



Ex Bibliotheca
majori Coll. Rom.
Societ. Jesu

53. 6. 3.

19
53.
6
3.

TRAITE DE LA LVMIERE.

Où sont expliquées

Les causes de ce qui luy arrive

Dans la REFLEXION, & dans la
REFRACTION.

Et particulierement

Dans l'étrange REFRACTION

D V CRISTAL DISLANDE.

Par C. H. D. Z.

Avec un Discours de la Cause

D E L A P E S A N T E V R.



A L E I D E,

Chez PIERRE VANDER AA, Marchand Libraire.
M D C X C.



P R E F A C E.



L'escrivis ce Traité pendant mon sejour en France, il y a 12 ans; & je le communiquay en l'année 1678 aux personnes scavantes, qui compoient 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 été présents quand j'en fis la lecture, & mieux que les autres, ceux d'entre eux qui s'appliquoient particulierement à l'étude des Mathematiques; des quels je ne puis plus citer que les Celebres Messieurs, Cassini, Romer, & De la Hire. Et quoique du depuis j'y aye corrigé & changé plusieurs endroits; les copies que j'en fis faire dès ce temps là, pourroient servir de preuve, que je n'y ay pourtant rien adjouté, si ce n'est des conjectures touchant la formation du Cristal d'Islande, & une nouvelle remarque sur la refraction du Cristal de Roche. J'ay voulu rapporter ces particularitez pour faire connoître depuis quand j'ay medité les cho-

P R E F A C E.

ses que je publie maintenant, & non pas pour deroger au merite de ceux, qui , sans avoir rien vû de ce que j'avois escrit , peuvent s'estre rencontrez à traiter des matieres semblables : comme il est arrivé effectivement à deux Excellents Geometres, Messieurs Newton & Leibnits , à l'egard du Probleme de la figure des verres pour assembler les rayons , lors qu'une des surfaces est donnée.

On pourra demander pourquoi 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. Apres quoy je me propoisois de le donner ensemble avec un autre Traité de Dioptrique , ou j'explique les effets des Telescopes , & ce qui appartient de plus à cette Science. Mais le plaisir de la nouveauté ayant cessé , j'ay différé de temps à autre d'executer ce dessein , & je ne scay pas quand j'aurois encore pu en venir à bout , estant souvent diverti , ou par des affaires , ou par quelque nouvelle étude. Ce que considérant , j'ay en fin jugé qu'il valoit mieux de faire paraître cet escrit tel qu'il est , que de le laisser courir risque , en attendant plus long temps , de demeurer perdu.

On y verra de ces sortes de demonstations , qui ne

P R E F A C E.

ne produisent pas une certitude aussi grande que celles de Geometrie , & qui mesme en different beaucoup , puisque au lieu que les Geometres prouvent leurs Propositions par des Principes certains & 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 . Scavoir lors que les choses , qu'on a demontrées par ces Principes supposez , se rapportent parfaitement aux phenomenes que l'experience a fait remarquer ; sur tout quand il y en a grand nombre , & encore principalement quand on se forme & prevoit des phenomenes nouveaux , qui doivent suivre des hypotheses qu'on employe , & 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 , & il se peut malaisement que les choses ne soient à peu pres comme je les represente . Je veux donc croire que ceux qui aiment à connoître les Causes , & qui sçavent admirer la merveille de la Lumiere , trouveront quelque satisfaction dans ces diverses speculations qui

P R E F A C E.

la regardent , & dans la nouvelle explication de son insigne propriété, qui fait le principal fondement de la construction de nos yeux , & 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 matière que je n'ay lçû faire , puisqu'il s'en faut beaucoup qu'elle ne soit epuisée. Cela paroît par les endroits que jay marquez, où je laisse des difficultez sans les résoudre ; & encore plus par les choses que je n'ay point touchées du tout , comme sont les Corps Luisants de plusieurs sortes , & tout ce qui regarde les Couleurs ; en quoy personne jusqu'icy ne peut se vanter d'avoir réussi. Enfin il reste bien plus à chercher touchant la nature de la Lumiere , que je ne pretens d'en avoir découvert , & je devray beaucoup de retour à celuy qui pourra suppleer à ce qui me manque icy de connoissance. A la Haye. Le 8 Jan. 1690.

T A.

T A B L E D E S M A T I E R E S

Contenues dans ce Traité.

C H A P . I . Des rayons directement étendus.

Q u e la Lumière est produite par certain mouvement. P a g . 2 .

Qu'il ne passe point de corps depuis l'objet lumineux jusqu'à nos yeux. p . 3 .

Q u e la Lumière s'étend sphériquement , & à peu près comme le Son. p . 4 .

S i la Lumière emploie du temps à s'étendre. p . 4 .

E x p é r i e n c e qui semble prouver qu'elle passe dans un instant. p . 5 .

E x p é r i e n c e qui prouve qu'elle emploie du temps. p . 7 .

D e combien sa vitesse est plus grande que celle du Son. p . 9 .

E n quoy l'emanation de la Lumière diffère de celle du Son. p . 9 .

Q u e ce n'est pas le même milieu qui servent à l'un & à l'autre. p . 10 .

C o m m e n t s'étend le Son. p . 11 .

C o m m e n t s'étend la Lumière. p . 12 .

R emarque particulière sur l'extension de la Lumière. p . 17 .

P ourquoi les Rayons ne s'étendent qu'en ligne droite. p . 19 .

C o m m e n t la Lumière , venant de divers endroits , se traverse sans empêchement. p . 20 .

C H A P . II . De la Reflexion.

D emonstration de l'Egalité des angles d'incidence & de reflexion. p . 21 .

P ourquoi le rayon incident & refletchi sont dans un même plan , perpendiculaire à la surface reflechissante. p . 24 .

Q u'il n'est pas nécessaire que la surface reflechissante soit parfaitement unie , pour faire l'égalité des angles d'incidence & de reflexion. p . 25 .

C H A P . III . De la Refraction.

Q uel corps pourroit estre transparent sans qu'aucune matière passe à

travers. p . 27 .

P r e u ve de ce que la matière étherte passe à travers les corps diaphanes. p . 28 .

C o m m e n t cette matière qui y passe rend diaphane. p . 29 .

Q u e les corps les plus solides en apparence sont d'un tissu fort rare. p . 29 .

Q u e la Lumière s'étend plus lentement au dedans de l'eau , & du verre , que dans l'air. p . 30 .

T roisième hypothèse pour expliquer la transparence , & le ralentissement qu'y souffre la Lumière. p . 30 .

D e ce qui peut rendre les corps opaques. p . 31 .

D emonstration pourquoy la Refraction observe la proportion connue des Sinus. p . 33 .

P ourquoy le Rayon incident & le rémpuisé produisent reciprocquement. p . 36 .

P ourquoy la Reflexion , au dedans d'un Prismé de verre triangulaire , se renforce subitement , depuis que la Lumière ne peut plus le percer. p . 38 .

Q uel corps qui causent plus grande réfraction , font aussi la reflexion plus forte: p . 39 .

D emonstration d'un Théorème de Mr. de Fermat. p . 40 .

C H A P . IV . De la Refraction de l'Air.

Q uelques emanations de la Lumière dans l'air ne sont pas sphériques. p . 43 .

C o m m e n t par la quelques objets paraissent plus élevés qu'ils ne sont. p . 44 .

C o m m e n t le Soleil peut paroître sur l'Horizon , devant qu'il soit levé. p . 45 .

Q uel les rayons de la Lumière deviennent courbes dans l'Air de l'Atmosphère , & quelles effets cela prédit. p . 46 .

C H A P .

TABLE DES MATIERES, &c.

<u>CHAP. V. De l'Etrange Refraction du Cristal d'Islande.</u>	<u>Qu'un objet posé sous le Cristal paroit double, dans deux images de differente hauteur.</u>
<u>Que ce Cristal croit aussi en d'autres pays.</u>	<u>p. 77.</u>
<u>Qui en a écrit le premier.</u>	<u>p. 49.</u>
<u>Description du Cristal d'Islande; sa matière, figure, & proprietez.</u>	<u>p. 49.</u>
<u>Qu'il a deux refractions différentes.</u>	<u>p. 51.</u>
<u>Que le rayon perpendiculaire à la surface y souffre refraction, & que des rayons inclinés à la surface passent sans refraction.</u>	<u>p. 51.</u>
<u>Observation des refractions de ce Cristal.</u>	<u>p. 52.</u>
<u>Qu'il a une refraction Régulière & une Irégulière.</u>	<u>p. 54.</u>
<u>La maniere de mesurer les deux refractions du Cristal d'Islande.</u>	<u>p. 54.</u>
<u>Proprietez remarquable de la refraction Irégulière.</u>	<u>p. 57.</u>
<u>Hypothèse pour expliquer la double refraction.</u>	<u>p. 58.</u>
<u>Que le Cristal de Roche a aussi une double Refraction.</u>	<u>p. 59.</u>
<u>Hypothèse des emanations de la Lumière, au dedans du Cristal d'Islande de forme sphéroïde, pour la refraction Irégulière.</u>	<u>p. 60.</u>
<u>Comment un rayon perpendiculaire peut souffrir refraction.</u>	<u>p. 60.</u>
<u>Comment la position & la forme des emanations sphéroïdes dans ce Cristal peut être définie.</u>	<u>p. 61. & 63.</u>
<u>Explication de la refraction Irégulière par ces emanations sphéroïdes.</u>	<u>p. 63.</u>
<u>Maniere aisne pour trouver la refraction Irégulière de chaque rayon incident.</u>	<u>p. 66.</u>
<u>Démonstration du rayon oblique, qui passe le Cristal sans être rompu.</u>	<u>p. 69.</u>
<u>Autres irregularitez de refraction expliquées.</u>	<u>p. 74.</u>
	<u>Qu'un objet posé sous le Cristal paroit double, dans deux images de differente hauteur.</u>
	<u>Pourquoys les hauteurs apparentes de l'une de ces images changent en changeant la situation des yeux au dessus du Cristal.</u>
	<u>p. 78 & suivantes.</u>
	<u>Des Coupes différentes de ce Cristal, qui produisent encore d'autres refractions, & confirmant toute cette Théorie.</u>
	<u>p. 85.</u>
	<u>Maniere particulière d'en polir les surfaces, apres qu'il a été coupé.</u>
	<u>p. 88.</u>
	<u>Phénomène sur prenant touchant les rayons qui passent par deux morceaux séparés, duquel la cause n'est point expliquée.</u>
	<u>p. 89.</u>
	<u>Conjecture vraisemblable sur la composition intérieure du Cristal d'Islance, & de quelle figure sont ses particules.</u>
	<u>p. 91.</u>
	<u>Preuves pour confirmer cette conjecture.</u>
	<u>p. 94.</u>
	<u>Calculs qui ont été supposés dans ce Chapitre.</u>
	<u>p. 95.</u>
<u>CHAP. VI. Des Figures des corps diaphanes qui servent à la Refraction & à la Reflexion.</u>	
<u>Règle générale & aisne pour trouver ces Figures.</u>	<u>p. 102.</u>
<u>Invention des Ovalles de Mr. des Cartes pour la Dioptrique.</u>	<u>p. 103.</u>
<u>Comment il a pu trouver ces Lignes.</u>	<u>p. 110.</u>
<u>Maniere de trouver la surface d'un verre pour la refraction parfaite, lors que l'autre surface est donnée.</u>	<u>p. 113.</u>
<u>Remarque sur ce qui arrive aux rayons dans la refraction d'une surface sphérique.</u>	<u>p. 118.</u>
<u>Remarque sur la ligne courbe qui se forme dans la reflexion d'un miroir concave sphérique.</u>	<u>p. 123.</u>

T R A T.



T R A I T E
D E L A L U M I E R E.
C H A P. I.
DES RAYONS DIRECTEMENT ETENDUS.

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 & d'incidence sont égaux: & que dans les refractions le rayon est rompu suivant la règle des Sinus, deiformis si connue, & qui n'est pas moins certaine que les precedentes.

La pluspart de ceux qui ont écrit touchant les différentes parties de l'Optique se sont contentés de presupposer ces veritez. Mais quelques uns plus curieux en ont voulu rechercher l'origine, & les causes, les considerant elles mesmes comme des effets admirables de la Nature. En quoy ayant avancé des choses ingénieuses, mais non pas telles pourtant que les plus intelligens ne souhaittent des explications qui leur satisfassent d'avantage; je veux proposer ici ce que j'ay médité sur ce sujet, pour contribuer autant que je puis à l'éclaircissement de cette partie de la Science naturelle, qui non sans raison en est réputée une des plus difficiles. Je reconnois estre beaucoup redévable à ceux qui ont commencé les premiers à dissiper l'obscurité estrange ou ces

A

cho-

T R A I T E'

chooses estoient enveloppées , & 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 raisonnemens peu évidents , comme tres certains & demonstratifs : ne trouvant pas que personne ait encore expliqué probablement ces premiers , & notables phenomepes de la lumiere , sçavoir pourquoy elle ne s'étend que suivant des lignes droites , & comment les rayons visuels , venant d'une infinité de divers endroits , se croisent sans s'empêcher en rien les uns les autres .

J'essaiерay donc dans ce livre , par des principes receus dans la Philosophie d'aujourd'huy , de donner des raisons plus claires & plus vraisemblables , premierement de ces propriétés de la lumiere directement estendue ; secondelement de celle qui se refléchit par la rencontre d'autres corps . Puis j'expliqueray les symptomes des rayons qui sont dits souffrir refraction en passant par des corps diaphanes de differente espece : où je traiteray aussi des effets de la refraction de l'air par les différentes densitez de l'Atmosphère .

Ensuite j'examineray les causes de l'étrange refraction de certain Cristal qu'on apporté d'Islande . Et en dernier lieu je traiteray des différentes figures des corps transparents , & refléchissants , par lesquelles les rayons sont assemblez en un point , ou detournez en différentes manieres . Où l'on verra avec quelle facilité se trouvent , suivant nostre Theorie nouvelle , non seulement les Ellipses , Hyperboles , & autres lignes courbes que M^e 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 , sphérique , 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 produ-

duction , on trouve qu'icy sur la Terre c'est principalement le feu & la flamme qui l'engendrent , lesquels contiennent sans doute des corps qui sont dans un mouvement rapide , puis qu'ils dissolvent & 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 defunit 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 veue 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 & le corps lumineux .

De plus quand on considere l'extreme vitesse dont la lumiere s'étend de toutes parts , & 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 , & sur tout à la dernière . C'est donc d'une autre maniere qu'elle s'étend , & ce qui nous peut conduire à la comprendre c'est la connoissance que nous avons de l'extension du Son dans l'air .

Nous sçayons que par le moyen de l'air , qui est un corps invisible & impalpable , le Son s'étend tout à l'entour du lieu où il a été produit , par un mouvement qui passe successivement

T R A I T E'

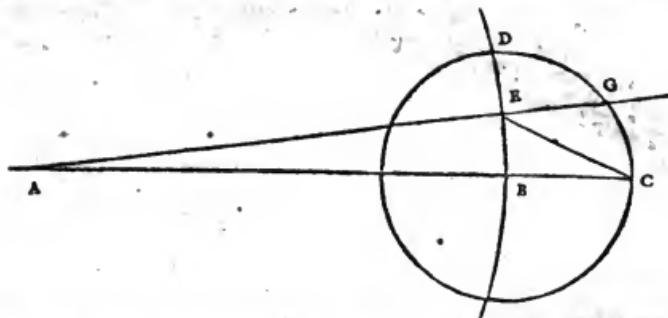
d'une partie de l'air à l'autre, & que l'extension de ce mouvement se faisant également viste de tous costez , il se doit former comme des surfaces spheriques, qui s'elargissent tousjours, & qui viennent frapper nostre oreille. Or il n'y a point de doute que la lumiere ne parvienne aussi depuis le corps lumineux jusqu'à nous par quelque mouvement imprimé à la matiere qui est entre deux : puisque nous avons deja 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 , & que par consequent il s'étend, ainsi que celui du Son , par des surfaces & 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, quoique provenant d'une autre cause , & 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, quoiqu'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 , & qu'on n'en peut conclure si non que le passage de la lumiere est extremement viste. M^t. Des Cartes qui estoit d'opinion qu'il 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 lui , pour en faire mieux comprendre toute la consequence.

Soit *A* le lieu du soleil , *B* une partie de l'orbite ou che-

min

mit annuel de la Terre. A B C une ligne droite, que je sup-



pose rencontrer le chemin de la Lune, représenté par le cercle C D , en C.

Or si la lumiere demande du temps, par exemple une heure, pour traverser l'espace qui est entre la Terre & la Lune ; il s'en-suivra 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 ob-scuration ou interruption de lumiere ne parviendra à la Terre que dans une autre heure. Posons que dans ces deux heures el-le soit parvenue en E . La terre donc estant en E , verra la Lune Eclipsée en C , dont elle est partie une heure auparavant , & verra en mesme temps le soleil en A. Car estant immobile, com-me je le suppose avec Copernic , & la lumiere s'estendant par des lignes droites , il doit toujours paroître où il est. Mais on a toujouors observé, disent-ils, que la Lune eclipsée paroît au lieu de l'Ecliptique opposé au Soleil ; & cependant icy elle pa-roitroit en arrière de ce lieu , de l'angle G E C , comple-ment de A E C à deux angles droits. Donc cela est contraire à

l'experience , puisque l'angle $G \in C$ seroit fort sensible , & environ de 33 degrez . Car selon nostre supputation , qui est au Traitte des causes des phenomenes de Saturne , la distance $B A$ entre la Terre & le Soleil est environ de douze mille diametres terrestres , & partant quatre cens fois plus grande que $B C$ distance de la Lune , qui est de 30 diametres . Donc l'angle $E C B$ sera à peu près quatre cens fois plus grand que $B A E$, qui est de cinq minutes ; sçavoir le chemin que fait la Terre en deux heures dans son orbite ; & ainsi l'angle $B C E$ presque de 33 degrez ; & de mesme l'angle $C E G$, qui le surpassé 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 $C E G$ ne sera que de 33 minutes , & s'il ne faut que dix seconde de temps , cet angle ne sera pas de six minutes . Et alors il n'est pas aisné de s'en apercevoir dans les observations d'Eclipse , ni par consequent permis d'en rien conclure pour le mouvement instantanée de la lumiere .

Il est vray que c'est supposer une estrange vitesse qui seroit cent mille fois plus grande 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'emission de la lumiere se faisoit avec le temps , voyant que par là tous ses phenomenes se pouvoient expliquer , & qu'en suivant l'opinion contraire tout estoit incomprehensible . Car il m'a toujours semblé , & à beaucoup d'autres avec moy , que mesme M^r. Des Cartes , qui a eu pour but de traitter intelligiblement

DE LA LUMIERE. CHAP. I.

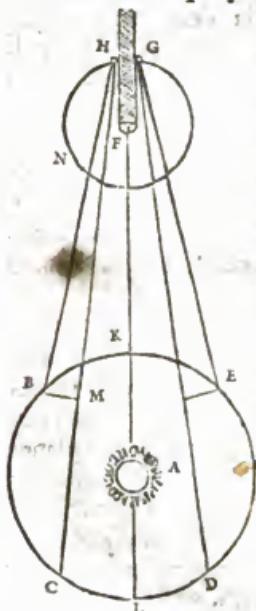
7

ment de tous les sujets de Physique , & qui assurément y a beaucoup mieux réussi que personne devant luy , n'a rien dit qui ne soit plein de difficultez , ou mesme inconcevable , en ce qui est de la Lumiere & de ses proprietez .

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^r. Romer que je vay rapporter icy , en attendant qu'il donne luy mesme tout ce qui doit servir à la confirmer . Elle est fondee de mesme que la precedente sur des observations celestes , & prouve non seulement que la lumiere emploie du temps à son passage , mais aussi fait voir combien elle emploie de temps , & 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 Planetes qui tournent autour de Jupiter , & qui entrent souvent dans son ombre ; & voicy quel est son raisonnement . Soit A le soleil , B C D E l'orbe annuel de la Terre , F Jupiter , G N l'orbite du plus proche de ses Satellites , car c'est cetuy 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 demeuroit en ce mesme lieu , qu'apres 42 heures & demie



demie l'on vist encore une pareille emersion ; par ce que c'est le temps dans lequel il fait le tour de son orbite , & qu'il revient à l'opposition du Soleil. Et si la Terre demeuroit tousjours en B pendant 30 revolutions, par exemple , de ce Satellite¹, elle le verroit encore sortir de l'ombre apres 30 fois 42 heures & demie. Mais la Terre s'estant transportée pendant ce temps en C , en s'éloignant d'avantage de Jupiter, il sensuit que si la lumiere emploie du temps à son passage , l'illumination de la petite planete sera aperceuë plus tard en C qu'elle ne l'auroit esté en B , & qu'il faut adjouter, à ce temps de 30 fois 42 heures & demie, encore celuy qu'emploie la lumiere à passer l'espace $M C$, difference des espaces $C H$, $B H$. 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 , & d'avantage , & l'on en a conclu que pour traverser tout le diamètre de l'orbe annuel $K L$, qui est le double de la distance d'icy au soleil , la lumiere 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 ; & 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 excentricité.

Que si l'on considere la vaste étendue du diamètre $K L$, qui selon moy est de quelques 24 mille diamètres de la Terre , l'on connoitra l'extreme vitesse de la lumiere. Car supposé que $K L$ ne soit que de 22 mille de ces diamètres , il paroît qu'estants

stant passez en 22 minutes, cela fait mille diamètres en une minute, & 16 $\frac{1}{2}$ diamètres dans une seconde ou battement d'artere, qui font plus de onze cent fois cent mille toises ; puisque le diamètre de la Terre contient 2865 lieues de 25 au degré, & que chaque lieuë est de 2282 Toises, suivant la mesure exacte que M^r. 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 même 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 toute autre chose que d'estre momentanée, puis qu'il y a la même difference que d'une chose finie à une infinie. Or le mouvement successif de la lumiere estant confirmé de cette manière, il s'ensuit, comme j'ay déjà dit, qu'il s'étend par des ondes sphériques, ainsi que le mouvement du Son.

Mais si l'un & l'autre se ressemblent en cela, ils diffèrent en plusieurs autres choses ; scavoir en la première production du mouvement qui les cause ; en la matière dans laquelle se mouvement s'étend ; & en la manière dont il se communique. Car pour ce qui est de la production du Son, on scrait que c'est par l'ébranlement subit d'un corps entier, ou d'une partie considérable, qui agite tout l'air contigu. Mais le mouvement de la lumiere doit naître comme de chaque point de l'objet lumineux, pour pouvoir faire apercevoir toutes les parties différentes 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 flame, & apparemment le soleil, & les étoiles, composez de particules qui nagent dans une matière beaucoup plus subtile, qui les agite avec une grande rapidité, & les fait frapper contre les particules de l'ether, qui les environnent, & qui sont beaucoup moins qu'elles. Mais que dans les lumineux solides comme du charbon, ou du métal rougi au feu, ce même

mouvement est causé par l'ebranlement 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 , & plus rapide que n'est celle des corps qui caufe le son , puisque nous ne voyons pas que le fremisslement d'un corps qui sonne est capable de faire naître 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 , & que nous respirons , lequel estant sorté 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 sonnant dans un vaisseau de verre , dont on tire en suite l'air par la machine que M^r. Boyle nous à donnée , & avec laquelle il à fait tant de belles experiences . Mais en faisant celle dont je parle , il faut avoir soin de placer le corps sonnant sur du cotton , ou sur des plumes , en sorte qu'il ne puisse pas communiquer ses tremblement au vaisseau de verre qui l'enferme , ni à la machine , ce qui avoit jusqu'icy esté negligé. Car alors après avoir vuidé 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 ce mesme air , mais une autre matiere dans laquelle s'étend la lumiere ; puisque l'air estant sorti de ce vaisseau , la lumiere ne laisse pas de le traverser comme auparavant.

Et ce dernier point se demonstre encore plus clairement par la

la celebre experiance 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 , & que cette matiere doit avoir percé le verre , ou le vif argent , ou l'un & l'autre , qui sont tous deux impenetrables à l'air. Et lorsque dans la mesme experiance l'on fait le vuide en mettant un peu d'eau par dessus le vif argent , l'on en conclud pareillement que ladite 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 communiquent successivement les mouvemens du Son , & 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 , & reduit à un espace beaucoup moindre qu'il n'occupe d'ordinaire ; & 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 & 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 ferrez dans le circuit de ces ondes qu'ailleurs.

Mais l'extreme vitesse de la lumiere , & d'autres proprietez qu'elle a , ne sçauroient admettre une telle propagation de mouvement , & je vais monstrer 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 , & 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'apercoive 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 & qui est d'autant plus grande que la matière des boules est d'une plus grande dureté.

Mais il est encore constant que ce progrez de mouvement n'est pas momentanée , mais successif & 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'acquierroient toutes en mesme temps , & partant elles avanceroient toutes ensemble ; ce qui n'arrive point : mais la derniere quitte toute la rangée , & acquiert la vitesse de celle qu'on à poussée. Outre qu'il y a des expériences qui font voir que tous ces corps que nous comptons au rang des plus durs , comme l'acier trempé , le verre , & l'Agathe , font ressort , & 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 petit en eux mesmes à l'endroit où ils sont frappés , & qu'ils se remettent aussi tôt dans leur premiere figure. Car j'ay trouvé qu'en frappant avec une boule de verre , ou d'Agathe , contre un gros morceau & bien épais de mesme matière , qui avoit la surface plate & 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 matières obeissent à leur rencontre , & se restituent , à quoy il faut qu'elles emploient du temps.

Or , pour appliquer cette sorte de mouvement à celuy qui produit la lumière , rien n'empêche que nous néstimions les particules

ticules de l'ether estre d'une matiere si approchante de la dureté parfaite & d'un ressort si prompt que nous voulons. Il n'est pas nécessaire 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 , & que leur ressort consiste dans le mouvement tres-rapide d'une matiere subtile , qui les traverse de tous costez , & constraint leur tissu à se disposer en sorte , qu'il donne un passage à cette matiere fluide le plus ouvert , & le plus facile qui se puisse. Ce qui s'accorde avec la raison que M^r. Des Cartes donne du ressort , sinon que je ne suppose pas des pores en forme de canaux ronds , & creux , comme luy. Et il ne faut pas s'imaginer qu'il y ait rien d'absurde en cecy ny d'impossible ; estant au contraire fort croyable que c'est ce progrez infini de différentes grosseurs de corpuscules , & 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 toujours qu'il y a beaucoupe de corps qui ont cette propriété ; & 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 conviene mieux que le ressort avec la progression égale , qui semble estre nécessaire ; 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 particules auront la propriété de se restituer également viste , soit qu'elles soient fortement ou foiblement poussées ; & ainsi le progrez de la lumiere

miere continuera tousjours avec une vitesse egale.

Et il faut sçavoir que quoique les particules de l'ether ne soient pas rangées ainsi en lignes droites comme dans nostre rangée de boules , mais confusément , en sorte qu'u-ne en touche plusieurs autres , cela n'empesche pas qu'elles ne transportent leur mouvement , & qu'elles ne l'étendent tous-jours en avant. En quoy il y a à remarquer une loy du mouvement qui sert à cette propagation , & qui se verifie par l'experience. C'est que quand une boule , comme icy A , en touche plu-



sieurs autres pareilles c c c , si elle est frap-pée par une autre boule B , en sorte qu'elle fasse impression sur toutes les c c c qu'elle touche , elle leur transporte tout son mouvement , & demeure apres cela immobile , com-me aussi la boule B. Et sans supposer que les particules etherées soient de forme sphérique , (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 la-dite propagation de mouvement .

L'Egalité 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 lumiere , que pour la rendre plus aisée & plus forte ; n'estant pas aussi hors d'apparence que les particules de l'ether ay-ent esté faites égales pour un si considerable effet que celuy de la lumiere , du moins dans cette vaste étendue qui est au de là de la region des vapours , qui ne semble servir qu'à trans-
mettre

mettre la lumiere du Soleil & des Astres. •

J'ay donc monstre de quelle facon l'on peut concevoir que la lumiere s'estend successivement par des ondes spheriques , & comment il est possible que cette extension se fasse avec une aussi grande vitesse , que les experiances , & les observations celestes la demandent. Où il faut encore remarquer que quoique les parties de l'ether soient supposees dans un continual mouvement , (car il y a bien des raisons pour cela) la propagation successive des ondes n'en scauroit 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 & fait changer de place entr'elles.

Mais il faut considerer encore plus particulierement l'origine de ces ondes , & la maniere dont elles s'estendent. Et premierement il s'ensuit de ce qui à esté dit dela 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 flame d'une chandelle , estans distinguez les points A,B,C ; les cercles concentriques , decrits 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 , & d'une partie du dedans de cette flame.

Mais comme les percussions au centre de ces ondes n'ont point de suite regleé , aussi ne faut il pas s'imaginer que les ondes mesmes s'entresuivent par des distances égales : & si ces distances paroissent telles dans cette figure , c'est plutost pour mar-



marquer le progrez d'une mesme onde en des temps egaux, que pour en representer plusieurs provenues d'un mesme centre.

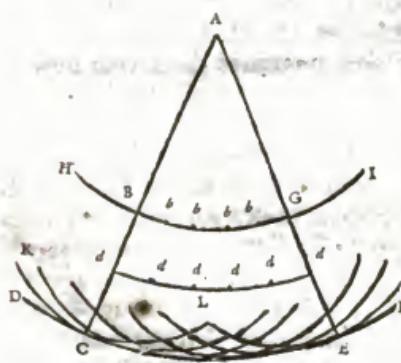
Il ne faut pas au reste que cette prodigieuse quantité d'ondes, qui se traversent sans confusion, ny sans s'effacer les unes les autres, semble inconcevable; estant certain qu'une mesme particule de matiere peut servir à plusieurs ondes, venant de divers costez, ou mesme de costez contraires; non seulement si elle est poussée par des coups qui s'entre-suivent prez à prez, mais mesme par ceux qui agissent sur elle en mesme instant; &c cela à cause du mouvement qui s'étend successivement. Ce qui se peut prouver par la rangeé de boules égales, de matiere dure, dont il a esté parlé cy dessus; contre laquelle si l'on pousse en mesme temps des deux costez opposez des boules pareilles A & B, l'on verra rejoaillir chacune avec la mesme vitesse qu'elle avoit en allant, & toute la rangeé demeurer en sa place; quoique le mouvement ait passé tout du long, & doublement. Et si ces mouvemens contraires viennent à le rencontrer à la boule du milieu C, ou à quelqu'autre comme D, elle doit plier & faire ressort des deux costez, & ainsi servir en mesme instant à transmettre ces deux mouvemens.



Mais ce qui peut d'abord paroître fort étrange & mesme incroyable, c'est que des ondulations produites par des mouvemens & des corpuscules si petits, puissent s'étendre à des distances si immenses, comme par exemple depuis le soleil, ou depuis les etoiles 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 veue. Mais on cesserá de s'étonner en considerant que dans une grande distance du

du corps lumineux une infinité d'ondes , quoique issuës 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 les 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 tireé du point lumineux ; mais qu'elle en donne aussi necessairement à toutes les autres qui la touchent , & qui s'opposent à son mouvement.



De sorte qu'il faut qu'autour de chaque particule il se fasse une onde dont cette particule soit le centre. Ainsi si $D C F$ est une onde emanée du point lumineux A , qui est son centre ; la particule b , une de celles qui sont comprises dans la sphère $D C F$, aura fait son onde particulière $K C L$, qui touchera l'onde $D C F$ en C , au mesmo moment que l'onde principale , emanée du point A , est parve-

C nuë

nué en D C F ; & il est clair qu'il n'y aura que l'endroit c de l'onde X C L qui touchera l'onde D C F , sçavoir celuy qui est dans la droite menée par A B . De mesme les autres particules comprises dans la sphère D C F , comme b b , d d &c. auront fait chacune son onde. Mais chacune de ces ondes ne peut estre qu'infiniment foible comparé à l'onde D C F , 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 D C F est determinée 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 particulières , lesquelles parties ne touchent point la sphère D C F . 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 proprietez de la lumière , & tout ce qui appartient à sa reflexion & à sa refraction , s'explique principalement par ce moyen. C'est ce qui n'a point été connu à ceux qui cy-devant ont commencé à considerer les ondes de lumiere , parmy lesquels sont M^t. Hook dans sa Micrographie , & le P. Pardies . qui dans un traitté dont il me fit voir une partie , & qu'il ne put achever étant mort peu de temps après , avoit entrepris de prouver par ces ondes les effets de la reflexion & de la refraction. Mais le principal fondement , qui consiste dans la remarque que je viens de faire , manquoit à ses démonstrations , & il avoit dans le reste des opinions bien différentes des miennes , comme peut estre l'on verra quelque jour si son écrit s'est conservé.

Pour venir aux proprietez de la lumiere ; remarquons premierement que chaque partie d'onde doit s'étendre en sorte , que les extremitez soient tousjors comprises entre les mesmes lignes droites tireés du point lumineux. Ainsi la partie d'onde

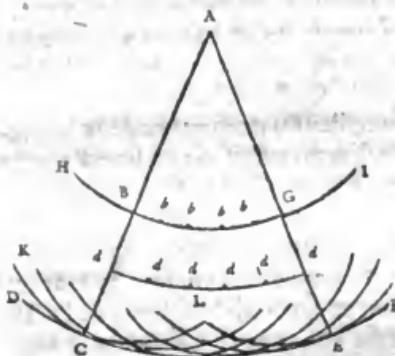
BG , ayant le point lumineux A pour centre, s'étendra en l'arc CE , terminé par les droites AC , AE . Car bien que les ondes particulières, produites par les particules que comprend l'espace CAE , se repandent aussi hors de cet espace, toutesfois elles ne concourent point en mesme instant, à composer ensemble une onde qui termine le mouvement, que précisément dans la circonference CE , qui est leur tangente commune.

Et d'icy l'on voit la raison pourquoi la lumiere, à moins que

ses rayons ne soient réfléchis 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 , GI ; l'onde de lumiere qui sort du point A

fera toujours terminée par les droites AC , AE , comme il vient d'estre démontré : les parties des ondes particulières, qui s'étendent hors de l'espace ACE , étant trop faibles pour y produire de la lumiere.

Or quelque petite que nous fassions l'ouverture BG , la raison est toujours la même 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 matière étherée, qui sont d'une petitesse inconcevable; de sorte qu'il paroît que chaque petite partie d'ondes s'avance nécessairement 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.

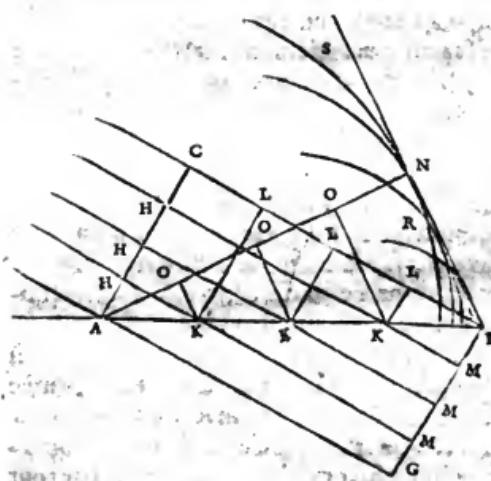
Il paroît au reste , par ce qui à esté remarqué touchant la foleesse des ondes particulières , qu'il n'est pas nécessaire que toutes les particules de l'Ether soient égales entre elles , quoique l'égalité soit plus propre à la propagation du mouvement . Car il est vray que l'inégalité fera qu'une particule , 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 particulières en arriere vers le point lumineux , incapables de faire de la lumiere : & non pas d'onde composée de plusieurs , comme estoit c. e.

Une autre , & des plus merveilleuses proprietez 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 empêchement . D'où vient aussi que par une mesme ouverture plusieurs spectateurs peuvent voir tout à la fois des objets differens , & 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 , & 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 concevoir . Qui ne le font nullement à mon avis selon l'opinion de Des-Cartes , qui fait consister la lumiere dans une pression continue , 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 , ni comment deux flambeaux se puissent éclairer l'un l'autre .

C H A P I T R E II. DE LA REFLEXION.

Ayant expliqué les effets des ondes de lumiere, 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 lumiere, & pourquoi elle garde l'égalité des angles. Soit une surface plane & polie, de quelque metal,

verre ou autre corps, à b, que d'abord je considérai comme parfaitement unie (me réservant à parler des inégalitez, dont elle ne peut être exempte, à la fin de cette démonstration) & qu'une ligne A C, inclinée sur A B, représente une partie d'une onde de lumiere, dont le centre soit si loin



que cette partie A C puisse être considérée comme une ligne droite; parce que je considère tout ceci comme dans un seul plan, m'imaginant que le plan, où est cette figure, coupe la sphère de l'onde par son centre, & le plan A B à angles droits; c'est qu'il suffit d'avertir une fois pour toutes.

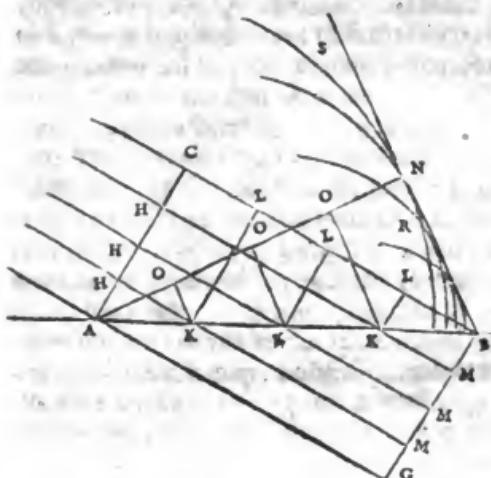


L'endroit c de l'onde $A C$, dans un certain espace de temps; sera avancé jusqu'au plan AB en B , suivant la droite cB , que l'on doit s'imaginer venir du centre lumineux, & qui par consequent est perpendiculaire à AC . Or dans ce même espace de temps, l'endroit A de la même onde, qui a été empêché de communiquer son mouvement par de là le plan AB , ou du moins en partie, doit avoir continué son mouvement dans la matière qui est au dessus de ce plan, & cela dans une étendue égale à cB ; faisant son onde sphérique particulière, suivant ce qui a été dit cy-dessous. Laquelle onde est ici représentée par la circonference sN , dont le centre est A , & le demidiamètre AN égal à cB .

Que si l'on considère en suite les autres endroits H de l'onde AC , il paraît qu'ils ne seront pas seulement arrivés à la surface AB par les droites HK parallèles à cB , mais que de plus ils auront engendré des centres K , des ondes sphériques particulières dans le diaphane, représentées ici par des circonférences dont les demidiamètres sont égaux aux KM , c'est à dire aux continuations des HK jusqu'à la droite BG parallèle à AC .

Mais toutes ces circonférences ont pour tangente commune la ligne droite BN , savoir la même qui de B est faite tangente du premier de ces cercles, dont A estoit le centre, & AN le demidiamètre égal à BC , comme il est aisé de voir.

C'est donc la ligne BN (comprise entre B & le point N , où tombe la perpendiculaire du point A), qui est comme formée par toutes ces circonférences, & qui termine le mouvement qui s'est fait par la réflexion de l'onde AC ; & c'est aussi où ce mouvement se trouve en beaucoup plus grande quantité que partout ailleurs. C'est pourquoi, selon ce qui a été 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 matière homogène à celle qui est au dessus du plan. Que si l'on veut voir comment l'onde $A\ C$ est venue successivement en $B\ N$, l'on n'a qu'à tirer dans la même figure les droites $K\ O$ parallèles à BN , & les droites $K\ L$ parallèles à $A\ C$. Ainsi l'on verra

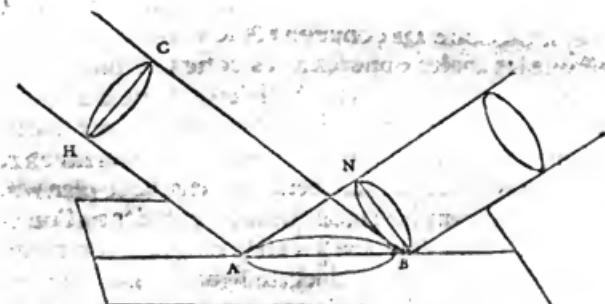
quel l'onde $A\ C$ de droite est devenue briséé dans toutes les $O\ K\ L$ successivement, & qu'elle est redevenue droite en $N\ B$.

Or il paroît d'icy que l'angle de reflexion se fait égal à l'angle d'incidence. Car les triangles $A\ C\ B$, $B\ N\ A$ étant rectangles, & ayant le côté $A\ B$ commun, & le côté $C\ B$ égal à $N\ A$, il s'ensuit que les angles opposés à ces côtés feront égaux, & partant aussi les angles $C\ B\ A$, $N\ A\ B$. Mais comme $C\ B$, perpendiculaire à $C\ A$, marque la direction du rayon incident, ainsi $A\ N$, perpendiculaire à l'onde $B\ N$, marque la direction du rayon reflechi ; donc ces rayons sont également inclinés sur le plan $A\ B$.

Mais en considerant la démonstration précédente, l'on pourroit dire qu'il est bien vray que $B\ N$ est la tangente commune des ondes circulaires dans le plan de cette figure ; mais que ces ondes, étant dans la vérité sphériques, ont encore une infinité de pareilles tangentes, scavoient toutes les lignes droites qui du point B font

b sont menées dans la surface du cone engendré par la droite $b\ n$ autour de l'axe $b\ a$. Il reste donc à montrer qu'il n'y a point de difficulté en ceci ; & par la même raison l'on verra pourquoi toujours le rayon incident & le reflechi sont dans un même plan perpendiculaire au plan reflechissant. Je dis donc que l'onde $a\ c$, n'estant considérée que comme une ligne, ne produit point de lumiere. Car un rayon visible de lumiere, quelque mince qu'il soit, a toujours quelque épaisseur ; & partant pour représenter l'onde dont le progrès fait ce rayon, il faut au lieu d'une ligne $a\ c$, mettre une figure plane, comme dans la figure suivante le cercle $h\ c$, en supposant, comme on a fait, le point lumineux infiniment éloigné. Or il est aisé de voir, ensuite de la précédente démonstration, que chaque petit endroit de cette onde $h\ c$, estant parvenu jusqu'au plan $a\ b$, & engendrant de là chacun son onde particulière ; celles cy auront toutes, lorsque c sera arrivé en b , un commun plan qui les touchera, scavoient un cercle $b\ n$ pareil à $c\ h$, & qui sera coupé par le milieu, & à angles droits, par le même plan qui coupe ainsi le cercle $c\ h$ & l'ellipse $a\ b$.

L'on voit aussi que les dites sphères des ondes particulières ne



peuvent point avoir d'autre commun plan touchant que le cercle

cle à n; de sorte que ce sera ce plan ou il y aura beaucoup plus de mouvement reflechy que par tout ailleurs , & qui pour cela portera la lumiere continuée de l'onde c h.

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 A B , ou du moins pas entierement. Où il faut remarquer que , quoynque le mouvement de la matiere etherée se communiquast en partie à celle du corps reflechissant, cela ne peut alterer en rien la vitesse du progrez 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 propriete des corps qui font ressort , de laquelle nous ayons 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 & d'incidence doivent être égaux ; non-obstant que ce corps fust de telle nature qu'il ostaist une partie du mouvement qui fait la lumiere incidente. Et l'experience monstrre 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 aupres des autres ; lesquelles particules sont plus grandes que celles de la matiere etherée , comme il paroitra par ce que nous dirons en traitant dela transparence & de l'opacité des corps. Car la surface consistant ainsi en des particules mises ensemble , & les particules etherées estant par dessus , & plus petites , il est evident qu'on ne sçauroit demontrer l'égalité des angles d'incidence ,

& de reflexion par la ressemblance de ce qui arrive à une balle poussée contre un mur , de laquelle on s'est toujours 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 égard ; & quoiqu'elle demeure toujours raboteuse à l'egard des particules de l'Ether , il est evident que les centres de toutes les sphères particulières de reflexion , dont nous avons parlé , sont à peu près dans un mesme plan uni , & 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 demontrer , pour faire l'égalité desdits angles , sans que le reste du mouvement reflechi de toutes parts puisse produire aucun effet contraire.

C H A P I T R E III.

D E L A R E F R A C T I O N .

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 , & les phenomenes de la refraction , par les ondes qui s'étendent au dedans & au travers des corps diaphanes , tant solides , comme le verre, que liquides , comme l'eau les huiles &c. 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
aucu-

aucunement les corps transparents , leurs particules mesmes se pourroient communiquer successivement le mouvement des ondes , de mesme que celles de l'Ether ; estant supposees , comme celles cy , de nature à faire ressort . Et cela est aisément à concevoir pour ce qui est de l'eau , & des autres liqueurs transparentes , comme estant composees de particules detachees . Mais il peut sembler plus difficile à l'egard du verre , & des autres corps transparents & 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 , & retenues ensemble par quelque pression de dehors d'une autre matiere , & par l'irregularité des figures . Car premierement leur rareté paroît par la facilité avec laquelle y passe la matiere des tourbillons de l'aimant , & 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 , & change par là la situation des particules entre elles . Il reste donc que ce soient , comme il a été 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 experiance que le hazard m'a fait rencontrer il y a long-

temps ; sçavoir de l'eau purgée d'air , qui demeure suspendue 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 q̄l il soit besoin que la matiere etherée , q̄i fert à la lumiere , y passe , ny qu'elle trouve des pores pour s'y insinuer . Mais la vérité est que cette matiere non seulement y passe , mais mesme avec grande facilité , dequoy l'experience de Torricelli , dessus alleguée , est déjà une preuve . Par ce que le vif argent & l'eau , quittant la partie haute du tuyau de verre , il paroît qu'elle est remplie aussi-tost de la matiere etherée , puisque la lumiere y passe . Mais voicy un autre argument qui prouve cette penetrabilité aiseé , non seulement dans les corps transparens , mais aussi dans tous les autres .

Lorsque la lumiere passe à travers d'une sphère 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 sphère . Et cette matiere etherée , comme il a été monstré cy devant , consiste en des particules qui se touchent prez à prez . Si elle estoit donc tellement enfermée dans la sphère qu'elle ne pût sortir par les pores du verre , elle seroit obligée de suivre le mouvement de la sphère lorsqu'on la fait changer de place : & il faudroit par consequent la mesme force à peu pres pour imprimer une certaine vitesse à cette sphère ; lorsqu'elle seroit posée sur un plan horizontal , que si elle estoit pleine d'eau ou peutestre de vif argent : parce que tout corps résiste à la vitesse du mouvement , qu'on veut luy donner , selon la quantité de la matiere qu'il contient , & qui doit suivre ce mouvement . Mais on trouve au contraire que la sphère ne résiste 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

Nous ferons voir cy apres que la mesme penetrabilite se conclud aussi, par ce moyen, en ce qui est des corps opaques.

La seconde maniere donc d'expliquer la transparence, & qui paroit plus vrai-semblable , c'est en disant que les ondes de la lumiere se continuent dans la matiere etheree , qui occupe continuellement les interstices , ou pores des corps transparents . Car puisqu'elle y passe continuellement , & avec facilite , il s'ensuit qu'ils s'en trouvent toujours remplis . Et l'on peut mesme demontrer 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 cohérente ; & si la proportion de cette force suit la raison des pesanteurs , ce qui se confirme par l'experience ; donc la quantité de la matiere constituant des corps suit aussi la proportion des pesanteurs . Or nous voyons que l'eau ne pese que la quatorzième partie autant qu'une portion égale de vif argent : donc la matiere de l'eau n'occupe pas la quatorzième 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 , & que la matiere de l'or est fort peu dense : comme il s'ensuit de ce que la matiere des tourbillons , de l'aimant , & 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 , & 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'ici d'y employer ; conservant mesme toute sa liquidité , pendant qu'elle souffre cette pression .

Ce n'est pas icy une petite difficulté . Laquelle pourtant on

peut resoudre en disant que le mouvement tres violent & rapi-de 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 transparents estant donc telle que nous avons dit , l'on conçoit aisement que les ondes puissent estre continuées dans la matière etherée qui emplit les interstices des particules. Et de plus l'on peut croire que le progrez 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.

J'indiqueray auparavant la troisième & dernière maniere dont on peut concevoir la transparence , qui est en supposant que le mouvement des ondes de lumiere se transmet indifferem-ment & dans les particules de la matière etherée , qui occupent les interstices des corps , & dans les particules qui les compo-sent , en sorte que ce mouvement passe des unes aux autres. L'on verra cy apres que cette hypothese fert beaucoup à expli-quer la refraction double de certains corps diaphanes.

Que si l'on objete que les particules de l'ether estant plus pe-tites que celles des corps transparents , puis qu'elles passent par leurs intervalles , il s'ensuivroit qu'elles ne leur pourroient com-muniquer que peu de leur mouvement ; l'on peut respondre , que les particules de ces corps sont encore composées d'autres par-ticules plus petites ; & qu'ainsi ce seront ces particules secon-des qui recevront le mouvement de celles de l'ether.

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

C'est

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 adjouter en quoy ces corps different de ceux qui sont opaques , & 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 emploiee pour prouver le peu de densité du verre , & sa penetrabilité aiseé à la matiere etherée , l'on peut aussi prouver que la mesme penetrabilité conuient aux metaux & 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 fert à la lumiere , puisque cette matiere y estoit aussi bient que l'air , lorsqu'on bouchoit l'ouverture de la sphère. Cependant estant fermée , & 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 forte qu'il en faut conclurre , comme dessus , que la matiere etherée , qui est enfermée ne suit point le mouvement de la sphere ; & que partant l'argent , aussi bien que le verre , est très facilement penetré par cette matiere. Il s'en trouve donc continuellement & en quantité entre les particules de l'argent & de tous les autres corps opaques ; & puis qu'elle fert à la propagation de la lumiere , il semble que ces corps devroient aussi estre transparens , comme le verre ; ce qui pourtant n'est point.

D'où dira-t-on donc que vient leur opacité? estce 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 , & empeschent ainsi la continuation des ondes de lumiere? Cela ne se peut : car si les particules des metaux sont molles , comment est

T R A I T E

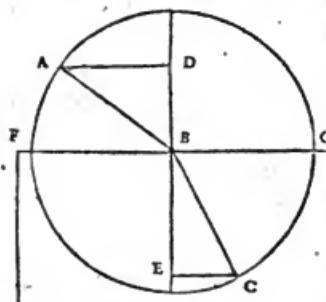
c'est ce que l'argent poli , & le mercure reflechissent si fortement la lumiere ? ! Ce que je trouve de plus vrai-semblable en cecy , c'est de dire que les corps des metaux , qui sont presque les seuls veritablement opaques , parmi leurs particules dures en ont de molles entremeslées , de sorte que les unes servent à causer la reflexion , & 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 , & 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 transparens , & la diminution de vitesse que ces mesmes ondes y souffrent .

La principale propriété de la Refraction est , qu'un rayon de lumiere , comme A B , estant dans l'air , & tombant obliquement sur la surface polie d'un corps transparent comme F G , se rompt

au point d'incidence B , en sorte qu'avec la droite D B E , qui coupe la surface perpendiculairement , il fait un angle C B E moindre que A B D , qu'il faisoit avec la même perpendiculaire estant dans l'air . Et la mesure de ces angles se trouve en décrivant un cercle du point B , qui coupe les rayons A B , B C . Car les perpendiculaires A D , C E menées des points d'intersection

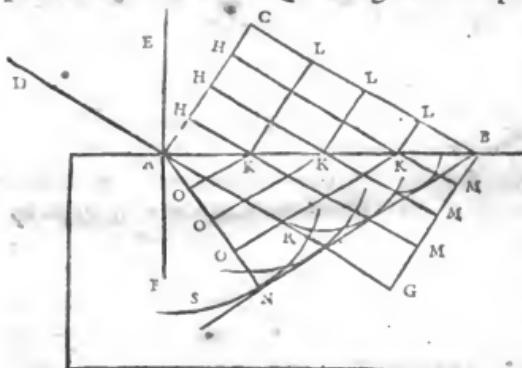
sur la droite D E , lesquelles on appelle les Sinus des angles A B D , C B E , ont entre elles une certaine raison , qui est tousjors la même dans toutes les inclinaisons du rayon incident , pour ce qui est d'un certain corps transparent . Estant dans le verre fort prez



prés comme de 3 à 2, & dans l'eau fort près comme de 4 à 3, & ainsi différente dans d'autres corps diaphanes.

Une autre propriété, pareille à celle-cy, est que les réfractions sont reciproques entre les rayons entrans dans un corps transparent, & ceux qui en sortent. C'est-à-dire que si le rayon A B en entrant dans le corps transparent se rompt en B C, aussi C B, étant pris pour un rayon au dedans de ce corps, se rompra, en sortant, en B A.

Pour expliquer donc les raisons de ces phénomènes suivant nos principes, soit la droite A B, qui représente une surface plane, terminant les corps transparents qui sont vers C & 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 réflexion, & par la même raison. Que la ligne A C représente une partie



d'onde de lumière, dont le centre soit supposé si loin, que cette partie puisse être considérée comme une ligne droite. L'endroit C donc, de l'onde A C, dans un certain espace de temps sera a-

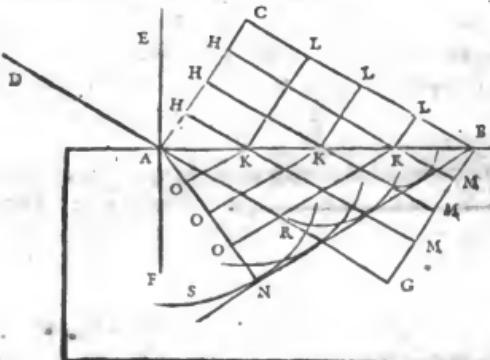
vancé jusqu'au plan A B suivant la droite C B, que l'on doit imaginer qu'elle vient du centre lumineux, & qui par conséquent coupera A C à angles droits. Or dans le même temps l'endroit C sera venu en G par la droite A G, égale & parallele à C B; & toute la partie d'onde A C sera en G B, si la matière du corps transparent transmettoit le mouvement de l'onde aussi

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 matière du corps transparent, par une étendue égale aux deux tiers de cB , faisant son onde sphérique particulière, suivant ce qui a été dit cy devant; laquelle onde est donc représentée par la circonference sNr , dont le centre est A , & le demi-diamètre égal aux $\frac{1}{3}$ de cB . Que si l'on considère ensuite les autres endroits h de l'onde Ac , il paroit que dans le même temps que l'endroit c est venu en B , ils ne seront pas seulement arrivés à la surface AB , par des droites hk parallèles à cB , mais que de plus ils auront engendré, des centres k , des ondes particulières dans le diaphane, représentées ici par des circonférences dont les demi-diamètres sont égaux aux $\frac{1}{3}$ des lignes km , c'est à dire aux $\frac{1}{3}$ des continuations de hk jusqu'à la droite BG ; car ces demi-diamètres auraient été égaux aux km entières, si les deux diaphanes estoient de même penetrabilité.

Or toutes ces circonférences ont pour tangente commune la ligne droite BN : scéavoir la même qui du point B est faite tangente de la circonference sNr , que nous avons considérée la première. Car il est aisément de voir que toutes les autres circonférences vont toucher à la même BN , depuis B jusqu'au point de contact N , qui est le même ou 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, & où ce mouvement se trouve en beaucoup plus grande quantité que par tout ailleurs. Et pour cela cette ligne, suivant ce qui a été dit plus d'une fois, est la propagation de l'onde Ac dans le moment que son endroit 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 particulières. Que si l'on veut scéavoir

voir comment l'onde AC est venue successivement en BN , il ne faut que dans la même figure tirer les droites KO parallèles à BN , & toutes les KL parallèles à AC . Ainsi l'on verra que l'onde CA , de droite est devenue brisée dans toutes les LKO successivement, & qu'elle est redevenue droite en BN . Ce qui estant évident par ce qui a desja esté montré, il n'est pas besoin de l'éclaircir davantage.



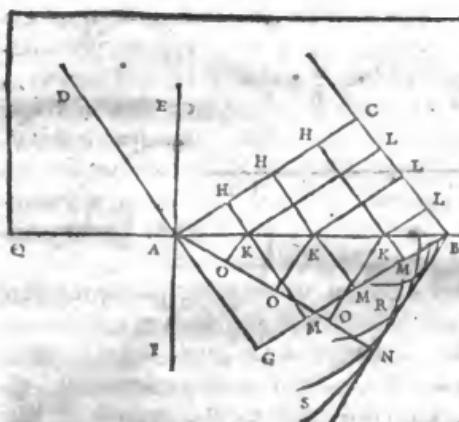
Or, dans la même figure, si on mène EAF , qui coupe le plan AB à angles droits au point A , & que AD soit perpendiculaire à l'onde AC , ce sera DA qui marquera le rayon de lumière in-

cident, & AN , qui estoit perpendiculaire à BN , le rayon rompu : puisque les rayons ne sont autre chose que les lignes droites suivant lesquelles les parties des ondes s'estendent.

D'où il est aisé de reconnoître cette principale propriété des réfractions, scavoir que le Sinus de l'angle DAE , a toujours une même raison au Sinus de l'angle NAN , quelle que soit l'inclinaison du rayon DA : & que cette raison est la même que celle de la vitesse des ondes dans le diaphane qui est vers AE , à leur vitesse dans le diaphane vers AN . Car considerant AB comme rayon d'un cercle, le Sinus de l'angle BAC est BC , & le Sinus de l'angle ABN est AN . Mais l'angle BAC est égal à DAE ; puisque chacun d'eux, adjoint à CAE , fait un angle droit. Et l'angle ABN est égal à NAN ; puisque chacun d'eux avec BAN fait

un angle droit. Donc le Sinus de l'angle D A E est aussi au Sinus de N A F comme B C à A N. Mais la raison de B C à A N estoit la mesme que celle des vitesses dela lumiere dans la matiere qui est vers A E & dans celle qui est vers A F ; donc aussi le Sinus de l'angle D A E au Sinus de l'angle N A F 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'estend plus vite que dans celuy d'ou ils sortent , (posons d'abord selon la raison de 3 à 2) il ne faut que repeter toute la mesme construction & demonstration que nous venons de mettre ; en substituant seulement par-tout $\frac{1}{2}$ 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 A C sera parvenu jusqu'à la surface A B en B , toute la partie d'onde A C sera avancée en B N , en sorte que B C perpendiculaire sur A C soit à A N perpendiculaire sur B N comme 2 à 3. Et que cette mesme raison de 2 à 3 sera enfin entre le Sinus de l'angle E A D , & le Sinus de l'angle F A N .

D'icy l'on voit la reciprocation des refractions du rayon entrant & sortant d'un mesme diaphane : scavoir que si N A tombant sur la surface exterieure A B , se rompt en A D , aussi le rayon D A se rompra , en sortant du diaphane , en A N .

L'on

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 $D A$, il commence à ne point pouvoir penetrer dans l'autre diaphane. Car si l'angle $D A Q$ ou $C B A$ est tel que dans le triangle $A C B$, $C B$ soit égale aux $\frac{1}{2}$ de $A B$, ou plus grande, alors $A N$ ne peut pas faire un costé du triangle $A N B$ parce qu'elle devient égale à $A B$, ou plus grande : de sorte que la partie d'onde $B N$ ne se trouve nulle part, ni par consequent $A N$, qui luy devoit estre perpendiculaire. Et ainsi le rayon incident $D A$ ne perce point alors la surface $A B$.

Quand la raison des vitesses des ondes est de deux à trois, comme dans nostre exemple, qui est celle qui convient au verre & à l'air, l'angle $D A Q$ doit estre plus grand que de 48. deg. 11. min. afin que le rayon $D A$ 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 & l'air, cet angle $D A Q$ doit exceder 41. degréz 24. minutes. Et cela s'accorde parfaitement avec l'expérience.

Mais on pourroit demander icy, puisque la rencontre de l'onde $A C$ contre la surface $A B$ doit produire du mouvement dans la matière qui est de l'autre costé, pourquoi il n'y passe point de lumière. A quoy la réponse est aisée si l'on se souvient de ce qui a été dit cidevant. Car bien qu'il s'engendre une infinité d'ondes particulières dans la matière qui est de l'autre costé de $A B$, il n'arrive point à ces ondes d'avoir une ligne tangente commune (soit droite ou courbe) en un même instant ; & ainsi il n'y a point de ligne qui termine la propagation de l'onde $A C$ au delà du plan $A B$, ni où le mouvement soit ramassé en assez grande quantité pour produire de la lumière. Et l'on verra aisement la vérité de ceci, scavoir que $C B$ étant plus grande que les $\frac{1}{2}$ de $A B$, les ondes excitées au delà du plan $A B$ n'auront point de commune tangente, si des centres x l'on de-

crit alors des cercles , ayans les rayons égaux aux : des $\angle B$ qui leur répondent. Car tous ces cercles feront enfermez les uns dans les autres , & passeront tous au dela du point B .

Or il est à remarquer que , dès lors que l'angle $D A Q$ est plus petit qu'il ne faut pour permettre que le rayon $D A$ rompu puisse passer dans l'autre diaphane , l'on trouve que la reflexion interieure , qui se fait à la surface $A B$, s'augmente de beaucoup en clarté ; comme il est aisè d'expérimenter avec un prisme triangulaire : de quoys l'on peut rendre cette raison par nôstre Theorie. Lorsque l'angle $D A Q$ est encore assez grand pour faire que le rayon $D A$ puisse passer , il est manifeste que la lumiere de la partie d'onde $A C$ est ramassée dans une moindre estendue , lorsqu'elle est parvenue en $B N$. Il paroit aussi que l'onde $B N$ devient d'autant plus petite que l'angle $C B A$ ou $D A Q$ est fait plus petit ; jusqu'à ce qu'estant diminué jusqu'à la determination peu auparavant marquée , cette onde $B N$ se ramasse toute comme dans un point. C'est à dire que quand l'endroit C de l'onde $A C$ est alors arrivé en B , l'onde $B N$, qui est la propagation de $A C$, est toute reduite au même point B , de même que , quand l'endroit H estoit arrivé en K , la partie $A H$ estoit toute reduite au même point K . Ce qui fait voir qu'a mesure que l'onde $C A$ est venu rencontrer la surface $A B$, 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 , & avoir renforcé de beaucoup les ondes particulières , qui produisent la reflexion interieure contre la surface $A B$, suivant les loix dela reflexion cy devant expliquées.

Et parce qu'un peu de diminution à l'angle d'incidence $D A Q$, fait devenir l'onde $B N$, d'assez grande qu'elle estoit , à rien : (car cét angle estant dans le verre de 49. degréz 11. min. l'angle $B A N$ est encore de 11. degréz 21. min. , & le même angle $D A Q$ estant diminué d'un degré seulement , l'angle $B A N$ est réduit

duit à rien , & ainsi l'onde $S N$ reduite à un point :) dela vient que la reflexion interieure d'obscuré devient subitement claire , dès lors que l'angle d'incidence est tel qu'il ne donne plus passage à la refraction.

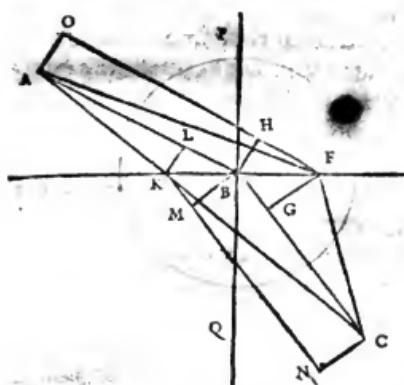
Or pour ce qui est de la reflexion exteriere ordinaire , c'est a dire qui arrive lors que l'angle d'incidence $D A Q$ est encore assez grand pour faire que le rayon rompu puisse penetrer au dela de la superficie $A B$: cette reflexion se doit faire contre les particules de la matiere qui touche le corps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

L'experience au reste nous apprend que ces deux reflexions font à peu pres d'égale force , & 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 , & celle du diamant plus forte que celle du verre.

Je finiray cette theorie de la refraction en demontrant 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^r. Fermat à proposé le premier cette propriété des refractions , tenant comme nous , & directement

tement contre l'opinion de M^r. Des Cartes , que la lumiere passe plus lentement à travers le verre & l'eau qu'à travers l'air. Mais il supposoit autre cela la proportion constante des Sinus, que nous venons de prouver par ces seuls divers degréz de vitesse ; ou bien , ce qui vaut autant , il supposoit autre ces diverses vitesses , que la lumiere employoit en ce passage le moins de temps possible , pour en conclure la proportion constante des Sinus. Sa démonstration, qui se voit dans ses ouvrages imprimez & dans le livre des lettres de M^r. Des Cartes , est fort longue ; c'est pourquoi je donne ici cette autre plus simple & plus facile.

Soit la surface plane $x\ F$; le point A dans le diaphane que la lumiere traverse plus facilement , comme l'air ; le point C dans un autre plus difficile à penetrer , comme l'eau ; & 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 $P\ B\ Q$, qui coupe le plan à angles droits , le sinus de l'angle $A\ B\ P$ au sinus de l'angle $C\ B\ Q$ ait la même 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 $A\ B$ & $B\ C$, pris ensemble , sont les plus courts qu'ils peuvent estre. Prenons qu'elle soit venue par d'autres lignes , & premièrement par $A\ F$, $F\ C$, en sorte que le point de réfraction F soit plus distant que B du point A , & soit $A\ O$, perpendiculaire sur

$A\ B$,

AB , FO parallele à AB ; BH perpendiculaire sur FO , & FG sur BC .

Puisque donc l'angle HBF est égal à PBA , & l'angle BFG égal à QBC , il s'ensuit que le sinus de l'angle HBF aura aussi au sinus de BFG la même raison que la vitesse de la lumière dans le diaphane A , à sa vitesse dans le diaphane C . Mais ces sinus sont les droites HF , BG , en prenant BF pour demi-diamètre d'un cercle. Donc ces lignes, HF , BG ont entre elles ladite raison des vitesses. Et partant le temps de la lumière par HF , supposé que le rayon fut OF , sera 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 excedera d'autant plus le temps par ABC .

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

Ici BL & KM sont les sinus des angles BKL , KBM , c'est à dire des angles PBA , QBC ; & partant elles sont entre elles comme la vitesse de la lumière dans le diaphane A , à la vitesse dans le diaphane C . Donc le temps par LB est égal au temps par KM ; & puisque 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 étant plus longue que KN , le temps par AKC surpassera d'autant plus le temps par ABC . Ainsi il paraît que le temps par ABC est le plus court qu'il peut être: ce qu'il falloit démontrer.

C H A P I T R E IV.

D E L A R E F R A C T I O N D E L'A I R .

Nous avons montré comment le mouvement , qui fait la lumiere, s'estend par des ondes spheriques dans une matiere homogene. Et il est évident que lorsque la matiere n'est pas homogene , mais de telle constitution que le mouvement s'y communique plus vite 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.

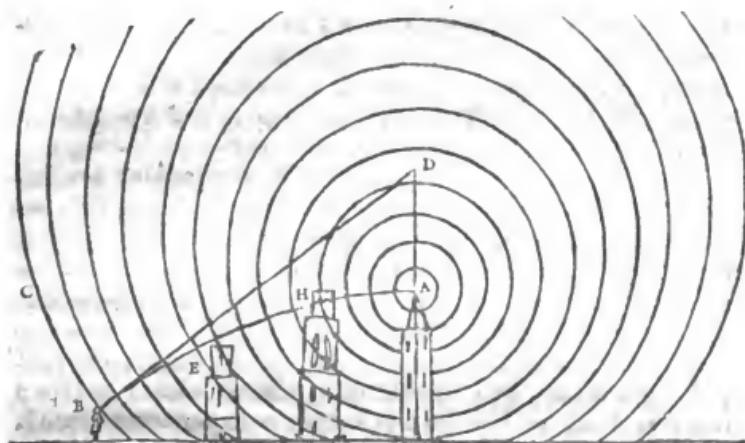
C'est par là que nous expliquerons premierement les refractions qui se font dans l'air , qui s'estend d'icy aux nuës & au delà , desquelles refractions les effets sont fort remarquables ; car c'est par elles que nous voyons souvent des objets que la rondeur de la Terre nous devroit autrement cacher ; comme des Isles & des sommets de montagnes lorsqu'on est sur mer. Par elles aussi le Soleil & la Lune paroissent levez auparavant qu'ils le soient en effet , & couchez plus tard ; de sorte qu'on a veu sonvent la Lune eclipsée que le Soleil paroisoit encore dessus l'horizon. Et ainsi les hauteurs du Soleil & de la Lune , & celles de toutes les étoilles paroissent toujours un peu plus grandes , par ces mesmes refractions , qu'elles ne sont dans la vérité , comme scavaient les Astronomes. Mais il y a une experiance 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 éloigne de demie lieuë ou plus , comme un clocher ou une maison , si on y regarde à des heures differentes

tes du jour , la laissant tousjours attachée de mesme , l'on verra que ce ne 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 & 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 ; & qu'ils baïferont 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 rapporter : mais suivant nostre Theorie la chose est fort aisée . Lon sçait que l'air qui nous environne , outre les particules qui luy sont propres , & qui nagent dans la matiere etherée , comme il a été expliqué , se remplit encore de par-particules d'eau , que l'action de la chaleur eleve ; & 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 & 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 , & l'embarras que ces parties d'air & d'eau donnent à la propagation du mouvement des particules etherées , en retarde le progrez ; il s'ensuit que les unes & les autres , volant parmy les particules etherées , doivent rendre l'air , depuis une grande hauteur jusqu'à la Terre , par degréz , 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

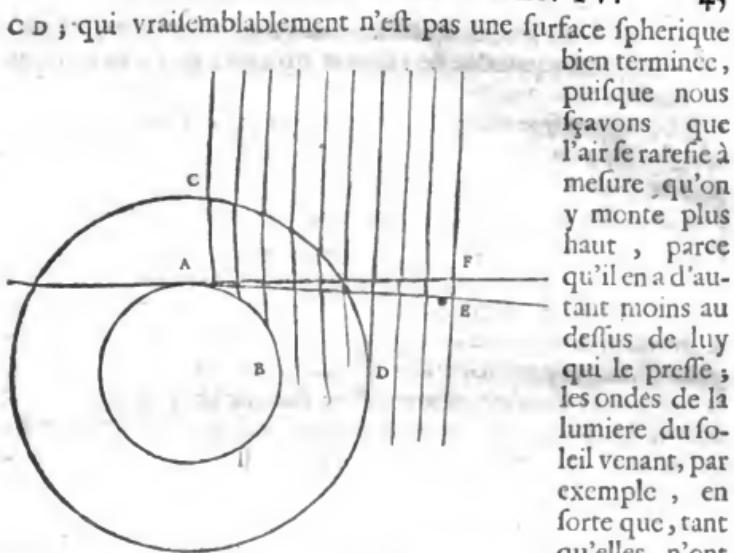
vient s'étendre plus amplement vers en haut , & moins vers en bas , mais vers les autres endroits plus ou moins selon qu'ils



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 point A , si ce n'est la seule qui est perpendiculaire à l'horizon.

Soit $B C$ l'onde qui porte la lumiere au spectateur qui est en B , & que $B D$ 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 paroit , n'est autre chose que la perpendiculaire à l'onde qui arrive à nostre oeil , comme l'on peut entendre par ce qui à esté dit cy dessus , il est manifeste que le point A s'appercevrà comme estant dans la droite $B D$, & ainsi plus haut qu'il n'est en effet.

De mesme si la Terre est $A B$, & l'extremité de l'Atmosphère



pas atteint l'Atmosphère $C D$, la droite $A E$ les coupe perpendiculairement: ces mesmes ondes, entrant dans l'Atmosphère, doivent avancer plus vite aux endroits elevez que dans ceux qui sont plus près de la Terre. De sorte que si $C A$ est l'onde qui porte la lumiere au spectateur en A , son endroit C sera le plus avancé; & la droite $A F$, qui coupe cette onde à angles droits, & qui determine le lieu apparent du Soleil, passera au dessus du Soleil véritable, qui seroit vu par la ligne $A E$. Et ainsi il peut arriver que ne devant point estre visible sans vapeurs, parce que la ligne $A E$ rencontre la rondeur de la Terre, il s'apercevra par la refraction dans la ligne $A F$. Mais cet angle $E A F$ n'est jamais guere plus grand que d'un demi degré, parce que la tenuïté 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 degréz ; ce qui vient de la différente quantité de vapeurs aqueuses qui s'elevent de la Terre.

Et cecy mesme est cause qu'en de certains temps un objet eloigné sera caché derriere un autre moins eloigné , & qu'il pourra estre vu dans un autre temps , quoique l'endroit d'où l'on regarde soit toujours le mesme. Mais la raison de cet effet sera encore plus evidente par ce que nous allons remarquer touchant la courbure des rayons. Il paroit 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'inegale penetrabilité. Car ils suivent nécessairement la ligne qui, depuis l'objet jusqu'à l'œil , coupe toutes les progressions des ondes à angles droits , ainsi que dans la premiere figure fait la ligne A E B , comme il sera montré cy après ; & 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 élevée en D , pourtant elle ne paroitroit pas à l'oeil B si la tour H estoit entre deux , parce qu'elle traverse la courbe A E B. Mais la tour E , qui est au dessous de cette courbe , n'empesche point la pointe A d'estre veüe. Or selon que l'air proche de la Terre excede en densité celuy qui est plus élevé , la courbure du rayon A E B 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'œil en B ; & en d'autres temps il est interrompu par la mesme tour E , ce qui cache A à ce mesme œil.

Mais pour demontrer cette courbure des rayons conformement à toute nostre precedente Theorie , imaginons nous que A B soit une parcelle d'onde de lumiere venant du costé C , la quelle nous pouvons considerer comme une ligne droite. Posons aussi

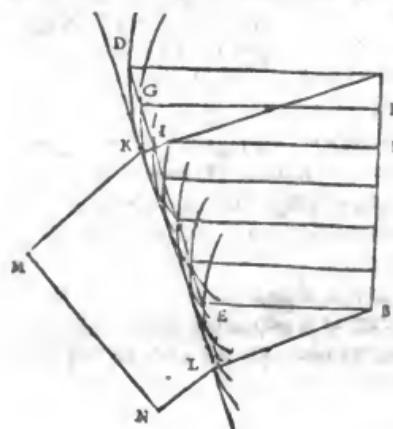
qu'elle soit perpendiculaire à l'Horizon ; l'endroit *B* estant plus

proche de la Terre que l'endroit *A* ; & qu'à cause des vapeurs moins embarrassantes en *A* qu'en *B*, l'onde particulière qui procede du point *A* s'estende par un certain espace *A D*, pendant

que l'onde-particulière qui procede du point *B* s'estend par un espace moindre *B E*, estant *A D*, *B E* parallèles à l'Horizon. De plus, supposant des droites *F G*, *H I* &c. tirées d'une infinité de

points dans la droite *A B*, & terminées par la droite (ou qui peut estre considerée comme telle) *D E*, soient par toutes ces lignes representées les diverses penetrabilitez dans les différentes hauteurs de l'air entre *A* & *B*, de sorte que l'onde particulière, née du point *F*, s'élargira de l'espace *F G*, & celle du point *H* de l'espace *H I*, pendant que celle du point *A* s'étend par l'espace *A D*.

Or si des centres *A*, *B* l'on décrit les cercles *D K*, *E L*, qui représentent l'estendue des ondes qui naissent de ces deux points, & que l'on mene la droite *K L* qui touche ces deux cercles, il est aisé de voir que cette même ligne sera la tangente commune de tous les autres cercles qui ont été decrits des centres *F*, *H*, &c. & que tous les points de contact tomberont dans la partie de cette ligne qui est comprise entre les perpendiculaires *A K*, *B L*. Donc ce sera la droite *K L* qui terminera le mouvement des



des ondes particulières nées des points de l'onde A B , & ce mouvement sera plus fort entre les points K L que par tout ailleurs dans le même instant , puis qu'une infinité de circonférences concourent à former cette droite. Et partant K L sera la propagation de la partie d'onde A B , suivant ce qui a été dit en expliquant la réflexion & la refraction ordinaire. Or il paraît que A K , B L baissent vers le côté ou l'air est moins aisé à pénétrer : car A K étant plus longue que B L , & luy étant parallèle, il s'ensuit que les lignes A B , K L , étant prolongées, concourent du côté L. Mais l'angle K est droit, donc K A B est nécessairement aigu , & partant moindre que D A B . Que si l'on cherche de même manière le progrès de la partie d'onde K L , on la trouvera dans un autre temps parvenu en M N , en sorte que les perpendiculaires K M , L N baissent encore plus que A K , B L . Et ceci fait assez voir que le rayon se continue suivant la ligne courbe qui coupe toutes les ondes à angles droits , comme il a été dit.

C H A P I T R E V.

DE L'ESTRANGE REFRACTION DU CRISTAL D'ISLANDE.

I. L'on apporte d'Islande, qui est une Isle de la Mer Septentrionale, à la hauteur de 66. degréz, une espece de Cristal , ou pierre transparente, fort remarquable par sa figure , & autres qualitez , mais sur tout par celle de 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'egard des rayons de la lumiere , ne suit pas les regles ordinaires. J'ay mesme eu quelque nécessité de faire cette recherche, parce que les refractions de ce Cristal sembloient renverser nostre explication precedente de la refraction régulière.

guliere ; laquelle , au contraire , l'on verra qu'elles confirment beaucoup, apres 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 , & d'autre qui venoit de l'Isle de Corse , quoique l'un & l'autre moins clair , & 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 deue à M^r. Erasme Bartholin, qui a donné la description du cristal d'Islande avec celle de ses principaux phenomenes. Mais je ne laisseray pas de donner ici la mienne, tant pour l'instruction de ceux qui n'auront pas vu son livre , que parce que dans quelques uns de ces phenomenes il y a un peu de difference entre ses observations & celles que j'ay faites: m'estant appliqué avec beaucoup d'exactitude à examiner ces proprietez 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 dureté de cette pierre , & à la qualité qu'elle a de pouvoir estre facilement fendue , il faut plutost 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.

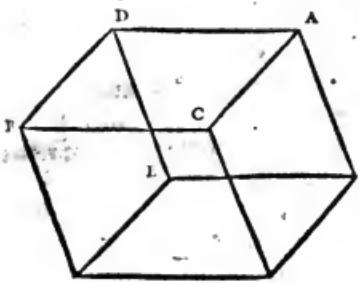
4. Les morceaux qu'on en trouve sont de la figure d'un parallelepiped oblique; chacune des six faces estant un parallelogramme; & il souffre d'estre fendu selon toutes les trois dimensions, paralllement à deux de ces faces opposées. Mesme tellelement, si l'on veut , que toutes les six faces soient des rhombes égaux & semblables. La figure ici ajoutée représente un morceau de ce Cristal. Les angles obtus de tous les parallelogrammes , comme ici les angles C , D , sont de 101 degrés, 52 minutes , &

par consequent les aigus, comme A & 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 & égaux. Les autres six sont composez de deux angles aigus, & d'un obtus. Tout ce que je viens de dire a esté remarqué de mesme par M^r. Bartholin, dans le traité susdit, si ce n'est que nous differons quelque peu dans la quantité des angles. Il rapporte encore quelques autres

proprietez de ce Cristal, sçavoir qu'estant frotté contre du drap, il attire des brins de paille & autres choses legeres, ainsi que font l'ambre, le diamant, le verre & la cire d'Espagne. Qu'un morceau estant couvert d'eau pendant un jour ou d'avantage, sa 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 Cristalen 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, & sans aucune couleur. Mais les rayons de lumiere y passent d'une autre façon, & 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 & la figure extraordinaire de ce Cristal.

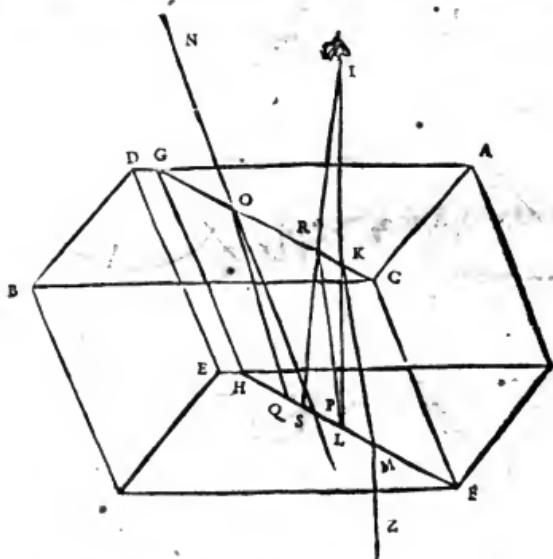
6. Dans tous les autres corps transparents que nous connoissions, il n'y a qu'une seule & simple refraction, mais dans



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

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

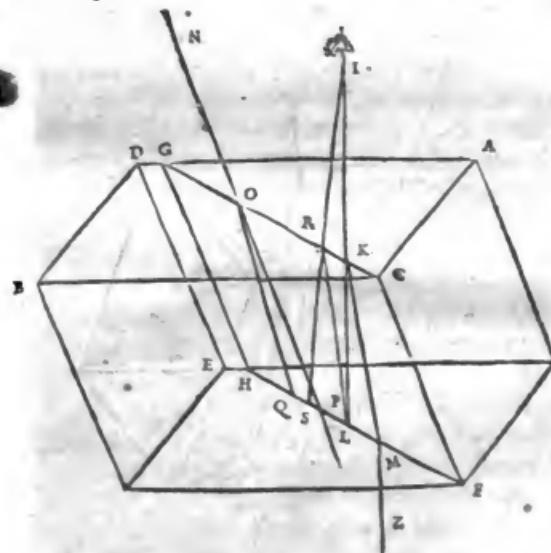
8. Mais pour expliquer plus particulierement ces phenomenes , soit d'abord un morceau du mesme Cristal A B F E , & soit



nes , soit d'abord un morceau du mesme Cristal A B F E , & soit

divisé l'angle obtus $A C B$, l'un des trois qui font l'angle solide équilatéral C , en deux parties égales par la droite $C G$, & que l'on conçoive que le Cristal soit coupé par un plan qui passe par cette ligne & par le côté $C F$, lequel plan sera nécessairement perpendiculaire à la surface $A B$, & sa section dans le Cristal fera un parallélogramme $G C F H$. Nous appellerons cette section la section principale du Cristal.

9. Or si l'on couvre la surface $A B$, en y laissant seulement une petite ouverture au point K , pris dans la droite $C G$; & qu'on l'expose au soleil, en sorte que ses rayons tombent dessus perpendiculairement ; le rayon $I K$ se divisera au point K en deux, dont l'un continuera d'aller droit par $K L$, & l'autre s'é-



cartera par la droite $K M$ qui est dans le plan $C G H F$, & qui fait

fait avec K L un angle d'environ 6 degrés, 40 minutes, tendant du côté de l'angle solide C ; & en sortant de l'autre côté du cristal, il se remettra en M Z parallèle à I K . Et comme par cette refraction extraordinaire le point M est vu par le rayon rompu M K I , que je suppose aller à l'œil I ; il faut que le point L , par cette même refraction, soit vu par le rayon rompu L R I , en sorte que L R soit comme parallèle à M K , si la distance de l'œil K I est supposée fort grande. Le point L paraît donc comme étant dans la droite I R S ; mais le même point par la réfraction ordinaire paraît aussi dans la droite I K ; donc il est nécessairement jugé double. Et de même si L est un petit trou, dans une feuille de papier ou d'autre matière qu'on aura appliquée contre le cristal, il paraîtra, 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, N O , que je suppose être dans le plan continué de G C F H , fasse sur C G un angle de 73 degrés & 20 min. & qu'il soit par conséquent presque parallèle au côté C F , qui fait sur F H un angle de 70 degrés, 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 O P en ligne droite avec N O , & sortira de même de l'autre côté du cristal sans se rompre aucunement, mais l'autre se rompra & ira par O Q . Et il faut noter qu'il est particulier au plan par G C F , & à ceux qui luy sont parallèles, que tous les rayons incidents qui sont dans un de ces plans, continuent d'y être après qu'ils sont entrés dans le cristal & 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 expériences & par quelques autres, que des deux réfractions différentes que le rayon souffre dans ce cristal, il y en a une qui suit les règles ordi-

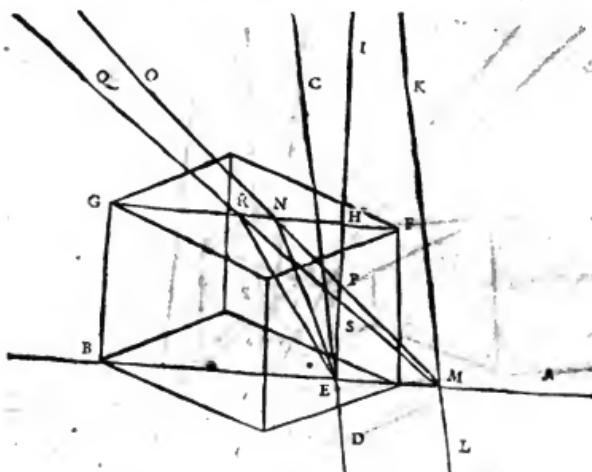
naires; & que c'est elle à qui appartiennent les rayons K L, & O Q. C'est pourquoij'ay distingué cette refraction ordinaire d'avec l'autre, & l'ayant mesurée par des observations exactes, j'ay trouvé que sa proportion, considérée dans les Sinus des angles que fait le rayon incident & rompu avec la perpendiculaire, estoit assez précisément celle de 5 à 3, comme elle a aussi été trouvée par M^r. Bartholin; & par consequent bien plus grande que celle du cristal de Reche, 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 A B, & deux autres qui la coupent à angles droits C E D, K M L, plus ou moins distantes l'une de l'autre selon qu'on veut examiner un rayon plus ou moins oblique: & poser le cristal sur l'intersection E, en sorte que la ligne A B 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 A B, elle ne paroira que simple, & l'on verra que sa partie veue à travers le cristal, avec les parties qui paroissent au dehors, se renconteront en ligne droite; mais la ligne C D paroira double, & l'on distinguera l'image qui vient de la refraction reguliere, 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 & tourne tout autour.

L'on placera ensuite l'oeil en i (demeurant tousjours dans le plan perpendiculaire par A B) en sorte qu'il voye l'image de la ligne C D, qui vient de la refraction reguliere, 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, tousjours dans le plan perpendiculaire

par

par A B , en sorte que l'image de la ligne C D , qui se fait par la refraction ordinaire , paroisse en ligne droite avec la ligne K L

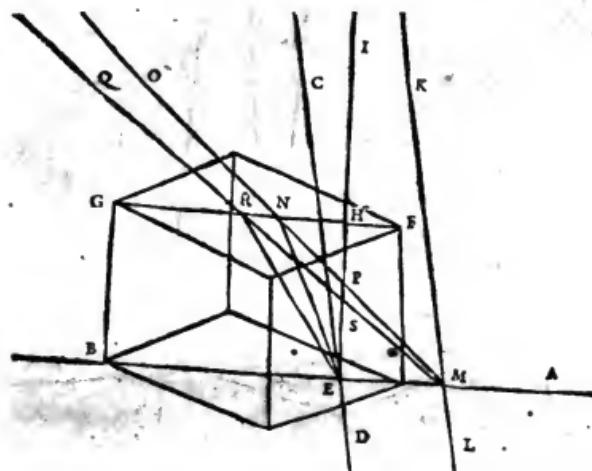


vue sans refraction ; & l'on marquera sur le cristal le point N , où paroît le point d'intersection E .

13. L'on connoitra donc la longueur & la position des lignes N H , E M , & H E qui est l'épaisseur du cristal ; lesquelles lignes estant tracées à part sur un plan , & joignant alors N E , & N M qui coupe H E en P , la proportion de la refraction sera celle de E N , à N P , parce que ces lignes sont entre elles comme les sinus des angles N P H , N E P , qui sont égaux à ceux que le rayon incident O N , & sa refraction N E font avec la perpendiculaire à la surface. Cette proportion , comme j'ay dit , est assez précisément comme de 5 à 3 , & toujours la même dans toutes les inclinaisons du rayon incident.

14. La même manière d'observer m'a aussi servi à examiner

ner la refraction extraordinaire , ou irreguliere de ce cristal. Car le point H estant trouvé , & marqué , comme il a esté dit , directe-



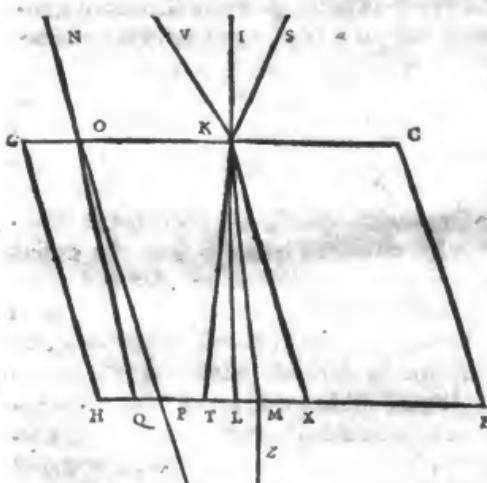
ment au dessus du point E , j'ay regardé l'apparence de la ligne C D , qui se fait par la refraction extraordinaire ; & ayant placé l'oeil en Q en forte , que cette apparence fist une ligne droite avec la ligne K L vuë sans refraction , j'ay connu les triangles R E H , R E S , & partant les angles R S H , R E S , que le rayon incident , & le rompu font avec la perpendiculaire.

15. Mais j'ay trouvé dans cette refraction , que la raison de R à R's n'estoit pas constante , comme dans la refraction ordinaire ; mais qu'elle varioit suivant la differente inclinaison du rayon incident.

16. Je trouvay aussi , que quand Q R E faisoit une ligne droite , c'élt 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

la refraction extraordinaire, paroisoit dans la ligne C D vuë sans refraction) je trouvay dis-je alors que l'angle Q R G éstoit de 73 degrés, 20 minutes, comme il a été des-ja remarqué, & qu'ainsi ce n'est pas le rayon parallel au costé du cristal, qui le traverse en droite ligne sans se rompre, comme a crû Mr. Bartholin; puisque son inclinaison n'est que de 70 degrés 57 minutes, comme il a été dit cy dessus. Ce qui est à noter, afin qu'on ne cherche pas en vain la cause de la propriété singulière de ce rayon, dans son parallelisme ausdits costez.

17. Enfin continuant mes observations pour découvrir la nature de cette refraction, j'apris qu'elle gardoit cette règle remarquable qui s'ensuit. Soit tracé à part le parallegramme



G C F H, fait par la section principale du cristal cy devant determinée. Je trouvay donc que tous-jours, quand les inclinaisons de deux rayons qui viennent de costez opposez, comme icy V K, S K, sont égales, leurs refractions K X & K T rencontrent la droite du fond H E en sorte, que les points X & T sont également distans

du point M, où tombe la refraction du rayon perpendiculaire I K; 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 proprietes particulières, nous rechercherons les causes des phénomènes que j'ay desja rapportez.

Ce fut après avoir expliqué la réfraction des corps transparents ordinaires, par le moyen des émanations sphériques de la lumière, 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 réfractions différentes, je conçus qu'il y avoit aussi deux différentes emanations d'ondes de lumière, & que l'une se pouvoit faire dans la matière étherée repandue dans le corps du cristal. Laquelle matière étant 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 été expliqué cy devant. J'attribuai à cette émanation d'ondes la réfraction régulière qu'on observe dans cette pierre, en supposant ces ondes de forme sphérique à l'ordinaire, & d'une extension plus lente au dedans du cristal qu'elles ne sont au dehors : d'où j'ay fait voir que procede la réfraction.

19. Quant à l'autre émanation qui devoit produire la réfraction irrégulière, je voulus essayer ce que feroient des ondes Elliptiques, ou pour mieux dire sphéroïdes ; lesquelles je supposay qu'elles s'estendoient indifféremment, tant dans la matière étherée repandue dans le cristal, que dans les particules dont il est composé, suivant la dernière maniere dont j'ay expliqué la transparence. Il me sembloit que la disposition, ou arrangement régulier de ces particules, pouvoit contribuer à former les ondes sphéroïdes, (n'estant requis pour cela si non que le mouvement successif de la lumière s'étendit un peu plus vite en un sens qu'en l'autre,) & je ne doutay presque point qu'il n'y eust dans ce cristal un tel arrangement de particules égales & semblables, à cause de sa figure & de ses angles d'une mesure certaine.

certaine & invariable. Touchant lesquelles particules , & leur forme & disposition , je proposeray sur la fin de ce Traité mes conjectures , & quelques experiences qui les confirment.

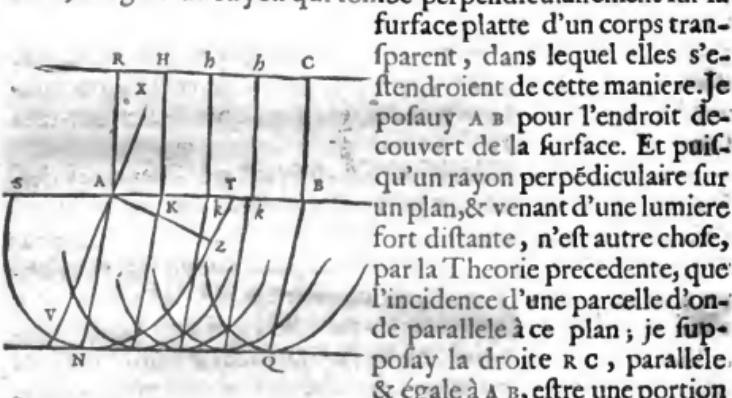
20. La double émanation d'ondes de lumiere , que je m'estoys imaginée , me devint plus probable apres certain phénomene que j'observay dans le cristal ordinaire qui croit en forme hexagone , & qui , à cause de cette regularité , semble aussi estre composé de particules de certaine figure & rangées avec ordre. C'estoit que ce cristal a une double refraction , aussi bien que celuy d'Islande , quoynque moins évidente. Car en ayant fait tailler des Prismes bien polis , par des sections différentes , je remarquay dans tous , en regardant la flamme de la chandelle à travers , ou le plomb des vitres qui sont aux fenêtres , que tout patroissoit double , quoynqu'avec des images peu distantes entre elles. D'où je crompris 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 defsus établie , sembloit demander une double émanation d'ondes de lumiere , toutes deux spheriques (car les deux refractions sont regulieres) & les unes seulement un peu plus lentes que les autres. Car par là ce phénomene s'explique fort naturellement , en supposant les matières , qui servent de véhicule 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'objekter qu'en composant ces deux cristaux de particules égales de certaine figure , & entassées regulierement , à peine les interstices que ces particules laissent & qui contiennent la matière étherée , 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 matière étherée passe fort librement. Ce qui d'ailleurs s'ensuit nécessairement de ce qui a été démontré cy devant, touchant le peu de matière dont les corps sont assemblés.

22. Supposant donc ces ondes sphériques outre les sphériques, je commençay à examiner si elles pouvoient servir à expliquer les phénomènes de la réfraction irrégulière, & comment par ces phénomènes mesmés je pourrois déterminer la figure, & la position des sphériques : 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



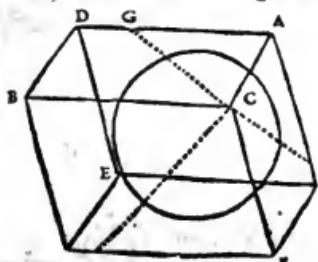
surface plate de un corps transparent, dans lequel elles s'étendroient de cette manière. Je posay A B pour l'endroit découvert de la surface. Et puis qu'un rayon perpendiculaire sur un plan, & venant d'une lumière fort distante, n'est autre chose, par la Théorie précédente, que l'incidence d'une parcelle d'onde parallèle à ce plan ; je supposay la droite R C , parallèle & égale à A B , estre une portion d'onde de lumière, dont les points infinis R H h c viennent rencontrer la surface A B aux points A K k B . Donc au lieu des ondes particulières hemisphériques, qui dans un corps de réfraction ordinaire se devoient étendre de chacun de ces derniers points ; ainsi que nous avons expliqué cy dessus en traittant de la réfraction, ce devoient estre icy des hemisphériques, desquels je supposay que les axes ou bien les grands diamètres estoient obli-

obliques au plan A B , ainsi que l'est A V , & axe ou grand diametre du sphéroïde S V T , qui represente l'onde particuliére venant du point A , apres que l'onde R C est venue en A B . Je dis ou axe ou grand diametre; parce que la même ellipse S V T peut estre considerée comme section d'un sphéroïde dont l'axe est A Z , perpendiculaire à A V . Mais pour le présent sans determiner encore l'un ou l'autre, nous considererons ces sphéroïdes seulement dans leurs 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 S V T ; il faloit que de tous les autres points K & B il se fist, dans le même temps, des ondes pareilles & semblablement posées que S V T . Est la commune tangente N Q de toutes ces demi-ellipses, estoit la propagation de l'onde R C dans le corps transparent proposé, par la Theorie de cy dessus. Parce que cette ligne est celle qui termine, dans un même instant, le mouvement qui a été causé par l'onde R C en tombant sur A B ; & 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 A B .

24. Or il paroîstoit que cette tangente commune N Q estoit parallele à A B , & de même longueur , mais qu'elle ne luy estoit pas opposée directement , puisqu'elle estoit comprise des lignes A N , B Q , qui sont les diamètres conjuguez des ellipses qui ont A & B pour centres, à l'égard des diamètres qui sont dans la droite A B . 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 R C , estant venue à l'ouverture A B , continuoit de là en avant à s'étendre entre les paralleles A N , B Q demeurant pourtant elle même toujours parallele à A B , de sorte qu'icy la lumiere ne s'étend pas par des lignes per-

perpendiculaires à ses ondes, comme dans la refraction ordinaire, mais ces lignes coupent les ondes obliquement.

25. Cherchant ensuite quelle pouvoit étre la situation, & forme de ces sphéroïdes dans le cristal, je consideray que toutes les six faces produisoient precisement les mesmes refractiōns. Reprenant donc le parallélépipede A F B, dont l'angle solide obtus, compris de trois angles plans égaux, est c, & y concevant les trois sections principales, dont l'une est perpendiculaire à la face D C, & passe par le costé c F, l'autre perpendiculaire à la face B F, passant par le costé c A, & la troisième perpendiculaire à la face A F, passant par le costé B C; je scavois que les refractions des rayons incident, apartenans à ces trois plans, éstoient toutes pa-

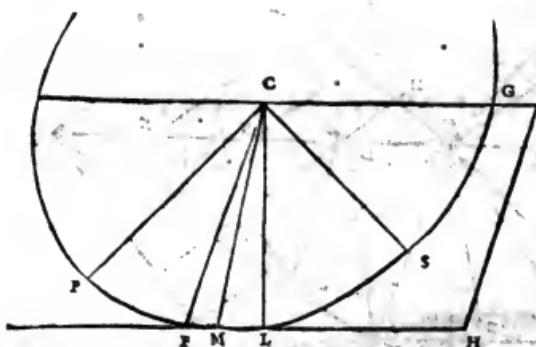


reilles. Mais il ne pouvoit y avoir de position de sphéroïde qui eut un mesme rapport à ces trois sections sinon de celuy dont l'axe fut aussi l'axe de l'angle solide c. Partant je vis que l'axe de cet angle, c'est-à-dire la droite qui du point c traverse le cristal avec inclinaison égale aux costez, c F, c A, c B, éstoit la ligne qui determinoit la position des axes de toutes les ondes sphéroïdes qu'on s'imaginoit naître de quelque point, pris au dedans ou à la surface du cristal, puisque tous ces sphéroïdes devoient étre semblables, & avoir leurs axes parallèles entre eux.

26. Considerant apres cela le plan de l'une de ces trois sections, scavoir de celle par G C F, dont l'angle c est de 109 degr. 3 min. puis que l'angle F éstoit cy dessus de 70. degr. 57. min. & imaginant une onde sphéroïde autour du centre c; je scavois, parce que je viens d'expliquer, que son axe devoit étre dans ce mesme plan, duquel axe je marquay la moitié par c s dans cette autre

autre figure, & cherchant par le calcul (qui sera rapporté avec les autres à la fin de ce discours) l'angle $G C S$, je le trouvay de 45 deg. 20 min.

27. Pour connoître après cela la forme de ce sphéroïde, c'est-à-dire la proportion des demidiamètres $C S$, $C P$ de sa section elliptique, qui sont l'un à l'autre perpendiculaires, je considéray que le point M , où l'Ellipse est touchée par la droite $F H$, parallèle à $C G$, devoit estre tellement située, que $C M$ avec la per-

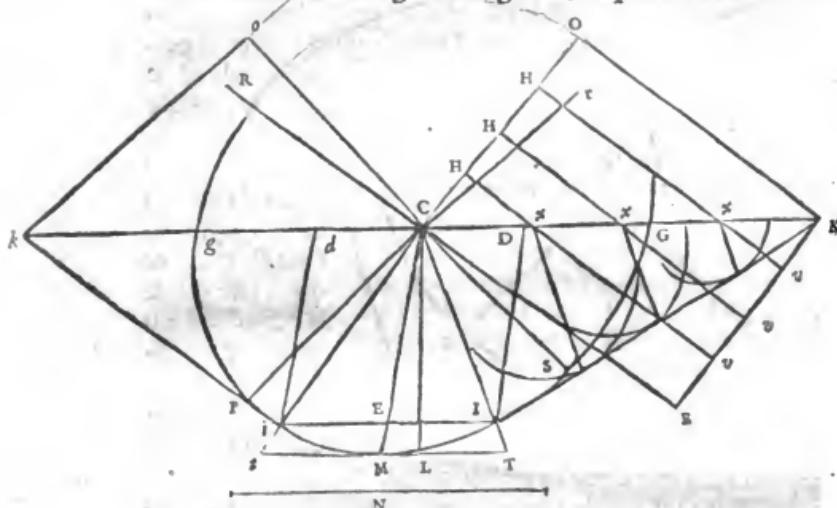


pendiculaire $C L$ fist un angle de 6 degrés, 40. minutes. Parce que, cela étant, cette ellipse satisfaisoit à ce qui a été dit de la refraction du rayon perpendiculaire à la surface $C G$, lequel s'écarte de

la perpendiculaire $C L$ par ce même angle. Ce qui étant donc ainsi posé, & faisant $C M$ de 100000 parties, je trouvay par le calcul, qui sera mis à la fin, le demi grand diamètre $C P$ de 10503 $\frac{1}{2}$, & le demi axe $C S$ de 93410, dont la raison & fort près comme de 9 à 8. de sorte que le sphéroïde éstoit de ceux qui ressemblent à une sphère comprimée, étant produit par la circulation d'une ellipsoïde à l'entour de son petit diamètre. Je trouvay aussi $C G$, demidiamètre parallèle à la tangente $M L$, de 98779.

28. Or passant à la recherche des refractions que les rayons incident obliques devoient faire, suivant l'hypothèse de ces ondes sphéroïdes, je vis que ces refractions dépendoient de la pro-

proportion de la vitesse qui est entre le mouvement de la lumiere hors du cristal dans l'éther , & le mouvement au dedans du mesme. Car supposant par exemple que cette proportion fut telle que, pendant que la lumiere dans le cristal fait le sphéroïde G S P , tel que je viens de dire, elle fasse au dehors une sphère dont le demidiamètre soit égal à la ligne N , laquelle sera determinée



cy apres ; voicy la maniere de trouver la refraction des rayons incident. Soit un tel rayon R C , qui tombe sur la surface C K . Il faut faire c o perpendiculaire à R C , & dans l'angle K C o ajuster o K , qui soit égale à N , & perpendiculaire à c o ; puis mener K I qui touche l'Ellipse G S P , & du point de contact i joindre i C , qui sera la refraction requise du rayon R C . Dont on verra que la démonstration est tout à fait semblable à celle dont nous nous sommes servis en expliquant la refraction ordinaire. Car la refraction du rayon R C n'est autre chose que le progrés de

de l'endroit c de l'onde $c o$, continuée dans le cristal. Or les endroits h de cette onde , pendant le temps que o est venu en k , feront arrivez à la surface $c k$ par les droites $h x$, & auront de plus produit , dans le cristal , des ondes particulières hemisphéroïdes des centres x , semblables & semblablement posées avec l'hémisphéroïde $g s p g$; & dont les grands & les petits diamètres auront mesme raison aux lignes $x v$ (continuations des $h x$ jusqu'à $k b$, parallèle à $c o$) que les diamètres du sphéroïde $g's p$ ont à la ligne $c b$, ou n . Et il est bien aisé de voir que la commune tangente de tous ces sphéroïdes , qui sont icy représentez par des Ellipses , sera la droite $i k$: qui pour cela sera la propagation de l'onde $c o$, & le point i celle du point c , conformément à ce qui a été démontré dans la refraction ordinaire.

Pour ce qui est de l'invention du point de contact i , l'on sait qu'il faut trouver aux lignes $c k$, $c g$ la troisième proportionnelle $c n$, & tirer $n i$ parallèle à $c m$, déterminée cy-devant , qui est le diamètre conjugué à $c g$; car alors , en menant $k i$, elle touche l'Ellipse en i .

39. Or de mesme que nous avons trouvé $c i$ la refraction du rayon $r c$, l'on trouvera aussi $c i$ celle du rayon $r c$, qui vient du costé opposé , en faisant $c o$ perpendiculaire à $r c$, & poursuivant le reste de la construction ainsi qu'auparavant.

Où l'on voit que si le rayon $r c$ est également incliné avec $r c$, la ligne $c d$ sera nécessairement égale à $c n$, parce que $c k$ est égale à $c n$, & $c g$ à $c g$. Et que par consequent $i z$ sera coupée en e en parties égales par la ligne $c m$, à laquelle $n i$, $d i$ sont parallèles. Et parce que $c m$ est le diamètre conjugué à $c g$, il s'ensuit que $i i$ sera parallèle à $g G$. Partant si on prolonge les refractions $c i$, $c i$, jusqu'à ce qu'elles rencontrent la tangente $m t$ en t & t , les distances $m t$, $m t$ seront aussi égales. Et ainsi s'explique parfaitement , par nostre hypothese , le phéno-

nomene cy dessus rapporté; sçavoir que quand il y a deux rayons également inclinez, mais venant de costez opposez, comme icy les rayons $r c$, $r c$, leurs refractions s'ecartent également de la ligne que suit la refraction du rayon perpendiculaire, en considerant ces escarts dans la parallele à la surface du cristal.

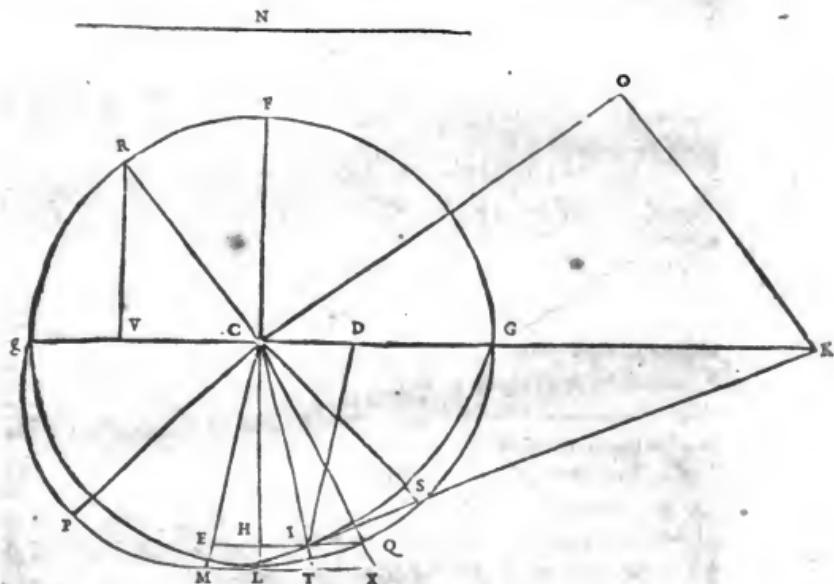
30. Pour trouver la longueur de la ligne n , à proportion des $c p$, $c s$, $c g$, c'est par les observations de la refraction irreguliere qui se fait dans cette section du cristal, qu'elle se doit determiner; & je trouve par là que la raison de n à $c g$ est tant soit peu moindre que de 8 à 5. Et ayant encore égard à d'autres observations & phenomenes, dont il sera parlé apres, je mes n de 156962 parties, desquelles le demidiameetre $c g$ est trouvé en contenir 98779; ce qui fait cette raison de 8 à 5. Or cette proportion, qui est entre la ligne n & $c g$, se peut appeller la Proportion de la Refraction; de mesme que dans le verre celle de 3 à 2, comme il sera manifeste apres que j'auray expliqué icy un abregé de la maniere precedente pour trouver les refractions irregulieres.

31. Supposé donc, dans cette autre figure, comme auparavant, la surface du cristal $g g$, l'Ellipse $g p g$, & la ligne n & c la refraction du rayon perpendiculaire $p c$, duquel elle s'écarte de 6 degrez, 40 minutes, soit maintenant quelqu'autre rayon $r c$, dont il faille trouver la refraction.

Du centre c , avec le demidiameetre $c g$, soit decrite la circonference $g r g$, coupant le rayon $r c$ en r ; & soit $r v$ perpendiculaire sur $c g$. Puis toujours, comme la ligne n à $c g$ ainsi soit $c v$ à $c d$, & soit menée $d i$ parallele à $c m$, coupant l'Ellipse $g m g$ en i ; alors joignant $c i$, ce sera la refraction requise du rayon $r c$. Ce qui se demonstre ainsi.

Soit $c o$ perpendiculaire à $c r$, & dans l'angle $o c g$ soit ajustée $o k$ égale à n , & perpendiculaire à $c o$, & menée la droite

droite $K\Gamma$, laquelle si elle est demontrée touchante de l'Ellipse en Γ , il sera evident, par les choses cy devant expliquées, que $C\Gamma$ 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 $C\Gamma \sim K\Gamma$ ainsi $RC \sim CV$. Mais $K\Gamma$ est égale à N , & $RC \sim CG$: donc comme $C\Gamma \sim N$ ainsi sera



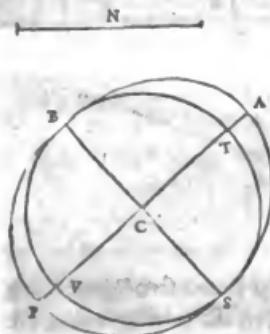
$CG \sim CV$. Mais comme $N \sim CG$ ainsi est, par la construction, $CV \sim CD$. Donc comme $C\Gamma \sim CG$ ainsi $CG \sim CD$. Et parce que $D\Gamma$ est parallèle à CM , diamètre conjugué de CG , il s'ensuit que $K\Gamma$ touche l'Ellipse en Γ ; ce qui restoit à démontrer.

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, & rompu, avec la perpendiculaire , il y a icy une telle proportion entre c v & c d , ou i e ; c'est à dire, entre le Sinus de l'angle que fait le rayon incident avec la perpendiculaire , & l'appliquée dans l'Ellipse, interceptée entre la refraction de ce rayon , & le diametre c m . Car la raison de c v à c d , comme il a été dit , est toujours la même que de n au demidiamètre c g .

33. J'adjouteray icy, devant que de passer outre, qu'en comparant ensemble la refraction régulière , & irreguliere de ce cristal , il y a cela de remarquable que , si A B P S est le sphéroïde par lequel s'étend la lumiere dans le Cristal dans un certain espace de temps ; laquelle extension , comme il a été dit , sert à la refraction irreguliere ; alors la sphere inscrite B V S T est l'étendue , dans ce même espace de temps , de la lumiere qui sert à la refraction réguliere .

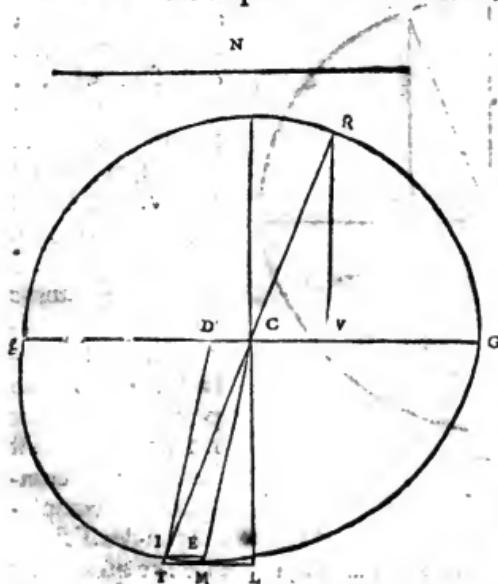
Car nous avons dit cy devant , que, la ligne n étant le rayon d'une onde sphérique de lumiere dans l'air , pendant que dans le cristal elle s'étendoit par le sphéroïde A B P S , la raison de n à c s estoit de 156962 à 93410 . Mais il a aussi été dit que la proportion de la refraction régulière estoit de 5 à 3 ; c'est à dire que, n étant le rayon d'une onde sphérique de lumiere dans l'air ; son extension dans le cristal faisoit , en même espace de temps , une sphere dont le rayon estoit à n , comme 3 à 5 . Or 156962 est à 93410 comme 5 à 3 moins $\frac{1}{4}$. De sorte que c'est assez près , & peut être exactement , la sphere B V S T que fait la lumiere pour la refraction régulière dans le cristal , pendant qu'elle y fait le sphéroïde B P S A pour



pour la refraction irreguliere , & pendant qu'elle fait la sphere au rayon N en l'air , hors du cristal.

Quoyqu'il y ait donc , selon ce que nous avons posé , deux différentes extensions de la lumiere dans ce cristal , il paroît que c'est seulement dans le sens des perpendiculaires à l'axe B S du sphéroïde , que l'une des extensions est plus vîte que l'autre ; mais qu'elles sont d'égale vitesse en l'autre sens , scavoir en celuy des paralleles au mesme axe B S , qui est aussi l'axe de l'angle obtus du cristal .

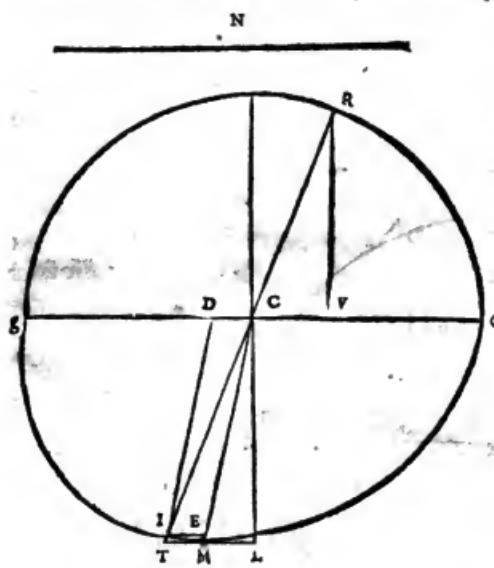
34. Je montreray maintenant que , la proportion de la refraction estant telle que l'on vient de voir , il faut qu'il s'ensuive de là cette propriété notable du rayon qui , tombant obliquement sur la surface du cristal , le passe sans souffrir de refraction . Car supposant les mesmes choses que devant , & que le rayon R C passe sur la surface G G l'angle R C G de 73 degrez , 20 min. penchant du mesme costé que le cristal , duquel rayon il a esté parallé dessus : si l'on cherche , par la ma-



nierie cy devant expliquée , sa refraction c i ; l'on trouvera qu'el-

le fait justement une droite avec rc , & qu'ainsi ce rayon ne se detourne point du tout, conformement à l'experience. Ce qui se prouve ainsi par le calcul.

cg ou cr estant, comme dessus, 98779; cm 100000, & l'angle rcv de 73 degr. 20 min.; $c v$ sera 28330. Mais parce que c_1 est la refraction du rayon rc , la proportion de $c v$ à $c_1 d$ est celle de 156962 à 98779, scavoir de n à cg : donc cd est 17828.



comme $c v$ à $v r$, c'est-à-dire comme 29938, tangente du complément de l'angle rcv de 73 degr. 20 min. au rayon des Tables. D'où il paroît que $rcit$ est une ligne droite : ce qu'il faloit prouver.

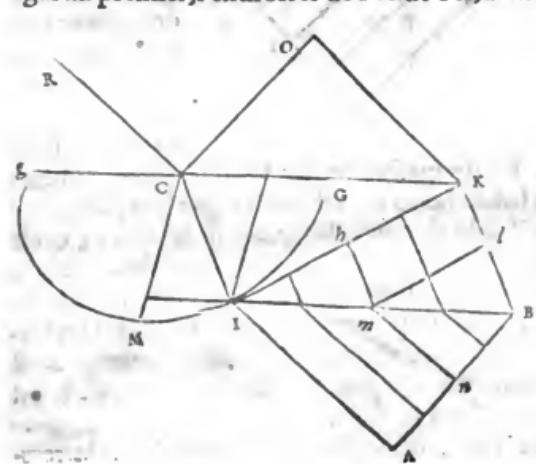
35. L'on verra de plus que le rayon c_1 , en sortant par la surface,

Or comme le carré de cg au carré de cm , ainsi le rectangle gd au carré di ; donc di , ou ce sera 98353. Mais comme ce à ei , ainsi cm à mt ; qui sera donc 18127. Et estant adjointée à ml , qui est 11609 (scavoir le sinus de l'angle lcm de 6 degrés, 40 min. en supposant cm 100000 pour rayon) vient lt 27936; qui est à lc 99324, com-

face opposée du cristal, doit encore passer tout droit, par la démonstration suivante; qui prouve que la reciprocation des refractions s'observe dans ce cristal de même que dans les autres corps diaphanes, c'est-à-dire que si un rayon $R\ C$, en rencontrant la surface du cristal $C\ G$, se rompt en $C\ I$; le rayon $C\ I$, sortant par la surface opposée & parallèle du cristal, que je suppose étre $I\ B$, aura sa refraction $I\ A$ parallèle au rayon $R\ C$.

Soient posées les mesmes choses qu'auparavant, c'est-à-dire que $C\ O$, perpendiculaire à $C\ R$, représente une portion d'onde, dont la continuation dans le cristal soit $I\ K$, de sorte que l'endroit C se sera continué par la droite $C\ I$, pendant que O est venu en K . Que si l'on prend maintenant un second temps égal au premier, l'endroit K de l'onde $I\ K$, dans ce second temps,

sera avancé par
la droite $K\ B$,
égale & paral-
lele à $C\ I$; par-
ce que tout
endroit de l'onde $C\ O$, en arri-
vant à la sur-
face $C\ K$, doit
continuer dans
le cristal de
même que
l'endroit C ; &
dans ce même
temps il se fera
du point I , dans



l'air, une onde sphérique particulière ayant le demidiamètre $I\ A$ égal à KO , puisque KO a été parcourue dans un temps égal. De même si l'on considere quelqu'autre point de l'onde $I\ K$, comme

b , il

b, il ira par *b m*; parallele à *c i*, rencontrer la surface *i b*, pendant que le point *x* parcourt *k l* égale à *b m*: & pendant que celuy cy

a chevé le reste *l b*, il se fera fait du point *m* une onde particulière , dont le demidiadmetre *m n*, aura telle raison à *l b* que *i a* à *k b*. D'où il est évident que cette onde du demidiadmetre *m n*, & l'autre du demidiadmetre *i a*, auront la mes-

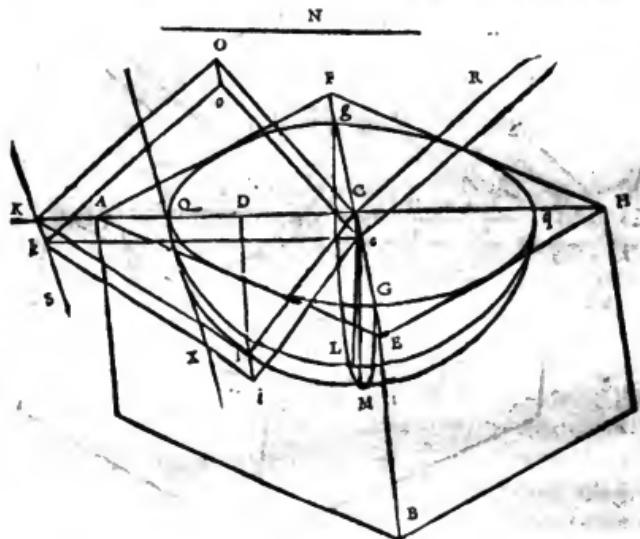
me tangente *b a*. Et de mesme toutes les ondes particulières sphériques qui se feront faites hors du cristal par l'impulsion de tous les points de l'onde *ik* contre la surface de l'Ether *ib*. C'est donc précisement la tangente *b a* qui sera, hors du cristal, la continuation de l'onde *ix*, lorsque l'endroit *x* 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*, & *ia* égale à *ko*, & les angles *a* & *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 transparents ordinaires ; ce qui se trouve ainsi en effet par les observations.

36. Je passe maintenant à la considération des autres sections du

du cristal , & des refractions qui s'y produisent , desquelles , comme l'on verra , dependent d'autres phenomenes fort remarquables .

Soit le parallelepiped du cristal A B H , & la surface d'en haut A E H F un rombe parfait , dont les angles obtus soient di-

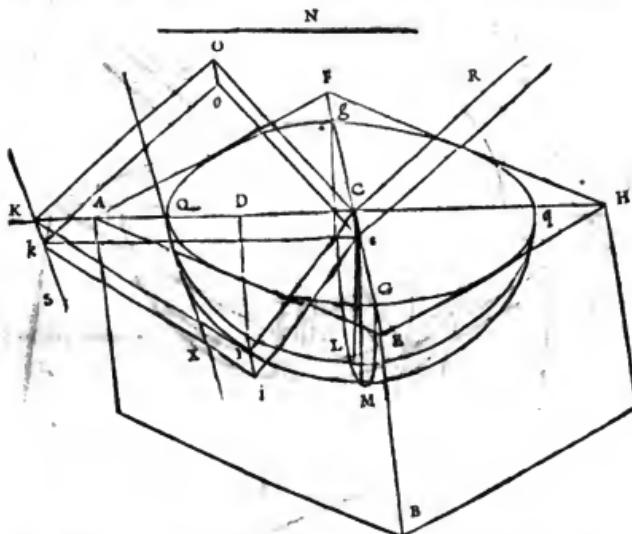


visez également par la droite E F , & les angles aigus par la droite A H , perpendiculaire à F E .

La section , que nous avons considerée jusqu'ici , est celle qui passe par les lignes E F , E B , & qui en mesme temps coupe le plan A E H F 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 , & qui coupe à angles droits la surface du cristal , est celui dans lequel se trouve aussi le

rayon

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, & se detourne du côté du panchant du cristal. De quoy nous ferons voir la raison premierement dans la



section par A H ; & nous montrerons en même temps, comment on y peut determiner les refractions suivant nostre hypothese. Soit donc dans le plan qui passe par A H , & qui est perpendiculaire au plan A F H ' E , le rayon incident R C ; & qu'il faille trouver sa refraction dans le cristal.

37. Du centre c , que je suppose estre dans l'intersection de A H & F E , soit imaginé un demi sphéroïde Q G q g M , tel que doit faire la lumiere en s'étendant dans le cristal , & que sa sec-

ction, par le plan A E H F , fasse l'Ellipse Q G q g ; dont le grand diametre Q q , qui est dans la ligne A H , sera nécessairement un des grands diamètres du sphéroïde ; parce que l'axe du sphéroïde estant dans le plan par F E B , auquel Q C est perpendiculaire , il s'ensuit que Q C est aussi perpendiculaire à l'axe du sphéroïde , & partant Q C q un de ses grands diamètres. Mais le petit diamètre de cette Ellipse, c g , aura à Q q la raison qui a été définie cy devant , N° 27 , entre c g & le demi grand diamètre du sphéroïde , c p . Scavoir celle de 98779 à 105032.

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 sphéroïde Q G q g M ; & , ayant mené C O perpendiculaire au rayon C R , & qui soit dans le plan par C R & A H , soit ajustée , dans l'angle A C O , la droite O K égale à N , & perpendiculaire à C O , & qu'elle rencontre la droite A H en K. Posant ensuite que C L soit perpendiculaire à la surface du cristal A E H F , & que C M soit la refraction du rayon qui tombe perpendiculairement sur cette même surface , soit mené un plan par la ligne C M & par K C H , faisant dans le sphéroïde la demiellipse Q M q , qui sera donnée , puisque l'angle M C L est donné de 6 degr. 40 min. Et il est certain , suivant ce qui a été expliqué cy dessus , N° 27 , qu'un plan qui touchoiroit le sphéroïde au point M , où je suppose que la droite C M rencontre sa surface , seroit parallèle au plan Q G q . Si donc par le point K l'on tire maintenant K S parallèle à G g , qui sera aussi parallèle à Q X , tangente de l'Ellipse Q G q en Q , & que l'on conçoive un plan passant par K S , & qui touche le sphéroïde ; le point de contact sera nécessairement dans l'Ellipse Q M q , par ce que ce plan par K S , aussi bien que le plan qui touche le sphéroïde au point M , sont parallèles à Q X tangente du sphéroïde : car cette conséquence sera démontrée à la fin de ce Traité. Que ce point de contact soit en I , faisant proportionnelles K C , Q C , D C , & menant D I parallèle à C M ; & qu'on

joigne $c\ i$. Je dis que $c\ i$ sera la refraction requise du rayon $R\ C$. Ce qui sera manifeste si, en considerant $c\ o$, qui est perpendiculaire au rayon $R\ C$, comme une portion d'onde de lumiere, nous demontrons que la continuation de son endroit c se trouve dans le cristal en i , lorsque o est arriveé en k .

38. Or comme en demontrant, au Chap. de la Reflexion, que le rayon incident & reflechi éstoient tousjours dans un même plan perpendiculaire à la surface reflechissante, nous avons considere la largeur de l'onde de lumiere ; de mesme il faut considerer ici la largeur de l'onde $c\ o$ dans le diametre $G\ g$. Prenant donc la largeur $c\ c$ du costé de l'angle E , soit pris le rectangle $c\ o\ o\ c$ comme une portion d'onde, &achevons les rectangles $C\ K\ k\ c$, $C\ i\ i\ c$, $K\ i\ i\ k$, $O\ K\ k\ o$. Dans le temps donc que la ligne $o\ o$ est arrivée à la surface du cristal en $k\ k$, tous les points de l'onde $c\ o\ o\ c$ sont arrivez au rectangle $x\ i$ par des lignes paralleles à $o\ k$, & des points de leurs incidences il s'est, outre cela, fait des demisphéroïdes particuliers dans le cristal, semblables & semblablement posez au demisphéroïde $Q\ M\ q$; lesquels vont necessairement tous toucher au plan du parallelogr. $x\ i\ i\ k$ au, mesme instant que $o\ o$ est en $k\ k$. Ce qui est aisément à comprendre, puisque tous ceux de ces demisphéroïdes, qui ont leur centre le long de la ligne $C\ K$, touchent à ce plan dans la ligne $K\ i$, (car cela se demonstre de la mesme façon que nous avons demontré la refraction du rayon oblique dans la section principale par $E\ F$) & que tous ceux, qui ont leurs centres dans la ligne $c\ c$, touchent le même plan $K\ i$ dans la ligne $i\ i$; etant tous ceux cy pareils au demisphéroïde $Q\ M\ q$. Puisque donc le rectangle $x\ i$ est celuy qui touche tous ces sphéroïdes, ce même rectangle sera precisement la continuation de l'onde $c\ o\ o\ c$ dans le cristal, lorsque $o\ o$ est parvenue en $k\ k$, à cause de la termination du mouvement, & de la quantité qui s'y en trouve plus que par tout ailleurs : & ainsi il paroit que l'endroit

droit c de l'onde cooc a sa continuation en i , c'est-à-dire que le rayon R C se rompt en c i .

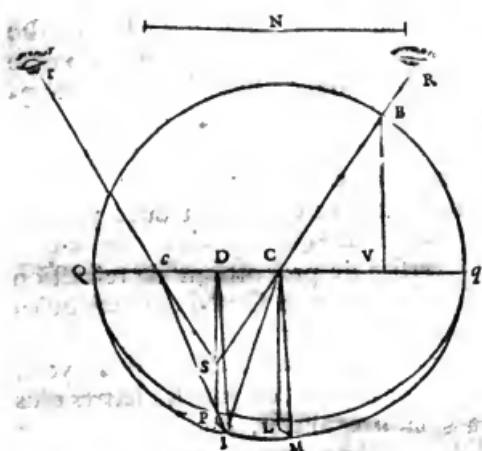
Où il est à noter , que la proportion de la refraction pour cette section du cristal est celle de la ligne N au demidiametre c Q: par laquelle on trouvera facilement les refractions de tous les rayons incidens , de la même maniere que nous avons montré cy devant pour ce qui est de la section par F E ; & la demonstration fera la même. Mais il paroît que ladite proportion de la refraction est moindre ici que dans la section par F E B ; car elle estoit là comme de N à c G , c'est-à-dire de 156962 à 98779 , fort près comme de 8 à 5 ; & ici elle est de N à c Q demi grand diametre du sphéroïde , 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.

39. Au reste cette diversité de proportions de refraction produit un effet fort singulier dans 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 situés dans le plan de la section par E F , on voit les lettres plus élevées par cette refraction irregulière , que lorsqu'on met les yeux dans le plan de la section par A H ; & la différence des élévations paroît par l'autre refraction ordinaire de ce cristal , dont la proportion est comme de 5 à 3 , & qui élève ces lettres toujours également , & plus haut que ne fait la refraction irregulière. Car on voit les lettres , & le papier où elles sont écrites , comme dans deux étages differens tout à la fois ; & dans la premiere situation des yeux , savoir quand ils sont dans le plan par A H , ces deux étages sont quatre fois plus éloignez l'un de l'autre que lors que les yeux sont dans le plan par E F .

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

40. Voions premierement de combien la refraction ir-
guliére du plan par A H doit hausser le fond du cristal.
Que le plan de cette figure icy represente séparément la

section par Q q &
c l , dans laquelle
section est aussi le
rayon R c , & que le
plan demiellipti-
que , par Q q & c m ,
soit incliné au pre-
mier , comme au-
paravant , d'un an-
gle de 6 deg. 40
min. dans lequel
plan est donc c i la
refraction du rayon
R c .



le point I comme au fond du Cristal , & qu'il soit vu par les rayons I c R , I c r , rompus également aux points c c , qui doivent étre également distans de D ; & que ces rayons rencontrent les deux yeux en R r . Il est certain que le point I paroira élevé en S , ou concourent les droites R c , r c ; lequel point S est dans D P , perpendiculaire à Q q . Et si sur D P on mene la perpendiculaire I P , qui sera toute couchée au fond du cristal , la longueur S P sera l'exhaussement appa-
rent du point I au dessus de ce fond.

Soit

Seit decrit sur Qq un demi cercle, qui coupe le rayon $C R$ en B , d'où soit menée Bv perpendiculaire à Qq ; & que la proportion de la refraction pour cette section soit, comme devant, celle de la ligne N au demidiametre cQ .

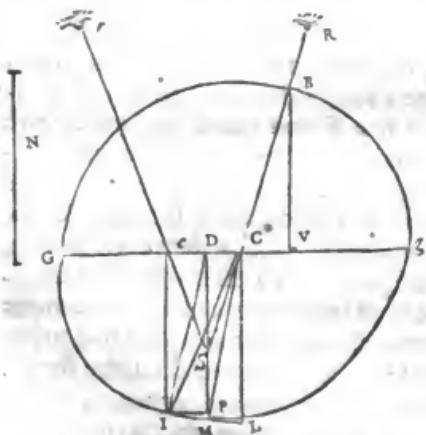
Donc comme N à cQ ainsi est v à cL , comme il paroit par la maniere de trouver les refractions que nous avons monstrée cy dessus No. 31, mais comme v à cL , ainsi vB à ds . Done comme N à cQ ainsi vB à ds . Soit M l perpendiculaire sur cL . Et parce que je suppose les yeux rr eloignez du cristal d'un pied ou environ, & par consequent l'angle rSr fort petit, il faut considerer vB comme égale au demidiamestre cQ , & dp comme égale à cL ; donc comme N à cQ ainsi cQ à ds . Mais N est de 156962 parties, dont cM en contient 100000 & cQ 105032. Donc ds sera de 70283. Mais cL est de 99324, 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 99324 à 70283. Et ainsi se connoit le rehaussement du point du fond 1 par la refraction de cette section.

41. Soit maintenant représentée l'autre section par EF , dans la figure qui est devant la precedente, & que GMg soit la demiellipse, considérée au Nombre 27 & 28, qui se

fait par la coupe d'une onde sphéroïde ayant le centre c .

Que



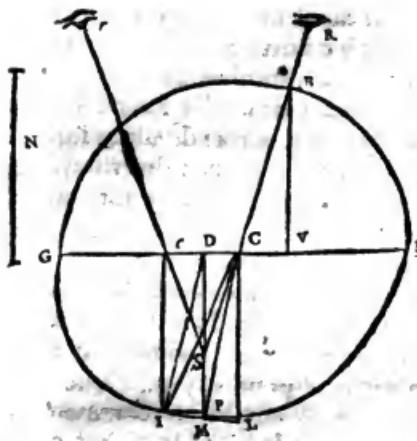
Que le point i , pris dans cette ellipse, soit imaginé derechef au fond du Cristal, & qu'il soit vu par les rayons rompus

$ICR, IC\bar{r}$, qui vont rencontrer les deux yeux ; étant $c_R, c\bar{r}$ également inclinées à la surface du cristal $g\bar{g}$. Ce qui étant ainsi, si l'on tire ID parallelle à cM , que je suppose être la refraction du rayon perpendiculaire qui tomberoit sur le point c , les distances DC, DC' , feront égales, comme il est aisè 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 ; & que ce point s tombe dans la ligne DP perpendiculaires à $g\bar{g}$; à laquelle DP si l'on mene perpendiculaire IP , ce sera la distance PS qui marquera le rehaussement apparent du point i . Soit sur $g\bar{g}$ decrit un demi cercle qui coupe cR en b , d'où soit menée BV perpendiculaire sur $g\bar{g}$; & 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 ; & Di parallelle 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 ci . Et par ce que je suppose derechef les yeux éloignez au dessus du cristal, BV est censée égale au demidiame cG ; & partant DS sera alors troisième proportionnelle aux lignes N & cG ; aussi sera

DP



D P alors censée égale à CL. Or CG estant de 98778 parties dont CM en contient 100000, N est de 156962. Donc DS sera de 62163. Mais CL est aussi determinée, & contient 99324 parties, comme il a été dit N°. 53. donc la raison de PD à DS sera comme de 99324 à 62163. Et ainsi l'on scâit le rehaussement du point du fond 1 par la refraction de cette section; & 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 99324 à 70283.

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 1 ou P du fond, sera de $\frac{5}{3}$ de la hauteur PD; comme il paroît par cette figure, où le point P estant vu par les rayons PC R P C' R, également rompus en la surface CC', il faut que ce point paroisse en S, dans la perpendiculaire PD, ou concourent les droites RC, RC' prolongées: & l'on scâit que la ligne PC à CS est comme 5 à 3, puisqu'elles sont entr'elles comme le sinus de l'angle C'PR ou DSC, au sinus de l'angle SPR. 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, le rehaussement PS sera aussi de $\frac{5}{3}$ 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, & qu'on la divise, suivant les proportions des rehaussements trouvées, aux points C, D, E; faisant AE de $\frac{5}{3}$ AB, AB à AC comme 99324 à 70283, & 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'experience; c'est-à-dire qu'en pl-

çant les yeux dans le plan qui coupe le cristal suivant le petit diamètre du rombe de dessus , la refraction régulière élèvera les lettres en ϵ , & on verra le fond , & les lettres sur le quelles il est posé , élevées en σ par la refraction irrégulière . Mais en plaçant les yeux dans le plan qui coupe le cristal suivant le grand diamètre du rombe de dessus , la refraction régulière élèvera les lettres en ϵ comme auparavant ; mais la refraction irrégulière les fera en même temps paroître élevées en c seulement . En sorte que l'intervalle $c\epsilon$ sera quadruple de l'intervalle $\epsilon\sigma$, qu'on voyoit auparavant .

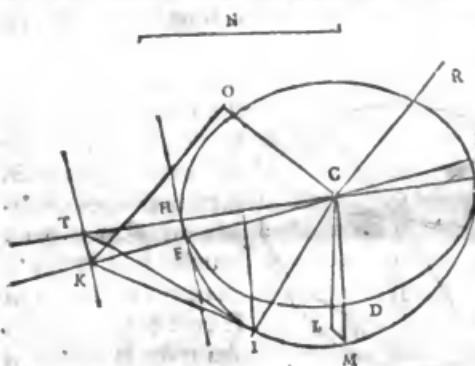
A. 43. Je n'ay que faire de remarquer ici que , dans toutes les deux positions des yeux , les images , causées par la refraction irrégulière , ne paroissent pas directement au dessous de celles qui procèdent de la refraction régulière , mais qu'elles s'en écartent , en s'éloignant d'avantage de l'angle solide équilatéral du Cristal ; parce que cela s'ensuit de tout ce qui a été démontré jusqu'ici de la refraction irrégulière , & qu'il est surtout évident par ces dernières démonstrations : où l'on voit que le point i paroît par la refraction irrégulière en s , dans la perpendiculaire σp , dans laquelle doit aussi paroître l'image du point e par la refraction régulière , mais non pas l'image du point t , qui sera à peu près directement au dessus de ce même point , & 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 paroîtra toujours par la refraction régulière entre les deux hauteurs de σ & c , passant de l'une à l'autre , à mesure qu'on tourne à l'entour du cristal immobile en regardant dessus . Et tout ceci se trouve encore conforme à nostre hypothèse , comme un chacun pourra s'en assurer , après que j'auray montré ici
la

la maniere de trouver les refractions irregulieres, qui appartiennent à toutes les autres sections du cristal, outre les deux que nous avons considerees. Posons quelque une des faces du cristal, dans laquelle soit l'Ellipse H D E, dont le centre c soit aussi le centre du spheroide H M E, dans lequel s'étend la lumiere, & dont ladite Ellipse est la section. Et que le rayon incident soit R C, dont il faille trouver la refraction.

Soit mené un plan passant par le rayon R C, & qui soit perpendiculaire au plan de l'ellipse H D E, le coupant suivant la droite B C K, & ayant dans le mesme plan par R C fait C O perpendiculaire à C R, soit dans l'angle O C K ajustée O K perpendiculaire à O C & 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 spheroide H D E M. Puis dans le plan de l'Ellipse H D E soit, par le point K, menée K T perpendiculaire à B C K. Maintenant si l'on conçoit un plan mené par la droite K T, & qui touche le spheroide



H M E en I, la droite C I sera la refraction du rayon R C, comme il est assez aisè à conclure de ce qui a été démontré au Nombre 36.

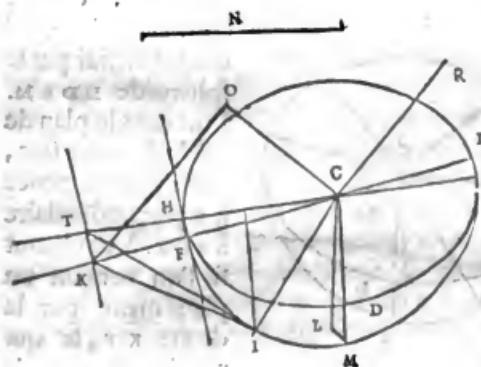
Mais il faut montrer comment on peut determiner le point de contact I. Soit menée à la ligne K T une parallele H S, qui touche l'Ellipse H D E, & que ce point de contact

tact soit en H ; & ayant tiré une droite par cH , qui rencontre KT en T , soit imaginé par la même cH , & par cM , que je suppose estre la refraction du rayon perpendiculaire, un plan qui fasse dans le sphéroïde la section elliptique HME . Il est certain que le plan qui passera par la droite KT , & qui touchera le sphéroïde, le touchera dans un point de l'Ellipse HME , par le Lemme qui sera démontré à la fin du Chapitre. Or ce point est nécessairement le point i que l'on cherche, puisque le plan mené par TK ne peut toucher le sphéroïde qu'en un point. Et ce point i est aisément à déterminer, puisqu'il ne faut que mener du point T , qui est dans le plan de cette Ellipse, la tangente Ti , de la manière qui a été montrée cy-devant. Car l'Ellipse HME est donnée, dont cH & cM sont demidiamètres

conjuguez; par ce qu'une droite menée par M , parallèle à HE , touche l'Ellipse HME , comme il s'ensuit de ce qu'un plan mené par M , & parallèle au plan HDE , touche le sphéroïde en ce point M , ce qui se voit N°. 27 & 23. Au reste la position de cette ellipse, à l'égard du plan par le rayon RC & par CX , est aussi donnée; par où il sera aisément de trouver la position de la refraction ci , à l'égard du rayon RC .

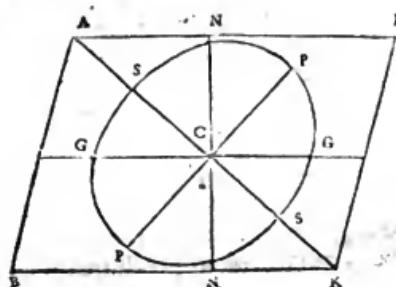
Or il faut noter, que la même ellipse HME sert à trouver les refractions de tout autre rayon qui sera dans le plan par RC & CX . Parce que tout plan, parallèle à la droite HF , ou TK ,

qui



qui touchera le sphéroïde, le touchera dans cette ellipse, par le Lemme cité peu devant.

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



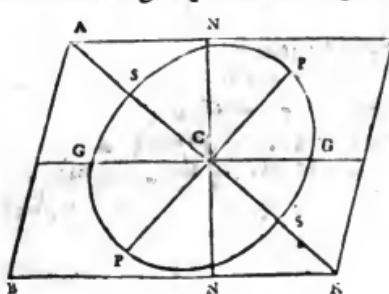
Pour expliquer quelles sont ces coupes, soit A B K F la section principale par l'axe du cristal, A C K, dans laquelle sera aussi l'axe s s d'une onde sphéroïde de lumiere étendue dans le Cristal du centre c; & la ligne droite, qui coupe s s par le milieu, & à angles droits,

scavoir P P, sera un des grands diamètres.

Or comme dans la coupe naturelle du cristal, faite par un plan parallele à deux surfaces opposées, lequel plan est ici représenté par la ligne G G, la refraction des surfaces qui en sont produites se règle par les demisphéroïdes G N G, suivant ce qui a été expliqué dans la Theorie precedente: de mesme en coupant le Cristal par N N, d'un plan perpendiculaire au parallelogramme A B K F, la refraction des surfaces se devra régler par les demisphéroïdes N G N: & si on le coupe par P P, perpendiculai-

T R A I T E'

diculairement au dit parallelogramme, la refraction des surfaces se devra regler par les demispheroides PSP , & 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 degr., 40 min. les demispheroides NGN devenoient semblables aux demispheroides GNG , puisque les plans NN & GG é-

toient 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 precise-ment 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 , & perpendiculaire à l'axe ss , la refraction des surfaces devoit estre telle que le rayon perpendiculaire n'en soufrist point du tout, & que toutefois aux rayons obliques il y eust une refraction ir-reguliere, differente de la reguliere ; & 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

l'axe s s , comme est le plan de cette figure , le rayon perpendiculaire ne devoit point souffrir de refraction ; & que pour les rayons obliques , il y avoit des mesures differentes pour la refraction irreguliere , suivant la situation du plan où estoit le rayon incident .

Or ces choses se trouverent ainsi en effet , & je ne puis douter apres cela qu'il 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 leurs surfaces , les mesmes refractions regulieres & irregulieres que les surfaces naturelles , & qui pourtant se fendront tout autrement , & point parallelement à aucune des faces .

Que l'on en peut faire aussi des pyramides , ayant la base quarrée , 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. & 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 , quoynque pourtant ils fassent tous double refraction aux rayons obliques . Le cube est compris parmy ces prismes ; dont les bases sont des sections perpendiculaires à l'axe du cristal , & 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 couches dont ce cristal paroît composé , & selon lesquelles il se fend en trois sens differens , que reside la cause de sa refraction irreguliere , & que ce seroit en vain de l'y vouloir chercher .

Mais

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 servu à la tailler, & à la polir. La taille est aisée par les roues tranchantes des lapidaires, ou de la maniere qu'on sie le marbre; mais le poli est très difficile, & en employant les moyens ordinaires, on de-polit bien plutost les surfaces qu'on ne les rend luisantes.

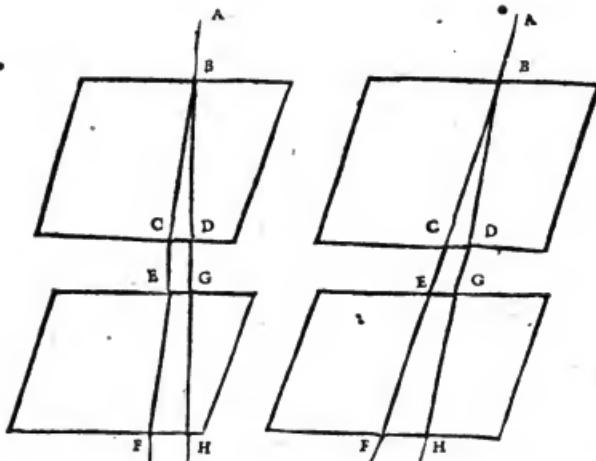
Apres plusieurs essais, j'ay enfin trouvé qu'il ne faut point de plaque de metal pour cet usage, mais une piece de glace de miroir rendue matte & depolie. Là dessus, avec du sablon fin & de l'eau, l'on adoucit peu à peu ce cristal, de mesme que les verres de lunette, & on le poli en continuant seulement le travail, & en diminuant toujours la matiere. Je n'ay sceu pourtant le rendre d'une clarté & 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 toujours quelque inégalité.

Lors 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 distinctement. Et cette aide est surtout necessaire, lorsque l'on veut polir les surfaces naturelles, pour en oster les inégalitez; parce qu'on ne sçauroit 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 traitté de ce Cristal, j'adjouteray encore un phenomene merveilleux, que j'ay decouvert après avoir écrit tout ce que dessus. Car bien que je n'en aie pas pu 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

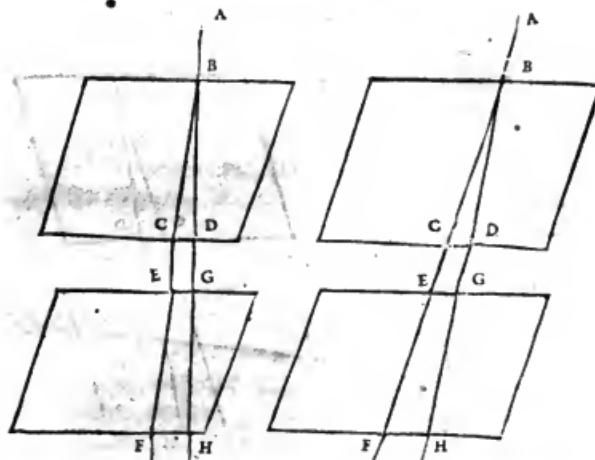
que j'ay faites ; qui ne laisseront pas pour cela de garder toute leur vrai-semblance , apres avoir esté confirmées par tant de preuves.

Le phenomene est , qu'en prenant deux morceaux de ce cristal , & 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 A B , s'estant partagé en deux dans le premier morceau , sçavoir en B D & en B C , suivant les deux refractions., reguliere & ir-



reguliere ; en penetrant de là à l'autre morceau , chaque rayon y passera sans plus se partager en deux ; mais celuy qui a esté fait de la refraction reguliere , comme icy D G , fera seulement encore une refraction reguliere en G H , & l'autre , C E , une irreguliere en E F . Et la mesme chose arrive non seulement dans cette disposition , mais aussi dans toutes celles où la section principale

pale, de l'un & de l'autre morceau, se trouve dans un même plan, sans qu'il soit besoin que les deux surfaces qui se regardent soient parallèles. Or il est merveilleux pourquoys les rayons $C\ B$ & $D\ G$, venant de l'air sur le cristal inférieur, ne se partagent pas de même que le premier rayon $A\ B$. On diroit qu'il faut que le rayon $D\ G$, en passant par le morceau de dessus, ait perdu ce qui est nécessaire pour emouvoir la matière qui sert à la refraction irrégulière; & que $C\ B$ ait pareillement perdu ce qu'il faut pour emouvoir la matière qui sert à la refraction.



irrégulière: 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 parallèles ou non; alors le rayon qui est venu de la refraction régulière, comme $D\ G$, ne fait plus qu'une refraction irrégulière dans le

le morceau inferieur , & au contraire le rayon qui est venu de la refraction irreguliere, comme C E, ne fait plus qu'une refraction reguliere.

Mais dans toutes les autres positions infinies , outre celles que je viens de determiner , les rayons D G , C E se partagent derechef chacun en deux , par la refraction du cristal inferieur ; de sorte que du seul rayon A B il s'en fait quatre , tantost d'egale clarte, 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 tous ensemble , que le seul rayon A B.

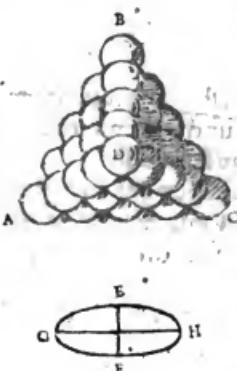
Quand on considere icy que , les rayons C E , D G demeurant les mesmes , il depend de la position qu'on donne au morceau d'en bas de les partager chacun en deux , ou de ne les point partager , là où le rayon A B se partage toujours ; il semble qu'on est obligé de conclure que les ondes de lumiere , pour 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 ; & 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 , & pourquoi il se fend aisément en trois sens differens , parallèlement à quelqu'une de ses surfaces .

Il y a plusieurs corps vegetaux , mineraux , & sels congelez , qui se forment avec de certains angles & figures regulieres . Ainsi parmy 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 meritent bien d'estre re-

marqué; tant la figure polygone, que pourquoy elle n'excéde pas ce nombre de 6.

Le Cristal de roche croit ordinairement en bastons hexagones, & l'on trouve des diamans qui naissent avec une pointe quarrée, & 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 & 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; & dans les congélations d'autres sels, & de celle du futre, 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, & 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 plattes & délicées de glace, dont la raye du milieu jette des branches inclinées d'un angle de 60 degréz. Toutes ces choses meritent d'estre recherchées soigneusement, pour reconnoître comment & par quel artifice la nature y opere. Mais ce n'est pas maintenant mon dessein de traiter entièrement cette matière. Il semble qu'en general la regularité, qui se trouve dans ces productions, vient de l'arrangement des petites particules invisibles & égales dont elles sont composées. Et pour venir à nostre Cristal d'Islande, je dis que s'il y avoit une pyramide comme A B C D, composée de petits corpuscules ronds, non pas sphériques, mais sphéroïdes plats, tels que se feroient par la conversion de cette

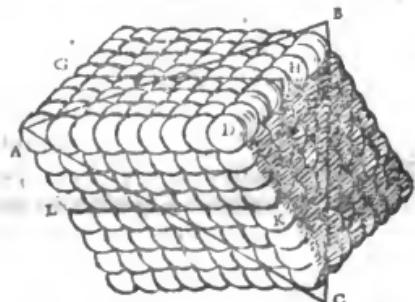


ellipse $G\ H$ sur son petit diamètre $E\ F$; dont la proportion au grand est fort près celle de 1 à la racine quarree de 8. Je dis donc que l'angle solide de la pointe D , seroit égal à l'angle obtus & équilatéral de ce Cristal. Je dis de plus, si ces corpuscules estoient légerement collés ensemble, qu'en rompant cette pyramide, elle se casseroit suivant des faces parallèles à celles qui font sa pointe: & que par ce moyen, comme il est ais 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 sépare aisement de la couche voisine, parce que chaque sphéroïde ne se détache que des trois sphéroïdes de l'autre couche, desquels trois il n'y en a qu'un qui le touche par la surface aplatie, & les deux autres seulement par les bords.

Et ce qui fait que les surfaces se séparent nettes & polies, c'est que si quelque sphéroïde de la couche voisine vouloit en sortir pour s'attacher à celle qui se sépare, il faudroit qu'il se détachast des six autres sphéroïdes qui le tiennent fermé, & dont les quatre le pressent par ces surfaces aplatis.

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 sphéroïdes, c'est une grande raison pour croire que ses particules sont formées & rangées de mesme.

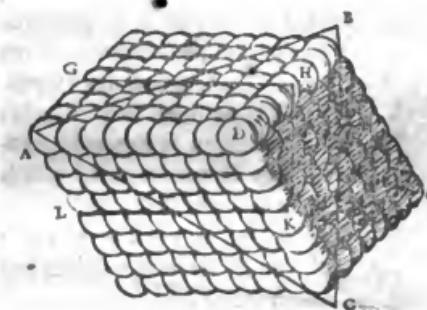
Il y a mesme assez d'apparence que les prismes de ce cristal se font par la rupture des pyramides, puisque Mr. Bartholin



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 sphéroïdes ainsi entassés, quelque forme qu'elle eust par dehors, il est certain, par la même 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, & s'il n'y en a point qui y repugnent.

L'on peut objecter que ce cristal, étant ainsi composé, se pourroit fendre encore en deux manières, dont l'une seroit suivant des plans parallèles à la base de la piramide, c'est-à-dire

au triangle A B C; l'autre parallèlement à un plan dont la coupe est marquée par les lignes G. H, H. K, K. L. A quoy je dis, que l'une & l'autre division, quoique faisables, sont plus malaisées que celles qui estoient parallèles à quelqu'un des trois plans de la piramide; & qu'ainsi, en frap-



pant sur le cristal pour le casser, il se doit toujours fendre plutôt suivant ces trois plans que suivant les deux autres. Quand on a un nombre de sphéroïdes de la forme cy devant marquée, & qu'on les range en piramide, on voit pourquoi les deux divisions sont plus malaisées. Car pour ce qui est de celle qui se feroit parallèlement à la base, chaque sphéroïde se doit détacher des trois autres qu'il touche par les surfaces aplatis, qui tiennent plus que ne font les contacts par les bords. Et outre cela, cette division ne se fera point par des couches entières, parce qu'un

qu'un chacun des sphaeroides 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 adhere aisement à la couche voisine, & d'autres à luy, par la mesme raison; ce qui caule des surfaces inégales. Ausli 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 vérité beaucoup de facilité à le diminuer en ce sens, mais beaucoup de difficulté ensuite à polir la surface qu'on aura aplatie de cette maniere.

Pour l'autre division suivant le plan G H K L, l'on verra que chaque sphaerode s'y devroit detacher de quatre de la couche voisine, dont deux le touchent par les surfaces aplaties, & 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 sphaerode ne se detache que de trois de sa couche voisine; dont il n'y en a qu'un qui le touche par la surface aplatie, & 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 G H K L; ce qui paroît par les couleurs d'Iris repandues dans tout ce plan, quoique les deux pieces tiennent encore ensemble. Tout ceci 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 quelque une de ces surfaces naturelles, & que ce soit en descendant de l'angle obtus equilateral, c'est-à-dire de la pointe de la piramide, on le trouve fort dur; mais en raclant du sens contraire on l'entame aisement. Ce qui s'enfuit manifestement de la situation des petits sphaeroides; sur lesquels,

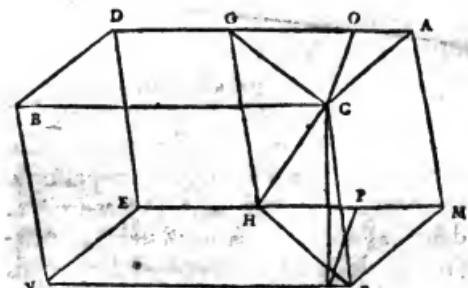
quels, dans la premiere maniere, le cousteau glisse; mais dans l'autre ils les prend par dessous, à peu pres comme les écailles d'un poisson.

Je n'entreprendray pas de rien dire touchant la maniere dont s'engendrent tant de petits corpuscules, tous égaux & semblables, ni comment ils sont mis dans un si bel ordre. S'ils sont formez premierement, & puis assemblez; ou s'ils se rangent ainsi en naissant, & 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 nous avons. J'ajouteray seulement que ces petits sphéroïdes pourroient bien contribuer à former les sphéroïdes des ondes de lumiere, cy dessus supposez; les uns & les autres estant situez de mesme, & avec leur axes paralleles.

Calculs qui ont esté supposez dans ce Chapitre.

M^r. Bartholin dans son traité de ce cristal, met les angles obtus des faces de 101 degréz, lesquels j'ay dit estre de 101 degréz, 52 min. Il dit avoir mesuré immédiatement ces angles

sur le cristal; ce qui est difficile à faire avec la dernière justesse, à cause que les carnes, comme C A, C B dans cette figure, sont ordinairement usées, & non pas bien droites. Pour plus



de seureté donc, j'ay plutost voulu mesurer actuellement l'angle

gle obtus, duquel sont inclinées l'une sur l'autre les faces $CBDA$, $CBVF$, sc̄avoir l'angle OCN , apres avoir mené CN perpendiculaire sur FV , & CO perpendiculaire sur DA : lequel angle OCN j'ay trouvé de 105 degr. & son complément à deux angles droits, CNP , de 75 degr. comme il faloit.

Pour trouver par là l'angle obtus BCA , je me suis imaginé une sphère, ayant son centre en C , & dans sa superficie un triangle sphérique, formé par l'intersection des trois plans qui comprennent l'angle solide c . Dans ce triangle équilatéral, qui soit ABC dans cette autre figure, je voyois que chacun des

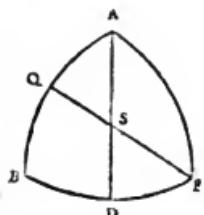
angles devoit estre de 105 degrez, sc̄avoir égal à l'angle OCN ; & que chacun des costez estoit d'autant de degrez que l'angle ACB , ACF , ou BCF . Ayant donc mené l'arc FQ perpendiculaire sur le costé AB , qu'il divise également en Q , le triangle FQA avoit l'angle Q droit, l'angle A de 105 degrez, & F de la moitié autant, sc̄avoir de 52 degrez, 30 min. d'où se

trouve l'hypothénuse AF de 101 deg. 52 min. Et cet arc AF est la mesure de l'angle ACF dans la figure du cristal.

Dans la même figure, si le plan $CGHF$ coupe le cristal en sorte, qu'il divise les angles obtus ACB , MFV par le milieu; il a été dit, au Nombre 10, que l'angle CFH est de 70 degrez, 57 min. Ce qui se démontre encore facilement dans le même triangle sphérique ABC ; où il paraît que l'arc FQ est d'autant de degrez que l'angle GCF dans le cristal, duquel le complément à deux droits est l'angle CFH . Or l'arc FQ se trouve de 109 degr. 3 min. Donc son complément, 70 deg. 57 min. est l'angle CFH .

Il a été dit N°. 26, que la droite CS , qui dans la prece-

N den-



dente figure est CH , etant l'axe du cristal, c'est-à-dire egale-
ment inclinée aux trois costez CA , CB , CF , l'angle GCH est
de 45 degr. 20 min. Ce qui se calcule encore facilement par
le mesme triangle sphérique. Car en tirant l'autre arc AD , qui
coupe BF également, & FQ en s , ce point sera le centre de ce
triangle: & il est aisē de voir que l'arc sq est la mesure de l'angle

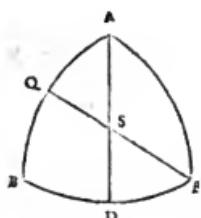
GCH , dans la figure qui repreente le
cristal. Or dans le triangle QAS , qui
est rectangle, l'on connoit aussi l'angle
 A , qui est de 52 degr. 30 min. & le
costé AQ de 50 degr. 56 min. d'où
se trouve le costé QS de 45 degr. 20
min.

Au Nombre 27, il faut montrer
que PMS estant une ellipse dont le cen-
tre est C ; & qui touche la droite MD

en M , en sorte que l'angle MCL , que fait $C M$ avec $C L$, per-
pendiculaires sur DM , soit de 6 deg. 40 min. & son demi petit dia-
mètre CS faisant avec CG , parallel à MD , un angle GCS de
45 degr. 20 min. Il faut montrer, dis je, que $C M$ estant de
100000 parties, PC , demi grand diametre de cette ellipse, est de
105032, & CS , demi petit diametre, de 93410.

Soient CP , CS prolongées, & qu'elles rencontrent la tangente
 DM en D & π ; & du point de contact M soient menées MN ;
 MO perpendiculaires sur CP , CS . Maintenant parce que les
angles SCP , GCL sont droits, l'angle PCL sera égal à GCS ,
qui estoit de 45 degr. 20 min. Et ostant l'angle LCM , qui est
de 6 degr. 40 min. de LCP 45 degr. 20 min. reste MCP de
38 degr. 40 min. Considérant donc $C M$ comme rayon de
100000 parties, MN , sinus de 38 deg. 40 min. sera 62479. Et
dans le triangle rectangle MND , MN sera à ND comme le rayon
des Tables à la tangente de 45 degr. 20 min, parce que l'angle

NMD

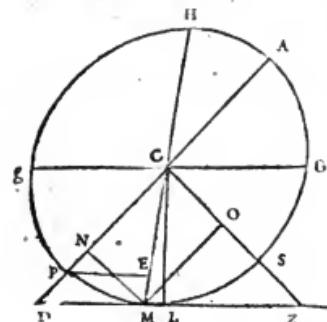


N M D est égal à D C L ou G C S : c'est-à-dire comme 100000 à

101170 ; d'où vient N D 63210. Mais N C est de 78079 des mêmes parties dont C M est 100000, parce que N C est sinus du complément de l'angle M C P , qui estoit de 38 degr. 40 minutes. Donc toute la D C est de 141289 ; & C P , qui est moyenne proportionnelle entre D C & C N parce que M D touche l'Ellipise , sera 105032.

De même, parce que l'angle O M Z est égal à C D Z , ou L C Z , qui est de 44 degr. 40 min. étant le complément de G C S , il s'ensuit que , comme le rayon des Tables à la tangente de 44°, 40 , ainsi sera O M 78079 , à O Z 77176. Mais O C est de 62479 des mêmes parties dont C M est 100000 , parce qu'elle est égale à M N , sinus de l'angle M C P de 38°. 40. Donc toute la C Z est 139655 ; & C S , qui est moyenne proportionnelle entre C Z , C O , sera 93410.

Au même endroit on a dit que C G se trouve de 98779 parties. Pour le démontrer , soit dans la même figure menée P E parallèle à D M , & qui rencontre C M en E. Dans le triangle rectangle C L D , le côté C L est 99324 , (C M étant 100000) parce que C L est sinus du complément de l'angle L C M , de 6°. 40. Et puisque l'angle L C D est de 45°. 20 , pour être égal à G C S , l'on trouvera le côté L D 100486 : d'où ostant M L 11609 , restera M D 88877. Or comme C D , qui estoit 141289 , à D M 88877 , ainsi C P 105032 , à P E 66070. Mais comme le rectangle M E H , ou bien la différence des quarrez C M , C E , au quarrez M C , ainsi est le quarrez P E au quarrez C G ; donc aussi comme la différence des quarrez D C , C P au quarrez de C D , ainsi



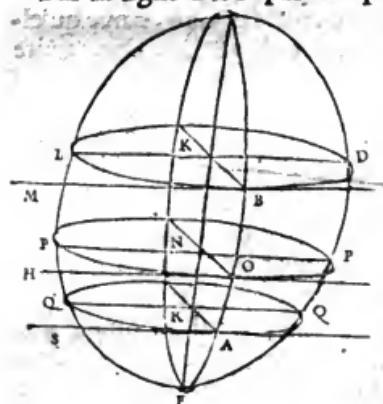
ainsi le carré PE^2 au carré $g.c.$ Mais DP , CP & PE sont continues : on connoit donc aussi $g.c.$, qui est 98779.

Lemme qui a été supposé.

Si un sphéroïde est touché par une ligne droite, & aussi par deux ou plusieurs plans qui soient parallèles à cette ligne, quoyque 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 sphéroïde.

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

Par la ligne BM & par les points O , A , soient menés des plans parallèles entre eux, qui, en coupant le sphéroïde, fassent les ellipses LBG , PQG , QAG , qui seront toutes semblables, & semblablement posées, & auront leurs centres K , N , R , dans un même diamètre du sphéroïde, qui fera aussi diamètre de l'ellipse faite par la section du plan qui passe par le centre du sphéroïde, & qui coupe les plans des trois susdites Ellipses à angles droits, car tout cela est manifeste par la prop. 15, du livre des Conoides & Sphéroïdes d'Archimede. De plus, les deux derniers



DE LA LUMIERE. CHAP. V.

niers plans, qui ont été menez par les points α , Λ , feront aussi, en coupant les plans qui touchoient le sphéroïde en ces mesmes points, des lignes droites, comme $O\ H$, $A\ S$, qui seront, comme il est aisé de voir, paralleles à $B\ M$; & toutes les trois, $B\ M$, $O\ H$, $A\ S$ toucheront les Ellipses $L\ B\ D$, $P\ O\ P$, $Q\ A\ Q$ dans ces points B , O , A ; puisqu'elles sont dans les plans de ces ellipses, & en même temps dans des plans qui touchent le sphéroïde. Que si maintenant de ces points B , O , A , l'on mene des droites $B\ K$, $O\ N$, $A\ R$ par les centres des mesmes ellipses, & que par ces centres l'on mene aussi les diamètres $L\ D$, $P\ P$, $Q\ Q$, paralleles aux touchantes $B\ M$, $O\ H$, $A\ S$: ces diamètres feront les conjuguez des susdits $B\ K$, $O\ N$, $A\ R$. Et parce que les trois ellipses sont semblables, & semblablement posées, & qu'elles ont leurs diamètres $L\ D$, $P\ P$, $Q\ Q$ paralleles, il est certain que leurs diamètres conjuguez $B\ K$, $O\ N$, $A\ R$ feront aussi paralleles. Et les centres K , N , R étant, comme il a été dit, dans un même diamètre du sphéroïde, ces paralleles $B\ K$, $O\ N$, $A\ R$ feront nécessairement dans un même plan, qui passe par ce diamètre du sphéroïde: & par conséquent les points B , O , A dans une même ellipse faite par l'intersection de ce plan. Ce qu'il falloit prouver. Et il est manifeste que la démonstration seroit la même, si, outre les points O , A , il y en avoit d'autres, dans lesquels le sphéroïde fust touché par des plans paralleles à la droite $B\ M$.

C H A P I T R E VI.

DES FIGURES DES CORPS DIAPHANES *Qui servent à la Refraction, & à la Reflexion.*

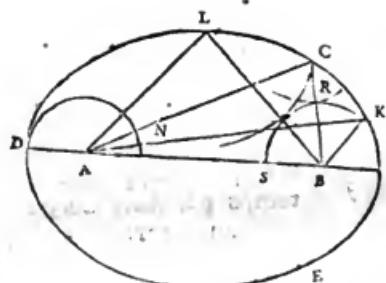
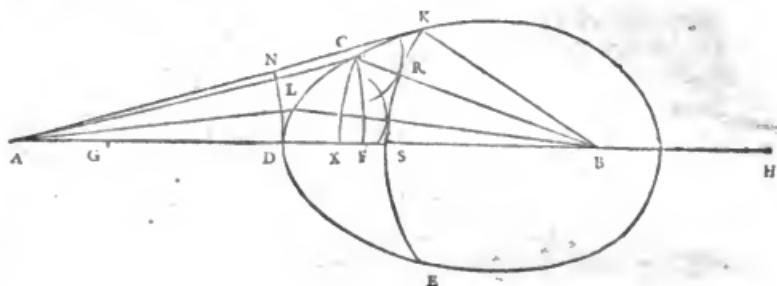
Apres avoir expliqué comment les proprietez de la reflexion, & de la refraction s'ensuivent de ce que nous avons

posé touchant la nature de la lumiere , & des corps opaques , & diaphanes ; je feray voir icy une maniere fort aisée & 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 même une propriété qui empesche le parfait concours des rayons , comme M^r. Neuton a fort bien prouvé par les experiences ; je ne laisseray pas d'en rapporter l'invention , puis qu'elle s'offre , pour ainsi dire , d'elle même , & qu'elle confirme encore nostre Theorie de la refraction , par la convenance qui se trouve icy entre le rayon rompu , & 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 C D E , qui assemble les rayons , venans d'un point A , à un autre point B : & que le sommet de la surface soit le point b , donné dans la droite A B . 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 C D E , & de ceux cy au point du concours , comme est-icy le chemin par les droites A C , C B , par A L , L B , & par A D , D B ; 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 A C , C B doit estre égale à celle des A D , D B , il paroît que D C E doit estre une ellipse ; & pour la refraction , ayant supposé la proportion des vitesses des ondes de lumiere , dans les diaphanes A & B , connue , par ex. De 3 à 2 (qui est la mes-

mesme , comme nous avons montré , que la proportion des Sins dans la refraction) il faut seulement mettre $D H$ égale



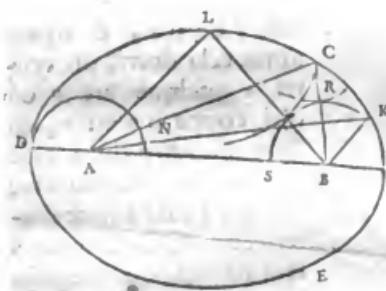
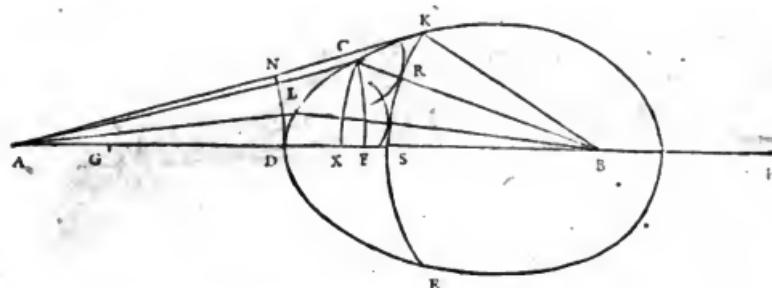
aux $\frac{1}{2}$ de DB , & ayant apres cela decrit du centre A quelque arc FC , qui coupe DB en F , en faire un autre du centre B , avec le demidiadmetre Bx égal à $\frac{1}{2}$ de FH ; & l'intersection C des deux arcs sera un des points requis , par où la courbe doit passer.

Car ce point étant trouvé de la sorte , il est aisément prouvé 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 $\frac{1}{2}$ de DB , représentera le temps de la lumière par DB dans le diaphane , parce qu'il lui faut ici d'autant plus de temps , que son mouvement est plus lent. Partant toute la AH sera

T R A I T E'

sera le temps par $A D$, $D B$. Demesme la ligne $A C$, ou $A F$, repre-
sentera le temps par $A C$; & $F H$ estant par la construction égale



à $C B$, elle represen-
tera le temps par $C B$ dans
le diaphane, & par conse-
quent toute la $A H$ fera
aussi le temps par $A C$,
 $C B$. D'où il paroît que le
temps par $A C$, $C B$, est
égal au temps par $A D$,
 $D B$. Et l'on fera voir de
mesme, si L & K sont d'aut-

tres points dans la courbe $C D E$, que les temps par $A L$, $L B$, &
par $A K$, $K B$ sont toujours représentés par la ligne $A H$, & par-
tant égaux au dit temps par $A D$, $D B$.

Pour démontrer ensuite que les surfaces, que ces cour-
bes 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 $A K$ tombe sur la courbe, qui fert
à la

à la refraction, en dehors; & du centre B soit decrit l'arc $K\,S$, cou-
rant $B\,D$ en S , & la droite $C\,B$ en R ; & du centre A l'arc $D\,N$, ren-
contrant $A\,K$ en N .

Puisque les sommes des temps par $A\,K'$, $K\,B$, & par $A\,C$,
 $C\,B$ sont égales; si le de la première somme l'on ote le temps
par $K\,B$, & de l'autre le temps par $R\,B$; il restera le temps par
 $A\,K$ égal au temps par ces deux, $A\,C$, $C\,R$. Partant dans le temps
que la lumière est venue par $A\,K$, elle sera aussi venue par $A\,C$, &
de plus il se sera fait une onde sphérique particulière dans le dia-
phane, du centre C , & dont le demidiamètre sera égal à $C\,R$; la-
quelle onde touchera nécessairement la circonference $K\,S$ en R ,
puisque $C\,B$ coupe cette circonference à angles droits. De mes-
me ayant pris quelqu'autre point L dans la courbe, l'on montre-
ra que dans le même temps du passage de la lumière par $A\,K$,
elle sera aussi venue par $A\,L$, & que de plus il se sera fait une
onde particulière du centre L , qui touchera la même circonfe-
rence $K\,S$. Et ainsi de tous les autres points de la courbe $C\,D\,E$.
Donc, au moment que la lumière sera arrivée en K , l'arc $K\,R\,S$
terminera le mouvement qui s'est répandu de A sur $D\,C\,K$. Et ainsi
ce même arc sera, dans le diaphane, la propagation de l'onde é-
manée du point A ; laquelle onde on se peut représenter par l'arc
 $D\,N$, ou par quelqu'autre plus près du centre A . Mais tous les endroits de l'arc $K\,R\,S$ sont en suite étendus suivant des droites qui
luy sont perpendiculaires, c'est-à-dire qui tendent au centre B :
(car cela se démontre de même que nous avons prouvé cy des-
sus que les endroits des ondes sphériques s'étendent suivant des
droites qui viennent de leur centre) & ces progrès des endroits
des ondes sont les rayons mêmes de lumière. Il paraît donc que
tous ces rayons tendent ici au point B .

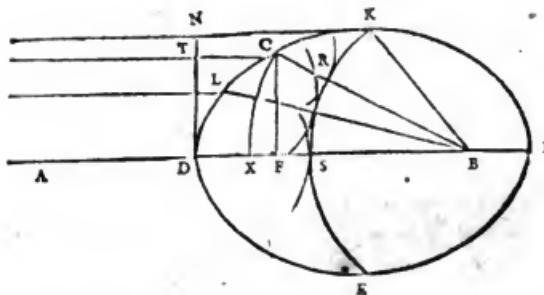
On pourroit aussi trouver le point C & tous les autres,
dans cette coupe qui sert à la refraction, en divisant $D\,A$
en G en sorte que $D\,G$ soit de $D\,A$, & décrittant du centre B

quelqu'arc $c\ x$ qui coupe $b\ d$ en x , & un autre du centre A avec le demidiametre $A\ F$ égal à $\frac{1}{2}$ de $G\ x$: ou bien ayant décris, comme auparavant, l'arc $c\ x$, il ne falloit que faire $D\ F$ égale à $\frac{1}{2}$ de $D\ x$, & du centre A tracer l'arc $F\ c$: car ces deux constructions, comme l'on peut facilement connoître, reviennent à la première qu'on a veue cy devant. Et il est encore manifeste par la dernière, que cette courbe est la même que celle que M^r. Des Cartes a donnée dans sa Géométrie, & qu'il nomme la première de ses Ovales.

Il n'y a qu' $\frac{1}{2}$ une partie de cette ovale qui sert à la réfraction; savoir, si $A\ K$ est supposée la tangente, ce sera la partie $D\ K$, dont le terme est K . Quant à l'autre partie, Des Cartes a remarqué qu'elle serviroit aux réfractions, s'il avoit quelque matière de miroir de telle nature, que par elle la force des rayons (nous dirons la vitesse de la lumière, ce qu'il n'a pu dire par ce qu'il veut que le mouvement s'en fasse dans un instant) fust augmenté 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 matière du miroir, & qu'il est entièrement impossible.

De ce qui a été démontré de cette ovale, il sera aisément de trouver la figure qui sert à assembler vers un point les rayons incidentes parallèles. Car en supposant toute la même construction, mais le point A infiniment distant, ce qui donne des rayons parallèles, nostre ovale devient une vraie Ellipse; dont la construction ne diffère en rien de celle de l'ovale, sinon que $F\ C$ est ici une ligne droite, perpendiculaire à $D\ B$, qui auparavant estoit un arc de cercle. Car l'onde de lumière $D\ N$, étant de même représentée par une ligne droite, l'on fera voir que tous les points de cette onde, s'étendent jusqu'à la surface $K\ D$ par des parallèles à $D\ B$, s'avanceront ensuite vers le point B , & y arriveront en même temps. Pour l'Ellipse qui servoit à la reflexion, il est manifeste qu'elle devient ici une parabole, puis qu'on

qu'on considere son foyer A infiniment distant de l'autre B ; qui est icy le foyer de la parabole , auguel tendent toutes les refle-

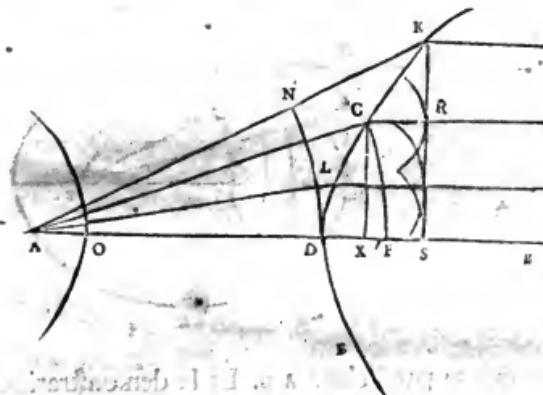


xions des rayons paralleles à A B. Et la demonstration de ces effets est toute la même que la precedente.

Mais que cette ligne courbe C D E, qui sert à la refraction, est une Ellipse, & telle dont le grand diamètre 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 D B, qui est donnée, estant nommée a ; sa perpendiculaire D T indeterminée x ; & T C, y ; F B sera $a - y$; C B $\sqrt{xx + aa - 2ay + yy}$. Mais la nature de la courbe est telle , que $\frac{1}{T C}$ avec C B est égale à $\frac{1}{DB}$,

à D_B , comme il a été dit dans la dernière construction : donc l'équation sera entre $\frac{1}{4}y + \sqrt{xx + aa - 2ay + yy}$ & a , qui étant réduite, vient $\frac{1}{4}ay - yy$ égal à xx : c'est à dire qu'ayant fait DO égale à $\frac{1}{4}DB$, le rectangle DO est égal à $\frac{1}{4}$ du carré de FC . D'où l'on voit que DC est une ellipse, dont l'axe DO est au paramètre comme 9 à 5 ; & partant le carré de DO au carré de la distance des foyers, comme 9 à $9-5$, c'est à dire 4 ; & enfin la ligne DO à cette distance comme 3 à 2 .

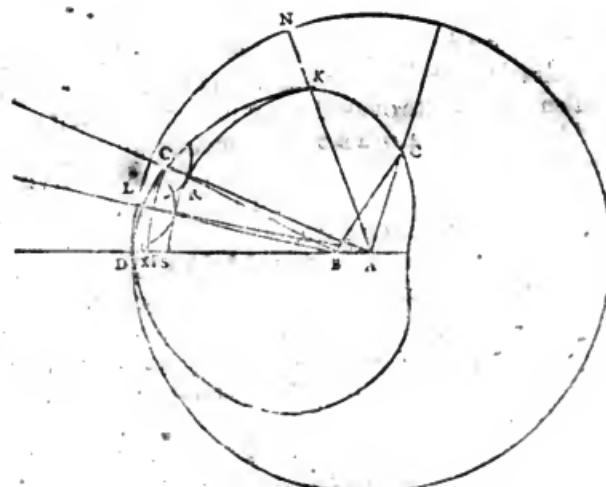
Derechef, si l'on suppose le point B infiniment loin, au lieu de notre première ovale, nous trouverons que CD est la véritable Hyperbole ; qui fera que les rayons, qui viennent



du point A , deviendront parallèles. Et par conséquent aussi, que ceux qui sont parallèles dans le corps transparent, s'assembleront au dehors au point A . Or il faut remarquer que CX & XK deviennent des lignes droites perpendiculaires à BA , par ce qu'elles représentent des arcs de cercles dont le centre B est infiniment distant. Et que l'intersection de la perpendiculaire CX & de l'arc FC donnera le point C , un de ceux par où la courbe doit

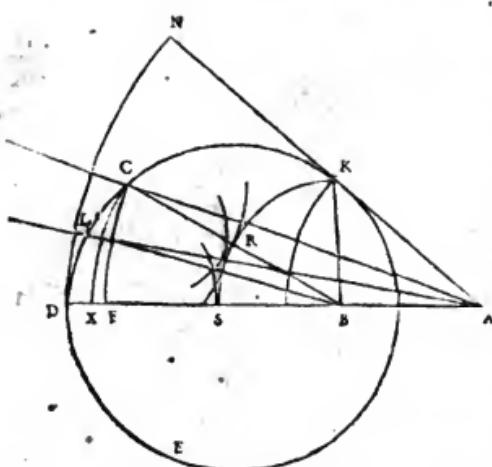
doit passer. Qui fera ensorte que toutes les parties de l'onde de lumiere $D\ N$, venant à rencontrer la surface $K\ D\ E$, s'avanceront de la par des paralleles à $K\ S$, & arriveront à cette droite en même temps ; dont la demonstration est encore la même que celle qui a serui dans la premiere ovale. Au reste on trouve, par un calcul aussi aisné que le precedent, que $C\ D\ E$ est icy une hyperbole dont l'axe $D\ O$ est $\frac{1}{3}$ de $A\ D$, & le parametre égal à $A\ D$. D'où l'on demonstre facilement que $D\ O$ est à la distance des foyers comme 3 à 2.

Ce sont icy les deux cas ou les sections Coniques servent à la refraction; & 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 Ovales dont nous avons déjà mis la premiere. L'autre est celle qui sert aux rayons qui tendent à un point donné ; dans laquelle ovale si le sommet



O 3

qui



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 la de A . Et dans ce dernier cas elle est la même avec celle que Des Cartes nomme la 3^e.

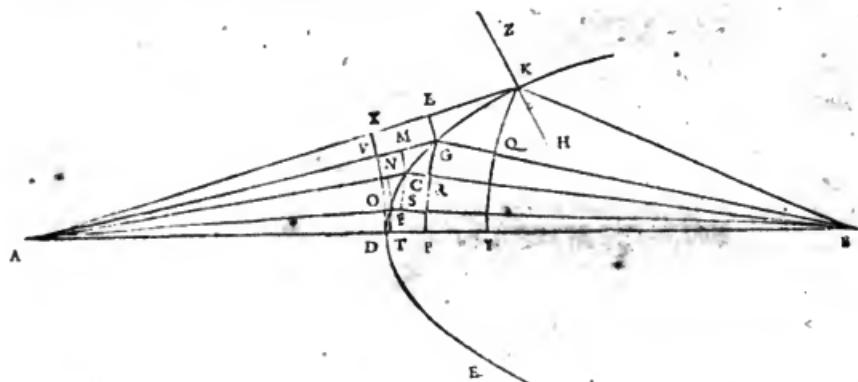
Or l'invention & la construction

de cette seconde ovale est la même que celle de la première, & la démonstration de son effet aussi. Mais il est digne de remarquer qu'en un cas cette ovale devient un cercle parfait; savoir quand la raison de AD à DB est la même qui mesure les réfractions, comme ici de 3 à 2, ce que j'ai observé il y a fort long temps. La 4^e. ne servant qu'aux réflexions impossibles, il n'est pas besoin de la mettre.

Pour ce qui est de la manière dont M. Des Cartes a trouvé ces lignes, puisqu'il ne l'a point expliquée, ni personne du depuis que je l'achète, je diray ici, en passant, quelle il me semble qu'elle doit avoir été. Soit proposé à trouver la surface faite par la circonvolution de la courbe KDE , qui, recevant les rayons incident qui viennent sur elle du point A , les detourne vers le point B . Considérant donc cette courbe comme déjà connue; & que son sommet soit D dans

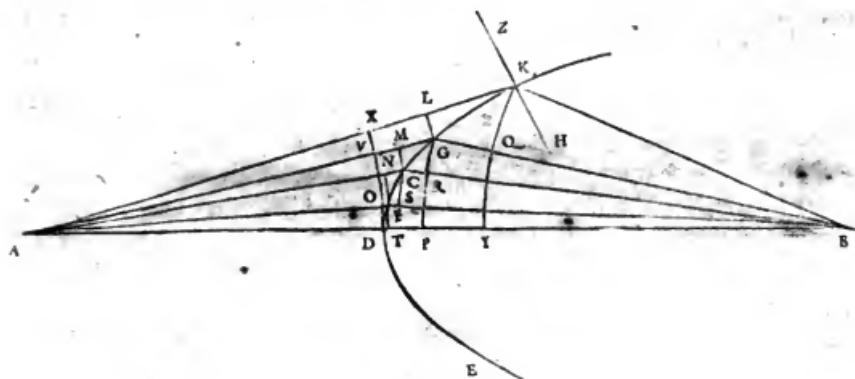
dans la droite $A B$; divisons la comme en une infinité de petites parcelles par les point G, C, F : & ayant mené, de chacun de ces points, des lignes droites vers A , qui representent les rayons incidens, & d'autres droites vers B ; soient de plus du centre A decrits les arcs de cercle $G L, C M, F N, D O$, coupans les rayons, qui viennent de A , en L, M, N, O , & des points K, G, C, F soient decrits les arcs $K Q, G R, C S, F T$, coupans les rayons, tirez vers B , en Q, R, S, T , & posons que la droite $H K Z$ coupe la courbe en K à angles droits.

Estant donc $A K$ un rayon incident, & sa refraction au dedans



du diaphane $K B$, il falloit suivant la loy des refractions, qui estoit connue à Mr. Des Cartes, que le sinus de l'angle $Z K A$, au sinus de l'angle $H K B$, fust comme 3 à 2; supposant que c'est la proportion de la refraction du verre; ou bien, que le sinus de l'angle $K G L$ eust cette mesme raison au sinus de l'angle $G K Q$, en considerant $K G, G L, K Q$ comme des lignes droites, à cause de leur petitesse. Mais ces sinus sont les lignes $K L$ & $G Q$, en pre-

tenant GK pour rayon du cercle. Donc LK à GQ devoit estre comme 3 à 2; & 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 xQ , 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 paroîssoit quela 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 sur-



passee AD , est à l'excez de DB sur KA , comme 3 à 2. Car on peut demontrer de mesme, en prenant dans la courbe quelqu'autre point, comme G , que l'excez de AG sur AD , scavoit vG , à l'excez de BD sur DG , scavoit DP , est dans cette mesme raison de 3 à 2. Et suivant cette proprieté Mr. Des Cartes a construit ces courbes dans sa Geometrie, & il a facilement reconnu que, dans les cas des rayons paralleles, ces courbes devenoient des Hyperboles, & des Ellipses.

Reve-

Revenons maintenant à nostre maniere , & 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 sphérique, ou faite par quelqu'une des sections Coniques (qui est la restriction avec laquelle DesCartes a proposé ce probleme , laissant la solution à ceux qui viendroient après luy) mais généralement quelconque : c'est-à-dire qui soit faite par la révolution de quelque ligne courbe donnée , à laquelle seulement on s'cache mener des lignes droites tangentes.

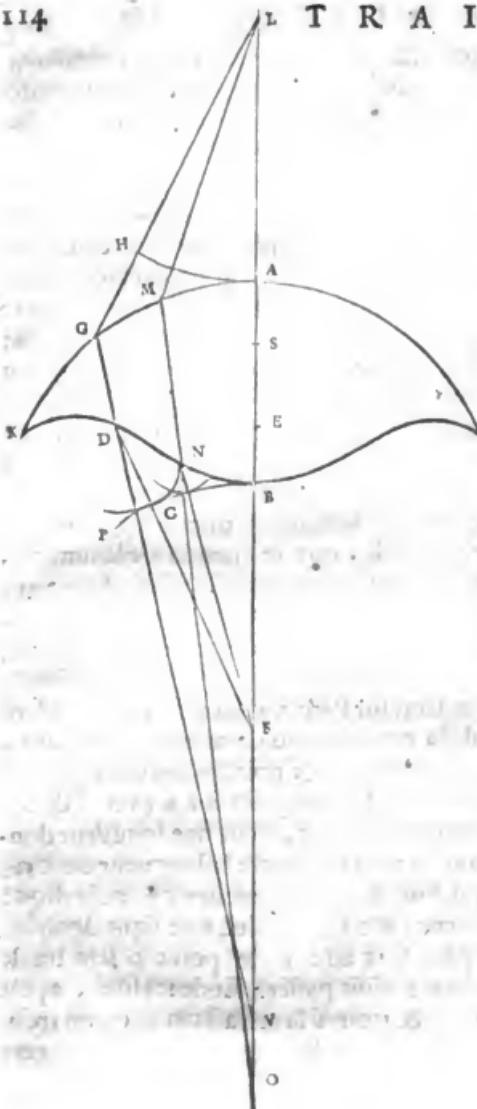
Soit la figure donnée faite par la conversion de quelque telle courbe $A K$ autour de l'axe $A v$, & que ce costé du verre reçoive des rayons venans du point L . Que de plus l'épaisseur $A B$, du milieu du verre , soit donnée , & le point F auquel on veut que les rayons soient tous parfaitement réunis ; quelle qu'ait été la première refraction , faite à la surface $A K$.

Je dis que pour cela il faut seulement que la ligne $B D K$, qui fait l'autre surface , soit telle , que le chemin de la lumiere , depuis le point L jusqu'à la surface $A K$, & de là à la surface $B D K$, & de là au point F , se fasse par tout en des temps égaux , & chacun égal au temps que la lumiere emploie à passer la droite $L F$, de laquelle la partie $A B$ est dans le verre.

Soit $L G$ un rayon tombant sur l'arc $A K$. Sa refraction $G v$ sera donnée par le moyen de la tangente qu'on mènera au point G . Maintenant il faut trouver dans $G v$ le point D , en sorte que $F D$ avec $\frac{1}{2}$ de $D G$ & la droite $G L$, soient égales à $F B$ avec $\frac{1}{2}$ de $B A$ & la droite $A L$; qui comme il paraît , font une longueur donnée. Ou bien , en ostant de part & d'autre la longueur de $L G$, qui est aussi donnée , il faut seulement mener $F D$ sur la droite $v G$, en sorte que $F D$ avec $\frac{1}{2} D G$ soit égale à une ligne donnée ; qui est un problème plan fort aisément résolu : & le point D sera un de ceux par où la courbe $B D K$ doit passer. Et de même , ayant mené un autre rayon $L M$, & trouvé sa refraction $M o$, on trouvera

vera dans cette ligne le point N ; & 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, & du centre F l'arc BP ; & soit dans AB prise AS égale à HG, & SE égale à GD. Considerant donc AH comme une onde de lumière, sortie du point L, il est certain que pendant que son endroit H 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 réfraction 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

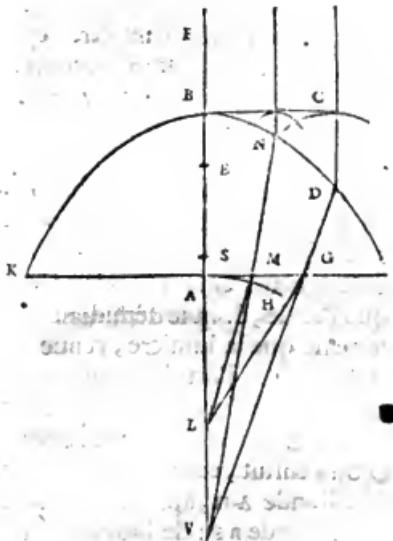


est la refraction du rayon $L G$. Donc dans le temps que cet endroit d'onde est venu de G en D , l'autre qui estoit en S est arrivé en E , puisque $G D$, $S E$ sont égales. Mais pendant que celui-cy avancera de E en B , l'endroit d'onde, qui estoit en D , aura repandu dans l'air son onde particulière, dont le demidiamestre $D C$ (supposant que cette onde coupe en C la droite $D F$) sera $\frac{1}{2}$ de $E B$, puisque la vitesse de la lumiere hors du diaphane est à celle de dedans comme 3 à 2. Or il est aisément de montrer que cette onde touchera dans ce point C l'arc $B P$. Car puisque, par la construction, $F D + \frac{1}{2} D G + G L$, sont égales à $F B + \frac{1}{2} B A + A L$; en ostant les égales $L H$, $L A$, il restera $F D + \frac{1}{2} D G + G H$, égales à $F B + \frac{1}{2} B A$. Et Derechef, ostant d'un costé $G H$, & de l'autre costé $\frac{1}{2} A S$, qui sont égales, il restera $F D$ avec $\frac{1}{2} G$, égale à $F B$ avec $\frac{1}{2} B S$. mais $\frac{1}{2}$ de $D G$ sont égales à $\frac{1}{2}$ de $E S$; donc $F D$ est égale à $F B$ avec $\frac{1}{2}$ de $B E$. Mais $D C$ estoit égale à $\frac{1}{2}$ de $E B$; donc ostant de costé & d'autre ces longueurs égales, restera $C F$ égale à $F B$; & ainsi il paroît que l'onde, dont le demidiamestre est $D C$, touche l'arc $B P$ au moment que la lumiere, venue du point L , est arrivée en B par la droite $L B$. On démonstrera de même, que dans ce même moment, la lumiere, venue par tout autre rayon, comme $L M$, $M N$, aura repandu du mouvement qui est terminé par l'arc $B P$. D'où s'ensuit, comme il a été dit souvent, que la propagation de l'onde $A H$, après avoir passé l'épaisseur du verre, sera l'onde sphérique $B P$: 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 démontrer. On trouvera de même ces lignes courbes dans tous les cas que l'on peut proposer, comme on verra assez par un ou deux exemples que j'ajouteray.

Soit donnée la surface du verre AK , faite par la révolution de la ligne $A K$, courbe ou droite, autour de l'axe $B A$. Soit aussi donné dans l'axe le point L , & $B A$ l'épaisseur du verre; & qu'il faille

faille trouver l'autre surface K D B, qui recevant des rayons parallèles à B A les divise en sorte, qu'après estre derechef rompus à la surface donnée A K, ils s'assemblent tous au point L.

Soit du point L menée, à quelque point de la ligne donnée A K, la droite L G; qui étant considérée comme un rayon de lumière, on trouvera sa réfraction G D, qui d'un costé ou d'autre rencontrera, étant prolongée, la droite B L, comme icy en v. Soit ensuite érigée sur A B la perpendiculaire B C, qui représentera une onde de lumière venant du point F infiniment distant, parce que nous avons supposé des rayons parallèles. Il faut donc que toutes les parties de cette onde B C arrivent en même temps au point L; ou bien que toutes les parties d'une onde, émanée du point L, arrivent en même temps à la droite B C. Et pour cela il faut trouver, dans la ligne V G D, le point D, en sorte qu'ayant mené D C parallèle à A B, la somme de C D & ; de D G & GL soit égale à ; A B avec A L; ou bien, en ostant d'un costé & d'autre G L qui est donnée, il faut que C D avec ; de D G soit égale à une ligne donnée: qui est un problème encore plus aisè que celuy de la construction précédente. Le point D, ainsi trouvé, sera un de ceux par où la courbe doit passer; & la démonstration

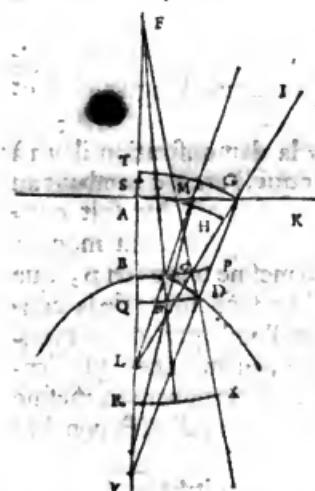


Digitized by Google

tion sera la même qu'auparavant. Par laquelle on prouvera que les ondes, qui viennent du point L , après avoir passé le verre $A K B$, prendront la forme de lignes droites, comme $B C$; qui est la même chose que de dire que les rayons deviennent parallèles. D'où s'ensuit reciprocement, que, tombant parallèles sur la surface $K D B$, ils l'assembleront au point L .

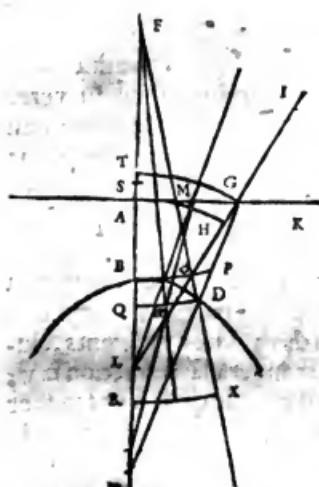
Soit encore donnée la surface $A K$, telle qu'on voudra, faite par révolution sur l'axe $A B$; & l'épaisseur du milieu du verre $A B$. Soit aussi donné dans l'axe le point L derrière le verre, auquel point on suppose que tendent les rayons qui tombent sur la surface $A K$; & qu'il faille trouver la surface $B D$, 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 $A K$, & menant la droite $I G L$, sa partie $G I$ représentera un des rayons incidents, duquel se trouvera la refraction $G V$, & c'est dans elle qu'il faut trouver le point v , un de ceux par où la courbe $D B$ doit passer. Posons qu'il soit trouvé, & d'un centre L soit décrit l'arc de cercle $E T$, couplant la droite $A B$ en T , en cas que $L E$ soit plus grande que $T A$; car autrement il faut décrire du même centre l'arc $A H$, qui coupe la droite $L E$ en H . Cet arc $E T$, (ou dans l'autre cas $A H$) représentera une onde de la lumière incidente, dont les rayons tendent vers L . Pareillement du centre F soit dé-



crit l'arc de cercle $D Q$, 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 ; & pour cela je vois que le temps de la lumière par GD au dedans du verre, doit être égal à celui par ces trois $TA, AB, \& BQ$, dont la seule AB est aussi dans le verre. Ou bien,



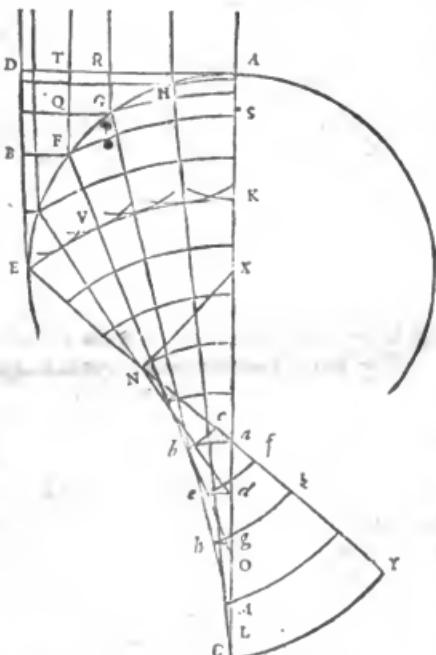
ayant pris AS égale à $\frac{1}{2}AT$, je vois que $\frac{1}{2}GD$ doivent être égales à $\frac{1}{2}SB + BQ$; & en ôtant l'un & l'autre de FD ou FQ , que FD moins $\frac{1}{2}GD$, doit être égale à FB moins $\frac{1}{2}SB$. Laquelle dernière différence est une longueur donnée: & il ne faut que, du point donné F , mener la droite FD sur VG , en sorte que cela se trouve ainsi. Qui est un problème tout semblable à ce-luy qui sert à la première de ces constructions, où $FD + \frac{1}{2}GD$ devoit 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 ; & après qu'on aura montré que l'endroit G de l'onde GT arrive en même 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 , & qu'ainsi cet arc terminera en même 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

se notable touchant la refraction inordonnée des surfaces sphériques, planes, & autres ; laquelle, étant ignoré, pourroit causer quelque doute touchant ce que nous avons dit plusieurs fois, que les rayons de lumiere sont des lignes droites, qui coupent les ondes, qui s'en repandent, à angles droits. Car les rayons qui tombent parallèles, par exemple, sur une surface sphérique APE, s'entre coupant, apres leur refraction, en des points différents, comme represente cette figure ; quelles pourront

estre les ondes de lumiere dans ce diaphane, qui soient coupées à angles droits par les rayons convergents ? car elles ne seraient pas sphériques ; & que deviendront ces ondes apres que lesdits rayons commencent à s'entre couper ? L'on verra, dans la solution de cette difficulté, qu'il se passe en ceci quelque chose de fort remarquable, & que les ondes ne laissent pas de subsister toujours ; quoy qu'elles ne passent pas entieres, comme à travers les verres composez, dont nous



venons de voir la construction.

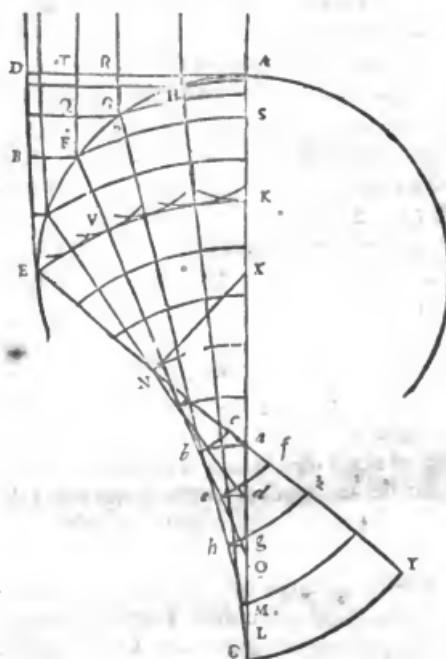
Se-

Selos ce qui a esté montré cy dessus , la droite A D , qui du sommet de la sphère est menée perpendiculaire à son axe auquel les rayons viennent parallèles , représente l'onde de lumière ; & dans le temps que son endroit D sera parvenu à la surface sphérique A G E en E , ses autres parties auront rencontré la même surface en F, G, H &c. & auront encore formé des ondes sphériques particulières , dont ces points sont les centres. Et la surface E K , que toutes ces ondes toucheront , sera la propagation de l'onde A D dans la sphère , au moment que l'endroit D est venu en E. Or la ligne E K n'est pas un arc de cercle , mais c'est une ligne courbe faite par l'Evolution d'une autre courbe E N C , qui touche tous les rayons H L , G M , F O , &c. qui sont les refractions des rayons parallèles ; en imaginant qu'il y ait un fil couché sur la convexité E N C , qui se développant décrit , avec le bout E , ladite courbe E K . Car supposant que cette courbe est ainsi décrite , nous démontrerons que les dites ondes formées des centres F , G , H , &c. la toucheront toutes.

Il est certain que la courbe E K , & toutes les autres , décrites par l'évolution de la courbe E N C , avec des différentes longueurs du fil , couperont tous les rayons H L , G M , F O &c. à angles droits , & en sorte que leurs parties , interceptées entre deux telles courbes , seront toutes égales , car cela s'ensuit de ce qui a été démontré dans nostre traité de *Motu Pendulorum*. Or imaginant les rayons incidents comme infiniment proches les uns des autres , si l'on en considère deux , comme R G , T F , & qu'on mène G Q perpendiculaire sur R G , & que la courbe F S , qui coupe G M en P , soit décrite par l'évolution de la courbe N C , en commençant par P , jusqu'où je suppose que le fil s'étende ; on peut prendre sa partie F P pour une droite perpendiculaire sur le rayon G M , & de même l'arc G F comme une ligne droite. Mais G M étant la refraction du rayon R G , & P étant perpendiculaire sur elle , il faut que Q P soit à G P comme

comme 3 à 2 , c'est-à-dire dans la proportion de la refraction ; comme il a été montré cy dessus en expliquant l'invention de Des Cartes. Et la même chose arrive dans tous les petits arcs $G\ H$, $H\ A$, &c. Scavoir que , dans les quadrilateres qui les entourent, le côté parallèle 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 $T\ R\ A\ S$, & $D\ E\ A\ K$, & $B\ E\ A\ S\ K$ ou $D\ V$, en supposant que V est l'intersection de la courbe $E\ K$ & du rayon $F\ O$. Mais , faisant $F\ B$ perp. sur $D\ E$, comme 3 à 2 ainsi est encore $B\ E$ au demidiamètre de l'onde sphérique emanée du point F , pendant que la lumière hors du diaphane a passé l'espace $B\ E$; donc il paroît que cette onde coupera le



rayon $F\ M$ au même point V , où il est coupé à angles droits par la courbe $E\ K$, & que partant l'onde touche-
ra cette courbe. L'on prouvera de la même maniere qu'il en
est ainsi de toutes les autres ondes fusées , nées des points G ,
 H , &c. Scavoir qu'elles toucheront la courbe $E\ K$, dans le mo-

Q

ment

ment que l'endroit D de l'onde E sera parvenu en E .

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

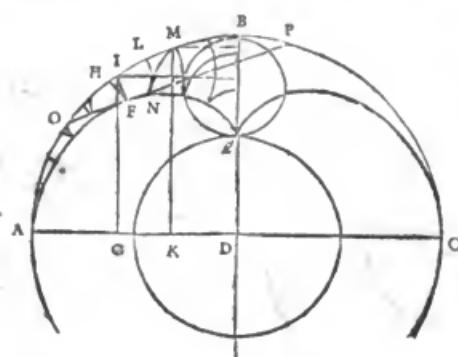
Il y a mesme, dans cette courbe icy, une partie EN qui est droite, étant N le point où tombe la perpendiculaire du centre de la sphère x , sur la refraction du rayon DE , que je suppose maintenant qu'il touche la sphère. Et c'est depuis le point N , que commence le repli des ondes de lumiere, jusqu'à 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, quoiqu'à autre fin. Et il est à remarquer qu'on peut donner une ligne droite égale à cette courbe. Car puis qu'ensemble 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 paroit 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

d'un miroir concave sphérique. Soit ABC la section par l'axe d'un hemisphère creux, dont le centre est D, l'axe DB, auquel je suppose que les rayons de lumiere viennent parallèles.

Toutes les reflextions 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'hemisphère, c'est-à-dire au point qui divise le demidiame-tre BD en deux parties égales : & les points, par où cette



courbe doit passer, se trouvent en prenant depuis A quelque arc AO, & lui faisant double l'arc OP; dont il faut diviser la sou- teneinte 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 font que les perpendicu- laires des ondes qui tombent sur la surface concave, lesquelles ondes font paralleles à AD, l'on trouvera qu'à mesure qu'elles viennent rencontrer la surface AB, elles forment, en se reflechis- sant, des ondes repliées, composées de deux courbes qui naïf- sent 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 AF, FE, nées des evoluti- ons des courbes FA, FE, commencées toutes deux par F, qui feront ensemble la propagation de la partie AG. & un peu a- près, quand la partie AX aura rencontré la surface AM, estant

l'endroit x en M , alors les courbes $L N$, $N M$ feront ensemble la propagation de cette partie. Et ainsi cette onde repliée avan-

cera toujours, jus-
qu'à ce que la pointe
 N soit parvenue au
foyer E . La courbe
 $A F E$ se voit dans la
fumée, ou dans la
poussière qui vole,
lorsqu'un miroir con-
cave est opposé au
soleil; & il faut sça-
voir qu'elle n'est au-
tre chose, que celle
qui se decrit par le
point E de la circon-

ference du cercle $E B$, lorsqu'on fait rouler ce cercle sur un autre dont le demi-diamètre est $E D$, & le centre D . De sorte que c'est une maniere de Cycloide, mais de laquelle les points se peuvent trouver geometriquement.

Sa longueur est égale précisément aux $\frac{1}{4}$ du diamètre de la sphère : ce qui se trouve, & se démontre par le moyen de ces ondes, à peu près de même que la mesure de la courbe précédente : quoiqu'il se pourroit encore démontrer par d'autres manières, que je laisse, parce que cela est hors du sujet. L'espace $A O B E F A$, compris de l'arc du quart de cercle, de la droite $B E$, & de la courbe $E F A$, est égal à la quatrième partie du quart de cercle $D A B$.

F I N.

D I S C O V R S
DE LA CAVSE
DE LA
PESANTEVR.

Par C. H. D. Z.



A L E I D E ,
Chez PIERRE vANDER AA, Marchand Libraire.
M D C X C.



P R E F A C E.

La Nature agit par des voies si secrètes & 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 scauroient rien decouvrir. C'est ce qui a obligé les Philosophes des siecles passéz à ne chercher la cause de cet admirable effet, que dans les corps mesmes, & de l'attribuer à quelque qualité interne & inherente, qui les faisoit tendre en bas & 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 & 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 & à ceux de sa Secte, qui ayant entrepris de rendre raison de tout par les Atomes, en ont excepté la seule Pesanteur; qu'ils ont attachée aux

aux corps terrestres , & aux Atomes mesmes, sans s'enquerir d'où elle leur pouvoit venir. Parmi les autheurs & restaurateurs modernes de la Philosophie , plusieurs ont bien jugé qu'il faloit etablir quelque chose au dehors des corps , pour causer les attractions & 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 & pesant , qui en pressant les corps les fist descendre ; (car c'est supposer desja une pesanteur , & il est si fort contre les loix de la Mechanique de vouloir qu'une matiere liquide & pesante preesse en bas les corps qu'elle environne , qu'au contraire elle devroit les faire monter , estant supposez sans aucun poids en eux mesmes , tout ainsi que l'eau fait monter une phiole vuide qu'on y enfonce :) les autres à des esprits & 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.

M^r. Des Cartes à mieux reconnu que ceux qui l'ont precedé ; 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 , & de leurs mouvements. Mais comme la plus grande difficulté

té 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 , celuy de la Pesanteur. On en jugera par les remarques que je fais en quelques endroits sur ce qu'il en a écrit ; auxquelles j'en aurois pu joindre d'autres. Et cependant j'avoue que ses essais , & ses vues , quoique fausses , ont servi à m'ouvrir le chemin à ce que j'ay trouvé sur ce mesme sujet.

Je ne le donne pas comme étant 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 véritable , il y a peu d'esperance qu'on la puisse rencontrer , en demeurant dans les limites de la vraye & faine Philosophie.

Au reste , ce que j'apporte ici , entant qu'il ne regarde que la cause de la Pesanteur , ne paroitra pas nouveau à ceux qui auront lu le Traité de Physique de M^r. Rohault ; parce que ma Theorie y est rapportée presque entiere. Car ce Philosophe ayant vu mon Experiance de l'eau tournante , & ayant entendu l'application que j'en faisois , (ainsi qu'il le

reconnoit avec ingénuité,) 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, & les siennes propres, & qu'il omet plusieurs choses qui appartiennent à cette matière, dont il y en a qu'il ne pouvoit pas l'çavoir, 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, & 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 adjouté plusieurs années apres: & en suite encore l'Addition, à l'occasion qu'on y trouvera indiquée au commencement.

T A.

T A B L E
D E S M A T I E R E S
Traitées dans ce Discours.

<i>Que mon Explication de la Pesanteur diffère de celle de Mr. Des Cartes.</i>	<i>p. 130.</i>
<i>La force Centrifuge comparée à celle de la Pesanteur.</i>	<i>p. 130.</i>
<i>Comment elle peut servir à causer la Pesanteur.</i>	<i>p. 131.</i>
<i>Expérience qui représente l'effet de la Pesanteur.</i>	<i>p. 132.</i>
<i>Expérience de Mr. Des Cartes pour la même fin.</i>	<i>p. 133.</i>
<i>Hypothèse pour expliquer la Pesanteur.</i>	<i>p. 135.</i>
<i>Sa définition.</i>	<i>p. 137.</i>
<i>Pourquoy on ne s'apperçoit pas du mouvement de la matière qui cause la Pesanteur.</i>	<i>p. 137.</i>
<i>Qu'il y a encore d'autres matières qui remplissent les espaces de l'air.</i>	<i>p. 137.</i>
<i>Que la matière, qui cause la Pesanteur, passe par les pores de tous les corps que nous connoisissons.</i>	<i>p. 139.</i>
<i>Ce qui fait la différence Pesanteur des corps.</i>	<i>p. 139.</i>
<i>Que les Pesanteurs des corps gardent la même proportion que les quantités de matière qui les composent.</i>	<i>p. 140.</i>
<i>Refutation de l'opinion contraire de Mr. Des Cartes.</i>	<i>p. 140.</i>
<i>Quelle est la vitesse de la matière qui cause la Pesanteur sur la Terre.</i>	<i>p. 142.</i>
<i>Que la rapidité de cette matière fera à rendre raison de plusieurs autres effets naturels.</i>	<i>p. 144.</i>
<i>Que la même rapidité est cause de l'acceleration continue des corps qui tombent.</i>	<i>p. 144.</i>
<i>Et de ce que leurs vitesses croissent dans la proportion des temps.</i>	<i>p. 144.</i>
<i>De l'observation du raccourcissement du Pendule à Secondes près de la Ligne Equinoctiale.</i>	<i>p. 145.</i>
<i>Quelle est la raison de cet effet.</i>	<i>p. 145.</i>
<i>De combien les Horloges à pendule retardent en allant vers la Ligne Equinoctiale, et comment on peut calculer ces retardements.</i>	<i>p. 149. (p. 150.)</i>
<i>Que la Ligne du Plomb ne tend pas au centre de la Terre.</i>	<i>p. 151.</i>
<i>Que la Terre n'est pas sphérique.</i>	<i>p. 152.</i>
<i>Expérience des Horloges à pendule pour trouver les Longitudes sur mer.</i>	<i>p. 153.</i>
<i>Moyen de determiner quelle est la figure de la Terre.</i>	<i>p. 154.</i>
<i>Quelle pourrait être cette figure, si la Terre tournoit beaucoup plus vite.</i>	<i>p. 157.</i>
<i>Considerations sur le Système de Mr. NEWTON.</i>	<i>p. 169.</i>
	<i>Inco-</i>

TABLE DES MATIERES, &c.

<i>Inconvénients des Tourbillons de Mr. Des Cartes.</i>	p. 161.
<i>Si la matière céleste doit être rare.</i>	p. 161.
<i>Comment sa densité n'empêche point que les corps ne soient pesants.</i>	p. 163.
<i>Considération sur l'extension de la Lumière en ligne droite.</i>	p. 164.
<i>Remarque sur la Lune, qui confirme la diminution de la pesanteur, en raison contrai- re des quarrez des distances du centre de la Terre.</i>	p. 165.
<i>S'il n'en doit pas arriver une seconde irrégularité aux Horloges à pendule.</i>	p. 166.
<i>De la Pesanteur dans les Planètes de Saturne & Jupiter, & à la surface du Soleil.</i>	p. 167.
<i>Conjecture touchant la cause de la forte Lumière du Soleil.</i>	p. 168.
<i>Du mouvement des corps pesants qui tombent, ou qui sont jetés, dans un milieu qui re- siste.</i>	p. 168. & suivantes.
<i>Propriétés remarquables de la Ligne Logarithmique.</i>	p. 176.

DIS-



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 qualite ni aucune inclination à s'approcher les uns des autres , mais seulement des differentes grandeurs , figures , & mouvements ; comment , disje il se peut faire que plusieurs pourtant de ces corps tendent directement vers un mesme centre , & s'y tiennent assemblez à l'entour ; qui est le plus ordinaire & le principal phenomene de ce que nous appelons pesanteur .

La simplicité des principes que j'admet , 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 une effort , ou une inclination au mouvement , doit vraisemblablement estre produite par un mouvement . De sorte qu'il ne reste qu'à chercher de quelle manière il peut agir , & dans quels corps il se peut rencontrer .

S

3. A

A regarder simplement les corps , sans cette qualité qu'on appelle pesanteur , leur mouvement est naturellement ou droit ou circulaire. Le premier leur apartenant lors qu'ils se meuvent sans empeschement : l'autre qnand ils sont retenus autour de quelque centre , ou qu'ils tournent sur leur centre mesme. Nous connoissons aucunement la nature du mouvement droit , & les loix que gardent les corps dans la communication de leurs mouvements , lorsqu'ils se rencontrent. Mais tant que l'on ne considere que cette sorte de mouvement , & les reflexions qui en arrivent entre les parties de la matiere , on ne trouve rien qui les determine à tendre vers un centre . Il faut donc venir necefiairement aux proprietez du mouvement circulaire , & voir s'il y en a quelqu'une qui nous puisse servir.

Je scay que Mr. Des Cartes a aussi tasché dans sa Physique d'expliquer la pesanteur par le mouvement de certaine matiere qui tourne autour de la Terre ; & 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 maniere est differente de celle que je vais proposer , & aussi en quoy elle m'a semblé defectueuse.

Il a consideré , comme moy , l'effort que font les corps , qui tournent circulairement , à s'eloigner du centre ; dont l'experience ne nous permet pas de douter. Car en tournant une pierre dans une fronde , l'on sent qu'elle nous tire la main , & cela d'autant plus fort que l'on tourne plus vite ; jufques là mesme que la corde peut venir à se casser. J'ay fait voir ey devant cette mesme proprieté du mouvement circulaire , en attachant des corps pesants sur une table ronde , percée au centre , & qui tournoit sur un pivot , & j'ay trouvé la determination de sa force , & 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

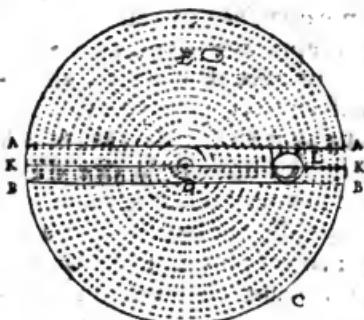
corde etendue horizontalement , s'il va avec la vitesse qu'il pourroit acquerir par sa chute , en tombant d'une hauteur égale à la moitié de la mesme corde , c'est-à-dire au quart du diamètre de la circonference qu'il decrit , elle sera tirée justement avec autant de force que si elle soutenoit le mesme corps suspendu en l'air .

L'effort à s'éloigner du centre est donc un effet constant du mouvement circulaire . & quoique cet effet semble directement opposé à celuy de la gravité , & que l'on ait objecté à Copernic que , par le tournoiement de la terre en 24 heures , les maisons & 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 o il tourne de la matière fluide contenue dans l'espace A B C , 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 o ; mais sans aucun effet , puis que celles , qui devroient succéder en leur place , ont la même inclination à s'éloigner de ce centre . Mais si parmy les parties de cette matière il y en avoit quelqu'une , comme e , qui ne suivist pas le mouvement circulaire des au-

tres , ou qui allast moins vite que celles qui l'environnent ; je dis qu'elle sera poussée vers le centre . parce que ne faisant

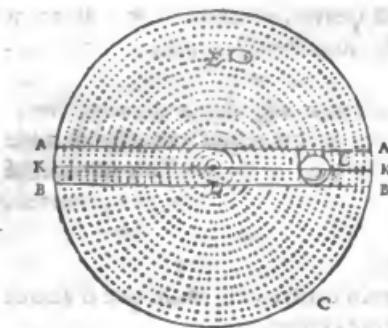


point d'effort pour s'en eloigner , ou en faisant moins que les parties prochaines, elle cedera à l'effort de celles qui seroient moins

eloignées du centre D , & leur fera place en s'approchant vers ce centre , puisqu'elle ne le fçauroit faire autrement.

L'on peut voir cet effet par une experiance que j'ay faite expres pour cela , qui merite bien d'estre remarquée , parce qu'elle fait voir à l'œil une image de la pesanteur. Je pris un vaisseau cylindrique , d'environ

8 ou 10 pouces de diametre , & dont le fond estoit blanc & uni. sa hauteur n'avoit que la moitié ou le tiers de sa largeur. L'ayant rempli d'eau , j'y jetay de la cire d'Espagne concassée , qui , estant tant soit peu plus pesante que l'eau , va au fond ; & en suite je le couvris d'un verre , appliqué immediatement sur l'eau , que j'attachay tout autour avec du ciment , afin que rien ne pust echaper. Estant ainsi ajusté , je plaçay ce vaisseau au milieu de la table ronde , dont j'ay parlé peu devant ; & la faisant tourner , je vis aussi tost que les brins de la cire d'Espagne , qui touchoient au fond , & 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'eloigner 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 ; & alors à l'instant toute la cire d'Espagne s'enfuit au centre en un monceau , qui me representa l'effet de la



la pesanteur. Et la raison de cecy estoit que l'eau, non-obstant le repos du vaisseau, continuoit encore son mouvement circulaire, & 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 arresté. Je remarquay aussi que cette poudre s'alloit rendre au centre par des lignes Spirales , parce que l'eau l'entrainoit. encore quelque peu. Mais si l'on ajoute,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 i est une petite boule , qui puisse rouler librement sur le fond , entre les filets A A , B B & un troisième un peu plus élevé K K , tendus horizontalement par le milieu du vaisseau ; l'on verra qu'aussi tost que le mouvement du vaisseau sera arresté , 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 mesme pesanteur que l'eau , & que la chose en succedera encore mieux ; de sorte que , sans aucune difference de pesanteur des corps qui sont dans le vaisseau , le seul mouvement en produit icy l'effet.

L'experience que Mr. Des Cartes propose , dans une de ses lettres imprimées , differe beaucoup de cellescy . car il remplit le vaisseau A B C de menuë dragée de plomb , entre-meslée de quelques pieces de bois , ou d'autre matiere plus legere que le plomb : & 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 separatiō de ces deux matieres. Mais ce qui arrive icy n'est nullement propre à representer l'effet de la pesanteur; puis qu'on devroit conclure de cette experience, 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 jettter , dans de l'eau tournante , de petits morceaux de bois , & 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 , & 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 effet semblable à celui de la pesanteur , & dont la cause est connue , il reste à voir si l'on peut supposer qu'il arrive quelque chose de pareil à l'égard de la Terre , cet à dire qu'il y ait quelque mouvement de matière qui contraigne les corps à tendre au centre , & qui s'accorde en même temps à tous les autres phénomènes de la pesanteur .

Supposant le mouvement journalier de la Terre , & que l'air & l'ether qui l'environnent aient ce même mouvement , il n'y a encore rien en cela qui doive produire la pesanteur : puisque , suivant l'expérience peu devant rapportée , les corps terrestres ne devroient point suivre ce mouvement circulaire de la matière céleste , mais être à son égard comme en repos , s'il faloit qu'ils fussent poussés par elle vers le centre .

Que si l'on vouloit que la matière céleste tourne du même côté que la Terre , mais avec beaucoup plus de vitesse , il s'en-suivroit que ce mouvement rapide , d'une matière qui se mouvroit continuellement & toute d'un même côté , se feroit sentir , & qu'elle emporteroit avec elle les corps qui sont sur la Terre ; de même que l'eau emporte la cire d'Espagne dans notre expérience ; 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

mê-

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 & les corps qui sont au tour d'elle jusqu'à une grande estendue , il y a une matiere fluide qui consiste en des parties tres petites , & 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 reflechissant , (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 effet 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 , & si viste que l'oeil a de la peine à s'en appercevoir . Il arrive encore la mesme chose à une goute de suif de chandelle , lors que la tenant suspendue à la pointe des mouchettes , on l'approche de la flame ; car elle se met à tourner avec une tres grande vitesse .

Il est vray que d'ordinaire cette goute tourne toute d'un

costé ou d'autre ; selon que la flame 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 tou jours , 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 celuy des autres , pour faire que toute la masse tournaist 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 & empêcher souvent ; la grande mobilité toute fois de la matiere , aydee par la petitesse de ses parties , qui surpassé 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 les parties sont capables ; & il faut se figurer la liquidité de la matiere celeste incomparablement plus grande que celle q'il nous remarquons dans l'eau ; qui étant 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 . & 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 & 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 parmy 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, & que ces corps ne suivent pas le mouvement rapide de ladite matiere, ils feront necessairement pousser vers le centre du mouvement, & 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 rapportée 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, & à pousser en sa place les corps qui ne suivent pas ce mouvement.

Or la raison pourquoi des corps pesants, que nous voions descendre dans l'air, ne suivent pas le mouvement sphérique 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 succèdent 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 poussiere qui voltigent dans l'air, ne soient point chasséz ça & 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, & mesme ceux des

cieux, lesquelles particules quoique differemment agitées & reflechies entre elles, ne suivent pas le mouvement soudain de la matiere liquide ; parce qu'estant contigües, ou peu distantes les unes des autres , une trop grande quantité devroit se mouvoir à la fois. L'on fçait qu'il y a autour de la Terre premièrement 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 celles de l'air , mais plus grossieres que celles de cette matiere fluide : ce qui se prouve par nostre experiance , qu'on fait avec la Machine qui vuidre 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 : & qu'elle y fait couler l'eau d'un siphon recourbé, de mesme que dans l'air : pourvu quel l'eau , dans ces experiances , ait été 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 & invisible, son^{nt} plus petites que celles de l'air , puisqu'ellés passent à travers le verre qui exclut l'air , & 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 degréz de tenuïté , quoique 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 étranges ces differents degréz
de

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 , & cettuicy encore à un autre , & 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 toujours 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 , & 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 pescroit autant qu'un corps massif de verre de la mesme grandeur ; & que tous les corps solides d'égal volume pescroient également ; puisque selon nostre Theorie , la pesanteur de chaque corps est réglée par la quantité de la matiere fluide qui doit monter en sa place.

Cette matiere passe donc facilement dans les interstices des particules dont les corps sont composez , mais non pas par les particules mesmes ; & ce qui cause les diverses pesanteurs , par exemple , des pierres , des metaux &c. 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 matiere fluide peut monter. Mais parce qu'on pourroit douter , si ces particules , estant impenetrables à la dite matiere , sont pour cela entièrement solides : (car ne l'estant pas , ou me-

DISCOURS DE LA CAUSE

me estant vuides , elles devroient faire le mesme effet , par la raison que je viens de dire) je demontreray qu'elles ont cette parfaite solidité ; & que par consequent la pesanteur des corps fuit precisement la proportion de la matiere , 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 mis 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 , & 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 , felon qu'ils seront durs ou mols . Mais l'experience fait voir que toutes les fois que deux corps reflechissent ainsi également ou s'arrêtent l'un l'autre , estant venus à se rencontrer avec d'égales vitesses , ces corps font d'égale pesanteur : donc il s'ensuit que ceux , qui sont composés d'égale quantité de matière , sont aussi d'égale pesanteur . ce qu'il faloit démontrer .

Monf. 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 , & 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

travant. Car si le mouvement de cette matiere est empêché par la Terre , elle ne penetrera non plus librement les corps des metaux ni celuy du verre. D'où il s'ensuivroit que du plomb enfermé dans une phiole perdroit 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 experiance qu'il en perde quoy que ce soit.

Quant à l'autre point , Mr. 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 adjouter) un poids égal à l'un & l'autre , à raison de l'air dans lequel on les pese : & puis parce que l'eau & les autres liquides ont quelque legereté à l'égard des corps durs , d'autant que les parties des premiers sont en un mouvement continuell.

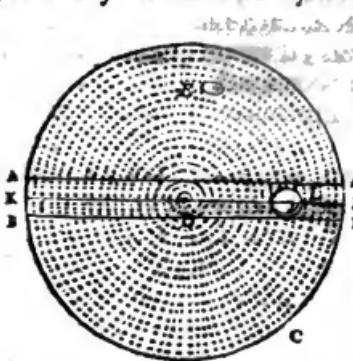
Mais on peut respondre à la premiere de ces deux raisons ; que la pesanteur de l'air autour de nous , n'estant à celle de leau qu'environ comme 1 à 800 , ce ne sera pas un poids considerable qu'il faudra adjouter également à celuy de l'eau & de l'or , trouvé par la balance. Et pour l'autre raison , si elle estoit bonne , il faudroit qu'une mesme portion d'eau , apres estre gelée pesast bien d'avantage qu'estant liquide ; & de mesme les metaux en masse , plus que quand ils sont fondus ; ce qui est contre l'experiance. 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'écartier 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

142 DISCOURS DE LA CAUSE

au contraire que les parties des liqueurs se meuvent en tous sens indifferemment.

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 & 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, & 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, & 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 plumb, (j'entens de la grandeur que font ses par-

ties solides) pese du costé d'en haut pour s'éloigner du centre, par la vertu de son mouvement circulaire. Or la matiere du plumb & la matiere fluide ne different en rien selon nostre hypothese. On peut donc dire que la livre de plumb

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 sa 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 aisè par la propriété connue des pendules , & par la longueur de celiuy qui bat les Secondes , qui est de 3 pieds 8 lignes , mesure de Paris . Et je trouve qu'il faudroit pour ces deux vibrations 1 heure 24 minutes ; en supposant , suivant l'exacte dimension de Mr. Picard , le demidiametre de la Terre de 196 5800 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 minutes . Laquelle vitesse est , à fort peu pres , 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 & celiuy d'une heure 24 minutes , qui est tres pres comme de 17 à 1 .

Je scay 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 ; & mesme , par rapport à sa sphere , ou à la grandeur de la Terre , elle ne paroira point extraordinaire . Car si , par exemple , en regardant un Globe Terrestre , de ceux qu'on fait pour l'usage de la Géographie ,

phie , on s' imagine sur ce globe un point qui n'avance que d'un degré en 14 Secondes ou battemens de pouz , qui est la vitesse de la matière que je viens de dire ; on trouvera ce mouvement très mediocre , & même il pourra sembler estre lent.

Il y a au reste plusieurs effets naturels qui semblent demander une matière extrêmement agitée , & qui penetrent 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 même , ni de celuy qui en aproche la mesche ; & par consequent il faut qu'il viene de quelque autre matière qui ait ce mouvement , & 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 & 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 Gelee ne paroit pas non plus concevable , si on n'a recours à une impulsion violente de quelque matière , 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 vu crever des canons de mousquet , dans lesquels l'eau avoit été enfermée .

Mais pour revenir à la Pesanteur ; l'extrême vitesse de la matière qui la cause , sert encore à expliquer comment les corps pesants , en tombant , accelererent toujours leur mouvement , quand même ils l'ont desja acquis à un fort grand degré de vitesse . Car celuy de la matière fluide , surpassant encore de beaucoup la celerité d'un boulet de canon , par exemple , qui retombe de l'air , après y avoir été tiré perpendiculairement ; ce boulet , jusqu'à la fin de sa chute , ressent à fort peu près la même pression

pression de cette matière, & partant sa celerité en est continuellement augmentée. Au lieu que, si la matière n'avoit qu'un mouvement mediocre, la balle apres en avoir acquis autant, n'accelereroit plus sa chute, par ce qu'autrement elle seroit obligée de pousser cette même matière, à succéder 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 démontrer la proportion de l'acceleration des corps qui tombent ; qui est que leur vitesse s'augmente également en des temps égaux. Car les corps étant poussés successivement par les parties de la matière qui tache de monter en leur place, & qui, comme on vient de voir, agissent continuellement sur eux avec la même force, du moins dans les chutes qui tombent sous nostre expérience ; c'en est une suite nécessaire que l'accroissement des vitesses soit proportionnel à celuy des temps.

Ainsi donc j'ay expliqué, par une Hypothèse qui n'a rien d'impossible, pourquoi les corps terrestres tendent au centre ; pourquoi l'action de la gravité ne peut être empêchée par l'interposition d'aucun corps de ceux que nous connaissons ; pourquoi les parties de dedans de chaque corps contribuent toutes à sa pesanteur ; & pourquoi en fin les corps en tombant augmentent continuellement leur vitesse, & cela dans la raison des temps. Qui sont les proprietez de la pesanteur qu'on auroit remarquées jusqu'à présent.

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

L'on assure d'avoir trouvé dans la Caiene, qui est un pays

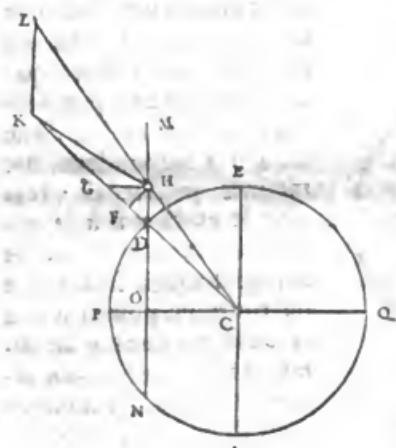
dans l'Amerique , eloigné seulement de 4 ou 5 degrés de l'Equateur , qu'un Pendule qui bat les Secondes , y est plus court qu'à Paris d'une ligne & un quart. d'où sensuit que , si on prend des pendules d'égale longueur , celuy de la Caiene fait des allées un peu plus lentes que celuy de Paris. La vérité du fait étant posée , on ne peut douter que ce ne soit une marque assurée de ce que les corps pesans descendent plus lentement en ce pays là qu'en France. Et comme cette diversité ne s'avoit estre attribuée à la tenuïté de l'air , qui est plus grande dans la zone Torride ; parce qu'elle devroit causer un effet tout contraire ; je ne vois pas qu'il puisse y avoir d'autre raison , sinon qu'un même corps pese moins sous la ligne que sous des Climats qui s'en éloignent. Je reconnus , aussi tost qu'on nous eust communiqué ce nouveau phénomène , que la cause en pouvoit estre rapportée au mouvement journalier de la Terre : qui étant plus grand en chaque pays , selon qu'il approche plus de la ligne Equinoxiale , doit produire un effort proportionné à rejeter les corps du centre ; & leur oster par là une certaine partie de leur pesanteur. Et il est aisè , par les choses expliquées cy dessus , de sçavoir la quantième partie ce doit estre , dans les corps qui se trouvent placez sous l'Equateur. Car ayant trouvé , comme on a vu , que , si la Terre tournoit 17 fois plus vite 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 entière comme 1 au carré 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 quarrez de leurs vitesses , suivant mon Théorème 3^e. de *Vit 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 Mécanique , que la longueur d'un

d'un Pendule , en cet endroit , doit aussi estre diminuée de $\frac{1}{10}$, 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 la longueur est desia moindre que si la Terre estoit en repos ; parce que le mouvement journalier fait aussi sous ce parallele son effort à eloigner 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 $P A Q E$ y represente la Terre ,

coupée par un plan qui passe par ses deux poles , P , Q : le centre est C : le cercle Equinoctial $E C A$: le parallelle de Paris $D O N$, supposant que Paris est en D . $K H$ represente une corde qui soutient un plomb H , qui s'écarte de la perpendiculaire $K D C$, parce qu'il est rejetté , par le mouvement circulaire , suivant la ligne $O D M$; que je suppose passer par le poids H .

Pour connoître maintenant quelle doit être la situation du fil $K H$, & combien moins le plomb H pese de cette façon , que s'il pendoit perpendiculairement le long

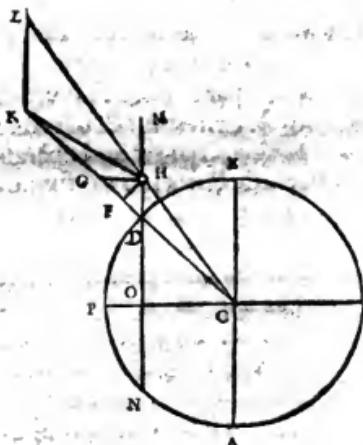


Digitized by Google

long de K D ; il faut considerer le point H comme étant tiré par trois fils , H C , H M , H K . desquels H C le tire vers le centre de la Terre , avec tout le poids que le plomb auroit si la Terre estoit sans mouvement . mais H M le tire de son costé avec la force que donne le mouvement de la Terre dans le cercle D N . & le troisième fil H K tire , ou est tiré , avec une force qui est celle qu'on cherche . Ayant donc prolongé C H , & mené K L parallele à D M ; l'on scâit que les trois costez du triangle H L K sont proportionnels aux puissances qui tirent le point H : le costé L H respondent à celle qui tire par H C ; le costé K L à celle qui tire par

H M ; & le costé H K à la puissance qui tire ou soutient le plomb par le fil H K . Mais le triangle K D H est censé avoir tous ses costez égaux à ceux du triangle H L K , parce que C H L est comme parallele à C D K . Les costez donc de X D H respondent aux mesmes puissances : scâvoir le costé K D à la pesanteur absolue du poids H , qu'il auroit si la Terre ne tournoit point ; D H à la puissance que luy imprime le mouvement journalier ; & K H à la pesanteur

qu'on cherche . Or ce triangle K H D est donné . car puis que nous scâvons que l'effort circulaire , sous l'Equateur en E , est du poids absolu : & puisque cet effort est à celuy en D , ou en H , comme E C à D O , qui sont en raison donnée , nous scâvrons



ions 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 , & de EC à DO. Mais l'angle HDK est aussi connu , estant égal à celuy 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 absolue des corps , à celle qu'ils ont à Paris , & qui est encore celle de la longueur du pendule sur la Terre immobile , à la longueur qu'il doit avoir sous ce Parallelle , suivant ce qui desia a été dit. Et puisque 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 , & quelle est leur difference , & de combien cette difference est moindre que cette $\frac{1}{17}$, que nous avions trouvée sous l'Equateur.

Pour faire cette supputation avec facilité , & sans le calcul des triangles , il faut sçavoir , & nous le proverons à cette heure , que , comme le quarrez du rayon EC est au quarrez de DO , sinus du complement de la Latitude de Paris , ainsi est $\frac{1}{17}$, difference ou racourcissement du pendule sous l'Equateur , à la difference ou racourcissement à Paris. Qui se trouve par la estre $\frac{1}{17}$ 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 $\frac{1}{2}$ lignes . d'où ostant $\frac{1}{17}$, qui fait 1 ligne , on aura la longueur du pendule à Secondes , sous l'Equateur , de 3 pieds 7 $\frac{1}{2}$ lignes . De sorte que ce pendule seroit plus court , que celuy de Paris , de $\frac{1}{2}$ d'une ligne ; qui est un peu moins que ce qui a été trouvé à la Caiene par Mr. Richer , sçavoir une ligne & un quart.

Mais on ne peut pas se fier entierement à ces premières observations , desquelles on ne voit marqué aucune circonstance. Et encore moins , à ce que je crois , à celles qu'on dit avoir

esté faites à la Gadaloupe , où le racourcissement du pendule de Paris auroit esté trouvé de 2 lignes. Il faut espérer qu'avec le temps nous serons informez au juste de ces différentes longueurs , tant sous la ligne qu'en d'autres Climats ; & certainement la chose merite bien d'estre recherchée avec soin , quand ce ne seroit que pour corriger , suivant cette Theorie , les mouvements 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 & 5 secondes en 24 heures , comme il est aisé de supposer suivant le raisonnement précédent : & ainsi à proportion pour chaque différent degré de Latitude . Où l'on trouvera que ces retardemens , entre eux , suivent assez précisément la même proportion que les diminutions de la longueur du pendule : & que le plus grand retardement , tel que seroit celui d'une Horloge sous l'Equateur , lors qu'elle auroit

esté réglée sous le Pole , seroit par jour fort près de 2 minutes. En ayant donc calculé des Tables , on pourroit corriger , par leur moyen , le mouvement des Horloges , & s'en servir avec la même sûreté que si ce mouvement estoit par tout égal.

Pour démontrer ce qui a été posé un peu auparavant , en cher-

cherchant la diminution du Pendule à Paris, (& c'est la même chose dans quelque autre lieu que ce soit) lorsqu'on connoit la quantité de cette diminution sous l'Equateur: soit prise, dans la même figure, KF égale à KH , & soit HG parallèle à l'axe PQ . Il a été 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 celui 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 fera le racourcissement du pendule, qui est requis sous l'Equateur, suivant ce qui a été dit cy devant. Mais FD est le racourcissement à Paris; & GD est à DF comme le carré de GD au carré de DH ; parce que la petitesse de l'angle DKH , fait que HF peut être considérée comme perpendiculaire à GD . Le racourcissement donc sous l'Equateur, à ce-luy qui convient à Paris, est comme le carré de GD au carré de DH ; c'est-à-dire comme le carré de CD , ou de EC , au carré de DO . ce qu'il falloit démontrer.

Il reste à considérer l'angle HKD , dans la même figure; qui marque de combien le plomb KH , étant en repos, décline de la perpendiculaire KD . Où je trouve que, sous le Parallèle de Paris, cet angle est de 5 minutes 54 secondes; & qu'il doit être encore un peu plus grand au 45^e degré de Latitude.

Cette declinaison est bien contraire à ce qu'on a supposé, de tout temps, comme une vérité très certaine; scavoir que la corde, qui tient un plomb suspendu, tend directement au centre de la Terre. Et cet angle, d'une dixième de degré, est assez considérable, pour faire croire qu'on devroit s'en estre aperçeu, soit dans les observations Astronomiques, soit dans celles qu'on fait avec le Niveau. Car pour ne parler que de ces dernières,

ne faudroit il pas , qu'en regardant du costé du Nort , la ligne du niveau baissant 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 sphérique , 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 , & c'est une suite nécessaire 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 fasle viser quelque peu plus haut . Or les costes des terres estant généralement élevées , & presque par tout de mesme , à l'egard de la mer ; il s'ensuit que tout le composé , de terres & de mers , est reduit à la mesme figure sphéroïde que la surface de la mer se donne nécessairement . 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.

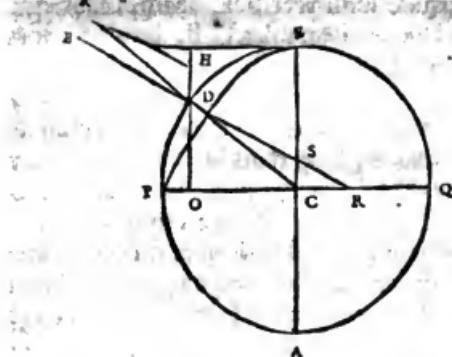
Quelque temps après que j'eus achevé d'escrire ce qui precede , ayant receu & examiné le journal du voyage , qui , par ordre de Messieurs les Directeurs de la Compagnie des Indes Orientales , a esté fait , avec nos Horloges à pendule , jus-

jusqu'au Cap de Bonne Esperance ; & du depuis ayant encore lù le tres sçavant ouvrage de Mr. Newton , dont le titre est *Philosophie Naturalis principia Mathematica* ; l'un & 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 moyen de ces Horloges , non seulement une confirmation évidente 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 & rectifié , suivant ce calcul , les Longitudes qu'on avoit mesurées par les Horloges , au retour du Cap de B. Esp^e. 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 ; & 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 été bien prise par les P. P. Jesuites , lors qu'ils y passerent en l'année 1685 , en allant à Siam ; & qu'elle est de 18 degrez plus à l'Est que celle de Paris ; ce que je sçay encore d'ailleurs ne s'éloigner guere de la vérité. Le detail de toute cette affaire est deduit au long dans le Raport que j'ay fait , touchant ce voyage des Pendules , aux dits Meslieurs les Directeurs. Sur lequel rapport , apres l'avoir fait examiner par des personnes intelligentes , il leur a plu d'ordonner qu'on fist une seconde epreuve , pour s'assurer par plusieurs expériences de la bonté de cette invention. L'on verra quel sera le succès de cet autre voyage , & particulierement en ce qui est de la variation des Pendules . étant certain que , pour la bien connoître , ces Horloges donnent un moyen plus sûr , par leur acceleration & retardement , que n'est celuy de mesurer actuellement la longueur du pendule à Secondes en differens pais. 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, puisque, comme il a été dit, elle n'est pas Sphérique.

Il est bon 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 été 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, & à la force centrifuge, qui detourne le fil de sa direction vers le centre. Parce que si le fil ne rencontreroit pas la surface à angles droits, elle ne pourroit pas demeurer en l'assiette où elle est.

Supposé donc les mesmes choses, que dans la derniere figure du discours précédent, & aussi ce qui en a été expliqué; mais faisant la forme de la Terre un peu diminuée & aplatie vers les Poles, en sorte que l'axe PQ soit plus court que le diamètre EA ; soit menée $BDSR$ parallele à XH , coupant EA , PQ en S & R . Puisque le fil XH , qui soutient le plomb, ou plutost sa parallele BD , doit rencontrer la surface de la mer à angles droits, & puisque ce fil pend en sorte, que XD est à DH , ou DC à CS ,



$c s$, comme la pesanteur absolue à la force centrifuge en D ; laquelle raison est composée de celle de la pesanteur absolue, à la force centrifuge en E , qui est comme de $289 à 1$, & de celle de cette force à la force centrifuge en D , qui est comme $E C à D O$; il paroît que la nature de la Ligne courbe $E D P$ est déterminée par la propriété de sa perpendiculaire, comme $D R$; c'est-à-dire qu'en menant une telle perpendiculaire, toujours la raison de $D C à C S$ doit être composée d'une raison donnée, & de celle de $E C à D O$. Ou bien, comme on en peut inférer facilement, que la raison de $D O à C S$, ou de $O R à R C$ doit être composée de la dite raison donnée, & de celle de $E C à C D$.

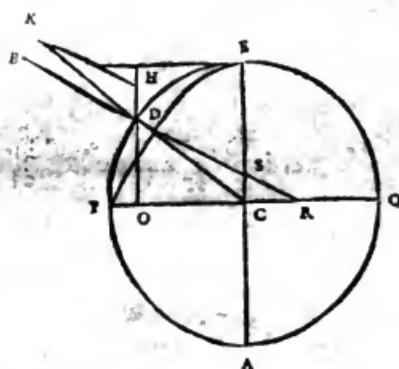
Or il est difficile de trouver ainsi des lignes courbes par la propriété donnée de leurs perpendiculaires, ou, ce qui est la même chose, par la propriété de leur Tangentes. Mais il y a un moyen assez aisément pour cette courbe ici, qui est fondé sur l'équilibre de certains canaux, dont Mr. Newton a donné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

Le canal qu'il suppose est représenté dans nôstre figure par $E C P$, faisant un angle droit au centre de la Terre. Il faut le concevoir comme ayant quelque peu de creux, & rempli d'eau. Ce qui étant, il est certain que les deux jambes, $E C$, $C P$, se doivent tenir en équilibre, si l'on suppose que la Terre, étant toute composée d'eau, prend une figure, dont les diamètres soient $E A$ & $P Q$: parce qu'autrement, cette eau du canal, ne demeurerait pas non plus dans son assiette en la concevant sans canal, contre ce qu'on suppose. d'où il est aisément de trouver la la raison de $E A à P Q$. Car en posant $E C \propto a$; $C P \propto b$, & représentant la pesanteur absolue par une ligne p ; & la force centrifuge en E par la ligne n ; le poids du canal $P C$ est $p b$, savoir ce qui se fait en multipliant toutes les parties de ce canal également par la ligne p . Mais le poids du canal $E C$, qui seroit

$p a$,

p_a , est diminué par la force centrifuge de toutes ses parties, des quelles la plus élevée, qui est en E, a la force n ; & toutes les autres parties l'ont proportionnée à celle cy, suivant leur distances du centre D. ce qui fait ; na pour toute la force centrifuge de l'eau du canal E C, qui estant ôstée de son poids p_a , reste $p_a - na$, qui doit estre égal à p_b poids du canal P C. d'où il paroît que a est à b comme p_a à p_b . C'est-à-dire que le diamètre E A 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_a à n estoit comme 289 à 1.

Pour trouver en suite quelle est la ligne courbe E D P, je m'imagine le canal plein d'eau E C D, & menant D O perpendiculaire sur l'axe P C, je fais C O $\propto x$, & O D $\propto y$; les autres lignes estant nommées comme devant. Il est certain que l'eau de E C & celle de D C se doivent derechef contrebalancer. Et mesme, cela doit arriver



de quelque maniere qu'on conçoive que le canal soit fait, pourvû qu'il aboutisse de part & d'autre à la surface; comme, par ex. s'il alloit par D O C E, ou D O P, ou D C P. Maintenant, la force centrifuge de toute l'eau en C D, est égale à celle de l'eau qui rempliroit le canal O D, supposé de mesme largeur; ce qui se voit facilement par la Mechanique des plans inclinez. Mais comme E C $\propto a$, à D O $\propto y$, ainsi est la force centrifuge en E, qui estoit n , à la force centrifuge en D; qui

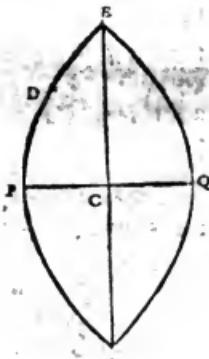
qui sera donc $\frac{ny}{a}$. Dont la moitié multipliant le contenu du canal $D \propto \frac{y}{a}$, fait la force centrifuge de ce canal $\frac{pV}{a} \frac{yy}{a}$, qui est donc aussi la force centrifuge du canal $C D$. Mais la pesanteur de ce canal $C D$, vers le centre c , est $pV \frac{xx}{a} + \frac{yy}{a}$, donc sa pression qui reste vers c , sera $pV \frac{xx}{a} + \frac{yy}{a} - \frac{yy}{a}$: qui doit estre égale à $p a - \frac{1}{2} an$, pression du canal $E C$, trouvée cy-devant.

Laquelle Equation, en supposant $\frac{p}{a} = f$, revient à celle-cy,

$$\begin{aligned} y^4 &\propto 4ffyy - 4aa'ff + 4ffxx \\ &- 4a'fy^2 + 4a'f \\ &+ 2aayy - a^4 \end{aligned}$$

Qui fait voir que la ligne courbe $E D P$ n'est pas une section de Cone, si ce n'est quand p & n sont égales; c'est-a-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 ; & l'Equation devient $y^4 \propto 2aayy - a^4 + 4ffxx$; ou bien $y^4 - 2aayy + a^4 \propto 4ffxx$. & enfin $yy - aa \propto 2ax$. Ce qui marque qu'en ce cas $E D P$ est une Parabole, telle que dans cette figure; ayant le sommet P ; l'axe $P C$ égal à la moitié de $C E$; & le parametre double de la même $C E$.

De sorte que si la Terre, ayant le diamètre $E A$ de la grandeur qu'il est, tournoit, sur son axe $P Q$, 17 fois plus vite qu'elle ne fait, (car alors la force centrifuge en A seroit égale à la pesanteur vers le centre, par la démonstration qui est dans ce



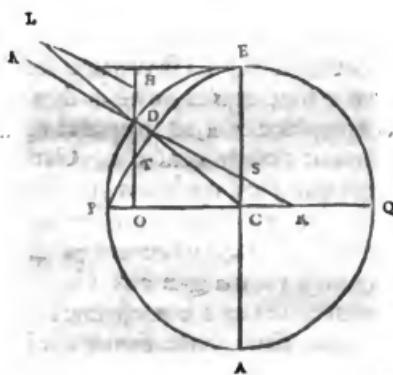
158 DISCOURS DE LA CAUSE

ce Discours) elle auroit la figure du corps que font ces deux demies Paraboles opposées, P E C, Q E C, 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 fairoit plus grande que la pesanteur, les corps placez en s'envoleroient en l'air.

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

$$z \sqrt{a - 2f + 2ff} - V \sqrt{4ff - 8f^3 + 4f^4 + 4ff^{xx}}$$

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



D'où je connois que, co estant x , si la perpendiculaire OT est appellée z ; le point T sera dans une Hyperbole dont l'axe adjouté à $C E$ sera $4d$. Et que comme $4ff \approx aa$, ainsi sera l'axe au parametre; qui sera donc $\frac{a + d}{ff}$, c'est-à-dire $\frac{aa}{ff}$, en resti-

tuant les valeurs de d & de f . Et parce que yy estoit égale à $a z$, il s'ensuit que $DO \cdot z$ sera moyene proportionnelle entre OT & EC . D'où l'on peut trouver les points par lesquels la ligne courbe $E D P$ doit passer.

Or cette ligne satisfait aussi à ce que j'ay dit estre requis; scavoir que menant $D R$ qui lui soit à angles droits, la raison de

de O R à R C sera composée de la raison de $p à n$, & de $E C à CD$, 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 $E T P$, à cause du grand éloignement de son centre, approche fort de la Parabole, & par consequent $E D P$ ne differe guere de l'Ellipse; ni guere aussi du cercle, parce que $E C$ alors ne surpassé $C P$ que de fort peu ; comme il a esté trouvé peu devant, que cet exces n'est que $\frac{1}{11}$ de $E C$, diametre de la Terre.

Monsieur Newton le trouve $\frac{1}{11}$ de $E C$, & que ainsi la figure de la Terre differe bien plus de la sphérique, se servant en cela d'une tout autre supposition. 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 & ailleurs ; qui est, que toutes les petites parties, qu'on peut imaginer dans deux ou plusieurs différents corps, s'attirent ou tendent à s'approcher mutuellement. Ce que je ne scaurois 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 nécessité 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.

J'en ay donc rien contre la *Vis Centripeta*, comme Mr. Newton l'appelle, par la quelle il fait peser les Planetes vers le Soleil, & la Lune vers la Terre, mais j'en demeure d'accord sans difficulté: parce que non seulement on scâit 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 sphérique du Soleil pouvoit este produite de mesme que celle qui, selon moy, produit la sphericité de la Terre; mais je n'avois point etendu 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, & 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, scâvoir qu'elle estoit en raison reciproque des quarrez des distances du centre: qui est une nouvelle & fort remarquable propriété de la pesanteur, dont il vaut bien la peine de chercher la raison. Mais voiant maintenant par les démonstrations de Mr. Newton, qu'en supposant une telle pesanteur vers le Soleil, & qui diminue suivant la dite proportion, elle contrebalance si bien les forces centrifuges des Planetes, & produit justement l'effet du mouvement Elliptique, que Kepler avoit deviné, & vérifié par les observations, je ne puis guere douter que ces Hypothèses touchant la pesanteur ne soient vrayes, ni que le Système de Mr. Newton, autant qu'il est fondé la 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.

lons supposez de Des Cartes. On voit maintenant comment les excentricitez des Planetes peuvent demeurer constamment les mesmes : pourquoy les plans de leurs Orbis ne s'unissent point, mais gardent leurs differentes inclinaisons à l'égard du plan de l'Ecliptique , & pourquoy les plans de tous ces Orbis passent necessairement par les Soleil. Comment les mouvemens des Planetes peuvent s'accelerer & se ralentir par les degrés qu'on y observe ; qui malaisement pouvoient estre tels , si elles nageoient dans un Tourbillon autour du Soleil. On y voit enfin comment les Cometes peuvent traverser nostre Système. Car depuis qu'on sc̄ait qu'elles entrent souvent dans la region des Planetes , on avoit de la peine à concevoir comment elles pouvoient quelquefois 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 parcourrent des chemins Elliptiques autour du Soleil , comme les Planetes ; mais des chemins plus étendus , & de figure plus différente de la circulaire ; & qu'ainsi ces corps n'aient leurs retours periodiques , comme quelques Philosophes & Astronomes anciens & 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 & 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 Lumière , 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 , sc̄avoir ou que ses particules soient distantes entre elles , avec beaucoup de vuide entre deux ; ou quelles se toucheat , mais que le tissu de chacune soit rare , &

entre-meslé de beaucoup de petits espaces vides. Pour ce qui est du vuide, je l'admetts sans difficulté, & mesme je le crois nécessaire 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 adjointant encore la dureté parfaite, qui le rende inpenetrable, & 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: & 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 grande que celle du Son, suivant la démonstration de Mr. Romer, que j'ay rapportée au Traité de la Lumiere. C'est pourquoi je tiens qu'une telle rareté ne scauroit 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, & toutefois, à cause de la legereté de leur tissu, resister fort peu au mouvement des Planetes. Car que scait on jusqu'où la nature peut aller à composer des corps durs, avec peu de matiere, sur tout, si des particules tres menues & delicies, 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, & de beaucoup moindre résistance, à l'égard des corps qui nagent dedans, que n'est le sable ou quelque poudre tres fine; ne faut il pas qu'une matiere plus subtile, & infinitement 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 y ait des espaces, dans lesquels les corps se meuvent avec tres peu de résistance; car cela paraît

roit par ce que nos mains sentent dans l'air , & 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 sou- tenir que cela procède de la grande rareté de la matiere qui re- ste dans ce vuide d'air ; j'alleguerois au contraire qu'on y aper- coit l'effet d'une matiere qui pese fort considerablement , com- me 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 ; & que , cela estant , si les espaces de l'air ou de l'éther estoient aussi pleins de matiere que l'or & 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 sçauoit enfoncer . je dis que je suis d'accord que les pesan- teurs des corps suivent les quantitez de leur matiere ; & je l'ay mesme démontré dans ce present Discours . Mais j'ay aussi fait voir , qu'à ces corps que nous appelons pesants , la pesanteur peut bien 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 & 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'occu- pent point , sans que cela empesche la descente des corps qu'on appelle pesants ; estant au contraire la feule 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 Mr. Newton consente , parce qu'une telle hypothese nous eloigneroit fort des principes Mathema- tiques ou Mechaniques .

Il me dira peutestre , que , quand on m'auroit accordé
que

que la matière 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 Propos. 42. du 2 Livre. qui dit que le mouvement, qui se repand dans une matière fluide, ne s'étend pas seulement tout droit depuis son origine, après avoir passé par quelque ouverture, mais qu'il s'écarte aussi à costé. A quoy je repons par avance, que ce que j'ay allégué, pour prouver que la lumiere (horsmis en la reflexion ou en la refraction) 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 à travers une fenestre, il ne se repande du mouvement à costé de l'espace éclairé; mais je dis que ces ondes detournées sont trop faibles pour produire de la lumiere. Et quoyqu'il veuille que l'emanation du Son prouve que ces epanchemens à costé sont sensibles, je tiens pour assuré qu'elle prouve plustost le contraire. Par ce que si le Son, ayant passé par une ouverture, s'étendoit aussi à costé, comme veut Mr. Newton, il ne garderoit pas si exactement, dans l'Echo, l'égalité des angles d'incidence & 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 éloigné, on n'entend point répondre l'Echo au bruit qu'on fait en ce lieu, comme je l'ay expérimenté 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, pourvu que cette maison fust placée au milieu de quelque grande eau, ou en sorte qu'il n'y eust rien autour, qui pust renvoier 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 dire-

directement de la fenêtre ; on voit combien il est facile de s'y abuser , à cause de la multitude des reflexions réitérées , qui se font comme dans un instant ; de sorte que le Son , quis'entend comme venant immédiatement de la fenêtre ouverte , en peut venir , ou des endroits fort proches , après une double reflexion . J'avoué 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'affirme Mr. Newton : c'est à dire qu'une onde , après avoir passé l'ouverture , se dilate en suite d'un costé & d'autre , & 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 : & qu'en ce qui est de la lumiere , elles ne font point d'effet du tout sur les yeux .

J'ay cru devoir aller au devant de ces objections que pouvoit suggerer le Livre de Mr. Newton , scâchant la grande estime qu'on fait de cet ouvrage , & avec raison ; puis qu'on ne scâuroit rien voir de plus scâvant 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 , & 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 résiste ; duquel mouvement il traite au long dans le livre 2.

On a vû comment dans le Systeme de Mr. 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 Orbés . Ce qui se confirme admirablement par ce qu'il demonstre touchant la Lune ; scâvoir que sa force centrifuge , que luy donne son mouvement , égale précisément sa pesanteur vers la Terre , & qu'ainsi ces deux forces contraires la tiennent suspendue là où elle est . Car la

Z re ,

distance d'icy à la Lune estant de 60 demidiamètres de la Terre , & partant la pesanteur , dans sa region , ~~est~~ de celle que nous sentons ; il faloit que la force centrifuge d'un corps , qui se mouroit comme la Lune , égalast de mesme ~~est~~ du poids qu'il auroit à la surface de la Terre . Ce qui se trouve effectivement ainsi , & le calcul s'en peut faire aisément , puis qu'on scçait desja que la force centrifuge sous l'Équateur est ~~est~~ de nostre pesanteur icy bas.

Mais puisque cet exemple de la Lune prouve si bien la diminution du poids , suivant la raison reciproque des quarrez 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 sphérique , mais assez pres sphéroïde , & qu'un point sous l'Équateur est plus éloigné du centre , que n'est un point sous le Pole , dans la raison de 578 à 577 , comme il a été dit cy-devant ; les pesanteurs estant en ces endroits en raison contraire des quarrez de ces distances , il faudroit aussi que le pendule sous l'Équateur fust plus court , que celuy dessous le Pole , dans cette même raison contraire . C'est à dire que ces pendules seroient comme 288 à 289 ; ou que le pendule sous l'Équateur seroit plus court de ~~est~~ de ce qu'il seroit sous le Pole . Qui est justement la même difference , qui provenoit cy dessus du mouvement journalier , ou de la force centrifuge . De sorte qu'une Horloge , avec la même longueur de pendule , iroit plus lentement sous l'Équateur que sous le Pole , du double de ce qu'elle retardoit par le mouvement de la Terre ; & ainsi cette différence journaliere sous l'Équateur seroit de pres de 5 minutes . Et sous les autres parallèles , on la trouveroit par tout plus que double de ce qu'elle y estoit auparavant . Mais je doute fort que l'expérience confirme cette grande variation , puisque j'ay vu que , dans le voyage dont j'ay fait mention , la seule première équation suffit , & que la plus que double mettroit , vers le

le milieu du chemin , trop de difference entre la route du vaisseau , calculée sur le Pendule , & celle qu'il tenoit par l'Estime des Pilotes. Et pour rendre raison pourquoi la seconde variation n'auroit point lieu , je dis qu'il ne feroit par étrange si la pesanteur , près de la surface de la Terre , ne suivoit pas précisément , 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 matière 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 fert 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 Système , & qui m'a fort plu , c'est qu'il trouve moyen , en supposant la distance d'icy ou Soleil connue , de définir quelle est la pesanteur que sentiroient les habitans de Saturne & de Jupiter , comparée à la nostre icy sur la Terre , & quelle encore est sa mesure à la surface du Soleil. Choses qui d'abord semblent bien éloignées de nostre connoissance ; & qui pourtant sont des conséquences des principes que j'ay rapportez peu devant.

Cette détermination a lieu dans les Planètes qui ont un ou plusieurs Satellites , parce que les temps périodiques de ceux cy , & leur distances des Planètes qu'ils accompagnent , doivent entrer dans le calcul. Par lequel Mr. Newton trouve les pesanteurs aux surfaces du Soleil , de Jupiter , de Saturne , & de la Terre , dans la raison de ces nombres , 10000 , 804 ; , 536 , 805 ; . Il est vray qu'il y a quelque incertitude à cause de la distance du Soleil , qui n'est pas assez bien connue , & qui a été prise dans ce calcul d'environ 5000 diamètres de la Terre , au lieu

lieu que, suivant la dimension de Mr. Cassini, elle est environ de 10000, qui approche assez de ce que j'avois autrefois trouvé, par des raisons vraisemblables, dans mon Système de Saturne, scávoir 12000. Je differe aussi de quelque chose en ce qui est des diamètres des Planètes. 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 différentes. 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, au près du soleil, doit avoir une vitesse 49 fois plus grande que celle que nous avons trouvée près de la Terre; qui estoit dès à 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 éclatante du Soleil, supposé que la lumiere soit produite comme je l'explique dans ce que j'en ay écrit; scávoir de ce que les particules Solaires, nageant dans une matiere plus subtile & extrêmement 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 & plus violent?

J'ay vu avec plaisir ce que Mr. Newton écrit touchant les chutes & les jets des corps pesants dans l'air, ou dans quelqu'autre milieu qui résiste 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 rapporter icy ce que j'en decoubris alors. Ce que je ne feray pourtant qu'en abrégé

bregé & sans y joindre les demomstrations ; 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 rencontra.

J'examinay premierement ces mouvemens, en supposant que les forces de la Resistance sont comme les Vitesse des corps, ce qui alors me paroifsoit 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 , & de l'eau, estoit comme les quarrez 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 , & avec double celerité. Ainsi je vis ma nouvelle Theorie renversée, ou du moins inutile. Apres quoy je voulus aussi chercher ce qui arrive lors qu'on suppose ce véritable fondement des Resistances ; où je vis que la chose estoit beaucoup plus difficile , & 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 , & pour connoître 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 , quoysque d'autres l'aient encore considerée cy devant. Cette ligne infinie estant A B C , elle a une ligne droite pour Asymptote , comme D E ; dans la quelle si on prend des parties égales quelconques qui se suivent , comme D G , G F , & que l'on tire des points D , G , F , des perpendiculaires jusqu'à la courbe , sçavoir ,

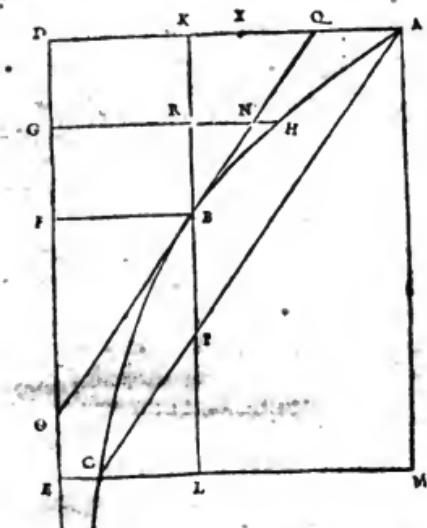
voir DA, GH, FB, ces lignes seront proportionnelles continuées. D'où l'on voit qu'il est aisé de trouver autant de points qu'on veut dans cette courbe, de la quelle je rapporteray par apres quelques proprietez qui meritent d'estre considerées. Pour ex-

pliquer ce qui est des chutes des corps, je repete icy premiere-
ment ce que j'ay écrit
à la fin du Traité du
Centre d'Agitation:
scavoir qu'un corps,
en tombant à travers
l'air, augmente con-
tinuellement sa vites-
se, 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 sou-
fler 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 jeté perpendiculairement en haut, avec une vitesse dont la raison à la vitesse Terminale soit donnée, 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, & qu'au point B la courbe soit tou-
chée par la droite BO, qui rencontre DE en O, & DA en Q. Laquelle tangente se trouve en prenant EO, depuis l'ordonnée

BF,



$z p$, égale à une certaine longueur, qui pour toutes les tangentes est la même, & que je définirai dans la suite. Puis soit ac parallèle à cette tangente, coupant $x b$ prolongée en p , & du point c , où elle rencontre la courbe, soit tirée clm , parallèle à ad , & coupant $k b$ prolongée, & am parallèle à l'asymptote, aux points l & 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 même hauteur, comme la ligne $k b$ à bl .

Et le temps qu'il emploie à monter à travers l'air, étant jetté comme il a été dit, est au temps qu'il emploierait sans rencontrer de résistance, comme $k b$ à kp .

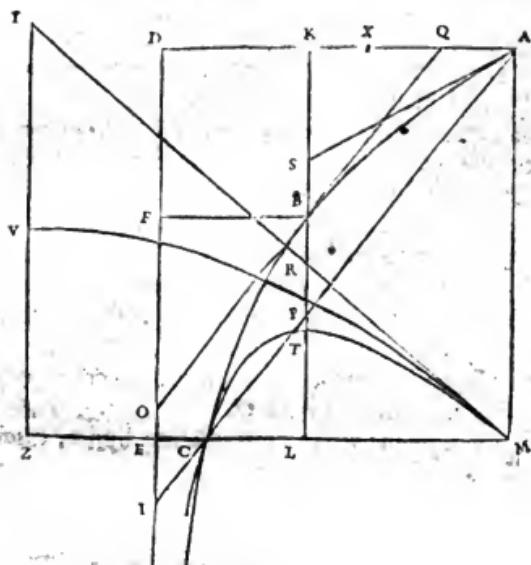
Et la hauteur à laquelle il montera dans l'air, à celle où il monterait sans résistance, comme l'espace abk au triangle apk , ou comme qa à ax , que je suppose être la moitié d'une troisième proportionnelle aux lignes dk , ka .

Et sa vitesse, en commençant de monter, à celle qu'il a en rebombant à terre, comme ml à lc .

On trouve de plus, par cette même ligne, quelle est la courbe que parcourt un corps jetté obliquement. Car, dans la même 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 ax à kd : soit répétée la construction précédente, & que la droite as , qui touche la courbe abc en a , rencontre kr en s . Puis comme $s p$ à $p b$ ainsi soit rl à lt , & sur la base mc soit dressée une figure proportionnelle au segment abc , en sorte que les parallèles & également distantes de l'asymptote de , dans l'une & l'autre figure, aient par tout la même raison de bp à tr . Ce sera la courbe mtc qui marquera la figure requise du jet.

Et parce que la hauteur de l'élevation avec résistance, estoit à la hauteur du jet libre, comme qa à ax ; si l'on fait que tr ait cette même raison à une autre ligne vz ; ce sera la hauteur de la

DISCOURS DE LA CAUSE
 de la Parabole MV que fait ce jet libre , commencé en M avec
 la même force , & dans la même direction MR , qu'avoit l'autre
 jet. De sorte que si dans l'angle $L M R$ on ajuste $Y Z$ perpendicu-



laire à MC , & égale à la double VZ , on aura le sommet de cette parabole en V au milieu de YZ , & 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 même , on trouve ici la même amplitude MC . Mais il faut être averti que ce sont seulement les figures des jets qu'on trouve de cette façon , & non pas les hauteurs & amplitudes de divers jets comparez ensemble. Car ils doivent tous être de même hauteur, quand la célérité

rité verticale est la même. C'est pourquoi alors chaque figure de jet, ainsi trouvée, doit être réduite à une figure proportionnelle d'égale hauteur, si on veut savoir comment les amplitudes, & les hauteurs des divers jets, sont les unes aux autres.

J'ajoute encore ici, que la ligne Logarithmique ne sert pas seulement à trouver les courbes des jets, mais qu'elle est cette courbe elle-même en un cas, savoir 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 précisément la courbure d'une telle ligne, en s'approchant toujours de l'asymptote, sans la pouvoir atteindre. Et ce qui détermine l'espèce de la ligne, c'est que sa *Soutangente*, (je nommerai ainsi la ligne *Fo*, qui pour toutes les tangentes est la même) sera double de la hauteur à laquelle la vitesse Terminale peut faire monter le corps, sans résistance du milieu.

Ce sont là les choses que je trouvay en supposant la résistance être comme la vitesse, mais toute cette Théorie étant, comme j'ay dit, fondée sur un principe, que la nature ne suit point en ce qui est des résistances de l'air & de l'eau, je la négligeay entièrement; & ce n'est qu'à l'occasion du Traité de Mr. Newton que je l'ay reprise, pour voir si ce que nous avions cherché par des voies fort différentes, 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, quoique tout autre que la miene & plus difficile, produit pourtant la même courbe, comme cela se peut prouver par démonstration.

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 jeté en haut avec sa vitesse Terminale; savoir 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 Hyperbol & son asymptote, terminé par deux paralleles à l'autre asymptote qui soient en raison de 2 à 1 , au rectangle où parallelogramme de la même Hyperbole. C'est-à-dire, comme, dans la figure suivante , l'espace A M D K au quarré A C. Je n'avois point recherché les autres cas , qui sont compris universellement dans la Prop. 9, du 2 Livre de Mr. Newton , qui est tresbelle : & ce qui m'en empêcha , 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 scavois pas qu'elle dependoit de la quadrature de l'Hyperbole. Je reduisis la dimension de l'espace de cette courbe , à une Progretion infinie , $a + \frac{1}{2}a^3 + \frac{1}{4}a^5 + \frac{1}{8}a^7$ &c. Ne scâchant pas que la mesme progression donnoit aussi la mesure du secteur Hyperbolique : ce que j'ay vu depuis , en comparant la démonstration de Mr. Newton avec ce que j'avois trouvé.

Mais par ce que cette Progretion , pour la mesure de l'Hyperbole , n'a pas encore été remarquée que je scache , je veux expliquer ici comment elle y fert. Soit A B une Hyperbole , dont les asymptotes D C , C E , fassent un angle droit. le demi axe soit C A , perpendiculaire à D A E qui touche l'Hyperbole ; & que A C B soit un Secteur , la ligne C B coupant A D en F. Si on prend maintenant A C ou A D pour l'unité , & que A F soit nommée a , qui est une fraction moindre que l'unité , quand A F , A D sont commensurables ; je dis que , comme la somme de la Progretion infinie $a + \frac{1}{2}a^3 + \frac{1}{4}a^5 + \frac{1}{8}a^7$, &c. à 1 , aimli sera le Secteur A C B au triangle A C D. Ou si on mene les perpendiculaires A K , B L sur l'asymptote , on peut dire la mesme chose de l'espace A B L K , qui est égal à ce Secteur , comme on voit aisement par l'égalité des triangles C A K , C B L. De sorte que cette Progretion

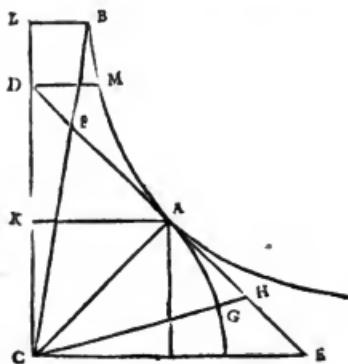
gression pour l'Hyperbole , respond à celle qu'à donné Mr.

Leibnits pour le Cercle. par laquelle , si le Secteur du Cercle est ACG , ayant pour rayon AC , & que CG coupe AE en H ; AH étant nommée a , & AE égale à 1 ; la somme de la Progression $a + a^2 + a^3 + a^4 + \dots$; a^7 &c. 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 suffissoit , dans cette maniere de resistance , de connoître le mouvement horizontal & 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 : & la mesme ligne Logarithmique y seroit utile , étant tournée en sorte que son asymptote fût parallele à l'horizon ; & elle mesme seroit derechef la courbe du jet , dans le cas où j'ay dit qu'elle seroit auparavant. Mais cette composition de mouvement 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 extrêmement difficile , si non du tout impossible , de resoudre ce Problème.

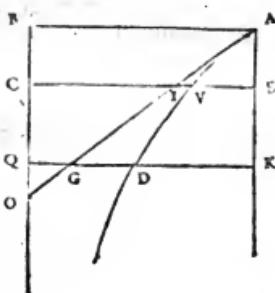
Le mouvement horizontal étant consideré à part , comme d'une boule qui rouleroit sur un plancher uni , à cela de remarquer ici , qu'il doit aller loin à l'infini , n'on obstant la resistance du



du milieu , au lieu que, quand la resistance est comme la vitesse, il est borné , & 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 & ses asymptotes est de grandeur infinie.

Les proprietez de la ligne Logistique , que j'ay promis de rapporter , & 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 desia indiquée , de la proportionnalité des ordonnées à l'asymptote , quand elles sont également distantes , par laquelle on trouye des points dans cette ligne.

1. Que les espaces compris entre deux ordonnées à l'asymptote , sont entre eux comme les differences de ces ordonnées.



Ainsi dans cette figure , où AVD est la Logistique , BO son asymptote , & les ordonnées AB , VC , DQ ; dont ces dernières , étant continuées , rencontrent AK , parallèle à l'asymptote , en E , K ; les espaces $ABCV$, $ABQD$ sont entre eux comme les droites EV , KD .

2. Que les mesmes choses étant posées , & AO étant la tangente au point A , laquelle coupe CE , QK , en I & 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 & son asymptote , comme la difference des

des mesmes ordonnées est à la moindre. Quand je dis que l'espace infini à une certaine raison à un espace fini, cela signifie qu'il aproche si près de la grandeur d'un espace donné, qui à cette proportion à l'espace fini, que la différence peut devenir moindre qu'aucun espace donné. Dans la figure precedente l'espace A B Q D est à l'espace infini, qui depuis D Q s'étend entre la courbe & l'asymptote, comme K D à D Q.

4. Que la Soutangente, comme B O dans la même figure, est toujours d'une même longueur, à quelque point de la Logistique que la tangente appartienne.

5. Que cette longueur se trouve par approximation, & qu'elle est à la partie de l'asymptote, comprise entre les ordon-

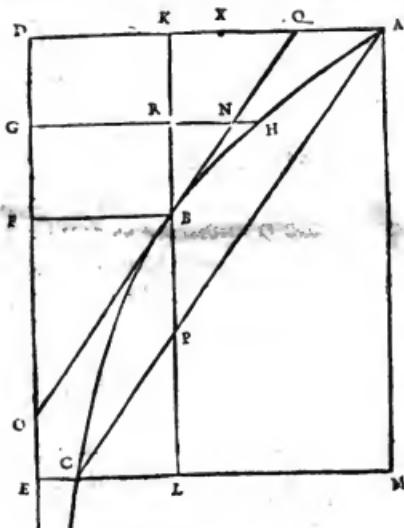
nées de la raison double, comme 43429
4481903251804 à
3010399956639811.
95; ou, bien pres,
comme 13 à 9.

6. Que s'il y a trois ordonnées, comme dans cette figure sont A D, H G, B F, & que du point de la courbe, appartenant à la moindre, on mène une parallele à l'asymptote qui coupe les deux autres ordonnées en K & N, & une tangente B Q qui les

coupe en N & Q; les espaces trilignes A B K, H B R sont entre eux, comme les parties des ordonnées entre la courbe & la tangente, scávoir comme A Q, H N.

Aa 3

7. Que



7. Que l'espace infini entre une ordonnée , la Logistique, & son asymptote , du costé que ces deux dernières vont en s'approchant , est double du triangle que font l'ordonnée , la tangent menée du mesme point que l'ordonnée , & la soutangente . Ainsi , dans la mesme figure , l'espace infini depuis l'ordonnée $B F$, est double du triangle $B F O$.

8. Que l'espace , compris entre deux ordonnées , est égal au rectangle de la soutangente & de la difference des mesmes ordonnées . Ainsi , dans la mesme figure , l'espace $A D F B$ est égal au rectangle de la soutangente $F O$ & de $X A$.

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 , & le demidiamètre de la base égal à la mesme ordonnée . Ainsi le solide que fait l'espace infini $B F O C$, en tournant autour de $F O$, est sesquialtere du cone que fait le triangle $B F O$, en tournant autour de la mesme $F O$.

10. Que le solide produit par le même espace infini , en tournant autour de l'ordonnée $B F$, depuis laquelle il commence , est sextuple du cone que fait le triangle $B F O$, par sa conversion sur $B F$. 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 .

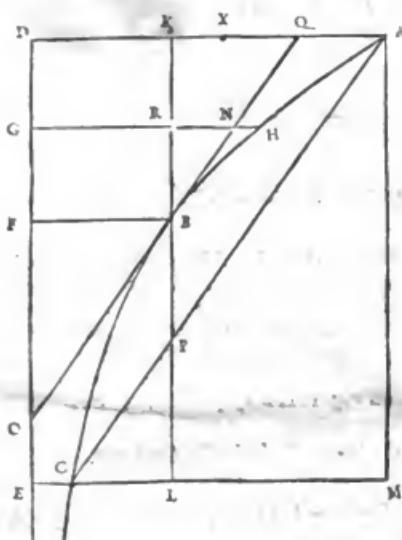
12. Que ce même centre de gravité est distant de l'asymptote , du quart de l'ordonnée .

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 huitième de son axe .

15. On sait assez que cette ligne Logistique sert à la Quadrature

drature de l'Hyperbole, depuis les démonstrations 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 A D à H G dans la dernière figure, & les ordonnées de l'autre comme B F à C E ; ces espaces seront entre eux comme les lignes D G à F E.



Mais on n'a point remarqué, que je fçache, 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 même point de la Section) comme chacune des lignes D G , F E , à la soutangente F O . 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 différence des Logarithmes , des nombres qui expriment la proportion des ordonnées , au nombre 0,43429 44819 ; en prenant des Logarithmes de 10 caractères oltre la charaçteristique.

Et

Et d'icy il est ais  de verifier la Quadrature de l'Hyperbole que j'ay donn e dans le Tra t  de l'Evolution des Lignes Courbes, qui est dans mon *Horologium Oscillatorium*.

F I N.



Fautes   corriger au Tra t  de la Lumiere.

Pag. 9. l. 1. h st tant. & l. 17. h ce. Pag. 19. l. 4. h , toutefois. Pag. 20. l. 13. h , proprietez. Pag. 43. 4. 13. h , l'air. Pag. 59. l. 15. h , compris. Pag. 60. l. 16. h , posay. Pag. 63. l. 25. h , est fort pres. Pag. 76. l. 1. 18. 29. pour rectangle, h , parallelogramme. Pag. 80. h , derniere, h , proportionnelle. Pag. 81. fin. 4. pour No 33. h st . No. 34 & 40. Pag. 97. l. 21. h , hypotenuse. Pag. 98. l. 1. au lieu de est c u, h , soit c u. Pag. 116. l. 2. au lieu de divise h , dirige. Pag. 117. l. 6. h , s'assembleront. Pag. 121. l. 13. pour v h , F V.

Au Discours de la cause de la Pesanteur.

Pag. 132. l. 12. h , je pla ay ce. Pag. 149. l. 16. h , prouverons. Pag. 151. l. 6. d'enbas, h , la corde. Pag. 158. l. 7. d'enbas, h , dire.

