprise entre B et le point N, où tombe la perpendiculaire du point A,) qui est comme formée par toutes



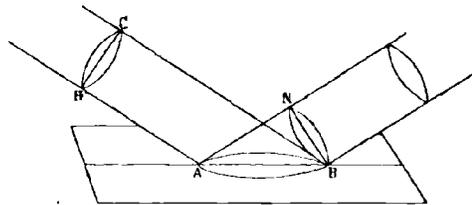
ces circonfereces, et qui termine le mouvement qui s'est fait par la reflexion de l'onde AC; et c'est aussi où ce mouvement se trouve en beaucoup plus grande quantité que par tout ailleurs. C'est pourquoy, selon ce qui a esté expliqué, BN est la propagation de l'onde AC dans le moment que son endroit C est arrivé en B. Car il n'y a point d'autre ligne qui comme BN soit tangente commune de tous lesdits cercles, si ce

n'est BG, au dessous du plan AB; laquelle BG seroit la propagation de l'onde si le mouvement s'estoit pu étendre dans une matiere homogene à celle qui est au dessus du plan. Que si l'on veut voir com-

ment l'onde AC est venue successivement en BN, l'on n'a qu'à tirer dans la mesme figure les droites KO paralleles à BN et les droites KL paralleles à AC. Ainsi l'on verra que l'onde AC de droite est devenue brisée dans toutes les OKL successivement, et qu'elle est redevenue droite en NB.

Or il paroît d'icy que l'angle de reflexion se fait égal à l'angle d'incidence. Car les triangles ACB, BNA estant rectangles, et ayant le costé AB commun, et le costé CB égal à NA, il s'ensuit que les angles opposez à ces costez seront égaux, et partant aussi les angles CBA, NAB. Mais comme CB, perpendiculaire à CA, marque la direction du rayon incident, ainsi AN, perpendiculaire à l'onde BN, marque la direction du rayon reflechi; donc ces rayons sont également inclinez sur le plan AB.

Mais en considerant la demonstration precedente, l'on pourroit dire qu'il est bien vray que BN est la tangente commune des ondes circulaires dans le plan de cette figure; mais que ces ondes, estant dans la verité spheriques, ont encore une infinité de pareilles tangentes, sçavoir toutes les lignes droites qui du point B sont menées dans la surface du cone engendré par la droite BN, autour de l'axe BA. Il reste donc à monstrier qu'il n'y a point de difficulté en cecy; et par la mesme raison l'on verra pourquoy tousjours le rayon incident et le reflechi sont dans un mesme plan perpendiculaire au plan reflectissant. Je dis donc que l'onde AC, n'estant considerée que comme une ligne, ne produit point de lumiere. Car un rayon visible de lumiere, quelque mince qu'il soit, a tousjours quelque épaisseur; et partant pour représenter l'onde dont le progrez fait ce rayon, il faut au lieu d'une ligne AC, mettre une figure plane, comme dans la figure suivante le cercle HC, en supposant, comme on a fait, le point lumineux infinitement éloigné. Or il est aisé de voir, ensuite de la precedente demonstration que chaque petit endroit de cette onde HC, estant parvenu jusqu'au plan AB, et engendrant de là chacun son onde particuliere; celles-cy auront toutes, lorsque C sera arrivé en B, un commun plan qui les touchera, sçavoir un cercle BN pareil à CH, et



qui sera coupé par le milieu, et à angles droits, par le mesme plan qui coupe ainsi le cercle CH et l'ellipse AB.

L'on voit aussi que les dites spheres des ondes particulieres ne peuvent point avoir d'autre commun plan touchant que le cercle BN; de sorte que ce sera ce plan où il y aura beaucoup plus de mouvement reflechy que par tout ailleurs, et qui pour cela portera la lumiere continuée de l'onde CH.

J'ay dit aussi dans la demonstration precedente, que le mouvement de l'endroit A de l'onde incidente ne s'est pû communiquer au de là du plan AB, ou du moins pas entierement. Où il faut remarquer que, quoyque le mouvement de matiere etherée se communiqueast en partie à celle du corps reflechissant, cela ne peut alterer en rien la vitesse du progresz des ondes, duquel depend l'angle de reflexion. Car une legere percussion doit engendrer des ondes aussi vites qu'une tres-forte, dans une mesme matiere. Ce qui vient de la propriété des corps qui font ressort, de laquelle nous avons encore parlé cy dessus; sçavoir que peu ou beaucoup pressez ils se restituent en des temps égaux. Partant dans toute reflexion de la lumiere, contre quelque corps que ce soit, les angles de reflexion et d'incidence doivent estre égaux; non obstant que ce corps fust de telle nature qu'il ostast une partie du mouvement qui fait la lumiere incidente. Et l'experience monstre qu'en effet il n'y a aucun corps poli dont la reflexion ne suive cette regle.

Mais ce qu'il faut sur tout remarquer dans nostre demonstration, c'est qu'elle ne demande pas que la surface reflechissante soit considerée comme un plan uni; ainsi qu'ont supposé tous ceux qui ont tasché d'expliquer les effets de la reflexion; mais seulement d'une égalité telle que peuvent composer les particules de la matiere du corps reflechissant, mises les unes auprès des autres; lesquelles particules sont plus grandes que telles de la matiere etherée, comme il paroitra par ce que nous dirons en traitant de la transparence et de l'opacité des corps. Car la surface consistant ainsi en des particules mises ensemble, et les particules etherées estant par dessus, et plus petites, il est evident qu'on ne sçauroit demonstrier l'égalité des angles d'incidence, et de reflexion par la ressemblance de ce qui arrive à une balle poussée contre un mur, de laquelle on s'est tousjours servi. Au lieu que dans nostre maniere la chose s'explique sans difficulté. Car la petitesse des particules du vif argent, par exemple, estant telle qu'il en faut

concevoir des millions dans la moindre surface visible proposée, arrangées comme un amas de grains de sable, qu'on auroit aplani autant qu'il en est capable; cette surface alors devient égale comme un verre poli à nostre egard; et quoy qu'elle demeure tousjours raboteuse à l'egard des particules de l'Ether, il est evident que les centres de toutes les spheres particulieres de reflexion, dont nous avons parlé, sont à peu près dans un mesme plan uni, et qu'ainsi la commune tangente leur peut convenir assez parfaitement pour ce qu'il faut à la production de la lumiere. Et c'est ce qui seulement est requis dans nostre maniere de demonstrier, pour faire l'égalité desdits angles, sans que le reste du mouvement reflechi de toutes parts puisse produire aucun effet contraire.

---

### CHAP. III.

#### DE LA REFRACTION.

De mesme que les effets de la Reflexion ont esté expliquez par les ondes de la lumiere reflechies à la surface des corps polis, nous expliquerons la transparence, et les phenomenes de la refraction, par les ondes qui s'étendent au dedans et au travers des corps diaphanes, tant solides, comme le verre, que liquides, comme l'eau, les huiles etc. Mais afin qu'il ne paroisse pas estrange de supposer ce passage des ondes au dedans de ces corps, je feray voir auparavant qu'on peut le concevoir possible en plus d'une maniere.

Premierement donc quand la matiere etherée ne penetreroit aucunement les corps transparens, leurs particules mesmes se pourroient communiquer successivement le mouvement des ondes, de mesme que celles de l'Ether, estant supposées, comme celles cy, de nature à faire ressort. Et cela est aisé à concevoir pour ce qui est de l'eau et des autres liqueurs transparentes, comme estant composées de particules detachées. Mais il peut sembler plus difficile à l'egard du verre et des autres corps transparens et durs; par ce que leur solidité ne semble pas permettre qu'ils puissent recevoir du mouvement que dans

toute leur masse à la fois. Ce qui pourtant n'est pas nécessaire, parce que cette solidité n'est pas telle qu'elle nous paroît; estant probable que ces corps sont plutost composez de particules, qui ne sont que posées les unes auprès des autres, et retenues ensemble par quelque pression de dehors d'une autre matiere, et par l'irregularité des figures. Car premierement leur rareté paroît par la facilité avec laquelle y passe la matiere des tourbillons de l'aimant, et celle qui cause la pesanteur. De plus l'on ne peut pas dire que ces corps soient d'un tissu semblable à celuy d'une éponge, ou du pain léger, parce que la chaleur du feu les fait couler, et change par là la situation des particules entre elles. Il reste donc que ce soient, comme il a esté dit, des assemblages de particules qui se touchent, sans composer un solide continu. Ce qui estant ainsi, le mouvement que ces particules reçoivent pour continuer les ondes de lumiere, ne faisant que se communiquer des unes aux autres; sans qu'elles sortent pour cela de leur place ou qu'elles se dérangent entr'elles; il peut fort bien faire son effet sans prejudicier en rien à la solidité du composé qui nous paroît.

Par la pression de dehors, dont j'ay parlé, il ne faut pas entendre celle de l'air, qui ne seroit pas suffisante, mais une autre d'une matiere plus subtile, laquelle pression se manifeste dans cette experience que le hazard m'a fait rencontrer il y a longtemps; sçavoir de l'eau purgée de l'air qui demeure suspenduë dans un tuyau de verre ouvert par le bout d'enbas, non obstant que l'air soit osté du vaisseau où ce tuyau est enfermé.

L'on peut donc de cette maniere concevoir la transparence sans qu'il soit besoin que la matiere etherée, qui sert à la lumiere, y passe, ny qu'elle trouve des pores pour s'y insinuer. Mais la verité est que cette matiere non seulement y passe, mais mesme avec grande facilité; de quoy l'experience de Torricelli, dessus alleguée, est deja une preuve. Parce que le vif argent et l'eau, quitant la partie haute du tuyau de verre, il paroît qu'elle est remplie aussitost de la matiere etherée, puisque la lumiere y passe. Mais voicy un autre argument qui prouve cette penetrabilité aisée, non seulement dans les corps transparens, mais aussi dans tous les autres.

Lorsque la lumiere passe à travers d'une sphere creuse de verre, fermée de toutes parts, il est constant qu'elle est pleine de la matiere etherée, autant que les espaces au dehors de la sphere. Et cette

matiere etherée, comme il a esté monstré cy devant, consiste en des particules qui se touchent prez à prez. Si elle estoit donc tellement enfermée dans la sphere qu'elle ne püst sortir par les pores du verre, elle seroit obligée de suivre le mouvement de la sphere lorsqu'on la fait changer de place: et il faudroit par consequent la mesme force à peu près pour imprimer une certaine vitesse à cette sphere, lorsqu'elle seroit posée sur un plan horizontal, que si elle estoit pleine d'eau ou peut estre de vif argent: parce que tout corps resiste à la vitesse du mouvement qu'on veut luy donner, selon la quantité de la matiere qu'il contient, et qui doit suivre ce mouvement. Mais on trouve au contraire que la sphere ne resiste à l'impression du mouvement que selon la quantité de la matiere du verre dont elle est faite: donc il faut que la matiere etherée, qui est dedans, ne soit point enfermée, mais qu'elle coule à travers avec tres grande liberté. Nous ferons voir cy après que la mesme penetrabilité se conclud ausi, par ce moyen, en ce qui est des corps opaques.

La seconde maniere donc d'expliquer la transparence, et qui paroit plus vrai-semblable, c'est en disant que les ondes de lumiere se continuent dans la matiere etherée, qui occupe continuellement les interstices, ou pores des corps transparents. Car puisqu'elle y passe continuellement, et avec facilité, il s'ensuit qu'ils s'en trouvent toujours remplis. Et l'on peut mesme demonstrier que ces interstices occupent beaucoup plus d'espace que les particules coherentes qui constituent les corps. Car s'il est vray ce que nous venons de dire, qu'il faut de la force pour imprimer certaine vitesse horizontale aux corps, à proportion qu'ils contiennent de la matiere coherente; et si la proportion de cette force suit la raison des pesanteurs, ce qui se confirme par l'experience; donc la quantité de la matiere constituante des corps suit aussi la proportion des pesanteurs. Or nous voyons que l'eau ne pese que la quatorzieme partie autant qu'une portion égale de vif argent: donc la matiere de l'eau n'occupe pas la quatorzieme partie de l'espace que tient sa masse. Mesme elle en doit occuper bien moins, puisque le vif argent est moins pesant que l'or; et que la matiere de l'or est fort peu dense: comme il s'ensuit de ce que la matiere des tourbillons de l'aimant, et de celle qui cause la pesanteur y passent tres librement.

Mais on peut objecter icy que, si le corps de l'eau est d'une si

grande rareté, et que ses particules occupent une si petite portion de l'espace de son étendue apparente, il est bien étrange comment elle résiste pourtant si fort à la Compression, sans se laisser condenser par aucune force qu'on ait essayé jusqu' icy d'y employer; conservant mesme toute la liquidité, pendant qu'elle souffre cette pression.

Ce n'est pas icy une petite difficulté. Laquelle pourtant on peut résoudre en disant que le mouvement tres violent et rapide de la matiere subtile qui rend l'eau liquide, en ébranlant les particules dont elle est composée, maintient cette liquidité malgré la pression que jusqu' icy on se soit avisé d'y appliquer.

La rareté des corps transparens estant donc telle que nous avons dit, l'on conçoit aisement que les ondes puissent estre continuées dans la matiere etherée qui emplit les interstices des particules. Et de plus l'on peut croire que le progres de ces ondes doit estre un peu plus lent au dedans des corps, à raison des petits detours que causent les mesmes particules. Dans laquelle differente vitesse de la lumiere, je feray voir que consiste la cause de la refraction.

L'indiqueray auparavant la troisieme et derniere maniere dont on peut concevoir la transparence, qui est en supposant que le mouvement des ondes de lumiere se transmet indifferemment et dans les particules de la matiere etherée, qui occupent les interstices des corps, et dans les particules qui les composent, en sorte que ce mouvement passe des unes aux autres. L'on verra cy après que cette hypothese sert beaucoup à expliquer la refraction double de certains corps diaphanes.

Que si l'on objecte que les particules de l'ether estant plus petits que celles des corps transparens, puis qu'elles passent par leur intervalles, il s'ensuivroit qu'elles ne leur pourroient communiquer que peu de leur mouvement; l'on peut respondre, que les particules de ces corps sont encore composées d'autres particules plus petites; et qu'ainsi ce seront ces particules secondes qui recevront le mouvement de celles de l'ether.

Au reste, si celles des corps transparens ont leur ressort un peu moins prompt que n'est celui des particules etherées, ce qui rien n'empesche de supposer, il s'ensuivra derechef que le progres des ondes de lumiere sera plus lent au dedans de ce corps qu'elle n'est au dehors dans la matiere etherée.

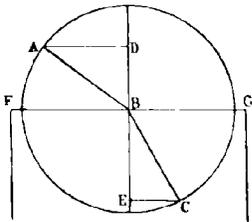
C'est là tout ce qui j'ay trouvé de plus vrai-semblable pour la

maniere dont les ondes de la lumiere passent à travers les corps transparens. A quoy il faut encore ajouter en quoy ces corps different de ceux qui sont opaques; et d'autant plus qu'il peut sembler à cause de la facile penetration des corps par la matiere etherée, dont il a esté parlé, qu'il n'y auroit point de corps qui ne fût transparent. Car par la mesme raison de la sphere creuse, que j'ay employée pour prouver le peu de densité de verre, et sa penetrabilité aisée à la matiere etherée, l'on peut aussi prouver que la mesme penetrabilité conuiet aux metaux et à toute autre sorte de corps. Car cette sphere estant d'argent par exemple, il est certain qu'elle contient de la matiere etherée qui sert à la lumiere, puisque cette matiere y estoit aussi bien que l'air, lorsqu'on bouchoit l'ouverture de la sphere. Cependant estant fermée et posée sur un plan horizontal, elle ne resiste au mouvement qu'on luy veut donner que suivant la quantité de l'argent dont elle est faite, de sorte qu'il en faut conclurre, comme dessus, que la matiere etherée, qui est enfermée ne suit point le mouvement de la sphere; et que partant l'argent, aussi bien que le verre, est tres facilement penetré par cette matiere. Il s'en trouve donc continuellement et en quantité entre les particules de l'argent et de tous les autres corps opaques; et puisqu'elle sert à la propagation de la lumiere, il semble que ces corps devoient aussi estre transparens, comme le verre; ce qui pourtant n'est point.

D'où dira-t-on donc que vient opacité? est ce que les particules qui les composent sont molles, c'est à dire que ces particules, estant composées d'autres moindres, sont capables de changer de figure en recevant l'impression des particules etherées, des quelles par là elles amortissent le mouvement, et empeschent ainsi la continuation des ondes de lumiere? Cela ne se peut: car si les particules des metaux sont molles, comment est ce que l'argent poli, et le mercure reflechissent si fortement la lumiere?! Ce que je trouve de plus vrai-semblable en cecy, c'est de dire que les corps des metaux, qui sont presque les seuls veritablement opaques, parmi leurs particules dures en ont de molles entremessées; de sorte que les unes servent à causer la reflexion, et les autres à empescher la transparence; au lieu que les corps transparens ne contiennent que des particules dures, qui ont la faculté de faire ressort, et servent ensemble avec celles de la matiere etherée, ainsi qu'il a esté dit, à la propagation des ondes de la lumiere.

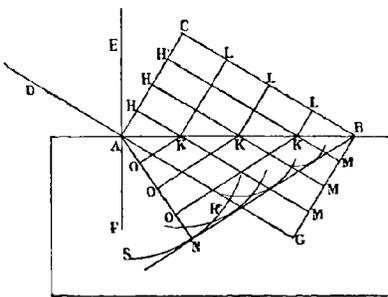
Passons maintenant à l'explication des effets de la Refraction; en supposant, comme nous avons fait, le passage des ondes de la lumiere à travers les corps transparents, et la diminution de vitesse que ces memes ondes y souffrent.

La principale propriété de la Refraction est, qu'un rayon de lumiere, comme AB, estant dans l'air et tombant obliquement sur la surface polie d'un corps transparent comme FG, se rompt au point d'incidence B, en sorte qu'avec la droite DBE, qui coupe la surface perpendiculairement, il fait un angle CBE moindre que ABD, qu'il faisoit avec la mesme perpendiculaire estant dans l'air. Et la mesure de ces angles se trouve en décrivant un cercle du point B, qui coupe les rayons AB, BC.



Car les perpendiculaires AD, CE menées des points d'intersection sur la droite DE, lesquels on appelle les Sinus des angles ABD, CBE, ont entre elles une certaine raison, qui est toujours la mesme dans toutes les inclinaisons du rayon incident, pour ce qui est d'un certain corps transparent. Estant dans le verre fort près comme de 3 à 2, et dans l'eau fort près comme de 4 à 3 et ainsi differente dans d'autres corps diaphanes.

Une autre propriété, pareille à celle-cy, est que les refractions sont reciproques entre les rayons entrans dans un corps transparent, et ceux qui en sortent. C'est à dire que si le rayon AB en entrant dans le corps transparent se rompt en BC, aussi CB, estant pris pour un rayon au dedans de ce corps, se rompra, en sortant, en BA.



la ligne AC represente une partie d'onde de lumiere, dont le centre soit supposé si loin, que cette partie puisse estre considerée comme une

Pour expliquer donc les raisons de ces phenomenes suivant nos principes, soit la droite AB, qui represente une surface plane, terminant les corps transparents qui sont vers C et vers N. Quand je dis plane, cela ne signifie pas d'une égalité parfaite, mais telle qu'elle a été entendue en traitant de la reflexion, et par la mesme raison. Que la

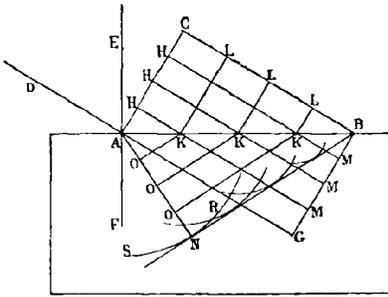
ligne droite. L'endroit C donc, de l'onde AC, dans un certain espace de temps sera avancé jusqu'au plan AB suivant la droite CB, que l'on doit imaginer qu'elle vient du centre lumineux, et qui par conséquent coupera AC à angles droits. Or dans le mesme temps l'endroit A seroit venu en G par la droite AG, égale et parallele à CB; et toute la partie d'onde AC seroit en GB, si la matiere du corps transparent transmettoit le mouvement de l'onde aussi vite que celle de l'Ether. Mais supposons qu'elle transmette ce mouvement moins vite, par exemple, d'un tiers. Il se sera donc repandu du mouvement depuis le point A, dans la matiere du corps transparent, par une étendue égale aux deux tiers de CB, faisant son onde spherique particuliere, suivant ce qui a esté dit cy devant; laquelle onde est donc représentée par la circonference SNR, dont le centre est A, et le demi diametre égal au  $\frac{2}{3}$  de CB. Que si l'on considere ensuite les autres endroits H de l'onde AC, il paroît que dans le mesme temps que l'endroit C est venu en B, ils ne seront pas seulement arrivez à la surface AB, par les droites HK paralleles à CB, mais que de plus ils auront engendré, des centres K, des ondes particulieres dans le diaphane, représentées icy par des circonférences dont les demi-diametres sont égaux aux  $\frac{2}{3}$  des lignes KM, c'est à dire, aux  $\frac{2}{3}$  des continuations de HK jusqu' à la droite BG; car ces demi-diametres auroient esté égaux aux KM entieres, si les deux diaphanes estoient de mesme penetrabilité.

Or toutes ces circonférences ont pour tangente commune la ligne droite BN: sçavoir la mesme qui du point B est faite tangente de la circonférence SNR, que nous avons considerée la premiere. Car il est aisé de voir que toutes les autres circonférences vont toucher à la mesme BN, depuis B jusqu'au point de contact N, qui est le mesme où tombe AN perpendiculaire sur BN.

C'est donc BN qui est comme formée par de petits arcs de ces circonférences, qui termine le mouvement que l'onde AC a communiqué dans le corps transparent, et où ce mouvement se trouve en beaucoup plus grande quantité que par tout ailleurs. Et pour cela cette ligne, suivant ce qui a esté dit plus d'une fois, est la propagation de l'onde AC dans le moment que son endroit C est arrivé en B. Car il n'y a point d'autre ligne au dessous du plan AB qui, comme BN, soit tangente commune de toutes lesdites ondes particulieres. Que si l'on veut sçavoir comment l'onde AC est venue successivement en BN, il

ne faut que dans la mesme figure tirer les droites KO paralleles à BN, et toutes les KL paralleles à AC. Ainsi l'on verra que l'onde CA, de droite est devenue brisée dans toutes les LKO successivement, et qu'elle est redevenue droite en BN. Ce qui estant evident par ce qui a deja esté monsté il, n'est pas besoin de l'eclaircir davantage.

Or, dans la mesme figure, si non mene EAF, qui coupe le plan AB à angles droits au point A, et que AD soit perpendiculaire à



l'onde AC, ce sera DA qui marquera le rayon de lumiere incident, et AN, qui estoit perpendiculaire à BN, le rayon rompu: puisque les rayons ne sont autres chose que les lignes droites suivant lesquelles les parties des ondes s'estendent.

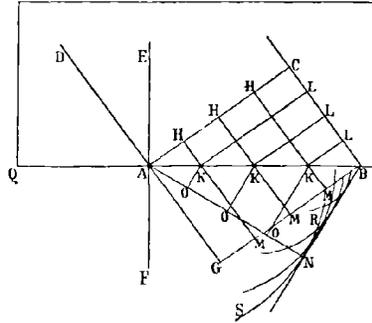
D'où il est aisé de reconnoitre cette principale propriété des refractions, sçavoir que le Sinus de l'angle

DAE, a tousjours une mesme raison au Sinus de l'angle NAF quelle que soit l'inclinaison du rayon DA: et que cette raison est la mesme que celle de la vitesse des ondes dans le diaphane qui est vers AE, à leur vitesse dans le diaphane vers AF. Car considerant AB comme rayon d'un cercle, le Sinus de l'angle BAC est BC, et le Sinus de l'angle ABN est AN. Mais l'angle ABC est égal à DAE; puisque chacun d'eux, adjouté à CAE, fait un angle droit. Et l'angle BAN est égal à NAF; puisque chacun d'eux avec BAN fait un angle droit. Donc le Sinus de l'angle DAE est au Sinus de NAF comme BC à AN. Mais la raison de BC à AN estoit la mesme que celle de vitesses de la lumiere dans la matiere qui est vers AE et dans celle qui est vers AF; donc aussi le Sinus de l'angle DAE au Sinus de l'angle NAF sera comme lesdites vitesses de la lumiere.

Pour voir ensuite quelle doit estre la refraction, lorsque les ondes de lumiere passent dans un corps, où le mouvement s'étend plus vite que dans celui d'où ils sortent, (posons derechef selon la raison de 3 à 2) il ne faut que repeter toute la mesme construction et demonstration que nous venons de mettre, en substituant seulement partout  $\frac{3}{2}$  au lieu de  $\frac{2}{3}$ . Et l'on trouvera par le mesme raisonnement, dans cette autre figure, que lorsque l'endroit C de l'onde AC sera parvenu jusqu'à la surface AB en B, toute la partie d'onde AC sera

avancée en NB, en sorte que BC perpendiculaire sur AC soit à AN perpendiculaire sur BN comme 2 à 3. Et que cette mesme raison de 2 à 3 sera enfin entre le Sinus de l'angle EAD, et le Sinus de l'angle FAN.

D'icy l'on voit la reciprocation des refractions du rayon entrant et sortant d'un mesme diaphane : sçavoir que si NA tombant sur la surface extérieure AB, se rompt en AD, aussi le rayon DA se rompra, en sortant du diaphane, en AN.



L'on voit aussi la raison d'un accident notable qui arrive dans cette refraction; qui est que depuis une certaine obliquité du rayon incident DA, il commence à ne point pouvoir penetrer dans l'autre diaphane. Car si l'angle DAQ ou CBA est tel que dans le triangle ACB, CB soit égale aux  $\frac{2}{3}$  de AB, ou plus grande, alors AN ne peut pas faire un costé du triangle ANB, parce qu'elle devient égale à AB, ou plus grande: de sorte que la partie d'onde BN ne se trouve nulle part, ni par consequent AN, qui luy devoit estre perpendiculaire. Et ainsi le rayon incident DA ne perce point alors la surface AB.

Quand la raison des vitesses des ondes est de deux à trois, comme dans nostre exemple, qui est celle qui convient au verre et à l'air, l'angle DAQ doit estre plus grand que de 48 deg. 11 min. afin que le rayon DA puisse passer en se rompant. Et quand la raison de ces vitesses est de 3 à 4, comme elle est à fort peu près dans l'eau et dans l'air, cet angle DAQ doit excéder 41 degrez 24 minutes. Et cela s'accorde parfaitement avec l'expérience.

Mais on pourroit demander icy, puisque la rencontre de l'onde AC contre la surface AB doit produire du mouvement dans la matiere qui est de l'autre costé, pourquoy il n'y passe point de lumiere. A quoy la réponse est aisée si l'on se souvient de ce qui a esté dit cidevant. Car bien qu'il s'engendre une infinité d'ondes particulieres dans la matiere qui est de l'autre costé de AB, il n'arrive point à ces ondes d'avoir une ligne tangente commune (soit droite ou courbe) en un mesme instant; et ainsi il n'y a point de ligne qui termine la propagation de l'onde AC au delà du plan AB, ni où le mouvement

soit ramassé en assez grande quantité pour produire de la lumière. Et l'on verra aisément la vérité de ceci, savoir que CB étant plus grande que les  $\frac{2}{3}$  de AB, les ondes excitées au delà du plan AB n'auront point de commune tangente, si des centres K l'on décrit alors des cercles, ayans les rayons, égaux aux  $\frac{3}{2}$  des LB qui leur répondent. Car tous ces cercles seront enfermés les uns dans les autres et passeront tous au delà du point B.

Or il est à remarquer que, dès lorsque l'angle DAQ est plus petit qu'il ne faut pour permettre que le rayon DA rompu puisse passer dans l'autre diaphane, l'on trouve que la réflexion intérieure, qui se fait à la surface AB, s'augmente de beaucoup en clarté; comme il est aisé d'expérimenter avec un prisme triangulaire: de quoy l'on peut rendre cette raison par nostre Théorie. Lorsque l'angle DAQ est encore assez grand pour faire que le rayon DA puisse passer, il est manifeste que la lumière de la partie d'onde AC est ramassée dans une moindre étendue, lorsqu'elle est parvenue en BN. Il paroît aussi que l'onde BN devient d'autant plus petite que l'angle CBA ou DAQ est fait plus petit; jusqu'à ce qu'estant diminué jusqu'à la détermination peu auparavant marquée, cette onde BN se ramasse toujours dans un point. C'est à dire que quand l'endroit C de l'onde AC est alors arrivé en B, l'onde BN, qui est la propagation de AC, est toute réduite au mesme point B; de mesme que, quand l'endroit H estoit arrivé en K, la partie AH estoit toute réduite au mesme point K. Ce qui fait voir qu'à mesure que l'onde CA est venu rencontrer la surface AB, il s'est trouvé grande quantité de mouvement le long de cette surface; lequel mouvement se doit estre repandu aussi en dedans du corps transparent, et avoir renforcé de beaucoup les ondes particulières, qui produisent la réflexion intérieure contre la surface AB, suivant les loix de la réflexion cy devant expliquées.

Et parce qu'un peu de diminution à l'angle d'incidence DAQ, fait devenir l'onde BN, d'assez grande qu'elle estoit, à rien: (car cet angle étant dans le verre de 49 degrés 11 min. l'angle BAN est encore de 11 degrés 21 min., et le mesme angle DAQ étant diminué d'un degré seulement, l'angle BAN est réduit à rien, et ainsi l'onde BN réduite à un point;) de là vient que la réflexion intérieure d'obs-  
cure devient subitement claire, dès lors que l'angle d'incidence est tel qu'il ne donne plus passage à la refraction.

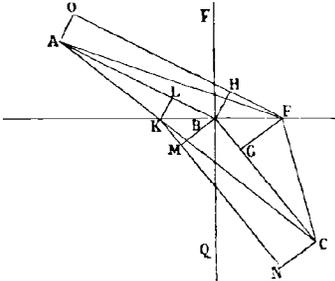
Or pour ce qui est de la reflexion extérieure ordinaire, c'est à dire qui arrive lorsque l'angle d'incidence  $DAQ$  est encore assez grand pour faire que le rayon rompu puisse penetrer au delà de la superficie  $AB$ : cette reflexion se doit faire contre les particules de la matiere qui touche le corps transparent par dehors. Et c'est apparemment contre les particules de l'air et autres meslées parmy la matiere etherée, et plus grossiere qu'elle. Comme d'autre costé la reflexion extérieure de ces corps se fait contre les particules qui les composent, et qui sont aussi plus grosses que celles de la matiere etherée, puisque celle-cy coule dans leurs intervalles. Il est vray qu'il reste en cecy quelque difficulté dans les experiences où cette reflexion intérieure se fait sans que les particules de l'air y puissent contribuer, comme dans les vaisseaux ou tuyaux d'où l'air a esté tiré.

L'experience au reste nous apprend que ces deux reflexions sont à peu près d'égale force, et que dans les differens corps transparens elles en ont d'autant plus que la refraction de ces corps est plus grande. Ainsi l'on voit manifestement que la reflexion du verre est plus forte que celle de l'eau, et celle du diamant plus forte que celle du verre.

Je finiray cette theorie de la refraction en demonstant une proposition remarquable qui en depend; sçavoir qu'un rayon de lumiere pour aller d'un point à un autre, quand ces points sont dans des diaphanes differens, se rompt en sorte à la surface plane qui joint ces deux milieux, qu'il employe le moindre temps possible; tout de mesme qu'il arrive dans la reflexion contre une surface plane. M<sup>r</sup>. Fermat a proposé le premier cette propriété des refractions, tenant comme nous, et directement contre l'opinion de M<sup>r</sup>. Des Cartes, que la lumiere passe plus lentement à travers le verre et l'eau qu'à travers l'air. Mais il supposoit outre cela la proportion constante des Sinus, que nous venons de prouver par ces seuls divers degrez de vitesse: ou bien, ce qui vaut autant, il supposoit outre ces diverses vitesses, que la lumiere employoit en ce passage le moindre temps possible, pour en conclurre la proportion constante des Sinus. Sa demonstration, qui se voit dans ses ouvrages imprimez et dans le livre des lettres de M<sup>r</sup>. Descartes, est fort longue; c'est pour quoy je donne icy cette autre plus simple et plus facile.

Soit la surface plane  $KF$ ; le point  $A$  dans le diaphane que la lumiere traverse plus facilement, comme l'air; le point  $C$  dans un

autre plus difficile à pénétrer, comme l'eau; et qu'un rayon soit venu de A, par B en C, ayant été rompu en B suivant la loy peu auparavant démontrée; c'est à dire qu'ayant mené PBQ qui coupe le plan à angles droits, le sinus de l'angle ABP au sinus de l'angle CBQ



ait la mesme raison que la vitesse de la lumiere dans le diaphane où est A, à sa vitesse, où est C. Il faut démontrer que les temps du passage de la lumiere par AB et BC, pris ensemble, sont les plus courts qu'ils peuvent estre. Prenons qu'elle soit venue par d'autres lignes, et premièrement par AF, FC, en sorte que le point de refraction F soit plus distant que B du point A, et soit AO,

perpendiculaire sur AB, FO parallèle à AB; BH perpendiculaire sur FO, et FG sur BC.

Puisque donc l'angle HBF est égal à PBA, et l'angle BFG égal à QBC; il s'ensuit que le sinus de l'angle HBF aura aussi au sinus de BFG la mesme raison que la vitesse de la lumiere dans le diaphane A, à sa vitesse dans le diaphane C. Mais ces sinus sont les droites HF, BG, en prenant BF pour demi-diametre d'un cercle. Donc ces lignes HF, BG ont entre elles ladite raison des vitesses. Et partant le temps de la lumiere par HF, supposé que le rayon fut OF, seroit égal au temps par BG au dedans du diaphane C. Mais le temps par AB est égal au temps par OH; donc le temps par OF est égal au temps par AB, BG. Derechef le temps par FC est plus long que par GC, donc le temps par OFC sera plus long que par ABC. Mais AF est plus grande que OF, donc le temps par AFC excédera d'autant plus le temps par ABC.

Prenons maintenant que le rayon soit venu de A en C par AK, KC; le point de refraction AK étant plus près de A que n'est le point B; et soit CN perpendiculaire sur BC, KN parallèle à BC: BM perpendiculaire sur BC, AN parallèle à BC: BM perpendiculaire sur KN, et KL sur BA.

Icy BL et KM sont les sinus des angles BKL, KBM; c'est à dire des angles PBA, QBC; et partant elles sont entre elles comme la

vitesse de la lumiere dans le diaphane A, à la vitesse dans le diaphane C. Donc le temps par LB est égal au temps par KM; et puis que le temps par BC est égal au temps par MN, le temps par LBC sera égal au temps par KMN. Mais le temps par AK est plus long que par AL: donc le temps par AKN est plus long que par ABC. Et KC estant plus longue que KN, le temps par AKC surpassera d'autant plus le temps par ABC. Ainsi il paroît, que le temps par ABC est le plus court qu'il peut estre: ce qu'il falloit demonstrier.

#### CHAP. IV.

#### DE LA REFRACTION DE L'AIR.

Nous avons montré comment le mouvement, qui fait la lumiere, s'estend par des ondes spheriques dans une matiere homogene. Et il est evident que lorsque la matiere n'est pas homogene, mais de telle constitution que le mouvement s'y communique plus viste vers un costé que vers un autre, ces ondes ne scauroient estre spheriques mais qu'elles doivent prendre leur figure suivant les differens espaces que le mouvement successif parcourt en des temps égaux.

C'est par là que nous expliquerons premierement les refractions qui se font dans l'air, qui s'estend d'icy aux nuës et au delà; desquelles refractions les effets sont fort remarquables; car c'est par elles que nous voyons souvent des objets que la rondeur de la Terre nous devoit autrement cacher; comme des Isles et des sommets de montagnes lorsqu'on est sur mer. Par elles aussi le Soleil et la Lune paroissent levez auparavant qu'ils le soient en effet, et couchez plus tard; de sorte qu'on a veu souvent la Lune eclipsée que le Soleil paroissoit encore dessus l'horizon. Et ainsi les hauteurs du Soleil et de la Lune, et celles de toutes les étoiles paroissent tousjours un peu plus grandes, par ces mesmes refractions, qu'elles ne sont dans la verité, comme savent les Astronomes. Mais il y a une experience qui rend cette refraction fort visible; qui est qu'en fixant une lunette d'approche en quelqu'endroit, en sorte qu'elle regarde un objet éloigné de demie lieuë ou plus, comme un clocher ou une maison, si on y

..\*

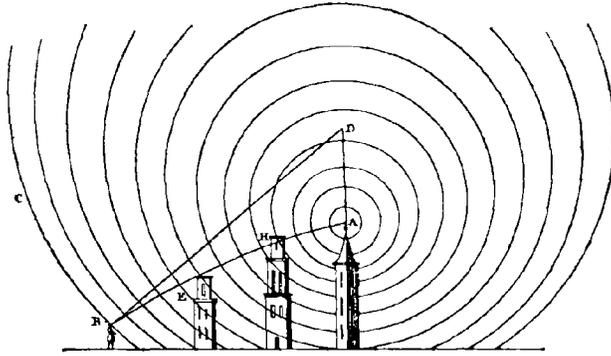
regarde à des heures différentes du jour, la laissant toujours attachée de mesme, l'on verra que ne ce seront pas les mesmes endroits de l'objet qui se presenteront au milieu de l'ouverture de la lunette, mais que d'ordinaire le matin et le soir, lorsqu'il y a plus de vapeurs près de la Terre, ces objets semblent monter plus haut, en sorte que la moitié ou d'avantage n'en sera plus visible; et qu'ils baisseront vers le midy quand ces vapeurs seront dissipées.

Ceux qui ne considerent la refraction que dans les surfaces qui distinguent des corps transparens de diverse nature, auroient peine à rendre raison de tout ce que je viens de raporter: mais suivant nostre Theorie la chose est fort aisée. L'on sçait que l'air qui nous environne, outre les particules qui luy sont propres, et qui nagent dans la matiere etherée, comme il a esté expliqué, se remplit encore de particules d'eau, que l'action de la chaleur eleve; et l'on a reconnu d'ailleurs par de tres certaines experiences, que la densité de l'air diminue à mesure qu'on y monte plus haut. Or soit que les particules de l'eau et celles de l'air participent, par le moyen des particules de la matiere etherée, du mouvement qui fait la lumiere, mais qu'elles soient d'un ressort moins prompt que celles-cy; ou que la rencontre, et l'embarras que ces parties d'air et d'eau donnent à la propagation du mouvement des particules etherées, en retarde le progres; il s'ensuit que les unes et les autres, volant parmy les particules etherées, doivent rendre l'air, depuis une grande hauteur jusqu'à la Terre, par degrez, moins facile à l'extension des ondes de la lumiere.

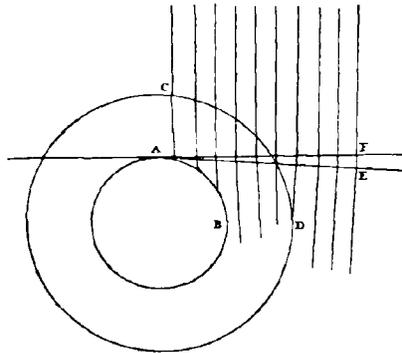
D'où la figure des ondes doit devenir telle environ que cette figure la represente. Sçavoir si A est une lumiere, ou une pointe visible d'un clocher, les ondes qui en naissent doivent s'étendre plus amplement vers en haut, et moins vers en bas, mais vers les autres endroits plus ou moins selon qu'ils approchent de ces deux extremes. Ce qui estant, il s'ensuit necessairement que toute ligne, qui coupe une de ces ondes à angles droits, passe au dessus du doint A, si ce n'est la seule qui est perpendiculaire à l'horizon.

Soit BC l'onde qui porte la lumiere au spectateur qui est en B, et que BD soit la droite qui coupe cette onde perpendiculairement. Or parce que le rayon ou la ligne droite par laquelle nous jugeons l'endroit où l'objet nous paroît, n'est autre chose que la perpendiculaire à l'onde qui arrive à nostre oeil, comme l'on peut entendre par ce

qui a esté dit cy dessus, il est manifeste que le point A s'appercvra comme estant, dans la droite BD, et ainsi plus haut qu'il n'est en effet.



De mesme si la Terre est AB, et l'extremité de l'Atmosphere CD, qui vraisemblent n'est pas une surface spherique bien terminée, puisque nous sçavons que l'air se rarifie à mesure qu'on y monte plus haut, parce qu'il en a d'autant moins au dessus de luy qui le

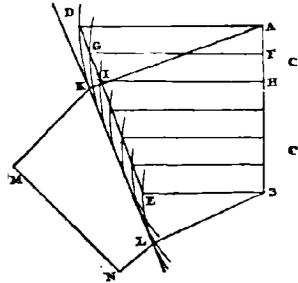


presse; les ondes de la lumiere du soleil venant, par exemple, en sorte que, tant qu'elles n'ont pas atteint l'Atmosphere CD, la droite

AE les coupe perpendiculairement: ces mesmes ondes, entrant dans l'Atmosphere, doivent avancer plus vite aux endroits clevez que dans ceux qui sont plus près de la Terre. De sorte que si CA est l'onde qui porte la lumiere au spectateur en A, son endroit C sera le plus avancé; et la droite AF, qui coupe cette onde à angles droits, et qui determine le lieu apparent du Soleil, passera au dessus du Soleil veritable, qui seroit vu par la ligne AE. Et ainsi il peut arriver que ne devant point estre visible sans vapeurs, par ce que la ligne AE rencontre la rondeur de la Terre, il s'apercevra par la refraction dans la ligne AF. Mais cet angle EAF n'est jamais guere plus grand que d'un demi degré, parce que la tenuité des vapeurs n'altere que bien peu les ondes de la lumiere. De plus ces refractions ne sont pas tout à fait constantes en tout temps, sur tout dans les petites hauteurs de 2 ou 3 degrez; ce qui vient de la differente quantité de vapeurs aqueuses qui s'elevant de la Terre.

Et cecy mesme est cause qu'en de certains temps un objet eloigné, sera caché derriere un autre moins éloigné, et qu'il pourra estre vu dans un autre temps, quoique l'endroit d'où l'on regarde soit tousjours le mesme. Mais la raison de cet effet sera encore plus evidente par ce que nous allons remarquer touchant la courbure des rayons. Il paroît par les choses expliquées cy dessus que le progrez, ou la propagation d'une particule d'une onde de lumiere, est proprement ce qu'on appelle un rayon. Or ces rayons, au lieu qu'ils sont droits dans des diaphanes homogenes, doivent estre courbes dans un air d'inégale penetrabilité. Car ils suivent necessairement la ligne qui, depuis l'objet jusqu'à l'oeil coupe toutes les progressions des ondes à angles droits, ainsi que dans la premiere figure fait la ligne AEB, comme il sera montré cy après; et c'est cette ligne qui determine quels corps interposez nous doivent empescher de voir l'objet ou non. Car bien que la pointe du clocher A paroisse elevée en D, pourtant elle ne paroitrait pas à l'oeil B si la tour H estoit entre deux, parce qu'elle traverse la courbe AEB. Mais la tour E, qui est au dessous de cette courbe, n'empesche point, la pointe A d'estre veuë. Or selon que l'air proche de la Terre excède en densité celuy qui est plus elevé, la courbure du rayon AEB devient plus grande; de sorte qu'en certains temps il passe au dessus du sommet E, ce qui fait apercevoir la pointe A à l'oeil en B; et en d'autres temps il est interrompu par la mesme tour E, ce qui cache A à ce mesme oeil.

Mais pour démontrer cette courbure des rayons conformément à toute notre précédente Théorie, imaginons nous que AB soit une parcelle d'onde de lumière venant du côté C, laquelle nous pouvons considérer comme une ligne droite. Posons aussi qu'elle soit perpendiculaire à l'Horizon; l'endroit B étant plus proche de la Terre que l'endroit A, et qu'à cause des vapeurs moins embarrassantes en A qu'en B, l'onde particulière qui procède du point A s'étende par un certain espace AD, pendant que l'onde particulière qui procède du point B s'étend par un espace moindre BE; étant AD, BE parallèles à l'Horizon. De plus, supposant les droites FG, HJ etc. tirées d'une infinité de points dans la droite AB, et terminées par la droite



(ou qui peut être considérée comme telle) DE, soient par toutes ces lignes représentées les diverses pénétrabilités dans les différentes hauteurs de l'air entre A et B; de sorte que l'onde particulière, née du point F, s'élargira de l'espace FG, et celle du point H de l'espace HJ, pendant que celle du point A s'étend par l'espace AD.

Or si des centres A, B l'on décrit les cercles DK, EL, qui représentent l'étendue des ondes qui naissent de ces deux points, et que l'on mène la droite KL qui touche ces deux cercles, il est aisé de voir que cette même ligne sera la tangente commune des tous les autres cercles qui ont été décrits des centres F, H etc. et que tous les points de contact tomberont dans la partie de cette ligne qui est comprise entre les perpendiculaires AK, BL. Donc ce sera la droite KL qui terminera le mouvement des ondes particulières nées des points de l'onde AB, et ce mouvement sera plus fort entre les points K, L que par tout ailleurs dans le même instant, puisqu'une infinité de circonferences concourent à former cette droite. Et partant KL sera la propagation de la partie d'onde AB, suivant ce qui a été dit en expliquant la réflexion et la réfraction ordinaire. Or il parroit que AK, BL baissent vers le côté où l'air est moins aisé à pénétrer: car AK étant plus longue que BL, et luy étant parallèle, il s'ensuit que les lignes AB, KL, étant prolongées, concourent du côté L. Mais l'angle K est droit, donc KAB est nécessairement aigu, et partant moindre que DAB. Que si l'on cherche de

mesme maniere le progrez de la partie de l'onde KL, on la trouvera dans un autre temps parvenue en MN, en sorte que les perpendiculaires KM, LN baissent encore plus que AK, BL. Et cecy fait assez voir que le rayon se continue suivant la ligne courbe qui coupe toutes les ondes à angles droits, comme il a esté dit.

CHAP. V.

DE L'ESTRANGE REFACTION DU CRISTAL  
D'ISLANDE.

1. L'on apporte d'Islande, qui est une Isle de la Mer Septentrionale, à la hauteur de 66. degrez, une espece de Cristal, ou pierre transparente, fort remarquable par sa figure, et autres qualitez, mais sur tout par celle des ses estranges refractions. Dont les causes m'ont semblé d'autant plus dignes d'estre curieusement recherchées, que parmy les corps diaphanes celuy cy seul, à l'égard des rayons de la lumiere, ne suit pas les regles ordinaires. J'ay mesme eu quelque necessité de faire cette recherche, parce que les refractions de ce Cristal sembloient renverser nostre explication precedente de la refraction reguliere; laquelle, au contraire, l'on verra qu'elles confirment beaucoup, après estre reduites au mesme principe. C'est dans l'Islande qu'on trouve de gros morceaux de ce Cristal, dont j'en ay veu de 4 ou 5 livres. Mais il en croit aussi en d'autres pays, car j'en ay eu de la mesme espece qu'on avoit trouvé en France près de la ville de Troyes en Champagne et d'autre qui venoit de l'Isle de Corse, quoique l'un et l'autre moins clair, et seulement en petits morceaux, à peine capables de faire remarquer quelque effet de la refraction.

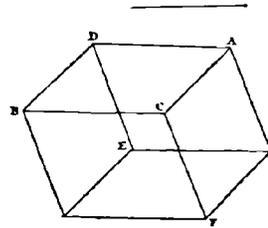
2. La premiere connoissance, qu'en, a eu le public, est deué à Mr. Erasme Bartholin, qui a donné la description du cristal l'Islande avec celle de ses principaux phenomenes. Mais je ne laisseray pas de donner icy la mienne, tant pour l'instruction de ceux qui n'auront pas vû son livre, que parce que dans quelques uns de ces phenomenes il y a un peu de difference entre ses observations et celles que j'ay faites: m'estant appliqué avec beaucoup d'exacritude à examiner ces proprietiez de la refraction, afin d'en estre bien seur devant que d'entreprendre d'en éclaircir les causes.

3. Si l'on regarde à la dreté de cette pierre, et à la qualité

qu'elle a de pouvoir estre facilement fenduë, il faut plutôt l'estimer estre une espece de Talc, que non pas du Cristal. Car une pointe de fer l'entame aussi facilement que d'autre Talc, ou que de l'Albâtre, dont il égale la pesanteur.

4. Les morceaux qu'on en trouve sont de la figure d'un parallelepiped oblique; chacune de six faces estant un parallelogramme; et il souffre d'estre fendu selon toutes les trois dimensions, parallelement à deux de ces faces opposées. Mesme tellement, si l'on veut, que toutes les six faces soient des rhombes égaux et semblables. La figure icy ajoutée represente un morceau de ce Cristal. Les angles obtus de tous les parallelogrammes, comme icy les angles C, D, sont de 101 degrés, 52 minutes, et par consequent les aigus, comme A et B de 78 degrez, 8 min.

5. Des angles solides il y en a deux opposez, comme C, E, qui sont chacun composez de trois angles plans obtus et égaux. Les autres six sont composez de deux angles aigus, et d'un obtus. Tout ce que je viens de dire a esté remarqué de mesme par Mr. Bartholin, dans le traité susdit; si ce n'est que nous differons quelque peu dans la quantité des angles. Il rapporte encore quelques autres proprietéz de ce Cristal, sçavoir qu'estant frotté contre du drap, il attire des brins de paille et autres choses legeres ainsi que font l'am-



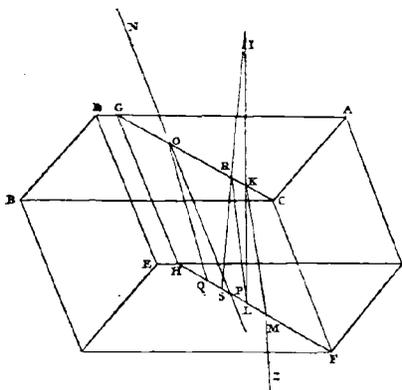
bre, le diamant, le verre et la cire d'Espagne. Qu'un morceau estant couvert d'eau pendant un jour ou d'avantage, la surface perd son poli naturel. Et que quand on y verse de l'eau forte dessus, elle fait ebullition; sur tout, à ce que j'ay trouvé, si l'on met le Cristal en poudre. J'ay aussi experimenté qu'on le peut rougir au feu, sans qu'il en soit aucunement alteré, ny rendu moins diaphane; mais qu'un feu fort violent pourtant le calcine. Sa transparence n'est guere moindre que celle de l'eau ou du Cristal de Roche, et sans aucune couleur. Mais les rayons de lumiere y passent d'une autre façon, et produisent ces merveilleuses refractions, dont je vay tacher maintenant d'expliquer les causes; remettant à la fin de ce Traité de dire mes conjectures touchant la formation et la figure extraordinaire de ce Cristal.

6. Dans tous les autres corps transparens que nous connoissons, il n'y a qu'une seule et simple refraction, mais dans celuy cy il y er-

a deux différentes. Ce qui fait que les objets que l'on voit à travers, sur tout ceux qui sont appliquez tout contre, paroissent doubles; et qu'un rayon du soleil, tombant sur une de ses surfaces, se partage en deux, et traverse ainsi le Cristal.

7. C'est encore une loy generale dans tous les autres corps transparens, que le rayon, qui tombe perpendiculairement sur leur surface, passe tout droit sans souffrir de refraction; et que le rayon oblique se rompt tousjours. Mais dans ce Cristal le rayon perpendiculaire souffre refraction, et il y a des rayons obliques qui le passent tout droit.

8. Mais pour expliquer plus particulièrement ces phenomenes, soit derechef un morceau du mesme Cristal ABFE, et soit divisé l'angle obtus ACB, l'un des trois qui font l'angle solide équilateral C, en deux parties égales par la droite CG, et que l'on conçoit que le Cristal soit coupé par un plan qui passe par cette ligne et par le costé CF, lequel plan sera necessairement perpendiculaire à la surface AB, et sa section dans le Cristal sera un parallelogramme GCFH. Nous appellerons cette



section la section principale du Cristal.

9. Or si l'on couvre la surface AB, en y laissant seulement une petite ouverture au point K, pris dans la droite CG; et qu'on l'expose au soleil, en sorte que ses rayons donnent dessus perpendiculairement; le rayon IK se divisera au point K en deux, dont l'un continuera d'aller droit par KL, et l'autre s'écartera par la droite KM qui est dans le plan CGHF, et qui fait avec KL un angle d'environ 6 degrez, 40 minutes, tendant du costé de l'angle solide C; et en sortant de l'autre costé du cristal, il se remettra en MZ, parallele à IK. Et comme par cette refraction extraordinaire le point M est veu par le rayon rompu MKJ, que je suppose aller à l'oeil J; il faut que le point L, par cette mesme refraction soit, vu par le rayon rompu LRJ, en sorte que LR soit comme parallele à MK, si la distance de l'oeil KJ est supposée fort grande. Le point L paroît donc comme estant dans la droite JRS; mais le mesme

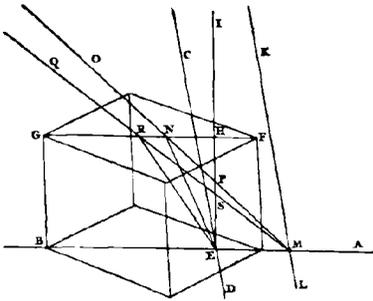
point par la refraction ordinaire paroît aussi dans la droite JK, donc il est necessairement jugé double. Et de mesme si L est un petit trou, dans une feuille de papier ou d'autre matiere qu'on aura appliqué contre le cristal, il paroïtra, en le tournant contre le jour, comme s'il y avoit deux trous; qui seront d'autant plus distans l'un de l'autre que le cristal aura plus d'épaisseur.

10. Derechef si l'on tourne le Cristal en sorte qu'un rayon incident du soleil, NO, que je suppose estre dans le plan continué de GCFH, fasse sur CG un angle de 73 degrez et 20 min. et qu'il soit par consequent presque parallele au costé CF, qui fait sur FH un angle de 70 degrez 57 min. suivant le calcul que je mettray à la fin; il se partagera en deux rayons au point O, desquels l'un continuera par OP en ligne droite avec NO, et sortira de mesme de l'autre costé du cristal, sans se rompre aucunement, mais l'autre se rompra et ira par OQ. Et il faut noter qu'il est particulier au plan par GCF, et à ceux qui luy sont paralleles, que tous les rayons incidens qui sont dans un de ces plans, continuent d'y estre après qu'il sont entrez dans le cristal et devenus doubles; car il en est autrement dans les rayons de tous les autres plans qui coupent le cristal, comme nous ferons voir après.

11. J'ay reconnu d'abord par ces experiences et par quelques autres que des deux refractions que le rayon souffre dans ce cristal, il y en a une qui suit les regles ordinaires; et que c'est elle à qui appartient les rayons KL et OQ. C'est pourquoy j'ay distingué cette refraction ordinaire d'avec l'autre, et l'ayant mesurée par des observations exactes, j'ay trouvé que sa proportion, considerée dans les Sinus des angles que fait le rayon incident et rompu avec la perpendiculaire, estoit assez precisement celle de 5 à 3, comme elle a aussi esté trouvée par M. Bartholin; et par consequent bien plus grande que celle du cristal du Roche, ou du verre, qui est à peu près de 3 à 2.

12. La maniere de faire exactement ces observations est telle. Il faut tracer sur un papier, attaché sur une table bien unie, une ligne noire AB, et deux autres qui la coupent à angles droits CED, KML, plus ou moins distantes l'une de l'autre selon qu'on veut examiner un rayon plus ou moins oblique: et poser le cristal sur l'intersection E, en sorte que la ligne AB convienne à celle qui divise également l'angle obtus de la surface d'en bas, ou à quelque ligne parallele. Alors en plaçant l'oeil directement au dessus de la ligne AB, elle ne

paraîtra que simple, et l'on verra que sa partie vue à travers le cristal, avec les parties qui paroissent au dehors, se rencontreront en ligne droite; mais la ligne CD paraîtra double, et l'on distinguera l'image qui vient de la refraction régulière, de ce qu'elle paroît plus élevée que l'autre lorsqu'on regarde avec les deux yeux, ou bien de ce qu'en tournant le cristal sur le papier, elle demeure ferme, au lieu que l'autre image remuë et tourne tout autour. L'on placera ensuite l'oeil en J (demeurant toujours dans le plan perpendiculaire par AB) en sorte qu'il voye l'image de la ligne CD, qui vient de la refraction régulière, faire une ligne droite avec le reste de cette ligne, qui est dehors le cristal. Et marquant



alors sur la surface du cristal le point H, où paroît l'intersection E, ce point sera directement au dessus de E. Puis on retirera l'oeil vers O, toujours dans le plan perpendiculaire par AB, en sorte que l'image de la ligne CD, qui se fait par la refraction ordinaire, paroisse en ligne droite avec la ligne KL vuë sans refraction; et l'on marquera sur le cristal le point N, où paroît le point d'intersection E.

13. L'on connoitra donc la longueur et la position des lignes NH, EM, et HE qui est l'épaisseur du cristal; lesquelles lignes estant tracées à part sur un plan, et joignant alors NE, et NM qui coupe HE en P, la proportion de la refraction sera celle de EN, à NP parce que ces lignes sont entre elles comme les sinus des angles NPH, NEP, qui sont égaux à ceux que le rayon incident ON et sa refraction NE font avec la perpendiculaire à la surface. Cette proportion, comme j'ay dit, est assez précisément comme de 5 à 3, et toujours la mesme dans toutes les inclinaisons du rayon incident.

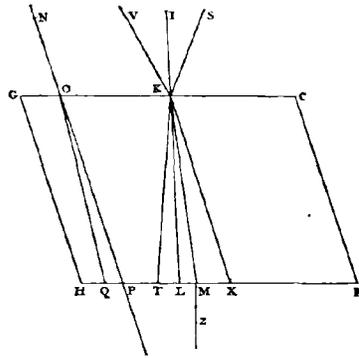
14. La mesme maniere d'observer m'a aussi servi à examiner la refraction extraordinaire, ou irrégulière de ce cristal. Car le point H estant trouvé, et marqué, comme il a esté dit, directement au dessus du point E, j'ay regardé l'apparence de la ligne CD, qui se fait par la refraction extraordinaire; et ayant placé l'oeil en Q en sorte, que cette apparence fiste une ligne droite avec la ligne KL

vuë sans refraction, j'ay connu les triangles REH, RES, et partant les angles RSH, RES, que le rayon incident, et le rompu font avec la perpendiculaire.

15. Mais j'ay trouvé dans cette refraction, que la raison de FR à RS n'estoit pas constante, comme dans la refraction ordinaire; mais qu'elle varioit, suivant la différente inclinaïson du rayon incident.

16. Je trouvay aussi, que quand QRE faisoit une ligne droite, c'est à dire que le rayon incident entroit dans le cristal sans se rompre (ce que je reconnus de ce que alors le point E, vu par la refraction extraordinaire, paroissoit dans la ligne CD, vuë sans refraction) je trouvay, dis-jé alors que l'angle QRG estoit de 73 degrez, 20 minutes, comme il a esté desja remarqué, et qu'ainsi ce n'est pas le rayon parallele au costé du cristal, qui le traverse en droite ligne sans se rompre, comme a crû Mr. Bartholin, puisque son inclinaïson n'est que de 70 degrez 57 minutes, comme il a esté dit cy dessus Ce qui est à noter, afin qu'on ne cherche pas en vain la cause de la propriété singuliere de ce rayon, dans son parallelisme ausdites costez.

17. Enfin continuant mes observations pour découvrir la nature de cette refraction, j'ay appris qu'elle gardoit cette regle remarquable qui s'ensuit. Soit tracé à part le parallelogramme GCFH, fait par la section principale du cristal cy devant déterminée. Je trouvay donc que tousjours, quand les inclinaïsons de deux rayons qui viennent de costez opposez, comme icy VK, SK, sont égales, leurs refractions KX et KT rencontrent la droite du fond HF en sorte, que les points X et T sont également distans du point M, où tombe la refraction du rayon perpendiculaire JK, ce qui a aussi lieu dans les refractions des autres sections de ce cristal. Mais devant que de parler de celles-là, qui ont encore d'autres propriétés particulieres, nous rechercherons les causes des phenomenes que j'ay desja raportez.



Ce fut après avoir expliqué la refraction des corps transparens ordinaires, par le moyen des émanations sphériques de la lumiere, ainsi que dessus, que je repris l'examen de la nature de ce Cristal, où je n'avois rien pu decouvrir auparavant.

18. Comme il y avoit deux refractions differentes, je conçus qu'il y avoit aussi deux differentes emanations d'ondes de lumiere et que l'une se pouvoit faire dans la matiere etherée repandue dans le corps du cristal. Laquelle matiere estant en beaucoup plus grande quantité que n'est celle des particules qui le composent, estoit seule capable de causer la transparence, suivant ce qui a esté expliqué cy devant. J'attribuay à cette émanation d'ondes la refraction reguliere qu'on observe dans cette pierre; en supposant ces ondes de forme spherique à l'ordinaire, et d'une extension plus lente au dedans du cristal qu'elles ne sont au dehors; d'où j'ay fait voir que procede la refraction.

19. Quant à l'autre émanation qui devoit produire la refraction irreguliere, je voulus essayer ce que feroient des ondes Elliptiques, ou pour mieux dire spheroides; lesquelles je supposay qu'elles s'estendoient indifferement, tant dans la matiere etherée repandue dans le cristal que dans les particules dont elle est composé; suivant la dernière maniere dont j'ay expliqué la transparence. Il me sembloit que la disposition, ou arrangement regulier de ces particules, pouvoit contribuer à former les ondes spheroides, (n'estant requis pour cela sinon que le mouvement successif de la lumiere s'étendit un peu plus viste en un sens qu'en l'autre,) et je ne doutay presque point qu'il n'y eust dans ce cristal un tel arrangement de particules égales et semblables, à cause de sa figure et de ses angles d'une mesure certaine et invariable. Touchant lesquelles particules, et leur forme et disposition, je proposeray sur la fin de ce Traité mes conjectures, et quelques experiences qui les confirment.

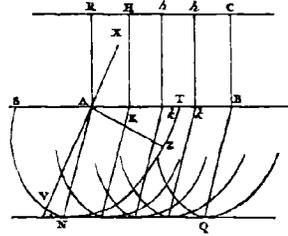
20. La double émanation d'ondes de lumiere, que je m'estois imaginée, me devint plus probable après certain phenomene que j'observay dans le cristal ordinaire qui croit en forme hexagone, et qui, à cause de cette regularité, semble aussi estre composé de particules de certaine figure et rangées avec ordre. C'estoit que ce cristal a une double refraction, aussi bien que celui d'Islande, quoyque moins évidente. Car en ayant fait tailler des Prismes bien polis, par des sections differentes, je remarquay dans tous, en regardant la flamme de la chandelle à travers, ou le plomb des vitres qui sont aux fenêtrés que tout paroissoit double, quoique avec des images peu distantes entre elles. D'où je compris la raison pourquoy ce corps

si transparent est inutile aux Lunettes d'approche, quand elles ont tant soit peu de longueur.

21. Or cette double refraction, suivant ma Theorie cy dessus établie, sembloit demander une double émanation d'ondes de lumiere, toutes deux spheriques (car les deux refractions sont regulieres) et les unes seulement un peu plus lentes que les autres. Car par là ce phenomene s'explique fort naturellement, en supposant les matieres, qui servent de vehicule à ces ondes, de mesme que j'ay fait dans le cristal d'Islande. J'eus donc moins de peine après cela à admettre deux émanations d'ondes dans un mesme corps. Et pour ce que l'on pouvoit m'objecter qu'en composant ces deux cristaux de particules égales de certaine figure, et entassées regulierement, à peine les instertices que ces particules laissent et qui contiennent la matiere etherée, suffiroient pour transmettre les ondes de lumiere que j'y ay placées; j'ostay cette difficulté en considerant ces particules comme estant d'un tissu fort rare, ou bien composées d'autres particules beaucoup plus petites, entre lesquelles la matiere etherée passe fort librement, Ce qui d'ailleurs s'ensuit necessairement de ce qui a esté démontré cy devant, touchant le peu de matiere dont les corps sont assemblez.

22. Supposant donc ces ondes spheroides outre les spheriques, je commençay à examiner si elles pouvoient servir à expliquer les phenomenes de la refraction irreguliere, et comment par ces phenomenes mesmes je pourrois determiner la figure, et la position des spheroides: en quoy j'obtins à la fin le succès désiré, en procedant comme s'ensuit.

23. Je consideray premierement l'effet des ondes ainsi formées, à l'égard du rayon qui tombe perpendiculairement sur la surface platte d'un corps transparent, dans lequel elles s'estendroient de cette maniere. Je posay AB pour l'endroit decouvert de la surface. Et puisque un rayon perpendiculaire sur un plan, et venant d'une lumiere fort distante, n'est autre chose par la Theorie precedente, que l'incidence d'une parcelle d'onde, parallele à ce plan; je supposay la droite RC, parallele et égale à AB, estre une portion d'onde de lumiere, dont les points infinis RHhC viennent rencontrer la surface AB aux points AKkB. Donc un

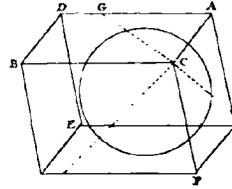


lieu des ondes particulieres hemispheriques, qui dans un corps de refraction ordinaire se devoient étendre de chacun de ces derniers points; ainsi que nous avons expliqué cy dessus en traittant de la refraction; ce devoient estre icy des hemispheroides, desquels je supposay que les axes ou bien les grands diametres estoient obliques au plan AB, ainsi que l'est AV,  $\frac{1}{2}$  axe ou  $\frac{1}{2}$  grand diametre du spheroide SVT, qui represente l'onde particuliere venant du point A, après que l'onde RC est venue en AB. Je dis ou axe ou grand diametre; parce que la mesme ellipse SVT peut estre considerée comme section d'un spheroide dont l'axe est AZ, perpendiculaire à AV. Mais pour le present sans determiner encore l'un et l'autre, nous considererons ces spheroides seulement dans leur sections qui font les ellipses dans le plan de cette figure. Or prenant un certain espace de temps, pendant lequel, du point A, s'est estendue l'onde SVT; il falloit, que de tous les autres points K k B il se fist, dans le mesme temps, des ondes pareilles et semblablement posées que SVT. Et la commune tangente NQ de toutes ces demi-ellipses, estoit la propagation de l'onde RC en tombant sur AB; et où ce mouvement se trouve en beaucoup plus grande quantité que par tout ailleurs, comme estant faite des arcs infinis d'ellipses, dont les centres sont le long de la ligne AB.

24. Or il paroissoit, que cette tangente commune NQ estoit parallele à AB; et de mesme longueur, mais qu'elle ne luy estoit pas opposée directement, puisqu'elle estoit comprise des lignes AN, BQ, qui sont les diametres conjuguez des ellipses qui ont A et B pour centres, à l'égard des diametres qui sont dans la droite AB. Et c'est ainsi que j'ay compris, ce qui m'avoit paru fort difficile, comment un rayon perpendiculaire à une surface pouvoit souffrir refraction en entrant dans le corps transparent; voyant que l'onde RC, estant venue à l'ouverture AB, continuoit de là en avant à s'étendre entre les paralleles AN, BQ, demeurant pourtant elle mesme tousjours parallele à AB, de sorte qu'icy la lumiere ne s'étend pas par des lignes perpendiculaires à ses ondes, comme dans la refraction ordinaire, mais ces lignes coupent les ondes obliquement.

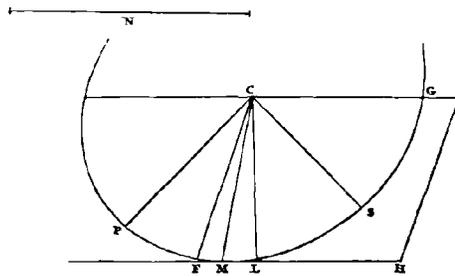
25. Cherchant ensuite quelle pouvoit estre la situation, et forme de ces spheroides dans le cristal, je consideray que toutes les six faces produisoient precisement les mesmes refractions. Reprenant donc le parallelepipede AFB, dont l'angle solide obtus, compris de trois angles plans égaux, est C; et y concevant les trois sections

principales, dont l'une est perpendiculaire à la face DC, et passe par le costé CF, l'autre perpendiculaire à la face BF, passant par le costé CA, et la troisième perpendiculaire à la face AF, passant par le costé BC; je sçavois que les refractions des rayons incidens, appartenans à ces trois plans, estoient toutes pareilles. Mais il ne pouvoit y avoir de position de spheroides qui eut un mesme rapport à ces trois sections sinon de celui dont l'axe fût aussi l'axe de l'angle solide C. Partant je vis que l'axe de cet angle, c'est-à-dire la droite qui du point C traversoit le cristal avec inclinaison égale aux costez, CF, CA, CB, estoit la ligne qui determinoit la position des axes de toutes les ondes spheroides qu'on s'imaginoit naistre de quelque point, pris au dedans ou à la surface du cristal, puisque tous ces spheroides devoient estre semblables, et avoir leurs axes paralleles entre eux.



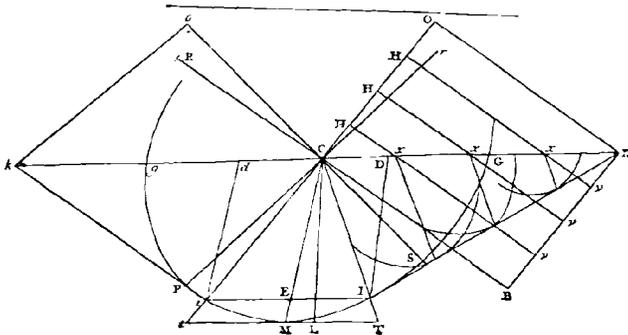
26. Considerant après cela le plan de l'une de ces trois sections, sçavoir de celle par GCF, dont l'angle C est de 109 degr. 3 min. puis que l'angle F estoit cy dessus de 70. degr. 57. min. et imaginant une onde spheroides autour du centre C; je sçavois, parce que je viens d'expliquer, que son axe devoit estre dans ce mesme plan, duquel axe je marquay la moitié par CS dans cette autre figure, et cherchant par le calcul (qui sera raporté avec les autres à la fin de ce discours) l'angle GCS, je le trouvoy de 45 deg. 20 min.

27. Pour connoitre après cela la forme de ce spheroides, c'est-à-dire la porportion des demidiametres CS, CP de sa section elliptique, qui sont l'un à l'autre perpendiculaires, je consideray que le point M, où l'ellipse est touchée par la droite FH, parallele à CG, devoit estre tellement située, que CM avec la perpendiculaire CL fist un angle de 6 degrez, 40 minutes. Parce que, cela estant, cette ellipse satisfaisoit à ce qui a esté dit de la refraction du rayon perpendiculaire à la surface CG, lequel s'écarte de la perpendiculaire CL par ce mesme angle. Ce qui estant donc ainsi posé, et faisant CM de 100 000



parties; je trouvay par le calcul, qui sera mis à la fin, le demi grand diametre CP de 105 032, et le demi axe CS de 93 410, dont la raison est fort près comme de 9 à 8, de sorte que le spherode estoit de ceux qui ressemblent à une sphere comprimée, estant produit par la circulation d'une ellipse à l'entour de son petit diametre. Je trouvay aussi CG, demidiametre parallele à la tangente ML, de 98 779.

28. Or passant à la recherche des refractions que les rayons incidens obliques devoient faire, suivant l'hypothese de ces ondes spherodes, je vis que ces refractions dependoient de la proportion de la vitesse qui est entre le mouvement de la lumiere hors du cristal dans l'ether et le mouvement, au dedans du mesme. Car supposant par exemple que cette proportion fût telle que, pendant que la lumiere dans le cristal fait le spherode GSP, tel que je viens de dire, elle fasse au dehors une sphere dont le demidiametre soit égal à la ligne N, laquelle sera determinée cy après; voicy la maniere de trouver la refraction des rayons incidens. Soit un tel rayon RC qui tombe sur la surface CK. Il faut faire CO perpendiculaire à RC, et dans l'angle KCO ajuster OK, qui soit égale à N, et perpendiculaire à CO; puis mener KI, qui touche l'Ellipse GSP, et du point de con-



tact I joindre IC, qui sera la refraction requise du rayon RC. Dont on verra que la demonstration est tout à fait semblable à celle dont nous sommes servis en expliquant la refraction ordinaire. Car la refraction du rayon RC n'est autre chose que le progrès de l'endroit C de l'onde CO, continuée dans le cristal. Or les endroits H de cette onde, pendant le temps que O est venu en K, seront arrivez à la surface CK par les droites Hx, et auront de plus produit, dans le

cristal, des ondes particulieres hemispheroides des centres  $x$ , semblables et semblablement posées avec l'hemispheroide GSPg; et dont les grands et les petits diametres auront mesme raison aux lignes  $xv$ , (continuations des Hx jusqu'à KB, parallele à CO) que les diametres du spheroide GSP ont à la ligne CB, ou N. Et il est bien aisé de voir que la commune tangente de tous ces spheroides, qui sont icy representez par des Ellipses, sera la droite IK: qui pour cela sera la propagation de l'onde CO, et le point I celle du point C, conformément à ce qui a esté demonsté dans la refraction ordinaire.

Pour ce qui est de l'invention du point de contact I, l'on sçait qu'il faut trouver aux lignes CK, CG la troisieme proportionnelle CD, et tirer DI parallele à CM, determinée cy-devant, qui est le diametre conjugué à CG; car alors, en menant KI, elle touche l'Ellipse en I.

29. Or de mesme que nous avons trouvé CI la refraction du rayon RC, l'on trouvera aussi Ci celle du rayon rC, qui vient du costé opposé, en faisant Co perpendiculaire à rC, et poursuivant le reste de la construction ainsi qu'au paravant.

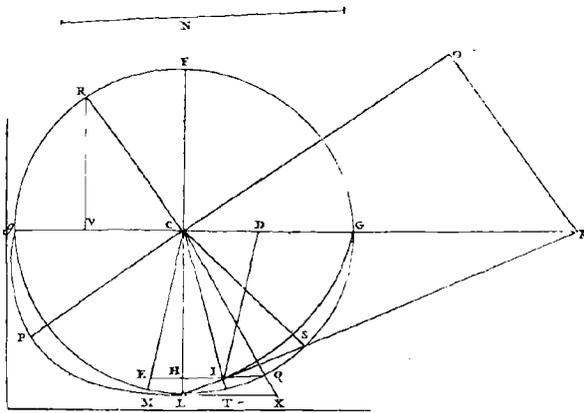
Où l'on voit que si le rayon rC est également incliné avec RC, la ligne Cd sera necessairement égale à CD, parce que Ck est égale à CK, et Cg à CG. Et que par consequent li sera coupée en E en parties égales par la ligne CM, à laquelle DI, di sont paralleles. Et parce que CM est le diametre conjugué à CG, il s'ensuit que il sera parallele à gG. Partant si on prolonge les refractions CI, Ci jusqu'à ce qu'elles rencontrent la tangente ML en T et t, les distances MT, Mt seront aussi égales. Et ainsi s'explique parfaitement, par nostre hypothese, le phenomene cy dessus raporté; sçavoir que quand il y a deux rayons également inclinez, mais venant de costez opposez, comme icy les rayons RC, rC, leurs refractions s'écartent également de la ligne qui suit la refraction du rayon perpendiculaire, en considerant ses escarts dans la parallele à la surface du cristal.

30. Pour trouver la longueur de la ligne N, à proportion des CP, CS, CG, c'est par les observations de la refraction irreguliere qui se fait dans cette section du cristal, qu'elle se doit determiner; et je trouve par là la raison de N à GC est tant soit peu moindre que 8 à 5. Et ayant encore egard à d'autres observations et phenomenes, dont il sera parlé après, je mets N de 15 962 parties, desquels le demidiametre CG est trouvé contenir 98 779; ce qui fait cette raison 8 à  $5\frac{1}{2}$ . Or cette proportion, qui est entre la ligne N et

4\*

GC, se peut appeller la Proportion de la Refraction; de mesme que dans le verre celle de 3 à 2; comme il sera manifeste après que j'auroy expliqué icy un abrégé de la maniere precedente pour trouver les refractions irregulieres.

31. Supposé donc, dans cette autre figure, comme auparavant, la surface du cristal gG, l'Ellipse GPg et la ligne N; et CM la refraction du rayon perpendiculaire FC, duquel elle s'écarte de 6 degrez. 40 minutes, soit maintenant quelqu' autre rayon RC, dont il faille trouver la refraction.



Du centre C, avec le demidiambre CG, soit decrite la circonférence g RG, coupant le rayon RC en R; et soit RV perpendiculaire sur CG. Puis toujours, comme la ligne N à CG ainsi soit CV à CD, et soit menée DI parallele à CM,

coupant l'Ellipse gMG en I; alors joignant CI, ce sera la refraction requise du rayon RC. Ce qui se demonstre ainsi.

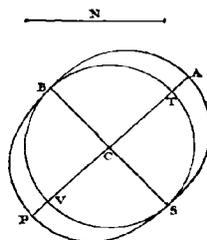
Soit CO perpendiculaire à CR, et dans l'angle OCG soit ajustée OK égale à N, et perpendiculaire à CO, et menée la droite KI, laquelle si elle est démontrée touchante de l'Ellipse en I, il sera evident, par les choses cy devant expliquées, que CI est la refraction du rayon RC. Or puisque l'angle RCO est droit, il est aisé de voir que les triangles rectangles RCV, KCO sont semblables. Comme donc CK à KO, ainsi RC à CV. Mais KO est égale à N, et RC à CG: donc comme CK à N ainsi sera CG à CV. Mais comme N à CG ainsi est, par la construction, CV à CD. Donc comme CK à CG ainsi CG à CD. Et parce que DI est parallele à CM, diametre conjugué de CG, il s'ensuit que KI touche l'Ellipse en I; ce qui restoit à de monstrier.

32. L'on voit donc que comme il y a, dans la refraction des diaphanes ordinaires, une certaine proportion constante entre les

Sinus des angles que font le rayon incident et rompu, avec la perpendiculaire, il y a icy une telle proportion entre CV et CD ou IE; c'est à dire entre le Sinus de l'angle que fait le rayon incident avec la perpendiculaire, et l'appliquée dans l'Ellipse, interceptée entre la refraction de ce rayon, et le diametre CM. Car la raison de CV à CD, comme il a esté dit, est toujours la mesme que de N au diametre CG.

33. J'ajouteray icy, devant que de passer outre, qu'en comparant ensemble la refraction reguliere, et irreguliere de ce cristal, il y a cela de remarquable que, si ABPS est le spherode par lequel s'estend la lumiere dans le Cristal dans un certain espace de temps; laquelle extension, comme il a esté dit, sert à la refraction irreguliere; alors la sphere inscrite BVST est l'entendue, dans ce mesme espace de temps, de la lumiere qui sert à la refraction reguliere.

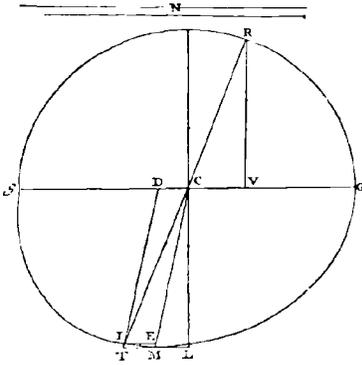
Car nous avons dit cy devant, que la ligne N estant le rayon d'une onde spherique de lumiere dans l'air, pendant que dans le cristal elle s'estendoit par le spherode ABPS la raison de N à CS estoit de 156 962 à 93 410. Mais il a aussi esté dit, que la proportion de la refraction reguliere estoit de 5 à 2; c'est à dire que, N estant le rayon d'une onde spherique de lumiere dans l'air, son extension dans le cristal faisoit, en mesme espace de temps, une sphere dont le rayon estoit à N, comme 3 à 5. Or 156 982 est à 93 410 comme 5 à 3 moins  $\frac{1}{41}$ . De sorte que c'est assez prés, et peut estre exactement la sphere BVST que fait la lumiere pour la refraction reguliere dans ce cristal, pendant qu'elle y fait le spherode BPSA pour la refraction irreguliere, et pendant qu'elle fait la sphere au rayon N en l'air, hors du cristal.



Quoy qu'il il y ait donc, selon ce que nous avons posé, deux differentes extensions de la lumiere dans ce cristal, il paroît que c'est seulement dans le sens des perpendiculaires à l'axe BS du spherode, que l'une des extensions est plus vite que l'autre mais qu'elles sont d'égle vitesse en l'autre sens, sçavoir en celuy des paralleles au mesme axe BS, qui est aussi l'axe de l'angle obtus du cristal.

34. Je montreray maintenant que, la proportion de la refraction estaut telle que l'on vient de voir, il faut qu'il s'ensuive de là cette propriété notable du rayon qui, tombant obliquement sur la surface du cristal; le passe sans souffrir de refraction. Car supposant les mesmes choses que devant et que le rayon RC fasse sur la surface

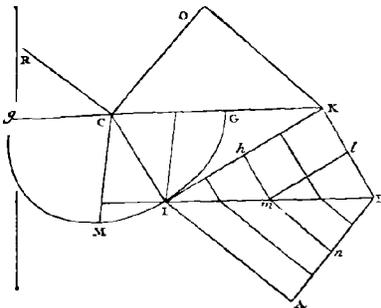
gG l'angle RCG de 73 degrez, 20 min., penchant du mesme costé que le cristal, duquel rayon il a esté parlé dessus: si l'on cherche, par la maniere cy devant expliquée, la refraction CI; l'on trouvera qu'elle le fait justement une droite avec RC, et qu'ainsi ce rayon ne se detourne point du tout, conformément à l'experiance. Ce qui se prouve ainsi par le calcul.



CG ou CR estant, comme dessus, 98 779; CM 100 000, et l'angle RCV de 73 deg. 20 min.; CV sera 28 330. Mais parce que CI est la refraction du rayon RC, la proportion de CV à CD est celle de N à CG: donc CD est 17 828. Or comme le quarré de CG au quarré de CM, ainsi le rectangle gDG au quarré de D I, donc DI ou

CE sera 98 353. Mais comme CE à EI, ainsi CM à MT; qui sera donc 18 127. Et estant adjoutée à ML, qui est 11 609 (sçavoir le sinus de l'angle LCM de 6 degrez 40 min. en supposant CM 100 000 pour rayon) vient LT 27 936; qui est à LC 99 324, comme CV à VR, c'est à dire comme 29 938, tangente du complement du l'angle RCV de 73 deg. 20 min. au rayon des Tables. D'où il paroît que RCIT est une ligne droite: ce qu'il falloit prouver.

35. L'on verra de plus que le rayon CI, en sortant par la surface opposée du cristal, doit encore passer tout droit par la demonstration suivante;



qui prouve que la reciprocation des refractions s'observe dans ce cristal de mesme que dans les autres corps diaphanes, c'est à dire que si un rayon RC, en rencontrant la surface du cristal CG, se rompt en CI; le rayon CI, sortant par la surface opposée et parallele du cristal, que je suppose estre IB, aura la re-

fraction IA parallele au rayon RC.

Soient posées les mesmes choses qu'auparavant, c'est à dire que

CO, perpendiculaire à CR, represente une portion d'onde, dont la continuation dans le cristal soit IK, de sorte que l'endroit C se sera continué par la droite CI, pendant que O est venu en K. Que si l'on prend encore un second temps égal au premier, l'endroit K de l'onde IK, dans ce second temps, sera avancé par la droite KB, égale et parallele à CI; parce que tout endroit de l'onde CO, en arrivant à la surface CK, doit continuer dans le cristal de mesme que l'endroit C; et dans ce mesme temps il se fera du point I, dans l'air, une onde spherique particuliere ayant le diametre IA égal à KO, puisque KO a esté parcouruë dans un temps égal. De mesme si l'on considere quelqu' autre point de l'onde IK, comme h, il ira par hm, parallele à CI, rencontrer la surface IB, pendant que le point K parcourt KI égale à hm: et pendant que celui cy acheve le reste CB, il se sera fait du point m une onde particuliere, dont le demidiametre mn, aura telle raison à CB que IA à KB. D'où il est évident que cette onde du demidiametre m n et l'autre du diametre IA, auront la mesme tangente BA. Et de mesme toutes les ondes particulieres spheriques qui se seront faites hors du cristal par l'impulsion de tous les points de l'onde IK contre la surface de l'Ether IB. C'est donc precisement la tangente BA, qui sera, hors du cristal, la continuation de l'onde IK, lorsque l'endroit K est venu en B. Et par consequent IA, qui est perpendiculaire à BA, sera la refraction du rayon CI, en sortant du cristal. Or il est clair que IA est parallele au rayon incident RC, puisque IB est égale à CK, et IA égale à KO, et les angles A et O droits.

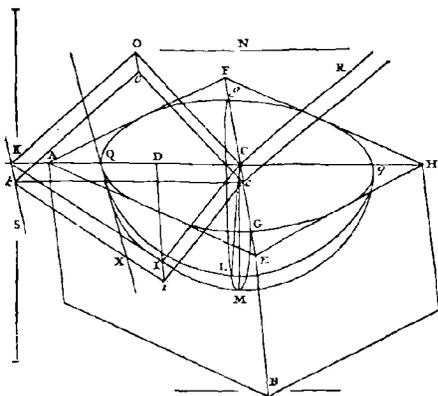
L'on voit donc que, suivant nostre hypothese, la reciprocation des refractions a lieu dans ce cristal, aussi bien que dans les corps transparens ordinaires; ce qui se trouve ainsi en effet par les observations.

36. Je passe maintenant à la consideration des autres sections du cristal, et des refractions qui s'y produisent, desquelles, comme l'on verra, dependent d'autres phenomenes fort remarquables.

Soit le parallelepipedé du cristal ABII, et la surface d'en haut AEHF une rombe parfait, dont les angles obtus soient divizez également par la droite EF, et les angles aigus par la droite AH, perpendiculaire à FE.

La section, que nous avons considerée jusqu' icy, est celle qui passe par les lignes EF, EB, et qui en mesme temps coupe le plan

AEHF à angles droits; de laquelle les refractions ont cela de commun avec les refractions des diaphanes ordinaires, que le plan qui est mené par le rayon incident, et qui coupe à angles droits la surface du



cristal, est celui dans lequel se trouve aussi le rayon rompu. Mais les refractions qui appartiennent à toute autre section de ce cristal, ont cette étrange propriété, que le rayon rompu sort toujours du plan du rayon incident, perpendiculaire à la surface, et se détourne du côté du penchant du cristal. De quoy nous ferons voir la raison premièrement dans la section par AII; et nous montrerons en

mesme temps, comment on y peut déterminer les refractions suivant nostre hypothese. Soit donc le plan qui passe par AII, et qui est perpendiculaire au plan AFHE, le rayon incident RC; et qu'il faille trouver la refraction dans le cristal.

37. Du centre C, que je suppose estre dans l'intersection de AH et FE, soit imaginé un demi spherode QGqgM, tel que doit faire la lumiere en s'estendant dans le cristal, et que sa section, par le plan AEHF, fasse l'Ellipse QGqg, dont le grand diametre Qq, qui est dans la ligne AH, sera necessairement un des grands diametres du spherode; parce que l'axe du spherode estant dans le plan par FEB, auquel QC est perpendiculaire, il s'ensuit que QC est aussi perpendiculaire à l'axe du spherode, et partant QCq un de ses grands diametres. Mais le petit diametre de cette Ellipse, Gg, aura à Qq la raison qui a esté definie cy devant, Nr. 27, entre CG et le demi-grand diametre du spherode, CP, sçavoir celle de 98 779 à 105 032.

Soit la longueur de la ligne N le trajet de la lumiere dans l'air, pendant que dans le cristal, du centre C, elle fait le spherode QGqg M; et, ayant mené CO perpendiculaire au rayon CR, et qui soit dans le plan par CR et AH, soit ajustée, dans l'angle ACO, la droite OK égale à N, et perpendiculaire à CO, et quelle rencontre la droite AII en K. Posant ensuite que CL soit perpendiculaire à la surface du

cristal AEHF, et que CM soit la refraction du rayon qui tombe perpendiculairement sur cette mesme surface, soit mené un plan par la ligne CM et par KCH, faisant dans le spheroides le demiellipse QMq, qui sera donnée, puisque l'angle MCL est donné de 6 degr. 40 min. Et il est certain, suivant ce qui a esté expliqué cy dessus, Nr. 27, qu'un plan qui toucheroit le spheroides au point M, où je suppose que la droite CM rencontre sa surface, seroit parallele au plan QGq. Si donc par le point K l'on tire maintenant KS parallele à Gg, qui sera aussi parallele à QX, tangente de l'Ellipse QGq en Q, et que l'on conçoit un plan passant par KS, et qui touche le spheroides; le point de contact sera necessairement dans l'Ellipse QMq, par ce que ce plan par KS, aussi bien que le plan qui touche le spheroides au point M, sont paralleles à QX tangente du spheroides: car cette consequence sera démontrée à la fin de ce Traité. Que ce point de contact soit en I, faisant proportionnelles KC, QC, DC, et menant DI parallele à CM; et qu'on joigne CI. Je dis que CI sera la refraction requise du rayon RC. Ce qui sera manifeste si, en considerant CO, qui est perpendiculaire au rayon RC; comme une portion d'onde de lumiere, nous démontrons que la continuation de son endroit C se trouve dans le cristal en I, lorsque Q est arrivé en K.

35. Or comme en démontrant, au Chap. de la Reflexion, que le rayon incident et reflechi estoient tousjours dans un mesme plan perpendiculaire à la surface reflechissante, nous avons consideré la largeur de l'onde de lumiere; de mesme il faut considerer icy la largeur de l'onde CO dans le diametre Gg. Prenant donc la largeur Cc du costé de l'angle E, soit pris le rectangle COoc comme une portion d'onde, et achevons les rectangles CKkc, Clie, Klik, OKko. Dans le temps donc que la ligne Oo est arrivée à la surface du cristal en Kk, tous les points de l'onde COoc sont arrivez au rectangle Kc par les lignes paralleles à OK, et des points de leur incidences il s'est, outre cela, fait des demispheroides particuliers dans le cristal, semblables et semblablement posez au demispheroides QMq; lesquels vont necessairement tous toucher au plan du parallelogramme Klik au mesme instant que Oo est en Kk. Ce qui est aisé à comprendre, puisque tous ceux de ces demispheroides, qui ont leur centre le long de la ligne CK, touchent à ce plan dans la ligne KI, (car cela se demontre de la mesme façon que nous avons démontré la refraction du rayon oblique dans la section principale par EF) et que tous ceux,

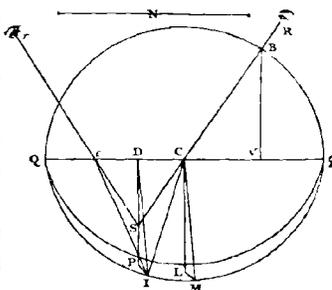
qui ont leurs centres dans la ligne Cc, touchent le mesme plan Ki dans la ligne Ii; estant tous ceux cy pareils au demispheroides QMq. Puisque donc la rectangle Ki est celuy qui touche tans ces spheroides, ce mesme rectangle sera precisement la continuation de l'onde COoc dans le cristal, lorsque Oo est parvenu en Kk, à cause de la termination du mouvement et de la quantité qui s'y en trouve plus que partout ailleurs: et ainsi il paroît que l'endroit C de l'onde COoc a sa continuation en I, c'est à dire que le rayon RC se rompt en CI.

Or il est à noter, que la proportion de la refraction pour cette section du cristal est celle de la ligne N au demidiametre CQ: par laquelle on trouvera facilement les refractions de tous les rayons incidens, de la mesme maniere que nous avons montré cy devant pour ce qui est de la section per FE; et la demonstration sera la mesme. Mais il paroît que ladite proportion de la refraction est moindre icy que dans la section par FEB; car elle estoit là comme de N à CG, c'est à dire de 156962 à 98779, fort près comme de 8 à 5; et icy elle est de N à CQ demi grand diametre du spheroides: c'est à dire de 156962 à 105032, fort près comme de 3 à 2, mais tant soit peu moindre. Ce qui s'accorde encore parfaitement à ce que l'on trouve par observation.

§9. Au reste cette diversité de proportions de refraction produit un effet fort singulier de ce Cristal, qui est qu'en le posant sur un papier, où il y ait des lettres ou autre chose marquée; si on regarde dessus, avec les deux yeux situez dans le plan de la section par EF, on voit les lettres plus elevées par cette refraction irreguliere, que lorsqu'on met les yeux dans le plan de la section par AH; et la difference des elevations paroît par l'autre refraction ordinaire de ce cristal, dont la proportion est de 5 à 3, et qui eleve ces lettres tousjours également; et plus haut que ne fait la refraction irreguliere. Car on voit les lettres, et le papier où elles sont écrites, comme dans deux étages differens tout à la fois; et dans la premiere situation des yeux, sçavoir quand ils sont dans le plan par AH, ces deux étages sont quatre fois plus éloignez l'un de l'autre que lors que les yeux sont dans le plan par EF.

Nous montrerons que cet effet s'ensuit de ces refractions; ce qui servira en mesme temps à faire connoître le lieu apparent d'un point l'objet, placé immediatement sous le cristal, suivant la differente situation des yeux.

40. Voions premierement de combien la refraction irreguliere du plan par AH doit hausser le fond du cristal. Que le plan de cette figure icy represente separement la section par Qq et CL, dans laquelle section est aussi le rayon RC, et que le plan demielliptique, par Qq et CM, soit incliné au premier, comme auparavant, d'un angle de 6 deg. 40 min. dans lequel plan est donc Cl la refraction du rayon RC.



Que si l'on considere maintenant le point I comme au fond du Cristal, et qu'il soit vû par les rayons ICR, Icr, rompus également aux points Cc, qui doivent estre également distants de D; et que ces rayons rencontrent les deux yeux en Rr.

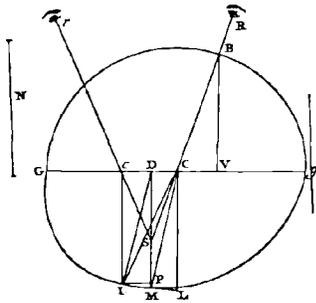
Il est certain que le point I paroitra elevé en S, où concourent les droites RC, rc; lequel point S est dans DP, perpendiculaire à Qq. Et si sur DP on mene la perpendiculaire IP qui sera toute couchée au fond du cristal, la longueur SP sera l'exhaussement apparent du point I au dessus de ce fond.

Soit decrit sur Qq un demi cercle, qui coupe le rayon CR en B, d'où soit menée BV perpendiculaire à Qq; et que la proportion de la refraction pour cette section soit, comme devant, celle de la ligne N au demidiametre CQ.

Donc comme N à CQ ainsi est VC à CD, comme il paroît par la maniere de trouver les refractions que nous avons monstrées cy dessus Nr. 31, mais comme VC à CD, ainsi VB à DS. Donc comme N à CQ ainsi VB à DS. Soit ML perpendiculaire sur CL. Et parce que je suppose les yeux Rr éloignez du cristal d'un pied on environ, et par consequent l'angle RSr fort petit, il faut considerer VB comme égale au demidiametre CQ, et DP comme égale à CL; donc comme N à CQ ainsi CQ à DS. Mais N est de 156 962 parties, dont CM en contient 100 000 et CQ 105 032. Donc DS sera de 70 283. Mais CL est de 99 324, estant sinus du complement de l'angle MCL de 6 deg. 40 min. en supposant CM pour rayon. Donc DP, considerée comme égale à CL, sera à DS comme 99 324 à 70 283. Et ainsi se connoit le rehaussement du point du fond I par la refraction de cette section.

41. Soit maintenant representée l'autre section par EF, dans la

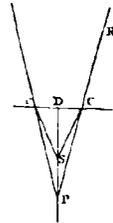
figure qui est devant la precedente, et que GMg soit la demiellipse, considerée au Nombre 27 et 28, qui se fait par la coupe d'une onde spheroidale ayant le centre C. Que le point I, pris dans cette ellipse,



soit imaginé derechef au fond du Cristal, et qu'il soit vu par les rayons rompus ICR, Icr, qui vont rencontrer les deux yeux; estant CR, cr également inclinées à la surface du cristal Gg. Ce qui estant ainsi, si l'on tire ID parallèle à CM, que je suppose estre la refraction du rayon perpendiculaire qui tomberoit sur le point C, les distances DC, Dc seront égales, comme il est aisé de voir par ce qui est démontré au nombre 28. Or il est certain que le point I doit paroître en S, où concourent les droites RC, rc, prolongées; et que ce point S tombe dans la ligne DP perpendiculaire à Gg; à laquelle DP si l'on mene perpendiculaire IP, ce sera la distance PS, qui marquera le rehaussement apparent du point J. Soit sur Gg decrit un demi cercle qui coupe CR en B, d'où soit menée BV perpendiculaire sur Gg; et que N à GC marque la proportion de la refraction dans cette section, comme au Nombre 28. Puisque donc CI est la refraction du rayon BC; et DJ parallèle à CM; il faut que VC soit à CD, comme N à GC, par ce qui a été démontré au Nombre 31. Mais comme VC à CD ainsi est BV à DS. Soit menée ML perpendiculaire sur CL. Et par ce que je suppose derechef les yeux eloignez au dessus du cristal, BV est censée égale au demidiametre CG, et partant DS sera alors troisieme proportionnelle aux lignes N et CG: aussi sera DP alors censée égale à CL. Or CG estant de 98 778 parties dont CM en contient 100 000, N est de 156 962. Donc DS sera de 62 163. Mais CL est aussi déterminée, et contient 99 324 parties, comme il a été dit Nr. 53. Donc la raison de PD à DS sera 99 324 à 62 163. Et ainsi l'on sçait le rehaussement du point du fond I par la refraction de cette section; et il paroît, que ce rehaussement est plus grand que par la refraction de la section precedente, puisque la raison de PD à DS estoit là comme de 99 324 à 70 283.

Mais par la refraction reguliere du cristal dont nous avons dit cy dessus que la proportion estoit de 5 à 3, le rehaussement du point I ou P du fond, sera de  $\frac{2}{3}$  de la hauteur DP; comme il paroît par

cette figure, où le point P est estant vû par les rayons PCR; Pcr, également rompus en la surface Cc, il faut que ce point paroisse en S, dans la perpendiculaire PD, où concourent les droites RC, rc prolongées: et l'on sçait que la ligne PC à CS est comme 5 à 3, puis qu'elles sont entr'elles comme le sinus de l'angle CSP ou DSC, au sinus de l'angle SPC. Et parce que les deux yeux Rr estant supposez beaucoup éloignez au dessus du cristal, la raison de PD à DS est censée la mesme que PC à CS, de rehaussement PS sera aussi de  $\frac{2}{5}$  de PD.



42. Que si l'on prend une ligne droite AB pour l'épaisseur du cristal, duquel le point B soit dans le fond, et qu'on la divise, suivant les proportions des rehaussements trouvées, aux points C, D, E; faisant AE de  $\frac{3}{5}$  AB, AB à AC comme 99324 à 70283, et AB à AD comme 99324 à 62163, ces points diviseront AB comme dans cette figure. Et l'on trouvera que cecy s'accorde parfaitement avec l'expérience; c'est à dire qu'en plaçant les yeux dans le plan qui coupe le cristal suivant le petit diamètre du rombe de dessus, la refraction reguliere elevera les lettres en E; et on verra le fond, et les lettres sur lesquelles il est posé, élevées en D par la refraction irreguliere. Mais en plaçant les yeux dans le plan qui coupe le cristal suivant le grand diamètre du rombe de dessus, la refraction reguliere elevera les lettres en E comme auparavant; mais la refraction irreguliere les fera en mesme temps paroître élevées en C seulement. En sorte que l'intervalle CE sera quadruple de l'intervalle ED, qu'on voyoit auparavant.

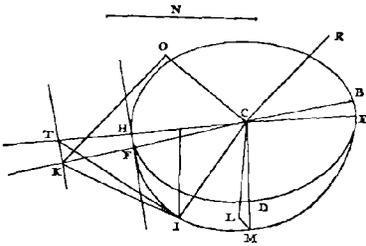


43. Je n'ay que faire de remarquer icy que, dans toutes les deux positions des yeux, les images, causées par la refraction irreguliere, ne paroissent par directement au dessous de celles qui procedent de la refraction reguliere, mais qu'elles s'en écartent, en s'éloignant d'avantage de l'angle solide equilateral du Cristal; parce que cela s'ensuit de tout ce qui a esté démontré jusqu'icy de la refraction irreguliere, et qu'il est surtout evident par ces dernieres demonstrations: où l'on voit que le point I paroît par la refraction irreguliere en S, dans la perpendiculaire DP; dans laquelle doit aussi paroître l'image du point P par la refraction re-

guliere, mais non pas l'image du point I, qui sera à peu près directement au dessus de ce mesme point, et plus haute que S.

Mais pour ce qui est du rehaussement apparent du point I dans les autres positions des yeux au dessus du cristal, outre les deux positions que nous venons d'examiner; l'image de ce point paroitra toujours par la refraction reguliere entre les deux hauteurs de D et C, passant de l'une à l'autre, à mesure qu'on tourne à l'entour du cristal immobile en regardant dessus. Et tout cecy se trouve encore conforme à nostre hypothese, comme un chacun pourra s'en assurer, après que j'auray montré icy la maniere de trouver les refractions irregulieres, qui apartiennent à toutes les autres sections du cristal, outre les deux que nous avons considerées. Posons quelqu'une des faces du cristal, dans laquelle soit l'Ellipse HDE, dont le centre C soit aussi le centre du spheroides HME, dans lequel s'étend la lumiere, et dont ladite Ellipse est la section. Et que le rayon incident soit RC, dont il faille trouver la refraction.

Soit mené un plan passant par le rayon RC, et qui soit perpendiculaire au plan de l'ellipse HDE, le coupant, suivant la droite BCK, et ayant dans le mesme plan par RC fait CO perpendiculaire à CR, soit dans l'angle OCK ajustée OK perpendiculaire à OC et égale à la ligne N, que je suppose marquer le trajet de la lumiere en l'air, dans



le temps qu'elle s'étend dans le cristal par le spheroides HDEM. Puis dans le plan de l'Ellipse HDE soit, par le point K, menée KT perpendiculaire à BCK. Maintenant si l'on conçoit un plan mené par la droite KT, et qui touche le spheroides HME en I, la droite CI sera la refraction du rayon RC, comme il est assez aisé à conclurre de ce qui a esté démontré au Nombre 36.

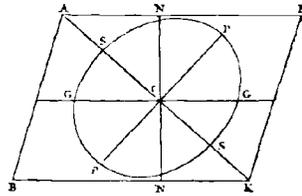
Mais il faut montrer comment on peut determiner le point de contact I. Soit menée à la ligne KT une parallele HF, qui touche l'Ellipse HDE, et que ce point de contact soit en H; et ayant tiré une droite par CH, qui rencontre KT en T, soit imaginé par la mesme CH, et par CM, que je suppose estre la refraction du rayon perpendiculaire, un plan qui fasse dans le spheroides la section elliptique

HME. Il est certain que le plan qui passera par la droite KT, et qui touchera le spherode, le touchera dans un point, de l'Ellipse HME, par le Lemme qui sera demonsté à la fin du Chapitre. Or ce point est necessairement le point I que l'on cherche, puisque le plan mené par KT ne peut toucher le spherode qu'en un point. Et ce point I est aisé à determiner, puisqu'il ne faut que mener du point T, qui est dans le plan de cette Ellipse, la tangente TI, de la maniere qui a esté montrée cy-devant. Car l'Ellipse HME est donnée, dont CH et CM sont demidiambre conjugués; par ce qu'une droite menée par M, parallele à HE, touche l'Ellipse HME, comme il s'ensuit de ce qu'un plan mené par M, et parallele au plan HDE, touche le spherode en ce point M, ce qui se voit Nr. 27 et 23. Au reste la position de cette ellipse, à l'égard du plan par le rayon RC et par CK, est aussi donnée; par où il sera aisé de trouver la position de la refraction CI, à l'égard du rayon RC.

Or il faut noter, que la mesme ellipse HME sert à trouver les refractions de tout autre rayon qui sera dans le plan par RC et CK. Parce que tout plan, parallele à droite HF, ou TK, qui touchera le spherode, le touchera dans cette ellipse, par le Lemme cité peu devant.

J'ay recherché ainsi par le menu des proprietés de la refraction irreguliere de ce Cristal, pour voir si chaque phenomene, qui se deduit de nostre hypothese, conviendrait avec ce qui s'observe en effet. Ce qui estant ainsi, ce n'est pas une legere preuve de la verité de nos suppositions et principes. Mais ce que je vais ajouter icy les confirme encore merveilleusement. Ce sont les coupes differentes de ce Cristal, dont les surfaces, qu'elles produissent, font naistre des refractions precisement telles qu'elles doivent estre, et que je les avois preveués, suivant la Theorie precedente.

Pour expliquer quelles sont ces coupes, soit ABKF la section principale par l'axe du cristal ACK, dans laquelle sera aussi l'axe SS d'une onde spherode de lumiere étendue dans le Cristal du centre C; et la ligne droite, qui coupe SS par le milieu, et à angles droits, sçavoir PP, sera un des grands diametres.



Or comme dans la coupe naturelle du cristal, faite par un plan parallele à deux surfaces opposées, lequel plan est icy representé par

la ligne GG, la refraction des surfaces qui en sont produites se regle par les demispheroides GNG, suivant ce qui a esté expliqué dans la Theorie precedente: de mesme en coupant le Cristal par NN, d'un plan perpendiculaire au parallelogramme ABKE, la refraction des surfaces se devra regler par les demispheroides NGN: et si on le coupe par PP, perpendiculairement au dit parallelogramme, la refraction des surfaces se devra regler par les demispheroides PSP, et ainsi des autres. Mais je vis que si le plan NN estoit presque perpendiculaire au plan GG, faisant l'angle NCG, qui est du costé A, de 90 degrez 40 min. les demispheroides NGN devenoient semblables aux demispheroides GNG, puisque les plans NN et GG estoient inclinez également, d'un angle de 45 degr. 20 min. sur l'axe SS. Par consequent il falloit, si nostre theorie estoit vraye, que les surfaces que produit la section par NN, fissent toutes les mesmes refractions que les surfaces de la section par GG. Et non pas seulement les surfaces de la section NN, mais toutes les autres, produites par des plans qui fussent inclinez à l'axe SS d'un angle pareil de 45 degr. 20 min. De sorte qu'il y avoit une infinité de coupes, qui devoient produire precisement les mesmes refractions que les surfaces naturelles du cristal, ou que la coupe parallele à quelqu'une de ces surfaces, qui se fait en le fendant. Je vis aussi qu'en le coupant d'un plan mené par PP, et perpendiculaire à l'axe SS, la refraction des surfaces devoit estre telle que le rayon perpendiculaire n'en souffrist point du tout, et que toutefois aux rayons obliques il y eust une refraction irreguliere, differente de la reguliere; et par laquelle les objets placez sous le cristal, fussent moins rehaussez que par cette autre.

Que de mesme, en coupant le cristal de quelque plan par l'axe SS, comme est le plan de cette figure, le rayon perpendiculaire ne devoit point souffrir de refraction; et que pour les rayons obliques, il y avoit des mesures differentes pour la refraction irreguliere, suivant la situation du plan où estoit le rayon incidnt.

Or ces choses se trouveront ainsi en effet, et je ne pûs douter après cela quil ne se rencontrast par tout un succez pareil. D'où je conclus que l'on peut former de ce cristal des solides semblables à ceux qui luy sont naturels, qui produiront, dans toutes leur surfaces, les mesmes refractions regulieres et irregulieres que les surfaces naturelles, et qui pourtant se fendront tout autrement, et point parallelement à aucune des faces.

Que l'on en peut faire aussi des pyramides, ayant la base carrée, pentagone, hexagone, ou de tant de costez que l'on voudra, dont toutes les surfaces ayent les mesmes refractions que les surfaces naturelles du cristal, hormis la base, qui ne rompra point le rayon perpendiculaire. Ces surfaces feront chacune avec l'axe du cristal un angle de 45 degr. 20 min. et la base sera la section perpendiculaire à l'axe.

Qu' enfin on en peut aussi faire des prismes triangulaires, ou de tant de costez qu'on veut, dont ni les costez ni les bases ne rompront point le rayon perpendiculaire, quoyque pourtant ils fassent tous double refraction aux rayons obliques. Le cube est compris parmi ces prismes; dont les bases sont des sections perpendiculaires à l'axe du cristal, et les costez sont des sections paralleles à ce mesme axe.

De tout cecy il paroît encore, que ce n'est point du tout dans la disposition des conches dont ce cristal paroît composé, et selon lesquelles il se fend en trois sens differens, que reside la cause de la refraction irreguliere, et que ce seroit en vain de l'y vouloir chercher.

Mais afin qu'un chacun qui aura de cette pierre, puisse trouver, par sa propre experience, la verité de ce que je viens d'avancer; je diray icy la maniere dont je me suis servi à la tailler et à la polir. La taille est aisée par les rouës tranchantes des lapidaires, ou de la maniere, qu'on sie le marbre: mais le poli est tres difficile, et en employant les moyens ordinaires, on depolit bien plutot les surfaces qu'on ne les rend luisantes.

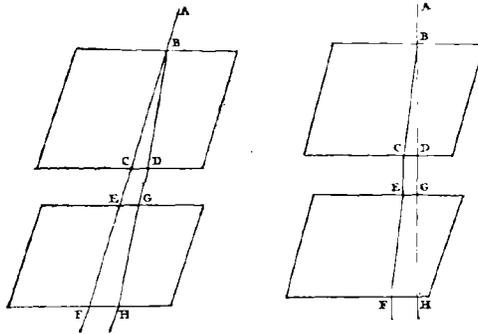
Après plusieurs essais, j'ay enfin trouvé qu'il ne faut point de plaque de metal pour cet usage, mais une piece de glace de miroir rendue matte et depolie. Là dessus, avec du sablon fin et de l'eau, l'on adoucit peu à peu ce cristal, de mesme que les verres de lunette, et on le polit en continuant seulement le travail, et en diminuant, tousjours la matiere. Je n'ay sçeu pourtant le rendre d'une clarté et transparence parfaite; mais l'égalité, qu'acquierent les surfaces, fait que l'on y observe mieux les effets de la refraction, que dans celles qui se sont faites en fendant la pierre, qui ont tousjours quelque inégalité.

Lorsque mesme que la surface n'est que mediocrement adoucie, si on la frotte avec un peu d'huile, ou de blanc d'oeuf elle devient fort transparente, en sorte que la refraction s'y decouvre fort distinc-

tement. Et cette aide est surtout necessaire, lorsque l'on veut polir les surfaces naturelles, pour en oster les inégalités; parce qu'on ne scauroit les rendre luisantes à l'égal de celles des autres sections; qui prennent d'autant mieux le poli qu'elles sont, moins aprochantes de ces plans naturels.

Devant que de finir le traité de ce Cristal, j'ajouteray encore un phenomene merueilleux, que j'ay decouvert après avoir écrit tout ce que dessus. Car bien que je n'en aie pas pû trouver jusqu'icy la cause, je ne veux pas laisser pour cela de l'indiquer, afin de donner occasion à d'autres de la chercher. Il semble qu'il faudroit faire encore d'autres suppositions outre celles que j'ay faites; qui ne laisseront pas pour cela de garder toute leur vraisemblance, après avoir esté confirmées par tant de preuves.

Le phenomene est, qu'en prenant deux morceaux de ce cristal, et les appliquant l'un sur l'autre, ou bien les tenant avec de l'espace entre deux; si tous les costez de l'un sont paralleles à ceux de l'autre, alors un rayon de lumiere, comme AB, s'estant partagé en deux dans le premier morceau, savoir en BD et en BC, suivant les deux refractions, reguliere et irreguliere; en penetrant de là à l'autre morceau chaque rayon y passera sans plus se partager en deux; mais celui qui a esté fait de la refraction reguliere, comme icy DG, fera seulement encore une refraction reguliere en GH, et l'autre, CE, une



irreguliere en EF. Et la mesme chose arrive non seulement dans cette disposition, mais aussi dans toutes celles où la section principale, de l'un et de l'autre morceau, se trouve dans un mesme plan sans qu'il soit besoin que les deux surfaces qui se regardent soient

parallèles. Or il est merveilleux pourquoy les rayons CE et DG, venant de l'air sur le cristal inferieur, ne se partagent pas de mesme que le premier rayon AB. On diroit qu'il faut que le rayon DG, en passant par le morceau de dessus, ait perdu ce qui est necessaire pour émouvoir la matiere qui sert à la refraction irreguliere; et que CE ait pareillement perdu ce qu'il faut pour émouvoir la matiere qui sert à la refraction reguliere: mais il y a encore autre chose qui renverse ce raisonnement. C'est que quand on dispose les deux cristaux en sorte, que les plans qui font les sections principales se coupent à angles droits; soit que les surfaces qui se regardent soient paralleles ou non; alors le rayon qui est venu de la refraction reguliere, comme DG, ne fait plus qu'une refraction irreguliere dans le morceau inferieur, et au contraire le rayon qui est venu de la refraction reguliere, comme CE, ne fait plus qu'une refraction reguliere.

Mais dans toutes les autres positions infinies, outre celles que je viens de determiner, les rayons DG, CE se partagent derechef, chacun en deux, par la refraction du cristal inferieur; de sorte que du seul rayon AB il s'en fait quatre, tantost d'égale clarté, tantost de bien moindre les uns que les autres, selon la diverse rencontre des positions des cristaux: mais qui ne paroissent pas avoir plus de lumiere tout ensemble, que le seul rayon AB.

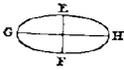
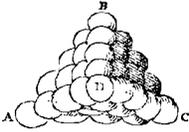
Quand on considere icy que, les rayons CE, DG demeurant les memes, il depend de la position qu'on donne au morceau d'en bas de les partager chacun en deux, ou de ne les point partager, là où le rayon AB se partage tousjours; il semble qu'on est obligé de conclure que les ondes de lumiere, pour avoir passé le premier cristal, acquierent certaine forme ou disposition, par laquelle en rencontrant le tissu du second cristal, dans certaine position, elles puissent émouvoir les deux differentes matieres qui servent aux deux especes de refraction; et en rencontrant ce second cristal dans une autre position, elles ne puissent émouvoir que l'une de ces matieres. Mais pour dire comment cela se fait, je n'ay rien trouvé jusqu'icy qui me satisfasse.

Laissant donc à d'autres cette recherche, je passe à ce que j'ay à dire touchant la cause de la figure extraordinaire de ce cristal, et pourquoy il se fend aisément en trois sens differens, parallelement à quelqu'une de ses surfaces.

Il y a plusieurs corps vegetaux, mineraux, et sels congelez, qui se forment avec de certains angles et figures regulieres. Ainsi parmi

les fleurs il y en a beaucoup, qui ont leurs feuilles disposées en polygones ordonnez, au nombre de 3. 4. 5. ou 6 costez; mais non pas d'avantage. Ce qui merite bien d'estre remarqué; tant la figure polygone, que pourquoy elle n'excede pas ce nombre de 6.

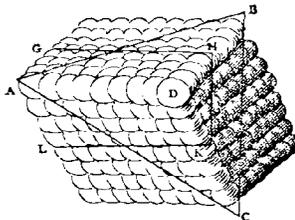
Le Cristal de roche croit ordinairement en bastons hexagones, et l'on trouve des diamans qui naissent avec une pointe quarrée, et des surfaces polies. Il y a une espece de petites pierres plattes, entassées directement les unes sur les autres, qui sont toutes de figure pentagone, avec les angles arrondis et les costez un peu pliez en dedans. Les grains de sel gris, qui naissent de l'eau de la mer, affectent la figure, ou du moins l'angle, du cube; et dans les congelations d'autres sels, et de celle du sucre, l'on trouve d'autres angles solides, avec des surfaces parfaitement plattes. La neige menue tombe presque toujours formée en petites estoiles à 6 pointes, et quelques fois en hexagones dont les costez sont droits. Et j'ay souvent observé, au dedans de l'eau qui commence à se geler, une maniere de feuilles



piattes et deliées de glace, dont la raye du milieu jette des branches inclinées d'un angle de 60 degrez. Toutes ces choses meritent d'estre recherchées soigneusement, pour reconnoitre comment et par quel artifice la nature y opere. Mais ce n'est pas maintenant mon dessein de traiter entierement cette matiere. Il semble qu'en general la regularité, qui se trouve dans ces productions, vient

de l'arrangement des petites particules invisibles et égales dont elles sont composées. Et pour venir à nostre Cristal d'Islande, je dis que s'il y avoit une pyramide comme ABCD, composée de petits corpuscules ronds, non pas spheriques, mais spheroides plats, tels que se feroient par la conversion de cette ellipse GH sur son petit diametre EF; dont la proportion au grand est fort prés celle de 1 à la racine quarrée de 8. Je dis donc que l'angle solide de la pointe D, seroit égal à l'angle obtus et equilateral de ce Cristal. Je dis de plus, si ces corpuscules estoient legerement collez ensemble, qu'en rompant cette pyramide, elle se casseroit suivant des faces paralleles à celles qui font sa pointe: et que par ce moyen, comme il est aisé de voir, elle produiroit des prismes semblables à ceux du mesme Cristal, tels que represente cette autre figure. La raison est, qu'en se cassant de cette façon, toute une couche se separe aisément de sa couche voisine,

parce que chaque spheroide ne se detache que des trois spheroides de l'autre couche; des quels trois il n'y en a qu'un qui le touche par la surface applatie, et les deux autres seulement par les bords. Et ce qui fait que les surfaces se separent nettes et polies, c'est que si quelque spheroide de la couche voisine vouloit en sortir pour s'attacher à celle qui se separe, il faudroit qu'il se detachast de fix autres spheroides qui le tiennent serré, et dont les quatre le pressent par ces surfaces applaties. Puis donc que tant les angles de nostre cristal, que la maniere dont il se fend, conviennent justement avec ce qui se remarque au composé de tels spheroides, c'est une grande raison pour croire que ses particules sont formées et rangées de mesme.



Il y a mesme assez d'apparence que les prismes de ce cristal se font par la rupture des piramides, puisque Mr. Bartholin raporte qu'il s'en trouve par fois des morceaux de figure pyramidale triangulaire. Mais quand une masse ne seroit composée qu'interieurement de ces petits spheroides ainsi entassez, quelque forme qu'elle eust par dehors, il est certain, par la mesme raison que je viens d'expliquer, qu'estant cassée elle produiroit des prismes pareils. Il reste à voir s'il y a d'autres raisons qui confirment nostre conjecture, et s'il n'y en a point qui y repngnent.

L'on peut objecter que ce cristal, estant ainsi composé, se pourroit fendre encore en deux manieres, dont l'une seroit suivant des plans paralleles à la base de la pyramide, c'est-à-dire au triangle ABC; l'autre parallelement à un plan dont la coupe est marquée par les lignes GH, HK, KL. A quoy je dis, que l'une et l'autre division, quoyque faisables, sont plus malaisées que celles qui estoient paralleles à quelqu'un des trois plans de la pyramide; et qu'ainsi, en frappant sur le cristal pour le casser, il se doit tousjours fendre plutost suivant ces trois plans que suivant les deux autres. Quand on a un nombre de spheroides de la forme cy devant marquée, et qu'on les range en pyramide, on voit pourquoy les deux divisions sont plus malaisées. Car pour ce qui est de celle qui se feroit parallelement à la base, chaque spheroide se doit detacher des trois autres qu'il touche par les surfaces applaties, qui tienent plus que ne font les

contacts par les bords. Et outre cela, cette division ne se fera point par des couches entieres, parce qu'un chacun des spheroides d'une couche n'est presque point retenu par les 6 de la mesme couche qui l'environnent, parce qu'ils ne le touchent que par les bords; de sorte qu'il adhère aisément à la couche voisine, et d'autres à luy, par la mesme raison; ce qui cause des surfaces inégales. Aussi voit on par experience, qu'en usant le cristal sur une pierre un peu rude, directement sur l'angle solide equilateral, on trouve à la verité beaucoup de facilité à le diminuer en ce sens, mais beaucoup de difficulté ensuite à polir la surface qu'on aura applatie de cette maniere.

Pour l'autre division suivant le plan GH KL, l'on verra que chaque spherode s'y devoit detacher de quatre de la couche voisine, dont deux le touchent par les surfaces applaties, et deux par les bords. De sorte que cette division est de mesme plus difficile que celle qui se fait parallelement à une des surfaces du cristal; où nous avons dit que chaque spherode ne se detache que de trois de sa couche voisine; dont il n'y en a qu'un qui le touche par la surface applatie, et les deux autres par les bords seulement.

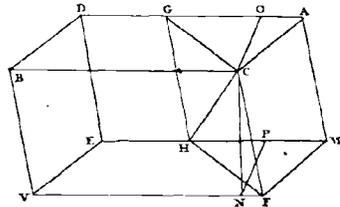
Cependant ce qui m'a fait connoître qu'il y a dans le cristal des couches de cette dernière façon, c'est qu'en un morceau de demie livre que j'ay, l'on voit qu'il est fendu tout du long, ainsi que le prisme susdit par le plan GHKL; ce qui paroît par les couleurs d'Iris repandues dans tout ce plan, quoyque les deux pieces tiennent encore ensemble. Tout cecy prouve donc que la composition du cristal est telle que nous avons dit. A quoy j'ajoute encore cette experience; que si on passe un cousteau en raclant sur quelqu'une de ces surfaces naturelles, et que ce soit en descendant de l'angle obtus equilateral, c'est-à-dire de la pointe de la pyramide, on le trouve fort dur; mais en raclant du sens contraire on l'entame aisement. Ce qui s'ensuit manifestement de la situation des petits spheroides; sur lesquels, dans la premiere maniere, le cousteau glisse; mais dans l'autre il les prend par dessous, à peu près comme les écailles d'un poisson.

Je n'entreprendray pas de rien dire touchant la maniere dont s'engendrent tant de petits corpuscules, tous égaux et semblables, ni comment ils sont mis dans un si bel ordre. S'ils sont formez premierement, et puis assemblez; ou s'ils se rangent ainsi en naissant et à mesure qu'ils sont produits, ce qui me paroît plus vrai-semblable. Il faudroit pour developper des veritez si cachées une connoissance

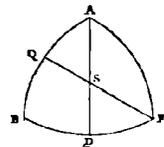
de la nature bien plus grande que celle que vous avons. J'ajouteray seulement que ces petits spheroides pourroient bien contribuer à former les spheroides des ondes de lumiere, cy dessus supposez; les uns et les autres estant situez de mesme, et avec leur axes paralleles.

*Calculs qui ont esté supposez dans ce Chapitre.*

Mr. Bartholin dans son traité de ce cristal, met les angles obtus des faces de 101 degrez, lesquels j'ay dit estre de 101 degrez, 52 min. Il dit avoir mesuré immediatement ces angles sur le cristal; ce qui est difficile à faire avec la derniere justesse, à cause que les carnes, comme CA, CB dans cette figure, sont ordinairement usées, et non pas bien droites. Pour plus de seureté donc, j'ay plutost voulu mesurer actuellement l'angle obtus, duquel sont inclinées l'une sur l'autre les faces CBDA, CBVF, sçavoir l'angle OCN, après avoir mené CN perpendiculaire sur FV. et O perpendiculaire sur DA: lequel angle OCN j'ay trouvé de 105 degr. et son complement à deux angles droits, CNP, de 75 degr. comme il falloit.



Pour trouver par là l'angle obtus BCA, je me suis imaginé une sphere, ayant son centre en C, et dans sa superficie un triangle spherique, formé par l'intersection de trois plans qui comprennent l'angle solide C. Daus ce triangle equilateral, qui soit ABF dans cette autre figure, je voyois que chacun des angles devoit estre de 105 degrez, sçavoir égal à l'angle OCN; et que chacun des costez estoit d'autant de degrez que l'angle ACB, ACF, ou BCF. Ayant donc mené l'arc FQ perpendiculaire sur le costé AB, qu'il divise également en Q, le triangle FQA avoit l'angle Q droit, l'angle A de 105 degrez, et F de la moitié autant, sçavoir de 52 degrez, 30 min. d'où se trouve l'hypotenuse AF de 101 deg. 52 min. Et cet arc AF est la mesure de l'angle ACF dans la figure du cristal.



Dans la mesme figure, si le plan CGHF coupe le cristal en sorte, qu'il divise les angles obtus ACB, MFV par le milieu; il a esté dit, au Nombre 10, que l'angle CFH est de 70 degrez, 57 min.



Donc toute la DC est de 141 289; et CP, qui est moyenne proportionnelle entre DC et CN parce que MD touche l'Ellipse, sera 105 032.

De même, parce que l'angle OMZ est égal à CDZ, ou LCZ, qui est de 44 degr. 40 min. étant le complément de GCS, il s'ensuit que, comme le rayon des Tables à la tangente de  $44^{\circ} 40'$ , ainsi sera OM 78 079, à OZ 77 176. Mais OC est de 62 479 de ces mêmes parties dont CM est 100 000, parce qu'elle est égale à MN, sinus de l'angle MCP de  $38^{\circ} 40'$ . Donc toute la CZ est 139 655; et CS, qui est moyenne proportionnelle entre CZ, CO, sera 93 410.

Au même endroit on a dit que CG se trouve de 98 779 parties. Pour le démontrer, soit dans la même figure menée PE parallèle à DM, et qui rencontre CM en E. Dans le triangle rectangle CLD, le côté CL est 99 324, (CM étant 100 000) parce que CL est sinus du complément de l'angle LCM, de  $6^{\circ} 40'$ . Et puisque l'angle LCD est de  $45^{\circ} 20'$ , pour être égal à GCS, l'on trouvera le côté LD 100 486; d'où restant ML 11 609, restera MD 88 877. Or comme CD, qui étoit 141 289, à DM 88 877, ainsi CP 105 032, à PE 66 070. Mais comme le rectangle MEH, ou bien la différence des quarrés CM, CE, au carré MC, ainsi est le carré PE au carré Cg; donc aussi comme la différence des quarrés DC, CP au carré de CD, ainsi le carré PE au carré gC. Mais DP, CP et PE sont connues: on connoit donc aussi GC qui est 98 779.

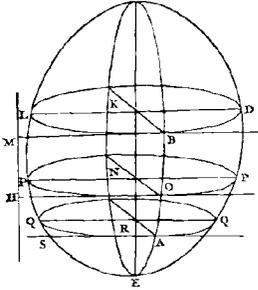
*Lemme qui a été supposé.*

Si un spherode est touché par une ligne droite, et aussi par deux ou plusieurs plans qui soient parallèles à cette ligne, quoique non pas entre eux; tous les points du contact, tant de la ligne que des plans, seront dans une même ellipse, faite par un plan qui passe par le centre du spherode.

Soit le spherode LED touché par la ligne BM au point B, et aussi par des plans, parallèles à cette ligne, aux points O et A. Il faut démontrer que les points B, O, et A sont dans une même Ellipse, faite dans le spherode par un plan qui passe par son centre.

Par la ligne BM et par les points O, A, soient menés des plans parallèles entre eux, qui, en coupant le spherode, fassent les ellipses LBD, POP, QAQ; qui seront toutes semblables, et semblablement posées, et auront leurs centres K, N, R dans un même diamètre du spherode, qui sera aussi diamètre de l'ellipse faite par la section du

plan qui passe par le centre du spheroides, et qui coupe les plans des trois susdites Ellipses à angles droits; car tout cela est manifeste par la prop. 15, du livre des Conoides et Spheroides d'Archimede. De plus, les deux derniers plans, qui ont esté menez par les points O, A,



feront aussi, en coupant les plans qui touchoient le spheroides en ces mesmes points, des lignes droites, comme OH, AS, qui seront, comme il est aisé de voir, paralleles à BM; et toutes les trois, BM, OH, AS toucheront les Ellipses LBD, POP, QAQ dans ces points B, O, A; puisqu'elles sont dans les plans de ces ellipses, et en mesme temps dans des plans qui touchent le spheroides. Que si maintenant de ces points B, O, A, l'on

mene des droites BK, ON, AR par les centres des mesmes ellipses, et que par ces centres l'on mene aussi les diametres LD, PP, QQ, paralleles aux touchantes BM, OH, AS: ces diametres seront les conjugez des susdits BK, ON, AR. Et parce que les trois ellipses sont semblables, et semblablement posées, et qu'elles ont leurs diametres LD, PP, QQ paralleles, il est certain que leurs diametres conjugez BK, ON, AR seront aussi paralleles. Et les centres K, N, R estant, comme il a esté dit, dans un mesme diametre du spheroides, ces paralleles BK, ON, AR seront necessairement dans un mesme plan, qui passe par ce diametre du spheroides: et par consequent les points B, O, A dans une mesme ellipse faite par l'intersection de ce plan. Ce qu'il falloit prouver. Et il est manifeste que la demonstration seroit la mesme, si, outre les points O, A, il y en avoit d'autres, dans lesquels le spheroides fust touché par des plans paralleles à la droite BM.

## CHAP. VI.

### DES FIGURES DES CORPS DAIPHANES

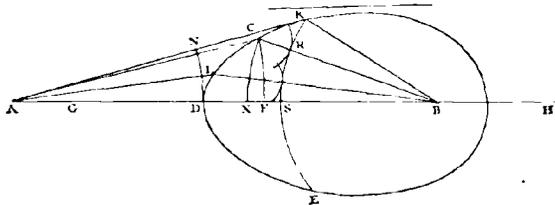
*Qui servent à la Refraction, et à la Reflexion.*

Après avoir expliqué comment les proprietes de la reflexion, et de la refraction s'ensuivent de ce que nous avons posé touchant la nature de la lumiere, et des corps opaques, et diaphanes; je feray

voir icy une maniere fort aisée et naturelle, pour deduire, des mesmes principes, les veritables figures qui servent, ou par reflexion, ou par refraction, à assembler, ou à disperser les rayons de lumiere, selon que l'on desire. Car encore que je ne voye pas qu'il y ait moyen de se servir de ces figures en ce qui est de la Refraction; tant à cause de la difficulté de former selon elles les verres de Lunette dans la justesse requise, que parce qu'il y a dans la refraction mesme une propriété qui empesche le parfait concours des rayons, comme Mr. Neuton a fort bien prouvé par les experiences, je ne laisseray pas d'en raporter l'invention, puis qu'elle s'offre, pour ainsi dire, d'elle mesme, et qu'elle confirme encore nostre Theorie de la refraction, par la convenance qui se trouve icy entre le rayon rompu, et reflechi. Outre qu'il se peut faire qu'on y decouvre à l'avenir des utilitez que l'on ne voit pas presentement.

Pour venir donc à ces figures, posons premierement que l'on veuille trouver une surface CDE, qui assemble les rayons, venans d'un point A, à un autre point B: et que le sommet de la surface soit le point D, donné dans la droite AB. Je dis que, soit par reflexion, ou par refraction, il faut seulement faire cette surface telle, que le chemin de la lumiere, depuis le point A jusqu'à tous les points de la ligne courbe CDE, et de ceux cy au point du concours; comme est icy le chemin par les droites AC, CB, par AL, LB, et par AD, DB; se fasse par tout dans des temps égaux: par où l'invention de ces courbes devient fort aisée.

Car pour ce qui est de la surface reflechissante, puisque la somme des lignes AC, CB doit estre égale à celle des AD, DB, il

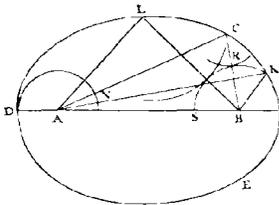


paroit que DCE doit estre une ellipse; et pour la refraction, ayant supposé la proportion des vitesses des ondes de lumiere, dans les diaphanes A et B, connue, par ex. de 3 à 2 (qui est la mesme, comme nous avons montré, que la proportion des Sinus dans la re-

fraction) il faut seulement mettre  $DH$  égale aux  $\frac{3}{2}$  de  $BD$ , et ayant après cela décrit du centre  $A$  quelque arc  $FC$ , qui coupe  $DB$  en  $F$ , en faire un autre du centre  $B$ , avec le demidiambre  $BX$  égal à  $\frac{2}{3}$  de  $FH$ ; et l'intersection  $C$  des deux arcs sera un des points requis, par où la courbe doit passer. Car ce point étant trouvé de la sorte, il est aisé premièrement de faire voir que le temps par  $AC$ ,  $CB$ , sera égal au temps par  $AD$ ,  $DB$ .

Car prenant que la ligne  $AD$  représente le temps qu'emploie la lumière à passer cette même  $AD$  dans l'air; il est évident que  $DH$ , égale à  $\frac{3}{2}$  de  $DB$ , représentera le temps de la lumière par  $DB$  dans le diaphane, parce qu'il lui faut icy d'autant plus de temps, que son mouvement est plus lent. Partant toute la  $AH$  sera le temps par  $AD$ ,  $DB$ . De même la ligne  $AC$ , ou  $AF$ , représentera le temps par  $AC$ ; et  $FH$  étant par la construction égale à  $\frac{3}{2}$  de  $CB$ , elle représentera le temps par  $CB$  dans le diaphane; et par conséquent toute la  $AH$  sera aussi le temps par  $AC$ ,  $CB$ . D'où il paroît que le temps par  $AC$ ,  $CB$ , est égal au temps par  $AD$ ,  $DB$ . Et l'on fera voir de même, si  $L$  et  $K$  sont d'autres points dans la courbe  $CDE$ , que les temps par  $AL$ ,  $LB$ , et par  $AK$ ,  $KB$  sont tousjours représentés par la ligne  $AH$ , et partant égaux au dit temps par  $AD$ ,  $DB$ .

Pour démontrer ensuite que les surfaces, que ces courbes feront par leur circonvolution, dirigeront tous les rayons qui viennent sur elles du point  $A$ , en sorte qu'ils tendent vers  $B$ ; soit supposé le point  $K$  dans la courbe, plus loin de  $D$  que n'est  $C$ ; mais en sorte que la droite  $AK$  tombe sur la courbe, qui sert à la refraction, en dehors; et du centre  $B$  soit décrit l'arc  $KS$ , coupant  $BD$  en  $S$ , et la droite  $CB$  en  $R$ ; et du centre  $A$  l'arc  $DN$ , rencontrant  $AK$  en  $N$ .



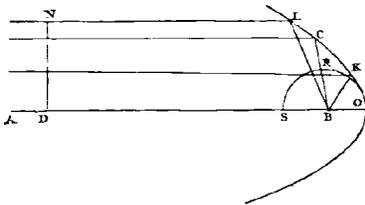
Puisque les sommes des temps par  $AK$ ,  $KB$ , et par  $AC$ ,  $CB$  sont égales; si de la première somme l'on ôte le temps par  $KB$ , et de l'autre le temps par  $RB$ ; il restera le temps par  $AK$  égal au temps par ces deux,  $AC$ ,  $CR$ . Partant dans le temps que la lumière est venue par  $AK$ , elle sera aussi venue par  $AC$ , et de plus il se sera fait une onde sphérique particulière dans le diaphane, du centre  $C$ , et dont le demidiambre sera égal à  $CR$ ; laquelle onde touchera nécessairement la circonférence  $KS$  en  $R$ , puisque  $CB$  coupe cette

circonférence à angles droits. De mesme ayant pris quelqu'autre point L dans la courbe, l'on montrera que dans le mesme temps du passage de la lumiere par AK, elle sera aussi venue par AL, et que de plus il se sera fait une onde particuliere du centre L, qui touchera la mesme circonférence KS. Et ainsi de tous les autres points de la courbe CDE. Donc, au moment que la lumiere sera arrivée en K, l'arc KRS terminera le mouvement qui s'est repandu de A sur DCK. Et ainsi ce mesme arc sera, dans le diaphane, la propagation de l'onde emanée du point A; laquelle onde on se peut représenter par l'arc DN, ou par quelqu'autre plus prez du centre A. Mais tous les endroits de l'arc KRS sont en suite étendus suivant des droites qui luy sont perpendiculaires, c'est-à-dire qui tendent au centre B (car cela se demontre de mesme que nous avons prouvé cy dessus que les endroits des ondes spheriques s'étendent suivant des droites qui viennent de leur centre) et ces progresz des endroits des ondes sont les rayons mesmes de lumiere. Il paroît donc que tous ces rayons tendent icy au point B.

On pourroit aussi trouver le point C et tous les autres, dans cette courbe qui sert à la refraction, en divisant DA en G en sorte que DG soit  $\frac{2}{3}$  de DA, et decrivant du centre B quelq'arc CX qui coupe BD en X, et un autre du centre A avec le demidiometre AF égal à  $\frac{3}{2}$  de GX: ou bien ayant decrit, comme auparavant, l'arc CX, il ne falloit que faire DF égale à  $\frac{3}{2}$  de DX, et du centre A tracer l'arc FC: car ces deux constructions, comme l'on peut facilement connoître, reviennent à la premiere qu'on a veuë cy devant. Et il est encore manifeste par la derniere, que cette courbe est la mesme que celle que M<sup>r</sup>. Des Cartes a donnée dans sa Geometrie, et qu'il nomme la premiere de ses Ouales.

Il n'y a qu'une partie de cette ovale qui sert à la refraction; sçavoir, si AK est supposée la tangente, ce sera la partie DK, dont le terme est K. Quant à l'autre partie, Des Cartes a remarqué qu'elle serviroit aux refractions, s'il y avoit quelque matiere de miroir de telle nature, que par elle la force des rayons (nous dirons la vitesse de la lumiere, ce qu'il n'a pû dire par ce qu'il veut que le mouvement s'en fasse dans un instant) fust augmentée dans la proportion de 3 à 2. Mais nous avons montré que, dans nostre maniere d'expliquer la reflexion, cela ne peut provenir de la matiere du miroir, et qu'il est entierement impossible.

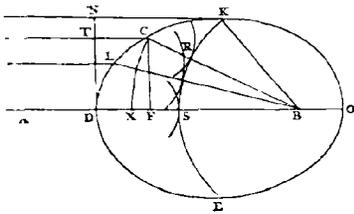
De ce qui a esté démontré de cette ovale, il sera aisé de trouver la figure qui sert à assembler vers un point les rayons incidens paralleles. Car en supposant toute la mesme construction, mais le point A infiniment distant, ce qui donne des rayons paralleles, nostre ovale devient une vraye Ellipse; dont la construction ne differe en rien de celle de l'ovale, sinon que FC est icy une ligne droite, perpendiculaire à DB, qui auparavant estoit un arc de cercle. Car l'onde de lumiere DN, estant de mesme représentée par une ligne droite,



l'on fera voir que tous les points de cette onde, s'étendans jusqu'à la surface KD par des paralleles à DB, s'avanceront ensuite vers le point B, et y arriveront en mesme temps. Pour l'Ellipse qui servoit à la reflexion, il est manifeste qu'elle devient icy une parabole, puis qu'on

considere son foyer A infiniment distant de l'autre B; qui est icy le foyer de la parabole, auquel tendent toutes les reflexions des rayons paralleles à AB. Et la demonstration de ces effets est toute la mesme que la precedente.

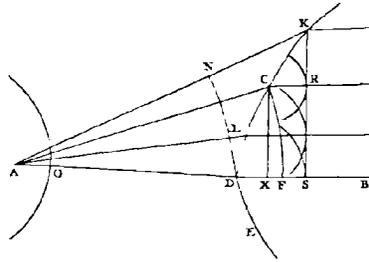
Mais que cette ligne courbe CDE, qui sert à la refraction, est



une Ellipse, et telle dont le grand diametre est à la distance de ses foyers comme 3 à 2, qui est la proportion de la refraction, on le trouve facilement par le calcul d'Algebre. Car DB, qui est donnée, estant nommée  $a$ ; sa perpendiculaire DT indeterminée  $x$ ; et TC,  $y$ ; FB sera  $a-y$ ;

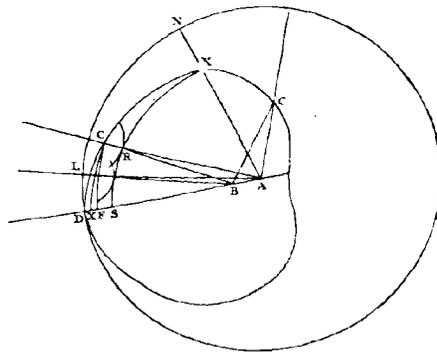
$CB \sqrt{xx + aa - 2ay + yy}$ . Mais la nature de la courbe est telle, que  $\frac{2}{3} TC$  avec CB est égale à DB, comme il a esté dit dans la derniere construction: donc l'equation sera entre  $\frac{2}{3} y + \sqrt{xx + aa - 2ay + yy}$  et  $a$ , qui estant reduite, vient  $\frac{5}{3} ay - yy$  égal à  $\frac{2}{3} xx$ : c'est à dire qu'ayant fait DO égale à  $\frac{2}{3} DB$ , le rectangle DFO est égal à  $\frac{2}{3}$  du quarré de FC. D'où l'on voit que DC est une ellipse, dont l'axe DO est au parametre comme 9 à 5; et partant le quarré de DO au quarré de la distance des foyers, comme 9 à 9-5, c'est à dire 4; et enfin la ligne DO à cette distance comme 3 à 2.

Derechef, si l'on suppose le point B infiniment loin, au lieu de nostre premiere ovale, nous trouverons que CDE est la veritable Hyperbole; qui fera que les rayons, qui vienent du point A, deviendront paralleles. Et par consequent aussi, que ceux qui sont paralleles dans le corps transparent, s'assembleront au dehors au point A. Or il faut remarquer que CX et KS deviennent des lignes droites perpendiculaires à BA, parce qu'elles representent des arcs de cercles dont le centre B est infiniment distant. Et que l'intersection de la perpendiculaire CX et de l'arc FC donnera le point C, un de ceux par où la courbe doit passer. Qui fera ensorte que



toutes les parties de l'onde de lumiere DN, venant à rencontrer la surface KDE, s'avanceront de là par des paralleles à KS, et arriveront à cette droite en mesme temps; dont la demonstration est encore la mesme que celle qui a servi dans la premiere ovale. Au reste on trouve, par un calcul aussi aisé que le precedent, que CDE est icy une hyperbole dont l'axe DO est  $\frac{1}{3}$  de AD, et le parametre égal à AD. D'où l'on demontre facilement que DO est à la distance des foyers comme 3 à 2.

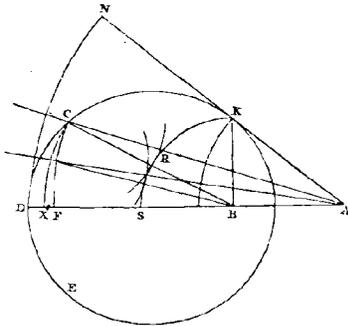
Ce sont icy les deux cas où les sections Coniques servent à la refraction; et les mesmes qu'explique Des Cartes dans sa Dioptrique: qui a trouvé le premier l'usage de ces lignes en ce qui est de la refraction, comme aussi celuy des Ovals dont nous avons deja mis la premiere. L'autre est celle qui sert aux rayons qui tendent à un point donné; dans laquelle ovale si le sommet



qui reçoit les rayons est D, il arrivera, selon que la raison de AD à DB est donnée plus ou moins grande, que l'autre sommet passera

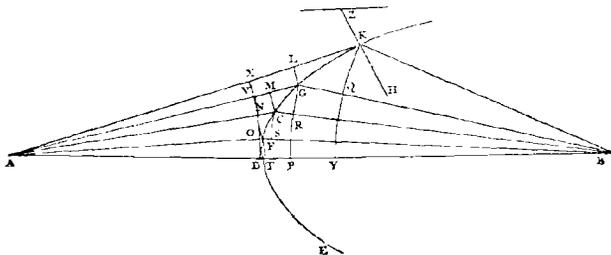
entre BA, ou au de là de A. Et dans ce dernier cas elle est la mesme avec celle que Des Cartes nomme la 3<sup>e</sup>.

Or l'invention et la construction de cette seconde ovale est la mesme que celle de la premiere, et la demonstration de son effet aussi. Mais il est digne de remarque qu'en un cas cette ovale de-



vient un cercle parfait; sçavoir quand la raison de AD à DB est la mesme qui mesure les refractions, comme icy de 3 à 2, ce que j'avois observé il y a fort long temps. La 4<sup>e</sup>. ne servant qu'aux reflexions impossibles, il n'est pas besoin de la mettre.

Pour ce qui est de la maniere dont M. Des Cartes a trouvé ces lignes, puisqu'il ne l'a point expliquée, ni personne du depuis que je sçache, je diray icy, en passant, quelle il me semble qu'elle doit avoir esté. Soit proposé à trouver la surface faite par la circonvolution de la courbe KDE, qui, recevant les rayons incidens qui viennent sur elle du point A, les detourne vers le point B. Considerant donc cette courbe comme deja connue, et que son sommet soit D dans la droite AB; divisons la comme en une infinité de petites parcelles par les points G, C, F: et ayant mené, de chacun de ces points, des lignes



droites vers A, qui representent les rayons incidens, et d'autres droites vers B; soient de plus du centre A decrits les arcs de cercle GL, CM, FN, DO, coupans les rayons, qui vient de A, en L, M, N, O, et des points K, G, C, F soient decrits les arcs KQ, GR, CS, FT, coupans les rayons, tirez vers B, en Q, R, S, T, et posons que la droite HKZ coupe la courbe en K à angles droits.

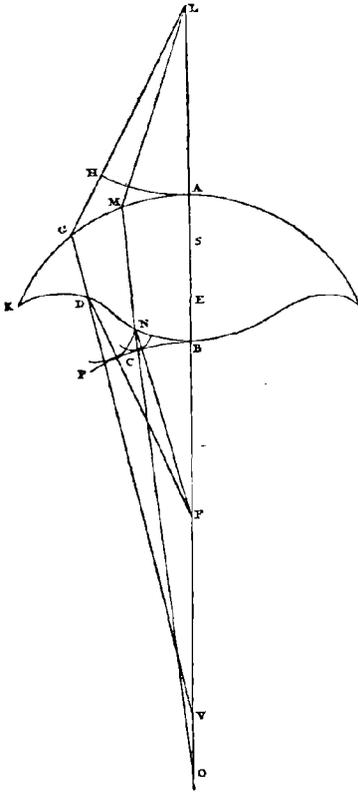
Estant donc AK un rayon incident, et sa refraction au dedans du diaphane KB, il falloit suivant la loy des refractions, qui estoit connue à Mr. Des Cartes, que le sinus de l'angle ZKA, au sinus de l'angle HKB, fust comme 3 à 2; supposant que c'est la proportion de la refraction du verre; ou bien, que le sinus de l'angle KGL eust cette mesme raison au sinus de l'angle GKQ, en considerant KG, GL, KQ comme des lignes droites, à cause de leur petitesse. Mais ces sinus sont les lignes KL et GQ, en prenant GK pour rayon du cercle. Donc LK à GQ devoit estre comme 3 à 2; et par la mesme raison MG à CR, NC à FS, OF à DT. Donc aussi la somme de toutes les antecedentes à toutes les consequentes estoit comme 3 à 2. Or en prolongeant l'arc DO, jusqu'à ce qu'il rencontre AK en X, KX est la somme des antecedentes. Et prolongeant l'arc KQ, jusqu'à ce qu'il rencontre AD en Y, la somme des consequentes est DY. Donc KX à DY devoit estre comme 3 à 2. D'où paroissoit que la courbe KDE estoit de telle nature, qu'ayant mené de quelque point qu'on y eut pris, comme K, les droites KA, KB, l'excez dont AK surpasse AD, est à l'excez de DB sur KB, comme 3 à 2. Car on peut demontrer le mesme, en prenant dans la courbe quelqu'autre point, comme G, que l'excez de AG sur AD, sçavoir VG, à l'excez de BD sur DG, sçavoir DP, est dans cette mesme raison de 3 à 2. Et suivant cette propriété Mr. Des Cartes a construit ces courbes dans sa Geometrie, et il a facilement reconnu que, dans les cas des rayons paralleles, ces courbes devenoient des Hyperboles, et des Ellipses.

Revenons maintenant à nostre maniere, et voyons comment elle conduit sans peine à trouver les lignes que requiert un costé du verre, lorsque l'autre est d'une figure donnée; non seulement plane ou spherique, ou faite par quelqu'une des sections Coniques (qui est la restriction avec laquelle Des Cartes a proposé ce probleme, laissant la solution à ceux qui viendroient après luy) mais generalement quelconque: c'est-à-dire qui soit faite par la revolution de quelque ligne courbe donnée, à laquelle seulement on sçache mener des lignes droites tangentés.

Soit la figure donnée faite par la conversion de quelque telle courbe AK autour de l'axe AV, et que ce costé du verre reçoive des rayons venans du point L. Que de plus l'epaisseur AB, du milieu du verre, soit donnée, et le point F auquel on veut que les rayons

soient tous parfaitement réunis; quelle qu'ait été la première refraction, faite à la surface AK.

Je dis que pour cela il faut seulement que la ligne BDK, qui fait l'autre surface, soit telle, que le chemin de la lumière, depuis le point L jusqu'à la surface AK, et de là à la surface BDK, et de là au point F, se fasse par tout en des temps égaux, et chacun égal au temps que la lumière employe à passer la droite LF, de laquelle la partie AB est dans le verre.



Soit LG un rayon tombant sur l'arc AK. Sa refraction GV sera donnée par le moyen de la tangente qu'on mènera au point G. Maintenant il faut trouver dans GV le point D, en sorte que FD avec  $\frac{3}{2}$  de DG et la droite GL, soient égales à FB avec  $\frac{3}{2}$  de BA et la droite AL; qui comme il paroît, font une longueur donnée. Ou bien, en ostant de part et d'autre la longueur de LG, qui est aussi donnée, il faut seulement mener FD sur la droite VG, en sorte que FD avec  $\frac{3}{2}$  DG soit égale à une ligne donnée; qui est un problème plan fort aisé: et le point D sera un de ceux par où la courbe BDK doit passer. Et de même, ayant mené un autre rayon LM, et trouvé sa refraction MO, on trouvera dans cette ligne le point N; et ainsi tant qu'on en voudra.

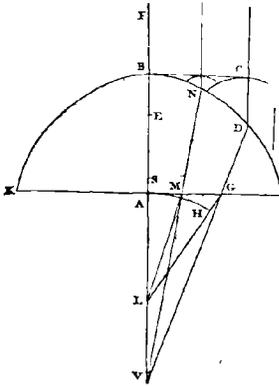
Pour démontrer l'effet de la courbe, soit du centre L décrit l'arc de cercle AH, coupant LG en H, et du centre F l'arc BP; et soit dans AB prise AS égale à  $\frac{2}{3}$  HG, et SE égale à GD. Considerant donc AH comme une onde de lumière, sortie du point L, il est certain que pendant que son endroit II sera arrivé en G, l'endroit A ne sera avancé dans le corps diaphane que par AS; car je suppose, comme

dessus, la proportion de la refraction comme 3 à 2. Or nous savons que l'endroit d'onde qui est tombé sur G, s'avance de là par la ligne GD, puisque GV est la refraction du rayon LG. Donc dans le temps que cet endroit d'onde est venu de G en D, l'autre qui estoit en S est arrivé en E, puisque GD, SE sont égales. Mais pendant que celui-ci avancera de E en B, l'endroit d'onde, qui estoit en D, aura repandu dans l'air son onde particuliere, dont le demidiametre DC (supposant que cette onde coupe en C la droite DF) sera  $\frac{3}{2}$  de EB, puisque la vitesse de la lumiere hors du diaphane est à celle de dedans comme 3 à 2. Or il est aisé de montrer que cette onde touchera dans ce point C l'arc BP. Car puisque, par la construction,  $FD + \frac{3}{2} DG + GL$ , sont égales à  $FB + \frac{3}{2} BA + AL$ ; en ostant les égales LH, LA, il restera  $FD + \frac{3}{2} DG + GH$ , égales à  $FB + \frac{3}{2} BA$ . Et derechef, ostant d'un costé GH, et de l'autre costé  $\frac{3}{2} AS$ , qui sont égales, il restera FD avec  $\frac{3}{2} DG$ , égale à FB avec  $\frac{3}{2}$  de BS, mais  $\frac{3}{2}$  de DG sont égales à  $\frac{3}{2}$  ES; donc FD est égale à FB avec  $\frac{3}{2}$  de BE. Mais DC estoit égale à  $\frac{3}{2}$  de EB; donc ostant de costé et d'autre ces longueurs égales, restera CF égale à FB; et ainsi il paroît que l'onde, dont le demidiametre est DC, touche l'arc BP au moment que la lumiere, venue du point L, est arrivée en B par la droite LB, l'on demonstrera de mesme, que dans ce mesme moment, la lumiere, venue par tout autre rayon, comme LM, MN, aura repandu du mouvement qui est terminé par l'arc BP. D'où s'ensuit, comme il a esté dit souvent, que la propagation de l'onde AH, après avoir passé l'épaisseur du verre, sera l'onde spherique BP: de laquelle tous les endroits doivent s'avancer par des lignes droites, qui sont les rayons de lumiere, au centre F. Ce qu'il falloit demonstrer. On trouvera de mesme ces lignes courbes dans tous les cas que l'on peut proposer, comme on verra assez par un ou deux exemples que j'adjouteray.

Soit donnée la surface du verre AK, faite par la revolution de la ligne AK, courbe ou droite, autour de l'axe BA. Soit aussi donné dans l'axe le point L, et BA l'épaisseur du verre; et qu'il faille trouver l'autre surface KDB, qui recevant des rayons paralleles à BA les dirige en sorte, qu'après estre derechef rompus à la surface donnée AK, ils s'assemblent tous au point L.

Soit du point L menée, à quelque point de la ligne donnée AK, la droite LG; qui estant considerée comme un rayon de lumiere, on

trouvera sa refraction GD, qui d'un costé ou d'autre rencontrera, estant prolongée, la droite BL, comme icy en V. Soit ensuite erigée sur AB la perpendiculaire BC, qui representera une onde de lumiere venant du point F infiniment distant, par ce que nous avons supposé des rayons paralleles. Il faut donc que toutes les parties de cette onde BC arrivent en mesme temps au point L; ou bien que



toutes les parties d'une onde, émanée du point L, arrivent en mesme temps à la droite BC. Et pour cela il faut trouver, dans la ligne VGD, le point D, en sorte qu'ayant mené DC parallèle à AB, la somme de CD et  $\frac{3}{2}$  de DG et GL soit égale à  $\frac{3}{2}$  AB avec AL: ou bien, en ostant d'un costé et d'autre GL qui est donnée, il faut que CD avec  $\frac{3}{2}$  de DG soit égale à une ligne donnée: qui est un probleme encore plus aisé que celui de la construction precedente. Le point D, ainsi trouvé, sera un de ceux par où la courbe

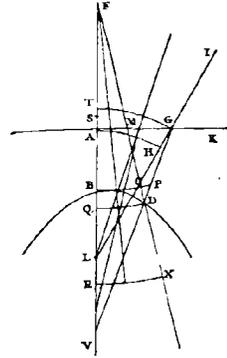
doit passer; et la demonstration sera la mesme qu'auparavant. Par laquelle on prouvera que les ondes, qui viennent du point L, après avoir passé le verre KAKB, prendront la forme de lignes droites, comme BC; qui est la mesme chose que de dire que les rayons deviennent paralleles. D'où s'ensuit reciproquement, que, tombant paralleles sur la surface KDB, ils s'assembleront au point L.

Soit encore donnée la surface AK, telle qu'on voudra, faite par revolution sur l'axe AB; et l'épaisseur du milieu du verre AB. Soit aussi donné dans l'axe le point L derriere le verre, au quel point on suppose que tendent les rayons qui tombent sur la surface AK; et qu'il faille trouver la surface BD, qui, au sortir du verre, les detourne comme s'ils venoient du point F, qui est devant le verre.

Ayant pris quelque point G dans la ligne AK, et menant la droite IGL, sa partie GI representera un des rayons incidents, duquel se trouvera la refraction GV; et c'est dans elle qu'il faut trouver le point D, un de ceux par où la courbe DB doit passer. Posons qu'il soit trouvé, et du centre L soit décrit l'arc de cercle GT, coupant la droite AB en T, en cas que LG soit plus grande que LA: car autrement il faut decrire du mesme centre l'arc AH, qui coupe la droite

LG en H. Cet arc GT; (ou dans l'autre cas AH) représentera une onde de la lumière incidente, dont les rayons tendent vers L. Pareillement du centre F soit décrit l'arc de cercle DQ, qui représentera une onde qui sort du point F.

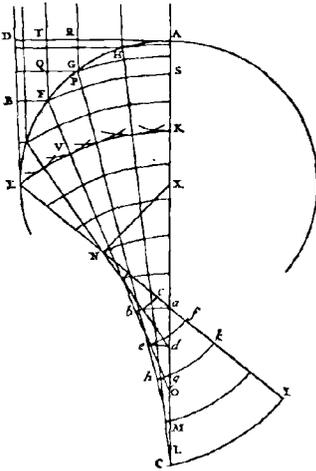
Il faut donc que l'onde TG, après avoir passé le verre, forme l'onde QD; et pour cela je vois que le temps de la lumière par GD au dedans du verre, doit être égal à celui par ces trois TA, AB, et BQ, dont la seule AB est aussi dans le verre. Ou bien, ayant pris AS égale à  $\frac{2}{3}$  AT, je vois que  $\frac{3}{2}$  GD doivent être égales  $\frac{3}{2}$  SD + BQ; et, en ostant l'un et l'autre de FD ou FQ, que FD moins  $\frac{3}{2}$  GD, doit être à égale à FB moins  $\frac{3}{2}$  SB. Laquelle dernière différence est une longueur donnée: et il ne faut que, du point donné F, mener la droite FD sur VG, en sorte que cela se trouve ainsi. Qui est un problème tout semblable à celui qui sert à la première de ces constructions, où FD +  $\frac{3}{2}$  GD doit être égale à une longueur donnée.



Dans la démonstration il y a à observer que, l'arc BC tombant au dedans du verre, il faut concevoir un arc qui lui soit concentrique RX, au delà de QD; et après qu'on aura montré que l'endroit G de l'onde GT arrive en mesme temps en D, que l'endroit T arrive en Q, ce qui se déduit facilement de la construction, il sera évident ensuite, que l'onde particulière, engendrée du point D, touchera l'arc RX, au moment que l'endroit Q sera venu en R, et qu'ainsi cet arc terminera en mesme instant le mouvement qui vient de l'onde TG; d'où se conclut le reste.

Ayant montré l'invention de ces lignes courbes qui servent au parfait concours des rayons, il reste à expliquer une chose notable touchant la refraction inordonnée des surfaces spheriques, planes et autres; laquelle, estant ignorée, pourroit causer quelque doute touchant ce que nous avons dit plusieurs fois, que les rayons de lumière sont des lignes droites, qui coupent les ondes, qui s'en repandent, à angles droits. Car les rayons qui tombent paralleles, par exemple, sur une surface spherique AFE, s'entre coupant, après leur refraction, en des points differents, comme représente cette figure; quelles pourront être les ondes de lumière dans ce diaphane, qui soient coupées

à angles droits par les rayons convergents? car elles ne sçauraient estre spheriques; et que deviendront ces ondes après que lesdits rayons commencent à s'entre couper? L'on verra, dans la solution de



cette difficulté, qu'il se passe en cecy quelque chose de fort remarquable, et que les ondes ne laissent pas de subsister tousjours; quoy qu'elles ne passent pas entieres, comme à travers les verres composez, dont nous venons de voir la construction.

Selon ce qui a esté montré cy dessus, la droite AD, qui du sommet de la sphere est menée perpendiculaire à son axe auquel les rayons viennent paralleles, represente l'onde de lumiere; et dans le temps que son endroit D sera parvenu à la surface spherique AGE en E, ses autres parties auront rencontré la mesme surface en F, G,

H etc. et auront encore formé des ondes spheriques particulieres, dont ces points sont les centres. Et la surface EK, que toutes ces ondes toucheront, sera la propagation de l'onde AD dans la sphere, au moment que l'endroit D est venu en E. Or la ligne EK n'est pas un arc de cercle, mais c'est une ligne courbe faite par l'Evolution d'une autre courbe ENC, qui touche tous les rayons HL, GM, FO, etc. qui sont les refractions des rayons paralleles; en imaginant qu'il y ait un fil couché sur la convexité ENC, qui se developpant decrive, avec le bout E, ladite courbe EK. Car supposant que cette courbe est ainsi decrite, nous demontrerons que les dites ondes formées des centres F, G, H, etc. la toucheront toutes.

Il est certain que la courbe EK, et toutes les autres, decrites par l'evolution de la courbe ENC, avec des differentes longueurs du fil, couperont tous les rayons HL, GM, FO etc. à angles droits, et en sorte que leurs parties, interceptées entre deux telles courbes, seront toutes égales, car cela s'ensuit de ce qui a esté démontré dans nostre traité de *Motu Pendulorum*. Or imaginant les rayons incidents comme infiniment proches les uns des autres, si l'on en considere deux, comme RG, TF, et qu'on mene GQ perpendiculaire sur RG, et

que la courbe FS, qui coupe GM en P, soit decrite par l'évolution de la courbe NC, en commençant par F, jusqu' où je suppose que le fil s'étend; on peut pendre sa particule FP pour une droite perpendiculaire sur le rayon GM, et de mesme l'arc GF comme une ligne droite. Mais GM estant la refraction du rayon RG, et FP estant perpendiculaire sur elle, il faut que QF soit à GP comme 3 à 2, c'est-à-dire dans la proportion de la refraction; comme il a esté montré cy dessus en expliquant l'invention de Des Cartes. Et la mesme chose arrive dans tous les petits arcs GH, HA, etc. Sçavoir que, dans les quadrilateres qui les enferment, le costé parallele à l'axe est à son opposé comme 3 à 2. Donc aussi comme 3 à 2, ainsi sera la somme des uns à la somme des autres, c'est-à-dire TF à AS, et DE à AK, et BE à SK ou FV, en supposant que V est l'intersection de la courbe EK et du rayon FO. Mais, faisant FB perp. sur DE, comme 3 à 2 ainsi est encore BE au demidiametre de l'onde spherique emanée du point F, pendant que la lumiere hors du diaphane a passé l'espace BE; donc il paroît que cette onde coupera le rayon FM au mesme point V, où il est coupé à angles droits par la courbe EK, et que partant l'onde touchera cette courbe. L'on prouvera de la mesme maniere qu'il en est ainsi de toutes les autres ondes susdites, nées des points G, H, etc. sçavoir qu'elles toucheront la courbe EK, dans le moment que l'endroit D de l'onde ED sera parvenu en E.

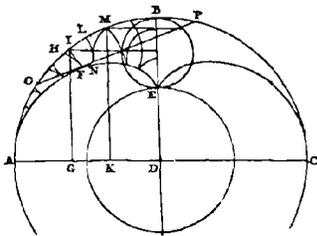
Pour dire maintenant ce que deviennent ces ondes, après que les rayons commencent à ce croiser: c'est que de là elles se replient, et sont composées de deux parties qui tiennent ensemble, l'une estant une courbe faite par l'évolution de la courbe ENC en un sens, et l'autre par l'évolution de la mesme dans l'autre sens. Ainsi l'onde KE, en avançant vers le concours, devient abc, dont la partie ab se fait par l'évolution de bc, portion de la courbe ENC, pendant que le bout C demeure attaché; et la partie bc par l'évolution de la portion bE, pendant que le bout E demeure attaché. Ensuite la mesme onde devient def; puis ghk; et à la fin C Y; d'où elle s'étend ensuite sans aucun repli, mais tousjours par des lignes courbes qui se font de l'évolution de la courbe ENC, augmentée de quelque ligne droite du costé C.

Il y a mesme, dans cette courbe icy, une partie EN qui est droite, estant N le point où tombe la perpendiculaire du centre de la

sphere X, sur la refraction du rayon DE, que je suppose maintenant qu'il touche la sphere. Et c'est depuis le point N, que commence le repli des ondes de lumiere, jusqu'à l'extremité de la courbe C; qui se trouve en faisant que AC à CX soit dans la proportion de la refraction, comme icy de 3 à 2.

L'on trouve aussi tant d'autres points qu'on veut de la courbe NC par un Theoreme qu'a démontré Mr. Barrow dans la 12. de ses Leçons Optiques, quoyqu' à autre fin. Et il est à remarquer qu'on peut donner une ligne droite égale à cette courbe. Car puis qu'en semble avec la droite NE, elle est égale à la droite CK, qui est connue, parce que DE à AK est dans la proportion de la refraction: il paroît qu'en ostant EN de CK, le reste sera égal à la courbe NC.

L'on trouvera de mesme des ondes repliées dans la reflexion d'un miroir concave spherique. Soit ABC la section par l'axe d'un hemisphere creux, dont le centre est D, l'axe DB, auquel je suppose que



les rayons de lumiere viennent paralleles. Toutes les reflexions de ces rayons, qui tombent sur le quart de cercle AB, toucheront une ligne courbe AFE, dont le bout E est au foyer de l'hemisphere, c'est à-dire au point qui divise le demidiametre BD en deux parties égales: et les points, par où cette courbe doit passer, se trouvent en

prenant depuis A quelque arc AO, et luy faisant double l'arc OP; dont il faut diviser la soutendante en F, en sorte que la partie FP soit triple de FO; car alors F est un des points requis.

Et comme les rayons paralleles ne sont que les perpendiculaires des ondes qui tombent sur la surface concave, lesquelles ondes sont paralleles à AD, l'on trouvera qu'à mesure qu'elles viennent rencontrer la surface AB, elles forment, en se reflechissant, des ondes repliées, composées de deux courbes qui naissent de deux evolutions opposées des parties de la courbe AFE. Ainsi, en prenant AD pour une onde incidente, lorsque la partie AG aura rencontré la surface AI, c'est à dire que l'endroit G sera parvenu en I, ce seront les courbes HF FI, nées des evolutions des courbes FA, FE, commencées toutes deux par F, qui seront ensemble la propagation de la partie AG, et un peu après, quand la partie AK aura rencontré la sur

face AM, estant l'endroit K en M, alors les courbes LN, NM feront ensemble la propagation de cette partie. Et ainsi cette onde repliée avancera tousjours, jusqu'à ce que la pointe N soit parvenue au foyer E. La courbe AFE se voit dans la fumée, ou dans la poussiere qui vole lorsqu'un *miroir concave* est opposé au soleil; et il faut sçavoir qu'elle n'est autre chose, que celle qui se decrit par le point E de la circonference du cercle EB, lorsqu'on fait rouler ce cercle sur un autre dont le diametre est ED, et le centre D. De sorte que c'est une maniere de Cycloide, mais de laquelle les points se peuvent trouver gemetriquement.

La longueur est égale precisement aux  $\frac{3}{4}$  du diametre de la sphere; ce qui se trouve, et se demonstre par le moyen de ces ondes, à peu près de mesme que la mesure de la courbe precedente: quoy-qu'il il se pourroit encore demonstrier par d'autres manieres, que je laisse, parce que cela est hors du sujet. L'espace AOBefa, compris de l'arc du quart de cercle, de la droite BE, et de la courbe Efa, est égal à la quatrieme partie du quart du cercle DAB.

FIN.

# TABLE DES MATIERES

*Contenues dans ce Traité.*

CHAP. I. Des rayons directement étendus.	CHAP. II. De la Reflexion.
Que la lumiere est produite par certain mouvement. p. 5	Demonstration de l'Égalité des angles d'incidence et de reflexion. p. 19
Qu'il ne passe point de corps depuis l'objet lumineux jusqu'à nos yeux. p. 6	Pourquoy le rayon incident et reflechi sont dans un mesme plan, perpendiculaire à la surface reflechissante. p. 21
Que la lumiere s'étend spheriquement, et à peu près comme le Son. p. 6	Qu'il n'est pas necessaire que la surface reflechissante soit parfaitement unie, pour faire l'égalité des angles d'incidence et de reflexion. p. 22
Si la lumiere emploie du temps à s'étendre. p. 6	CHAP. III. De la Refraction.
Experiance qui semble prouver qu'elle passe dans un instant. p. 7	Que les corps pourroient estre transparents sans qu'aucune matiere passast à travers. p. 24
Experiance qui prouve qu'elle emploie du temps. p. 9	Preuve de ce que la matiere etherée passe à travers les corps diaphanes. p. 24
De combien sa vitesse est plus grande que celle du Son. p. 10	Comment cette matiere qui y passe les rend diaphanes. p. 25
En quoy l'emanation de la Lumiere differe de celle du Son. p. 10	Que les corps les plus solides en apparence sont d'un tissu fort rare. p. 25
Que ce n'est pas le mesme milieu qui sert à l'un et à l'autre. p. 11	Que la lumiere s'étend plus lentement au dedans de l'eau, et du verre, que dans l'air. p. 26
Comment s'étend le Son. p. 11	Troisieme hypothese pour expliquer la transparence, et le ralentissement qu'y souffre la Lumiere. p. 26
Comment s'étend la Lumiere. p. 12	De ce qui peut rendre les corps opaques. p. 27
Remarque particuliere sur l'extension de la Lumiere. p. 16	
Pourquoy les Rayons ne s'étendent qu'en ligne droite. p. 18	
Comment la Lumiere, venant de divers endroits, se traverse sans empêchement. p. 18	

Demonstration pourquoy la Refraction observe la proportion connue des Sinus.	p. 23	La maniere de mesurer les deux refractions du Cristal d'Islande.	p. 43
Pourquoy le Rayon incident, et le rompu se produisent reciproquement.	p. 31	Proprietez remarquables de la refraction Irreguliere.	p. 45
Pourquoy la Reflexion, au dedans d'un prisme de verre triangulaire, se renforce subitement, depuis que la Lumiere ne peut plus le percer.	p. 32	Hypothese pour expliquer la double refraction.	p. 46
Que les corps qui causent plus grande refraction, font aussi la reflexion plus forte.	p. 32	Que le Cristal de Roche a aussi une double Refraction.	p. 46
Demonstration d'un Theoreme de Mr. de Fermat.	p. 33	Hypothese des emanations de la Lumiere au dedans du Cristal d'Islande de forme spheroidé, pour la refraction Irreguliere.	p. 47
CHAP. IV. De la Refraction de l'Air.		Comment un rayon perpendiculaire peut souffrir refraction.	p. 47
Que les emanations de la Lumiere dans l'air ne sont pas spheriques.	p. 36	Comment la position et la forme des emanations spheroides dans ce Cristal peut estre definie.	p. 49
Comment par là quelques objets paroissent plus elevez qu'ils ne sont.	p. 37	Explication de la refraction Irreguliere par ces emanations spheroides.	p. 49
Comment le Soleil peut paroître sur l'Horizon, devant qu'il soit levé.	p. 37	Maniere aisée pour trouver la refraction Irreguliere de chaque rayon incident.	p. 52
Que les rayons de la Lumiere deviennent courbes dans l'Air de l'Atmosphere, et quels effets cela produit.	p. 38	Demonstrations du rayon oblique qui passe le Cristal sans estre rompu.	p. 53
CHAP. V. De l'Etrange Refraction du Cristal d'Islande.		Autres irregularitez des refractions expliquée.	p. 55
Que ce Cristal croit aussi en d'autres pais.	p. 40	Qu'un objet posé sous le Cristal paroît double, dans deux images de	p. 58
Qui en a escrit le premier	p. 40	Pourquoy les hauteurs apparentes de l'une de ces images changent en changeant la situation des yeux au dessus du Cristal.	p. 59
Description du Cristal d'Islande; sa matiere, figure, et proprietez.	p. 41	Des Coupes differentes de ce Cristal, qui produisent encore d'autres refractions, et confirment toute cette Theorie.	p. 63
Qu'il a deux refractions differentes.	p. 42	Maniere particuliere d'en polir les surfaces, après qu'il a esté coupé.	p. 65
Que le rayon perpendiculaire à la surface y souffre refraction, et que des rayons inclinez à la surface passent sans refraction.	p. 42	Phenomene surprenant touchant les rayons qui passent par deux morceaux separez du quel la cause n'est point expliquée.	p. 66
Observation des refractions de ce Cristal.	p. 43		
Qu'il a une refraction Reguliere et une Irreguliere.	p. 44		

Conjecture vraisemblable sur la composition interieure du Cristal l'Islande, et de quelle figure sont ses particules.	p. 68	tes pour la Dioptrique.	p. 79
Preuves pour confirmer cette conjecture.	p. 69	Comment il a pû trouver ces Lignes.	p. 80
Calculs qui ont esté supposez dans ce Chapitre.	p. 71	Maniere de trouver la surface d'un verre pour la refraction parfaite, lors que l'autre surface est donnée.	p. 80
CHAP. VI. Des figures des corps diaphans qui servent à la Refraction et à la Reflexion.		Remarque sur ce qui arrive aux rayons dans la refraction d'une surface spherique.	p. 85
Regle generale et aisée pour trouver ces Figures.	p. 75	Remarque sur la ligne courbe qui se forme dans la reflexion d'un miroir concave spherique.	p. 89
Invention des Ouales de Mr. Des Car-			

## PREFACE.

La Nature agit par des voies si secrettes et si imperceptibles, en amenant vers la Terre les corps qu'on appelle pesants, que quelque attention ou industrie qu'on emploie, les sens n'y sçauroient rien decouvrir. C'est ce qui a obligé les Philosophes des siecles passez à ne chercher la cause de cet admirable effet, que dans les corps mesmes, et de l'attribuer à quelque qualité interne et inherente, qui les faisoit tendre en bas et vers le centre de la Terre, ou à un appetit des parties à s'unir au tout, ce qui n'estoit pas exposer les causes, mais supposer des Principes obscurs et non entendus. On peut le pardonner à ceux qui se contentoient de pareilles solutions en bien de rencontres; mais non pas si bien à Democrite et à ceux de sa Secte, qui aiant entrepris de rendre raison de tout par les Atomes, en ont excepté la seule Pesanteur; qu'ils ont attachée aux corps terrestres, et aux Atomes mesmes, sans s'enquerir d'où elle leur pouvoit venir. Parmi les autheurs et restaurateurs modernes de la Philosophie, plusieurs ont bien jugé qu'il falloit etablir quelque chose au dehors des corps, pour causer les attractions et les fuites qu'on y observe: mais ils ne sont allez guere plus loin que ces premiers, lors qu'ils ont eu recours, les uns à un air subtil et pesant, qui en pressant les corps les fist descendre; (car c'est supposer desja une pesanteur, et il est si fort contre les loix de la Mechanique de vouloir qu'une matiere liquide et pesante presse en bas les corps qu'elle

environne, qu'au contraire elle devoit les faire monter, estant supposez sans aucun poids en ceux mesmes, tout ainsi que l'eau fait monter une phiole vuide qu'on y enfonce:) les autres à des esprits et à des emanations immaterielles; ce qui n'eclaircit de rien, puisque nous n'avons nulle conception, comment ce qui est immateriel donne du mouvement à une substance corporelle.

Mr. Des Cartes a mieux reconnu que ceux qui l'ont précédé, qu'on ne comprendroit jamais rien d'avantage dans la Physique, que ce qu'on pourroit rapporter à des Principes qui n'excedent pas la portée de nostre esprit, tels que sont ceux qui dependent des corps, considerez sans qualitez, et de leurs mouvements. Mais comme la plus grande difficulté consiste à faire voir comment tant de choses diverses sont effectuées par ces seuls Principes, c'est à cela qu'il n'a pas fort réussi dans plusieurs sujets particuliers qu'il s'est proposé à examiner: desquels est entre autres, à mon avis, celui de la Pesanteur. On en jugera par les remarques que je fais en quelques endroits sur ce qu'il en a escrit; aux quelles j'en aurois pu joindre d'autres. Et cependant j'avoue que ses essais, et ses vuës, quoyque fausses, ont servi à m'ouvrir le chemiu à ce que j'ay trouvé sur ce mesme sujet.

Je ne le donne pas comme estant exempt de tout doute, ni à quoy on ne puisse faire des objections. Il est trop difficile d'aller jusques là dans des recherches de cette nature. Je crois pourtant que si l'hypothese principale, sur la quelle je me fonde, n'est pas la veritable, il y a peu d'esperance qu'on la puisse rencontrer, en demeurant dans les limites de la vraye et saine Philosophie.

Au reste, ce que j'apporte icy, entant qu'il ne regarde que la cause de la Pesanteur, ne paroitra pas nouveau à ceux qui auront lû le Traité de Physique de Mr. Rohault; parce que ma Theorie y est rapportée presque entiere. Car ce Philosophe ayant vu mon Experience de l'eau tournante, et ayant entendu l'application que j'en faisois, (ainsi qu'il le reconnoit avec ingenuité,) a trouvé assez de vraisemblance dans mon opinion, pour la vouloir suivre. Mais parce que

parmy mes pensées, il mesle aucunement celles de Mr. Des Cartes, et les sienes propres, et qu'il omet plusieurs choses qui apartiennent à cette matiere, dont il y en a qu'il ne pouvoit pas sçavoir, j'ay esté bien aise qu'on vist comme je l'ay traitée moy mesme.

La plus grande partie de ce Discours a esté écrite du temps que je demeurois à Paris, et elle est dans les Registres de l'Academie Royale des Sciences, jusques à l'endroit où il est parlé de l'alteration des Pendules par le mouvement de la Terre. Le reste a esté ajouté plusieurs années après: et en suite encore l'Addition, à l'occasion qu'on y trouvera indiquée au commencement.

DISCOURS  
*De la Cause*  
DE LA PESANTEUR.

---

Pour trouver une cause intelligible de la Pesanteur, il faut voir comment il se peut faire, en ne supposant dans la nature que des corps qui soient faits d'une mesme matiere, dans lesquels on ne considere aucune qualité ni aucune inclination à s'approcher les uns des autres, mais seulement des differentes grandeurs, figures, et mouvements; comment, dis je il se peut faire que plusieurs pourtant de ces corps tendent directement vers un mesme centre, et s'y tiennent assemblez à l'entour; qui est le plus ordinaire et le principal phenomene de ce que nous appellons pesanteur.

La simplicité des principes que j'admets, ne laisse pas beaucoup de choix dans cette recherche, car on juge bien d'abord qu'il n'y a point d'apparence d'attribuer à la figure, ni à la petitesse des corpuscules, quelque effet semblable à celuy de la pesanteur; laquelle estant un effort, ou une inclination au mouvement, doit vraisemblablement estre produite par un mouvement. De sorte qu'il ne reste qu'à chercher de quelle maniere il peut agir, et dans quels corps il se peut rencontrer.

A regarder simplement les corps, sans cette qualité qu'on appelle pesanteur, leur mouvement est naturellement ou droit ou circulaire. Le premier leur appartenant lors qu'ils se meuvent sans empeschement: l'autre quand ils sont retenus autour de quelque centre, ou qu'ils tournent sur leur centre mesme. Nous connoissons aucunement la nature du mouvement droit, et les loix que gardent les corps dans la communication de leurs mouvements, lorsqu'ils se rencontrent. Mais

tant que l'on ne considère que cette sorte de mouvement, et les réflexions qui en arrivent entre les parties de la matière, on ne trouve rien qui les détermine à tendre vers un centre. Il faut donc venir nécessairement aux propriétés du mouvement circulaire, et voir s'il y en a quelqu'une qui nous puisse servir.

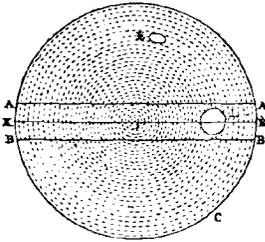
Je sçay que M<sup>r</sup>. Des Cartes a aussi tasché dans sa Physique d'expliquer la pesanteur par le mouvement de certaine matière qui tourne autour de la Terre; et c'est beaucoup d'avoir eu le premier cette pensée. Mais l'on verra, par les remarques que je feray dans la suite de ce discours, en quoy sa manière est différente de celle que je vais proposer, et aussi en quoy elle m'a semblé defectueuse.

Il a considéré, comme moy, l'effort que font les corps, qui tournent circulairement, à s'éloigner du centre; dont l'expérience ne nous permet pas de douter. Car en tournant une pierre dans une fronde, l'on sent qu'elle nous tire la main, et cela d'autant plus fort que l'on tourne plus viste; jusques là mesme que la corde peut venir à se casser. J'ay fait voir cy devant cette mesme propriété du mouvement circulaire, en attachant des corps pesants sur une table ronde, percée au centre, et qui tournoit sur un pivot; et j'ay trouvé la détermination de sa force, et plusieurs Theoremes qui la concernent: que l'on peut voir à la fin du livre que j'ay escrit du Mouvement des Pendules. Par exemple, je dis qu'un corps tournant en rond, au bout d'une corde étendue horizontalement, s'il va avec la vitesse qu'il pourroit acquerir par sa chute, en tombant d'une hauteur égale à la moitié de la mesme corde, c'est-à-dire au quart du diametre de la circonférence qu'il décrit, elle sera tirée justement avec autant de force que si elle foutenoit le mesme corps suspendu en l'air.

L'effort à s'éloigner du centre est donc un effet constant du mouvement circulaire, et quoyque cet effet semble directement opposé à celui de la gravité, et que l'on ait objecté à Copernic que, par le tournoisement de la terre en 24 heures, les maisons et les hommes devroient estre jettez dans l'air; je feray voir pourtant, que ce mesme effort, que font les corps tournants en rond à s'éloigner du centre, est cause que d'autres corps concourent vers le mesme centre.

7. Imaginons nous qu'à l'entour du centre D il tourne de la matière fluide contenue dans l'espace ABC, dont elle ne puisse point sortir à cause des autres corps qui l'environnent. Il est certain que

toutes les parties de ce fluide font effort pour s'éloigner du centre D; mais sans aucun effet, puis que celles, qui devroient succeder en leur place, ont la mesme inclination à s'éloigner de ce centre. Mais



si parmy les parties de cette matiere il y en avoit quelqu'une, comme E, qui ne suivist pas le mouvement circulaire des autres, ou qui allast moint vite que celles qui l'environnent; je dis qu'elle sera poussée vers le centre, parce que ne faisant point d'effort pour s'en éloigner, ou en faisant moins que les parties prochaines, elle ceda à l'effort de celles qui seront moins

éloignées du centre D, et leur fera place en s'approchant vers ce centre, puisqu'elle ne le scauroit faire autrement.

L'on peut voir cet effet par une experience que j'ay faite expres pour cela, qui merite bien d'estre remarquée, parce qu'elle fait voir à l'oeil une image de la pesanteur. Je pris un vaisseau cylindrique, d'environ 8 ou 10 pouces de diametre, et dont le fond estoit blanc et uni, sa hauteur n'avoit que la moitié ou le tiers de sa largeur. L'ayant rempli d'eau, j'y jettay de la cire d'Espagne concassée, qui, estant tant soit peu plus pesante que l'eau, va au fond; et en suite je le couvris d'un verre, appliqué immédiatement sur l'eau, que j'attachay tout autour avec du ciment, afin que rien ne püst echaper. Estant ainsi ajusté, je plaçay ce vaisseau au milieu de la table ronde, dont j'ay parlé peu devant; et la faisant tourner, je vis aussi tost que les brins de la cire d'Espagne, qui touchoient au fond, et suivoient mieux le mouvement du vaisseau que ne faisoit l'eau, s'allerent mettre tout autour des bords, par la raison qu'ils avoient plus de force que l'eau à s'éloigner du centre. Mais ayant continué un peu de temps à faire tourner le vaisseau avec la table, par où l'eau acqueroit de plus en plus le mouvement circulaire, j'arrestay soudainement la table; et alors à l'instant toute la cire d'Espagne s'ensuit au centre en un morceau, qui me representa l'effet de la pesanteur. Et la raison de cecy estoit que l'eau, non-obstant le repos du vaisseau, continuoit encore son mouvement circulaire, et par consequent son effort à s'éloigner du centre; au lieu que la cire d'Espagne l'avoit perdu, ou peu s'en faut, pour toucher au fond du vaisseau qui estoit arrêté. Je remarquay aussi que cette poudre s'alloit rendre au

centre par des lignes Spirales, parce que l'eau l'entraînoit encore quelque peu. Mais si l'on ajuste, dans ce vaisseau, quelque corps en sorte, qu'il ne puisse point du tout suivre le mouvement de l'eau, mais seulement s'en aller vers le centre, il y sera alors poussé tout droit. Comme si L est une petite boule, qui puisse rouler librement sur le fond, entre les filets AA, BB et un troisième un peu plus élevé KK, tendus horizontalement par le milieu du vaisseau; l'on verra qu'aussi tost que le mouvement du vaisseau sera arrêté, cette boule s'en ira au centre D. Et il faut noter que, dans cette dernière expérience, on peut rendre le corps L de la même pesanteur que l'eau, et que la chose en succedera encore mieux; de sorte que, sans aucune différence de pesanteur des corps qui sont dans le vaisseau, le seul mouvement en produit icy l'effect.

L'expérience que Mr. Des Cartes propose, dans une de ses lettres imprimées, differe beaucoup de celle cy, car il remplit le vaisseau ABC de menuë dragée de plomb, entre-meslée de quelques pieces de bois, ou d'autre matiere plus legere que le plomb: et faisant tout tourner ensemble, il dit que les pieces de bois seront chassées vers le milieu du vase, ce que je puis bien croire, pourvu toutefois qu'on frappast legerement sur les bords du vaisseau, pour faciliter la separation de ces deux matieres. Mais ce qui arrive icy n'est nullement propre à représenter l'effet de la pesanteur; puis qu'on devoit conclure de cette expérience, que les corps, qui contiennent le moins de matiere, sont ceux qui pesent le plus, ce qui est contraire à ce qui s'observe dans la véritable pesanteur. Il propose encore, dans une autre lettre, de jeter, dans de l'eau tournante, de petits morceaux de bois, et il dit qu'ils s'en iront vers le milieu de l'eau. Au quel endroit s'il entend du bois qui nage sur l'eau, comme il y a de l'apparence, il ne se fera point de concentration. Mais s'il veut qu'il aille au fond, ce sera véritablement la même expérience que j'ay proposée peu auparavant, et le bois s'amassera au centre, mais ce sera à cause qu'en touchant au fond du vase, son mouvement circulaire sera retardé, de laquelle raison Mr. Des Cartes n'a point parlé.

Or ayant trouvé dans la nature un effect semblable à celui de la pesanteur, et dont la cause est connuë, il reste à voir si l'on peut supposer qu'il arrive quelque chose de pareil à l'égard de la Terre, c'est à dire qu'il y ait quelque mouvement de matiere qui contraigne

les corps à tendre au centre, au qui s'accommode en mesme temps à tous les autres phenomenes de la pesanteur.

Supposant le mouvement journalier de la Terre, et que l'air et l'ether qui l'environnent ayent ce mesme mouvement, il n'y a encore rien en cela qui doit produire la pesanteur: puisque suivant l'experience peu devant rapportée, les corps terrestres ne devroient point suivre ce mouvement circulaire de la matiere celeste, mais estre à son égard comme en repos, s'il falloit qu'ils fussent poussez par elle vers le centre.

Que si l'on vouloit que la matiere celeste tournast du mesme costé que la Terre, mais avec beaucoup plus de vitesse, il s'ensuivroit que ce mouvement rapide, d'une matiere qui se mouvroit continuellement et toute d'un mesme costé, se feroit sentir, et qu'elle emporteroit avec elle les corps qui sont sur la Terre; de mesme que l'eau emporte la cire d'Espagne dans nostre experience; ce qui pourtant ne se fait nullement. Mais outre cela, ce mouvement circulaire, autour de l'axe de la Terre, ne pourroit en tout cas chasser les corps, qui ne suivent pas le mesme mouvement, que vers ce mesme axe; de sorte que nous ne verrions pas les corps pesants tomber perpendiculairement à l'horizon, mais par des lignes perpendiculaires à l'axe du monde, ce qui est encore contre l'experience.

Pour expliquer donc la pesanteur de la maniere que je la conçois, je supposeray que dans l'espace spherique, qui comprend la Terre et les corps qui sont au tour d'elle jusqu'à une grande estenduë, il y a une matiere fluide qui consiste en des parties tres petites, et qui est diversement agitée en tous sens, avec beaucoup de rapidité. Laquelle matiere ne pouvant sortir de cet espace, qui est entouré d'autres corps, je dis que son mouvement doit devenir en partie circulaire autour du centre; non pas tellement pourtant qu'elle viene à tourner toute d'un mesme sens, mais en sorte que la pluspart de ses mouvemens differens se fassent dans des surfaces spheriques à l'entour du centre dudit espace, qui pour cela devient aussi le centre de la Terre.

La raison de ce mouvement circulaire est que la matiere contenue dans quelque espace, se meut plus aisement de cette maniere que par des mouvemens droits contraires les uns aux autres, lesquels mesme en se reflexissant, (parce que la matiere ne peut pas sortir de l'espace qui l'enferme) sont reduits à se changer en circulaires.

L'on voit cet effect du mouvement lors qu'on essaie de l'argent par la Coupelle; car la petite boule de plomb meslée d'argent, ayant ses parties fortement agitées par la chaleur, tourne incessamment autour de son centre, tantost d'un costé tantost d'un autre, changeant à tous momens, et si viste que l'oeil a de la peine à s'en appercevoir. Il arrive encore la mesme chose à une goutte de suif de chandelle, lors que la tenant suspendue à la pointe des mouchettes, on l'approche de la flamme, car elle se met à tourner avec une tres grande vitesse.

Il est vray que d'ordinaire cette goutte tourne toute d'un costé ou d'autre, selon que la flamme de la chandelle vient à la toucher. Mais dans la matiere celeste, que j'ay supposée, il n'en doit pas arriver de mesme, par ce qu'ayant une fois du mouvement en tous sens, il faut qu'il en demeure tousjours, quoyqu'il soit changé en spherique, par ce qu'il n'y a pas de raison pourquoy le mouvement d'une partie de la matiere l'emporteroit sur celui des autres, pour faire que toute la masse tournast d'un mesme sens. Car au contraire, la loy de la nature, que j'ay rapportée ailleurs, est telle dans la rencontre des corps qui sont diversement agitez, qu'il s'y conserve tousjours la mesme quantité de mouvement vers le mesme costé.

Et quoy que ces mouvemens circulaires, en tant de sens divers dans un mesme espace, semblent se devoir contrarier et empescher souvent; la grande mobilité toute fois de la matiere, aydée par la petitesse de ses parties, qui surpasse de beaucoup l'imagination, fait qu'elle souffre assez facilement toutes ces differentes agitations. L'on voit quand on a brouillé de l'eau dans une phiole de verre, de combien de differens mouvemens ses parties sont capables; et il faut se figurer la liquidité de la matiere celeste incomparablement plus grande que celle que nous remarquons dans l'eau; qui estant composée de parties pesantes, entassées les unes sur les autres, devient par là paresseuse au mouvement; au lieu que la matiere celeste, se mouvant librement de tous costez, prend tres facilement des impressions differentes par les diverses rencontres de ses parties, ou par la moindre impulsion des autres corps, et s'il n'estoit ainsi, l'air ne cederoit pas si facilement qu'il fait au mouvement de nos mains. De sorte qu'il faut considerer que les mouvemens circulaires de cette matiere fluide, autour de la Terre, sont bien souvent interrompus et changez en d'autres, mais qu'il en demeure tousjours plus que de ceux qui suivent d'autres routes: ce qui suffit pour le present dessein.

Il n'est pas difficile maintenant d'expliquer comment par ce mouvement la pesanteur est produite. Car si parmi la matiere fluide, qui tourne dans l'espace que nous avons supposé, il se rencontre des parties beaucoup plus grosses que celles qui la composent, ou des corps faits d'un amas de petites parties accrochées ensemble, et que ces corps ne suivent pas le mouvement rapide de ladite matiere, ils seront necessairement poussez vers le centre du mouvement, et y formeront le globe Terrestre s'il y en a assez pour cela, supposé que la Terre ne fust pas encore. Et la raison est la mesme que celle qui, dans l'experience raportée cy dessus, fait que la cire d'Espagne s'amasse au centre du vaisseau. C'est donc en cela que consiste vraisemblablement la pesanteur des corps: laquelle on peut dire, que c'est l'effort que fait la matiere fluide, qui tourne circulairement autour du centre de la Terre en tous sens, à s'éloigner de ce centre, et à pousser en sa place les corps qui ne suivent pas ce mouvement.

Or la raison pourquoy des corps pesants, que nous voions descendre dans l'air, ne suivent pas le mouvement spherique de la matiere fluide, est assez manifeste; parce qu'y ayant de ce mouvement vers tous les costez, les impulsions qu'un corps en reçoit se succedent si subitement les unes aux autres, qu'il y intercede moins de temps qu'il luy en faudroit pour acquerir un mouvement sensible. Mais comme cette seule raison ne suffit pas pour empêcher que les corps les plus menus que l'oeil puisse appercevoir, comme sont les brins de poussière qui voltigent dans l'air, ne soient point chassés ça et là par la rapidité de ce mouvement; il faut sçavoir que ces petits corps ne nagent pas dans la seule matiere liquide qui cause la pesanteur: mais qu'outre celle cy il y a d'autres matieres, composées de particules plus grossieres, qui remplissent la plus grande partie de l'espace qui est autour de nous, et mesme ceux des cieux; lesquelles particules quoique differemment agitées et reflechies entre elles, ne suivent pas le mouvement soudain de la matiere liquide; parce qu'estant contiguës, ou peu distantes les unes des autres, une trop grande quantité devoit se mouvoir à la fois. L'on sçait qu'il y a autour de la Terre premierement les particules de l'air, lesquelles on fera voir tout à l'heure estre plus grossieres que celles de la matiere fluide que nous avons supposée. Je dis de plus qu'il y a une matiere dont les particules sont plus menuës que celle de l'air, mais plus grossieres que celles de cette matiere fluide: ce qui se prouve par nostre expe-

rience, qu'on fait avec la Machine qui vuide l'air. Où l'on remarque l'effet d'une matiere invisible qui pese là où il n'y a point d'air; puis qu'elle y soutient l'eau suspendue dans un tube de verre, dont le bout ouvert est plongé dans d'autre eau; et qu'elle y fait couler l'eau d'un siphon recourbé, de mesme que dans l'air: pourvu que l'eau, dans ces experiences, ait esté purgée d'air; ce qui se fait en la laissant pendant quelques heures dans le vuide. Il paroît par là premierement, que les particules, de ce corps pesant et invisible, sont plus petites que celles de l'air, puisqu'elles passent à travers le verre qui exclud l'air, et qu'elles y font apercevoir leur pesanteur. Il paroît de plus qu'elles doivent estre plus grossieres que les particules de la matiere fluide qui cause la pesanteur, afin que le corps qu'elles composent ne suive pas le mouvement de cette matiere, par ce qu'en le suivant il ne seroit pas pesant. Il peut y avoir autour de nous encore d'autres sortes de matieres de differents degrez de tenuité, quoyque toutes plus grossieres que n'est la matiere qui cause la pesanteur. Lesquelles contribueront donc toutes à empêcher les petits brins de la poussiere d'estre emportez par le mouvement rapide de cette matiere, parce qu'elles ne suivent pas ce mouvement elles mesmes.

Il ne faut pas au reste trouver etranges ces differents degrez de petits corpuscules, ni leur extreme petitesse. Car bien que nous ayons quelque penchant à croire que des corps, à peine visibles, sont desja presque aussi petits qu'ils le peuvent estre, la raison nous dit que la mesme proportion qu'il y a d'une montagne à un grain de sable, ce grain la peut avoir à un autre petit corps, et celui cy encore à un autre, et cela autant de fois qu'on voudra.

L'extreme petitesse des parties de nostre matiere fluide est encore d'une necessité absolue pour rendre raison d'un effet considerable de la pesanteur; qui est que des corps pesants, enfermez de tous costez dans un vaisseau de verre, de metal, ou de quelqu'autre matiere que ce soit, se trouvent peser tousjours également. De sorte qu'il faut que la matiere que nous avons dit estre cause de la pesanteur, passe tres librement à travers tous les corps qu'on estime les plus solides, et avec la mesme facilité qu'à travers l'air.

Ce qui se confirme encore par ce que, s'il n'y avoit pas cette liberté de passage, une bouteille de verre peseroit autant qu'un corps massif de verre de la mesme grandeur; et que tous les corps solides d'égal volume peseroient également; puisque, selon nostre Theorie,

la pesanteur de chaque corps est réglée par la quantité de la matière fluide qui doit monter en sa place.

Cette matière passe donc facilement dans les interstices des particules dont les corps sont composez, mais non pas par les particules mesmes; et ce qui cause les diverses pesanteurs, par exemple, des pierres, des métaux etc. c'est que ceux de ces corps, qui sont plus pesants, contiennent plus de telles particules, non en nombre mais en volume: car c'est en leur place seulement que la matière fluide peut monter. Mais parce qu'on pourroit douter, si ces particules, estant impenetrables à la dite matière, sont pour cela entierement solides: (car ne l'estant pas, ou mesme estant vuides, elles devoient faire le mesme effet, par la raison que je viens de dire) je demonstreray qu'elles ont cette parfaite solidité; et que par consequent la pesanteur des corps suit precisement la proportion de la matière, qui les compose.

Je feray remarquer pour cela ce qui arrive dans le choc de deux corps, quand ils se rencontrent d'un mouvement horizontal. Il est certain que la resistance que font les corps à estre mûs horizontalement, comme seroit une boule de marbre ou de plomb posée sur une table bien unie, n'est pas causée par leur poids vers la Terre, puisque le mouvement lateral ne tend pas à les eloigner de la Terre, et qu'ainsi il n'est nullement contraire à l'action de la pesanteur, qui les pousse en bas.

Il n'y a donc rien que la quantité de matière attachée ensemble, que chaque corps contient, qui produit cette resistance: de sorte que si deux corps en contiennent autant l'un que l'autre, ils reflechiront également, ou demeureront tous deux sans mouvement, selon qu'ils seront durs ou mols. Mais l'expérience fait voir que toutes les fois que deux corps reflechissent ainsi également ou s'arrestent l'un l'autre, estant venus à se rencontrer avec d'égales vitesses, ces corps sont d'égale pesanteur: donc il s'ensuit que ceux, qui sont composez d'égale quantité de matière, sont aussi d'égale pesanteur, ce qu'il falloit demonstrer.

Mons. Des Cartes estoit en cecy d'un autre sentiment, comme encore en ce qui regarde le passage libre de la matière, qui cause la pesanteur, à travers les corps sur lesquels elle agit. Car pour ce qui est de ce dernier point, il veut que cette matière soit empêchée, par la rencontre de la Terre, de continuer ses mouvements en ligne

droite, et que pour cela elle s'en éloigne le plus qu'elle peut. En quoy il semble n'avoir pas pensé à cette propriété de la pesanteur que j'ay fait remarquer peu auparavant. Car si le mouvement de cette matiere est empêché par la Terre, elle ne penetrera non plus librement les corps des metaux ni celui du verre. D'où il s'ensuivroit que du plomb enfermé dans une phiole perdrait son poids à l'égard de la phiole mesme, ou que du moins ce poids seroit diminué. De plus, en portant un corps pesant au fond d'un puits, ou dans quelque carriere ou mine profonde, il y devroit perdre beaucoup de sa pesanteur. Mais on n'a pas trouvé, que je scache, par experience qu'il en perde quoy que ce soit.

Quant à l'autre point, M<sup>r</sup>. Des Cartes pretend, que, quoy qu'une masse d'or soit vingt fois plus pesante qu'une portion d'eau de la mesme grandeur, l'or neanmoins peut ne contenir que 4 ou 5 fois autant de matiere que l'eau: premierement à cause qu'il faut deduire (il faloit plutost dire ajouter) un poids égal à l'un et l'autre, à raison de l'air dans lequel on les pese: et puis parce que l'eau et les autres liquides ont quelque legereté à l'égard des corps durs, d'autant que les parties des premiers sont en un mouvement continuel.

Mais on peut respondre à la premiere de ces deux raisons, que la pesenteur de l'air autour de nous, n'estant à celle de l'eau qu'environ comme 1 à 800, ce ne sera pas un poids considerable qu'il faudra ajouter également à celui de l'eau et de l'or, trouvé par la balance. Et pour l'autre raison, si elle estoit bonne, il faudroit qu'une mesme portion d'eau, après estre gelée pesast bien d'avantage qu'estant liquide; et de mesme les metaux en masse, plus que quand ils sont fondus; ce qui est contre l'experience. Outre que je ne vois pas comment il a conceu que le mouvement des parties des corps liquides leur donneroit de la legereté, c'est-à-dire de l'effort pour s'ecarter du centre, puisque pour cela il faudroit que ce mouvement fust circulaire autour du centre de la Terre, ou qu'il fust plus fort vers le haut que vers le bas, ce qu'il n'a jamais dit, mais bien au contraire que les parties des liqueurs se meuvent en tous sens indifferement.

Il ne semble non plus avoir consideré combien la vitesse de la matiere fluide doit estre grande, pour donner autant de pesanteur qu'on en trouve à la plus part des corps: parce qu'autrement il auroit bien jugé que le mouvement, que peuvent avoir les parties de

l'eau et de semblables liquides, n'est nullement comparable au mouvement de cette matiere qui cause la pesanteur.

Pour moy j'ay recherché soigneusement le degré de cette vitesse, et je crois pouvoir determiner à peu près à combien elle doit monter. Et puis que plusieurs autres effets naturels en peuvent dependre, il ne sera pas inutile de faire voir icy ce que produit mon calcul, et sur quoy il est fondé. Reprenant donc la figure dont je me suis servi cy dessus, puis que la pesanteur du corps E est justement égale à l'effort avec lequel une portion aussi grande, de la matiere fluide, tend à s'éloigner du centre D; ou que c'est plutost la mesme chose; il faut qu'une livre de plomb, par exemple, pese autant vers la Terre, qu'une masse de la matiere fluide, de la grandeur de ce plomb, (j'entens de la grandeur que font ses parties solides) pese du costé d'enhaut pour s'éloigner du centre, par la vertu de son mouvement circulaire. Or la matiere du plomb et la matiere fluide ne different en rien selon nostre hypothese. On peut donc dire que la livre de plomb pese autant vers le bas, qu'elle peseroit vers le haut, si, demeurant à la mesme distance du centre de la Terre, elle tournoit autour avec autant de vitesse que fait la matiere fluide. Mais je trouve par ma Theorie du mouvement Circulaire, qui s'accorde parfaitement avec l'experience, qu'un corps tournant en cercle, si on veut que son effort à s'éloigner du centre, égale justement l'effort de la simple pesanteur, il faut qu'il fasse chaque tour en autant de temps, qu'un Pendule, de la longueur du demi diametre de ce cercle, en emploie à faire deux allées. Il faut donc voir en combien de temps un pendule, de la longueur du demidiametre de la Terre, feroit ces deux allées. Ce qui est aisé par la propriété connue des pendules, et par la longueur de celuy qui bat les Secondes, qui est de 3 pieds  $8\frac{1}{2}$  lignes, mesure de Paris. Et je trouve qu'il faudroit pour ces deux vibrations 1 heure  $24\frac{1}{2}$  minutes; en supposant, suivant l'exacte dimension de Mr. Picard, le demidiametre de la Terre de 19 615 800 pieds de la mesme mesure. La vitesse donc de la matiere fluide, à l'endroit de la surface de la Terre, doit estre égale à celle d'un corps qui feroit le tour de la Terre dans ce temps de 1 heure,  $24\frac{1}{2}$  minutes. Laquelle vitesse est, à fort peu près, 17 fois plus grande que celle d'un point sous l'Equateur; qui fait le mesme tour, à l'égard des Etoiles fixes, comme on doit le prendre icy, en 23 heures, 56 minutes. Ce qui paroît par la proportion entre ce temps

et celuy d'une heure  $24\frac{1}{2}$  minutes, qui est tres prés comme de 17 à 1.

Je sçay que cette rapidité semblera étrange à qui la voudra comparer avec les mouvemens qui se voient icy parmy nous. Mais cela ne doit point faire de difficulté; et mesme, par raport à sa sphere, ou à la grandeur de la Terre, elle ne paroitra point extraordinaire. Car si, par exemple, en regardant un Globe Terrestre, de ceux qu'on fait pour l'usage de la Geographie, on s' imagine sur ce globe un point qui n'avance que d'un degré en 14 Secondes ou battemens de pous, qui est la vitesse de la matiere que je viens de dire; on trouvera ce mouvement tres mediocre, et mesme il pourra sembler estre lent.

Il y a au reste plusieurs effets naturels qui semblent demander une matiere extremement agitée, et qui penetre facilement par les pores des corps. Telle est la force de la poudre à Canon, qui en s'allumant ne prend pas son mouvement violent d'elle mesme, ni de celuy qui en approche la mesche; et par consequent il faut qu'il viene de quelqu'autre matiere qui ait ce mouvement, et qui se trouve par tout; faisant son effet toutes les fois qu'elle y trouve une disposition convenable. Telle est aussi, à ce que je conçois, la force du Ressort, tant de l'acier et autres corps solides, que de celuy de l'air. A quoy l'on peut joindre celle des muscles des animaux: qu'on explique fort bien par une fermentation que le suc des nerfs cause dans le sang: mais d'où viendra la force de la fermentation, si ce n'est de quelque mouvement de dehors? La puissante action de la Gelée ne paroît pas non plus concevable, si on n'a recours à une impulsion violente de quelque matiere, qui fasse étendre ou la glace, en y introduisant d'autres particules, ou les bulles qui s'y forment, en augmentant l'air qu'elles contiennent. Ce qui se fait avec tant de violence, que j'en ay vû crever des canons de mousquet, dans lesquels l'eau avoit esté enfermée.

Mais pour revenir à la Pesanteur; l'extreme vitesse de la matiere qui la cause, sert encore à expliquer comment les corps pesants, en tombant, accelerent tousjours leur mouvement, quand mesme ils l'ont desja acquis à un fort grand degré de vitesse. Car celuy de la matiere fluide, surpassant encore de beaucoup la celerité d'un boulet de canon, par exemple, qui retombe de l'air, après y avoir esté tiré perpendiculairement; ce boulet, jusqu'à la fin de sa chute, ressent à

fort peu près la mesme pression de cette matiere, et partant sa célérité en est continuellement augmentée. Au lieu que, si la matiere n'avoit qu'un mouvement mediocre, la balle après en avoir acquis autant, n'accellereroit plus sa chute, par ce qu'autrement elle seroit obligée de pousser cette mesme matiere, à succeder dans sa place avec plus de vitesse qu'elle n'auroit pour cela par son propre mouvement.

L'on peut enfin trouver icy la raison du Principe que Galilée a pris pour demontrer la proportion de l'acceleration des corps qui tombent; qui est que leur vitesse s'augmente également en des temps égaux. Car les corps estant poussez successivement par les parties de la matiere qui tasche de monter en leur place, et qui, comme on vient de voir, agissent continuellement sur eux avec la mesme force, du moins dans les chûtes qui tombent sous nostre experience; c'en est une suite necessaire que l'accroissement des vitesses soit proportionnel à celuy des temps.

Ainsi donc j'ay expliqué, par une Hypothese qui n'a rien d'impossible, pourquoy les corps terrestres tendent au centre; pourquoy l'action de la gravité ne peut estre empêchée par l'interposition d'aucun corps de ceux que nous connoissons; pourquoy les parties de dedans de chaque corps contribuent toutes à sa pesanteur; et pourquoy en fin les corps en tombant augmentent continuellement leur vitesse, et cela dans la raison des temps. Qui sont les proprietéz de la pesanteur qu'on avoit remarquées jusqu'à present.

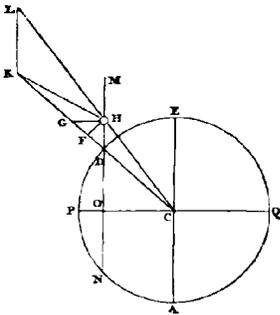
Il en reste une encore, que jusqu'icy on n'a pas crû moins certaine; qui est que les corps pesans le sont autant en un endroit de la Terre qu'en un autre. Ce qui aiant esté trouvé autrement, par des observations qu'on a faites depuis peu, il vaut la peine d'examiner d'où cela peut proceder, et quelles en sont les consequences.

L'on assure d'avoir trouvé dans la Caiene, qui est un païs dans l'Amerique, éloigné seulement de 4 ou 5 degrez de l'Equateur, qu'un Pendule qui bat les Secondes, y est plus court qu'à Paris d'une ligne et un quart, d'où s'ensuit que, si on prend des pendules d'égale longueur, celuy de la Caiene fait des allées un peu plus lentes que celuy de Paris. La verité du fait estant posée, on ne peut douter que ce ne soit une marque assurée de ce que les corps pesans descendent plus lentement en ce païs là qu'en France. Et comme cette diversité ne scauroit estre attribuée à la tenuité de l'air, qui est plus grande dans la zone Torride; parce qu'elle devoit causer un effet

tout contraire; je ne vois pas qu'il puisse y avoir d'autre raison, sinon qu'un mesme corps pese moins sous la ligne que sous des Climats qui s'en eloignent. Je reconnus, aussi tost qu'on nous eust communiqué ce nouveau phenomene, que la cause en pouvoit estre raportée au mouvement journalier de la Terre: qui estant plus grand en chaque país, selon qu'il approche plus de la ligne Equinoctiale, doit produire un effort proportionné à rejeter les corps du centre; et leur oster par là une certaine partie de leur pesanteur. Et il est aisé, par les choses expliquées cy dessus, de sçavoir la quantieme partie ce doit estre, dans les corps qui se trouvent placez sous l'Equateur. Car ayant trouvé, comme on a vû, que, si la Terre tournoit 17 fois plus viste qu'elle ne fait, la force Centrifuge sous l'Equateur seroit égale à toute la pesanteur d'un corps; il faut que le mouvement de la Terre, tel qu'il est maintenant, oste une partie de la pesanteur, qui soit à la pesanteur entiere comme 1 au quarré de 17, c'est-à-dire  $\frac{1}{289}$ ; parce que les forces des corps, à s'éloigner du centre autour du quel ils tournent, sont entre elles comme les quarez de leurs vitesses, suivant mon Theoreme 3<sup>e</sup>. de *Vi Centrifuga*. Chaque corps, sous l'Equateur, estant donc moins pesant de  $\frac{1}{289}$  de ce qu'il seroit si la Terre ne tournoit point sur son axe; il s'ensuit, par les loix de la Mechanique, que la longueur d'un Pendule, en cet endroit, doit aussi estre diminuée de  $\frac{1}{289}$ , pour faire ses allées dans le mesme temps qu'il les feroit sur la Terre immobile.

Mais pour sçavoir la diminution que doit souffrir un Pendule, qui de Paris est transporté sous la ligne Equinoctiale, il faut considerer qu'à Paris sa longueur est desja moindre que si la Terre estoit en repos; parce que le mouvement journalier fait aussi sous ce parallele son effort à éloigner les corps du centre de la Terre. Lequel effort n'est pourtant pas si grand qu'il est sous la Ligne; tant à cause que le cercle du mouvement est moindre, que parce qu'il ne chasse pas les corps directement en haut, mais suivant la perpendiculaire à l'axe de la Terre, comme l'on verra par cette figure. Le cercle PAQE y represente la Terre, coupée par un plan qui passe par ses deux poles, P, Q, le centre est C: le cercle Equinoctial ECA: le parallele de Paris DON, supposant que Paris est en D. KH represente une corde qui soutient un plomb H, qui s'écarte de la perpendiculaire KDC, parce qu'il est rejetté, par le mouvement circulaire, suivant la ligne ODM; que je suppose passer par le poids H.

Pour connoître maintenant quelle doit estre la situation du fil KH, et combien moins le plomb H pese de cette facon, que s'il pendoit perpendiculairement le long de KD; il faut considerer le point H comme estant tiré par trois fils, HC, HM, HK, desquels HC le tire vers le centre de la Terre, avec tout le poids que le plomb auroit si la Terre estoit sans mouvement, mais HM le tire de son costé



avec la force que donne le mouvement de la Terre dans le cercle DN, et le troisieme fil HK tire, ou est tiré, avec une force qui est celle qu'on cherche. Ayant donc prolongé CH, et mené KL parallele à DM; l'on sçait que les trois costez du triangle HLK sont proportionels aux puissances qui tirent le point H: le costé LH respondant à celle qui tire par HC; le costé KL à celle qui tire par HM; et le costé HK à la puissance qui tire ou soutient le plomb par le fil KH. Mais le triangle KDH est censé avoir tous ses

costez égaux à ceux du triangle HLK, parce que CHIL est comme parallele à CDK. Les costez donc de KDII respondent aux mesmes puissances: sçavoir le costé KD à la pesanteur absoluë du poids II, qu'il auroit si la Terre ne tournoit point; DH à la puissance que luy imprime le mouvement journalier; et KH à la pesanteur qu'on cherche. Or ce triangle KHD est donné, car puis que nous sçavons que l'effort circulaire, sous l'Equateur en E, est  $\frac{1}{289}$  du poids absolu: et puisque cet effort est à celui en D, ou en H, comme EC à DO, qui sont en raison donnée, nous sçaurons donc aussi, quelle partie du poids absolu est l'effort centrifuge en D ou H, c'est-à-dire que la raison de DK à DH sera connue, comme estant composée de celle de 289 à 1, et de EC à DO. Mais l'angle HDK est aussi connu, estant égal à celui de la Latitude de Paris, sçavoir de 48 degr. 51 min. Donc on connoitra la raison de DK à KH, qui est celle de la pesanteur absoluë des corps, à celle qu'ils ont à Paris, et qui est encore celle de la longueur du pendule sur la Terre immobile, à la longueur qu'il doit avoir sous ce Parallele, suivant ce qui desja a esté dit. Et puis que la longueur du pendule à Secondes est donnée à Paris, l'on sçaura aussi celle qu'auroit le pendule à Secondes sur

la Terre immobile, et quelle est leur difference, et de combien cette difference est moindre que cette  $\frac{1}{289}$ , que nous avons trouvée sous l'Equateur.

Pour faire cette supputation avec facilité, et sans le calcul des triangles, il faut sçavoir, et nous le prouverons à cette heure, que, comme le quarré du rayon EC est au quarré de DO, sinus du complement de la Latitude de Paris, ainsi est  $\frac{1}{289}$ , difference ou racourcissement da pendule sous l'Equateur, à la difference ou racourcissement à Paris. Qui se trouve par la estre  $\frac{1}{668}$  de la longueur du pendule sur la Terre immobile, ou sous le Pole. Et puisque le Pendule à secondes à Paris, est de 3 pieds  $8\frac{1}{2}$  lignes; il s'ensuit que la Longueur du pendule sur la Terre immobile, ou sous le Pole, seroit de 3 pieds  $9\frac{1}{6}$  lignes, d'où ostant  $\frac{1}{289}$ , qui fait  $1\frac{1}{2}$  ligne, ou aura la longueur du pendule à Secondes, sous l'Equateur, de 3 pieds  $7\frac{2}{3}$  lignes. De sorte que ce pendule seroit plus court, que celui de Paris, de  $\frac{5}{6}$  d'une ligne; qui est un peu moins que ce qui a été trouvé à la Caiene par M<sup>r</sup>. Richer, sçavoir une ligne et un quart.

Mais on ne peut pas se fier entierement à ces premieres observations, desquelles on ne voit marqué aucune circonstance. Et encore moins, à ce que je crois, à celles qu'on dit avoir été faites à la Gadalupe, où le racourcissement du pendule de Paris auroit été trouvé de 2 lignes. Il faut esperer qu'avec le temps nous serons informez au juste de ces differentes longueurs, tant sous la ligne qu'en d'autres Climats; et certainement la chose merite bien d'estre recherchée avec soin, quand ce ne seroit que pour corriger, suivant cette Theorie, les mouvemens des Horloges à Pendule, en les faisant servir à mesurer les Longitudes sur mer. Car une Horloge, par exemple qui seroit bien réglée à Paris, estant transportée en quelque endroit sous l'Equateur, retarderoit environ d'une minute et 5 secondes en 24 heures; comme il est aisé de supputer suivant le raisonnement precedent: et ainsi à proportion pour chaque different degré de Latitude. Où l'on trouvera que ces retardemens, entre eux, suivent assez precisément la mesme proportion que les diminutions de la longueur du pendule: et que le plus grand retardement, tel que seroit celui d'une Horloge sous l'Equateur, lors qu'elle auroit été réglée sous le Pole, seroit par jour fort près de  $2\frac{1}{2}$  minutes. En ayant donc calculé des Tables, on pourroit corriger, par leur moien,

le mouvement des Horloges, et s'en servir avec la mesme sureté que si ce mouvement estoit par tout égal.

Pour demonstrier ce qui à esté posé un peu auparavant, en cherchant la diminution du Pendule à Paris (et c'est la mesme chose dans quelque autre lieu que ce soit) lorsqu'on connoit la quantité de cette diminution sous l'Equateur: soit prise, dans la mesme figure,  $KF$  égale à  $KH$ , et soit  $HG$  parallele à l'axe  $PQ$ . Il a esté montré que  $HD$  est à  $DK$ . comme l'effort à s'éloigner du centre, en  $D$  ou  $H$ , au poids absolu sur la Terre immobile. Mais comme  $EC$  ou  $CD$  à  $DO$ , c'est-à-dire comme  $GD$  à  $HD$ , ainsi est l'effort centrifuge en  $E$ , sous l'Equateur, à celuy en  $D$ . Donc comme  $GD$  à  $DK$ , ainsi sera l'effort centrifuge en  $E$ , au poids absolu sur la Terre immobile. Et la ligne  $GD$  sera le racourcissement du pendule, qui est requis sous l'Equateur, suivant ce qui a esté dit cy devant. Mais  $FD$  est le racourcissement à Paris; et  $GD$  est à  $DF$  comme le quarré de  $GD$  au quarré de  $DH$ ; parce que la petitesse de l'angle  $DKH$ , fait que  $HF$  peut estre considérée comme perpendiculaire à  $GD$ . Le racourcissement donc sous l'Equateur, à celuy qui convient à Paris, est comme le quarré de  $GD$  au quarré de  $DH$ ; c'est-à-dire comme le quarré de  $CD$ , ou de  $EC$ , au quarré de  $DO$ , ce qu'il falloit demonstrier.

Il reste à considerer l'angle  $HKD$ , dans la mesme figure; qui marque de combien le plomb  $KH$ , estant en repos, decline de la perpendiculaire  $KD$ . Où je trouve que, sous le Parallele de Paris, cet angle est de 5 minutes 54 secondes; et qu'il doit estre encore un peu plus grand au  $45^{\circ}$  degré de Latitude.

Cette declinaison est bien contraire à ce qu'on a supposé, de tout temps, comme une verité tres certaine; sçavoir que la corde, qui tient un plomb suspendu, tend directement au centre de la Terre. Et cet angle, d'une dixieme de degré, est assez considerable, pour faire croire qu'on devoit s'en estre aperceu, soit dans les observations Astronomiques, soit dans celles qu'on fait avec le Niveau. Car pour ne parler que de ces dernieres, ne faudroit il pas, qu'en regardent du costé du Nord, la ligne du niveau baissast visiblement sous l'Horizon? ce qui pourtant n'a jamais esté remarqué, ni qui assurément n'arrive point. Et pour en dire la raison, qui est un autre paradoxe, c'est que la Terre n'est pas tout à fait spherique, mais d'une figure de sphere abaissée vers les deux Poles, telle que feroit à peu près une Ellipse, en tournant sur son petit axe. Cela procede du mouvement

journalier de la Terre, et c'est une suite necessaire de la declinaison susdite du plomb. Parce que la descente des corps pesans estant parallele à la ligne de cette suspension, il faut que la surface de tout liquide se dispose en sorte, que cette ligne luy soit perpendiculaire, parce qu'autrement il pourroit descendre d'avantage. Partant la surface de la mer est telle, qu'en tout lieu le fil suspendu luy est perpendiculaire. D'où s'ensuit que la ligne du niveau, c'est-à-dire celle qui coupe le fil, du plomb suspendu, à angles droits, doit marquer l'horizon, ainsi qu'elle fait; n'y ayant que la hauteur du lieu, où le niveau est placé, qui le fasse viser quelque peu plus haut. Or les costez des terres estant generalement elevées, et presque par tout de mesme, à l'égard de la mer; il s'ensuit que tout le composé, de terres et de mers, est reduit à la mesme figure spheróide que la surface de la mer se donne necessairement. Et il est à croire, que la Terre a pris cette figure, lors qu'elle a esté assemblée par l'effect de la pesanteur: sa matiere ayant dès lors le mouvement circulaire de 24 heures.

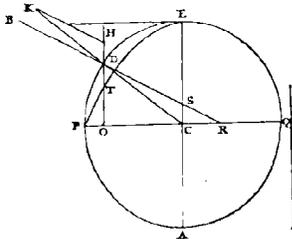
#### ADDITION.

Quelque temps après que j'eus achevé d'écrire ce qui precede, ayant receu et examiné le journal du voiage, qui, par ordre de Messieurs les Directeurs de la Compagnie des Indes Orientales, a esté fait, avec nos Horloges à pendule, jusqu'au Cap de Bonne Esperance; et du depuis ayant encore lu le tres sçavant ouvrage de M<sup>r</sup>. Newton, dont le titre est *Philosophiae Naturalis principia Mathematica*; l'un et l'autre me fournit de la matiere pour étendre d'avantage ce Discours. Et premierement, quant aux differentes longueurs des Pendules dans divers Climats, dont il a aussi traité, je crois avoir, par le moien de ces Horloges, non seulement une confirmation evidente de cet effet du mouvement de la Terre, mais aussi de la mesure de ces longueurs, qui s'accorde tres bien avec le calcul que je viens d'en donner. Car ayant corrigé et rectifié, suivant ce calcul, les Longitudes qu'on avoit mesurées par les Horloges, au retour du Cap de B. Esp<sup>e</sup>. jusqu'au Texel en Hollande, (car en allant elles n'avoient point servi) j'ay trouvé que la route du vaisseau en estoit beaucoup mieux marquée sur la Carte, qu'elle n'estoit sans cette correction; et si bien, qu'en arrivant à ce Port, il n'y avoit pas 5 ou 6 lieues d'erreur dans la Longitude ainsi rectifiée. Supposant que celle dudit Cap avoit esté bien prise par les P. P. Jesuites, lors qu'ils y

passerent en l'année 1685, en allant à Siam; et qu'elle est de 18 de- grez plus à l'Est que celle de Paris; ce que je sçay encore d'ailleurs ne s'éloigner guere de la verité. Le detail de toute cette affaire est deduit au long dans le Rapport que j'ay fait, touchant ce voiage des Pendules, aux dits Messieurs les Directeurs. Sur lequel raport, après l'avoir fait examiner par des personnes intelligentes, il leur a plû d'ordonner qu'on fist une seconde epreuve; pour s'assurer par plu- sieurs experiences de la bonté de cette invention. L'on verra quel sera le succès de cet autre voiage, et particulièrement en ce qui est de la variation des Pendules. Estant certain que, pour la bien connoitre, ces Horloges donnent un moyen plus seur, par leur acce- leration et retardement, que n'est celuy de mesurer actuellement la longueur du pendule à Secondes en differens païs. Cependant, parce que dans l'essay, dont je viens de parler, l'experience s'est si bien accordée avec ce que j'avois trouvé par raisonnement, je m'y fie assez pour vouloir continuer cette speculation, en cherchant premierement, quelle est donc la forme de la Terre, puisqne, comme il a esté dit, elle n'est pas Spherique.

Il est donc pour cela de la considerer comme toute couverte d'eau, ou comme si toute sa masse n'estoit autre chose. Et alors il paroît, par ce qui a esté expliqué cy dessus, que la surface doit estre telle, que, dans quelque endroit que ce soit, le fil, qui soutient un plomb, l'aille rencontrer à angles droits; ayant égard à la pesanteur ensemble, et à la force centrifuge, qui detourne le fil de sa direction vers le centre. Parce que si le fil ne rencontroit pas la surface à angles droits, elle ne pourroit pas demeurer en l'assiete où elle est.

Supposé donc les mesmes choses, que dans la dernière figure du discours prece- dent, et aussi ce qui en a esté expliqué; mais faisant la forme de la Terre un peu diminuée et aplatie vers les Poles, en sorte que l'axe PQ soit plus court que le diametre EA; soit menée BDSR pa- rallele à KH, coupant EA, PQ en S et R. Puisque le fil KH, qui soutient le plomb, ou plutost sa parallele BD, doit rencontrer la surface de la mer à angles droits; et puisque ce fil pend en sorte, que KD est à DH, ou DC à CS, comme la pesanteur absoluë à la force centrifuge en D;



laquelle raison est composée de celle de la pesanteur absoluë, à la force centrifuge en E, qui est comme de 289 à 1, et de celle de cette force à la force centrifuge en D, qui est comme EC à DO; il paroît que la nature de la Ligne courbe EDP est déterminée par la propriété de sa perpendiculaire, comme DR; c'est-à-dire qu'en menant une telle perpendiculaire, tousjours la raison de DC à CS doit estre composée d'une raison donnée, et de celle de EC à DO. Ou bien, comme on en peut inferer facilement, que la raison de DO à CS, ou de OR à RC doit estre composée de la dite raison donnée, et de celle de EC à CD.

Or il est difficile de trouver ainsi des lignes courbes par la propriété donnée de leurs perpendiculaires, ou, ce qui est la mesme chose, par la propriété de leur Tangentes. Mais il y a un moyen assez aisé pour cette courbe icy, qui est fondé sur l'équilibre de certains canaux, dont Mr. Newton a donné la premiere idée.

Le canal qu'il suppose est représenté dans nostre figure par ECP, faisant un angle droit au centre de la Terre. Il faut le concevoir comme ayant quelque peu de creux, et rempli d'eau. Ce qui estant, il est certain que les deux jambes, EC, CP, se doivent tenir en équilibre, si l'on suppose que la Terre, estant toute composée d'eau, prend une figure, dont les diametres soient EA et PQ: parce qu'autrement, cette eau du canal, ne demeureroit pas non plus dans son assiete en la concevant sans canal, contre ce qu'on suppose, d'où il est aisé de trouver la raison de EA à PQ. Car en posant  $EC \propto a$ ;  $CP \propto b$ , et représentant la pesanteur absoluë par une ligne  $p$ ; et la force centrifuge en E par la ligne  $n$ ; le poids du canal PC est  $pb$ , sçavoir ce qui se fait en multipliant toutes les parties de ce canal également par la ligne  $p$ . Mais le poids du canal EC, qui seroit  $pa$ , est diminué par la force centrifuge de toutes ses parties, des quelles la plus élevée, qui est en E, a la force  $n$ ; et toutes les autres parties l'ont proportionnée à celle cy, suivant leur distances du centre D. Ce qui fait  $\frac{1}{2}na$  pour toute la force centrifuge de l'eau du canal EC, qui estant ostée de son poids  $pa$ , reste  $pa - \frac{1}{2}na$ ; qui doit estre égal à  $pb$  poids du canal PC. D'où il paroît que  $a$  est à  $b$  comme  $p$  à  $p - \frac{1}{2}n$ . C'est-à-dire que le diametre EA de la Terre, est à son axe PQ, comme 289 à 288 $\frac{1}{2}$ , ou comme 578 à 577; car la raison de  $p$  à  $n$  estoit comme 289 à 1.

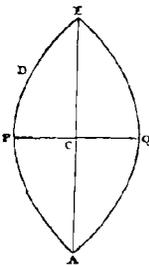
Pour trouver en suite quelle est la ligne courbe EDP, je m'ima-

gine le canal plein d'eau ECD, et menant OD perpendiculaire sur l'axe PC, je fais CO  $\propto x$ , et DO  $\propto y$ ; les autres lignes estant nommées comme devant. Il est certain que l'eau de EC et celle de DC se doivent derechef contrebalancer. Et mesme, cela doit arriver de quelque maniere qu'on conçoive que le canal soit fait, pourvu qu'il aboutisse de part et d'autre à la surface; comme, par ex. s'il alloit par DOCE, ou DOP, ou DCP. Maintenant, la force centrifuge de toute l'eau en CD, est égale à celle de l'eau qui rempliroit le canal OD, supposé de mesme largeur: ce qui se voit facilement par la Mechanique de plans inclinez. Mais comme EC  $\propto a$ , à DO  $\propto y$ , ainsi est la force centrifuge en E, qui estoit  $n$ , à la force centrifuge en D; qui sera donc  $\frac{ny}{a}$ . Dont la moitié multipliant le contenu du canal DO  $\propto y$ , fait la force centrifuge de ce canal  $\propto \frac{1}{2} \frac{nyy}{a}$ , qui est donc aussi la force centrifuge du canal CD. Mais la pesanteur de ce canal CD, vers le centre C, est  $p \sqrt{xx + yy}$ . Donc sa pression qui reste vers C, sera  $p \sqrt{xx + yy} - \frac{1}{2} \frac{nyy}{a}$ : qui doit estre égale à  $pa - \frac{1}{2} an$ , pression du canal EC, trouvée cydevant.

Laquelle Equation, en supposant  $\frac{ap}{n} \propto f$ , revient à celle-cy,

$$y^4 \propto 4ffyy - 4aaff + 4ffxx - 4afyy + 4a^3f + 2aayy - a^4$$

Qui fait voir que la ligne courbe EDP n'est pas une section de Cone, si ce n'est n'est quand  $p$  et  $n$  sont égales; c'est-à-dire quand la force centrifuge d'un corps, placé en E, est supposée égale à sa pesanteur vers le centre C. Car alors il paroît que  $f$  est égale à  $a$ ; et l'Equation devient  $y^4 \propto 2aayy - a^4 + 4ffxx$ ; ou bien  $y^4 - 2aayy + a^4 \propto 4ffxx$ , et enfin  $yy - aa \propto 2ax$ . Ce qui marque qu'en ce cas EDP est une Parabole, telle que dans cette figure; ayant le sommet P; l'axe PC égale à la moitié de CE; et le paramctre double de la mesme CE.



De sorte que si la Terre, ayant le diametre EA de la grandeur qu'il est, tournoit, sur son axe PQ, 17 fois plus viste qu'elle ne fait, (car alors la force centrifuge en E seroit égale à la pesanteur vers le centre, par la demonstration qui est dans ce Discours) elle auroit

la figure du corps que font ces deux demies Paraboles opposées, PEC, QEC, en tournant autour de l'axe P'Q. Et on voit que c'est là la plus grande force centrifuge qu'on puisse supposer; par ce que, si on la faisoit plus grande que la pesanteur, les corps placez en E s'envoleroient en l'air.

Hors de ce cas, si dans l'Equation trouvée l'on fait  $yy \propto az$ , estant  $z$  une ligne indeterminée, l'on aura

$$z \propto a - 2f + \frac{2f^2}{a} - \sqrt{4f^2 - 8f^3 + \frac{4f^4}{a^2} + \frac{4f^2x^2}{a^2}}$$

Et mettant  $d$  pour  $\frac{ff}{a} - f$ , viendra  $z \propto a + 2d - \sqrt{4d^2 + \frac{yf^2x^2}{a^2}}$

D'où je connois que, CO estant  $x$ , si la perpendiculaire OT est appelée  $z$ ; le point T sera dans une Hyperbole dont l'axe adjouté à CE sera  $4d$ . Et que comme  $4ff$  à  $aa$ , ainsi sera l'axe au parametre; qui sera donc  $\frac{aad}{ff}$ , c'est-à-dire  $a - \frac{na}{p}$ , en restituant les valeurs de  $d$  et de  $f$ . Et parce que  $yy$  estoit égale à  $az$ , il s'ensuit que  $DO \propto y$  sera moyene proportionnelle entre OT et EC. D'où l'on peut trouver les points par lesquels la ligne courbe EDP doit passer.

Or cette ligne satisfait aussi à ce que j'ay dit estre requis; sçavoir que menant DR qui luy soit à angles droits, la raison de OR à RC sera composée de la raison de  $p$  à  $n$ , et de EC à CD, comme cela se peut prouver par le calcul d'Algebre.

J'ay supposé dans tout ce raisonnement que la pesanteur est la mesme au dedans de la Terre qu'à sa surface; ce qui me paroît fort vraisemblable, non obstant la raison qu'on peut avoir d'en douter, dont je parleray après. Mais quand il en seroit autrement, cela ne changeroit presque rien à ce qui a esté trouvé de la figure de la Terre: mais bien alors quand la force centrifuge fait une partie considerable de la pesanteur, ou qu'elle luy est égale, comme dans le cas de la figure Parabolique, qui alors deviendroit tout autre. Au reste quand la force centrifuge en E est tres petite à raison de la pesanteur, comme elle est icy sur la Terre, l'Hyperbole ETP, à cause du grand éloignement de son centre, approche fort de la Parabole, et par consequent EDP ne differe guere de l'Ellipse; ni guere aussi du cercle, parce que EC alors ne surpasse CP que de fort peu; comme il a esté trouvé peu devant, que cet exces n'est que  $\frac{1}{378}$  de EC, demidiametre de la Terre.

Monsieur Newton le trouve  $\frac{1}{231}$  de EC, et que ainsi la figure de la Terre differe bien plus de la spherique; se servant en cela d'une tout autre supputation, que je n'examineray pas icy, parce qu'aussi bien je ne suis pas d'accord d'un Principe qu'il suppose dans ce calcul et ailleurs; qui est, que toutes les petites parties, qu'on peut imaginer dans deux ou plusieurs differents corps, s'attirent ou tendent à s'approcher mutuellement. Ce que je ne sçauois admettre, par ce que je crois voir clairement, que la cause d'une telle attraction n'est point explicable par aucun principe de Mechanique, ni des regles du mouvement. Comme je ne suis pas persuadé non plus de la necessité de l'attraction mutuelle des corps entiers; ayant fait voir que, quand il n'y auroit point de Terre, les corps ne laisseroient pas, par ce qu'on appelle leur pesanteur, de tendre vers un centre.

Je n'ay donc rien contre la *Vis Centripeta*, comme Mr. Newton l'appelle, par la quelle il fait peser les Planetes vers le Soleil, et la Lune vers la Terre, mais j'en demeure d'accord sans difficulté: parce que non seulement on sçait par experience qu'il y a une telle maniere d'attraction ou d'impulsion dans la nature, mais qu'aussi elle s'explique par les loix du mouvement, comme on a vû dans ce que j'ay écrit cy dessus de la pesanteur. Car rien n'empêche que la cause, de cette *Vis Centripeta* vers le Soleil, ne soit semblable à celle qui pousse les corps, qu'on appelle pesants, à descendre vers la Terre. Il y avoit long temps que je m'estois imaginé, que la figure spherique du Soleil pouvoit estre produite de mesme que celle qui, selon moy, produit la sphericité de la Terre; mais je n'avois point étendu l'action de la pesanteur à de si grandes distances, comme du Soleil aux Planetes, ni de la Terre à la Lune: parce que les Tourbillons de Mr. Des Cartes, qui m'avoient autrefois paru fort vraisemblables, et que j'avois encore dans l'esprit, venoient à la traverse. Je n'avois pas pensé non plus à cette diminution réglée de la pesanteur, sçavoir qu'elle estoit en raison reciproque des quarez des distances du centre: qui est une nouvelle et fort remarquable propriété de la pesanteur, dont il vaut bien la peine de chercher la raison. Mais voiant maintenant par les demonstrations de Mr. Newton, qu'en supposant une telle pesanteur vers le Soleil, et qui diminue suivant la dite proportion, elle contrebalance si bien les forces centrifuges des Planetes, et produit justement l'effet du mouvement Elliptique, que Kepler avoit diviné, et verifié par les observations, je ne puis guere douter que

ces Hypotheses touchant la pesanteur ne soient vraies, ni que le Systeme de Mr. Newton, autant qu'il est fondé là dessus, ne le soit de mesme. Qui doit paroître d'autant plus probable, qu'on y trouve la solution de plusieurs difficultez, qui faisoient de la peine dans les Tourbillons supposez de Des Cartes. On voit maintenant comment les excentricitez des Planetes peuvent demeurer constamment les mesmes: pourquoy les plans de leurs Orbes ne s'unissent point, mais gardent leurs differentes inclinaisons à l'égard du plan de l'Ecliptique, et pourquoy les plans de tous ces Orbes passent necessairement par le Soleil. Comment les mouvemens de Planetes peuvent s'accelerer et se ralentir par les degrez qu'on y observe; qui malaisément pouvoient estre tels, si elles nageoient dans un Tourbillon autour du Soleil. On y voit enfin comment les Cometes peuvent traverser nostre Systeme. Car depuis qu'on sçait qu'elles entrent souvent dans la region des Planetes, on avoit de la peine à concevoir comment elles pouvoient quelque fois aller d'un mouvement contraire à celuy du Tourbillon, qui avoit assez de force pour emporter les Planetes. Mais, par la doctrine de Mr. Newton, ce scrupule est encore osté; puisque rien n'y empêche que les Cometes ne parcourent des chemins Elliptiques autour du Soleil, comme les Planetes; mais des chemins plus étendus, et de figure plus differente de la circulaire; et qu'ainsi ces corps n'aient leurs retours periodiques, comme quelques Philosophes et Astronomes anciens et modernes se l'estoient imaginé.

Il y a seulement cette difficulté, que Mr. Newton, en rejetant les Tourbillons de Des Cartes, veut que les espaces celestes ne contiennent qu'une matiere fort rare, afin que les Planetes et les Cometes rencontrent d'autant moins d'obstacle en leur cours. Laquelle rareté estant posée, il ne semble pas possible d'expliquer ni l'action de la pesanteur, ni celle de la Lumiere, du moins par les voies dont je me suis servi. Pour examiner donc ce point, je dis que la matiere etherée peut estre censée rare de deux manieres, sçavoir ou que ses particules soient distantes entre elles, avec beaucoup de vuide entre deux; ou qu'elles se touchent, mais que le tissu de chacune soit rare, centre-meslé de petits espaces vuides. Pour ce qui est du vuide, je l'admets sans difficulté, et mesme je le crois necessaire pour le mouvement des petits corpuscules entre eux, n'estant point du sentiment de Mr. Des Cartes, qui veut que la seule étendue fasse l'essence du corps; mais y adjoutant encore la dreté parfaite, qui le rende im-

penetrable, et incapable d'estre rompu ni écorné. Cependant à considerer la rareté de la premiere maniere, je ne vois pas comment alors on pourroit rendre raison de la Pesanteur: et quant à la Lumiere, il me semble entierement impossible, avec de tels vuides d'expliquer sa prodigieuse vitesse; qui doit estre six cent mille fois plus grand que celle du Son, suivant la demonstration de Mr. Romer, que j'ay rapportée au Traité de la Lumiere. C'est pourquoy je tiens qu'une telle rareté ne sçauroit convenir aux espaces celestes.

Il y a plus d'apparence de la concevoir de l'autre façon; parce que les particules s'y peuvent toucher, comme je les ay supposées au dit Traité, et toutefois, à cause de la legereté de leur tissu, resister fort peu au mouvement des Planetes. Car que sçait on jusqu'où la nature peut aller à composer des corps durs, avec peu de matiere; surtout si des particules tres menues et deliées, ou mesme creuses, peuvent estre infiniment fortes. Mais je crois que, sans considerer la rareté, la grande agitation de la matiere etherée, peut contribuer beaucoup à sa penetrabilité. Car si le petit mouvement des particules de l'eau la rend liquide, et de beaucoup moindre resistance, à l'égard des corps qui nagent dedans, que n'est le sable ou quelque poudre très fine; ne faut il pas qu'une matiere plus subtile et infiniment plus agitée, soit aussi d'autant plus aisée à penetrer.

Quoyqu'il en soit, nous voions que la nature ne manque pas d'industrie, pour faire qu'il ait des espaces, dans lesquels des corps se meuvent avec tres peu de resistance; car cela paroît par ce que nos mains sentent dans l'air, et encore plus par les experiences qu'on fait dans les vaisseaux de verre, dont on a tiré tout l'air; où la plume la plus legere, descend avec la mesme vitesse qu'une balle de plomb. Que si on vouloit soutenir que cela procede de la grande rareté de la matiere qui reste dans ce vuide d'air; j'alleguerois au contraire qu'on y aperçoit l'effet d'une matiere qui pese fort considerablement, comme on a vû dans l'experience cy dessus rapportée.

Quant au raisonnement de Mr. Newton dans la Prop. 6 du Livre 3 pour prouver l'extreme rareté de l'ether: sçavoir que les pesanteurs des corps sont comme les quantitez de la matiere qu'ils contiennent; et que, cela estant, si les espaces de l'air et de l'ether estoient aussi pleins de matiere que l'or et l'argent, ces metaux n'y descendroient pas, parce qu'un corps solide, n'ayant pas une plus grande pesanteur specifique qu'un fluide, n'y sçauroit enfoncer. Je dis que je suis

d'accord que les pesanteurs des corps suivent les quantitez de leur matiere; et je l'ay mesme démontré dans ce present Discours. Mais j'ay aussi fait voir, qu'à ces corps que nous appellons pesants, la pesanteur peut estre imprimée par la force centrifuge d'une matiere qui ne pese point elle mesme vers le centre de la Terre, à cause de son mouvement circulaire et tres rapide; mais qui tend à s'en éloigner. Cette matiere donc peut fort bien remplir tout l'espace autour de la Terre, que d'autres corpuscules n'occupent point, sans que cela empesche la descente des corps qu'on appelle pesants, estant au contraire la seule cause qui les y oblige. Ce seroit autre chose si on supposoit que la pesanteur fust une qualité inherente de la matiere corporelle. Mais c'est à quoy je ne crois pas que M<sup>r</sup>. Newton consente, parce qu'une telle hypothese nous eloigneroit fort des principes Mathematiques ou Mechaniques.

Il me dira peutestre, que, quand on m'auroit accordé que la matiere etherée consiste en des particules qui se touchent, pour transmettre la lumiere; on ne verroit pas pourtant qu'elle observeroit cette regle de ne s'étendre qu'en ligne droite, comme elle fait; parce que cela est contre sa Prop. 42 du 2 Livre, qui dit que le mouvement, qui se repand dans une matiere fluide, ne s'étend pas seulement tout droit depuis son origine, après avoir passé par quelque ouverture, mais qu'il s'ecarte aussi à costé. A quoy je repons par avance que ce que j'ay allugué, pour prouver que la lumiere (hormis en la reflexion ou en la reflexion) ne s'étend que directement, ne laisse pas de subsister non obstant la dite Proposition. Parce que je ne nie pas que, quand le Soleil luit a travers une fenestre, il ne se repand du mouvement à costé de l'espace éclairé, mais je dis que ces ondes detournées sont trop foibles pour produire de la lumiere. Et quoiqu'il veuille que l'emanation du Son prouve que ces epanchements à costé sont sensibles, je tiens pour assuré, qu'elle prouve plutost le contraire. Par ce que si le Son, ayant passé par une ouverture, s'étendoit aussi à costé, comme veut M<sup>r</sup>. Newton, il ne garderoit pas si exactement, dans l'Echo, l'égalité des angles d'incidence et de reflexion; en sorte que quand on est placé en un lieu, d'où il ne peut point tomber de perpendiculaire sur le plan reflechissant d'un mur un peu eloigné, on n'entend point repondre l'Echo au bruit qu'on fait en ce lieu, comme je l'ay experimenté tres souvent. Je ne doute pas aussi, que l'experience qu'il apporte du Son, qu'on entendroit non obstant une

maison interposée, ne se trouvast tout autre, pourvû que cette maison fust placée au milieu de quelque grande eau, ou en sorte qu'il n'y eust rien autour, qui pust renvoyer quelque parcelle du Son par reflexion.

Et pour ce qu'il dit, qu'en quelque endroit qu'on soit dans une chambre, dont la fenestre est ouverte, on y entend le Son de dehors, non pas par la reflexion des murailles, mais venant directement de la fenestre; on voit eombien il est facile de s'y abuser, à cause de la multitude des reflexions reïterées, qui se font comme dans un instant; de sorte que le Son, qui s'entend comme venant immédiatement de la fenestre ouverte, en peut venir, ou des endroits fort proches, après une double reflexion. J'avouë donc, que pour ce qui est des ondulations ou cercles qui se font à la surface de l'eau, la chose se passe à peu près comme l'assure M<sup>r</sup>. Newton: c'est à dire qu'une onde, après avoir passé l'ouverture, se dilate en suite d'un costé et d'autre, et toutefois plus foiblement là que dans le milieu. Mais pour le Son, je dis que ces emanations par les costez, sont presque insensibles à l'oreille: et qu'en ce qui est de la lumiere, elles ne font point d'effet du tout sur les yeux.

J'ay crû devoir aller au devant de ces objections que pouvoit suggerer le Livre de M<sup>r</sup>. Newton, sçachant la grande estime qu'on fait de cet ouvrage, et avec raison; puis qu'on ne sçauroit rien voir de plus sçavant en ces matieres, ni qui temoigne une plus grande penetration d'esprit. Il me reste encore deux choses à remarquer dans son Systeme, qui me semblent fort belles, et qui me donneront occasion de faire quelque reflexion. Après quoy j'adjouteray ce que j'ay trouvé parmi mes papiers touchant le mouvement des corps à travers l'air, ou autre milieu qui resiste; duquel mouvement il traite au long dans le livre 2.

On a vû comment le Systeme de M<sup>r</sup>. Newton les pesanteurs, tant des Planetes vers le Soleil, que des Satellites vers leurs Planetes, sont supposées en raison double reciproque de leurs distances du centre de leurs Orbes. Ce qui se confirme admirablement par ce qu'il demonstre touchant la Lune; sçavoir que sa force centrifuge, que luy donne son mouvement, égale precisement la pesanteur vers la Terre, et qu'ainsi ces deux forces contraires la tiennent suspendue là où elle est. Car la distance d'icy à la Lune estant de 60 demidiаметres de la Terre et partant la pesanteur, dans sa region  $\frac{1}{3000}$  de celle

que nous sentons; il falloit que la force centrifuge d'un corps, qui se mouvroit comme la Lune, égalast de mesme  $\frac{1}{3600}$  du poids qu'il auroit, à la surface de la Terre. Ce qui se trouve effectivement ainsi, et le calcul s'en peut faire aisément, puis qu'on sçait desja que la force centrifuge sous l'Equateur est  $\frac{1}{289}$  de nostre pesanteur icy bas.

Mais puisque cet exemple de la Lune prouve si bien la diminution du poids, suivant la raison reciproque des quarrés des distances du centre de la Terre; on pourroit douter s'il n'y auroit pas aux Pendules une autre inégalité outre celle qui estoit causée par le mouvement journalier. Car si la Terre n'est pas spherique, mais assez près spheroïde, et qu'un point sous l'Equateur est plus éloigné du centre que n'est un point sous le Pole, dans la raison de 578 à 577, comme il a esté dit cy devant; les pesanteurs estant en ces endroits en raison contraire des quarrés de ces distances, il faudroit aussi que le Pendule sous l'Equateur fust plus court, que celui dessous le Pole dans cette mesme raison contraire. C'est à dire que ces Pendules seroient comme 288 à 289; ou que le pendule sous l'Equateur seroit plus court de  $\frac{1}{289}$  de ce qu'il seroit sous le Pole. Qui est justement la mesme différence, qui provenoit cy dessus du mouvement journalier, ou de la force centrifuge. De sorte qu'une Horloge, avec la mesme longueur de pendule, iroit plus lentement sous l'Equateur que sous le Pole, du double de ce qu'elle retardoit par le mouvement de la Terre; et ainsi cette différence journaliere sous l'Equateur seroit de près de 5 minutes. Et sous les autres paralleles, on la trouveroit par tout plus que double de ce qu'elle y estoit auparavant. Mais je doute fort que l'experience confirme cette grande variation, puisque j'ay vû que, dans le voiage dont j'ay fait mention, la seule premiere équation suffit, et que la plus que double mettroit, vers le milieu du chemin, trop de différence entre la route du vaisseau, calculée sur le Pendule, et celle qu'il tenoit par l'Estime des Pilotes. Et pour rendre raison pourquoy la seconde variation n'auroit point lieu, je dis qu'il ne seroit pas étrange si la pesanteur, près de la surface de la Terre, ne suivoit pas precisement, ainsi que dans les regions plus élevées, la diminution que font les différentes distances du centre; parce qu'il se peut que le mouvement de la matiere qui cause la pesanteur, soit aucunement alteré dans la proximité de la Terre, comme il l'est apparemment au dedans: puisque sans cela il faudroit

dire que la pesanteur, en allant vers le centre, augmenteroit à l'infini; ce qui n'est point vraisemblable. Au contraire, selon Mr. Newton, la pesanteur au dedans de la Terre diminue suivant que les corps approchent du centre; mais il se sert à le prouver de son principe, dont j'ay dit que je ne suis pas d'accord.

Ce qui me reste à remarquer touchant son Systeme, et qui m'a fort plû, c'est qu'il trouve moyen, en supposant la distance d'icy au Soleil connue, de definir quelle est la pesanteur que sentiroient les habitans de Saturne et de Jupiter, comparée à la nostre icy sur la Terre, et quelle encore est sa mesure à la surface du Soleil. Choses qui d'abord semblent bien éloignées de nostre connoissance; et qui pourtant sont des consequences des principes que j'ay raportez peu devant.

Cette determination a lieu dans les Planetes qui ont un ou plusieurs Satellites, parce que les temps periodiques de ceux cy, et leur distances des Planetes qu'ils accompagnent, doivent entrer dans le calcul. Par lequel Mr. Newton trouve les pesanteurs aux surfaces du Soleil, de Jupiter, de Saturne, et de la Terre, dans la raison de ces nombres, 10 000,  $804\frac{1}{2}$ , 536,  $805\frac{1}{2}$ . Il est vray qu'il y a quelque incertitude à cause de la distance du Soleil, qui n'est pas assez bien connuë, et qui a esté prise dans ce calcul d'environ 5000 diametres de la Terre, au lieu que, suivant la dimension de Mr. Cassini, elle est environ de 10 000, qui approche assez de ce que j'avois autrefois trouvé, par des raisons vraisemblables, dans mon Systeme de Saturne, sçavoir 12 000. Je differe aussi de quelque chose en ce qui est des diametres des Planetes. De sorte que, par ma supputation, la pesanteur dans Jupiter, à celle que nous avons icy sur la Terre, se trouve comme 13 à 10, au lieu que Mr. Newton les fait égales, ou insensiblement differentes. Mais la pesanteur dans le Soleil, qui, par les nombres qu'on vient de voir, estoit environ 12 fois plus grande que la nostre sur la Terre, je la trouve 26 fois plus grande. D'où s'ensuit, en expliquant la pesanteur de la façon que j'ay fait, que la matiere fluide, auprès du soleil, doit avoir une vitesse 49 fois plus grande que celle que nous avons trouvée près de la Terre; qui estoit desjà 17 fois plus grande que la vitesse d'un point sous l'Equateur. Voila donc une terrible rapidité; qui m'a fait penser si elle ne pourroit pas bien estre la cause de la lumiere eclatante du Soleil, supposé que la lumiere soit produite comme je l'explique dans ce que

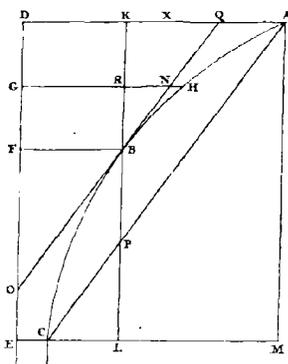
j'en ay écrit; sçavoir de ce que les particules Solaires, nageans dans une matiere plus subtile et extremement agitée, frappent contre les particules de l'Ether qui les environnent. Car si l'agitation d'une telle matiere, avec le mouvement qu'elle a icy sur la Terre, peut causer la clarté de la flamme d'une chandelle, ou du Camphre allumé. combien plus grande fera t'elle cette clarté par un mouvement 49 fois plus prompt et plus violent?

J'ay vu avec plaisir ce que Mr. Newton écrit touchant les chûtes et les jets des corps pesants dans l'air, ou dans quelqu'autre milieu qui resiste au mouvement; m'estant appliqué autrefois à la mesme recherche. Et puisque cette matiere appartient en partie à celle de la Pesanteur, je crois pouvoir raporter icy ce que j'en decouvris alors. Ce que je ne feray pourtant qu'en abregé et sans y joindre les demonstrations; ayant negligé de les achever, parce que cette speculation ne m'a pas semblé assez utile, ni de consequence, à proportion de la difficulté qui s'y rencontre.

J'examinay premierement ces mouvemens, en supposant que les forces de la Resistance sont comme les Vitesses des corps, ce qui alors me paroissoit fort vraisemblable. Mais ayant obtenu ce que je cherchois, j'appris presque en mesme temps, par les experiences que nous fimes à Paris dans l'Academie des Sciences, que la resistance de l'air, et de l'eau, estoit comme les quarez des vitesses. Et la raison est assez aisée à concevoir; parce qu'un corps, allant par exemple avec double vitesse, est rencontré par deux fois autant de particules de l'air ou de l'eau, et avec double celerité. Ainsi je vis ma nouvelle Theorie renversée, ou du moins inutile. Après quoy je voulus aussi chercher ce qui arrive lors qu'on suppose ce veritable fondement des Resistances; où je vis que la chose estoit beaucoup plus difficile, et sur tout en ce qui regarde la ligne courbe que parcourent les corps jettez obliquement.

Dans la premiere supposition, où les resistances sont comme les vitesses, je remarquay que, pour trouver les espaces passez en de certains temps, lors que les corps tombent ou montent perpendiculairement, et pour connoitre les vitesses au bout de ces temps, il y avoit une ligne courbe, que j'avois examinée long temps auparavant, qui estoit de grand usage en cette recherche. On la peut appeller la *Logarithmique* ou la *Logistique*, car je ne vois pas qu'on luy ait encore donné de nom, quoyque d'autres l'aient encore considerée cy de-

vant. Cette ligne infinie estant ABC, elle a une ligne droite pour Asymptote, comme DE; dans la quelle si on prend des parties égales quelquonques qui se suivent, comme DG, GF, et que l'on tire des points D, G, F, des perpendiculaires jusqu'à la courbe, sçavoir DA, GH, FB, ces lignes seront proportionelles continuës. D'où l'on voit qu'il est aisé de trouver autant de points qu'on veut dans cette courbe; de la quelle je raporteray par après quelques proprietés qui meritent d'estre considerées. Pour expliquer ce qui est des chûtes des corps,



je repete icy premièrement ce que j'ay écrit à la fin du Traité du Centre d'Agitation: sçavoir qu'un corps, en tombant à travers l'air, augmente continuellement sa vitesse, mais toutefois en sorte qu'il n'en peut jamais excéder, ni mesme atteindre, un certain degré; qui est la vitesse qu'il faudroit à l'air à souffler de bas en haut, pour tenir le corps suspendu sans pouvoir descendre; car alors, la force de l'air contre ce corps, égale sa pesanteur. J'appelle cette vitesse, dans chaque corps, la vitesse *Terminale*.

Si donc un corps pesant est jetté perpendiculairement en haut, avec une vitesse dont la raison à la vitesse Terminale soit donné, par exemple comme de la partie AK à KD dans l'ordonnée AD, perpendiculaire à l'asymptote DE; soit menée KB parallèle à cette asymptote, et qu'au point B la courbe soit touchée par la droite BO, qui rencontre DE en O, et DA en Q. Laquelle tangente se trouve en prenant FO, depuis l'ordonnée BF, égale à une certaine longueur, qui pour toutes les tangentes est la mesme, et que je definiray dans la suite. Puis soit AC parallèle à cette tangente, coupant KB prolongée en P; et du point C, où elle rencontre la courbe, soit tirée CLM, parallèle à AD, et coupant KB prolongée, et AM parallèle à l'asymptote, aux points L et M. Maintenant le temps que le corps met à monter à la hauteur où il peut arriver, est au temps de sa descente de cette mesme hauteur, comme la ligne KB à BL.

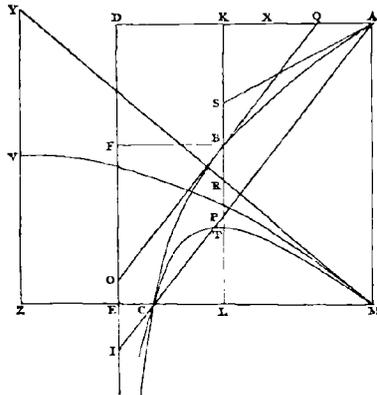
Et le temps qu'il emploie à monter à travers l'air, estant jetté comme il a esté dit, est au temps qu'il emploieroit sans rencontrer de resistance, comme KB à KP.

Et la hauteur à laquelle il montera dans l'air, à celle où il monteroit sans resistance, comme l'espace ABK au triangle APK, ou comme QA à AX, que je suppose estre la moitié d'une troisieme proportionnelle aux lignes DK, KA.

Et sa vitesse, en commençant de monter, à celle qu'il a en retombant à terre, comme ML à LC.

On trouve de plus, par cette mesme ligne, quelle est la courbe que parcourt un corps jetté obliquement. Car, dans la mesme figure, si l'angle du jet, sur la ligne horizontale, est LMR, avec une vitesse donnée, dont le mouvement en haut soit à la vitesse Terminale comme AK à KD: soit repetée la construction precedente, et que la droite AS, qui touche la courbe ABC en A, rencontre KB en S. Puis comme SP à PB ainsi soit RL à LT, et sur la base MC soit dressée une figure proportionnelle au segment ABCP, en sorte que les paralleles et également distantes de l'asymptote DE, dans l'une et l'autre figure, aient par tout la mesme raison de BP à TL. Ce sera la courbe MTC qui marquera la figure requise du jet.

Et parce que la hauteur de l'élevation avec resistance, estoit à la hauteur du jet libre, comme QA à AX; si l'on fait que TL ait cette mesme raison à autre une ligne VZ; ce sera la hauteur de la Parabole MV que fait ce jet libre commencé en M avec la mesme force et dans la mesme direction MR, qu'avoit l'autre jet. De sorte que si dans l'angle LMR on ajuste YZ perpendiculaire à MC, et égale à la double VZ, on aura le sommet de cette parabole en V au milieu de YZ, et sa demie base ou demie amplitude MZ.



Il est à noter que, quel que soit l'angle d'elevation LMR, pourvu que la vitesse verticale demeure la mesme, on trouve icy la mesme amplitude MC. Mais il faut estre averti que ce sont seulement les figures des jets qu'on trouve de cette façon, et non pas les hauteurs et amplitudes de divers jets comparez ensemble. Car ils doivent tous estre de mesme hauteur, quand la celerité verticale est la mesme. Cest, pourquoy alors chaque figure de jet, ainsi trouvé, doit estre re-

duite à une figure proportionnelle d'égale hauteur, si on veut sçavoir comment les amplitudes, et les hauteurs des divers jets, sont les unes aux autres.

J'ajoute encore icy, que la ligne Logarithmique ne sert pas seulement à trouver les courbes des jets, mais qu'elle est cette courbe elle mesme en un cas, sçavoir quand on jette un corps obliquement en bas, en sorte que ce qu'il y a de descente perpendiculaire, égale la vitesse Terminale. Car alors ce corps suivra precisement la courbure d'une telle ligne, en s'approchant tousjours de l'asymptote, sans la pouvoir atteindre. Et ce qui determine l'espece de la ligne, c'est que sa *Soutangente*, (je nommeray ainsi la ligne FO, qui pour toutes les tangentes est la mesme) sera double de la hauteur à laquelle la vitesse Terminale peut faire monter le corps, sans resistance du milieu.

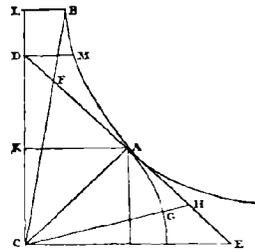
Ce sont là les choses que je trouvay en supposant la resistance estre comme la vitesse, mais toute cette Theorie estant, comme j'ay dit, fondée sur un principe, que la nature ne suit point en ce qui est des resistances de l'air et de l'eau, je la negligay entierement; et ce n'est qu'à l'occasion du Traité de Mr. Newton que je l'ay reprise, pour voir si ce que nous avons cherché par des voies fort differentes, s'accordoit ensemble comme il falloit. Ce qui se trouve ainsi: car la construction pour la ligne du jet, qu'il donne dans la Propos. 4 du 2 Livre, quoyque tout autre que la miene et plus difficile, produit pourtant la mesme courbe, comme cela se peut prouver par demonstration.

En examinant ce qui arrive dans la vraye hypothese de la Resistance, qui est en raison double de la Vitesse, j'avois seulement déterminé ce cas particulier, d'un corps jetté en haut avec sa vitesse Terminale; sçavoir que le temps de toute son élévation en l'air, est au temps qu'il emploieroit à monter jusqu'où il peut sans resistance, comme le Cercle au Quarré qui luy est circonscrit. Et que la hauteur du premier jet est à la hauteur de l'autre, comme l'espace entre une Hyperbole et son asymptote, terminé par deux paralleles à l'autre asymptote qui soient en raison de 2 à 1, au rectangle où parallelogramme de la mesme Hyperbole. C'est-à-dire, comme, dans la figure suivante, l'espace AMDK au quarré AC. Je n'avois point recherché les autres cas, qui sont compris universellement dans la Prop. 9, du 2 Livre de Mr. Newton, qui est tres belle: et ce qui m'en em-

pêcha, ce fut que je ne trouvois point, par la voie que je suivois, la mesure des descentes des corps, si non en supposant la quadrature de certaine Ligne courbe, que je ne sçavois pas qu'elle dependoit de la quadrature de l'Hyperbole. Je reduisis la dimension de l'espace de cette courbe, à une Progression infinie,  $a + \frac{1}{3} a^3 + \frac{1}{5} a^5 + \frac{1}{7} a^7$  etc. Ne sçachant pas que la mesme progression donnoit aussi la mesure du secteur Hyperbolique: ce que j'ay vu depuis, en comparant la demonstration de Mr. Newton avec ce que j'avois trouvé.

Mais par ce que cette Progression, pour la mesure de l'Hyperbole, n'a pas encore esté remarquée que je sçache, je veux expliquer icy comment elle y sert. Soit AB une Hyperbole, dont les asymptotes DC, CE, fassent un angle droit, le demi axe soit CA, perpendiculaire à DAE qui touche l'Hyperbole; et que ACB soit un Secteur, la ligne CB coupant AD en F. Si on prend maintenant AC ou AD pour l'unité, et que AF soit nommée  $a$ , qui est une fraction moindre que l'unité, quand AF, AD sont commensurables; je dis que, comme la somme de la Progression infinie  $a + \frac{1}{3} a^3 + \frac{1}{5} a^5 + \frac{1}{7} a^7$ , etc. à 1, ainsi sera le Secteur ACB au triangle ACD. Ou si on mene les perpendiculaires AK, BL sur l'asymptote, on peut dire la mesme chose de l'espace ABLK, qui est égal à ce Secteur, comme on voit aisement par l'égalité des triangles CAK, CBL. De sorte que cette Progression pour l'Hyperbole, respond à celle qu'a donné Mr. Leibnitz pour le Cercle, par laquelle, si le Secteur du Cercle est ACG, ayant pour rayon AC, et que CG coupe AE en H; AH estant nommée  $a$ , et AE égale à 1; la somme de la Progression  $a - \frac{1}{3} a^3 + \frac{1}{5} a^5 - \frac{1}{7} a^7$  etc. est à 1, comme le Secteur ACG au triangle ACE, ou comme l'arc AG à la droite AE.

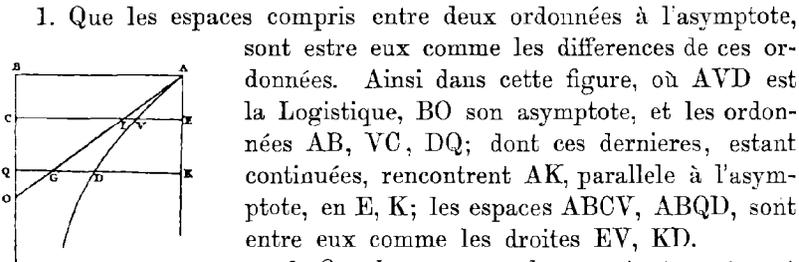
Pour ce qui est de la ligne du jet oblique; s'il suffisoit, dans cette maniere de resistance, de connoitre le mouvement horizontal et le vertical d'un corps, pour en composer le mouvement oblique, ainsi que dans la premiere hypothese, il y auroit moyen de determiner des points par où cette ligne doit passer: et la mesme ligne Logarithmique y seroit utile, estant tournée en sorte que son asymptote fust parallele à l'horizon; et elle mesme seroit derechef la courbe du jet, dans le cas où j'ay dit qu'elle seroit auparavant. Mais cette composition de mouve-



ment n'ayant point lieu icy; parce que la diminution du mouvement retardé, dans la diagonale d'un rectangle, n'est pas proportionnelle aux diminutions par les costez; il est extremement difficile, si non du tout impossible, de resoudre ce Probleme.

Le mouvement horizontal estant considéré à part, comme d'une boule qui rouleroit sur un plancher uni, à cela de remarquable icy, qu'il doit aller loin à l'infini, non-obstant la resistance du milieu, au lieu que, quand la resistance est comme la vitesse, il est borné, et n'atteint jamais un certain terme. Et cette infinité se prouve aisement par la Propos. 5. du 2 Livre du Traité de Mr. Newton, parce que l'espace compris entre l'Hyperbole et ses asymptotes est de grandeur infinie.

Les proprietéz de la ligne Logistique, que j'ay promis de raporter, et dont quelques unes ont servi à trouver ce que j'ay remarqué touchant les mouvemens à travers l'air, sont les suivantes; outre la premiere, que j'ay desja indiquée, de la proportionalité des ordonnées à l'asymptote, quand elles sont également distantes, par laquelle on trouve des points dans cette ligne.



1. Que les espaces compris entre deux ordonnées à l'asymptote, sont estre eux comme les differences de ces ordonnées. Ainsi dans cette figure, où  $AVD$  est la Logistique,  $BO$  son asymptote, et les ordonnées  $AB$ ,  $VC$ ,  $DQ$ ; dont ces dernieres, estant continuées, rencontrent  $AK$ , parallele à l'asymptote, en  $E$ ,  $K$ ; les espaces  $ABCV$ ,  $ABQD$ , sont entre eux comme les droites  $EV$ ,  $KD$ .

2. Que les mesmes choses estant posées, et  $AO$  estant la tangente au point  $A$ , laquelle coupe  $CE$ ,  $QK$ , en  $I$  et  $G$ ; les espaces  $AVE$ ,  $ADK$  sont entre eux comme les droites  $VI$ ,  $DG$ .

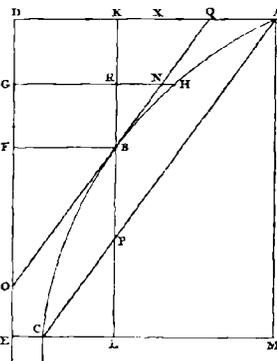
3. Que l'espace compris entre deux ordonnées, est à l'espace infini, qui, depuis la moindre de ces ordonnées, s'étend entre la Logistique et son asymptote, comme la difference des mesmes ordonnées est à la moindre. Quand je dis que l'espace infini a une certaine raison à un espace fini, cela signifie qu'il approche si près de la grandeur d'un espace donné, qui a cette proportion à l'espace fini, que la difference peut devenir moindre qu'aucun espace donné. Dans la

figure precedente l'espace ABQD est à l'espace infini, qui depuis DQ s'étend entre la courbe et l'asymptote, comme KD à DQ.

4. Que la Soutangente, comme BO dans la mesme figure, est toujours d'une mesme longueur, à quelque point de la Logistique que la tangente appartiene.

5. Que cette longueur se trouve par approximation, et qu'elle est à la partie de l'asymptote, comprise entre les ordonnées de la raison double, comme 434294481903251804 à 301039995663981195; ou bien prés, comme 13 à 9.

6. Que s'il y a trois ordonnées, comme dans cette figure sont AD, HG, BF, et que du point de la courbe, appartenant à la moindre, on mene une parallele à l'asymptote qui coupe les deux autres ordonnées en R et K, et une tangente BQ qui les coupe en N et Q; les espaces trilignes ABK, HBR sont entre eux, comme les parties des ordonnées entre la courbe et la tangente, savoir comme AQ, HN.



7. Que l'espace infini entre une ordonnée, la Logistique, et son asymptote, du costé que ces deux dernieres vont en s'approchant, est double du triangle que font l'ordonnée, la tangente menée du mesme point que l'ordonnée, et la soutangente. Ainsi, dans la mesme figure, l'espace infini, depuis l'ordonnée BF, est double du triangle BFO.

8. Que l'espace, compris entre deux ordonnées, est égal au rectangle de la soutangente et de la difference des mesmes ordonnées. Ainsi, dans la mesme figure, l'espace ADFB est égal au rectangle de la soutangente FO et de KA.

9. Que le solide que fait l'espace infini depuis une ordonnée, en tournant autour de l'asymptote, est sesquialtere du Cone, dont la hauteur est égale à la soutangente, et le demidiametre de la base égal à la mesme ordonnée. Ainsi le solide que fait l'espace infini BFOC, en tournant autour de FO, est sesquialtere du cone que fait le triangle BFO, en tournant autour de la mesme FO.

10. Que le solide produit par le mesme espace infini, en tournant autour de l'ordonnée BF, depuis laquelle il commence, est sex-

tuple du cone que fait le triangle BFO, par sa conversion sur BF. De laquelle mesure des solides il s'ensuit;

11. Que le centre de gravité de l'espace infini, depuis une ordonnée, est distant de cette ordonnée, de la longueur de la soutangente.

12. Que ce mesme centre de gravité est distant de l'asymptote, du quart de l'ordonnée.

13. J'avois aussi trouvé que le centre de gravité du premier des dits solides infinis, est distant de sa base, de la moitié de la soutangente.

14. Et que le centre de gravité de l'autre solide est distant de sa base infinie, d'une huitieme de son axe.

15. On sçait assez que cette ligne Logistique sert à la Quadrature de l'Hyperbole, depuis les demonstrations du P. Greg. de St. Vincent, touchant les espaces Hyperboliques compris entre deux ordonnées sur une des asymptotes. Et que s'il y a deux tels espaces, dont les ordonnées de l'un soient comme AD à HG dans la dernière figure, et les ordonnées de l'autre comme BF à CE; ces espaces seront entre eux comme les lignes DG à FE. Mais on n'a point remarqué, que je sçache, que ces mesmes espaces Hyperboliques sont au Parallelogramme de l'Hyperbole (j'appelle ainsi le parallelogramme dont les costez sont les deux ordonnées sur les asymptotes, tirées d'un mesme point de la Section) comme chacune des lignes DG, FE, à la soutangente FO. De sorte que, si le Parallelogramme de l'Hyperbole est supposé de 0, 4342944819 parties, chaque espace Hyperbolique, compris entre deux ordonnées à une des asymptotes, sera à ce parallelogramme, comme le Logarithme de la proportion des mesmes ordonnées, c'est-à-dire comme la difference de Logarithmes, des nombres qui expriment la proportion des ordonnées, au nombre 0, 4342944819; en prenant des Logarithmes de 10 caracteres outre la caracteristique.

Et d'icy il est aisé de verifier la Quadrature de l'Hyperbole que j'ay donnée dans le Traité de l'Evolution des Lignes Courbes, qui est dans mon *Horologium Oscillatorium*.

F I N.

---

# TABLE DES MATIERES.

*Traitées dans ce Discours.*

Que mon Explication de la Pesanteur differe de celle de Mr. Des Cartes.	Refutation de l'opinion contraire de Mr. Des Cartes.
p. 97	p. 105
La force Centrifuge comparée à celle de la Pesanteur.	Quelle est la vitesse de la matiere qui cause la Pesanteur sur la Terre.
p. 97	p. 106
Comment elle peut servir à causer la Pesanteur.	Que la rapidité de cette matiere sert à rendre raison de plusieurs autres effets naturels.
p. 97	p. 107
Experience qui represente l'effet de la Pesanteur.	Que la mesme rapidite est cause de l'acceleration continuelle des corps qui tombent.
p. 98	p. 108
Experience de Mr. Des Cartes pour la mesme fin.	Et de ce que leurs vitesses croissent dans la proportion des temps.
p. 99	p. 108
Hypothese pour expliquer la Pesanteur	De l'observation du racourcissement du Pendule à Secondes près de la Ligne Equinoctiale.
p. 100	p. 108
Sa definition.	Quelle est la raison de cet effet.
p. 102	p. 109
Pourquoy on ne s'apperçoit pas du mouvement de la matiere qui cause la Pesanteur.	De combien les Horloges à pendule retardent en allant vers la Ligne Equinoctiale, et comment on peut calculer ces retardements.
p. 102	p. 111
Qu'il y a encore d'autres matieres qui remplissent les espaces de l'air.	Que la Ligne du Plomb ne tend pas au centre de la Terre.
p. 102	p. 112
Que la matiere, qui cause la Pesanteur, passe par les pores de tous les corps que nous connoissons.	Que la Terre n'est pas spherique.
p. 104	p. 113
Ce qui fait la difference Pesanteur des corps.	Experience des Horloges à pendule pour trouver les Longitudes sur mer.
p. 104	p. 113
Que les Pesanteurs des corps gardent la mesme proportion que les quantitez de matiere qui les composent.	Moyen de determiner quelle est la figure de la Terre.
p. 104	p. 114

Quelle pourroit estre cette figure, si la Terre tournoit beaucoup plus viste.		contraire des quarrez des distances du centre de la Terre.	p. 122
	p. 116	S'il n'en doit pas arriver une seconde irregularité aux Horloges à pendule.	
Considerations sur le Systeme de Mr. Newton.	p. 118		p. 123
Inconveniens des Tourbillons de Mr. Des Cartes.	p. 119	De la Pesanteur dans les Planetes de Saturne et Jupiter, et à la surface du Soleil.	p. 124
Si la matiere celeste doit estre rare.	p. 119	Conjecture touchant la cause de la forte Lumiere du Soleil.	p. 124
Comment sa densite n'empêche point que les corps ne soient pesants.	p. 120	Du mouvement des corps pesants qui tombent, ou qui sont jettez, dans un milieu qui resiste.	p. 125
Consideration sur l'extension de la Lumiere en ligne droite.	p. 121	Proprietez remarquables de la Ligne Logarithmique.	p. 130
Remarque sur la Lune, qui confirme la diminution de la pesanteur, en raison			