



BIBLIOTECA	PAL
Sala:	B
Estad:	2
Nombre:	431

~~535~~

9-¹353

BIBLIOTECA	
FACULTAD DE CIENCIAS	
GRANADA	
Estante	2
Título	5
Núm.	155

b1882657x
12051735x

52

$$\frac{9}{4-15}$$

OPTIQUE

DE NEWTON.

TRADUCTION NOUVELLE.

TOME SECOND.

Donation de M. Louis Moron
 & Garcia Costedra de l'Institut
 de Granada & la faculté de Sciences
 de la Université de Granada

OF THE

WITNESSES

AND

THE

5(093)

OPTIQUE DE NEWTON,

TRADUCTION NOUVELLE,

FAITE par M*** sur la dernière Édition originale,
ornée de vingt-une Planches, & approuvée par
l'Académie royale des Sciences ;

DÉDIÉE AU ROI,

*Par M. BEAUZÉE, Éditeur de cet Ouvrage, l'un des Quarante
de l'Académie Française ; de l'Académie della Crusca ; des
Académies royales de Rouen, de Metz, & d'Arras ; Professeur
émérite de l'École royale militaire, & Secrétaire-Interprète
de MONSEIGNEUR COMTE D'ARTOIS.*

TOME SECOND



A PARIS,

Chez LEROY, Libraire, rue Saint-Jacques,
vis à vis celle de la Parcheminerie.

M. DCC. LXXXVII.

Avec Approbation & Privilège du Roi.

O P T I Q U E

DE NEWTON

TRANSDUCTION MOUNELI

Par le Roy de la Faculté de Médecine de Paris
et de l'Académie royale des Sciences

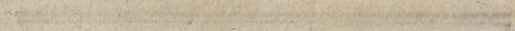
DÉDIÉ AU ROI

Par M. Mouton, Médecin de la Cour, et de l'Académie
de Médecine de Paris, et de l'Académie des Sciences
de l'Université de Paris, et de l'Académie de Médecine
de la Faculté de Médecine de Paris, et de l'Académie
de Médecine de la Faculté de Médecine de Paris.

TOME SECOND

A PARIS

chez LEROY, Libraire, au Palais National
dans une des salles de la Bibliothèque



M. DECAUVILLE

chez la Librairie de la Faculté de Médecine de Paris



TRAITÉ D'OPTIQUE

SUR LES RÉFLEXIONS,
RÉFRACTIONS, INFLEXIONS, ET COULEURS
DE LA LUMIÈRE.

LIVRE SECOND.

PREMIÈRE PARTIE.

*OBSERVATIONS concernant les réflexions,
les réfractions, & les couleurs des corps
minces transparents.*

C'EST une chose connue, que les corps
transparents fort minces, tels que le verre,
l'eau, l'air, &c, soufflés en bulles ou réduits

Tome II.

A

en (41) lamelles, produisent, suivant leur ténuité, diverses couleurs; tandis qu'ils paroissent acolorés, lorsqu'ils sont plus épais. J'ai évité jusqu'ici de parler de ces couleurs, parce que la discussion m'en paroissoit difficile, & qu'elle n'étoit nullement nécessaire au développement des propriétés de la lumière que j'avois à examiner: mais comme elle peut donner lieu à des découvertes tendantes à perfectionner la théorie de l'Optique, sur-tout relativement à la constitution des parties des corps d'où dépendent leurs couleurs & leur transparence; je vais m'occuper de cette matière. Pour la traiter avec clarté & précision, je commencerai par exposer mes observations principales; puis j'examinerai les conséquences qu'on doit en tirer, & l'application qu'on doit en faire.

I. OBSERVATION. Ayant joint deux prismes de façon que leurs côtés, qui étoient légèrement convexes, pussent se toucher, je les pressai; & l'endroit du contact, où la lame d'air intermédiaire étoit très-mince, devint

(41) Lames très-minces,

transparent comme s'ils eussent formé un seul morceau de verre. Là, toute la lumière incidente paroissoit transmise, de sorte qu'on y appercevoit une tache noire : il n'y avoit donc que fort peu de lumière réfléchie à raison de l'obliquité de son incidence sur la lame d'air. A travers la tache noire, qui ressembloit à un trou, on pouvoit distinguer les objets, qu'on ne distinguoit point à travers les autres parties où il y avoit de l'air interposé. Quoique les verres fussent un peu convexes, cette tache étoit pourtant fort large : ce qui provenoit sur-tout de ce que leurs parties comprimées fléchissoient en dedans, puisqu'elle augmentoit en largeur à mesure que la pression devenoit plus forte.

II. OBSERVATION. En tournant les prismes sur leur axe commun, la lame d'air devint si peu inclinée aux rayons incidents, que quelques-uns commencèrent à être transmis : alors parurent sur cette lame plusieurs arcs déliés, à peu près conchoïdaux, & de différentes couleurs. En continuant à tourner les prismes, ces arcs s'étendirent peu à peu jusqu'à former des

Fig. 46.

anneaux autour de la tache ; puis ils se referrèrent & diminuèrent de plus en plus.

Lorsque ces arcs commencèrent à paroître, ils étoient bleus & violets ; mais il y avoit entre eux des arcs blancs, dont les bords internes étoient un peu colorés de rouge & de jaune tandis qu'on faisoit tourner les prismes, leurs bords externes étant comme frangés de bleu. Ainsi, à partir de la tache centrale, ils se trouvoient dans cet ordre : blanc, bleu, violet ; noir, rouge, orangé, jaune, blanc, bleu, violet, &c. De ces anneaux le bleu & le violet étoient beaucoup moins foibles que le jaune & le rouge.

A mesure que les prismes tournoient sur leur axe, les anneaux colorés se rétrécirent toujours davantage, & de chaque côté s'approchèrent du blanc jusqu'à s'y confondre : après quoi ils ne parurent plus que noirs & blancs. Alors continuoit-on à tourner les prismes ? les couleurs ressortoient du blanc ; le violet & le bleu par le bord interne, le rouge & le jaune par le bord externe : de sorte que depuis la tache centrale, les anneaux paroissoient dans cet ordre ; blanc, jaune, rouge ; noir, violet, bleu, blanc, jaune, rouge ; c'est à dire, dans

un ordre diamétralement opposé à celui qu'ils avoient d'abord.

III. OBSERVATION. Tant qu'ils paroissent noirs & blancs, en tout ou en partie, ils étoient distincts & bien terminés; les noirs n'ayant pas moins d'intensité que la tache centrale: leurs couleurs qui commençoient à sortir des bords du blanc étoient de même assez distinctes. Ainsi, on en appercevoit un grand nombre: j'en ai compté quelquefois jusqu'à trente successions (chaque anneau noir & blanc pris pour une); sans parler des autres qui m'échappoient par leur petitesse. Mais aussi tôt que les prismes cessoient de se trouver dans la position où les anneaux paroissent colorés, je n'en distinguois plus que huit ou neuf; les extérieurs devenant aussi foibles que confus.

Pour que les anneaux ne parussent que noirs & blancs, il falloit tenir l'œil à une distance assez considérable. Si on le tenoit plus proche, quoiqu'également incliné au plan des anneaux; on voyoit sortir du blanc une couleur bleuâtre, qui anticipoit de plus en plus sur le noir, rendoit les anneaux moins distincts, & lais-

soit le blanc un peu coloré de rouge & de jaune. Je trouvai aussi qu'en regardant à travers un trou oblong, plus étroit que la pupille, mais placé fort près de l'œil & parallèlement aux prismes, je distinguois très-bien les anneaux, & j'en appercevois un plus grand nombre.

IV. OBSERVATION. Afin de mieux observer l'ordre des couleurs qui sortoient des anneaux blancs, à mesure que les rayons devenoient moins inclinés à la lame d'air, je pris deux objectifs ; l'un plan-convexe, d'environ 14 pieds de foyer ; l'autre bi-convexe, d'environ 50 pieds de foyer : j'appliquai le côté plan du premier sur l'un des côtés du dernier, & comprimai légèrement ces verres pour faire paroître tour à tour les couleurs au milieu des anneaux ; puis je les détachai doucement pour faire ensuite disparaître ces couleurs tour à tour,

En les comprimant à certain degré, la couleur qui paroissoit au milieu des autres étoit presque uniforme de la circonférence au centre.

En les comprimant davantage, cette couleur s'élargissoit, jusqu'à ce que de son centre sortît

une nouvelle couleur, qui la changeoit en anneau.

En les comprimant davantage encore, le diamètre de cet anneau augmentoit, & la largeur de son périmètre diminuoit, jusqu'à ce qu'une nouvelle couleur sortît du centre de la dernière. Et ainsi de suite, tant que la couleur centrale n'étoit pas remplacée par la tache noire.

Au contraire, en détachant insensiblement le verre supérieur de l'inférieur, le diamètre des anneaux diminuoit & la largeur de leur périmètre augmentoit, jusqu'à ce que chacune de leurs couleurs parvint successivement au centre. Alors elles étoient d'une largeur considérable; je les distinguois avec plus de facilité, & je reconnus que leur succession se faisoit dans cet ordre.

Après la tache centrale, formée par le contact des verres, venoient le bleu, le blanc, le jaune, & le rouge. Le bleu & le violet étoient si foibles, que je ne pouvois les distinguer dans les anneaux formés par les prismes. Pour le jaune & le rouge, ils étoient assez abondants, & occupoient à peu près autant d'espace que le

blanc, & quatre ou cinq fois autant que le bleu.

Les couleurs qui entouroient immédiatement ces anneaux étoient le violet, le bleu, le vert, le jaune, & le rouge; couleurs routes assez vives, au vert près: mais le violet sembloit moins abondant que le bleu; & le bleu, moins abondant que le jaune ou le rouge.

La troisième suite des couleurs étoit formée du pourpre, du bleu, du vert, du jaune, & du rouge: mais le pourpre paroissoit plus rougeâtre que le violet de la suite précédente; & le vert, aussi vif & aussi abondant qu'aucune des autres couleurs, excepté le jaune: quant au rouge, il commençoit à se ternir un peu, tirant fort sur le pourpre.

La quatrième suite étoit composée de vert & de rouge. Le vert, fort abondant & fort vif, tiroit d'un côté sur le bleu; de l'autre, sur le jaune: il ne s'y trouvoit ni jaune, ni violet, ni bleu; & le rouge étoit fort imparfait.

Quant aux couleurs qui succédoient à celles-ci, elles s'affoiblissoient & s'altéroient de plus en

plus, jusqu'à former, après trois ou quatre révolutions, un blanc imparfait.

Tandis que les verres étoient assez comprimés pour faire paroître noire la tache centrale, les couleurs prirent la forme que représente la figure 47 où *a, b, c, d, e; f, g, h, i, k; l, m, n, o, p; q, r; s, t; u, x; y, z*, désignent les couleurs suivantes à commencer par le centre; noir, bleu, blanc, jaune, rouge; violet, bleu, vert, jaune, rouge; pourpre, bleu, vert, jaune, rouge; vert, rouge; bleu-verdâtre, rouge; bleu-verdâtre, rouge-pâle; bleu-verdâtre, blanc-rougeâtre.

V. OBSERVATION. Désirant déterminer l'épaisseur de la lame d'air qui séparoit les verres & qui produisoit chaque couleur, je mesurai le diamètre des six premiers anneaux à l'endroit le plus brillant de leurs orbites; & je trouvai que leurs quarrés étoient en progression arithmétique des nombres impairs 1, 3, 5, 7, 9, 11. Comme l'un des côtés de ces verres étoit plan, l'autre convexe; leurs intervalles, aux endroits où paroissoient les anneaux, devoient être en même progression. Je mesurai

aussi les diamètres des anneaux obscurs qui séparoient les couleurs les plus brillantes; & je trouvai que leurs quartés étoient en progression arithmétique des nombres pairs 2, 4, 6, 8, 10, 12. La détermination de ces mesures n'étant pas moins délicate que difficile, je les pris à différentes fois & sur différentes parties des verres, afin que l'uniformité des résultats pût faire preuve de leur justesse. C'est de cette méthode que je me suis servi dans quelques-unes des observations suivantes.

VI. OBSERVATION. Le diamètre du sixième anneau, mesuré à l'endroit le plus brillant de son orbite, étoit de $\frac{58}{100}$ de pouce; & le diamètre de sphéricité du côté convexe de l'objectif étoit environ de 102 pieds: d'où je déduisis l'épaisseur de la lame d'air intermédiaire qui formoit cet anneau. Mais soupçonnant que le diamètre de sphéricité n'étoit pas déterminé avec assez d'exactitude; incertain d'ailleurs si le côté, supposé plan, de l'autre objectif n'étoit pas un peu concave ou convexe, & si je n'avois pas comprimé les

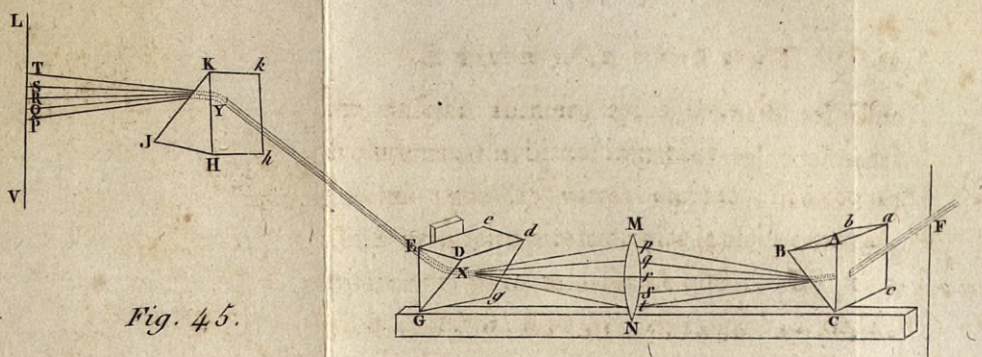
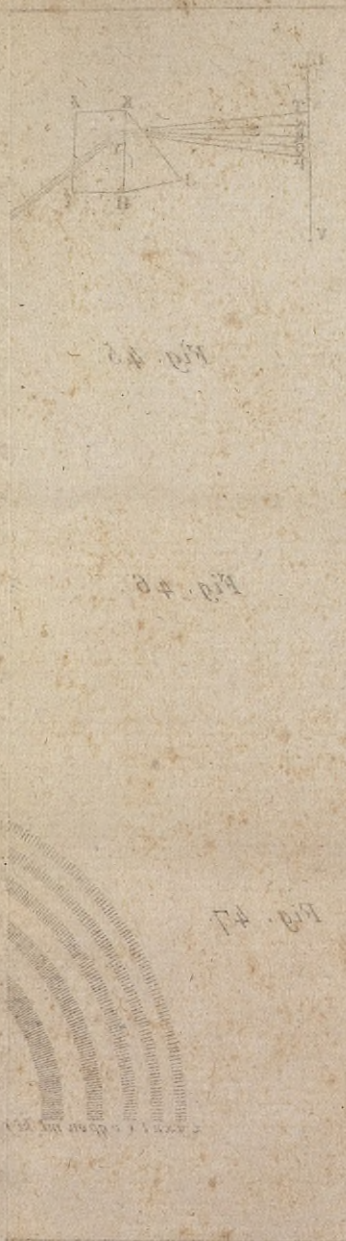


Fig. 45.

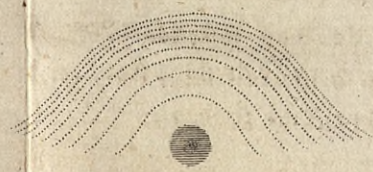
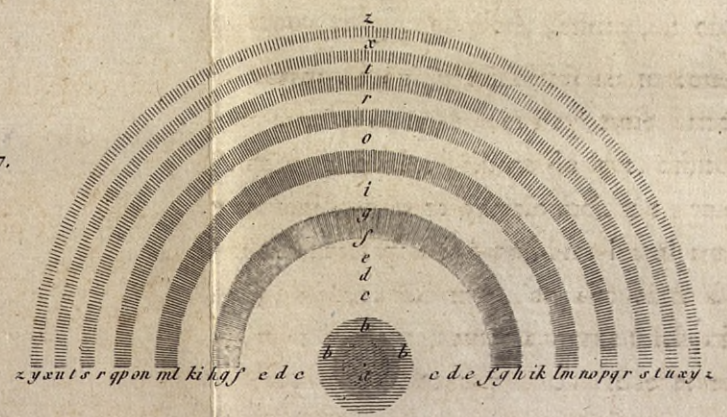
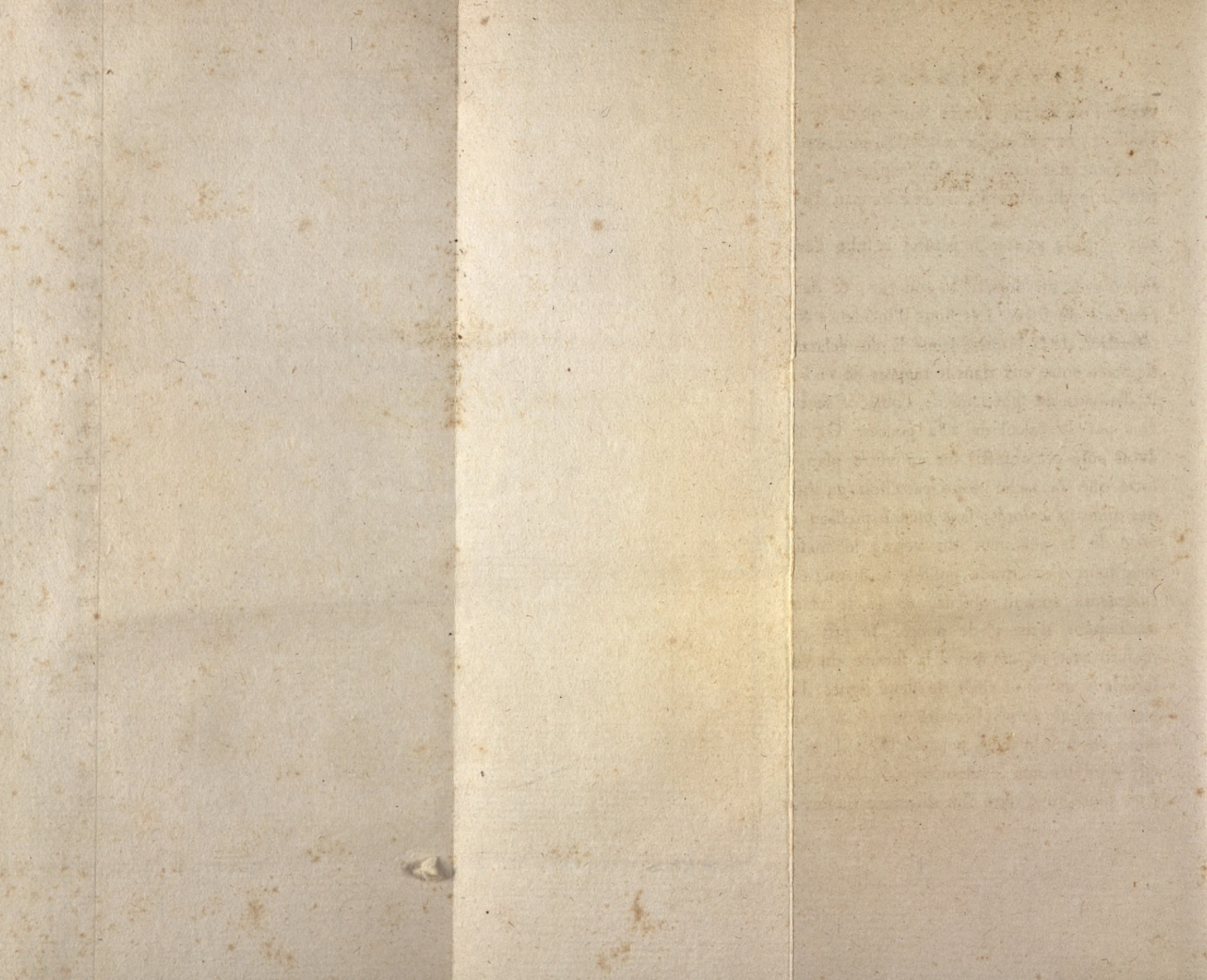


Fig. 46.

Fig. 47.





verres l'un contre l'autre pour qu'ils se touchassent, ce qui auroit rendu les anneaux sensiblement plus larges; je refis l'expérience, & je trouvai le diamètre du sixième anneau d'environ $\frac{55}{100}$ de pouce. Je répétai ensuite l'expérience avec un objectif bi-convexe, & de 8; pouces $\frac{2}{5}$ de foyer. Les sinus d'incidence & de réfraction de la lumière jaune la plus éclatante, supposés entre eux dans le rapport de 11 à 17; le diamètre de sphéricité de l'objectif se trouve par le calcul de 182 pouces. Or après avoir posé cet objectif sur un verre plan, de sorte que la tache noire paroïssoit au milieu des anneaux colorés, sans aucune pression que celle de la pesanteur du verre; je mesurai avec toute l'exactitude possible le diamètre du cinquième anneau obscur, & je le trouvai exactement d'un 5^e de pouce. Je pris cette mesure avec un compas à la surface du verre supérieur qui étoit épais de deux lignes, l'œil placé presque perpendiculairement & à la distance de huit à neuf pouces. D'où il est facile d'inférer que le diamètre réel de l'anneau étoit plus grand que son diamètre mesuré de

la forte, environ dans le rapport de 80 à 79^o

Il étoit donc égal aux $\frac{16}{79}$ parties d'un pouce ;

& son demi-diamètre réel, aux $\frac{8}{79}$ parties.

Or le diamètre de la sphère, qui avoit 182

pouces, étoit au demi-diamètre de ce cinquième

anneau obscur, qui avoit $\frac{8}{79}$ parties de pouce ;

comme ce demi-diamètre est à l'épaisseur de

l'air à l'endroit où paroïssoit cet anneau : cette

épaisseur se trouvoit donc de $\frac{32}{567,931}$ ou de

$\frac{100}{1,774,784}$ parties de pouce ; tandis que l'épais-

seur de l'air à l'endroit du premier de ces an-

neaux obscurs se trouvoit de $\frac{1}{83,739}$ partie.

Je répétai ces expériences avec un autre ob-

jectif bi-convexe, & travaillé sur une sphère

de 184 pouces. Cet objectif posé sur le verre

plan, je trouvai que le diamètre du cinquième

des anneaux obscurs étoit de $\frac{121}{600}$ parties de

pouce (42) ; par conséquent de $\frac{1222}{6000}$ à l'en-

(42) Mesure prise avec le compas à la surface supérieure, lorsque, sans avoir comprimé les verres, la tache noire parut nettement au centre des anneaux.

droit où il paroiffoit : car l'objectif fupérieur avoit un 8^e de pouce d'épaiffeur. Or le diamètre de cette fphère étant au demi-diamètre de cet anneau, comme la moitié du demi-diamètre de cet anneau eft aux $\frac{5}{88,850}$ parties d'un pouce; l'épaiffeur de l'air à l'endroit où paroiffoit le cinquième anneau avoit $\frac{5}{88,850}$ parties de pouce; & celle où paroiffoit le premier anneau, $\frac{1}{88,850}$ partie.

Je variaï l'Expérience en pofant l'objectif fur des fragments de miroir plan, & je trouvaï les mêmes dimenfions aux anneaux. Ainfi, elles feront cenfées exactes, jufqu'à ce qu'on parvienne à les déterminer plus exactement au moyen de verres travaillés fur de plus grandes fphères.

Ces mefures furent prifes, tandis que l'œil (prefque perpendiculaire aux verres, dont il étoit éloigné de huit pouces) fe trouvoit incliné d'environ 15 lignes aux rayons incidents; de forte que ces rayons étoient à leur tour inclinés aux verres à peu près de 4 degrés. Mais on fentira, par l'observation fuivante, que, fi les rayons euflent été perpendiculaires aux verres,

l'épaisseur de l'air à l'endroit où paroissent ces anneaux auroit été moindre, dans le rapport du demi-diamètre à la sécante, de 4 degrés, c'est à dire dans le rapport de 10,000 à 10,024.

Or les épaisseurs, diminuant proportionnellement, se trouveront $\frac{1}{88,952}$ & $\frac{1}{89,063}$ partie de pouce, ou en nombre rond le plus approchant $\frac{1}{89,000}$ partie. Telle seroit l'épaisseur de l'air à l'endroit le plus sombre du premier anneau obscur, formé par des rayons perpendiculaires. Ainsi, la moitié de cette épaisseur multipliée par la progression arithmétique 1, 3, 5, 7, 9, 11, &c. donne les épaisseurs de l'air dans les parties les plus lumineuses de tous les anneaux blancs, savoir, $\frac{1}{178,000}$, $\frac{3}{178,000}$, $\frac{5}{178,000}$, $\frac{7}{178,000}$, &c; nombres dont les moyennes arithmétiques forment les épaisseurs de l'air dans les parties les plus sombres de tous les anneaux obscurs.

VII. OBSERVATION. Les anneaux étoient plus petits, lorsque l'œil se trouvoit dans leur

axe au dessus des verres. Vus obliquement, ils s'étendoient & continuoient de s'étendre à mesure que l'œil s'éloignoit de l'axe. En mesurant le même anneau à différentes obliquités de l'œil, & en me servant des deux prismes dans les plus grandes obliquités, je trouvai que le diamètre de chaque anneau, par conséquent l'épaisseur de l'air à son périmètre, suivait à peu près les rapports exprimés à la table suivante; où les deux premières colonnes énoncent les angles d'incidence & de réfraction, c'est à dire, les obliquités des rayons incidents & émergents à la lame d'air; tandis que la troisième colonne énonce le diamètre d'un anneau coloré quelconque dans toutes ces obliquités, en dixièmes du diamètre qu'il a lorsque les rayons sont perpendiculaires; enfin la quatrième colonne énonce l'épaisseur de l'air à la circonférence de l'anneau, en dixièmes de l'épaisseur qu'il a lorsque les rayons se trouvent perpendiculaires.

TABLE.

Angle d'incidence sur l'air.		Angle de réflexion dans l'air.		Diamètre de l'anneau.	Épaisseur de la lame d'air.
Deg.	Min.	Deg.	Min.		
00	00	00	00	10	10
06	26	10	00	$10 \frac{1}{13}$	$10 \frac{2}{13}$
12	45	20	00	$10 \frac{1}{3}$	$10 \frac{2}{3}$
18	49	30	00	$10 \frac{3}{4}$	$11 \frac{1}{2}$
24	30	40	00	$11 \frac{2}{5}$	13
29	37	50	00	$12 \frac{1}{2}$	$15 \frac{1}{2}$
33	58	60	00	14	20
35	47	65	00	$15 \frac{1}{4}$	$23 \frac{1}{4}$
37	19	70	00	$16 \frac{4}{5}$	$28 \frac{1}{4}$
38	33	75	00	$19 \frac{1}{4}$	37
39	27	80	00	$22 \frac{6}{7}$	$52 \frac{1}{4}$
40	00	85	00	29	$84 \frac{1}{10}$
40	11	90	00	35	$222 \frac{1}{2}$

De ces rapports je crois pouvoir déduire cette règle. *L'épaisseur de la lame d'air est proportionnelle à la sécante d'un angle, dont le sinus est*

est une certaine moyenne proportionnelle entre le sinus d'incidence & celui de réfraction. Moyenne proportionnelle qui me paroît être la première de 106 moyennes proportionnelles arithmétiques entre ces sinus, à compter du plus grand sinus, c'est à dire, de celui de réfraction lorsque les rayons passent du verre dans la lame d'air, ou de celui d'incidence lorsque les rayons passent de la lame d'air dans le verre.

VIII. O B S E R V A T I O N. La tache noire centrale regardée obliquement augmentoit aussi, mais fort peu. Ayant substitué des prismes aux objectifs, elle augmenta davantage, toutefois lors seulement qu'on la regardoit assez obliquement pour qu'il ne parût aucune couleur autour. Jamais elle n'étoit plus petite, que lorsque les rayons tomboient fort obliquement sur l'air intermédiaire; & à mesure que l'obliquité diminuoit, elle alloit en augmentant; jusqu'à ce que les anneaux colorés vinsent à paroître; puis elle diminuoit, mais par degrés moins rapides qu'elle n'avoit augmenté. D'où il est évident que la transparence n'avoit pas simplement lieu aux points de contact des

verres, mais aux points contigus où ces verres étoient très-peu séparés. J'ai observé par fois que le diamètre de la tache centrale, regardée presque perpendiculairement, fesoit un peu plus des $\frac{2}{5}$ & environ la moitié de la circonférence extérieure de l'anneau rouge dans la première suite d'anneaux colorés : mais lorsqu'on la regardoit obliquement, elle disparoiffoit tout à fait, réfléchissant la lumière comme les autres parties du verre. D'où l'on peut inférer qu'alors les verres se touchoient à peine, ou qu'ils ne se touchoient point du tout ; leur distance réciproque à l'endroit du périmètre de la tache, regardée perpendiculairement, étant à peu près la 5^e partie de leur distance à l'endroit de la circonférence de l'anneau rouge.

IX. OBSERVATION. En regardant à travers les deux objectifs superposés, je m'assurai que l'air intermédiaire fesoit voir des anneaux colorés, en transmettant la lumière aussi bien qu'en la réfléchissant. Alors la tache centrale étoit acoloré diaphane ; & à partir de ce centre, les couleurs des anneaux dont elle

étoit environnée paroissoient dans cet ordre : rouge , jaunâtre ; noir ; violet , bleu , blanc , jaune , rouge ; violet , bleu , vert , jaune , rouge ; &c. Mais ces couleurs étoient très-foibles , à moins que la lumière ne traversât fort obliquement les verres.

En comparant les anneaux colorés produits par la lumière transmise , aux anneaux colorés produits par la lumière réfléchie , je trouvai que le blanc étoit opposé au noir , le rouge au bleu , le jaune au violet , & le vert au pourpre. Ainsi , les parties du verre , qui vues à plomb paroissoient blanches , devenoient noires vues au travers ; tandis que celles qui dans le premier cas paroissoient blanches , dans le dernier cas paroissoient rouges. Il en étoit de même des autres couleurs , comme on le voit par la *Fig. 48.* 48^e où AB , CD représentent les surfaces des verres qui se touchent en E , où les lignes noires intermédiaires représentent les distances réciproques de ces surfaces en progression arithmétique , & où les couleurs du haut sont vues par réflexion , les couleurs du bas par transmission.

X. OBSERVATION. Ayant légèrement mouillé les bords des objectifs, il s'insinua peu à peu de l'eau entre deux; de sorte que les anneaux en devinrent plus petits & leurs couleurs plus foibles. A mesure que l'eau gaignoit, la moitié des anneaux où elle s'étoit d'abord insinuée, parut détachée de l'autre moitié & resserrée dans un plus petit espace. Ayant mesuré ces anneaux, la proportion de leurs diamètres aux diamètres de pareils anneaux produits par une lame d'air se trouva à peu près celle de 7 à 8 : par conséquent les intervalles des verres, aux endroits d'anneaux semblables produits par ces deux milieux, sont à peu près comme 3 à 4.

Peut-être pourroit-on poser en règle générale, que, si quelque autre milieu, plus ou moins dense que l'eau, se trouvoit entre deux verres comprimés, les intervalles de ces verres, aux endroits des anneaux produits par ce milieu-là, seroient aux intervalles des mêmes verres aux endroits de pareils anneaux produits par l'air interposé, comme sont entre eux les sinus mesurant la réfraction qui se fait de ce milieu dans l'air.

XI. OBSERVATION. Tant que l'eau étoit entre les verres, si je pressois celui de dessus par ses bords pour faire passer les anneaux d'un endroit à un autre, une petite tache blanche suivoit immédiatement leur centre : mais l'eau d'alentour venant à s'insinuer à cet endroit, la tache disparoissoit aussi tôt, & offroit les couleurs qu'auroit produites l'air interposé. L'air interposé, ai-je dit : ce n'étoit pourtant pas de l'air, puisque les bulles qui s'élevoient dans l'eau ne fesoient pas disparoître ces couleurs. Ainsi, un milieu plus subtil, & susceptible de s'échapper à travers les verres pour faire place à l'eau, causoit la réflexion,

XII. OBSERVATION. Ces Observations furent faites au grand jour. Mais pour examiner encore avec plus de soin ces effets de lumière, j'obscurcis la chambre, & je regardai les verres que je venois d'illuminer par les couleurs prismatiques réfléchies de dessus une feuille de papier blanc, l'œil placé de manière à voir dans ces verres comme dans un miroir l'image du papier ainsi éclairé. Par cette méthode, les anneaux devinrent

plus distincts, & j'en découvris un plus grand nombre : j'en ai distingué quelquefois jusqu'à vingt; au lieu qu'au grand jour, je n'ai jamais pu en distinguer que huit ou neuf.

XIII. OBSERVATION. Tandis qu'on fesoit mouvoir un prisme autour de son axe, pour faire successivement tomber les couleurs prismatiques sur la partie du papier que je voyois réfléchie à l'endroit des verres où paroissent les anneaux, l'œil restant immobile; je trouvai que les anneaux rouges étoient plus grands que les bleus & les violets. L'intervalle des verres à l'endroit d'un anneau du plus beau rouge, étoit à leur intervalle à l'endroit de l'anneau correspondant du plus beau violet, dans la proportion de 14 à 9; proportion à peu près la même, quelle que fût l'obliquité de l'œil, à moins qu'on ne substituât des prismes aux objectifs. Alors, à certaine obliquité, les anneaux formés par différentes couleurs étoient égaux : à une obliquité (43) plus con-

(43) Il y avoit plaisir à les voir se dilater ou se contracter à mesure que la couleur des rayons venoit à changer.

fidérable, ceux qui étoient formés par le violet étoient plus grands que les anneaux correspondants formés par le rouge ; dans ce cas, la réfraction du prisme fesoit que les rayons les plus réfrangibles tomboient sur la lame d'air plus obliquement que les rayons les moins réfrangibles. D'où l'on peut inférer que, si les uns & les autres avoient été assez nombreux pour rendre les anneaux sensibles sans mélange, la proportion auroit été un peu plus forte que celle de 14 à 9.

XIV. OBSERVATION. Tandis que le prisme tournoit d'une manière uniforme, pour projeter successivement les rayons hétérogènes sur les objectifs, & faire que les anneaux se contractassent ou se dilatassent ; je trouvai que la contraction ou la dilatation étoit & plus grande & plus prompte dans les rouges que dans les jaunes, dans les jaunes que dans les bleus, & dans les bleus que dans les violets. Pour en déterminer les rapports avec toute l'exactitude possible, j'observai que la contraction ou la dilatation du diamètre d'un anneau quelconque formé par toutes les nuances du rouge,

étoit à la contraction ou dilatation du diamètre du même anneau formé par toutes les nuances du violet, à peu près comme 4 est à 3 ou 5 à 4. J'observai encore que, lorsque les rayons étoient d'une teinte entre le jaune & le vert, le diamètre de l'anneau étoit à peu près une moyenne arithmétique entre le plus grand diamètre de l'anneau correspondant produit par les rouges les plus extérieurs, & son plus petit diamètre produit par les violets les plus extérieurs. Ce qui est totalement opposé à ce qui arrive aux couleurs du spectre, où le rouge se trouve le plus contracté, le violet le plus dilaté, & où les confins du vert & du bleu sont au milieu des couleurs. Il suit de là que les différentes épaisseurs de la lame d'air aux endroits où les confins (44) des couleurs primitives produisent les anneaux, sont entre elles comme les racines cubiques des quarrés des longueurs du monochorde, qui rendent ces tons de

(44) C'est à dire, par le rouge le plus externe, par les confins du rouge & du jaune au milieu de l'orangé, par les confins du jaune & du vert, par les confins du vert & du bleu, par les confins du bleu & du violet au milieu de l'indigo, & par l'extrémité du violet.

l'octave *sol*, *la*, *fa*, *sol*, *la*, *mi*, *fa*,
sol; c'est à dire, comme les racines cubiques
 des carrés des nombres 1, $\frac{8}{9}$, $\frac{5}{6}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{5}$,
 $\frac{9}{16}$, $\frac{1}{2}$.

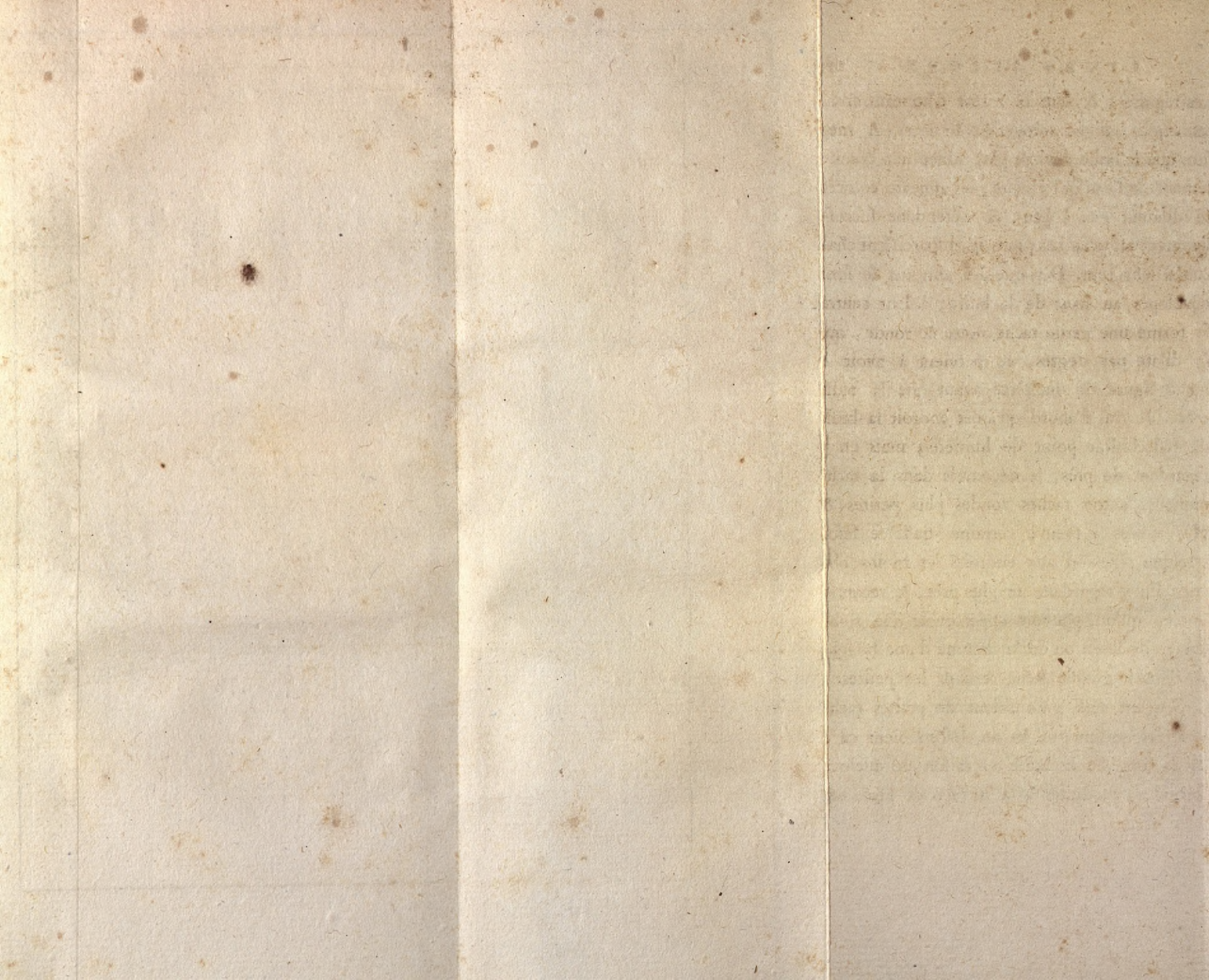
XV. OBSERVATION. On sent bien que
 ces anneaux étoient de la couleur des rayons
 projetés sur l'objectif. En y projetant successive-
 ment les rayons hétérogènes immédiatement à
 leur émergence du prisme, je reconnus que
 ceux qui tomboient sur les espaces obscurs,
 entre les anneaux colorés, traversoient les verres
 sans changer de couleur. Car si on les recevoit
 sur un papier blanc, ils y peignoient des an-
 neaux colorés semblables aux anneaux qui étoient
 réfléchis, & de même grandeur que les espaces
 moyens qui les transmettoient. Ce qui prouve
 évidemment que la lame d'air intermédiaire est
 disposée, suivant son épaisseur, à réfléchir ou à
 transmettre en certains endroits les rayons de
 lumière quelle que soit leur couleur (voyez la
 figure 49); de même qu'à réfléchir les rayons
 d'une couleur, au même endroit où elle laisse
 passer les rayons d'une autre couleur,

Fig. 49.

XVI. OBSERVATION. Les quarrés des diamètres de ces anneaux formés par une couleur prismatique quelconque, étoient en progression arithmétique, comme dans la V OBSERVATION. Et le diamètre du sixième anneau jaune citron, vu presque perpendiculairement, avoit à peu près $\frac{58}{100}$ de pouce, ou un peu moins, conformément à la VI OBSERVATION.

Les Observations précédentes ont été faites sur une lame fort mince d'un milieu très-rare terminé par un plus dense, tel que l'eau ou l'air compris entre deux verres. Dans celles qui suivent on verra les phénomènes que présentent de minces lames d'un milieu plus dense environné d'un plus rare, telles que les exfoliations du talk de Moscovie, & les bulles de savon, environnées d'air.

XVII. OBSERVATION. Une bulle de savon, quelque temps après avoir été soufflée, offre une grande variété de couleurs. Si on la couvre d'une mince timbale de verre pour la mettre à couvert de l'agitation de l'air, ces différentes couleurs paroîtront dans un ordre



très-régulier, & sous la forme d'anneaux concentriques rangés autour du sommet. A mesure que la bulle devient plus mince par l'écoulement de l'eau qui gravite, les anneaux colorés se dilatent peu à peu, & s'étendent successivement jusqu'au bas; puis ils disparaissent chacun à leur tour. Dès que les anneaux se sont développés au haut de la bulle; à leur centre se forme une petite tache noire & ronde, qui se dilate par degrés, & parvient à avoir 6 ou 8 lignes de diamètre avant que la bulle crève. Je crus d'abord qu'à cet endroit la bulle ne réfléchissoit point de lumière; mais en y regardant de près, je découvris dans la tache plusieurs autres taches rondes plus petites & plus noires; preuve certaine qu'il se faisoit quelque réflexion aux endroits les moins obscurs. En y regardant de plus près, je reconnus encore qu'on pouvoit appercevoir une foible image du soleil ou de la flamme d'une bougie, & dans la grande tache & dans les petites.

Souvent aussi paroissoient de petites taches colorées qui montoient ou descendoient çà & là le long de la bulle, à raison de quelques inégalités produites à la surface de l'eau tan-

dis qu'elle s'écouloit. Quelquefois même il se trouvoit des taches noires sur les côtés de la bulle, qui montoient vers la grande tache noire & s'y réunissoient.

XVIII. OBSERVATION. Comme ces anneaux colorés étoient plus étendus, plus vifs, & plus distincts, que ceux que fait voir la lame d'air comprise entre deux verres; voici l'ordre exact dans lequel ils venoient à paroître au grand jour, après qu'on avoit mis un corps noir derrière la bulle: rouge bleu; rouge, bleu; rouge, bleu; rouge, vert; rouge, jaune, vert, bleu, pourpre; rouge, jaune, vert, bleu, violet; rouge, jaune, blanc, bleu, noir.

Dans les trois premières suites d'anneaux, il n'y avoit guères d'autres couleurs sensibles, que le rouge & le bleu: ces couleurs étoient fort foibles & indécises; surtout dans la première suite, où le bleu tiroit même un peu sur le vert.

Le rouge de la quatrième suite étoit pareillement foible & indécis, mais un peu moins. Puis venoit peu ou point de jaune; & beaucoup de vert de saule vif, qui d'abord tiroit sur le jaune, puis sur le bleu.

Dans la cinquième suite, le rouge qui d'abord tiroit sur le pourpre devint plus vif. A ce rouge succédoit un peu de jaune foncé, fort éclatant; mais bientôt il se changea en vert plus intense & plus vif que le précédent. Après cela venoient un excellent bleu, un bleu céleste très-éclatant, & un pourpre rouge plus abondant que le bleu.

Dans la sixième suite, le rouge, d'abord écarlate & fort vif, acquit encore de l'éclat, & devint bientôt le plus beau de tous. Un brillant orangé suivoit le rouge, & précédoit un jaune abondant intense, & le plus beau de tous. Le jaune devint ensuite verdâtre, puis bleuâtre. Les couleurs qui parurent immédiatement après, étoient le bleu & le violet: le bleu étoit azur fort vif; & le violet, moins abondant que le bleu, étoit foncé.

Dans la dernière suite, le rouge, d'abord écarlate tirant sur le violet, se changea en une couleur plus brillante tirant sur l'orangé; & le jaune, qui suivoit, s'affoiblit jusqu'à se perdre dans le blanc. Si l'eau se trouvoit fort chargée de savon bien dissout, ce blanc s'étendoit lentement sur la plus grande partie de la bulle, devenant

toujours plus pâle vers le haut, où enfin il se fendoit en plusieurs endroits. A mesure que ces fentes se dilatoient, elles paroissoient d'un bleu céleste foncé. A l'égard du blanc qui se trouvoit entre les taches bleues, il forma un réseau irrégulier, & disparut, laissant colorée en bleu obscur toute la partie supérieure de la bulle. Vers la partie inférieure, ce bleu se dilatoit comme avoit fait le blanc, quelquefois jusqu'à l'enveloper entièrement. Mais le haut, qui étoit d'un bleu plus obscur que le bas, offroit plusieurs taches rondes d'un bleu plus sombre encore, & plusieurs taches fort noires, au milieu desquelles on en distinguoit d'autres encore plus obscures. Ces dernières ne cessoient de se dilater, jusqu'à ce que la bulle vînt à crever.

Si l'eau se trouvoit peu chargée de savon, dans le blanc paroissoient des taches noires sans mélange de bleu : quelquefois elles paroissoient dans le jaune, le rouge, ou le bleu, avant que les couleurs moyennes eussent le temps de se développer.

Ainsi, on voit la grande affinité qu'il y a entre ces couleurs & celles qu'offre une lame

d'air, quoique rangées en ordre inverse : parce que les premières commencent à paroître quand la bulle a le plus d'épaisseur, & qu'il est plus commode de les compter depuis la partie la plus basse, c'est à dire, la plus épaisse, jusqu'à la partie la plus élevée de la bulle.

XIX. OBSERVATION. En examinant les anneaux colorés qui paroissoient au haut de la bulle, je reconnus qu'ils se dilatoient sensiblement à mesure que l'obliquité de l'œil augmentoit ; mais beaucoup moins que les anneaux (DE LA VII. OBSERVATION) formés par une très-mince lame d'air. Ceux-ci, vus le plus obliquement qu'il étoit possible, se dilatoient si fort qu'ils arrivoient à une partie de la lame d'air, au moins douze fois plus épaisse que la partie où ils paroissoient quand ils étoient vus perpendiculairement ; au lieu que dans ceux-là, le rapport des épaisseurs de la lame d'eau étoit un peu moindre que celui de 8 à 5, ou plus tôt de 15 à 10. La dilatation des derniers étoit donc 24 fois moindre que la dilatation des premiers.

Quelquefois la bulle devenoit d'une épais-

leur uniforme, excepté vers son sommet; ce que j'inférai de ce que la bulle présentoit les mêmes couleurs, quelle que fût la position de l'œil. Mais celles qu'on appercevoit à sa circonférence par les rayons les plus obliques, étoient différentes de celles qu'on appercevoit en d'autres endroits par des rayons moins obliques. Une même partie de la bulle, vue sous des obliquités différentes, paroissoit aussi de différentes couleurs. Or considérant combien (à raison de ces différentes obliquités) les couleurs varioient aux mêmes endroits de la bulle, & aux différents endroits d'égale épaisseur; je conclus, des OBSERVATIONS IV. XIV. XVI. ET XVIII, que l'épaisseur, requise pour faire paroître à différentes obliquités une seule & même couleur, est à peu près dans les rapports énoncés par cette table.

TABLE

TABLE.

Incidence des rayons sur l'eau.		Réflexion des rayons de dessus l'eau.		Épaisseur de l'eau.
Deg.	Min.	Deg.	Min.	
00	00	00	00	10
15	00	11	11	10 $\frac{1}{4}$
30	00	22	1	10 $\frac{4}{5}$
45	00	32	2	11 $\frac{4}{5}$
60	00	40	30	13
75	00	46	25	14 $\frac{1}{2}$
90	00	48	35	15 $\frac{1}{5}$

Aux deux premières colonnes se voient les obliquités des rayons à la surface de l'eau, c'est à dire, les angles d'incidence & de réfraction, leurs sinus supposés en nombres ronds comme 3 à 4.

A la troisième colonne se voit l'épaisseur de la bulle, qui offre une couleur quelconque dans ces différentes obliquités, exprimées en

dixièmes de l'épaisseur propre à produire cette couleur lorsque les rayons sont perpendiculaires. La règle qui résulte de la VII OBSERVATION bien appliquée s'accorde au mieux avec ces mesures : en voici l'énoncé. L'épaisseur d'une lame d'eau , requise pour produire une seule & même couleur à différentes obliquités de l'œil , est proportionnelle à la sécante d'un angle dont le sinus est la première de 106 moyennes proportionnelles arithmétiques entre les sinus d'incidence & de réfraction ; à partir du plus petit sinus , c'est à dire , de celui de réfraction lorsque le rayon passe de l'air dans l'eau , & réciproquement.

J'ai observé par fois que les couleurs apparentes sur l'acier poli ou quelque autre substance métallique , incandescente ou fondue & refroidie à l'air libre , changent un peu lorsqu'on les voit sous différentes obliquités , comme font celles des bulles de savon. Le bleu foncé & le violet , par exemple , regardés fort obliquement , se changent en rouge foncé. Mais ces changements sont moins considérables que ceux qui arrivent aux couleurs produites par l'eau : car la partie vitrifiée , qui couvre la

surface de la plupart des métaux incandescents ou fondus, est beaucoup plus dense que l'eau; or le changement des couleurs qui tient à l'obliquité de l'œil est moindre, à mesure que la lame d'où elles résultent est plus dense.

XX. OBSERVATION. Dans cette Observation, comme dans la IX, la lumière transmise & la lumière réfléchie colorent différemment la bulle. La bulle réfléchissoit-elle à l'œil la clarté du ciel? elle paroïssoit rouge à sa circonférence; puis elle paroïssoit bleue dès qu'on regardoit le ciel à travers ses parois. Au contraire lorsque la lumière réfléchie la fesoit paroître bleue, la lumière transmise la fesoit paroître rouge.

XXI. OBSERVATION. En mouillant de fort minces plaques de talc de Moscovie, je vis devenir plus foibles les couleurs qu'elles offroient; à cela près je n'y apperçus aucun changement. Ce qui fait qu'une plaque à l'épaisseur requise pour produire certaine couleur, est donc uniquement la densité de cette lame, non la densité du milieu ambiant. On peut

s'assurer, par les OBSERVATIONS X & XVI, de quelle épaisseur font les bulles d'eau de savon, les plaques de talc de Moscovie, &c, à l'endroit où elles produisent telle & telle couleur.

XXII. OBSERVATION. Un corps mince diaphane, plus dense que le milieu ambiant, fait voir des couleurs plus éclatantes qu'un corps proportionnellement plus rare que ce milieu, comme je l'ai sur-tout observé à l'égard de l'air & du verre: car des bulles de verre très-mince, environnées d'air, font voir des couleurs beaucoup plus vives que ne font des lames d'air comprises entre deux verres,

XXIII. OBSERVATION. Comparant la lumière réfléchie de différents anneaux, je trouvai qu'elle alloit en diminuant du supérieur aux inférieurs: mais la blancheur du premier anneau étoit plus vive que la blancheur des parties de la plaque qui étoient au delà des anneaux; comme je m'en assurai en regardant de loin des anneaux formés par deux objectifs, & en comparant deux bulles d'eau

de façon soufflées à tels intervalles , que dans l'une la blancheur parut après toutes les couleurs, & avant toutes les couleurs dans l'autre.

XXIV. OBSERVATION. Ayant formé des anneaux colorés à l'aide de deux objectifs , quoiqu'il me fût impossible d'en distinguer à œil nud plus de huit ou neuf , j'en appercevois bien davantage en les regardant à travers un prisme. Souvent il m'est arrivé d'en compter plus de quarante , sans parler de plusieurs autres si petits qu'il n'y avoit pas moyen de les distinguer. Mais à en juger par l'espace qu'ils occupoient , il y en avoit plus de cent. En perfectionnant cette Expérience , on pourroit sans doute en découvrir beaucoup plus encore ; car le nombre en paroît illimité , quoiqu'ils ne deviennent visibles qu'autant que la réfraction prismatique les sépare , comme j'en dirai la raison ci-après.

Du reste , le seul côté distinct de ces anneaux étoit celui vers lequel se fesoit la réfraction : l'autre côté sembloit même plus confus qu'à vûe simple ; de sorte qu'on n'y distinguoit

ordinairement qu'un ou deux anneaux des huit ou neuf qui paroissent nettement à œil nud; quelquefois même on n'en pouvoit pas distinguer un seul. Quant aux arcs qui paroissent distinctement, la plupart n'excèdent pas le tiers du cercle. Si la réfraction étoit fort grande ou le prisme fort éloigné des objectifs, le milieu de ces arcs se brouilloit aussi jusqu'à disparaître & à devenir blanc; tandis que leurs extrémités, de même que les arcs entiers les plus éloignés du centre, paroissent plus distincts qu'auparavant, & affectoient la forme représentée par la *Fig. 50.*

Fig. 50.

Aux endroits où ces arcs paroissent avec le plus de netteté, ils n'étoient que blancs & noirs alternativement. Mais à d'autres endroits, ils offroient des couleurs dont l'ordre étoit renversé par la réfraction: de manière que, si le prisme, tenu d'abord fort près des verres, s'en éloignoit par degrés en s'approchant de l'œil; les couleurs du second, du troisième, & du quatrième anneaux se contractoient vers le blanc qui se formoit entre eux, jusqu'à ce que s'évanouissant au milieu des arcs, elles reparoissent ensuite dans un ordre diamétra-

lement opposé. Mais aux extrémités des arcs leur ordre étoit invariable.

Je plaçai quelquefois deux objectifs l'un sur l'autre, de manière qu'à œil nud tous les anneaux paroissent d'une blancheur parfaite : mais alors il suffisoit de les regarder au travers d'un prisme pour en découvrir un grand nombre de colorés. De même, en regardant à travers un prisme des plaques de talc de Moscovie, & des bulles de verre trop peu minces pour paroître colorées à œil nud, j'y ai découvert une grande variété de couleurs, régulièrement rangées de tous côtés en forme d'ondes. La même chose m'est arrivée à l'égard des bulles de savon; avant qu'on eût commencé d'en découvrir les couleurs à œil nud, elles ont paru, à travers un prisme, environnées d'un grand nombre d'anneaux horizontalement parallèles. Mais pour bien observer ces phénomènes, il falloit tenir le prisme à peu près parallèlement à l'horizon, & le disposer de manière que les rayons fussent réfractés de bas en haut.

LIVRE SECOND.

SECONDE PARTIE.

REMARQUES sur les Observations
précédentes.

APRÈS avoir exposé mes Observations sur les couleurs apparentes des corps minces diaphanes, & avant de m'en servir à développer les causes des couleurs constantes des corps, il est à propos d'expliquer les plus composées par les plus simples; telles que les II, III, IV, IX, XII, XVIII, XX, & XXIV.

Et d'abord, pour faire voir comment les couleurs sont produites dans la IV & la XVIII, prenez sur une droite quelconque, depuis le point Y, les longueurs YA, YB, YC, YD, YE, YF, YG, YH, proportionnelles entre elles comme les racines cubiques des carrés des nombres $\frac{1}{2}$, $\frac{9}{16}$, $\frac{3}{5}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{5}{6}$, $\frac{8}{9}$, 1, qui

représentent les longueurs du monochorde rendant tous les tons de l'octave, c'est à dire, proportionnelles aux nombres 6300, 6814, 7114, 7631, 8255, 8855, 9243, 10000. Ensuite sur les points A, B, C, D, E, F, G, H, élevez les perpendiculaires $A\alpha$, $A\beta$, &c, dont les intervalles représentent l'étendue des différentes couleurs marquées au dessous, vis à vis de ces intervalles. Puis divisez la ligne $A\alpha$ proportionnellement aux nombres 1, 2, 3, 5, 6, 7, 9, 10, 11, &c. placés aux points de division; & menez de Y par ces points les lignes 1 J, 2 K, 3 L, 5 M, 6 N, 7 O, &c.

Cela fait; supposez que $A\alpha$ représente l'épaisseur d'un corps mince transparent quelconque, à laquelle le violet externe est réfléchi en plus grande quantité dans la première suite de couleurs; vous trouverez, d'après la XIII OBSERVATION, que HK représentera l'épaisseur à laquelle le rouge externe est réfléchi en plus grande quantité dans la même suite. Pareillement d'après les OBSERVATIONS V & XVI, $A\alpha$ & HN désigneront les épaisseurs auxquelles ces couleurs externes sont réfléchies en plus grande quantité dans la seconde suite; tandis

que A 10 & HQ désigneront les épaisseurs auxquelles ces mêmes couleurs sont réfléchies en plus grande quantité dans la troisième suite. Ainsi du reste. Enfin l'épaisseur à laquelle chacune des couleurs intermédiaires est réfléchi en plus grande quantité, sera déterminée, d'après la XIV OBSERVATION, par la distance de la ligne AH, à partir des parties intermédiaires 2 K, 6 N, 10 Q &c. vis à vis & au dessous desquelles sont les noms de ces couleurs.

S'agit-il de déterminer la latitude de ces couleurs dans les anneaux de chaque suite? Que A 1 désigne la moindre épaisseur, & A 3 la plus grande épaisseur auxquelles le violet externe est réfléchi dans le premier anneau; que HJ & HL désignent de pareilles limites pour le rouge externe; & que les couleurs intermédiaires soient limitées par les parties intermédiaires des lignes 1 J & 3 L, au dessous & vis à vis desquelles sont écrits les noms de ces couleurs. Ainsi de suite; toute fois en supposant que les réflexions, toujours plus fortes dans les espaces intermédiaires 2 K, 6 N, 10 Q, &c, vont en diminuant des deux

côtés vers ces limites, 1 J, 3 L, 5 M, 7 O, &c, sans être terminées d'une manière bien exacte. Au reste, si j'ai attribué la même largeur à chaque anneau, quoique les couleurs semblent un peu plus étendues dans le premier que dans les autres; c'est que l'inégalité est si légère, qu'elle est presque insensible.

D'après ce qui vient d'être dit, si on conçoit que les rayons hétérogènes sont tour à tour réfléchis dans les espaces 1 J L 3, 5 M O 7, 9 P R 11, &c, & transmis dans les espaces A H J 1, 3 L M 5, 7 O P 9, &c; il sera facile de savoir quelle couleur doit paroître en plein air, à telle ou telle épaisseur d'un corps mince transparent. Car en appliquant une règle parallèle à A H, à la distance de A H qui représente l'épaisseur du corps transparent; les espaces alternes 1 J L 3, 5 M O 7, &c, croisés par la règle, désigneront les couleurs primitives réfléchies, dont est composée celle qui paroît en plein air à telle ou telle épaisseur. Pour savoir (par exemple) quelle est l'espèce de vert qui doit paroître dans le troisième anneau; il suffira d'appliquer la règle sur $\pi\rho\sigma\phi$, puis de la faire passer sur quelque partie du bleu

en π & du jaune en ρ : alors on trouvera que le vert visible à cette épaisseur du corps est principalement composé d'un vert primitif, mêlé d'un peu de bleu & de jaune.

On peut aussi connoître par cette méthode comment les couleurs doivent se succéder, à partir du centre des anneaux; & cela d'après l'ordre qui a été décrit dans les OBSERVATIONS IV & XVIII. Car si on fait successivement mouvoir la règle depuis AH à travers toutes les distances, après qu'elle aura passé par dessus le premier espace, qui ne désigne que peu ou point de réflexion causée par les corps les plus minces; elle arrivera précisément à 1, c'est à dire, au violet; bientôt après au bleu & au vert, qui conjointement avec ce violet composent du bleu; ensuite au jaune & au rouge, qui conjointement avec ce bleu composent du blanc. Ce blanc règne jusqu'à ce que le bord de la règle arrive à 3. Mais les couleurs dont il est composé venant à manquer successivement, il se change d'abord en jaune composé, puis en rouge; & ce rouge disparaît enfin en L.

Là commencent les couleurs du second an-

neau. Plus vives que celles du premier, parce qu'elles sont dilatées & mieux séparées l'une de l'autre, elles se succèdent par ordre; tandis que le bord de la règle passe de γ en O. Par la même raison, au lieu de blanc, paroît entre le bleu & le jaune un mélange d'orangé, de jaune, de vert, de bleu, & d'indigo; duquel doit résulter un vert lavé & imparfait.

De même, les couleurs du troisième anneau se succèdent par ordre. D'abord vient le violet; un peu mélé au rouge du second anneau, il forme une espèce de pourpre rougeâtre. Ensuite viennent le bleu & le vert; moins mélés à d'autres couleurs, ils sont plus vifs que les précédents, sur tout le vert. Suit le jaune, dont la partie au côté du vert est distincte, mais dont la partie au côté du rouge forme un jaune qui, mélé au violet & au bleu du quatrième anneau, compose différentes nuances d'un rouge pourpre. Ce violet & ce bleu, qui devoient succéder à ce rouge, se trouvent confondus avec lui. Vient un vert, d'abord fort bleuâtre, ensuite assez franc: c'est la seule couleur vive & pure qui paroisse dans ce quatrième anneau; mais bientôt il

commence à tirer sur le jaune, & à se mêler aux couleurs du cinquième anneau. A raison de ce mélange le jaune & le rouge, qui viennent immédiatement après, sont fort foibles & indécis; particulièrement le jaune, qui, étant la plus foible des couleurs, est à peine sensible. Après cela les différents anneaux & leurs couleurs s'entremêlent & se confondent de plus en plus, jusqu'à ce qu'après trois ou quatre révolutions, où le bleu & le rouge dominant, tous les rayons hétérogènes, mêlés assez également, composent un blanc uniforme.

Comme les rayons d'une couleur sont transmis au même endroit où ceux d'une autre couleur sont réfléchis, conformément à la XV OBSERVATION; on peut en déduire évidemment la cause des couleurs produites par la lumière transmise dans les OBSERVATIONS IX & XX.

Après avoir déterminé les couleurs & la succession des anneaux, si on veut avoir en parties de pouce l'épaisseur de la lame du milieu réfringent à l'endroit où ces couleurs

paroissent, on y parviendra sans peine. Car suivant les OBSERVATIONS VI & XVI, les différentes épaisseurs de la lame d'air comprise entre deux verres, où paroissent les portions les plus brillantes des six premiers anneaux colorés, étoient de $\frac{1}{178,000}$, $\frac{3}{178,000}$, $\frac{5}{178,000}$, $\frac{7}{178,000}$, $\frac{9}{178,000}$, $\frac{11}{178,000}$ parties de pouce. Or supposez que la lumière réfléchie le plus abondamment à ces épaisseurs soit d'un jaune citron le plus éclatant, ou d'un jaune orangé; les épaisseurs demandées feront $F\lambda$, $F\mu$, $F\nu$, $F\xi$, $F\theta$, $F\gamma$. Ces données une fois connues, il sera aisé de déterminer quelle épaisseur d'air est représentée par $G\phi$, ou par toute autre distance de la règle à AH .

Mais puisque, dans la X OBSERVATION, l'épaisseur de l'air étoit à celle de l'eau comme 4 à 3, lorsque l'eau & l'air fesoient paroître les mêmes couleurs entre les mêmes verres; & puisque, dans la XXI OBSERVATION, les couleurs des corps minces ne varient point, quoique le milieu ambiant vienne à changer; l'épaisseur d'une bulle d'eau de façon qui fait paroître une couleur quelconque sera les $\frac{3}{4}$ de

l'épaisseur de la lame d'air qui fait paroître la même couleur.

L'épaisseur d'une plaque de verre, où la réfraction des rayons de moyenne réfrangibilité est mesurée par la proportion des sinus] 31 à 20 , aura donc les $\frac{20}{31}$ de l'épaisseur d'une lame d'air qui fait paroître la même couleur. Il en est ainsi de tout autre milieu, à la très-petite différence près du sinus des rayons d'extrême réfrangibilité. C'est sur ce fondement que j'ai dressé la table suivante, où l'épaisseur particulière des lames d'air, d'eau, & de verre, qui fait voir chaque couleur avec le plus de netteté & de vivacité, est exprimée en millièmes de pouce.

T A B L E

Des épaisseurs de ces lames ou des particules des corps.

		d'Air.	d'Eau.	de Verre.			
Couleurs du premier ordre.	}	Très-noir.	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{10}{310}$		
		Noir.	1	$\frac{1}{10}$	$\frac{310}{310}$		
		Commencement de noir.	2	$\frac{1}{10}$	$\frac{2}{310}$		
		Bleu.	2	$\frac{2}{71}$	$\frac{1}{20}$		
		Blanc.	5	$\frac{1}{41}$	$\frac{5}{20}$		
		Jaune.	7	$\frac{1}{9}$	$\frac{7}{20}$		
		Orangé.	8	$\frac{1}{9}$	$\frac{8}{20}$		
		Rouge.	9	$\frac{1}{9}$	$\frac{9}{20}$		
		Du second ordre.	}	Violet.	11	$\frac{1}{60}$	7 $\frac{1}{5}$
Indigo.	12			$\frac{1}{50}$	8 $\frac{2}{11}$		
Bleu.	14			$\frac{1}{50}$	9		
Vert.	15			$\frac{1}{80}$	9 $\frac{5}{72}$		
Jaune.	16			$\frac{2}{72}$	10 $\frac{2}{5}$		
Orangé.	17			$\frac{2}{72}$	11 $\frac{1}{10}$		
Rouge éclatant.	18			$\frac{1}{52}$	11 $\frac{5}{60}$		
Ecarlate.	19			$\frac{1}{52}$	12 $\frac{2}{3}$		
Du troisième ordre.	}			Pourpre.	21	$\frac{1}{10}$	13 $\frac{11}{20}$
		Indigo.	22	$\frac{1}{10}$	14 $\frac{1}{4}$		
		Bleu.	23	$\frac{1}{20}$	15 $\frac{1}{10}$		
		Vert.	25	$\frac{1}{51}$	16 $\frac{1}{4}$		
		Jaune.	27	$\frac{1}{71}$	17 $\frac{1}{2}$		
		Rouge.	29	$\frac{1}{71}$	18 $\frac{5}{21}$		
		Rouge bleuâtre.	32	$\frac{1}{71}$	20 $\frac{2}{3}$		
		Du quatrième ordre.	}	Vert bleuâtre.	34	$\frac{1}{21}$	22 $\frac{3}{9}$
				Vert.	35	$\frac{2}{7}$	22 $\frac{3}{9}$
Vert jaunâtre.	36			$\frac{1}{3}$	23		
Rouge.	40			$\frac{1}{3}$	26		
Du cinquième ordre.	}	Bleu verdâtre.	46	$\frac{1}{2}$	29 $\frac{2}{3}$		
		Rouge.	52	$\frac{1}{2}$	34		
Du sixième ordre.	}	Bleu verdâtre.	58	$\frac{3}{4}$	38		
		Rouge.	65	$\frac{3}{4}$	42		
Du septième ordre.	}	Bleu verdâtre.	71	$\frac{1}{4}$	45 $\frac{4}{3}$		
		Blanc rougeâtre.	77	$\frac{1}{4}$	49 $\frac{2}{3}$		

Fig. 51. Si on compare cette table avec la Figure 51, on verra de quels rayons primitifs chaque couleur est composée ; par là on saura à quel point elle est parfaite ou imparfaite : ce qui peut suffire pour expliquer les OBSERVATIONS IV & XVIII. Mais si on vouloit connoître les couleurs qu'offrent deux objectifs superposés, il faudroit en outre tracer un grand arc de cercle, une tangente à cet arc, & plusieurs occultes parallèles à cette tangente, menées à des distances qui désignent les nombres portés à la Table vis à vis des couleurs. L'arc & sa tangente représenteroient les surfaces des verres qui terminent l'air intermédiaire ; & les endroits, où les lignes occultes coupent l'arc, markeroient à quelles distances du centre au point de contact chaque couleur est réfléchie.

Cette Table a d'autres usages ; car elle a servi à déterminer, dans la XIX OBSERVATION, l'épaisseur de la bulle, par les couleurs qu'elle offroit. On peut encore conjecturer (comme on le verra ci-après) par les couleurs des corps, quelle est la grosseur de leurs parties. De même si on superpose plusieurs plaques

minces & unies de façon à n'en faire qu'une seule qui les égale toutes en épaisseur, on pourra déterminer par cette Table la couleur qui doit en résulter. Par exemple, on a observé (42) qu'une plaque jaune pâle de talc de Moscovie, posée sur une plaque bleue, produit un pourpre très-foncé. Or le jaune du premier ordre est un jaune pâle; & suivant la Table l'épaisseur de la plaque qui le produit est $4 \frac{2}{5}$: ajoutez-y 9 pour l'épaisseur de celle qui produit le bleu du second ordre, la somme sera $13 \frac{2}{5}$; épaisseur d'où résulte le pourpre du troisième ordre.

Venons aux principales circonstances des OBSERVATIONS II & III. S'il est question de faire voir comment, lorsqu'on tourne les prismes sur leur axe commun en sens contraire à celui qui est désigné dans ces Observations, les anneaux colorés se changent en anneaux blancs & noirs, puis en anneaux colorés dont les couleurs ont un ordre inverse; on se souviendra que ces anneaux colorés sont dilatés

(42) M. Hook; voyez sa Micrographie.

par l'inclinaison des rayons à la lame d'air intermédiaire; & que d'après la Table de la VII OBSERVATION, l'augmentation de leurs diamètres devient d'autant plus considérable que les rayons tombent plus obliquement. Or les rayons jaunes, étant plus rompus par la première surface de l'air que les rayons rouges, deviennent par là plus obliques à la seconde surface, d'où ils sont réfléchis pour produire les anneaux colorés. Par conséquent l'anneau jaune de chaque succession sera plus dilaté que l'anneau rouge; & l'excès de sa dilatation sera d'autant plus grand, que l'obliquité des rayons sera plus considérable, jusqu'à ce que l'anneau jaune égale enfin l'anneau rouge de la même suite. Par cette raison, le vert, le bleu, & le violet seront d'autant plus dilatés, que l'obliquité de leurs rayons ira en augmentant, jusqu'à ce qu'ils ayent à peu près autant d'étendue que le rouge, c'est à dire, jusqu'à ce qu'ils soient également éloignés du centre des anneaux. Alors toutes les couleurs de la même suite d'anneaux doivent se trouver unies: de leur mélange doit donc résulter un anneau blanc. Mais puisque ces anneaux blancs ne se

dilatent point, & ne rentrent point l'un dans l'autre comme font les colorés; il doit y en avoir de noirs entre eux: ces anneaux doivent donc devenir plus distincts & paroître en plus grand nombre. Cependant comme les rayons violets, proportionnellement plus dilatés que ceux des autres couleurs, font les plus obliques; ils doivent paroître sur les bords extérieurs du blanc.

Si on augmente l'obliquité des rayons incidents, les violets & les bleus se dilateront plus que les rouges & les jaunes. Dès lors, leurs couleurs respectives, plus éloignées du centre des anneaux, doivent fortir du blanc en ordre inverse de celui qu'elles avoient d'abord: savoir le violet & le bleu, du bord extérieur de chaque anneau; le rouge & le jaune, du bord intérieur. Or le violet, dont les rayons font les plus obliques, étant proportionnellement plus dilaté, paroitra le premier au bord extérieur de chaque anneau blanc, & avec plus d'éclat que les autres couleurs. Les différentes couleurs qui appartiennent aux différentes suites d'anneaux, venant à se développer & à se dilater, recommenceront à s'entremêler &

à rendre les anneaux moins distincts ; de sorte qu'il n'y en aura pas un si grand nombre de visibles.

Au lieu de prismes, si on se sert d'objectifs, les anneaux ne paroîtront pas blancs & distincts, malgré l'obliquité de l'œil ; parce qu'en traversant l'air intermédiaire, les rayons qui commencent à former les anneaux sont presque parallèles aux lignes qu'ils décrivoient à leur incidence sur le verre ; les hétérogènes ne se trouvent donc pas inclinés à cet air-là les uns plus que les autres, comme il arrive quand on se sert de prismes.

Une autre circonstance digne de remarque est que les anneaux noirs & blancs, qui vus de loin semblent bien terminés, paroissent confus regardés de près ; on apperçoit même du violet au bord de chaque anneau blanc : ce qui vient de ce que les rayons qui entrent dans l'œil par différents endroits de la pupille, sont différemment inclinés aux verres. Or les plus obliques (pris séparément) forment de plus grands anneaux que les moins obliques : d'où il arrive que la largeur du périmètre de chaque anneau blanc est dilatée en dehors

par les plus obliques, & en dedans par les moins obliques; dilatation d'autant plus forte, que la différence d'obliquité est plus considérable, c'est à dire, que la pupille est plus ouverte, ou l'œil plus proche des verres. L'anneau violet doit donc avoir plus de largeur, puisque ses rayons se trouvent les plus inclinés à la seconde surface de l'air intermédiaire qui les réfléchit, & qu'ils diffèrent le plus en obliquité: aussi le violet sort-il le premier des bords du blanc. A mesure que la largeur de chaque anneau augmente de la sorte, les intervalles obscurs doivent diminuer, jusqu'à ce que les anneaux voisins viennent à se toucher & à se confondre; ce qui arrive d'abord aux plus éloignés, puis aux plus proches du centre: ainsi, ne pouvant plus être vus séparément, ils composent en apparence un blanc uniforme.

Parmi nos Observations, il n'en est aucune qui réunisse des circonstances aussi singulières que la XXIV.

Une circonstance essentielle, c'est que le prisme fait voir des anneaux colorés dans de minces plaques, qui à œil nud paroissent diaphanes, blanches, uniformes, & par tout égale-

ment éclairées ; quoiqu'ordinairement il ne fasse paroître de couleur qu'aux endroits où les objets sont terminés par quelque ombre , à moins qu'ils n'ayent des parties inégalement éclairées. Une autre circonstance effencielle, c'est que les réfractions prismatiques rendent ces anneaux extrêmement blancs & distincts , quoiqu'ordinairement elles rendent les objets confus & colorés. On concevra la raison de ces deux phénomènes , en faisant attention que ces anneaux colorés sont en effet dans la plaque vue à œil nud ; quoiqu'à raison de leur grande largeur , ils soient si confondus qu'ils semblent composer un blanc uniforme. Mais lorsque les rayons viennent à l'œil au travers d'un prisme , dans chaque anneau les orbites des différents cercles colorés sont rompues les unes plus que les autres suivant le degré de réfrangibilité de leurs rayons respectifs : par ce moyen les couleurs d'un côté de l'anneau sont proportionnellement plus dilatées ; & les couleurs du côté opposé , proportionnellement plus contractées. Aux endroits où elles sont si contractées par la réfraction que les différents anneaux ne peuvent se croiser , ils paroissent

distincts & même blancs, pourvu toutefois que les cercles colorés coïncident parfaitement. Mais de l'autre côté, où l'orbite de chaque anneau est élargie par la dilatation de ses couleurs; les anneaux, plus mêlés qu'auparavant, paroissent moins distincts.

Pour mieux développer ces raisons, supposez que les cercles concentriques AV & BX, représentant le rouge & le violet d'une suite quelconque, composent conjointement avec les cercles intermédiaires un des anneaux blancs; si on le regarde à travers un prisme, le cercle violet BX sera transporté par la réfraction plus loin que le cercle rouge AV: par conséquent il sera rapproché de ce dernier cercle du côté où se font les réfractions. Si le rouge est transporté en *av* le violet sera transporté en *bx*: de sorte qu'en *x* le dernier sera plus proche du premier qu'auparavant. Si le rouge est transporté en *av*, le violet transporté en *bx* pourra le rencontrer en *x*. Et si le rouge est transporté en *ar*, le violet transporté en *βξ* passera au delà du rouge en *ξ*, & s'unira avec lui en *e* & *f*. Les mêmes transports

Fig. 52.

ayant lieu à l'égard des autres cercles intermédiaires du même anneau, & à l'égard de chaque suite de cercles; on voit sans peine comment les couleurs d'une même suite, venant à s'approcher l'une de l'autre en xv ou $\gamma\xi$, & à se réunir en xv & en e & f , doivent composer des arcs de cercles assez distincts, surtout en xv ou en e & f , ou paroître séparément en xv , ou se mêler & produire du blanc en xv ; puis reparoître distincts en $\gamma\xi$; mais en ordre inverse de celui qu'elles avoient auparavant, & qu'elles ont encore au delà de e & de f : tandis que de l'autre côté en ab & ab ou $\alpha\beta$, ces couleurs, si fort dilatées qu'elles se mêlent aux couleurs des autres anneaux, doivent paroître beaucoup plus confuses. La même confusion doit régner en $\gamma\xi$ entre e & f , lorsque la réfraction est plus grande, & que le prisme est fort éloigné des objectifs: alors on ne distingue aucune partie des anneaux, excepté deux petits arcs en e & f , dont la distance réciproque augmentera à mesure que le prisme sera plus éloigné. Ces petits arcs seront blancs vers le milieu; mais colorés à leurs extrémités, où ils commencent à devenir confus. A leurs extré-

mités aussi, les couleurs feront en ordre inverse; car les rayons qui les forment se croisent dans le blanc intermédiaire : ainsi, les extrémités tournées vers $\gamma\xi$ feront rouges & jaunes, du côté le plus proche du centre; bleues & violettes, du côté le plus éloigné; tandis que les extrémités opposées feront bleues & violettes, du côté le plus proche du centre; rouges & jaunes, du côté le plus éloigné.

Quoique ces vérités se déduisent mathématiquement des propriétés de la lumière, on peut aussi les démontrer par expérience. Car si (dans une chambre obscure) on regarde à travers un prisme ces anneaux formés par la réflexion des différentes couleurs prismatiques projetées sur un carton; tandis que l'œil, le prisme, & les objectifs ont une position fixe, comme dans la XIII OBSERVATION: on trouvera que la situation respective des cercles de différentes couleurs sera telle que je l'ai décrite dans les figures $abxy$ ou $abxy$ ou $\alpha\beta\xi\gamma$.

On peut expliquer de cette manière tout phénomène analogue concernant les bulles d'eau & les minces plaques de verre. Seulement on obser-

vera, à l'égard des petits fragments de ces plaques, que, mis à plat sur une table, si on les tourne autour de leur centre tandis qu'on les regarde à travers un prisme, ils feront voir en certaines positions des ondes de différentes couleurs. Quelques-uns ne font voir ces ondes que dans une ou deux positions; mais la plupart les font voir dans toute sorte de positions, & ordinairement sur presque toute leur surface. Ce qui vient de ce que leurs superficies ont plusieurs petites éminences ou cavités, qui font varier un peu l'épaisseur de la plaque. Ainsi, dans les différentes situations du prisme, il doit paroître des ondes aux différents côtés de ces cavités. Quoique la plupart de ces ondes ne soient produites que par des parties de verre fort petites & fort étroites, elles peuvent pourtant paroître s'étendre sur toute la superficie du verre: parce qu'il y a des couleurs de divers ordres, lesquelles, réfléchies confusément par les plus étroites de ces parties, sont séparées & dispersées de différents côtés par les réfractions prismatiques, suivant que les rayons qui les composent sont plus ou moins réfrangibles; de sorte qu'elles produisent autant



Fig. 49.

Fig. 50.



Fig. 51.

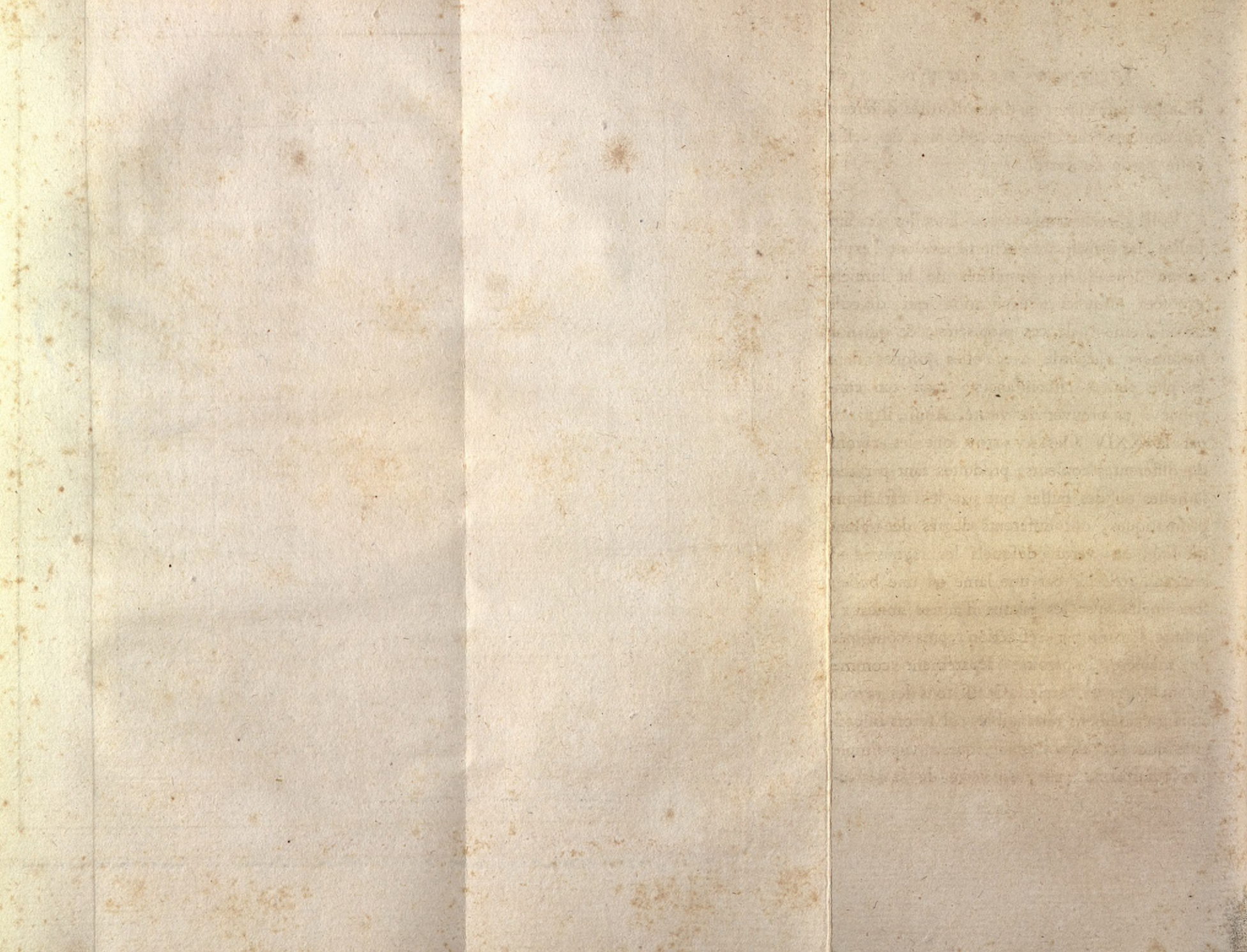


Fig. 51.



Fig. 52.





d'ondes différentes, qu'il y a d'ordres différents de couleurs confusément réfléchies de dessus cette partie du verre.

Voilà, relativement aux lamelles & aux bulles, les principaux phénomènes dont l'explication dépend des propriétés de la lumière exposées jusqu'ici : explication qui découle nécessairement de ces propriétés, & qui non seulement s'accorde avec elles jusques dans les plus petites circonstances ; mais qui contribue à en prouver la vérité. Ainsi, il paroît par la XXIV OBSERVATION que les rayons de différentes couleurs, produites tant par des lamelles ou des bulles que par les réfractions prismatiques, ont différents degrés de réfrangibilité, en vertu desquels les rayons d'un anneau, réfléchis par une lame ou une bulle, sont mêlés avec les rayons d'autres anneaux, ensuite séparés par réfraction, puis combinés de manière à paroître séparément comme autant d'arcs de cercles. Car si tous les rayons étoient également réfrangibles, il seroit impossible que cet espace blanc qui à vûe simple paroît uniforme, pût, en vertu de la réfrac-

tion seule, former des arcs noirs & blancs.

Il paroît aussi que les réfractions inégales des rayons hétérogènes ne sont pas causées par des veines dispersées dans le verre, par un poli inégal, par une position fortuite des pores du verre, par des mouvements inégaux de l'air ou de l'éther, par l'éparpillement, la rupture, ou la division d'un même rayon en plusieurs, ou par d'autres causes accidentelles. Car de telles irrégularités une fois admises, il seroit impossible que les réfractions pussent rendre ces anneaux aussi distincts & aussi bien terminés qu'ils le sont dans la XXIV OBSERVATION. Il faut donc nécessairement que chaque rayon ait son degré de réfrangibilité propre & constant, en vertu duquel sa réfraction se fait toujours d'une manière exacte & régulière.

Au reste, ce que je dis de la réfrangibilité des rayons peut être appliqué à leur réflexibilité, c'est à dire, à la disposition qu'ils ont à être réfléchis les uns à une plus grande épaisseur des lamelles ou des bulles, les autres à une plus petite épaisseur : dispositions également essentielles, comme on peut s'en assurer par

les OBSERVATIONS XIII, XIV, & XV, comparées avec la IV & la XVIII.

Il paroît aussi par les Observations précédentes, que la blancheur est un mélange de toutes les couleurs, & que la lumière est un mélange de rayons doués de toutes ces couleurs. Car de la multitude d'anneaux colorés visibles dans les OBSERVATIONS III, XII, & XXIV, il suit évidemment que, bien qu'on n'en découvre que huit ou neuf dans les OBSERVATIONS IV & XVIII, il y en a un grand nombre qui s'entremêlent si fort, qu'après huit ou neuf révolutions ils composent une blancheur uniforme.

Il paroît d'ailleurs par la XXIV OBSERVATION, qu'il y a un rapport constant entre les couleurs & la réfrangibilité des rayons hétérogènes. En comparant les OBSERVATIONS XIII, XIV, & XV, avec la IV & la XVIII, il paroît encore qu'il y a un rapport constant entre les couleurs & la réflexibilité des rayons hétérogènes: le violet étant, à incidence égale, réfléchi aux plus petites épaisseurs d'une mince plaque ou d'une bulle quelconque; le rouge, aux plus grandes épaisseurs; & les couleurs in-

termédiaires, aux épaisseurs intermédiaires. D'où il suit que les dispositions colorifiques sont aussi inaltérables que naturelles aux rayons. Par conséquent toutes les couleurs possibles proviennent, non de quelque changement physique; mais des différents mélanges ou des différentes séparations des rayons, suite de leur réfrangibilité & de leur réflexibilité différentes. A cet égard la partie de l'Optique, qui a les couleurs pour objet, est aussi rigoureusement mathématique qu'aucune autre partie. Ce qui doit s'entendre des couleurs qui dépendent de la nature de la lumière, non de celles qui tiennent à l'imagination ou à la compression de l'organe de la vûe.



LIVRE SECONDE.

TROISIÈME PARTIE.

*DES couleurs permanentes des corps, & de
l'analogie de ces couleurs à celles des
plaques minces transparentes.*

IL s'agit d'examiner ici quel rapport il y a entre les phénomènes des plaques minces transparentes & les phénomènes de tous les autres corps. J'ai déjà dit que les corps paroissent de différentes couleurs, parce qu'ils réfléchissent en plus grand nombre les rayons essentiellement doués de ces couleurs : mais ce qui les rend propres à réfléchir certains rayons en plus grand nombre, reste à découvrir ; & c'est ce que je vas tâcher de faire.



PREMIÈRE PROPOSITION.

Les surfaces des corps transparents qui réfléchissent le plus de lumière, sont celles qui ont la plus grande force réfringente; & il ne se fait aucune réflexion aux confins des milieux également réfringents.

Il fera aisé de découvrir l'analogie de la réflexion à la réfraction, en considérant que les rayons, à leur passage d'un milieu moins réfringent dans un milieu plus réfringent, se réfractent en s'éloignant de la perpendiculaire; & que, pour être totalement réfléchis, il leur faut une obliquité d'incidence d'autant moindre, que la différence des forces réfringentes des milieux est plus considérable. Car l'angle d'incidence où commence la réflexion totale est au rayon d'un cercle, comme les sinus qui mesurent la réfraction sont entre eux: cet angle doit donc être d'autant plus petit, que la différence des sinus est plus grande. Ainsi, la lumière passant de l'eau dans l'air, où le rapport des sinus est celui de 3 à 4; la réflexion

totale commence lorsque l'angle d'incidence est environ de $48^{\circ}, 35'$. Mais la lumière passant du verre dans l'air, où le rapport des sinus est celui de 20 à 31 ; la réflexion totale commence lorsque l'angle d'incidence est de $40^{\circ}, 10'$. D'où il suit qu'en passant du cristal ou de quelque autre milieu plus réfringent dans l'air, il faudroit encore une moindre obliquité pour produire une réflexion totale. A incidences égales, les surfaces qui causent les plus fortes réfractions réfléchissent donc plus tôt toute la lumière qui vient à tomber sur elles : preuve certaine que ces surfaces ont la plus grande force réfléchissante.

Ce qui prouve mieux encore la vérité de cette proposition, c'est que la surface qui sépare deux milieux transparents, tels que l'air, l'eau, le verre, le cristal d'Islande, les diamants, &c, produit une réflexion plus ou moins considérable, suivant qu'elle est plus ou moins réfringente. Car aux confins de l'air & du sel gemme la réflexion est plus forte, qu'aux confins de l'air & de l'eau : elle est plus forte aussi aux confins de l'air & du verre commun, qu'aux confins de l'air & du sel gemme ; &

plus forte encore aux confins de l'air & du diamant, qu'aux confins de l'air & du verre commun. Si on plonge dans l'eau quelque corps diaphane, la réflexion deviendra beaucoup plus foible; & plus foible encore, si on le plonge dans l'huile de vitriol ou dans l'esprit de térébentine, liqueurs plus réfringentes que l'eau. Mais si on divise une masse d'eau en deux parties par quelque surface imaginaire, la réflexion sera nulle à leurs confins. Fort petite aux confins de l'eau & de la glace, elle est un peu plus grande aux confins de l'eau & de l'huile, plus grande encore aux confins de l'eau & du sel gemme, beaucoup plus grande aux confins de l'eau & du verre, & toujours d'autant plus grande que ces milieux diffèrent davantage en force réfringente. De même, la réflexion doit être foible aux confins du verre commun & du cristal, moins foible aux confins du verre commun & du verre métallique; tandis qu'aux confins de deux verres d'égale densité il n'y a point de réflexion sensible, comme je l'ai fait voir dans la I OBSERVATION (43). Il ne doit

(43) Part. I, du Liv. II.

pas y en avoir non plus à la surface qui sépare deux liqueurs, deux cristaux, &c, aux confins desquels il ne se fait aucune réfraction. Il est donc évident que, si des milieux homogènes, tels que l'eau, le verre, le cristal, &c, n'offrent de réflexion sensible qu'à leur surface externe, contiguë à d'autres milieux de densité différente; c'est que leurs parties constituantes n'ont qu'un seul & même degré de densité.

S E C O N D E P R O P O S I T I O N.

Les plus petites molécules de la plupart des corps sont en quelque sorte diaphanes, & l'opacité des corps vient des réflexions multipliées qui se font dans leur tissu.

C'est ce que d'autres ont déjà observé, & ce qu'admettront facilement ceux qui ont fait quelque usage du microscope. Au reste, on peut constater la première observation, en plaçant un corps quelconque devant le trou qui donne passage à un faisceau de rayons solaires introduits dans une chambre obscure. Quelque

opaque que ce corps paroisse d'ailleurs, placé de la sorte il deviendra transparent, pourvu néanmoins qu'il ne soit pas trop épais. Les seules exceptions à cette loi regardent les corps blancs métalliques, qui, à raison de leur excessive densité, semblent réfléchir presque toute la lumière incidente; à moins que, dissous dans des menstrues convenables, ils ne soient réduits en très-petites parcelles; alors ils deviennent eux-mêmes transparents.

TROISIÈME PROPOSITION.

Entre les parties des corps opaques colorés, il y a des espaces vides ou remplis de quelque fluide d'une densité différente. Entre les corpuscules colorants d'une liqueur, il y a de l'eau; entre les globules aqueux des nuages, il y a de l'air; & entre les particules des corps solides, il y a des espaces vides d'air & d'eau, mais non absolument vides de toute matière.

Cette Proposition se démontre par les deux précédentes.

Il suit de la II. que les parties intérieures

des corps produisent une multitude de réflexions; & de la I. que ces réflexions ne se feroient pas, si ces parties n'avoient entre elles des interstices, puisqu'elles se font aux surfaces seules qui séparent des milieux de différentes densités.

Ce qui prouve encore que la discontinuité des parties est la principale cause de l'opacité, c'est que les corps opaques deviennent transparents, dès que leurs pores sont remplis de quelque matière dont la densité est égale ou à peu près à celles de leurs parties constituantes. Ainsi, le papier huilé ou mouillé, la pierre nommée *oculus mundi* (44) plongée dans l'eau, le linge verni, & divers autres corps imprégnés de quelque liquide, deviennent plus transparents de cette manière que de toute autre. Au contraire, en vidant les interstices de ces corps, ils deviennent opaques jusqu'à certain point; comme les sels & le papier mouillé font par la dessiccation; comme la corne ratifiée & le verre pulvérisé font par la division de leurs parties; comme fait la térébentine im-

(44) Espèce de calcédoine. *Note du Traducteur.*

parfaitement délayée dans l'eau ; & comme fait l'eau elle-même, réduite en vapeurs ou battue avec de l'huile. Enfin ce qui contribue à augmenter l'opacité de ces corps, c'est que les réflexions qu'ils occasionnent sont beaucoup plus fortes lorsqu'ils sont très-minces, que lorsqu'ils sont épais, conformément à la XXIII OBSERVATION.

Q U A T R I È M E P R O P O S I T I O N .

Pour que les corps paraissent opaques & colorés, il faut que leurs particules & leurs interstices ayent un certain volume.

On fait que les corps les plus opaques divisés en très-petites parcelles, comme les métaux dissous par les acides, deviennent parfaitement diaphanes. Et on n'a pas oublié que les deux surfaces des objectifs de la VIII OBSERVATION, rapprochées l'une de l'autre sans pourtant se toucher, ne produisent aucune réflexion sensible. On n'a pas oublié non plus que la réflexion de la bulle d'eau de la XVII OBSERVATION étoit presque insensible dans sa partie la

plus mince, où paroissent des taches très-noires, qui ne pouvoient venir que d'un défaut de lumière réfléchié. Telles me semblent être les causes de la transparence de l'eau, du sel, du verre, des pierres précieuses, &c: car plusieurs raisons prouvent que ces corps ne sont pas aussi poreux que les autres; mais leurs parties sont trop déliées, & leurs pores trop petits, pour produire quelque réflexion à leurs surfaces communes,

C I N Q U I È M E P R O P O S I T I O N.

A mesure que les parties transparentes des corps varient en grosseur, elles réfléchissent les rayons d'une couleur, & transmettent les rayons d'une autre couleur; par la même raison que les lamelles & les bulles réfléchissent ou transmettent ces rayons: or c'est là le principe des couleurs constantes de tous les corps.

Si une plaque d'égale épaisseur & de couleur uniforme étoit divisée en filets ou fragments de même épaisseur, on ne voit pas pourquoi chaque filet ou fragment ne conserveroit pas

sa couleur, ni pourquoi un amas de ces filets ne composeroit pas une masse de même couleur que la plaque entière. Puis donc que les parties des corps peuvent être considérées comme les fragments d'une plaque, elles doivent faire voir les mêmes couleurs que le corps entier.

Qu'il en soit ainsi, c'est ce que prouve l'analogie des propriétés des corps aux propriétés des plaques minces qui font le sujet de la I. PARTIE DE CE LIVRE. Les plumes de certains oiseaux (particulièrement celles de la queue du Paon) paroissent au même endroit de différentes couleurs, suivant les différentes positions de l'œil; ainsi que les plaques minces des OBSERVATIONS VII & XIX. D'où il suit que ces couleurs proviennent de la ténuité des parties transparentes de ces plumes, c'est à dire, de leurs barbes extrêmement déliées. Par la même raison, les toiles d'araignées, qui sont d'une finesse extrême, paroissent colorées; & les filaments de certaines étoffes de soie changent de couleur, quand l'œil change de position. Pareillement les étoffes de soie ou de laine, plongées dans l'eau, deviennent d'une couleur plus foible & plus sombre;

mais elles reprennent leur premier éclat lorsqu'elles sèchent ; à peu près comme il arrive aux corps minces des OBSERVATIONS X & XXI. Les feuilles d'or, certaines espèces de verre peint, l'infusion de bois néphrétique &c, réfléchissent une couleur & en transmettent une autre, comme font les corps minces des OBSERVATIONS IX & XX. Parmi les poudres colorées dont se servent les peintres, il s'en trouve dont la couleur change un peu lorsqu'on les broie extrêmement : or à quoi peut-on raisonnablement attribuer ce changement, si ce n'est à la plus grande finesse des poudres qui composent ces couleurs ? Ainsi, l'épaisseur d'une mince plaque venant à changer, sa couleur change en même temps. C'est par cette raison encore que les fleurs froissées deviennent pour l'ordinaire plus transparentes, & changent à certain point de couleur. Ajoutez que le mélange de différents liquides peut produire de singuliers changements de couleur, dont la raison la plus naturelle paroît être que les molécules salines d'un liquide agissent sur les corpuscules colorés d'un autre liquide, ou se combinent différemment avec eux ; de sorte

qu'elles les grossissent ou les rapetissent, ce qui peut en altérer la densité avec le volume. En divisant ces corpuscules, elles peuvent donc faire d'un liquide coloré un liquide acoloré transparent; de même qu'en réunissant plusieurs corpuscules en un seul, elles peuvent faire du mélange de deux liquides acolorés transparents un liquide coloré. On fait que les menstrues salins sont fort propres à dissoudre certaines substances, & on fait aussi que les uns précipitent ce que les autres dissolvent. D'ailleurs, en examinant les divers phénomènes de l'atmosphère, on observe toujours qu'au moment où les vapeurs commencent à s'élever, elles ne détruisent pas la transparence de l'air, divisées comme elles le sont en trop petites parties pour que leurs surfaces produisent aucune réflexion. Mais lorsqu'elles commencent à se réunir en globules, avant de former des gouttes de pluie; ces globules une fois parvenus à certaine grosseur réfléchissent certaines couleurs, & en transmettent d'autres, de sorte qu'ils composent des nuages colorés. Or à quoi raisonnablement attribuer la production de ces couleurs dans une substance aussi transparente que l'eau, si

ce n'est à la différente grosseur de ses globules ?

SIXIÈME PROPOSITION.

Les parties d'où dépend la couleur d'un corps, sont plus denses que le milieu qui remplit leurs interstices.

Cela suit évidemment de ce que cette couleur tient, non pas aux seuls rayons qui tombent perpendiculairement sur les parties de ce corps, mais à ceux qui y tombent sous tous les angles possibles. On fait, par la VII OBSERVATION, qu'un fort petit changement d'obliquité suffit pour réfléchir des rayons d'une différente couleur, dès que la mince lame transparente est plus rare que le milieu ambiant : de sorte qu'à des incidences plus ou moins obliques, cette lame (ou, si on veut, chaque particule matérielle) réfléchit une si grande variété de rayons hétérogènes, que la couleur provenant de leur mélange approche davantage du blanc & du gris que d'aucune autre, ou ne forme tout au plus qu'une teinte imparfaite & in-

décise. Mais (d'après la XIX OBSERVATION) si une lame ou une particule est plus dense que le milieu ambiant, les couleurs seront si peu altérées par le changement d'obliquité, que les rayons réfléchis moins obliquement ne peuvent prédominer au point de faire qu'un agrégat de ces particules paroisse sensiblement de leur couleur.

Enfin ce qui vient encore à l'appui, c'est que (conformément à la XXII OBSERVATION) les couleurs d'un corps mince terminé par un milieu plus rare, sont plus éclatantes que les couleurs d'un corps mince terminé par un milieu plus dense.

SEPTIÈME PROPOSITION.

De la couleur d'un corps peut se déduire la grosseur de ses parties constituantes.

D'après la V PROPOSITION, il est fort probable que les parties de ce corps, & une plaque d'égale épaisseur & d'égale densité réfringente, produisent les mêmes couleurs. Comme la plupart de ces parties semblent

avoir à peu près la densité de l'eau ou du verre, ainsi qu'on peut l'inférer de plusieurs Observations; pour déterminer la grosseur de ces parties, il suffira de consulter les Tables précédentes, qui donnent l'épaisseur des lames d'eau & de verre, propre à faire paroître telle ou telle couleur. Veut-on connoître l'épaisseur d'un corpuscule de même densité que le verre, d'où résulte le vert du troisième ordre? le nombre $16 \frac{1}{4}$ fera voir qu'elle est de $\frac{16 \frac{1}{4}}{100,000}$ de pouce, c'est à dire, qu'elle en fait la 1538° partie.

Mais la grande difficulté consiste à savoir de quel ordre est la couleur de tel & tel corps. Pour la déterminer, il faut recourir à la IV & à la XVIII OBSERVATIONS; d'où l'on pourra tirer les inductions suivantes.

Il est fort probable que les différentes espèces d'écarlate, de rouge, d'orangé, & de jaune sont du second ordre, lorsqu'elles sont pures & intenses. Les couleurs des premier & troisième ordres sont assez bonnes; seulement le jaune du premier est foible, tandis que le rouge & l'orangé du troisième sont fort chargés de bleu & de violet,

Il peut y avoir de bons verts du quatrième ordre : mais les plus purs sont du troisième ; auquel il semble qu'il faille rapporter le vert de toutes les plantes , tant à cause de sa vivacité , qu'à cause de la teinte jaunâtre qu'elles prennent quelquefois en se flétrissant , & de la teinte jaune , orangée , ou rouge qu'elles prennent d'autrefois. Tous ces changements paroissent produits par l'exhalation de l'humidité , qui peut avoir rendu les corpuscules colorés plus denses , en laissant les parties huileuses & terreuses unies sous un moindre volume. Or la couleur des plantes est sans doute du même ordre que celles dans lesquelles elle se change ; parce que ces changements sont graduels , & que ces couleurs , quoiqu'ordinairement peu chargées , sont pourtant trop intenses & trop vives pour être du quatrième ordre.

Les différentes espèces de bleu & de pourpre peuvent être du second ordre ; mais les meilleures sont du troisième , auquel semble appartenir la couleur des violettes : car leur sirop se change en rouge par les acides , & en vert par les alkalis. Et comme il est de la nature des acides d'atténuer & de dissoudre , de celle
des

des alkalis d'épaissir & de précipiter : si la couleur de ce sirop étoit du second ordre, un liquide acide, atténuant ses corpuscules, changeroit cette couleur en un rouge du premier ordre : tandis qu'un alkali, les épaississant, changeroit cette couleur en un vert du second ordre : or ce rouge & ce vert paroissent trop imparfaits pour être produits par de telles causes. Au reste, si on veut que la couleur des violettes soit du troisième ordre, on pourra admettre sans inconvénient qu'il se change en rouge du second & en vert du troisième.

S'il existoit un pourpre plus intense & moins rougeâtre que celui des violettes, il est probable qu'il seroit du second ordre. Mais comme je n'en connois point, j'ai compris sous leur dénomination les couleurs purpurines les plus foncées & les moins rougeâtres, c'est à dire, les plus pures & les plus intenses.

Peut-être le bleu du premier ordre, quoique très-foible & très-léger, se trouve-t-il en certains corps. L'azur du ciel en particulier paroît de cet ordre : car c'est la marche constante de la Nature, que les globules de toutes les vapeurs, lorsqu'elles commencent à se con-

denfer, acquièrent une grosseur propre à réfléchir le bleu céleste, avant de pouvoir composer des nuages différemment colorés. Et puisque l'azur est la première couleur que les vapeurs réfléchissent, il doit être celle du ciel le plus pur & le plus transparent, les globules des vapeurs n'étant pas encore parvenus à la grosseur nécessaire pour réfléchir d'autres couleurs, comme l'expérience le démontre.

A l'égard du blanc, celui du premier ordre est le plus éclatant de tous. Moins éclatant, il n'est plus qu'un mélange des couleurs de différents ordres, tel que le blanc de l'écume, du papier, du linge, &c. Celui de certains métaux me paroît de la première espèce. Mais puisque l'or, le plus dense des métaux, devient transparent lorsqu'on le réduit en feuilles, & que tous les métaux le deviennent aussi lorsqu'on les dissout; il suit de là que l'opacité des métaux blancs ne procède point de leur seule densité. Moins denses que l'or, ils seroient de même moins transparents, si quelque cause ne concouroit avec leur densité à les rendre opaques. Cette cause (suivant moi) est la grosseur de leurs molécules, grosseur propre

à réfléchir le blanc du premier ordre : car s'ils étoient composés de molécules d'un autre volume, ils pourroient réfléchir d'autres couleurs ; comme le prouvent celles qu'on voit sur l'acier rougi au feu, & quelquefois à la superficie des métaux fondus qui refroidissent.

Le blanc le plus vif du premier ordre que puissent produire des lames transparentes, doit être aussi plus vif lorsqu'il est réfléchi par la matière dense des métaux, que lorsqu'il est réfléchi par la matière rare de l'air ou du verre. Rien n'empêche donc que les substances métalliques, assez épaisses pour réfléchir le blanc du premier ordre, puissent (à raison de leur densité) réfléchir toute la lumière qui tombe sur elles, & devenir de la sorte aussi opaques & aussi brillantes qu'aucun autre corps. L'or & le cuivre deviennent blancs, mêlés avec à peu près la moitié de leur poids d'argent, d'étain, ou de régule d'antimoine : ils le deviennent aussi, amalgamés avec un peu de mercure. Ce qui prouve que les molécules des métaux blancs ont beaucoup plus de surface, & sont par conséquent plus petites que celles de l'or. D'ailleurs elles sont si opaques, que les

molécules de l'or ne sauroient briller au travers. Au reste, on ne peut guères douter que la couleur de l'or ne soit du second & du troisième ordre. Les parties des métaux blancs ne sauroient donc être beaucoup plus grosses qu'il ne faut pour réfléchir le blanc du premier ordre : ce que prouve la volatilité du mercure. Elles ne sauroient non plus être beaucoup plus petites, sans perdre leur opacité & devenir transparentes, comme cela leur arrive lorsqu'elles sont dissoutes ; ou noires, comme cela leur arrive par leur attrition contre un corps. La première & l'unique couleur que les métaux blancs contractent par l'attrition de leurs parties, c'est le noir : ainsi, leur blanc doit être celui qui confine à la tache noire au centre des anneaux colorés, c'est à dire, le blanc du premier ordre. Si on vouloit en déduire la grosseur des molécules métalliques, il faudroit tenir compte de leur densité : car le mercure fût-il transparent, sa densité est telle que (d'après mon calcul) le sinus d'incidence seroit au sinus de réfraction, comme 71 à 20 ou 7 à 2. Ainsi, pour que ses molécules puissent produire les mêmes couleurs que les globules

des bulles d'eau, leur épaisseur doit être moindre que celle des parois de ces bulles dans la proportion de 7 à 2. D'où il suit que les globules du mercure, quoiqu'aussi petits que ceux de certaines liqueurs diaphanes & volatiles, ne laissent pourtant pas de réfléchir le blanc du premier ordre.

Enfin les corpuscules qui produisent le noir, doivent être plus petits qu'aucun de ceux qui produisent d'autres couleurs; autrement, ils réfléchiroient trop de lumière. En supposant ces corpuscules un peu plus petits qu'il ne faut pour réfléchir le blanc & le bleu le plus foible du premier ordre; d'après les OBSERVATIONS IV, VIII, XVII, & XVIII, ils réfléchiront si peu de lumière qu'ils paroîtront extrêmement noirs. Néanmoins ils pourront peut-être la rompre, çà & là au dedans de leur tissu, jusqu'à ce qu'elle soit éteinte ou perdue: de la sorte, ils paroîtront noirs sans aucune transparence, quelle que soit la position de l'œil. On voit par là pourquoi le feu & la putréfaction, de tous les dissolvants le plus subtil, noircissent les particules des corps qu'ils dissolvent; pourquoi les corps noirs appliqués sur

d'autres corps ou mêlés en petite quantité avec eux, les obscurcissent ; pourquoi le verre, travaillé au grais dans un bassin de fonte, forme un limon très-noir ; pourquoi les corps noirs s'échauffent & se consument, par le feu du soleil, plus aisément que les autres ; enfin pourquoi les corps noirs tirent ordinairement un peu (45) sur le bleu, comme on peut s'en assurer en faisant tomber sur un papier blanc la lumière qu'ils réfléchissent.

Je suis entré dans ce long détail, parcequ'il n'est pas impossible qu'un jour les microscopes soient perfectionnés, au point de nous faire voir les particules d'où dépend la couleur des corps, si déjà ils ne sont en quelque sorte parvenus à ce point : car je serois fort porté à croire, que ceux qui grossissent distinctement cinq à six-cents fois les objets vus à la distance d'un pied, peuvent rendre visibles quelques-unes de ces molécules les plus grossières. Peut-

(45) La raison en est que le noir confine au bleu obscur du premier ordre, décrit dans la XVIII OBSERVATION ; par conséquent il réfléchit plus de rayons de cette couleur que d'aucune autre.

être un microscope qui grossiroit trois ou quatre-mille fois les rendroit-il toutes visibles, aux molécules près qui produisent le noir.

Au reste, je ne vois rien d'essenciel dans cet article, sur quoi on puisse raisonnablement élever quelque doute; si ce n'est que les corpuscules transparents, de même épaisseur & de même densité que telle ou telle lame, doivent produire les mêmes couleurs. Mais il ne faut pas prendre cette proposition dans un sens rigoureux; & cela pour deux raisons: la première est que ces corpuscules pouvant avoir des figures irrégulières, plusieurs rayons peuvent y tomber irrégulièrement & décrire, en les traversant, une ligne plus courte que les diamètres de ces corpuscules: la seconde est que la pression du milieu resserré entre ces corpuscules peut en changer un peu les mouvements, ou les autres propriétés d'où dépend la réflexion. Je ne donnerai pourtant pas grand poids à cette dernière raison; ayant observé que de petites lames de talc de Moscovie d'égal épaisseur, étant vues au microscope, ont paru à leurs extrémités & à leurs angles (où se termine ce milieu) de la

même couleur qu'aux autres parties. Quoi qu'il en soit, il seroit bien satisfaisant d'appercevoir ces corpuscules au microscope; & si jamais on y parvient, ce sera sans doute le plus haut degré où l'on puisse atteindre: car comment se flatter de découvrir dans ces corpuscules ce que leur structure a de plus merveilleux? leur transparence seule suffiroit pour s'opposer au succès.

HUITIÈME PROPOSITION.

La réflexion de la lumière ne consiste point dans son rebondissement de dessus les parties impénétrables des corps, comme on l'a toujours cru.

C'est ce dont on peut s'affûrer par les considérations suivantes.

Il est constant qu'au passage de la lumière du verre dans l'air, il se fait une réflexion un peu plus forte qu'à son passage de l'air dans le verre, & beaucoup plus forte qu'à son passage du verre dans l'eau. Or comment supposer que l'air ait plus de parties réfléchis-

lantes que l'eau ou le verre ? Mais quand on le supposeroit, on n'en seroit pas plus avancé ; car la réflexion est plus forte dans le vide qu'en plein air.

Il est constant aussi que, lorsque la lumière passe obliquement du verre dans l'air sous un angle plus grand que 40° ou 41° , elle est totalement réfléchie ; & lorsqu'elle y tombe sous un plus petit angle, elle est presque toute transmise. Dira-t-on qu'à certain degré d'obliquité, la lumière rencontre dans l'air assez de pores pour passer presque toute à travers ; tandis qu'à un autre degré d'obliquité, elle n'y rencontre que des parties impénétrables qui la réfléchissent totalement ? Cela paroitra moins concevable encore, si l'on fait attention que, quelque obliquement que la lumière passe de l'air dans le verre, il s'y trouve assez de pores pour la laisser passer en grande partie.

Si l'on prétendoit que la lumière est réfléchie, non par l'air, mais par les parties de la surface extérieure du verre ; la difficulté n'en subsisteroit pas moins. Mettant à part ce qu'une pareille hypothèse a d'insoutenable, on la

trouvera fausse, si on met une partie de la surface réfléchissante en contact avec de l'eau : car alors sous une obliquité de 45° ou 46° , les rayons seront transmis en grande partie à l'endroit où l'eau touche immédiatement le verre, & ils seront tous réfléchis à l'endroit où l'air le touche immédiatement. Ce qui prouve que leur réflexion ou leur transmission dépend de l'air & de l'eau en contact avec le verre, non de ce que les rayons tombent sur les parties impénétrables ou sur les pores du verre.

Il est constant encore qu'après avoir introduit un faisceau solaire dans une chambre obscure, s'il est rompu par un prisme placé à certaine distance du trou qui sert à lui donner passage, & si les rayons hétérogènes sont ensuite successivement projetés sous le même angle sur un autre prisme placé à quelque distance; ce second prisme peut être incliné aux rayons incidents de manière à réfléchir tous les bleus, & à transmettre les rouges en assez grand nombre. Si la réfraction étoit causée par les parties de l'air ou du verre sur lesquelles les rayons viennent à tomber, pourquoi, à incidences

égales, les bleus ne tomberoient-ils que sur des parties impénétrables, tandis que les rouges trouveroient assez de pores pour être transmis en grande partie ?

Il est de même constant qu'à l'endroit où deux verres se touchent, il ne se fait aucune réflexion sensible ; comme il paroît par la I OBSERVATION de ce LIVRE. Pourquoi donc les rayons ne tomberoient-ils pas également sur des parties impénétrables lorsque le verre est contigu à un autre verre, comme ils sont supposés y tomber lorsqu'il est contigu à l'air ?

Il n'est pas moins constant que le haut de la bulle de savon de l'OBSERVATION XVII, devenu fort mince par l'écoulement & l'évaporation de l'eau, réfléchissoit si peu de lumière que cette partie paroissoit extrêmement obscure ; quoique, tout autour de la tache noire où l'eau étoit plus épaisse, la réflexion fût assez forte pour faire paroître la bulle très-blanche. Ce n'est pas seulement à la partie la plus mince des lames ou des bulles qu'il ne se fait aucune réflexion sensible, mais à plusieurs autres parties dont l'épaisseur va toujours en augmentant. Car (dans la XV OBSERVATION) les rayons

de même couleur étoient, à différentes épaisseurs, alternativement transmis & réfléchis un nombre indéterminé de fois : néanmoins la superficie d'un corps mince a autant de parties sur lesquelles les rayons peuvent tomber à l'endroit où il a certaine épaisseur, qu'à l'endroit où il en a une autre.

Il est d'ailleurs constant que, si la réflexion étoit causée par les parties impénétrables des corps, il seroit impossible que les lamelles ou les bulles réfléchissent au même endroit les rayons d'une couleur, & laissent passer les rayons d'une autre couleur; comme il arrive dans les Expériences qui font le sujet des OBSERVATIONS XIII & XV. Car comment les rayons bleus, par exemple, tomberoient-ils fortuitement sur les parties impénétrables des corps, à l'endroit même où les rouges ne rencontreroient que ses interstices? Et comment, dans un autre endroit un peu plus épais ou un peu plus mince, les bleus enfileroient-ils les interstices, tandis que les rouges ne rencontreroient que les parties impénétrables?

Enfin si la réflexion étoit produite par le rebondissement des rayons incidents sur les

parties impénétrables des corps, elle ne se feroit pas d'une manière aussi régulière, pas même à la surface des corps polis : car il n'est pas concevable qu'avec du grais, de la potée, & du tripoli, matières dont on se sert pour travailler les verres, on puisse donner à leurs plus petites parties un assez beau poli pour qu'elles ne fassent toutes qu'une surface parfaitement lisse. Il est clair au contraire que ces matières ne peuvent que fillonner le verre, puis user ses aspérités. Plus elles seront réduites en poudre fine, plus les fillons du verre seront petits : mais quelque fine que soit cette poudre, jamais elle ne parviendra à les effacer totalement. D'où il résulte que, si la lumière étoit réfléchie de dessus les parties solides des corps, elle ne seroit pas moins dispersée par le verre le plus poli que par le plus raboteux.

Reste donc à faire voir comment une surface fillonnée & si mal polie peut réfléchir la lumière aussi régulièrement qu'elle le fait. Mais il n'est guère possible de résoudre ce problème, qu'en supposant la réflexion produite, non par des points particuliers de la surface d'un corps, mais par quelque pouvoir uniformément répandu à

cette surface, en vertu duquel le corps agit sur les rayons sans les toucher immédiatement. Que les parties d'un corps agissent à distance sur la lumière, c'est ce qui paroîtra bientôt. Or si la lumière n'étoit pas réfléchie par quelque pouvoir différent de l'action des parties solides d'une surface, il est probable que les rayons incidents sur ces parties, au lieu d'en être réfléchis, s'éteindroient tous dans le tissu du corps même; à moins qu'on n'admette deux espèces de réflexion. Ajoutez que, si tous les rayons incidents sur les parties intérieures de l'eau claire ou du cristal étoient réfléchis, l'eau & le cristal auroient une couleur sombre & nébuleuse.

○ Pour qu'un corps paroisse noir, il faut que le plus grand nombre des rayons incidents s'éteignent dans son tissu. On trouvera sans doute invraisemblable que les rayons s'éteignent dans un corps sans heurter contre ses parties. Mais cela doit faire penser que les corps sont beaucoup plus poreux qu'on ne l'imagine. L'eau est 19 fois plus légère que l'or, conséquemment 19 fois moins dense. Et l'or lui-même a si peu de densité, qu'il admet sans peine du mercure dans ses pores, & qu'il laisse passer sans obs-

tacle à travers sa substance les écoulements magnétiques, l'eau même. On fait qu'une boule d'or creuse, remplie d'eau & parfaitement soudée, ayant été comprimée avec force sous une presse, l'eau s'ouvrit passage à travers les parois & couvrit la boule d'une espèce de rosée, sans qu'on pût y appercevoir la moindre solution de continuité. L'or a donc plus de pores que de parties solides : & dans l'eau le rapport des premiers aux derniers est plus grand que celui de 40 à 1. Ainsi, l'hypothèse qui conciliera cette porosité de l'eau avec son incompressibilité parfaite, peut seule donner une idée du peu de densité du verre & de l'eau, & faire sentir que les corps transparents ont assez de pores libres pour transmettre la lumière sans obstacle.

Il est de fait que l'aimant agit sur le fer à travers les corps les plus denses, sans perdre de sa vertu, à moins qu'ils ne soient incandescents ou magnétiques. La force attractive du soleil se transmet sans diminution à travers les masses énormes des planètes; de sorte qu'elle agit sur leurs centres mêmes, avec autant d'énergie & suivant les mêmes lois que s'ils étoient à nud. A l'égard des rayons de lumière,

que leurs globules se meuvent en vertu d'une impulsion ou d'une pression propagée, toujours se meuvent-ils en lignes droites: or toutes les fois qu'un rayon est détourné de sa direction par quelque obstacle que ce soit, jamais il ne reprend sa première route, si ce n'est par quelque cause aussi fortuite qu'extraordinaire. Cependant la lumière est transmise en ligne droite, & à de fort grandes distances, au travers des corps solides transparents. Il est difficile sans doute, mais non absolument impossible, de concevoir comment les corps peuvent avoir assez de pores pour permettre cette transmission: car les couleurs des corps viennent de ce que l'épaisseur de leurs particules est propre à réfléchir tels ou tels rayons, ainsi que je l'ai fait voir. Or si l'on conçoit ces particules disposées de manière que leurs interstices occupent autant d'espace qu'elles-mêmes; si on conçoit encore ces particules composées de molécules qui ayent entre elles des interstices d'étendue égale à la leur; enfin si on conçoit ces molécules composées d'autres molécules plus petites, dont le volume soit égal à celui de leurs interstices; & toujours de la sorte jusqu'à ce qu'on parvienne à des molécules

cules sans pores, c'est à dire, aux molécules élémentaires : on sentira qu'un corps qui seroit formé de trois pareilles suites de particules, auroit 7 fois plus de pores que de parties solides ; formé de quatre suites, il auroit 15 fois plus de pores que de parties solides ; formé de cinq suites, il auroit 31 fois plus de pores que de parties solides ; formé de six suites, il auroit 63 fois plus de pores que de parties solides. Ainsi du reste.

L'extrême porosité des corps peut se déduire d'autres observations. Mais quelle est leur constitution intérieure ? C'est ce que nous ne savons point encore.

NEUVIÈME PROPOSITION.

Les corps réfléchissent & réfractent la lumière par une seule & même force, diversement mise en action dans diverses circonstances.

Trois raisons concourent à démontrer cette vérité.

La première est que la lumière, passant du verre dans l'air, sous la plus grande obliquité.

possible , est totalement réfléchié , pour peu que l'obliquité augmente : car alors la force réfringente du verre , devenue trop énergique pour laisser passer les rayons , les réfléchit totalement.

La seconde raison est que la lumière se trouve , alternativement & à plusieurs reprises , réfléchié & transmise par de minces lames de verre , suivant que leur épaisseur augmente en progression arithmétique : car c'est l'épaisseur qui détermine l'action du verre sur la lumière à la faire réfléchir ou à la transmettre.

La troisième raison est que les surfaces douées de la plus grande force réfringente , le sont aussi de la plus grande force réfléchissante , comme je l'ai prouvé à l'article de la I P R O P O S I T I O N .

D I X I È M E P R O P O S I T I O N .

Si le mouvement de la lumière est plus rapide dans les corps que dans le vide , proportionnellement aux sinus qui mesurent la réfraction ; les forces réfléchissante & réfringente sont à peu près proportionnelles à la densité des corps , à

l'exception des sulfureux dont la force réfringente est en plus grande raison.

Soient AB la surface plane réfringente d'un corps ; JC un rayon qui tombe fort obliquement sur ce corps en C , de sorte que l'angle ACJ ait fort peu d'ouverture ; CR le rayon réfracté ; & BR une perpendiculaire à la surface réfringente , menée d'un point donné B , & rencontrant en R le rayon rompu. Cela posé : si CR représente le mouvement du rayon rompu , & si ce mouvement est distingué en deux mouvements , dont CB soit parallèle & BR perpendiculaire à la surface réfringente ; CB représentera le mouvement du rayon incident , & CR le mouvement engendré par la réfraction , comme l'enseignent ceux qui ont écrit les derniers sur l'Optique. Or si un corps traversant un espace donné & terminé par deux plans parallèles , est poussé par des forces qui tendent directement vers le dernier , & n'a avant son incidence qu'extrêmement peu ou point de tendance vers le premier ; & si dans tout cet espace les forces entre les deux plans sont égales à égales distances de ces plans , mais

Fig. 53.

proportionnellement plus grandes ou plus petites à distances inégales : le mouvement engendré par ces forces tandis que le corps traverse cet espace, fera en raison sous-doublée des forces, comme on le démontre mathématiquement. Ainsi, cet espace étant pris pour la sphère d'activité de la force réfringente; le mouvement du rayon, engendré par cette force durant son passage à travers cet espace, c'est à dire, le mouvement BR, doit être en raison sous-doublée de la force réfringente. D'où il suit que le quarré de la ligne BR, ou, ce qui revient au même, la force réfringente est à peu près proportionnelle à la densité du corps. Cela se voit dans la Table suivante, où se trouvent, en différentes colonnes le rapport des sinus qui mesurent les (46) réfractions produites par différents corps; le quarré de la ligne BR, CB étant pris pour 1; les densités des corps déterminées par leurs pesanteurs spécifiques; & leur pouvoir réfringent proportionnel à leurs densités.

(46) Dans cette Table la force réfringente de l'air est déterminée par celle de l'atmosphère, que les astronomes ont reconnue.

T A B L E.

Corps réfringents.	Rapport des sinus d'incidence & de réfraction de la lumière jaune.	Quarré de B R pro- portionnel à la force réfringente des corps.	Densité & pefan- teur spé- cifique des corps.	Pouvoir réfrin- gent re- latif à la densité des corps.
Fausse topaze.....	23 à 14	1'699	4'27	3979
Air.....	3201 à 3200	0'000625	0'0012	5208
Verre d'antimoine.....	17 à 9	2'568	5'28	4864
Sélénite.....	61 à 41	1'213	2'252	5386
Verre commun.....	31 à 20	1'4025	2'58	5436
Cristal de roche.....	25 à 16	1'445	2'65	5450
Cristal d'Islande.....	5 à 3	1'778	2'72	6536
Sel gemme.....	17 à 11	1'388	2'143	6477
Alun.....	35 à 24	1'1267	1'714	6570
Borax.....	22 à 15	1'1511	1'714	6716
Nitre.....	32 à 21	1'345	1'9	7079
Vitriol de Dantzik.....	303 à 200	1'295	1'715	7551
Huile de vitriol.....	10 à 7	1'041	1'7	6124
Eau de pluie.....	529 à 396	0'7845	1'	7845
Gomme arabique.....	31 à 21	1'179	1'375	8574
Esprit de vin rectifié...	100 à 73	0'8765	0'866	10121
Camphre.....	3 à 2	1'25	0'996	12551
Huile d'olive.....	22 à 15	1'1511	0'913	12607
Huile de lin.....	40 à 27	1'1948	0'932	12819
Esprit de térébenthine..	25 à 17	1'1626	0'874	13222
Ambre.....	14 à 9	1'42	1'04	13654
Damant.....	100 à 41	4'949	3'4	14556

Si la lumière traverse plusieurs milieux réfringents, progressivement plus denses les uns que les autres & terminés par des surfaces parallèles, la somme de ses réfractions particulières sera égale à la simple réfraction qu'elle auroit soufferte à son passage immédiat du premier milieu dans le dernier. Ce qui ne seroit pas moins vrai, quoique le nombre des milieux réfringents fût infini, & que leurs distances réciproques fussent infiniment petites; c'est à dire, quoique la lumière, réfractée à chaque point de son trajet, décrivît une courbe. Donc la réfraction totale d'un rayon de lumière, en traversant l'atmosphère depuis la partie la plus rare jusqu'à la partie la plus dense, est égale à sa réfraction en passant, immédiatement & sous la même obliquité, du vide dans un air aussi dense que celui des couches inférieures de l'atmosphère. Or quoique la fausse topaze, la sélénite, le cristal de roche, le cristal d'Islande, le verre commun, & le verre d'antimoine, diffèrent extrêmement en densité; il paroît par cette Table que leurs forces réfringentes sont entre elles presque en même proportion que leurs densités; au cristal d'Islande

près, qui est un corps d'une espèce particulière, & dont la réfraction est un peu plus grande que celle des autres matières. L'air même, quoique 3500 fois plus rare que la fausse tôle, 4400 fois plus rare que le verre d'antimoine, 2000 fois plus rare que le verre commun ou le cristal de roche, a de même un pouvoir réfringent proportionnel à sa densité.

D'ailleurs, si on compare la réfraction des diamants, du camphre, de l'huile d'olive, de l'huile de lin, de l'esprit de térébenthine, & de l'ambre, corps gras & sulfureux, à l'exception des diamants; on trouvera que leurs forces réfringentes sont à peu près en même proportion entre elles que leurs densités, quoique la raison de ces rapports soit trois ou quatre fois plus grande dans ces matières, que dans celles qui font l'objet du paragraphe précédent.

L'eau a une force réfringente qui tient le milieu entre ces différentes matières, probablement parce qu'elle est d'une nature intermédiaire: car c'est de l'eau que proviennent les végétaux & les animaux, qui sont composés, comme on fait, de parties sulfureuses, grasses, & inflammables, aussi bien que de parties terreuses & alkales.

Les différents sels ont des forces réfringentes qui tiennent le milieu entre celle de l'eau & celle des matières terreuses dont ils sont composés ; comme leur résolution le prouve.

L'esprit de vin a une force réfringente qui tient le milieu entre celle de l'eau & celle des matières huileuses : par cela même il paroît être composé de ces matières combinées par la fermentation , l'eau dissolvant & volatilisant l'huile au moyen de quelques esprits salins dont elle est imprégnée ; car ce sont les parties huileuses de l'esprit de vin qui le rendent inflammable. Distillé plusieurs fois sur le sel de tartre , il devient à chaque distillation plus aqueux. D'ailleurs les chimistes observent que certaines plantes, telles que la lavande , la rue , la marjolaine , distillées séparément , donnent de l'huile avant la fermentation , sans addition d'aucun esprit ardent ; mais après la fermentation elles donnent des esprits ardents sans huile : ce qui prouve que leur huile est changée en esprit ardent par la fermentation. Les chimistes observent encore que l'huile , versée en petite quantité sur les plantes qui fermentent , s'en retire après la fermentation sous la forme d'esprit ardent.

Ainsi, tous les corps ont une force réfringente à peu près proportionnelle à leur densité, à l'exception des substances inflammables, dont la force réfringente est proportionnellement plus grande. D'où il paroît que cette force tient principalement aux parties sulfureuses, dont les mixtes abondent plus ou moins.

On fait que la lumière réunie par un miroir ardent n'agit sur aucun corps avec autant de force que sur les matières sulfureuses, qu'elle convertit en feu & en flamme : & puisque toute action est réciproque, les matières sulfureuses ne doivent agir sur aucun corps avec autant de force que sur la lumière. Que l'action entre la lumière & les corps soit réciproque, c'est ce qu'on reconnoitra, en considérant que les corps qui réfractent & réfléchissent la lumière le plus fortement, c'est à dire, les plus denses, s'échauffent aussi le plus quand on les expose à la lumière réunie par réfraction ou par réflexion.

Jusqu'ici j'ai traité du pouvoir qu'ont les corps de réfléchir & de réfracter la lumière, & j'ai fait voir que les minces plaques transpa-

rentes, les lamelles & les particules des corps, réfléchissent différentes espèces de rayons, suivant qu'elles ont plus ou moins d'épaisseur & de densité : mais je n'en ai point encore donné la raison. Pour préparer le lecteur à la saisir, je terminerai cette PARTIE du II LIVRE par de nouvelles Propositions. Celles qui précèdent sont relatives à la nature des corps; celles qui suivent sont relatives à la nature de la lumière : car il faut connoître ces choses avant de pouvoir comprendre leur action réciproque. Et comme la dernière Proposition porte sur la vélocité de la lumière, je commencerai par une Proposition qui a trait au même objet.

ONZIÈME PROPOSITION.

La lumière est certain temps à se propager : du Soleil à la Terre elle emploie environ sept ou huit minutes.

Roëmer fit le premier cette observation; d'autres l'ont faite après lui, & toujours par le moyen des éclipses des satellites de Jupiter. Lorsque la Terre est entre le Soleil & Jupiter,

ces éclipses arrivent environ sept ou huit minutes plus tôt qu'elles ne devoient arriver suivant le calcul des Tables; & lorsque la Terre est au delà du Soleil, ces éclipses arrivent environ sept ou huit minutes plus tard qu'elles ne devoient arriver. La raison en est simple : dans le dernier cas, le trajet de la lumière des satellites est plus long que dans le premier cas de toute l'étendue du diamètre de l'orbe de la Terre. Ce n'est pas qu'il ne puisse y avoir quelques inégalités de temps, causées par les excentricités des orbes des satellites : il est clair, par exemple, qu'elles ne sauroient s'accorder à l'égard de tous les satellites, ni en tout temps avec la position & la distance relatives de la Terre au Soleil. Les mouvements moyens des satellites sont aussi plus rapides lorsque leur planète descend de son aphélie à son périhélie, que lorsqu'elle avance dans l'autre moitié de son orbe. Mais ces inégalités, qui n'ont aucun rapport à la position de la Terre, sont insensibles à l'égard des trois satellites extérieurs, comme je le trouve par un calcul fondé sur la théorie de leur gravité.

DOUZIÈME PROPOSITION.

Tout rayon de lumière , traversant une surface réfringente quelconque , acquiert certaine disposition transitoire qui revient à intervalles égaux : à chaque retour , le rayon passe au travers de la surface réfringente qui suit immédiatement , & à chaque intermission il est réfléchi par cette surface.

Cela suit évidemment des OBSERVATIONS V, IX, XII, & XV, décrites dans la I PARTIE de ce LIVRE, où l'on voit que la même espèce de rayons, venant à tomber à angles égaux sur une mince plaque transparente quelconque, est réfléchi & transmise alternativement & à plusieurs reprises, suivant que l'épaisseur de la plaque augmente dans la progression arithmétique des nombres 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, &c. Donc si la première réflexion (47) se fait à l'épaisseur 1, la première transmission se fera à l'épaisseur 0. Ainsi, les rayons transmis aux épaisseurs 0, 2, 4, 6,

(47) Celle qui produit l'anneau le plus proche de la tache obscure centrale.

8, 10, 12, &c, formeront la tache centrale, & les anneaux transparents qui paroissent au moyen de cette transmission; tandis que les rayons réfléchis aux épaisseurs 1, 3, 5, 7, 9, 11, &c, formeront les anneaux qui se voient au moyen de cette réflexion. Cette réflexion & cette transmission alternatives se répètent plus de cent fois, à en juger par la XXIV OBSERVATION: car elles ont lieu de l'une à l'autre des surfaces d'une plaque de verre, quoiqu'épaisse de 3 ou 4 lignes; de sorte qu'elles semblent propagées de chaque surface réfringente à toutes sortes de distances & à l'infini.

Cette vicissitude de réflexion & de réfraction dépend des deux surfaces de chaque plaque mince, puisqu'elle dépend de leur distance. Il paroît par la XXI OBSERVATION, qu'en mouillant l'une ou l'autre des surfaces d'une plaque de talc de Moscovie, les couleurs produites par la réflexion & la réfraction alternatives s'affoiblissent aussi tôt: cette réflexion & cette réfraction dépendent donc des deux surfaces.

Ainsi, elles se font à la seconde surface; car si elles se fesoient à la première avant que

les rayons fussent parvenus à la seconde, elles ne dépendroient pas de la seconde.

Elles dépendent aussi de quelque action propagée de la première à la seconde surface : autrement, les rayons étant une fois parvenus à la seconde, elles ne dépendroient plus de la première. Et cette action est propagée de manière à avoir constamment ses intermissions & ses retours à intervalles égaux, durant un nombre indéterminé de vicissitudes. Or le rayon étant disposé à être réfléchi aux distances 1, 3, 5, 7, 9, &c; & à être transmis aux distances 0, 2, 4, 6, 8, 10, &c; (48) sa disposition à être transmis aux distances 2, 4, 6, 8, 10, &c, doit être considérée comme un retour de celle qu'il avoit à la distance 0, c'est à dire, lorsqu'il passoit à travers la première surface. Ce que j'avois dessein de prouver.

Mais en quoi consiste cette disposition ? tient-elle à un mouvement de vibration dans le rayon

(48) Sa transmission à la première surface se fait à la distance 0; & elle se fait aux deux surfaces à la fois, lorsque leur distance est de beaucoup plus petite que 1.

ou dans le milieu ? Je n'entrerai point ici dans l'examen de cette question ; j'observerai seulement , pour ceux qui n'aiment point à admettre une nouvelle découverte qu'il leur est impossible d'expliquer par aucune hypothèse , qu'on peut supposer pour le présent que les rayons de lumière , venant à tomber sur une surface quelconque réfringente ou réfléchissante , produisent des vibrations dans le milieu ou dans le corps réfringent ou réfléchissant , comme des pierres jetées dans l'eau y excitent des ondulations , ou comme la percussion des corps en excite dans l'air. En excitant ces vibrations , les rayons agitent les parties solides du corps réfringent ou réfléchissant ; de cette sorte ils échauffent ces corps. Les vibrations ainsi excitées se propagent dans le milieu réfringent ou réfléchissant , à peu près de la même manière que celles du son se propagent dans l'air : elles ont donc un mouvement plus rapide que celui des rayons , de sorte qu'elles les atteignent. Ainsi , lorsqu'un rayon se trouve dans cette partie de la vibration qui concourt avec son propre mouvement , il passe aisément à travers une surface réfringente ; mais lorsqu'il se trouve dans la

partie opposée de la vibration qui fait obstacle à son mouvement, il est aisément réfléchi : chaque rayon est donc successivement disposé à être réfléchi ou transmis par chaque vibration qui l'atteint. Au reste, je n'examine point ici si cette hypothèse est vraie ou fautive : je me contente d'avoir découvert qu'en vertu de certaine cause les rayons de lumière sont disposés à être alternativement réfléchis ou transmis à plusieurs reprises.

Les retours de la disposition d'un rayon quelconque à être réfléchi, je les appelle *Accès de facile réflexion*; comme j'appelle *Accès de facile transmission*, les retours de sa disposition à être transmis. Quant à l'espace qui se trouve entre deux retours, je le nommerai *Intervalle des accès*. (I).

TREIZIÈME PROPOSITION.

La raison pour laquelle les surfaces de tous les corps transparents épais réfléchissent une partie des rayons incidents & réfractent le reste, est qu'au moment de leur incidence, ces rayons se trouvent, les uns dans des accès de facile réflexion,

flexion, les autres dans des accès de facile transmission.

C'est ce qu'on peut inférer de la **XXIV** OBSERVATION, où la lumière réfléchie par de minces lames d'air & de verre, paroît à œil nud également blanche sur toute l'étendue des lames : tandis qu'au travers d'un prisme elle paroît former plusieurs successions d'anneaux obscurs & lumineux ; successions produites par des accès alternatifs de facile réflexion & de facile transmission, le prisme séparant les ondes dont la lumière blanche est composée, comme je l'ai expliqué plus haut.

De là il résulte que la lumière a ses accès de facile réflexion & de facile transmission, avant de tomber sur les corps transparents : & il est à croire qu'elle les a dès qu'elle commence à émaner des corps lumineux, & qu'elle les retient durant tout son trajet ; car ces accès sont constants, comme on le verra ci-après.

Ici j'ai supposé que les corps diaphanes sont épais. Si leur épaisseur étoit de beaucoup moindre, que l'intervalle des accès de facile réflexion & de facile transmission auxquels les

rayons sont exposés; ces corps perdroient leur pouvoir réfléchissant: car si les rayons, qui à leur entrée se trouvent dans des accès de facile transmission, parvenoient à la dernière surface du corps avant que l'impression de ces accès fût terminée; il faudroit nécessairement qu'ils fussent transmis. Voilà pourquoi les bulles d'eau perdent leur pouvoir réfléchissant, lorsqu'elles deviennent fort minces; & pourquoi tous les corps opaques deviennent transparents, lorsqu'ils sont divisés en très-petites parties.

QUATORZIÈME PROPOSITION.

Les surfaces des corps diaphanes réfractent très-fortement les rayons qui se trouvent dans un accès de facile réfraction, & réfléchissent très-fortement les rayons qui se trouvent dans un accès de facile réflexion.

On a vu à la PROPOSITION VIII, que la réflexion ne consiste pas dans le rebondissement de la lumière de dessus les parties impénétrables des corps; mais qu'elle est l'effet d'un pouvoir, en vertu duquel ces parties agif-

sent à quelque distance sur la lumière. On a vu aussi à la PROPOSITION IX, que les corps réfléchissent & réfractent la lumière par un seul & même pouvoir, différemment mis en action dans différentes circonstances. Enfin on a vu à la PROPOSITION I, que les surfaces qui causent les plus fortes réfractions, causent aussi les plus fortes réflexions. Preuves dont l'ensemble confirme la PROPOSITION ACTUELLE & la PRÉCÉDENTE.

Q U I N Z I È M E P R O P O S I T I O N .

Pour toute espèce de rayons, qui passent à angles quelconques d'une surface réfringente quelconque dans un même milieu, les intervalles des accès suivants de facile réflexion & de facile transmission sont, exactement ou à très-peu près, comme le rectangle de la sécante de l'angle de réfraction & de la sécante d'un autre angle, dont le sinus est la première de 106 moyennes proportionnelles arithmétiques entre les sinus d'incidence & de réfraction, à compter du dernier sinus.

Cela est évident par les OBSERVATIONS VII & XIX.

SEIZIÈME PROPOSITION.

Pour différentes espèces de rayons qui passent, à angles égaux, d'une surface réfringente quelconque dans un même milieu, les intervalles des accès suivans de facile réflexion & de facile transmission sont, exactement ou à très-peu près, comme les racines cubiques des quarrés des longueurs d'un monocorde qui produiroient ces tons d'une octave sol, la, fa, sol, la, mi, fa, sol, avec tous leurs degrés intermédiaires correspondants aux couleurs de ces rayons, conformément à l'analogie établie dans la VII EXPÉRIENCE de la II PARTIE du LIVRE I.

Cela est de même évident par les OBSERVATIONS XIII & XIV.

DIX-SEPTIÈME PROPOSITION.

Si les rayons d'une couleur quelconque traversent perpendiculairement différents milieu; les in-

intervalles des accès de facile réflexion & de facile transmission dans un milieu quelconque seront à ces intervalles dans un autre milieu, comme le sinus d'incidence au sinus de réfraction, quand les rayons passent du premier dans le dernier milieu.

Cela est encore évident par la X OBSERVATION.

DIX-HUITIÈME PROPOSITION.

Si les rayons aux confins du jaune & de l'orangé passent perpendiculairement d'un milieu quelconque dans l'air; les intervalles de leurs accès de facile réflexion & de facile transmission seront la 89,000 partie d'un pouce.

Cela est de même évident par la VI OBSERVATION.

Il est aisé de déduire de ces propositions les intervalles des accès de facile réflexion & de facile transmission de chaque espèce de rayons réfractés à angles quelconques, dans quelque milieu que ce soit : on peut donc connoître de

cette manière, si ces rayons seront réfléchis ou transmis, lorsqu'ils tombent immédiatement après sur tout autre milieu transparent. Comme ce point contribue beaucoup à faire entendre la IV PARTIE de ce LIVRE, il est important de le développer : j'ajouterai donc ici les deux Propositions suivantes.

DIX-NEUVIÈME PROPOSITION.

Si des rayons de toute espèce, tombant sur la surface polie d'un milieu transparent quelconque, viennent à être réfléchis; leurs accès de facile réflexion reviendront continuellement; & leurs retours seront dans la progression arithmétique des nombres 2, 4, 6, 8, 10, 12, &c. Mais dans les intervalles de ces accès, les rayons se trouveront dans des accès de facile transmission.

Puisque les accès de facile réflexion & de facile transmission sont de nature à revenir chacun à son tour; pourquoi ces accès, qui ont continué jusqu'à ce que le rayon soit parvenu au milieu réfléchissant où ils l'ont disposé à se réfléchir, finiroient-ils là? il n'y en a point de raison. Que si le rayon se trouvoit au point

de réflexion dans un accès de facile réflexion ; la progression des distances entre ces accès & ce point doit commencer à zéro , & se faire suivant les nombres 0 , 2 , 4 , 6 , 8 . Par conséquent la progression des distances des accès intermédiaires de facile transmission , à partir du même point , doit se faire suivant la progression des nombres impairs 1 , 3 , 5 , 7 , 9 , &c . Ce qui n'arrive pas lorsque les accès sont partagés depuis les points de réfraction .

V I N G T I È M E P R O P O S I T I O N .

Les intervalles des accès de facile réflexion & de facile transmission , propagés dans un milieu quelconque , sont égaux aux intervalles de pareils accès qu'auroient les mêmes rayons , s'ils étoient réfractés dans le même milieu à angles égaux à ceux sous lesquels ils sont réfléchis .

La lumière , réfléchie par la seconde surface des plaques minces , sort ensuite librement par la première , pour former les anneaux colorés qui paroissent par réflexion . Ainsi , elle rend les couleurs de ces anneaux plus vives & plus fortes , que celles des anneaux produits par la

lumière transmise à l'autre côté des plaques. Les rayons réfléchis se trouvent donc, à leur sortie, dans des accès de facile transmission. Or cela n'arriveroit pas toujours, si les intervalles des accès au dedans de la plaque, après la réflexion, n'étoient pas égaux en longueur & en nombre à leurs intervalles après la réflexion : ce qui confirme les rapports fixés à l'article précédent. Car si les rayons, à leur entrée & à leur sortie de la première surface, se trouvent dans des accès de facile transmission ; & que les intervalles & les nombres de ces accès entre la première & la seconde surface, avant & après la réflexion, soient égaux : les distances où les accès de facile transmission se trouvent à l'égard de l'une ou de l'autre surface, doivent être en même progression après comme avant la réflexion. Donc les distances à la première surface qui a transmis les rayons seront suivant la progression des nombres pairs 0, 2, 4, 6, 8, &c ; & à la seconde surface, suivant la progression des nombres impairs 1, 3, 5, 7, 9, &c. Au surplus, les Observations qui font le sujet de la IV PARTIE de ce LIVRE rendront ces deux Propositions plus évidentes.

LIVRE SECOND.

QUATRIÈME PARTIE.

*OBSERVATIONS concernant les réflexions
& les couleurs des plaques polies, épaisses
& transparentes.*

IL n'est point de verre ou de miroir qui, éclairé par un faisceau de rayons solaires introduits dans une chambre obscure, n'en éparpille irrégulièrement de tous côtés un certain nombre, au moyen desquels sa surface peut aisément être apperçue de toutes parts; & cela indépendamment de ceux qu'il réfracte ou qu'il réfléchit. Ces rayons irrégulièrement dispersés produisent certains phénomènes, qui, à la première vûe, me parurent fort étranges. Les voici tels que je les observai.

I. OBSERVATION. Le faisceau de rayons ayant été introduit dans la chambre obscure par un trou de quatre lignes, fait au volet & au milieu d'un carton blanchi, je le reçus perpendiculairement sur un miroir concave (49) de verre, qui le réfléchit sur le carton placé à son foyer; & je vis paroître quatre ou cinq anneaux colorés concentriques, semblables à des iris. Ils environnoient le trou du carton comme les anneaux vus entre deux objectifs (50) environnoient la tache noire; à cela près que les premiers étoient plus larges, mais plus foibles que les derniers. A mesure qu'ils s'étendoient, ils s'affoiblissoient toujours davantage, de sorte que le cinquième étoit à peine sensible. Cependant lorsque les rayons du soleil avoient beaucoup d'énergie, on découvroit de foibles linéaments d'un sixième & d'un septième anneau.

Si le carton étoit de beaucoup plus ou moins distant du miroir, les anneaux s'affoiblissoient au

(49) Il étoit travaillé des deux côtés sur une sphère de 5 pieds, 11 pouces de rayon; & le côté convexe étoit mis au tain.

(50) Voyez la *IV Observation*, & les suivantes de la *I Partie de ce Livre*.

point de ne plus paroître colorés, & de disparoître même totalement. Et lorsqu'il en étoit à six pieds, la distance du miroir au volet devenant plus considérable, le trait réfléchi s'élargissoit si fort qu'un ou deux des anneaux intérieurs étoient obscurcis : aussi ai-je ordinairement placé le miroir environ à six pieds du volet, afin que son foyer pût concourir avec le centre de sa concavité aux anneaux peints sur le carton. Cette position du miroir doit être supposée dans toutes les Observations suivantes, à moins que je n'en désigne une autre.

II. OBSERVATION. Du centre à la circonférence, les couleurs de ces iris se succédoient dans le même ordre que celles des anneaux de la IX OBSERVATION de la I PARTIE; anneaux produits par la lumière transmise au delà des deux objectifs. Car au centre commun de ces iris, on voyoit une tache foible, blanche & ronde, rarement plus large que le trait de lumière réfléchi, qui quelquefois tomboit au milieu de la tache, & quelquefois de côté lorsque le miroir se trouvoit incliné légèrement.

Cette tache étoit immédiatement circonscrite par un cercle obscur, circonscrit à son tour par les couleurs de la première iris. Ces couleurs, toutes assez foibles, étoient placées dans cet ordre, à partir du cercle obscur : d'abord on voyoit du violet & de l'indigo en petite quantité ; ensuite venoit du bleu pâle en dehors, où il se terminoit à un peu de jaune verdâtre ; puis du jaune moins foible ; enfin du rouge tirant au dehors sur le pourpre.

Cette première iris se trouvoit immédiatement environnée d'une seconde, dont les couleurs prises du centre à la circonférence étoient rangées dans cet ordre : pourpre, bleu, vert, jaune, rouge clair, & rouge mêlé de pourpre.

Suivoient les couleurs d'une troisième iris, rangées dans cet ordre : vert tirant sur le pourpre, bon vert, & rouge plus vif que celui de la seconde iris.

Les quatrième & cinquième iris paroissoient vertes, bleuâtres au dedans, rouges au dehors : mais ces couleurs étoient si foibles qu'il étoit difficile de les distinguer.

III. OBSERVATION. Ayant mesuré aussi exactement qu'il me fut possible ces anneaux

projetés sur le carton, je trouvai qu'ils étoient entre eux dans la proportion des anneaux formés par la lumière transmise au delà des deux objectifs. Car les diamètres des quatre premiers anneaux, mesurés à l'endroit le plus éclatant de leurs orbites & à six pieds de distance du miroir, étoient 1 pouce $\frac{11}{16}$, 2 pouces $\frac{3}{8}$, 2 pouces $\frac{11}{12}$, 3 pouces $\frac{3}{8}$; dont les carrés suivent la progression arithmétique des nombres 1, 2, 3, 4, &c. Ainsi, la tache blanche centrale étant prise pour un anneau, & son centre (où elle a le plus d'éclat) étant censé équivalent à un anneau infiniment petit; les carrés des diamètres des anneaux sont dans la progression des nombres 0, 1, 2, 3, 4, &c.

Je mesurai aussi les diamètres des cercles obscurs placés entre ces cercles lumineux; & je trouvai leurs carrés dans la progression des nombres $\frac{1}{2}$, 1 $\frac{1}{2}$, 2 $\frac{1}{2}$, 3 $\frac{1}{2}$, &c : les diamètres des quatre premiers (à six pieds du miroir) étant 1 pouce $\frac{3}{16}$, 2 pouces $\frac{1}{16}$, 2 pouces $\frac{2}{3}$, 3 pouces $\frac{3}{20}$. Si le carton étoit plus ou moins éloigné du miroir, les diamètres de ces cercles augmentoient ou diminuoient proportionnellement.

IV. OBSERVATION. Une pareille analogie entre ces anneaux colorés & ceux qui ont été décrits dans la I PARTIE, me fit soupçonner que plusieurs anticipoient les uns sur les autres, & se confondoient au point de n'être plus visibles. Je les regardai donc à travers un prisme, comme j'avois regardé ceux de la XXIV OBSERVATION qui précède; & lorsque le prisme étoit situé de manière à séparer leurs couleurs par la réfraction, ils paroissoient plus distincts qu'à œil nud; je pouvois en compter huit ou neuf, quelquefois douze ou treize: si leur lumière n'eût pas été aussi foible, j'en aurois même distingué un plus grand nombre.

V. OBSERVATION. Ayant placé un prisme près du volet, pour réfracter le faisceau, introduit dans la chambre obscure, & faire tomber le spectre sur le miroir, couvert d'un papier noirci & percé d'un trou, au travers duquel une seule espèce de rayons pouvoit être transmise; je remarquai que les anneaux n'avoient plus d'autre couleur que celle des rayons incidents. Si le miroir étoit illuminé par les rouges, les anneaux étoient entièrement rouges

avec des intervalles obscurs : s'il étoit illuminé par les bleus , les anneaux étoient entièrement bleus , &c.

Lorsqu'ils étoient d'une seule couleur, les quarrés de leurs diamètres, mesurés entre les parties les plus brillantes de leurs circonférences, suivoient la progression arithmétique des nombres 0, 1, 2, 3, 4; tandis que les quarrés des diamètres de leurs intervalles obscurs étoient dans la progression des nombres intermédiaires $\frac{1}{2}$, $1 \frac{1}{2}$, $2 \frac{1}{2}$, $3 \frac{1}{2}$. Mais si la couleur changeoit, la grandeur des anneaux changeoit aussi. Or les anneaux rouges étoient les plus grands; les indigos & les violets, les plus petits. Quant aux couleurs intermédiaires, leurs anneaux étoient de grandeurs intermédiaires correspondantes : de sorte que les jaunes étoient plus grands que les verts; & les verts, plus grands que les bleus. Ainsi, le miroir étant illuminé par les rayons immédiats du soleil, je reconnus que le rouge & le jaune de la partie extérieure des anneaux étoient produits par les rayons les moins réfrangibles; le bleu & le violet, par les rayons les plus réfrangibles. Je reconnus encore que les couleurs

de chaque anneau, empiétant de part & d'autre sur les couleurs des anneaux contigus (comme cela a été expliqué dans la I & la II PARTIES de ce LIVRE), se confondoient si fort qu'il n'étoit pas possible de les distinguer, excepté près du centre, où leur mélange étoit moindre : car alors les anneaux paroissent plus distinctement & en plus grand nombre; puisque j'en comptai huit ou neuf, lorsque le miroir étoit éclairé par la lumière jaune, indépendamment des légères traces d'un dixième. Pour savoir à quel point les couleurs des différents anneaux enjamboient l'une sur l'autre, je mesurai les diamètres du second & du troisième, produits par les confins du rouge & de l'orangé; & je trouvai que leurs diamètres étoient aux diamètres des mêmes anneaux produits par les confins du bleu & de l'indigo, comme 9 à 8 ou à peu près; car il étoit difficile de déterminer exactement ce rapport. De même les cercles produits successivement par le rouge, le jaune, & le vert, différoient plus l'un de l'autre, que ceux qui étoient produits successivement par le vert, le bleu, & l'indigo.

A

A l'égard du cercle tracé par le violet, il étoit si obscur qu'il échappoit à la vûe. Ainsi, pour suivre ce calcul, supposons que les différences des diamètres des cercles formés progressivement par le rouge le plus extérieur, les confins du rouge & de l'orangé, les confins de l'orangé & du jaune, les confins du jaune & du vert, les confins du vert & du bleu, les confins du bleu & de l'indigo, les confins de l'indigo & du violet, & le violet le plus extérieur, soient proportionnelles aux différences des longueurs d'un monocorde qui formeroient ces tons d'une octave *sol, la, fa, sol, la, mi, fa, sol*; c'est à dire, aux nombres $\frac{1}{9}$, $\frac{1}{18}$, $\frac{1}{12}$, $\frac{1}{12}$, $\frac{2}{27}$, $\frac{1}{27}$, $\frac{1}{18}$. Cela supposé, je dis que, si le diamètre du cercle formé par les confins du rouge & de l'orangé est $9 A$, celui du cercle formé par les confins du bleu & de l'indigo sera $8 A$: leur différence $9 A - 8 A$ sera donc à la différence des diamètres des cercles formés par le rouge le plus extérieur & par les confins du rouge & de l'orangé, comme $\frac{1}{18} + \frac{1}{12} + \frac{1}{12} + \frac{2}{27}$ à $\frac{1}{9}$, c'est à dire, comme $\frac{8}{27}$ à $\frac{1}{9}$ ou comme 8 à 3 ; tandis qu'elle sera à la différence des cercles formés par le violet

le plus intérieur & par les confins du bleu & de l'indigo, comme $\frac{1}{18} + \frac{1}{12} + \frac{1}{12} + \frac{2}{27}$ à $\frac{1}{27} + \frac{1}{18}$, c'est à dire, comme $\frac{8}{27}$ à $\frac{5}{54}$ ou comme 16 à 5. Par conséquent ces différences seront $\frac{3}{8}$ A & $\frac{5}{16}$ A. Après avoir ajouté la première de ces différences à 9 A, déduisez la dernière de 8 A, & vous aurez les diamètres des cercles formés par les rayons les moins réfrangibles & les plus réfrangibles $\frac{75}{8}$ A & $\frac{61\frac{1}{2}}{8}$ A. Ces diamètres sont donc entre eux comme 75 à 61 $\frac{1}{2}$ ou 50 à 41; & leurs carrés comme 2500 à 1681, c'est à dire, à très-peu près comme 3 à 2: rapport peu différent de celui des diamètres des cercles formés par le rouge & le violet, les plus extérieurs de la XIII OBSERVATION de la I PARTIE de ce LIVRE.

VI. OBSERVATION. Ayant placé mon œil au point où les phénomènes avoient le plus de netteté, je vis le miroir tout couvert d'ondes rouges, jaunes, vertes, & bleues, beaucoup plus étendues, mais du reste semblables à celles qu'on voyoit entre les objectifs & sur les bulles d'eau favoneuse des Observations de

la I PARTIE de ce LIVRE. Elles paroiffoient auffi de différentes grandeurs, fuyant la pofition de l'œil ; car elles fe dilatoient & fe contractoient à mefure qu'il s'approchoit ou s'éloignoit. Comme elles formoient des arcs de cercle concentriques ; quand l'œil, placé à 5 pieds 10 pouces de diftance, répondoit au centre de la concavité du miroir, le centre commun de ces ondes fe trouvoit dans la même droite que ce centre de concavité & le trou du volet : mais leur centre prenoit d'autres pofitions, dès que l'œil étoit placé différemment. Ces ondes étoient vues au moyen de la lumière du ciel, qui tomboit fur le miroir à travers le trou du volet. Si le foleil venoit à y darder fes rayons, leur champ paroiffoit de la couleur de chaque onde fur laquelle ils tomboient, & ils s'affoibliffoient extrêmement ; excepté lorsque le miroir étoit affez éloigné de la croifée pour qu'ils y tombaffent fort divergents, c'eft à dire, pour que leur lumière fût fort affoiblie elle-même. En variant le point de vûe, & l'approchant ou l'éloignant du faisceau folaire, la couleur des rayons réfléchis varioit conftamment fur l'œil & fur le miroir : car la

même couleur que je voyois sur le miroir , des personnes placées près de moi l'appercevoient sur mon œil. Ainsi , ces anneaux colorés étoient produits par les rayons réfléchis , & propagés (sous divers angles) du miroir au carton : ils ne dépendoient donc nullement de la manière dont la lumière & l'ombre étoient terminées.

VII. OBSERVATION. A l'analogie de ces phénomènes avec ceux qui sont décrits dans la I PARTIE de ce LIVRE , je jugeai que les ondes colorées étoient produites par des plaques épaisses de verre , à peu près de la même manière que par des lames fort minces ; puisqu'après avoir enlevé le tain du miroir , le verre seul donnoit les mêmes couleurs , quoique fort affoiblies. Elles ne dépendent donc du tain , qu'autant qu'il augmente la réflexion à la dernière surface du verre. L'expérience prouve d'ailleurs qu'un miroir de métal fort bien travaillé ne produit aucun de ces anneaux : d'où j'infère qu'ils proviennent des deux surfaces spéculaires & de leur intervalle , c'est à dire , de l'épaisseur de la plaque de verre qui forme le miroir. Comme , dans les OBSERVATIONS VII

& XIX de la I PARTIE, une mince lame d'air, d'eau, ou de verre, mais d'épaisseur égale, paroïssoit d'une certaine couleur, lorsque les rayons lui étoient perpendiculaires; d'une autre couleur, lorsqu'ils étoient un peu obliques; & d'une autre couleur, lorsqu'ils l'étoient encore davantage; &c: de même, dans la VI OBSERVATION de cette PARTIE, la lumière émergente du verre à différentes obliquités, le faisoit paroître de différentes couleurs; puis propagée jusqu'au carton, elle y peignoit des anneaux de toutes ces couleurs. D'un autre côté, comme une mince lame paroïssoit de différentes couleurs à différents degrés d'obliquité des rayons; parce qu'elle réfléchissoit & transmettoit sous le même degré d'obliquité ceux d'une même espèce, & qu'elle transmettoit ceux d'une espèce au même endroit où elle réfléchissoit ceux d'une autre espèce: de même, à différentes obliquités des rayons, la plaque de verre qui forme le miroir paroïssoit de différentes couleurs, & transmettoit ces couleurs au carton; parce que les rayons de la même espèce, qui émergeoient du verre à certaine obliquité, étoient réfléchis

à une autre obliquité par la dernière surface du miroir. Ainsi, à mesure que l'obliquité augmentoit, les rayons passoit ou se réfléchissoient alternativement à plusieurs reprises; tandis qu'à la même obliquité, les rayons d'une espèce étoient réfléchis, & ceux d'une autre espèce transmis. Cela paroît évident par la V OBSERVATION de cette PARTIE: car dès que le miroir étoit illuminé par l'une des couleurs prismatiques, elle produisoit sur le carton plusieurs anneaux de la même couleur avec des intervalles obscurs: elle étoit donc alternativement transmise & réfléchi du miroir au carton, durant plusieurs successions, suivant les différentes obliquités où elle se trouvoit à son point d'émergence. Lorsque la couleur projetée sur le miroir venoit à changer, celles des anneaux changeoient pareillement; & à chaque changement de couleurs, les anneaux changeoient de dimensions: la lumière étoit donc alternativement transmise & réfléchi du miroir au carton à des obliquités différentes. Il paroît donc que ces anneaux ont la même origine que ceux des minces lames: avec cette différence pourtant, que les derniers sont produits par les réflexions

& les transmissions alternatives des rayons à la seconde surface, après avoir traversé la plaque une fois : au lieu que pour produire les derniers, les rayons la traversent deux fois, avant d'être réfléchis & transmis alternativement ; d'abord depuis la première surface jusqu'au tain, ensuite depuis le tain jusqu'à la première surface où ils sont transmis au carton ou de nouveau réfléchis vers le tain, suivant qu'ils se trouvent dans des accès de facile réflexion ou de facile transmission lorsqu'ils arrivent à la première surface.

A l'égard des rayons qui tombent perpendiculairement sur le miroir, ils sont réfléchis perpendiculairement : ainsi, les intervalles de leurs accès au dedans du verre doivent être les mêmes en longueur & en nombre après comme avant la réflexion, suivant la XIX PROPOSITION de la III PARTIE de ce LIVRE : c'est une suite de l'égalité des angles, ou plus tôt de l'identité des lignes d'incidence & de réflexion. Puis donc que tous les rayons qui traversent la première surface se trouvent à leur entrée dans *des accès de facile transmission*, & que tous les rayons qui sont réfléchis par la seconde surface

font dans des *accès de facile réflexion*; ceux-ci doivent nécessairement se trouver dans des *accès de facile transmission*, lorsque, revenus en arrière, ils émergent de la première surface, pour aller au carton & y former la tache blanche qu'on voit au centre des anneaux. Cette raison ayant lieu à l'égard des rayons de toute espèce, il suit que ces rayons sont projetés pêle-mêle vers cette tache, & la font paroître blanche par leur mélange réciproque.

Quant aux rayons réfléchis plus obliquement qu'ils n'entrent, les intervalles de leurs accès doivent être plus grands après qu'avant la réflexion, conformément aux PROPOSITIONS XV & XX. D'où il peut arriver qu'au retour de ces rayons vers la première surface, ils se trouvent à certaines obliquités dans des *accès de facile réflexion*, & reviennent par conséquent vers le tain. Mais à d'autres obliquités intermédiaires se trouvant dans des *accès de facile transmission*, ils iront de là au carton & y peindront des anneaux colorés autour de la tache blanche. Comme, à égales obliquités, les intervalles des accès sont plus grands, mais moins nombreux, pour les rayons le moins

réfrangibles ; à égales obliquités , ces rayons doivent produire des anneaux moins nombreux , mais plus grands , que ne font les rayons le plus réfrangibles. Ainsi , les anneaux rouges seront plus amples que les jaunes ; les jaunes , que les verts ; les verts , que les bleus ; & les bleus , que les violets ; comme on le remarque dans la V OBSERVATION. L'anneau qui circonscrit immédiatement la tache blanche doit donc être rouge au dehors , violet en dedans , & jaune , vert , bleu au milieu , conformément à la II OBSERVATION. Ces couleurs , plus étendues dans le second anneau que dans le premier , iront toujours en augmentant , jusqu'à ce qu'empiétant l'une sur l'autre , elles viennent à se confondre par leur mélange.

Voilà en général d'où me semblent provenir ces anneaux. Ce fut la recherche de leurs causes qui me donna lieu de faire des Observations sur les différentes épaisseurs du verre , & d'examiner si par le calcul on en pourroit véritablement déduire les dimensions & les proportions des anneaux.

VIII. OBSERVATION. Je mesurai donc

l'épaisseur de la lame de verre concave-convexe qui formoit le miroir dont je viens de parler, & je trouvai qu'elle étoit par-tout exactement de 3 lignes. Suivant la VI OBSERVATION de la I PARTIE, une mince lame d'air transmet les rayons les plus vifs du premier anneau, c'est à dire, ceux d'un jaune éclatant; lorsque son épaisseur a $\frac{1}{89,000}$ de pouce; & suivant la X OBSERVATION, une mince lame de verre transmet ces mêmes rayons, lorsque son épaisseur est moindre dans le rapport du sinus de réfraction au sinus d'incidence; c'est à dire, lorsqu'elle a $\frac{11}{1,513,000}$ ou $\frac{1}{137,545}$ de pouce, supposé que ces sinus soient entre eux comme 11 à 17. Si cette épaisseur est double, elle transmettra les rayons correspondants du second anneau. Si elle est triple, elle transmettra les rayons correspondants du troisième anneau. Ainsi de suite: car dans tous ces cas la lumière d'un jaune brillant se trouve dans ses accès de facile transmission. Conséquemment si cette épaisseur est multipliée 34,386 fois, de sorte qu'elle ait 3 lignes précises, elle trans-

mettra les rayons correspondants du 34, 386^e anneau. Maintenant supposons que ces rayons d'un jaune brillant soient ceux que nous avons supposés transmis perpendiculairement du côté convexe, au delà du côté concave, jusqu'à la tache blanche au milieu des anneaux colorés peints sur le carton; on voit, par une règle établie aux articles des OBSERVATIONS VII & XIX de la I PARTIE de ce LIVRE, & par les PROPOSITIONS XV & XX de la III PARTIE, que, si les rayons sont inclinés au verre, l'épaisseur requise pour transmettre ceux d'un jaune éclatant du même anneau, à une obliquité quelconque, sera à l'épaisseur de 3 lignes, comme est au demi-diamètre la sécante d'un certain angle dont le sinus est la première de 106 moyennes proportionnelles arithmétiques entre les sinus d'incidence & de réfraction; à partir du sinus d'incidence, lorsque la réfraction se fait de la lame dans le milieu qui l'environne, & du verre dans l'air pour le cas dont il s'agit. Or si, d'une part, l'épaisseur du verre augmente graduellement par rapport à la première qui étoit de 3 lignes, jusqu'à soutenir les proportions qu'il y a entre le nombre

34,386 (celui des accès des rayons perpendiculaires qui vont à travers le verre à la tache blanche du milieu des anneaux) & les nombres 34,385, 34,384, 34,383, 34,382, (ceux des accès des rayons obliques qui vont à travers le verre, du premier anneau coloré vers les second, troisième, & quatrième); de l'autre part, si la première épaisseur est divisée en 100,000,000 de parties égales: les épaisseurs augmentées feront 100,002,908; 100,005,816; 100,008,725; 100,011,633; & les angles dont les épaisseurs sont les sécantes, feront 26' 13'', 37' 5'', 45' 6'', & 52' 26'', (le demi-diamètre étant 100,000,000): angles dont les sinus sont 762,° 1079, 1321, 1525; & les sinus proportionnels de réfraction 1172, 1659, 2031, & 2345, le demi-diamètre étant 100,000. Car les sinus d'incidence, au passage des rayons du verre dans l'air, étant aux sinus de réfraction comme 11 à 17, & aux sécantes comme 11 à la première de 106 moyennes proportionnelles arithmétiques entre 11 & 17, c'est à dire, comme 11 à $11 \frac{6}{106}$; ces sécantes feront aux sinus de réfraction comme 11 à

$11 \frac{6}{106}$ à 17, & elles donneront ces sinus en vertu de cette analogie. Donc, si les rayons sont tellement inclinés à la surface concave du verre, qu'en passant du verre dans l'air à travers cette surface, leurs sinus de réfraction soient 1172, 1659, 2031, 2345; la lumière éclatante de l'anneau 34,386 émergera à des épaisseurs qui sont à 3 lignes, comme 34,386 est à 34,385; 34,384; 34,383; 34,382, respectivement. Par conséquent, si dans tous ces cas l'épaisseur du verre est de 3 lignes, comme celle de notre miroir; la lumière éclatante de l'anneau 34,385° sortira à l'endroit où le sinus de réfraction est 1172; & celle des anneaux 34,384°, 34,383°, & 34,382°, sortira aux endroits où les sinus sont 1659, 2031, & 2345, respectivement. Au reste, la lumière de ces anneaux propagée (sous ces angles de réfraction) du miroir au carton, y produira des anneaux autour de la tache centrale blanche & ronde, réputée lumière de l'anneau 34,386°, comme nous l'avons déjà remarqué. Quant aux demi-diamètres de ces anneaux, ils soutendront les angles de réfraction formés à la surface

concave du miroir : ainsi , leurs diamètres seront à la distance du carton au miroir , comme ces sinus de réfraction doublés sont au demi-diamètre , c'est à dire , comme 1172 , 1659 , 2031 , 2345 doublés sont à 100,000. Donc si le carton est à 6 pieds de la surface concave du miroir (de même que dans la III OBSERVATION), les diamètres des anneaux d'un jaune éclatant , peints sur le carton , seront 1'688 , 2'389 , 2'925 , 3'375 pouces ; car ces diamètres sont à six pieds , comme les sinus doublés dont il s'agit sont au demi-diamètre. Or ces diamètres des anneaux d'un jaune brillant , trouvés de la sorte par le calcul , sont précisément les mêmes que ceux qui ont été trouvés par expérience dans la III^e de ces OBSERVATIONS ; sçavoir , 1 pouce $\frac{11}{16}$, 2 pouces $\frac{3}{8}$, 2 pouces $\frac{11}{12}$, & 3 pouces $\frac{1}{8}$. Donc la théorie qui déduit ces anneaux de l'épaisseur de la plaque de verre du miroir , & de l'obliquité des rayons émergents , s'accorde avec l'Observation.

Dans ce calcul , j'ai supposé les diamètres des anneaux brillants formés par une lumière blanche , égaux aux diamètres des anneaux d'un jaune brillant : car ce jaune fait la partie

la plus éclatante des anneaux colorés. Pour trouver les diamètres des anneaux de toute autre couleur simple, il suffit d'établir qu'ils sont aux diamètres des anneaux d'un jaune éclatant, en proportion foudoublée des intervalles des accès des rayons de ces couleurs, lorsque ces rayons sont également inclinés à la surface réfringente ou réfléchissante qui a produit ces accès; c'est à dire qu'il suffit d'établir que les diamètres des anneaux formés dans les dernières limites des sept principales couleurs (rouge, orangé, jaune, vert, bleu, indigo, & violet) sont proportionnels aux racines cubiques des nombres $1, \frac{8}{9}, \frac{5}{6}, \frac{3}{4}, \frac{2}{3}, \frac{3}{5}, \frac{9}{16}, \frac{1}{2}$, qui représentent les longueurs d'un monocorde propres à produire les tons d'une octave. De cette manière les diamètres, des anneaux de ces couleurs se trouveront entre eux, à très-peu près, dans la proportion où ils doivent être conformément à la V^e OBSERVATION de cette PARTIE.

Voilà comment je me suis assuré que ces anneaux & ceux des plaques minces avoient une même cause, & que les dispositions alternatives des rayons à être réfléchis ou transmis

sont propagées de chaque surface réfléchissante & réfringente à de grandes distances. Points de théorie, auxquels l'Observation qui suit mettra le sceau de l'évidence.

IX. OBSERVATION. Si ces anneaux dépendoient de l'épaisseur de la plaque de verre : à égales distances de différents miroirs faits de plaques de verre concaves-convexes, & travaillées sur une même sphère; leurs diamètres devroient être réciproquement en proportion soudoublée des épaisseurs de ces plaques, ainsi que je l'ai déjà remarqué. Cette proportion étant établie par l'expérience, il s'en suivra démonstrativement que ces anneaux dépendent de l'épaisseur du verre, comme ceux des minces lames. Je pris donc une autre plaque de verre concave-convexe, & de même sphéricité aux deux côtés que la plaque précédente; son épaisseur étoit de $\frac{5}{2}$ parties de pouce; & les diamètres des trois premiers anneaux brillants, mesurés entre les parties les plus éclatantes de leurs orbes à 6 pieds du verre, étoient 3 pouces, 4 pouces $\frac{1}{8}$, 5 pouces $\frac{1}{8}$. Mais l'épaisseur de l'autre verre portée à 3 lignes, étoit

à l'épaisseur de ce verre comme $\frac{1}{4}$ à $\frac{5}{62}$, c'est à dire, comme 31 à 10, ou 310,000,000, à 100,000,000; & les racines de ces nombres sont 17,607 & 10,000. Or les diamètres des anneaux brillants de la IX OBSERVATION, formés par le verre le plus mince, savoir $3, 4\frac{1}{6}, 5\frac{1}{8}$, sont aux diamètres des mêmes anneaux de la III OBSERVATION, formés par le verre le plus épais, savoir $1\frac{11}{16}, 2\frac{3}{8}, 2\frac{11}{12}$, dans le rapport de la première à la seconde de ces racines; ou, ce qui revient au même, les diamètres des anneaux sont réciproquement en proportion sous-doublée des épaisseurs des plaques de verre. Ainsi, dans des plaques également concaves-convexes, & dont la surface convexe est également étamée, de sorte qu'elles ne diffèrent qu'en épaisseur; les diamètres des anneaux sont réciproquement en proportion sous-doublée des épaisseurs des plaques: ce qui prouve assez que les anneaux dépendent des deux surfaces du verre. Ils dépendent de la convexe, puisqu'ils sont plus brillants lorsqu'elle est étamée que lorsqu'elle ne l'est pas: ils dépendent aussi de la concave, puisqu'un miroir qui n'a point de pareille surface ne pro-

duit aucun anneau : enfin ils dépendent des deux surfaces & de la distance qu'il y a entre elles, puisque la grandeur des anneaux varie par le seul changement de cette distance. A cet égard tout est égal entre ces anneaux & ceux des plaques minces; la grandeur proportionnelle des anneaux, & ses changements relatifs à la différente épaisseur du verre, l'ordre de leurs couleurs, &c, étant tels qu'ils doivent être d'après les dernières PROPOSITIONS de la III PARTIE de ce LIVRE : Propositions fondées sur les couleurs apparentes des plaques minces décrites dans la I PARTIE.

Ces anneaux colorés présentent encore d'autres phénomènes, qui sont autant de suites des mêmes propositions, & qui en confirment la vérité, de même que l'analogie de ces anneaux aux anneaux colorés des minces lames. Je décrirai ici quelques-uns de ces phénomènes.

X. OBSERVATION. Quand on fesoit réfléchir le faisceau des rayons solaires, non du miroir vers le trou du volet, mais vers un endroit qui en fût un peu éloigné; le centre commun de la tache blanche & des anneaux

colorés tomboit à mi-chemin entre le faisceau incident & le faisceau réfléchi. Il se trouvoit donc au centre de la concavité du miroir, toutes les fois que le carton sur lequel tomboient les anneaux colorés étoit dans ce centre-là. Comme, à raison de l'obliquité du miroir, le faisceau réfléchi s'éloignoit de plus en plus du faisceau incident & du centre commun des anneaux colorés qui étoit entre deux; ces anneaux alloient toujours en augmentant, de même que la tache blanche orbiculaire: de leur centre commun sortoient successivement des anneaux colorés; la tache blanche se changeoit en un anneau blanc qui entouroit ces nouveaux anneaux; & les traits de lumière incidente & réfléchie, tombant toujours sur les parties opposées de cet anneau blanc, illuminoient sa circonférence comme les deux parhélies qui se voient quelquefois aux parties opposées d'une iris. Ainsi, le diamètre de cet anneau (mesuré au milieu de son épaisseur) étoit toujours égal à la distance qui se trouvoit entre le milieu du trait incident & le milieu du trait réfléchi, prise à l'endroit du carton où paroissoient les anneaux. Du reste,

les rayons qui formoient cet anneau, étoient réfléchis par le miroir sous des angles égaux à leurs angles d'incidence; après s'être réfractés à leur entrée dans le verre, ils n'avoient donc plus leurs angles de réflexion dans le même plan que leurs angles d'incidence.

XI. OBSERVATION. L'ordre des couleurs de ces nouveaux anneaux se trouvoit opposé à celui des couleurs des anneaux précédents : voici comment elles se développoient. La tache blanche & ronde, qui paroissoit au milieu des anneaux projetés sur le carton, resta blanche jusqu'au centre, tant que la distance des traits incidents aux traits réfléchis n'excédoit pas de $\frac{7}{8}$ de pouce; autrement, son milieu commençoit à s'obscurcir. Lorsque cette distance fut de 1 pouce $\frac{3}{16}$ environ, la tache blanche se changea en un anneau blanc qui entouroit une tache obscure & ronde, dont le milieu tiroit sur le violet & l'indigo. Déjà les anneaux lumineux qui environnoient cette nouvelle tache, se dilatoient autant que les anneaux obscurs dont ils paroissent eux mêmes immédiatement environnés

dans les quatre premières Observations. Ainsi, la tache blanche étant changée en un anneau blanc égal au premier des anneaux obscurs : le premier des anneaux lumineux devint égal au second des anneaux obscurs ; le second des lumineux, au troisième des obscurs ; ainsi des autres : car ici les diamètres des anneaux lumineux étoient 1 pouce $\frac{3}{16}$, 2 pouces $\frac{1}{16}$, 2 pouces $\frac{2}{3}$, 2 pouces $\frac{3}{20}$, &c.

Dès que la distance entre les traits incidents & réfléchis augmentoit un peu plus ; au centre de la tache obscure paroissoient successivement de l'indigo, du bleu, du vert-pâle, du jaune, & du rouge. Quand la couleur du centre devenoit la plus éclatante, c'est à dire, orangée ; alors l'étendue des anneaux lumineux étoit égale à celle des anneaux lumineux dont ils étoient immédiatement environnés dans les quatre premières Observations : ou, ce qui revient au même, la tache blanche au milieu de ces anneaux se trouvoit changée en un anneau blanc égal au premier des anneaux lumineux ; tandis que le premier des anneaux lumineux devenoit égal au second de ces mêmes anneaux ; ainsi de suite : car ici les diamètres

de l'anneau blanc & des autres anneaux lumineux qui l'environnoient, étoit 1 pouce $\frac{11}{16}$, 2 pouces $\frac{3}{8}$, 2 pouces $\frac{11}{12}$, 3 pouces $\frac{3}{8}$ ou environ.

Dès que la distance des deux traits de lumière projetée sur le carton augmentoit un peu, du centre sortoit successivement du rouge, du pourpre, du bleu, du vert, du jaune, & du rouge tirant sur le pourpre. Quand la couleur devenoit la plus éclatante, c'est à dire, orangée; les couleurs précédentes, savoir l'indigo, le bleu, le vert, le jaune, & le rouge formoient un anneau coloré, égal au premier des anneaux lumineux qui paroissoient dans les quatre premières Observations; tandis que l'anneau blanc, qui se trouvoit ici le second des anneaux lumineux, étoit égal au second de ces anneaux, & le premier des anneaux lumineux, qui est ici le troisième, se trouvoit égal au troisième de ces anneaux; ainsi de suite: car leurs diamètres étoient 1 pouce $\frac{11}{16}$, 2 p $\frac{3}{8}$, 2 p $\frac{11}{12}$, 3 p $\frac{3}{8}$; la distance des deux traits de lumière & le diamètre de l'anneau blanc étant 2 pouces $\frac{3}{8}$.

Dès que ces deux traits étoient plus éloignés l'un de l'autre, du milieu sortoit une tache ronde plus obscure, au centre de laquelle

paroissoit ensuite une autre tache brillante. Et alors les couleurs précédentes, savoir le pourpre, le bleu, le vert, le jaune, & le rouge tirant sur le pourpre, formoient un anneau égal au premier des anneaux lumineux des quatre premières Observations : les anneaux qui circonféroient celui-ci étoient égaux à ceux dont le premier étoit circonscrit ; mais la distance des deux traits de lumière, & le diamètre de l'anneau blanc qui se trouvoit alors le troisième anneau, étoient d'environ 3 pouces.

Ensuite les couleurs des anneaux du milieu s'affoiblirent très-fort : & dès qu'on augmentoit d'un demi-pouce la distance entre les deux traits de lumière, ces couleurs dispa-roissoient entièrement ; tandis que l'anneau blanc, & un ou deux des anneaux contigus de part & d'autre, continuoient d'être visibles. Mais si la distance des deux traits de lumière augmentoit davantage, ceux-ci dispa-roissoient pareillement. Or la lumière, qui des différentes parties du trou fait au volet tomboit sur le miroir sous différents angles, vint alors à former des anneaux de différentes grandeurs qui s'affoiblissoient & s'effaçoient réciproque-

ment; comme je le reconnus en interceptant quelque partie de cette lumière. Car si j'interceptois la partie la plus proche de l'axe du miroir, les anneaux devenoient plus petits; & si j'interceptois la partie la plus éloignée de cet axe, ils devenoient plus grands.

XII. OBSERVATION. Lorsque les couleurs prismatiques étoient successivement projetées sur le miroir, l'anneau blanc des deux dernières Observations conservoit toujours la même étendue; à cela près que les anneaux extérieurs étoient plus grands en vert qu'en bleu, plus grands en jaune qu'en vert, & encore plus grands en rouge qu'en jaune. Au contraire, les anneaux intérieurs étoient plus petits en vert qu'en bleu, plus petits en jaune qu'en vert, & encore plus petits en rouge qu'en jaune. Car les angles de réflexion des rayons de cet anneau, étant égaux à leurs angles d'incidence; les accès de chaque rayon réfléchi au dedans du verre, étoient, après la réflexion, égaux en longueur & en nombre aux accès du même rayon au dedans du verre, avant qu'il tombât sur la surface réfléchissante. Ainsi, les rayons

hétérogènes, qui se trouvent à leur incidence sur la première surface du verre dans un accès de facile transmission, se trouvoient aussi dans un accès de facile transmission à leur retour vers la même surface après avoir été réfléchis par la dernière : ils étoient donc transmis vers l'anneau blanc formé sur le carton. Voilà pourquoi cet anneau avoit la même étendue dans toutes les couleurs, & pourquoi il paroissoit blanc lorsque toutes les couleurs étoient confondues.

Pour ce qui est des rayons réfléchis à d'autres angles ; les intervalles des accès des moins réfrangibles, étant les plus grands, font que d'ordinaire les anneaux de leur couleur augmentent le plus promptement de tous, en s'éloignant de part & d'autre de l'anneau blanc : par cela même ils font plus grands en dehors, plus petits en dedans. Aussi dans la dernière Observation, lorsque le miroir étoit illuminé d'une lumière blanche, les anneaux extérieurs produits par toutes les couleurs paroissoient-ils rouges en dehors, bleus en dedans ; tandis que les anneaux intérieurs paroissoient bleus en dehors, rouges en dedans.

Tels sont les phénomènes qu'offrent des plaques de verre épaisses, convexes-concaves, & à surfaces parallèles.

Elles en offrent d'autres encore, lorsqu'elles sont plus ou moins concaves que convexes, ou planes-convexes, ou bi-convexes : car dans tous ces cas, elles produisent des anneaux colorés, mais de différentes manières. Et autant que j'ai pu l'observer, ces phénomènes sont tous des conséquences des dernières PROPOSITIONS de la PARTIE précédente, dont ils confirment la vérité. Au reste ces phénomènes sont trop variés, & les calculs par lesquels ils sont déduits de ces Propositions trop embarrassants, pour qu'il en soit ici question. Il me suffit d'avoir poussé l'examen des phénomènes de ce genre jusqu'à en découvrir la cause, & d'avoir confirmé par cette découverte les Propositions avancées dans la III PARTIE de ce LIVRE.

XIII. OBSERVATION. Puisque la lumière réfléchi par une lentille mise au tain produit des anneaux colorés, elle doit en produire de semblables lorsqu'elle traverse une goutte d'eau. A la première réflexion des rayons dans

la goutte, quelques couleurs seront transmises comme dans la lentille; tandis que d'autres seront réfléchies vers l'œil. Par exemple, si le diamètre d'un globule d'eau est environ la 500^e partie d'un pouce, de sorte qu'un rayon rouge passant par le milieu de ce globule ait 250 accès de facile transmission au dedans du globule, tandis que tous les rayons rouges, qui à certaine distance environnent celui-ci de toutes parts, ont 249 accès au dedans du globule; tous les rayons de la même espèce qui l'environnent à une distance plus grande ont 248 accès, & tous ceux qui l'environnent à une distance plus grande encore ont 247 accès, ainsi de suite: ces cercles concentriques de rayons projetés après leur transmission sur un papier blanc, y formeront des cercles concentriques de rayons rouges; pourvu toutefois que la lumière transmise par un seul globule soit assez forte pour affecter l'organe. De même les autres rayons hétérogènes produiront chacun des anneaux de leur propre couleur. Maintenant supposé que le soleil brille à travers une nuée légère, composée de pareils globules d'eau ou de grêle, tous de même grosseur; il paroitra

environné d'anneaux colorés concentriques, semblables à ceux que nous venons de décrire. Or le diamètre du premier anneau rouge fera de $7^{\circ} \& 15'$; celui du second, de $10^{\circ} 15'$; celui du troisième, de $12^{\circ} 33'$. La grandeur de ces anneaux fera donc proportionnelle à celle des globules d'eau.

Voilà la théorie; l'Expérience y est exactement conforme: car au mois de Juin 1692, je vis par réflexion dans un vase d'eau tranquille trois couronnes colorées autour du soleil, semblables à trois petites iris concentriques. La plus petite couronne étoit bleue en dedans, rouge en dehors, & blanche au milieu. La seconde étoit pourpre & blanche en dedans, rouge-pâle en dehors, & verte au milieu. La troisième étoit bleue-pâle en dedans, rouge-pâle en dehors. Ainsi, leurs couleurs du centre à la circonférence étoient rangées dans cet ordre: bleu, blanc, rouge: pourpre, bleu, vert, blanc, rouge: pourpre, bleu, vert, jaune-pâle, rouge: bleu-pâle, rouge-pâle.

Le diamètre de la seconde couronne, mesuré au milieu du jaune & du rouge, étoit de $9^{\circ} 20'$ ou environ. Je n'eus pas le temps de

mesurer les diamètres de la première & de la troisième couronnes : mais le diamètre de la première paroïssoit avoir environ 5° ou 6° ; & celui de la troisième, environ le double.

La lune offre quelquefois de pareilles couronnes : car la nuit du 19 Février 1664, j'en vis deux autour de cette planète. Elle paroïssoit immédiatement environnée d'un cercle blanc. Venoit ensuite la couronne intérieure, qui étoit verte-bleuâtre au dedans, jaune-rouge au dehors, & dont le diamètre avoit environ 3° . La couronne extérieure étoit contiguë ; elle offroit du bleu & du vert à son bord interne, du rouge à son bord externe, & elle avoit un diamètre d'environ $5^{\circ} 30'$. On voyoit en même temps un halo ou cercle coloré environ à $22^{\circ} 35'$, du centre de la lune. Il étoit elliptique, & son long diamètre, perpendiculaire à l'horizon, s'éloignoit le plus de la lune par sa partie inférieure. On m'a assuré qu'on apperçoit quelquefois trois, quatre couronnes concentriques contiguës autour de la lune. Plus les globules d'eau ou de glace sont égaux entre eux, plus on doit appercevoir de couronnes colorées, & plus leurs couleurs doivent être

éclatantes. Au reste, le halo qu'on voyoit à $22^{\circ} 35'$ de la lune n'étoit pas de même nature. De ce qu'il étoit ovale & plus éloigné de la lune par le bas que par le haut, je conclus qu'il résultoit de la réfraction des rayons par une espèce particulière de grêle ou de neige qui flottoit horizontalement dans l'air; l'angle réfringent étant 58° ou 60° , environ.



LIVRE TROISIÈME.

OBSERVATIONS sur les inflexions des rayons de lumière, & les couleurs qui en résultent.

PERSONNE, avant *Grimaldo*, n'avoit observé que les ombres des corps exposés aux rayons solaires (introduits dans une chambre obscure par un fort petit trou) sont, non seulement plus amples qu'elles ne le devroient si ces rayons passoient en ligne droite le long de ces corps, mais bordées de trois franges colorées parallèles. Lorsque le diamètre du trou vient à augmenter, ces franges se dilatent & se mêlent au point de ne pouvoir plus être distinguées. Faute d'avoir examiné la chose d'assez près, on a attribué à la réfraction de la lumière dans l'air ces larges ombres, ces franges colorées; & assurément sans raison: voici les

circonstances du phénomène, telles que je les ai observées.

I. OBSERVATION. Ayant fait avec une épingle un trou d'un 42^e de pouce à une plaque de plomb, j'introduisis par ce trou un pinceau de rayons solaires dans ma chambre obscure ; & je trouvai que les ombres des cheveux, des fils, des épingles, des brins de paille & de tout autre corps menu exposé à ce pinceau, étoient considérablement plus larges qu'elles n'auroient dû l'être si les rayons avoient passé en ligne droite le long de ces corps. Un cheveu, dont le diamètre n'avoit qu'un 280^e de pouce, étant exposé à 12 pieds du trou, jeta une ombre qui à 4 pouces du cheveu avoit $\frac{1}{20}$ de pouce en largeur ; à ce point elle étoit donc quatre fois plus large que le cheveu. A deux pieds, elle avoit environ $\frac{1}{28}$ de pouce en largeur, & étoit dix fois plus large que le cheveu. A dix pieds, elle avoit $\frac{1}{8}$ de pouce, & étoit trente cinq fois plus large que le cheveu.

Quel que soit le milieu ambiant, les phénomènes sont identiques : car ayant mouillé une plaque polie de verre, je plaçai le cheveu dessus,

dessus, & j'y appliquai une autre plaque polie de verre; ensuite je plongeai cet appareil dans de l'eau, enforte qu'elle pût remplir l'espace intermédiaire des verres: puis je l'exposai aux rayons du pinceau lumineux, de manière qu'ils pussent le traverser perpendiculairement. Alors l'ombre du cheveu se trouva, aux mêmes distances, de même grandeur qu'auparavant. Les ombres des traits tracés sur des lames de verre étoient aussi beaucoup plus larges qu'elles n'auroient dû l'être, & les filandres qui se trouvoient dans ces lames jetoient des ombres proportionnelles. La grandeur de ces ombres vient donc de quelque autre cause que de la réfraction causée par l'air.

Soient le cercle X un cheveu vu par un bout: ADG, BEH, CFJ, trois rayons passant à différentes distances de l'un des côtés du cheveu; KNQ, LOR, MPS, trois autres rayons passant à pareilles distances de l'autre côté, D, E, F, & N, O, P, les endroits où les rayons s'infléchissent dans leur trajet: G, H, J; & Q, R, S, les endroits où les rayons tombent sur le papier GQ: JS la largeur de l'ombre du cheveu projetée sur le papier: TJ

Fig. 54.

& VS, deux rayons allant aux points J & S, fans s'infléchir lorsque le cheveu est ôté. Or ces points pris pour extrêmes, il est évident que toute la lumière intermédiaire, passant auprès du cheveu, se plie en s'écartant de l'ombre JS : car si quelque partie de cette lumière ne souffroit aucune inflexion, elle tomberoit sur l'ombre & l'éclaireroit à cet endroit ; ce qui est contraire à l'Expérience. Et puisque l'ombre s'élargit, & que les rayons TJ & VS s'éloignent beaucoup l'un de l'autre, lorsque le papier est à une grande distance du cheveu ; il est évident que le cheveu agit à une distance considérable sur les rayons qui passent à ses côtés ; & toujours avec d'autant plus d'énergie, que les rayons sont moins distants. D'où il suit que l'ombre du cheveu est proportionnellement plus large lorsque le papier est près du cheveu, que lorsqu'il en est éloigné.

II. OBSERVATION. Les ombres des métaux, des pierres, du verre, du bois, de la corne, de la glace, & généralement de tous les corps exposés à ces rayons, paroissent bordées de trois franges parallèles colorées,

dont la plus proche de l'ombre étoit la plus large & la plus vive, tandis que la plus éloignée étoit la plus étroite & la moins vive : elle étoit même si peu marquée qu'on pouvoit à peine l'appercevoir. On distinguoit difficilement les couleurs de ces franges, excepté lorsque la lumière tomboit fort obliquement sur un papier ou sur quelque autre sur face blanche & unie ; ce qui augmentoit leur largeur apparente. Alors les couleurs bien marquées suivoient cet ordre. En dedans (51) ; la première frange étoit d'un bleu foncé, puis d'un bleu clair, verte & jaune au milieu, rouge en dehors. La seconde frange étoit presque contiguë à la première, comme la troisième l'étoit à la seconde ; & toutes deux étoient bleues en dedans, jaunes & rouges en dehors : mais leurs couleurs étoient extrêmement foibles, sur-tout celles de la troisième. Voici la suite de ces couleurs à partir de l'ombre ; violet, indigo, bleu-pâle, vert, jaune, rouge ; bleu, jaune, rouge ; bleu-pâle, jaune-pâle, & rouge.

Les ombres produites par les filandres & les

(51) C'est à dire, près de l'ombre.

bulles des plaques de verre étoient aussi bordées de pareilles franges colorées. Enfin celles des bandes de glace biseautés & exposées à ces rayons étoient bordées de pareilles franges, aux endroits où les plans parallèles formoient le biseau par leur jonction; & quelquefois on y comptoit jusqu'à quatre ou cinq franges co-

Fig. 55. lorées. Soient AB , CD , les plans parallèles d'une bande de glace, & BD le plan de son biseau, faisant en B un angle fort obtus. Que toute la lumière qui se trouve entre les rayons ENJ & FBM , transmise perpendiculairement à travers les plans parallèles de la glace, aille tomber sur le papier entre J & M ; & que toute la lumière entre les rayons GO & HD , réfractée par le plan oblique BD du biseau, tombe sur le papier entre K & L : alors le champ de lumière transmise à travers les plans parallèles sur le papier entre J & M fera bordé en M de trois franges, même d'un plus grand nombre.

Ainsi, en regardant le soleil à travers les barbes d'une plume ou un ruban noir tenu fort proche de l'œil, on voit plusieurs iris; parce que les ombres que les filets jettent

Fig. 53.

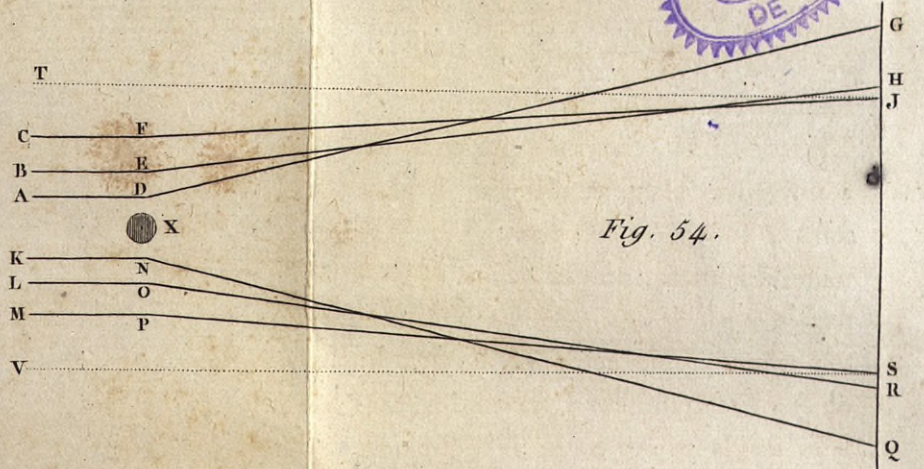
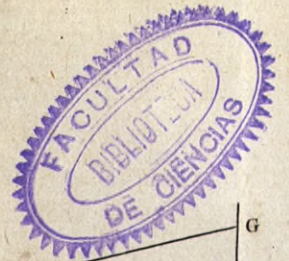
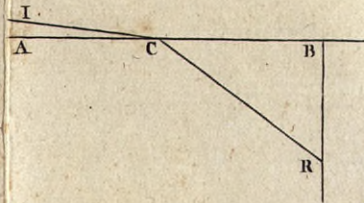


Fig. 54.

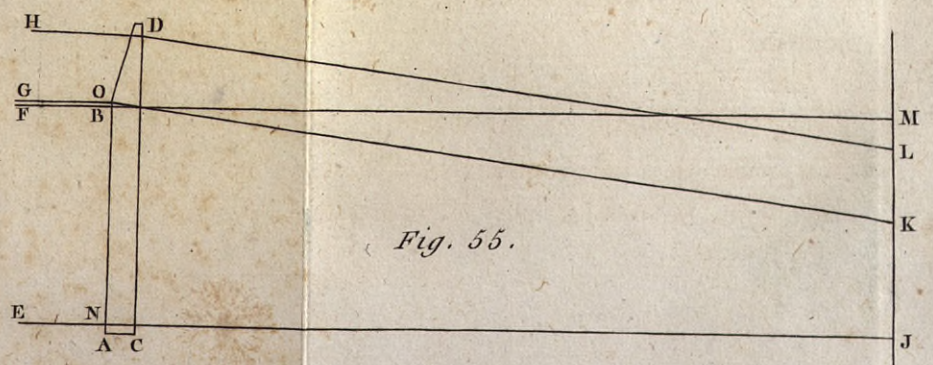


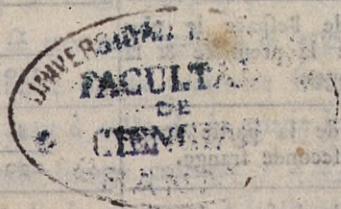
Fig. 55.





sur la rétine sont bordées de pareilles franges colorées.

III. OBSERVATION. Le cheveu étant à douze pieds du volet, j'en fis tomber l'ombre sur une échelle blanche, plate & bien graduée; d'abord obliquement, lorsque l'échelle étoit à 6 pouces du cheveu; puis perpendiculairement, lorsque l'échelle en étoit à 9 pieds. Ensuite je mesurai, avec toute l'exactitude possible, la largeur de l'ombre & des franges colorées. La Table qui suit donne ces mesures en parties de pouce: mais il faut observer que, dans le premier cas, l'ombre du cheveu étoit projetée si obliquement qu'elle paroïssoit douze fois plus large, que lorsqu'elle étoit projetée perpendiculairement à la même distance.



	A la distance de 6 pouces.	A la distance de 9 pieds.
Largeur de l'ombre.	$\frac{1}{54}$	$\frac{1}{9}$
Largeur de l'espace entre les milieux des premières franges co- lorées, aux deux côtés de l'ombre.	$\frac{1}{38}$ ou $\frac{1}{39}$	$\frac{7}{50}$
Largeur de l'espace entre les milieux des franges moyennes, aux deux côtés de l'ombre.	$\frac{1}{23\frac{1}{2}}$	$\frac{4}{17}$
Largeur de l'espace entre les milieux des dernières franges, aux deux côtés de l'ombre.	$\frac{1}{18}$ ou $\frac{1}{18\frac{1}{2}}$	$\frac{3}{10}$
Distance entre la première & la seconde franges, prise au mi- lieu.	$\frac{1}{120}$	$\frac{1}{21}$
Distance entre la seconde & la troisième franges, prise au milieu.	$\frac{1}{170}$	$\frac{1}{31}$
Largeur des parties (verte, blanche, jaune, & rouge) de la première frange.	$\frac{1}{170}$	$\frac{1}{32}$
Largeur de l'espace le plus obscur entre la première & la seconde franges.	$\frac{1}{240}$	$\frac{1}{45}$
Largeur de la partie lumi- neuse de la seconde frange.	$\frac{1}{290}$	$\frac{1}{55}$
Largeur de l'espace le plus obscur entre la seconde & la troisième franges.	$\frac{1}{340}$	$\frac{1}{63}$

IV. OBSERVATION. Lorsque l'ombre étoit projetée obliquement sur une surface blanche lisse & peu distante ; la première frange commença à paroître à moins de 3 lignes du cheveu ; elle avoit même plus d'éclat que le reste du champ de lumière. Ainsi , l'intervalle obscur entre cette frange & la seconde parut à moins de quatre lignes du cheveu. La seconde frange commença à paroître à moins de 6 lignes ; & l'intervalle obscur entre cette frange & la troisième , à moins de 12 lignes. Enfin la troisième frange commença à paroître à moins de 3 pouces. A de plus grandes distances , ces franges devinrent beaucoup plus sensibles Mais elles avoient à peu près les mêmes largeurs & les mêmes intervalles proportionnels : car la distance entre les milieux de la première & de la seconde franges étoit à la distance entre les milieux de la seconde & de la troisième , comme 3 à 2 ou 10 à 7 ; & cette dernière distance se trouvoit égale à la largeur de la partie brillante de la première frange. Or cette largeur étoit à celle de la partie brillante de la seconde frange comme 7 à 4 ; à l'intervalle obscur de la première à la seconde

frange comme 3 à 2; & à l'intervalle obscur de la seconde à la troisième frange comme 2 à 1. Car il sembloit que les largeurs des franges étoient en progression des nombres 1, $\sqrt{\frac{1}{3}}$, $\sqrt{\frac{1}{5}}$; & que les intervalles des franges étoient en même progression; c'est à dire que les franges & leurs intervalles suivoient la progression continue des nombres 1, $\sqrt{\frac{1}{2}}$, $\sqrt{\frac{1}{3}}$, $\sqrt{\frac{1}{4}}$, $\sqrt{\frac{1}{5}}$, ou environ. Ces proportions se soutenoient à peu près dans toutes les distances du cheveu; les intervalles obscurs étant proportionnellement aussi larges que les franges; & cela dès qu'ils commençoient à paroître & lorsqu'ils étoient le plus éloignés du cheveu, quoiqu'ils ne fussent alors ni aussi obscurs ni aussi distincts.

V. OBSERVATION. Après avoir introduit dans ma chambre obscure un faisceau de rayons de 3 lignes de diamètre, à 2 ou 3 pieds du trou qui leur donnoit passage; je disposai un carton noirci des deux côtés, & dont le milieu avoit une ouverture carrée d'environ 9 lignes, destinée à transmettre les rayons; derrière cette ouverture, je fixai au

carton avec de la poix la lame d'un couteau pointu, pour intercepter une partie de la lumière transmise. Les plans du carton & de la lame du couteau étoient parallèles entre eux & perpendiculaires aux rayons. Le tout disposé de manière que le faisceau solaire étoit entièrement transmis, partie tombant sur le couteau, & partie passant près du tranchant ; je projetai celle-ci à deux ou trois pieds au delà sur un papier blanc, & j'aperçus de petits traits rayonnants d'une lumière foible, qui de deux endroits du faisceau s'élançoient dans l'ombre sous la forme de queues de comètes. Mais comme la lumière du soleil, projetée sur le papier, obscurcissoit si fort ces foibles traits qu'ils étoient à peine sensibles, je fis un petit trou au milieu du papier pour les projeter sur un drap noir placé derrière : alors ils parurent distinctement. Ils étoient à peu près égaux en longueur, en largeur, & en intensité. Leur lumière, au bord qui confinoit au champ du faisceau, étoit assez forte, l'espace d'environ 4 ou 5 lignes ; puis elle alloit en s'affoiblissant jusqu'à s'éteindre tout à fait. La longueur de ces traits mesurés à 3 pieds du couteau étoit de 6 à 8

pouces ; de sorte qu'elle soutenoit au tranchant du couteau un angle de 10 à 14 degrés environ. Cependant j'ai cru les voir quelquefois s'étendre 3 ou 4 degrés plus loin ; mais ils étoient si foibles qu'il étoit impossible de ne pas s'y méprendre : car m'étant placé au delà de l'extrémité d'un trait, derrière le couteau, le tranchant me réfléchit des rayons, non seulement lorsque mon œil étoit dans la direction des traits, mais lorsqu'il étoit vers la pointe ou le manche du couteau. Le trait rayonnant qui paroïssoit contigu au tranchant du couteau, étoit plus étroit que la frange intérieure, & n'étoit jamais si étroit que lorsque l'œil se trouvoit le plus éloigné du faisceau solaire ; de sorte qu'il sembloit passer entre la lumière de la frange intérieure & le tranchant même du couteau. Or la partie qui passoit le plus près du tranchant souffroit la plus grande inflexion, quoique le reste ne parût pas suivre la même loi.

VI. OBSERVATION. Auprès de ce couteau j'en plaçai un autre, de manière que leurs tranchants fussent opposés parallèlement, & que le faisceau solaire venant à tomber sur

les lames pût en partie passer entre elles. Lorsque la distance de ces tranchants étoit environ la 400^e partie d'un pouce, le trait qui sortoit de ce faisceau se partageoit par le milieu & laissoit une ombre intermédiaire. Cette ombre étoit si noire, que la lumière qui passoit entre les lames sembloit toute détournée de l'un ou de l'autre côté. A mesure que les lames s'approchoient, l'ombre devenoit plus large, les traits devenoient aussi plus courts vers leurs extrémités intérieures & voisines de l'ombre; jusqu'à ce que, les tranchants venant à se toucher, la lumière disparut totalement & l'ombre prit sa place.

De là je conclus que la lumière qui souffre le moins d'inflexion s'approche des extrémités intérieures des traits rayonnants, & passe à la plus grande distance des tranchants; distance d'environ la 800^e partie d'un pouce, lorsque l'ombre commence à paroître entre ces traits. A l'égard du reste de la lumière qui passe à des distances toujours moindres des tranchants; elle s'infléchit de plus en plus, & va vers les parties des traits qui s'éloignent de plus en plus de la lumière directe: car lorsque les lames

s'approchent jusqu'à se toucher, les parties des traits qui sont les plus éloignées de la lumière directe s'évanouissent les dernières.

VII. OBSERVATION. Dans la V OBSERVATION, les franges n'étoient pas sensibles, parce qu'elles s'élargissoient si fort à raison de la grandeur du trou fait au volet, qu'elles ren-
troient l'une dans l'autre, & produisoient, par leur mélange, à l'origine des traits rayonnants, une lumière continue. Mais dans la VI OBSERVATION, à mesure que les lames s'approchoient, & un peu avant que l'ombre intermédiaire devînt sensible, les franges commencèrent à paroître aux extrémités intérieures des traits à chaque côté du faisceau solaire; trois d'un côté, produites par l'un des tranchants; & trois de l'autre côté, produites par l'autre tranchant. Elles étoient d'autant plus distinctes, que les couteaux se trouvoient plus éloignés du trou fait au volet, & que ce trou étoit plus petit: de sorte que je pouvois même quelquefois distinguer de foibles traces d'une quatrième frange. A mesure que les tranchants continuoient à s'approcher, les franges devenoient plus distinctes & plus amples jusqu'à ce qu'elles

disparurent. L'extérieure disparut d'abord, puis l'intermédiaire, enfin l'intérieure. Après qu'elles se furent toutes évanouies, & que la raie lumineuse qui étoit au milieu se fut fort étendue, anticipant des deux côtés sur les traits décrits dans la V OBSERVATION, l'ombre ayant commencé à paroître au milieu de cette raie & à la partager en deux, elle alla en augmentant jusqu'à ce que toute la lumière eût disparu. Cette extension des franges étoit si considérable que les rayons, qui pénétoient jusqu'à la frange intérieure, paroïssent environ 20 fois plus infléchis que lorsque cette frange étoit près de disparoître, en retirant l'un des couteaux.

De cette Observation comparée à la précédente, je conclus que la lumière de la première frange passoit à plus d'un 800^e de pouce du tranchant d'un couteau, que celle de la seconde frange passoit à une plus grande distance de ce tranchant, & celle de la troisième à une plus grande distance encore : mais les traits rayonnants des OBSERVATIONS V & VI passaient à de moindres distances, que la lumière d'aucune de ces franges.

VIII. OBSERVATION. Ayant fait affiler & dresser deux couteaux, je les enfonçai par leurs pointes dans une planche, de manière que leurs tranchants croisés fissent un angle rectiligne quelconque. Ensuite je mis de la poix entre les manches, pour rendre cet angle invariable. La distance des tranchants, à 4 pouces de leur point d'interfection, étoit d'un 8^e de pouce; l'angle qu'ils formoient avoit donc à très-peu près 1 degré 54 minutes. Les couteaux croisés de la sorte furent exposés, à 10 ou 12 pieds du volet, aux rayons solaires introduits dans la chambre obscure par un trou d'un 42^e de pouce : après quoi je plaçai, à 6, 8, 10, ou 12 pouces plus loin, une règle blanche & polie; j'y fis tomber fort obliquement la lumière qui passoit entre les tranchants: & les franges qu'elle produisit se projetèrent parallèlement aux bords de l'ombre des lames, sans devenir sensiblement plus larges, jusqu'à ce qu'elles se rencontrèrent à des angles égaux à l'angle formé par les tranchants. A ce point de concours, elles disparurent sans se croiser. Mais lorsque la règle étoit beaucoup plus distante des couteaux, les franges devenoient un peu plus étroites, ou bien

elles s'éloignoient davantage de leur point de concours, s'élargissant toujours à mesure qu'elles s'approchoient l'une de l'autre : puis s'étant rencontrées, elles se croisèrent & s'élargirent encore davantage.

De là je conclus que les distances auxquelles les rayons des franges passent auprès des lames, ne sont ni augmentées ni changées par le rapprochement des tranchants : mais leur inflexion devient beaucoup plus considérable, la lame la plus proche d'un rayon quelconque déterminant de quel côté il doit être infléchi, tandis que l'autre lame en augmente l'inflexion.

IX. OBSERVATION. Lorsque les rayons tomboient fort obliquement sur la règle, à 4 lignes des tranchants; les deux raies obscures, qui se trouvoient chacune entre la première & la seconde franges de l'ombre de chaque lame, se rencontrèrent à un 5^e de pouce des rayons extrêmes transmis entre les lames, à l'endroit où les tranchants se touchoient. Ainsi, la distance des tranchants au point d'intersection des traits obscurs étoit d'une 160^e partie de pouce. Car une longueur quelconque des tranchants, mesurée du point de leur

concours, est à la distance entre les tranchants au bout de cette longueur, comme 4 pouces sont à $\frac{1}{8}$; c'est à dire, comme $\frac{1}{5}$ est à $\frac{1}{160}$ de pouce. Donc ces raies obscures se rencontrent au milieu de la lumière qui passe entre les tranchants à l'endroit où ils sont à $\frac{1}{160}$ de pouce l'un de l'autre : une partie de cette lumière passe donc à $\frac{1}{320}$ de pouce du tranchant de l'une des lames; puis tombant sur le papier, elle produit les franges de l'ombre de cette lame. Il en est de même de la partie qui produit les franges de l'ombre de l'autre lame. Mais si on tient le papier à plus de 4 lignes des tranchants, les raies obscures se rencontreront à plus d'un 5^e de pouce des rayons extrêmes, transmis entre les lames à l'endroit où les tranchants se croisent. La lumière qui tombe sur le papier à l'endroit où ces raies obscures se rencontrent, passe donc entre les tranchants à l'endroit où ils sont à plus d'un 160^e de pouce l'un de l'autre. Car un jour que les couteaux se trouvoient à 8 pieds 5 pouces du petit trou fait à la plaque de plomb; la lumière incidente sur le papier à l'endroit où se rencontroient les raies obscures,

passa

passa entre les tranchants à l'endroit où leur distance & celle des lames au papier étoient dans les rapports énoncés par la Table qui suit.

T A B L E.

Distances du papier aux couteaux, exprimées en pouces.	Distances des tranchants, exprimées en millièmes de pouce.
$1 \frac{1}{2}$0'012
$\frac{2}{3}$0'020
$8 \frac{1}{5}$0'034
32.....0'057
96.....0'081
131.....0'087

D'où j'infère que les rayons qui produisent les franges projetées sur le papier, ne sont pas les mêmes à différentes distances du papier aux couteaux. Plus cette distance est petite, plus les rayons qui produisent les franges passent près des tranchants, plus ils souffrent une inflexion considérable.

X. OBSERVATION. Lorsque les franges qui bordent l'ombre des lames tombent perpendiculairement sur le papier placé à une plus grande distance, elles ont la forme d'hyperboles : en voici les dimensions. Soient CA, CB, des lignes tracées sur le papier parallèlement aux tranchants des couteaux, & entre lesquelles tomberoit toute la lumière si elle ne souffroit aucune inflexion. Soit DE une ligne droite qui, menée par le point C, rend les angles ACD, BCE égaux entre eux, & termine le champ de toute la lumière qui tombe sur le papier, depuis le point d'interfection des tranchants. Soient *eif*, *fmt*, & *glv*, trois lignes hyperboliques, représentant le terme de l'ombre de l'une des lames, la raie obscure entre la première & la seconde franges de cette ombre, & la raie obscure entre la seconde & la troisième franges. Soient *xip*, *ykq*, & *zlr*, trois autres lignes hyperboliques, représentant les limites de l'ombre de l'autre lame, la raie obscure entre la première & la seconde franges de cette ombre, & la raie obscure entre la seconde & la troisième franges. Supposé que ces trois hyperboles, égales aux trois précé-

dentes, les croisent aux points i , k , & l ; tandis que les ombres des lames sont terminées & distinguées des premières franges lumineuses par les lignes eif & xip , jusqu'à ce que ces franges viennent à se rencontrer & à se croiser. Qu'alors ces lignes, en forme de raies obscures, croisent ces franges, couvrant le côté intérieur des premières franges lumineuses, & les séparant d'une lumière étrangère qui commence à paroître en i , & qui illumine tout l'espace triangulaire $ipDE$ terminé par ces raies obscures & par la ligne droite DE . Or cette ligne DE est une asymptote de ces hyperboles: donc les autres asymptotes sont parallèles aux lignes CA & CB . Maintenant soit rv une ligne tirée à volonté sur le papier parallèlement à l'asymptote DE : que cette ligne coupe les droites AC en m , BC en n , & les 6 raies obscures hyperboliques en p, q, r, s, t, v . Alors, mesurant les distances ps, qt, rv , si vous en déduisez les longueurs des ordonnées np, nq, nr , ou ms, mt, mv ; & cela à différentes distances de la ligne rv à l'asymptote DE : vous trouverez autant de points de ces hyperboles qu'il vous plaira, & vous vous as-

fûrez par là que ces lignes courbes sont des hyperboles peu différentes de l'hyperbole conique. Enfin en mesurant les lignes Ci , Ck , Cl , vous pourrez trouver d'autres points de ces courbes. Par exemple, les couteaux étant à 10 pieds du trou fait à la plaque de plomb, & le papier étant à 9 pieds des couteaux, l'angle que forment leurs tranchants (auquel l'angle ACB est égal), étant soutenu par une corde qui soit au demi-diamètre comme 1 à 32; & la distance de la ligne rv à l'asymptote DE étant d'un demi-pouce; je mesurai les lignes ps , qt , rv , & les trouvai 0'35, 0'65, 0'98 pouces respectivement. En ajoutant à leurs moitiés la ligne $\frac{1}{2} mn$ (qui étoit ici la 128^e partie d'un pouce ou 0'0078 pouces) les sommes np , nq , nr étoient 0'1828, 0'3328, 0'4978 pouces. Je mesurai aussi les distances des parties les plus brillantes des franges qui s'étendoient entre pq & st ; qr & tv , immédiatement au delà de r & v ; & je les trouvai 0'5, 0'8, & 1'17 pouces.

XI. OBSERVATION. Ayant introduit les rayons solaires dans ma chambre obscure par

un petit trou percé avec une épingle dans une plaque de plomb ; je mis un prisme au devant de ce trou pour former sur le mur opposé un spectre ; & je trouvai que les ombres des corps , tour à tour exposés aux rayons hétérogènes du spectre entre le prisme & le mur , étoient bordées de franges de la couleur de ces rayons. Dans les rayons rouges foncés , les franges étoient entièrement rouges ; & entièrement bleues , dans les rayons bleus foncés. De même dans les rayons verts , elles étoient vertes , à un peu de bleu & de jaune près , qui s'y trouvoit mêlé. Or en comparant les franges produites par ces rayons hétérogènes , les rouges se trouvèrent les plus larges ; les violettes , les moins larges ; & les vertes , de moyenne largeur. Car celles dont l'ombre d'un cheveu étoit bordée , ayant été mesurées à travers l'ombre & à 6 pouces du cheveu ; la distance entre la partie moyenne & la plus brillante de la frange à l'un des côtés de l'ombre , & la partie correspondante de la première frange à l'autre côté de l'ombre , étoit dans les rayons rouges foncés $1 \frac{1}{37\frac{1}{2}}$ de

pouce ; & dans les rayons violets foncés , $\frac{1}{48}$ de pouce : tandis que la distance entre les parties moyennes les plus brillantes des secondes franges aux deux côtés de l'ombre , étoit , dans les rayons rouges foncés , $\frac{1}{22}$; & dans les violets , $\frac{1}{27}$ de pouce.

A toutes distances du papier au cheveu , ces rapports étoient les mêmes sans aucune variation sensible. Les rayons qui produisoient les franges rouges passant à une plus grande distance du cheveu que ceux qui produisoient les franges violettes correspondantes ; le cheveu agissoit avec la même énergie sur les rayons rouges qui sont les moins réfrangibles , à une plus grande distance que sur les violets qui sont les plus réfrangibles. Ainsi , il formoit de rayons rouges les plus grandes franges , de rayons violets les plus petites franges , de rayons de moyenne réfrangibilité les franges de moyenne grandeur ; & cela sans altérer la couleur d'aucun de ces rayons.

Lors donc que le cheveu des OBSERVATIONS I & II exposé à un pinceau de rayons immédiats du soleil , projetoit une ombre bordée de trois franges colorées ; ces couleurs ne prove-

noient d'aucune nouvelle modification que le cheveu eut communiquée aux rayons : mais elles tenoient uniquement aux diverses inflexions, par lesquelles les rayons hétérogènes étoient séparés les uns des autres. Dans le cas actuels, où les rayons étoient séparés avant de passer près du cheveu, les rayons les moins réfrangibles étoient infléchis à une plus grande distance du cheveu ; par là ils formoient trois franges rouges à une plus grande distance du milieu de son ombre. Au contraire, les rayons les plus réfrangibles étoient infléchis à une plus petite distance du cheveu ; par là ils produisoient trois franges violettes à une moindre distance de son ombre. D'autres rayons de moyenne réfrangibilité, étoient infléchis à des distances intermédiaires du cheveu ; par là ils produisoient des franges de couleurs intermédiaires à des distances intermédiaires du milieu de son ombre. Mais dans la seconde Observation, où toutes les couleurs se trouvent mêlées avec la lumière blanche qui passe près du cheveu, ces couleurs sont séparées par les diverses inflexions de leurs rayons respectifs ; & les franges que chaque espèce de rayons produit.

paroissent toutes ensemble : les intérieures, étant contiguës, ne forment qu'une large frange composée de toutes les couleurs dans leur ordre naturel, le violet au bord de la frange le plus près de l'ombre, le rouge au bord de la frange le plus éloigné de l'ombre, & le bleu, le vert, le jaune au milieu. De même les rayons hétérogènes rangés dans leur ordre & sans interruption forment une seconde, puis une troisième franges. Voilà l'origine des trois franges colorées qui bordent l'ombre de tous les corps, conformément à la II OBSERVATION.

Dans le temps que je m'occupois de ces phénomènes, j'avois dessein de refaire avec plus de soin la plus grande partie des Observations qui précèdent, & même d'en faire de nouvelles, propres à déterminer la manière dont les rayons se plient en passant près des corps pour produire ces franges colorées, & les intervalles obscurs qui les séparent : mais d'autres occupations vinrent à la traverse, & aujourd'hui je ne saurois me résoudre à reprendre cet examen. Puis donc que cette partie de

mon ouvrage reste imparfaite , je me bornerai à proposer quelques Questions qui pourront engager les Physiciens à pousser plus loin ces recherches.



QUESTIONS

SERVANT DE CONCLUSION A L'OUVRAGE.

QUESTION I. **L**ES corps n'agissent-ils pas à certaine distance sur la lumière, de manière à infléchir ses rayons; & (toutes choses d'ailleurs égales) l'énergie de cette action n'augmente-t-elle pas à mesure que la distance diminue?

QUESTION II. Les rayons qui diffèrent en réfrangibilité, ne diffèrent-ils pas aussi en réflexibilité? Et séparés les uns des autres par leurs différentes inflexions, ne produisent-ils pas les trois franges colorées que nous avons décrites? Mais pour les produire, comment sont-ils infléchis?

QUESTION III. Les rayons qui passent le long d'un corps ne s'infléchissent-ils pas plu-

siens fois en divers sens , par un mouvement semblable à celui d'une anguille ? & nos trois franges colorées ne sont-elles pas produites par trois inflexions de cette espèce ?

QUESTION IV. Des rayons incidents sur un corps , ceux qui sont réfléchis ou réfractés ne commencent-ils pas par s'infléchir avant de parvenir à ce corps ? Et ne sont-ils pas infléchis , réfractés , & réfléchis par un seul & même principe , qui agit différemment en diverses circonstances ?

QUESTION V. Les corps & les rayons n'agissent-ils pas réciproquement les uns sur les autres : les corps , sur les rayons ; en les dispersant , en les réfléchissant , en les réfractant , en les infléchissant : les rayons , sur les corps ; en les échauffant , ou , si l'on veut , en imprimant à leurs parties ce mouvement de vibration qui constitue la chaleur ?

QUESTION VI. Les corps noirs ne sont-ils pas les plus susceptibles d'être facilement échauffés par la lumière ; à raison de ce que

la lumière incidente, au lieu d'être réfléchie au dehors, les pénètre, puis se réfléchit & se réfracte dans leur tissu, jusqu'à ce qu'elle s'y éteigne entièrement ?

QUESTION VII. L'énergie de l'action réciproque de la lumière & des corps sulfureux ne contribue-t-elle pas à l'aptitude de ces corps à s'enflammer le plus promptement de tous, & à brûler avec le plus de violence ?

QUESTION VIII. Les corps fixes, échauffés à certain degré, deviennent lumineux & brillants : cette émission de lumière n'est-elle pas produite par les vibrations de leurs parties ? Et les corps qui abondent en parties terreuses, en parties sulfureuses sur-tout, ne jettent-ils pas de la lumière toutes les fois que ces parties sont suffisamment agitées, par la chaleur, par le frottement, par la percussion, par la putréfaction, par les mouvements vitaux, ou par quelque autre cause ; comme font l'eau de la mer battue par la tempête, le mercure secoué dans le vide, le dos d'un chat frotté à contre-poil, le bois pourri, les poissons putréfiés, les vapeurs qui

(52) s'élèvent des eaux stagnantes, le foin ou le bled humide mis en tas & enflammé par la fermentation, les vers luifants, les yeux de certains animaux agités par la colère, le phosphore de Boulogne exposé à la lumière, le phosphore commun qui éprouve quelque attrition, l'ambre & certains diamants frottés, les particules d'acier détachées par le choc d'une pierre à fusil, le fer battu à coups de marteau, un essieu enflammé par le mouvement trop rapide des roues; & les liqueurs dont le mélange excite une vive effervescence, telles que l'acide nitreux fumant mêlé avec le double de son poids d'huile d'anis?

De même un globe de verre de 8 à 10 pouces de diamètre, tournant avec rapidité sur son axe, jette de la lumière aux endroits où il frotte contre la paume de la main. Qu'on lui présente alors un morceau de papier blanc ou le doigt, à quelques lignes de distance; la matière électrique, excitée par le frottement, se portera au papier ou au doigt, avec tant de vitesse qu'elle les rendra aussi

(52) On les nomme vulgairement *Feux folets*.

lumineux qu'un ver luisant. Quelquefois en s'élançant du verre, elle frappe assez vivement le doigt pour causer de la douleur. On produit des phénomènes semblables, en frottant avec du papier un gros & long cylindre de verre, jusqu'à ce qu'il soit chaud.

QUESTION IX. Le feu n'est-il pas un corps échauffé au point de jeter de la lumière en abondance? Que feroit un fer rouge & brûlant, sinon du feu? Et que feroit un charbon ardent, sinon du bois rouge & brûlant?

QUESTION X. La flamme n'est-elle pas de la fumée ou de la vapeur échauffée au point d'être ardente, c'est à dire, de la fumée qui a contracté une si grande chaleur qu'elle en est toute brillante de lumière? Car les corps ne s'enflamment pas sans répandre beaucoup de fumée; or cette fumée brûle dans la flamme. Les feux folets sont des vapeurs qui brillent sans échauffer. N'y a-t-il pas entre ces vapeurs & la flamme la même différence qu'entre du bois pourri & des charbons ardents? Lorsqu'on distille quelque liqueur spiritueuse, si on vient à en-

lever le chapiteau , la vapeur qui s'échappe de l'alambic prendra feu à l'approche d'une chandèle allumée , & se changera en flamme. Il est des corps qui s'échauffent par le mouvement ou la fermentation : si leur chaleur est considérable , ils donneront beaucoup de fumée ; & si leur chaleur est violente , cette fumée se changera en flamme. Les métaux fondus (au zinc près) ne s'enflamment pas , faute de donner beaucoup de fumée. Tous les corps qui s'enflamment, comme l'huile , le suif , la cire , le bois , la houille , la poix , le soufre , se dissipent en flamme ou en fumée ardente. Dès que la flamme est éteinte , la fumée devient fort épaisse , & répand quelquefois une odeur très-forte , qu'elle perdoit en brûlant.

La flamme est de différentes couleurs suivant la nature de cette fumée ; ainsi , celle du soufre est bleue , celle du cuivre dissous par le sublimé est verte , celle du suif est jaune , & celle du camphre est blanche. Il est clair qu'en traversant la flamme , la fumée ne peut que devenir ardente ; or une fumée ardente ne peut avoir qu'une apparence de flamme. Lorsque la poudre à canon prend feu , elle se dissipe en fumée

enflammée : car le charbon & le soufre s'allument aisément, & enflamment le nitre ; par ce moyen l'esprit nitreux, réduit en vapeurs, fait explosion, en s'échappant à peu près comme d'un éolipile ; le soufre aussi se réduit en vapeur, & augmente l'explosion. D'un autre côté, l'acide du soufre s'empare avec violence de la base du nitre, dégage l'esprit nitreux, & produit une violente fermentation qui augmente la chaleur : alors la base du nitre se résout en fumée, ce qui rend l'explosion plus forte & plus prompte. On fait qu'un mélange de sel de tartre & de poudre à canon, échauffé au point de prendre feu, produit une explosion plus forte & plus vive que ne feroit la seule poudre à canon : ce qui ne peut venir que de l'action de cette poudre sur le sel de tartre, au moyen de laquelle le sel est réduit en vapeurs. Ainsi, l'explosion de la poudre à canon vient de la violence avec laquelle ses principes, tout à coup fortement échauffés, se résolvent en fumée ; fumée qui, acquérant de la sorte un degré de chaleur très-considérable, paroît sous la forme de flamme.

QUESTION

QUESTION XI. Les corps d'un grand volume ne font-ils pas les plus propres à conserver long temps leur chaleur, parce que leurs parties s'échauffent réciproquement ? Un corps vaste, dense, & fixe, étant une fois échauffé à certain point, ne peut-il pas jeter tant de lumière, que par l'émission & la réaction des rayons, par les réflexions & les réfractions qu'ils souffrent dans son tissu, il acquière continuellement de la chaleur jusqu'à égaler celle du soleil ?

Les étoiles fixes & le soleil ne font-ils pas de vastes globes violemment échauffés, dont la chaleur se conserve par la grandeur de leur masse, par l'action & la réaction réciproque de leurs parties & de la lumière qu'elles répandent ; ces parties ne pouvant d'ailleurs se dissiper en fumée, à raison de leur fixité & surtout de la densité extrême ou du poids énorme des atmosphères, qui les compriment de tous côtés & qui condensent leurs exhalaisons ?

On voit l'eau, peu échauffée, bouillir dans le vide avec autant de violence qu'elle feroit en plein air sur un bon feu : or en plein air, le poids de l'atmosphère comprime les vapeurs, & empêche l'eau de bouillir avant d'avoir

acquis un degré de chaleur plus considérable que celui qu'exige son ébullition dans le vide.

De même un mélange de plomb & d'étain fondus, versé sur un fer rouge, jette de la fumée & de la flamme dans le vide ; mais en plein air, il ne s'en élève visiblement aucune vapeur, à cause de la pression de l'air ambiant.

C'est ainsi que le poids énorme de l'atmosphère du soleil peut empêcher les corps de s'y dissiper en vapeurs, à moins que la chaleur qu'ils y éprouvent ne soit incomparablement plus forte que celle qui, à la surface de la Terre, suffiroit pour les réduire en vapeurs. Ce poids peut aussi condenser les exhalaisons formées de la substance même du soleil au moment où elles commencent à s'élever, & les faire retomber aussi tôt ; ce qui doit augmenter la chaleur de l'astre, à peu près de la même manière que l'air augmente le feu de nos cheminées. Enfin ce poids peut empêcher que le soleil ne fasse aucune déperdition de substance, si ce n'est par l'émission de sa lumière & par une très-légère évaporation.

QUESTION XII. Les rayons incidents sur le fond de l'œil n'excitent-ils pas dans la rétine des vibrations qui, propagées le long des fibres des nerfs optiques jusqu'au cerveau, causent les sensations de la vue? Puisque les corps denses conservent long temps leur chaleur, & que les plus denses la conservent le plus long temps; il paroît que les vibrations de leurs parties, naturellement durables, peuvent se propager à une grande distance le long des fibres d'une matière dense & homogène, pour transmettre au cerveau les impressions des objets sur les organes des sens. Or un mouvement qui peut durer long temps dans une même partie d'un corps, peut aussi se propager au loin d'une partie à une autre; pourvu que le corps soit assez homogène, pour que le mouvement ne soit ni réfléchi, ni troublé, ni interrompu par quelque inégalité de substance.

QUESTION XIII. Les rayons hétérogènes ne produisent-ils pas des vibrations de grandeurs différentes, & ces vibrations n'excitent-elles pas les sensations des différentes couleurs; à peu près de la même manière que les vibra-

tions de l'air causent, à raison de leurs grandeurs différentes, les sensations des différents sons? Et les rayons les plus réfrangibles ne produisent-ils pas les plus courtes vibrations, pour exciter la sensation du violet foncé? les moins réfrangibles ne produisent-ils pas les plus longues vibrations, pour exciter la sensation du rouge foncé? & les différentes espèces de rayons intermédiaires ne produisent-elles pas les vibrations de différentes grandeurs intermédiaires, pour exciter les sensations des différentes couleurs intermédiaires?

QUESTION XIV. L'harmonie & la discordance des couleurs ne peuvent-elles pas venir du rapport des vibrations propagées jusqu'au cerveau par les fibres des nerfs optiques; de même que l'harmonie & la dissonance des tons viennent du rapport des vibrations de l'air? Il est certaines couleurs qui s'assortissent fort bien, comme celle de l'or & de l'indigo; d'autres qui ne s'assortissent pas du tout.

QUESTION XV. Les images des objets vus immédiatement ne s'unissent-elles pas à

l'endroit où les nerfs optiques se rencontrent, avant d'entrer dans le cerveau? On fait que les fibres du côté droit de ces nerfs s'y réunissent, & vont ensuite au cerveau par le nerf du côté droit de la tête; tandis que les fibres du côté gauche de ces nerfs, s'y réunissant aussi, vont ensuite au cerveau par le nerf du côté gauche de la tête: de sorte que ces nerfs se trouvent tellement unis dans le cerveau, que leurs fibres n'y tracent qu'une seule image. De cette image, la moitié qui est du côté droit du *sensorium*, vient donc du côté droit des yeux par le côté droit des nerfs optiques; de même que la moitié qui est du côté gauche du *sensorium*, vient du côté gauche des yeux par le côté gauche des nerfs optiques. Car ces nerfs, dans les animaux qui regardent d'un seul côté avec les deux yeux (comme font l'homme, le chien, le mouton, le bœuf, &c.), se réunissent avant d'entrer dans le cerveau: au lieu que dans les animaux qui ne regardent pas d'un seul côté avec les deux yeux (comme font les poissons & le caméléon), ils ne se réunissent pas avant d'entrer dans le cerveau, ainsi qu'on l'assûre.

QUESTION XVI. Quand on est dans l'obscurité, si on comprime du doigt le coin de l'œil, en tournant le globe du côté opposé, on verra un cercle de couleurs semblables à celles qui paroissent sur la queue du paon : alors si l'œil & le doigt restent immobiles, ces couleurs disparaîtront au bout d'une seconde; mais si on agite le doigt d'un mouvement tremblottant, elles reparoîtront de nouveau. Ces couleurs ne viendroient-elles pas des mouvements excités au fond de l'organe par l'agitation & la pression du doigt? Et ces mouvements ne seroient-ils pas semblables à ceux que la lumière y excite pour produire la vision? Une fois excités, ne durent-ils pas environ une seconde avant de s'éteindre?

Quand on reçoit un coup sur l'œil, on voit un éclat de lumière; ce coup ne produit-il pas de semblables mouvements sur la rétine?

Un charbon embrasé, que l'on tourne rapidement, décrit en apparence un cercle de feu : ce phénomène ne viendrait-il pas de ce que les mouvements, excités au fond de l'œil par la lumière que jette le charbon, durent jusqu'à ce qu'il soit revenu à chaque révolu-

tion au point d'où il étoit parti? Vu leur durée, ces mouvements ne sont-ils pas des espèces de vibrations?

QUESTION XVII. Lorsqu'on jette une pierre dans un bassin, les ondulations qu'elle excite à la surface de l'eau continuent quelque temps à se former à l'endroit de la chute, d'où elles se propagent au loin en cercles concentriques : les vibrations excitées dans l'air par la percussio continuent aussi quelque temps de se propager au loin en cercles concentriques, depuis le point de percussio. De même lorsqu'un rayon vient à tomber à la surface d'un corps transparent, qui le réfracte ou le réfléchit, ne peut-il pas exciter des ondulations au point d'incidence dans le milieu réfringent ou réfléchissant? & ces ondulations ne peuvent-elles pas continuer à se propager de ce point aussi long temps qu'elles continuent à se propager au cerveau, lorsqu'elles sont excitées au fond de l'œil par la pression ou l'agitation du cgt, ou par la lumière qui émane du charbon embrasé mu circulairement? Or ces vibrations propagées du point d'inci-

dence à de grandes distances, n'atteignent-elles pas successivement les rayons de lumière, & ne leur communiquent-elles pas de la sorte *les accès de facile réflexion & de facile transmission* dont nous avons traité ? Or il est incontestable que, si les rayons font effort pour s'éloigner de la partie la plus lente de la vibration, ils peuvent être alternativement accélérés & retardés par les vibrations qui les atteignent.

QUESTION XVIII. Après avoir suspendu deux petits thermomètres au lieu de deux vases de verre cylindriques longs & larges, si on fait le vide dans l'un de ces vases, & si on les transporte ensuite tous deux d'un lieu froid en un lieu chaud; le thermomètre placé dans le vide montera au même point, & presque aussi promptement que l'autre thermomètre; puis il baissera presque aussi tôt, si on reporte les deux vases au lieu froid. Dans le premier cas, la chaleur n'est-elle pas communiquée à travers les parois de verre par les vibrations d'un milieu très-détailé, qui reste dans le vase après qu'on en a pompé l'air ?

Ce milieu n'est-il pas le même que celui qui réfracte & réfléchit la lumière, qui la met dans des *accès de facile réflexion & de facile transmission*, & qui par ses vibrations chauffe les corps au foyer d'un miroir ardent? Les vibrations de ce milieu ne contribuent-elles pas à la violence & à la durée de la chaleur qu'elles ont excitée? Et les corps chauds ne communiquent-ils pas leur chaleur aux corps froids contigus, par les vibrations de ce milieu propagées des premiers aux derniers? Ce milieu n'est-il pas encore incomparablement plus rare, plus subtil, plus élastique, & plus actif que l'air? ne pénètre-t-il pas promptement tous les corps? & en vertu de son élasticité, n'est-il pas répandu dans la vaste étendue des cieux?

QUESTION XIX. La réfraction de la lumière ne vient-elle pas de la différente densité que ce milieu éthéré auroit dans les diverses régions de l'espace qu'il occupe, la lumière s'éloignant toujours des parties les plus denses? & sa densité n'est-elle pas plus grande dans les espaces vides d'air ou d'autres fluides grossiers, que dans les pores de l'eau, du verre,

du cristal, des pierres précieuses, & autres corps compactes ? Il semble qu'on pourroit l'inférer de ce que la lumière, traversant une plaque de verre ou de cristal & tombant fort obliquement sur la dernière surface, est totalement réfléchié. Or cette réflexion totale doit plus tôt venir de la densité & de la force, que de la rareté & de la foiblesse du milieu qui est au delà de cette surface.

QUESTION XX. Ce milieu éthéré, passant de l'eau, du verre, du cristal, ou d'autres corps denses & compactes, dans des espaces libres, ne devient-il pas graduellement plus dense ? par ce moyen ne réfracte-t-il pas les rayons de lumière, non dans un point, mais en les pliant peu à peu en lignes courbes ? La condensation graduelle de ce milieu ne s'étend-elle pas à quelque distance des corps, & ne produit-elle pas les inflexions des rayons de lumière qui passent près de la circonférence de ces corps ?

QUESTION XXI. Ce milieu n'est-il pas plus rare dans la substance compacte du soleil,

des étoiles, des planètes, & des comètes, que dans les espaces libres qui les séparent? En s'éloignant de ces corps ne devient-il pas continuellement plus dense, & ne produit-il pas ainsi la gravitation réciproque de ces vastes corps, & celle de leurs parties respectives vers un centre particulier, chaque corps tendant de la partie la plus dense vers la plus rare du milieu? Car si ce milieu est plus rare au dedans du globe du soleil qu'à la surface, & plus rare à la surface qu'à un centième de pouce de distance, & infiniment plus rare encore que dans l'orbe de Saturne; je ne vois pas pourquoi cet accroissement de densité finiroit à un point déterminé, & ne s'étendrait pas à toutes distances depuis le soleil jusqu'à Saturne & au delà. Quoique cet accroissement de densité puisse se faire par degrés insensibles à de grandes distances; néanmoins si la force élastique du milieu est extrême, elle peut suffire pour pousser les corps des régions les plus denses vers les plus rares, avec ce mouvement accéléré que nous nommons *gravitation*. Que la force de ce milieu soit excessive, c'est ce qu'on peut inférer de la vitesse de ces vibra-

tions. Le son parcourt environ 1140 pieds par seconde, & environ 100 milles en 7 ou 8 minutes. La lumière, transmise du Soleil à la Terre en 7 ou 8 minutes, parcourt donc alors à peu près 70,000,000 de milles (53); la parallaxe horizontale du soleil étant supposée environ de 12 secondes. Mais les vibrations de ce milieu ne pourroient produire les *accès alternatifs de facile transmission & de facile réflexion*, qu'autant qu'elles seroient plus promptes que le mouvement de la lumière, c'est à dire, 700,000 fois plus promptes que celui du son. Donc la force élastique de ce milieu doit être, à raison de sa densité, au delà de $700,000 \times 700,000$, (c'est à dire, au delà de 490,000,000,000) de fois plus grande, que n'est la force élastique de l'air à raison de sa densité. Car les vitesses des vibrations des milieux élastiques sont en raison sous-doublée des élasticités & des raretés (prises ensemble) de ces milieux.

Comme l'attraction a plus d'énergie dans les petits que dans les grands aimants, eu égard à leur

(53) Toutes les mesures dont il s'agit ici, sont angloises.

masse; que la gravité est plus grande aux surfaces des petites planètes qu'aux surfaces des grandes, eu égard à leur masse; & que les petits corps sont beaucoup plus agités par l'attraction électrique que les grands corps : de même la petitesse des rayons de lumière peut extrêmement contribuer à l'énergie de la puissance qui les réfracte. Ainsi, en supposant que l'éther soit composé, comme l'air, de particules qui tendent à s'écarter les unes des autres (car j'ignore sa nature), & que ses particules soient incomparablement plus petites que celles de l'air ou même que celles de la lumière; l'excessive petitesse de ces particules peut contribuer à la grandeur de la force, en vertu de laquelle elles s'écarteront les unes des autres, & formeront un milieu excessivement plus rare & plus élastique que l'air, par conséquent excessivement moins propre à résister au mouvement des corps projetés, & excessivement plus capable de comprimer les corps pesants par l'effort qu'il fait pour se dilater.

QUESTION XXII. Les planètes, les comètes, & tous les corps massifs ne se meuvent-ils pas

plus librement dans ce milieu éthéré, que dans un fluide qui rempliroit exactement tout l'espace sans laisser d'interstices; fluide qui seroit par conséquent plus dense que le mercure ou l'or? & la résistance de ce milieu ne peut-elle pas être si petite qu'elle devienne de nulle considération? Par exemple, si cet éther (car c'est ainsi que je le nomme) étoit 700,000 fois plus élastique, & au delà de 700,000 fois plus rare que l'air; sa résistance seroit plus de 600,000,000, de fois moindre que celle de l'eau. A peine une pareille résistance causeroit-elle, au bout de mille ans, quelque altération sensible au mouvement des planètes. Si quelqu'un me demandoit comment ce milieu pourroit être aussi rare: je lui demanderois à mon tour comment au haut de l'atmosphère l'air peut être 100,000 fois plus rare que l'or: je lui demanderois comment l'attrition peut faire émaner d'un corps électrique une matière si énergique, mais si rare & si subtile, qu'elle ne cause aucune diminution marquée dans le poids de ce corps, & qu'en se disséminant tout au tour elle devienne capable d'attirer une feuille d'or à plus d'un pied de distance:

je lui demanderois encore comment les émanations magnétiques peuvent être assez rares & assez subtiles, pour traverser une plaque de verre, sans éprouver de résistance, sans s'affoiblir; & néanmoins assez énergiques, pour faire tourner une aiguille aimantée.

QUESTION XXIII. La vision ne dépend-elle pas principalement des vibrations de ce milieu, excitées au fond de l'œil par les rayons de lumière, & propagées jusqu'au *sensorium* par les fibrilles solides, diaphanes, & homogènes des nerfs optiques? Et l'ouïe ne dépend-elle pas des vibrations de ce milieu (ou de quelque autre), excitées dans les nerfs acoustiques par les vibrations de l'air, & propagées jusqu'au *sensorium* par les fibrilles solides, diaphanes, & homogènes de ces nerfs? Ainsi des autres sens.

QUESTION XXIV. Les mouvements musculaires ne dépendent-ils pas des vibrations de ce milieu, excitées dans le cerveau par la volonté, & propagées par les fibrilles solides, diaphanes, & homogènes des nerfs, jusqu'aux

muscles qu'elles dilatent ou contractent ? Je suppose chaque fibrille nerveuse, solide, homogène, & configurée de façon à propager d'un bout à l'autre, uniformément & sans interruption, les vibrations du milieu éthéré; car les obstructions des nerfs produisent des paralysies : & afin qu'on n'objecte pas le défaut d'homogénéité suffisante, je les suppose diaphanes chacune séparément, quoique les réflexions qui ont lieu à leurs surfaces puissent faire paroître blanc & opaque le nerf qu'elles composent; l'opacité venant des surfaces réfléchissantes, disposées de façon à troubler ou interrompre les mouvements de ce milieu éthéré.

QUESTION XXV. Les rayons de lumière n'ont-ils pas d'autres propriétés essentielles, différentes de celles que j'ai déjà fait connoître ? Il paroît qu'on peut se décider pour l'affirmative d'après l'examen de la réfraction du cristal d'Islande, décrit par Erasme Bartholin, & plus exactement par (54) Huygens.

Le cristal d'Islande est une substance dia-

(54) Dans son Traité de la lumière.

phane,

phane, incolore, facile à se fendre, susceptible d'incandescence sans perdre sa diaphanéité, calcinable, mais infusible à un feu violent. Ce cristal, trempé dans l'eau un ou deux jours, perd son poli naturel; frotté sur du drap, il attire les corps légers, comme font l'ambre & le verre; il entre en effervescence avec l'acide nitreux; on le prendroit pour une espèce de talc. Sa figure est celle d'un parallépipède *Fig. 57.* oblique, à six côtés & à huit angles. Les angles obtus des parallélogrammes sont de $101^{\circ} 52'$; & les aigus, de $78^{\circ} 8'$. Deux des angles opposés, comme C & E, sont composés chacun de trois de ces angles obtus; les six autres sont composés chacun de deux angles aigus & d'un obtus. Ce cristal ne se fend qu'en lames parallèles à l'un de ses côtés. La surface polie qui résulte de sa fissure, au lieu d'être parfaitement plane, offre quelques petites inégalités. Comme il est fort tendre, il se sillonne aisément: on le polit avec difficulté, mais beaucoup mieux sur une glace que sur un plan de métal; peut-être se poliroit-il mieux encore sur de la poix, du cuir, ou du parchemin. Pour remplir les petits sillons qui restent à sa surface & pour

le rendre très-transparent, il faut le frotter avec de l'huile ou du blanc d'œuf : au surplus, il n'est pas toujours nécessaire de le polir pour s'en servir à des expériences.

Si on pose un morceau de ce cristal sur un livre, chaque lettre vue à travers paroitra double, en vertu d'une double réfraction. Si un trait de lumière tombe perpendiculairement ou obliquement sur l'une des surfaces du cristal, il se partagera en deux traits, en vertu du même principe. Ces deux traits sont de la même couleur que le trait incident, & paroissent à peu près égaux en quantité de lumière. L'une des réfractions de ce cristal se fait suivant les règles ordinaires de l'Optique, le sinus d'incidence étant au sinus de réfraction comme 5 à 3. Quant à l'autre réfraction, qui peut être appelée *réfraction extraordinaire*, elle se fait selon la règle suivante.

Fig. 57. Soit $ADBC$, une première surface réfringente du cristal; C , le plus grand angle de cette surface; $GEHF$, la surface opposée; & CK , une perpendiculaire à la dernière surface, faisant avec le bord CF du cristal un angle de $19^{\circ} 3'$. Cela posé, après avoir joint KF ,

prenez KL; de sorte que l'angle KCL ait $6^{\circ} 40'$; & l'angle LCF, $12^{\circ} 23'$. Maintenant que ST représente un trait quelconque de lumière, tombant en T sur la surface réfringente ADBC, sous un angle quelconque; & soit TV le trait réfracté suivant les règles ordinaires de l'Optique d'après le rapport de 5 à 3 des sinus. Or si vous tirez la ligne VX égale & parallèle à KL, de manière que depuis V elle soit couchée du même côté que L est couchée depuis K, & qu'elle soit jointe à TX; TX fera l'autre trait réfracté de T en X par la réfraction extraordinaire.

Donc si le trait incident ST est perpendiculaire à la surface réfringente; les deux traits TV & TX, dans lesquels il se partage, seront parallèles aux lignes CK & CL: l'un d'eux TV traversant perpendiculairement le cristal, comme il le doit suivant les règles ordinaires de l'Optique; l'autre TX divergeant de la perpendiculaire en vertu d'une réfraction extraordinaire, & faisant avec cette ligne un angle VTX d'environ $6^{\circ} 40'$, comme l'Expérience le prouve. Dès lors le plan VTX, & tels autres plans parallèles au plan CFK, peuvent

être nommés *les plans à réfraction perpendiculaire* ; tandis que le côté vers lequel les lignes KL & VX sont tirées, peut être nommé *la face à réfraction extraordinaire*.

Le cristal de roche a de même une double réfraction, mais beaucoup moins marquée.

Lorsque le trait de lumière ST, tombant sur le cristal d'Islande, est partagé en deux traits TV & TX, & que ces traits parviennent à la dernière surface du cristal ; le trait TV, qui a été réfracté à la première surface suivant les lois ordinaires, sera aussi réfracté suivant les mêmes lois à la seconde surface ; au lieu que le trait TX, qui a été réfracté à la première surface d'une manière extraordinaire, sera aussi réfracté d'une manière extraordinaire à la seconde surface : de sorte que ces deux traits sortiront de la seconde surface en lignes parallèles au trait incident ST. Au surplus, si deux morceaux de cristal d'Islande sont placés de façon que toutes les surfaces de l'un soient parallèles aux surfaces correspondantes de l'autre : les rayons réfractés de la manière ordinaire à la première surface, le seront de la manière ordinaire à toutes les

Fig. 56.

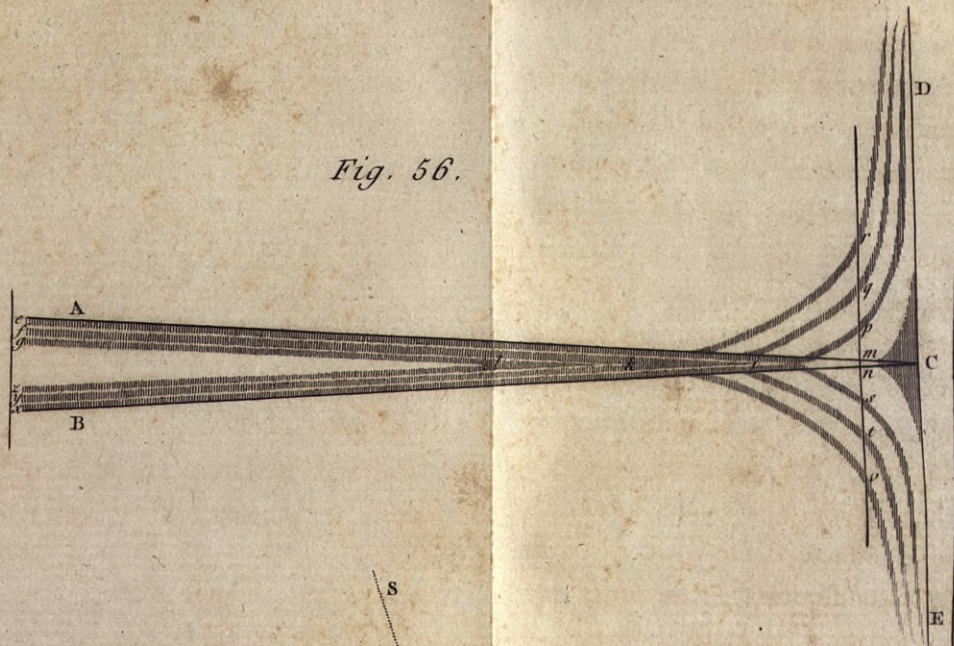
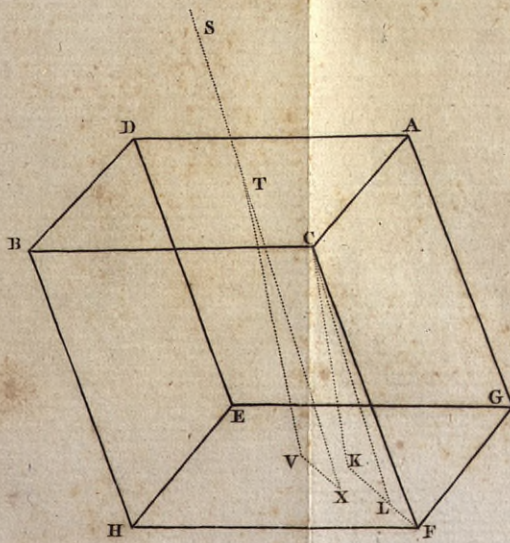


Fig. 57.



83 178





surfaces suivantes ; tandis que les rayons réfractés de la manière extraordinaire à la première surface, le feront de la manière extraordinaire à toutes les surfaces suivantes. De quelque manière que les surfaces des cristaux soient inclinées entre elles, les mêmes phénomènes auront lieu, pourvu que les plans à réfraction perpendiculaire soient parallèles entre eux.

Il y a donc entre les rayons de lumière une différence essentielle, en vertu de laquelle les uns sont constamment réfractés de la manière ordinaire, les autres de la manière extraordinaire. Car si cette différence étoit accidentelle, & provenoit de quelque modification communiquée aux rayons lors de leur première réfraction ; elle seroit altérée par de nouvelles modifications lors des trois réfractions suivantes. Mais puisque cette différence est constante pour tous les rayons & dans toutes les réfractions, la réfraction extraordinaire est l'effet d'une propriété essentielle aux rayons.

Reste à examiner si les rayons n'ont pas d'autres propriétés essentielles que celles qui ont été découvertes jusqu'ici.

QUESTION XXVI. Les rayons de lumière n'ont-ils pas des côtés doués de propriétés essentiellement différentes? On peut le croire : car si les plans à réfraction perpendiculaire du second cristal coupent à angles droits les plans à réfraction perpendiculaire du premier cristal ; les rayons qui sont réfractés de la manière ordinaire en traversant celui-ci, seront tous réfractés de la manière extraordinaire en traversant celui-là ; & réciproquement. Ces phénomènes ne tiennent donc pas à des rayons de nature à se réfracter constamment & en toutes sortes de circonstances, les uns de la manière ordinaire, les autres de la manière extraordinaire. Les deux espèces de rayons dont il s'agit dans l'Expérience de la QUESTION XXV, ne différoient que par la situation de leurs côtés, relativement aux plans à réfraction perpendiculaire. Et dans l'Expérience qui fait le sujet de l'article actuel, un seul & même rayon se réfracte quelquefois de la manière ordinaire, quelquefois de la manière extraordinaire, suivant la position de ses côtés relativement aux faces des cristaux. Mais si le côté du rayon opposé à la face à réfraction

extraordinaire du premier cristal , est à 90 degrés du côté du même rayon opposé à la face à réfraction extraordinaire du second cristal (ce qui peut être effectué en variant la position de l'un des cristaux par rapport à l'autre , conséquemment par rapport aux rayons); alors les rayons seront différemment réfractés par ces cristaux. Pour déterminer, si les rayons incidents sur le second cristal doivent être réfractés de la manière ordinaire ou extraordinaire , il ne faut que le tourner de façon que la face à réfraction extraordinaire soit d'un côté ou de l'autre du rayon. Ainsi , chaque rayon peut être censé avoir quatre côtés , dont deux opposés entre eux le disposent à être réfracté de la manière extraordinaire , toutes les fois que l'un ou l'autre est tourné vers la face à réfraction extraordinaire ; tandis que les deux autres lui permettent d'être réfracté de la manière ordinaire , lors même qu'un seul est tourné vers la face à réfraction extraordinaire : les deux premiers peuvent donc se nommer *les côtés à réfraction extraordinaire*. Mais ces dispositions se trouvoient dans les rayons avant qu'ils vinssent à tomber sur les seconde , troisième , &

quatrième surfaces des deux cristaux ; puisqu'elles ne reçoivent aucune altération (du moins en apparence) par les réfractions des rayons à ces surfaces : & comme leurs réfractions aux quatre surfaces suivent les mêmes lois, il est évident que ces dispositions sont essentielles aux rayons, qu'elles ne sont nullement altérées par la première réfraction, & qu'elles seules font que les rayons se réfractent à la première surface du premier cristal ; les uns, de la manière ordinaire ; les autres, de la manière extraordinaire ; suivant que leurs côtés à réfraction extraordinaire se trouvent alors tournés vers la face à réfraction extraordinaire du cristal, ou latéralement.

Chaque rayon de lumière a donc deux côtés opposés, doués d'une propriété essentielle, d'où dépend la réfraction extraordinaire, & deux autres côtés qui n'ont pas cette propriété ; voyons si, en vertu de quelque propriété encore inconnue, les côtés des rayons ne différeroient pas entre eux.

En montrant la différence de leurs côtés, j'ai supposé que les rayons tomboient perpendiculairement sur le premier cristal. Mais quoiqu'ils viennent à y tomber obliquement, les

phénomènes ne changent point : les rayons réfractés de la manière ordinaire dans le premier cristal , sont réfractés de la manière extraordinaire dans le second ; *les plans à réfraction perpendiculaire* supposés entre eux à angles droits comme dans le cas précédent. Au contraire , si *les plans à réfraction perpendiculaire* des deux cristaux n'étoient ni parallèles ni perpendiculaires l'un à l'autre , & fesoient un angle aigu ; les deux traits de lumière émergents du premier cristal se feroient partagés chacun en deux à leur entrée dans le second cristal : alors les rayons de chacun de ces traits auroient , les uns leurs côtés à réfraction extraordinaire , les autres leurs côtés à réfraction ordinaire , tournés vers *la face à réfraction extraordinaire* du second cristal.

QUESTION XXVII. Les hypothèses inventées jusqu'ici pour expliquer les phénomènes de la lumière , par de nouvelles modifications , ne sont-elles pas toutes sans fondement ; puisque ces phénomènes dépendent de propriétés essentielles & immuables des rayons ?

QUESTION XXVIII. Les hypothèses qui

font consister l'action de la lumière en une pression, ou en un mouvement propagé à travers un milieu fluide, ne sont-elles pas toutes erronnées; puisque d'après ces hypothèses on a expliqué jusqu'ici les phénomènes de la lumière par de nouvelles modifications que recevoient les rayons, ce qui est évidemment faux?

Si l'action de la lumière consistoit en une pression propagée sans mouvement de transport, elle ne seroit capable ni d'agiter ni d'échauffer les corps qui la réfractent ou qui la réfléchissent. Si la lumière agissoit par une pression, ou par un mouvement propagé instantanément à des distances prodigieuses; il faudroit que chacun de ses globules eût à chaque instant une force infinie pour produire un pareil mouvement. D'une autre part, si elle agissoit par une pression, ou par un mouvement propagé instantanément ou successivement à travers un milieu fluide; ses rayons s'infléchiroient autour des corps plongés dans ce milieu, & tomberoient sur l'ombre: car nulle pression, nul mouvement ne peut se propager en ligne droite au delà d'un obstacle propre à le détruire en tout ou en partie.

La gravitation est une tendance de haut en bas : mais la pression de l'eau qui gravite se fait en tous sens avec la même énergie ; elle se propage avec autant de facilité latéralement qu'inférieurement , & dans des conduits tortueux que dans des conduits rectilignes. Les ondes excitées à la surface d'une eau tranquille , venant à passer le long d'un corps de certaine étendue qui les arrête en partie , se replient peu à peu derrière ce corps. Les ondulations de l'air qui forment le son se replient de même très-certainement , quoiqu'elles se replient moins que celles de l'eau : car le son d'une cloche ou d'un canon peut se faire entendre au delà d'une colline interposée ; & un son quelconque se propage aussi promptement à travers des tuyaux recourbés qu'à travers des tuyaux droits. Au lieu qu'on n'a jamais vu la lumière suivre des routes tortueuses , & se plier derrière le corps qui fait ombre : car les étoiles fixes disparaissent tout à coup par l'interposition des planètes ; comme les parties du soleil disparaissent tout à coup par l'interposition de la Lune , de Mercure , ou de Vénus. Il est vrai que les rayons , passant le long d'un corps , s'infléchissent

un peu, comme je l'ai fait voir plus haut : mais cette inflexion ne se fait pas vers l'ombre, elle se fait du côté opposé, & seulement lorsque les rayons passent à une très-petite distance du corps, après quoi ils se propagent en ligne droite.

Huygens est le seul encore (du moins que je sache) qui ait essayé d'expliquer la réfraction extraordinaire du cristal d'Islande par une pression ou par un mouvement propagé (55). Il supposoit à cet effet, au dedans du cristal, deux *différentes émanations d'ondes de lumière* : mais lorsqu'il eut remarqué comment se font les réfractions aux surfaces de deux morceaux superposés de ce cristal, & qu'il les eut trouvées telles que je les ai décrites; il convint qu'il lui étoit impossible d'en rendre raison. Car des pressions, ou des mouvements propagés d'un corps lumineux, doivent être égaux de tous côtés : au lieu qu'il paroît, par les Expériences faites sur deux cristaux, que les différents côtés des rayons de lumière n'ont pas les mêmes propriétés. Huygens soupçonnoit

(55) Voyez son TRAITÉ DE LA LUMIÈRE, pag. 58, édit. de Leyde de 1690.

que les ondes de l'éther, passant par le premier cristal, acquéroient certaines modifications qui pouvoient les déterminer à être propagées au delà du second cristal. Mais il ne put déterminer ces modifications, ni rien imaginer de satisfaisant à cet égard, comme il le déclare lui-même (56). S'il avoit su que la réfraction extraordinaire dépend des dispositions essentielles & immuables des rayons, il auroit trouvé tout autant de difficulté à expliquer comment ces modifications, qu'il croyoit communiquées aux rayons par le premier cristal, pouvoient s'y rencontrer avant leur incidence, & en général comment tous les rayons poussés par des corps lumineux peuvent avoir originairement ces dispositions. Du moins semble-t-il que la chose soit tout à fait inexplicable, dans l'hypothèse qui fait consister l'action de la lumière en une pression ou un mouvement propagé à travers l'éther.

Il n'est pas moins difficile d'expliquer par cette hypothèse, comment les rayons peuvent être tour à tour dans des *accès de facile ré-*

(56) *Traité de la Lumière*, ch. 5, pag. 9.

flexion & de facile transmission. Peut-être imaginera-t-on dans l'espace deux milieux éthérés, ayant chacun leurs vibrations particulières. Peut-être supposera-t-on encore que les vibrations de l'un constituent la lumière; & que les vibrations de l'autre, étant plus rapides, mettent les premières dans ces accès toutes les fois qu'elles les atteignent. Mais comment concevoir deux éthers, agissant & réagissant l'un sur l'autre, & tous deux répandus dans l'espace, sans retarder, confondre, affoiblir, ou éteindre leurs mouvements réciproques? D'ailleurs ces fluides, dont on suppose remplie la vaste étendue des cieux, ne sauroient s'accorder avec les mouvements réguliers & constants des planètes & des comètes, qui ont lieu en tous sens, à moins que ces fluides ne fussent assez rares pour ne leur opposer aucune résistance marquée. Les espaces célestes sont donc privés de toute matière sensible: car la résistance des milieux fluides vient de l'attrition de leurs parties, & de leur force d'inertie, force commune à toute matière. Dans un corps sphérique, la résistance qui résulte de l'attrition des parties est, à très-peu près,

comme le diamètre ou le produit du diamètre par la vitesse de ce corps ; tandis que la résistance qui résulte de la force d'inertie est comme le quarré de ce produit. C'est par la différence de ces rapports que ces résistances dans un milieu quelconque peuvent être distinguées l'une de l'autre. Cette distinction une fois établie, on trouvera que la résistance des corps de certain volume, qui se meuvent avec certaine vitesse dans l'air, dans l'eau, dans le mercure, &c, vient presque uniquement de la force d'inertie des parties de ces milieux.

La résistance d'un milieu, provenant de l'adhésion ou de l'attrition des parties, peut être diminuée en les divisant & en les rendant plus lisses : au lieu que la résistance provenant de la force d'inertie est proportionnelle à la densité de ce milieu, & ne peut être diminuée qu'en le rendant plus rare. Ainsi, la densité des fluides est, à très-peu près, proportionnelle à leur résistance. Les liqueurs qui ne diffèrent pas beaucoup en densité, comme l'eau, l'esprit de vin, l'esprit de térébenthine, l'huile chaude, &c, ne diffèrent pas non plus beaucoup en résistance. L'eau, treize ou qua-

torze fois plus légère que le mercure, est treize ou quatorze fois plus rare : aussi sa résistance est-elle proportionnellement plus petite ou à peu près, comme je l'ai reconnu par diverses Expériences faites sur des pendules. Au bas de l'atmosphère, l'air est huit ou neuf-cents fois plus léger que l'eau, conséquemment huit ou neuf-cents fois plus rare : sa résistance suit la même proportion, comme je l'ai pareillement reconnu par diverses Expériences faites sur des pendules. Dans un air plus rare, la résistance est encore moindre. Enfin à force de raréfaction, elle devient insensible : des flocons de duvet, qui gravitent en plein air, y éprouvent une grande résistance ; mais dans un long tuyau de verre bien purgé d'air, ils tombent avec la même vitesse que le plomb : j'en ai souvent fait l'épreuve. Par où il semble que la résistance & la densité d'un fluide diminuent toujours dans la même proportion. Du moins aucun fait ne prouve-t-il que les corps qui se meuvent dans le mercure, dans l'eau, ou dans l'air, rencontrent d'autre résistance sensible que celle qui résulte de la densité & de l'adhésion de ces milieux : comme il arriveroit si quelque autre

matière

matière dense & subtile en remplissoit les pores. Or dans un vase où l'on a bien fait le vide, la résistance, étant supposée seulement 100 fois moindre qu'en plein air, seroit environ 1,000,000 de fois moindre que dans le mercure. Mais elle paroît être beaucoup moindre sous le récipient, & beaucoup moindre encore dans les espaces célestes, à trois ou quatre-cents milles de la surface du globe; Boyle ayant fait voir que l'air peut être raréfié 10,000 fois plus qu'il ne l'est à la surface de la Terre. Dans les espaces célestes le vide est porté par la Nature beaucoup plus loin, qu'il ne l'est par l'art sous un récipient: car l'air étant comprimé par le poids de l'atmosphère, & sa densité étant proportionnelle à la force qui le comprime, il suit qu'à 8 milles au dessus du niveau de la mer, il est 4 fois plus rare qu'à ce niveau; à 16 milles au dessus, il est 16 fois plus rare; à 24, 32 ou 40 milles au dessus, 64, 256 ou 1024 fois plus rare; & à 80, 160 ou 240 milles au dessus, environ 1,000,000, 1,000,000,000,000 ou 1,000,000,000,000,000,000 de fois plus rare, même davantage.

La chaleur contribue beaucoup à la fluidité des corps. En diminuant l'adhésion de leurs parties, elle en rend fluides plusieurs, qui cessent de l'être dès qu'ils sont froids; & toujours elle augmente la fluidité des liquides qui ont beaucoup de consistance, tels que l'huile, les baumes, le miel. Par là elle diminue donc leur résistance. Mais la chaleur ne diminue pas considérablement la résistance de l'eau, comme elle le feroit si cette résistance venoit sur-tout de l'attrition ou de l'adhésion des globules aqueux: ce qui prouve qu'elle vient presque uniquement de leur force d'inertie. Donc, si les espaces célestes étoient remplis d'un fluide aussi dense que l'eau ou le mercure, sa résistance ne seroit guères moindre que la leur; & si ce fluide étoit d'une densité extrême, quelque subtil qu'elle fût d'ailleurs, sa résistance seroit incomparablement plus grande que celle du mercure. Dans un pareil milieu, un globe solide perdrait plus de la moitié de son mouvement, en parcourant un espace de trois de ses diamètres; & un globe qui ne seroit pas parfaitement solide (tel qu'un des globes célestes), perdrait son mouvement beaucoup plus

tôt. Aussi, les mouvements réguliers des planètes & des comètes ne peuvent-ils s'entretenir qu'autant que les espaces immenses des cieux sont vides de toute matière, à quelques exhalaisons près qui viennent peut-être des atmosphères de la Terre, des planètes, ou des comètes; & à un fluide éthéré extrêmement rare, tel que celui dont nous avons traité plus haut. Un fluide dense seroit plus qu'inutile pour rendre raison des mouvements des astres; puisqu'il ne serviroit qu'à retarder ces mouvements, & à embarasser le jeu des ressorts de la Nature. Introduit dans les interstices des corps, il ne serviroit non plus qu'à arrêter les vibrations de leurs parties, d'où dépendent leur chaleur & leur activité. D'après cela, faut-il être surpris que rien ne prouve l'existence d'un pareil fluide? Il doit donc être regardé comme un être fictif. Ainsi, les hypothèses qui font consister l'action de la lumière en une pression ou un mouvement propagé à travers un pareil milieu, sont insoutenables.

En effet, ce milieu a toujours été rejeté par les plus célèbres philosophes de la Grèce & de la Phénicie, qui établissent, pour base

de leur doctrine, le vide, les atomes, & la pesanteur de ces atomes; attribuant de la sorte la pesanteur à une cause différente de la pression d'un fluide. Les philosophes modernes, ayant banni de leurs spéculations physiques l'influence de cette cause, ont imaginé des hypothèses pour tout expliquer mécaniquement. Mais le grand but qu'on doit se proposer dans l'étude de la Nature, c'est de raisonner sur les phénomènes sans le secours d'aucune hypothèse; de déduire les causes des effets, jusqu'à ce qu'on soit parvenu à la *Cause première*, qui très-certainement n'est pas mécanique; d'expliquer par ce moyen le mécanisme du monde, & de résoudre mille questions de l'importance de celles qui suivent. *Qu'y a-t-il dans des lieux presque vides de matière? D'où vient que le Soleil gravite vers les planètes, & que les planètes gravitent vers le Soleil, sans qu'ils soient environnés d'un fluide dense? Pourquoi la Nature ne fait-elle rien d'inutile? D'où procède l'ordre que nous voyons établi dans l'Univers? Pourquoi les planètes se meuvent-elles toutes suivant la même direction & dans des orbes concentriques; tandis que les comètes se meuvent suivant toutes*

les directions, dans des orbes très-excentriques ? Qu'est-ce qui empêche les étoiles fixes de tomber les unes sur les autres ? Pourquoi le corps des animaux est-il d'une organisation si recherchée, & à quelles fins leurs diverses parties ont-elles été formées ? La structure de l'œil ne supposeroit-elle aucune connoissance de l'Optique ; & celle de l'oreille, aucune connoissance de l'Acoustique ? Comment les mouvements du corps dépendent-ils de la volonté ? Qu'est l'instinct dans les bêtes ? Le sensorium des animaux n'est-il pas le siège de la substance sensitive & pensante, le lieu où elle apperçoit les impressions des objets transmises par les nerfs ? De l'explication satisfaisante de ces questions ne résulte-t-il pas qu'il est un Être immatériel, intelligent, présent par-tout, & qui voit immédiatement le fond des choses dans l'infinité de l'espace & du temps ? Puisqu'il n'y a que les images des objets qui soient transmises par les organes des sens à l'endroit où se forment nos sensations, n'est-il pas manifeste que c'est là seulement que peut appercevoir ces images ce qui sent & qui pense en nous ? A mesure que nous avançons dans la carrière, chaque pas nous rapproche

de plus en plus de la connoissance d'une PREMIERE CAUSE : ce qui fait assez sentir le prix de cette manière de philosopher.

QUESTION XXIX. Les rayons de lumière ne sont-ils pas formés de très-petits corpuscules lancés par les corps lumineux ? Or de pareils corpuscules pourroient très-bien traverser en lignes droites des milieux homogènes sans fléchir vers le corps qui fait ombre, ce que font constamment les rayons de lumière. Ils pourroient aussi avoir plusieurs propriétés, & les conserver en traversant différents milieux ; ce qui convient de même aux rayons de lumière.

Les corps diaphanes agissent à certaine distance sur les rayons, en les réfractant, les réfléchissant, les infléchissant : à leur tour les rayons agissent à certaine distance sur les particules de ces corps, pour les échauffer. Cette action & cette réaction ressemblent très-fort à l'attraction réciproque des corps. Si la réfraction est produite par l'attraction des rayons, les sinus d'incidence doivent être aux sinus de réfraction en rapport donné, comme je l'ai fait voir dans mes *Principes mathématiques de Philosophie na*

zuelle : règle que l'expérience vérifie constamment. A leur passage du verre dans le vide, les rayons se plient vers le verre ; & s'ils entrent dans le vide avec des directions trop obliques, ils se replient en arrière sur le verre, & sont totalement réfléchis. Cette réflexion ne sauroit être attribuée au vide, dont la résistance est nulle ; elle ne peut donc l'être qu'au verre, qui est doué de la puissance d'attirer les rayons & de les ramener en arrière, lorsqu'ils sont sur le point d'entrer dans le vide. Si on verse de l'eau ou de l'huile sur la dernière surface du verre, les rayons qui auroient été réfléchis passeront dans l'eau ou dans l'huile ; ils ne sont donc pas réfléchis avant d'être parvenus à la dernière surface du verre, & d'avoir commencé d'émerger. A leur émergence de cette surface, s'ils tombent sur l'une de ces liqueurs, ils passeront au delà ; parce que l'attraction du verre, contrebalancée par l'attraction opposée de la liqueur, devient nulle. Mais s'ils passent du verre dans le vide, qui n'a aucune attraction pour contrebalancer celle du verre ; celle-ci les pliera pour les réfracter, ou les ramènera en arrière pour les réfléchir. C'est ce qui paroitra plus

évidemment, si on approche presque au point de contact deux prismes ou deux objectifs de long foyer, dont l'un soit plan-convexe; car les rayons incidents sur la dernière surface du premier, à l'endroit où il n'est éloigné du second que d'un millionième de pouce, passeront à travers la couche extrêmement mince d'air qui sépare ces verres, comme je l'ai fait voir dans les OBSERVATIONS I, IV, & VIII de la I PARTIE du LIVRE II. Si on retire le second verre, les rayons qui émergent du premier y rentreront aussi tôt, & seront réfléchis à sa dernière surface: ils se trouvent donc alors ramenés en arrière par une force propre au verre; car quelle autre cause pourroit produire cet effet? Ainsi, pour produire les différents degrés de réfrangibilité des rayons hétérogènes, & les différentes couleurs qui en dépendent, il suffit que ces rayons soient formés de corpuscules de différentes grosseurs; que les plus petits (c'est à dire, les plus faciles à être détournés de leurs directions rectilignes par les surfaces réfringentes) produisent le violet, la plus foible & la plus sombre des couleurs; tandis que les autres graduellement plus gros (c'est à dire, graduel-

lement plus difficiles à être détournés, de leurs directions rectilignes) produiront proportionnellement à leur grosseur les couleurs les plus fortes & les plus éclatantes, le bleu, le vert, le jaune, le rouge. Et pour mettre les rayons de lumière dans des accès de *facile réflexion & de facile transmission*; il suffit d'en faire de petits corpuscules, qui, par leur puissance attractive (ou quelque autre force), excitent dans le milieu qu'ils traversent des vibrations plus rapides que les leurs, vibrations très-propres à atteindre tour à tour les rayons, & à les agiter de manière à en augmenter ou diminuer alternativement la vitesse; ce qui constitue ces accès. Enfin il y a grande apparence que la réfraction extraordinaire du cristal d'Islande, est produite par quelque force attractive ou disposition particulière à certains côtés des rayons & des particules mêmes du cristal : car sans une disposition particulière à certains côtés de ces particules, & propres à plier les rayons vers la face à réfraction extraordinaire, seroit-il possible que ceux qui tombent perpendiculairement sur le cristal fussent réfractés vers cette face plus tôt que vers toute autre, tant à leur entrée qu'à

leur sortie ? Comment donc émergeroient-ils perpendiculairement, lorsque la face à réfraction extraordinaire de la seconde surface est dans une situation opposée ; le cristal agissant sur les rayons après qu'ils l'ont traversé & qu'ils sont entrés dans l'air ou dans le vide ? Et puisque le cristal n'agit de la sorte sur les rayons, que lorsqu'un de leurs côtés à réfraction extraordinaire est tourné vers cette face, il s'ensuit que ces côtés ont une disposition correspondante à celle du cristal, de même que les poles de deux aimants correspondent l'un à l'autre. Mais la vertu magnétique est propre au fer, & elle peut être augmentée ou diminuée ; de même la vertu de réfracter les rayons perpendiculaires paroît propre au cristal d'Islande & au cristal de roche, quoiqu'elle ait plus d'énergie dans le premier que dans le dernier. Je ne prétends pas toutefois que cette dernière propriété soit magnétique ; il paroît même qu'elle est d'une autre nature : mais je dis que les rayons, à moins d'être matériels, ne sauroient avoir une propriété essentielle à deux de leurs côtés exclusivement ; & cela indépendamment de leurs directions relatives à l'espace ou au milieu qu'ils traversent.

Par ce qui est établi aux articles des QUESTIONS XVIII, XIX & XX, on peut voir ce que j'entends par ces mots, *vide & attraction* des rayons de lumière.

QUESTION XXX. Les corps grossiers ne peuvent-ils pas se transformer en lumière; & la lumière, en corps grossiers? Les corps ne peuvent-ils pas tenir une grande partie de leur activité, des particules de la lumière qui entrent dans leur composition? Il est de fait que tous les corps fixes, échauffés à certain point, répandent de la lumière tant qu'ils conservent un degré suffisant de chaleur. A son tour la lumière s'arrête dans les corps, lorsqu'elle est dardée sur leurs parties, comme je l'ai fait voir précédemment (57). Je ne connois aucun corps moins susceptible de luire que l'eau: cependant elle se change (58) en terre fixe par

(57) Voyez la VIII PROPOSITION de la III PARTIE du LIVRE II.

(58) On voit ici, & on verra ci-après le dévelo-

de fréquentes distillations, comme Boyle en a fait l'expérience ; puis cette terre, suffisamment échauffée, luit comme divers autres corps.

Pour ce qui est de la transmutation des corps grossiers en lumière, & de la lumière en corps grossiers ; c'est une chose très-conforme au cours de la Nature, qui semble se plaire à de pareilles métamorphoses. Au moyen de la chaleur elle change l'eau (qui est un sel fluide & insipide) en vapeur, qui est une espèce d'air ; & au moyen du froid elle change l'eau en glace, qui est une substance dure, diaphane, cassante, & fusible ; puis cette substance redevient eau à l'aide de la chaleur, comme la vapeur redevient eau à l'aide du froid. Au moyen de la chaleur la terre est changée en feu, & au moyen du froid elle redevient terre. Des corps denses sont changés par la fermentation en différentes sortes d'air ; & ces différentes sortes d'air, par fermentation ou sans fermentation, reprennent leur

pement de ces fameuses transmutations qui ont été réchauffées avec éclat par quelques Physiciens modernes.

Note du Traducteur.

premier état. Le mercure paroît quelquefois sous la forme d'un métal fluide ; quelquefois sous celle d'un métal dur & cassant ; quelquefois sous celle d'un sel diaphane corrosif (59) ; d'autres fois sous celle d'une terre blanche, insipide, diaphane & volatile (60) ; sous celle d'une terre rouge, volatile & opaque (61) ; sous celle d'un précipité rouge ou blanc ; sous celle d'un sel fluide. Distillé, il s'élève en vapeur ; & agité dans le vide, il brille comme du feu. Enfin malgré toutes ces transmutations il peut reprendre sa première forme.

Qui ne fait que les œufs, passant d'une petitesse extrême à une grosseur considérable, se changent en animaux ! les têtards se changent en grenouilles ; les vers, en mouches ; & les oiseaux, les quadrupèdes, les poissons, les insectes, les végétaux, (quelque différentes que soient leurs parties) tirent tous leur accroissement de l'eau, des sucg gélatineux, & des fels :

(59) Le sublimé.

(60) Le mercure doux.

(61) Le cinabre.

puis ils se résolvent en flegme par la putréfaction.

L'eau, exposée à l'air libre durant quelques jours, prend la teinte d'une infusion d'orge germé, puis elle dépose un sédiment, & devient spiritueuse; elle qui, avant d'être corrompue, fournissoit une nourriture salubre aux animaux & aux plantes. Après tant de transformations si variées, si étranges, pourquoi la Nature ne changeroit-elle pas les différents corps en lumière, & la lumière en ces différents corps?

QUESTION XXXI. Les petites particules des corps n'ont-elles pas certaines propriétés, non seulement au moyen desquelles elles agissent, à certaine distance, sur les rayons de lumière pour les réfléchir, les rompre, & les infléchir; mais au moyen desquelles ces particules agissent les unes sur les autres par des attractions de gravité, de magnétisme, d'électricité? D'après ces exemples paroitra-t-il invraisemblable, qu'il y ait d'autres forces attractives dans la Nature, elle qui est toujours conforme à elle-même? Je n'examine point ici quelle est la cause

de ces attractions : ce que j'appelle attraction peut être produit par impulsion ou par d'autres moyens qui me sont inconnus. Je n'emploie ici ce terme que pour désigner une force, en vertu de laquelle les corps tendent réciproquement à s'approcher, quel qu'en soit le principe : car il importe d'apprendre à connoître les corps qui s'attirent mutuellement, & les lois suivant lesquelles ils s'attirent, avant de rechercher la cause de leur attraction. Les attractions de gravité, de magnétisme, d'électricité s'étendent à des distances fort sensibles; aussi n'ont-elles pas échappé, même aux observateurs vulgaires : mais il peut y en avoir d'autres qui s'étendent à de si petites distances, qu'elles ayent échappé jusqu'ici aux yeux les plus pénétrants; peut-être l'attraction électrique s'étend-elle à d'aussi petites distances, même sans être excitée par le frottement.

La déliquescence du sel de tartre n'est-elle pas produite par une attraction entre les particules salines & les vapeurs aqueuses de l'atmosphère? Pourquoi le sel commun, le salpêtre, & le vitriol ne deviennent-ils pas de même déliquescents; si ce n'est faute d'une

pareille attraction ? Et pourquoi le sel de tartre n'attire-t-il qu'une certaine quantité d'eau ; si ce n'est parce qu'aussi tôt qu'il en est saturé , il n'a plus de force attractive (62) ? Quel autre principe que cette force empêcheroit l'eau (qui seule s'évapore à un degré de chaleur assez foible) de ne se détacher du sel de tartre qu'au moyen d'une chaleur violente ?

N'est ce pas de même la force attractive qui se déploie entre les molécules de l'acide vitriolique & les globules de l'eau , qui fait que cet acide attire l'humidité de l'air jusqu'à saturation , & qu'il ne la rend ensuite qu'avec beaucoup de peine , quand on le soumet à la distillation.

Lorsque l'acide vitriolique & l'eau acquièrent par leur mélange un degré considérable de chaleur ; cette chaleur ne prouve-t-elle pas à son tour , que ces liquides se pénètrent avec vio-

(62) Cet article forme un très-beau morceau sur les affinités chimiques. Quelques auteurs de nos jours paroissent en avoir tiré grand parti ; & il seroit à souhaiter que tous ceux qui ont écrit sur ces matières , l'eussent bien médité. *Note du Traducteur.*

lence, & s'unissent avec intimité? De l'eau forte, ou de l'esprit de vitriol, versé sur de la limaille de fer, la dissout avec effervescence, & acquiert une forte chaleur : cette chaleur ne résulte-t-elle pas du mouvement rapide de la dissolution ; & ce mouvement ne prouve-t-il pas que l'acide se porte avec violence sur le métal, entre forcément dans ses pores, détache ses particules, & les fait flotter librement dans la liqueur? Mais ces particules acides, qui seules se résoudroient en vapeurs à une chaleur douce, ne peuvent être séparées des particules métalliques que par un violent coup de feu : cela ne prouve-t-il pas qu'il y a une attraction réciproque entre le fer & son dissolvant?

De l'esprit de vitriol versé sur du sel commun entre en effervescence, & se combine avec lui. Si on soumet leur mélange à la distillation, l'esprit de sel s'évaporerait beaucoup plus facilement qu'il ne feroit seul, laissant l'acide vitriolique au fond de la retorte. Cela ne démontre-t-il pas que l'alkali fixe du sel attire plus fortement l'acide vitriolique que l'acide marin ; & que n'étant pas capable de les retenir tous deux, il abandonne son propre acide?

Quand on verse deux parties d'acide nitreux (préparé avec le nitre & le vitriol) sur une partie d'huile de géofle, de carvi, ou de térébenthine ; leur mélange acquiert une si grande chaleur qu'il s'enflamme aussi tôt. La violence soudaine de cette chaleur ne prouve-t-elle pas que ces liqueurs se pénètrent avec impétuosité, & que leurs globules se précipitent avec force les uns contre les autres ? N'est-ce pas aussi par ce mécanisme que l'esprit de vin rectifié s'enflamme lorsqu'on le verse sur de l'esprit de nitre concentré, & que la poudre fulminante (faite de soufre, de nitre & de sel de tartre) détone plus violemment que la poudre à canon ; les esprits du soufre & du nitre se précipitant l'un contre l'autre, & tous deux contre le sel de tartre, avec tant d'impétuosité que le mélange se dissipe entièrement en fumée & en flamme.

Lorsqu'une dissolution est lente, la foible effervescence qui en résulte, n'excite qu'une chaleur modérée : lorsqu'une dissolution est prompte elle produit une effervescence plus forte, & une chaleur plus considérable : lorsqu'une dissolution est subite, elle produit une efferves-

cence & une chaleur extrême, accompagnée de détonation, & de flamme. Ainsi, un gros d'acide nitreux fumant, versé dans le vide sur un demi-gros d'huile de carvi, s'enflamme comme la poudre à canon, & brise le récipient où il est contenu. Le soufre même, tout grossier qu'il est, pulvérisé & amalgamé avec partie égale de limaille de fer & un peu d'eau, acquiert au bout de quelques heures un degré de chaleur assez violent pour s'enflammer.

Après de pareils résultats, vient-on à considérer l'énorme quantité de soufre renfermée dans les entrailles de la Terre, la chaleur excitée dans quelques-unes de ses parties intérieures, les sources d'eau chaude, les volcans, les vapeurs enflammées qui s'élancent des mines? on conçoit sans effort que ces matières sulfureuses, fermentant avec les minéraux, doivent se résoudre en vapeurs, prendre feu quelquefois tout à coup, & faire une explosion terrible. Ces vapeurs se trouvent-elles alors resserrées dans des cavernes profondes? elles causent nécessairement des tremblements de terre, puis s'ouvrant passage au dehors, elles répandent dans l'air une chaleur étouffante, produisent des ouragans,

bouleversent de grands terrains , font bouillonner les eaux de la mer , qui s'élèvent en colonne, & retombent ensuite comme un torrent.

Il s'élève aussi en tout temps à la surface de la Terre des exhalaisons sulfureuses , qui fermentent ensuite dans l'air avec des vapeurs nitreuses ; & qui , venant à s'enflammer , produisent les éclairs , les tonnerres , & les autres météores ignés. Car l'air abonde en vapeurs acides propres à faire effervescence : comme cela paroît par la rouille que le fer & le cuivre contractent si aisément en plein air , par le feu qu'on excite en soufflant , & par le battement du cœur que la respiration entretient. Or les phénomènes dont nous venons de parler suffisent pour montrer que , dans les effervescences , les particules des corps sont mises en mouvement par un principe très-énergique , qui n'agit sur elles que lorsqu'elles sont fort peu distantes , & qui les pousse les uns contre les autres , de manière qu'elles s'entrechoquent avec une violence extrême : échauffées par ce moyen , & venant à se briser par ces chocs réciproques , elles se dissipent en flamme dans les airs.

Lorsqu'on verse de l'huile de tartre par dé-

faillance sur une dissolution métallique, le sel précipite le métal. Cela ne prouve-t-il pas que les particules acides sont plus fortement attirées par le sel de tartre que par le métal, & qu'en vertu de cette plus grande attraction elles se portent du métal sur le sel de tartre ? De même, lorsque la calamine précipite une dissolution de fer par l'acide nitreux ; que le fer précipite une dissolution de cuivre ; que le cuivre précipite une dissolution d'argent ; ou que le fer, le cuivre, l'étain, le plomb, précipitent une dissolution de mercure ; tous ces phénomènes ne prouvent-ils pas que les particules de l'acide nitreux sont attirées plus fortement par la calamine que par le fer ; par le fer que par le cuivre ; par le cuivre que par l'argent ; par le fer le cuivre, l'étain ou le plomb, que par le mercure ? n'est-ce pas par cette raison qu'il faut davantage d'acide nitreux pour dissoudre le fer que le cuivre, & davantage pour dissoudre le cuivre que les autres métaux ? ce qui prouve que de tous les métaux le fer est le plus aisément dissous, ensuite le cuivre, &c.

Quand on soumet à la distillation de l'acide

vitriolique mélé avec un peu d'eau ; l'eau se résout difficilement en vapeurs, & toujours elle emporte avec elle quelque portion d'acide. Dès qu'elle s'est condensée, si on en verse sur du fer, du cuivre ou du sel de tartre ; l'acide vitriolique quittera l'air pour s'unir à ces corps : cela ne montre-t-il pas qu'il est plus fortement attiré par eux que par elle ? N'est-ce pas par cette raison que l'eau & l'acide végétal, nitreux ou marin, s'unissent & s'élèvent ensemble dans la distillation ? mais si on verse leur mélange sur du sel de tartre, du plomb, du fer, ou quelque autre corps fixe qu'il peut dissoudre ; l'acide plus fortement attiré s'attachera à ce corps, après avoir quitté l'eau. N'est-ce pas aussi par une attraction réciproque que l'esprit de suite & l'esprit de sel marin s'unissent, pour former du sel ammoniac ? or les particules réunies de ces esprits deviennent moins volatiles, parce qu'elles sont plus grosses & plus dégagées d'eau. N'est-ce pas par la même raison que, dans la sublimation, les particules du sel ammoniac enlèvent avec elles les particules de l'antimoine, qui seules n'auroient pu se sublimer ; que les particules du mercure, s'unissant aux

particules de l'acide marin, composent le sublimé corrosif; & s'unissant aux particules du soufre composent le cinabre? que les particules de l'esprit de vin & de l'esprit d'urine bien rectifiés se dégagent de l'eau qui les tient en dissolution, & s'unissent pour composer un corps compacte? qu'en faisant sublimer le cinabre mêlé à du sel de tartre ou à de la chaux vive; le soufre, plus fortement attiré par le sel ou la chaux, se dégage du mercure, & reste uni au corps fixe? que dans la sublimation du sublimé corrosif mêlé à de l'antimoine; l'esprit de sel plus fortement attiré par l'antimoine, s'y unit après s'être dégagé du mercure: puis quand la chaleur est plus forte, l'esprit de sel emporte le métal sous la forme d'un sel fusible nommé *beurre d'antimoine*; quoique l'esprit de sel soit presque aussi volatil que l'eau, & que l'antimoine soit presque aussi fixe que le plomb?

L'eau forte dissout l'argent, non pas l'or; & l'eau régale dissout l'or, non pas l'argent. Ne pourroit-on pas croire que l'eau forte est assez subtile pour pénétrer l'or, mais qu'elle est déstituée de la force attractive dont elle auroit besoin pour s'y introduire? Car l'eau régale,

qui dissout l'or, n'est que de l'eau forte mêlée à de l'esprit de sel. Le sel ammoniac, même le sel commun, donne à l'eau forte la propriété de dissoudre l'or, quoique ces sels soient des corps grossiers. L'esprit de sel ne précipite-t-il pas l'argent dissous par l'eau forte, en attirant l'eau forte, & en s'unissant à elle, peut-être encore en repoussant l'argent? l'eau ne précipite-t-elle pas l'antimoine uni au sel ammoniac dans le sublimé d'antimoine; parce qu'elle affoiblit le sel ammoniac, ou l'esprit de sel en se mêlant avec lui, & parce qu'elle n'attire pas ou qu'elle repousse l'antimoine? n'est-ce pas par le défaut d'une attraction réciproque entre leurs parties, que l'eau & l'huile, le mercure & l'antimoine, le plomb & le fer ne peuvent s'allier? n'est-ce pas en vertu d'une foible attraction que le mercure & le cuivre s'allient avec peine? n'est-ce pas en vertu d'une forte attraction que le mercure & l'étain, l'antimoine & le fer, l'eau & les sels s'unissent si aisément? en un mot n'est-ce pas par le même principe que la chaleur unit les corps homogènes, & sépare les corps hétérogènes?

L'arsenic mêlé avec du savon forme un ré-

gule ; mélé avec du sublimé corrosif, il forme un sel volatil fusible comme le beurre d'antimoine. Ces phénomènes ne prouvent-ils pas que l'arsenic, substance qui se volatilise entièrement, est composé de parties fixes & volatiles fortement unies par une attraction mutuelle ; de sorte que les parties volatiles ne peuvent s'enlever sans les parties fixes ? de même égales quantités d'esprit de vin & d'acide vitriolique fumant, mises en digestion, puis soumises à la distillation, donnent deux esprits volatils immiscibles, laissant au fond de la retorte une terre noire & fixe. Ces phénomènes ne prouvent-ils pas que l'acide vitriolique est composé de parties volatiles & fixes, fortement unies par l'attraction ; de sorte qu'elles s'élèvent ensemble sous la forme d'un sel acide volatil & fluide, jusqu'à ce que l'esprit de vin, attirant les parties volatiles, les sépare des fixes ? Puisque l'acide du soufre préparé par la déflagration est de même nature que l'acide du vitriol, ne peut-on pas inférer que le soufre est un mélange de parties volatiles & fixes, si fortement unies par l'attraction, qu'en se sublimant elles montent ensemble ? car après avoir dissous des fleurs de soufre dans

de l'huile de térébenthine, si on distille cette dissolution, on trouvera que le soufre est composé d'une huile épaisse & inflammable, d'un sel acide, d'une terre extrêmement fixe, & d'un peu de métal : les trois premiers principes (63) constituants y entrent en quantités à peu près égales, & le dernier en si petite quantité qu'à peine mérite-t-il qu'on en tienne compte. Ce sel acide dissous dans l'eau paroît de même nature que l'acide du soufre : & comme il se trouve en abondance dans la Terre, sur-tout dans les mines pyriteuses, uni aux autres principes des pyrites, savoir au bitume, au fer, au cuivre & à la terre, il compose de l'alun, du vitriol, & du soufre ; de l'alun, lorsqu'il s'unit à la terre seule ; du vitriol, lorsqu'il s'unit au métal seul, ou au métal & à la terre ; du soufre, lorsqu'il s'unit au bitume & à la terre : aussi les pyrites abondent-elles en ces trois minéraux ? n'est-ce pas par l'attraction réciproque des principes qu'elles tiennent unis pour composer ces

(63) On voit que l'art d'analyser les mixtes étoit assez peu avancé du tems de Newton. *Note du Traducteur.*

minéraux, que le bitume volatilise les autres principes du soufre, qui ne se sublimeront pas sans lui? On peut faire la même demande à l'égard de presque tous les mixtes de la Nature: car toutes les productions animales & végétales sont composées de principes fixes & volatils, fluides & solides; comme leur analyse le prouve. Il en est de même des sels & des minéraux, autant que la chimie peut en démontrer la composition.

Le sublimé corrosif, saturé de mercure, se change en calomelle, chaux blanche, insipide & à peine dissoluble dans l'eau: & la calomelle, saturée d'esprit de sel, redevient sublimé corrosif. Les métaux corrodés par quelque acide se changent en rouille, chaux insipide & indissoluble dans l'eau; tandis que cette chaux, imprégnée d'un acide, forme un sel métallique. Enfin certaines substances minérales, telles que la litharge native de plomb, dissoutes dans des menstrues convenables, se changent en sels.

De ces divers phénomènes ne suit-il pas que les sels sont composés d'une terre sèche & d'acides aqueux, unis par l'attraction; que la partie terreuse ne se change point en sel sans un acide



suffisant pour la rendre dissoluble à l'eau? La saveur acerbe des acides ne provient-elle pas d'une forte attraction, qui fait que les parties salines pénètrent & crispent la substance de la langue?

Dans les dissolutions métalliques, les acides unis au métal agissent si différemment sur l'organe du goût, que leur composé a toujours une saveur beaucoup moins piquante que celle des acides purs; il a même quelquefois une saveur douce: cela ne vient-il pas de ce que les acides s'attachent aux particules métalliques, & perdent par là une grande partie de leur activité. Quand l'acide est en trop petite proportion pour faire que le composé se dissolve dans l'eau, ne perd-il pas son activité & sa saveur, en s'attachant au métal; & le composé ne forme-t-il pas une terre insipide? car les substances indissolubles à la salive ne font aucune impression sur la langue.

Comme la gravité fait que la mer se répand tout autour des parties les plus denses du globe de la Terre; de même l'attraction peut faire que les acides aqueux se répandent autour des parties terreuses les plus compactes, pour composer

des fels. Sans cela un acide ne pourroit pas servir à rendre les fels dissolubles, en unissant la terre & l'eau.

Ainsi, le fel de tartre n'extrairoit pas facilement l'acide des métaux dissous, & les métaux n'extrairoient point l'acide du mercure préparé. Comme les corps les plus densés tombent au fond de l'eau, & tendent continüellement vers le centre de la Terre : de même dans les particules salines, la matière la plus dense peut faire de continüels efforts pour approcher du centre de chaque particule. Desorte qu'à cet égard une particule de fel peut être comparée au cahos : étant dense, dure, sèche & terreuse au centre ; rare, molle, humide, & aqueuse à la circonférence. C'est par cette raison, je crois, que les fels sont naturellement si peu altérables : car on ne peut guère les détruire qu'en leur enlevant leurs parties aqueuses ; à moins qu'au moyen d'une chaleur modérée, excitée par la fermentation putride, on ne fasse pénétrer ces particules dans les pores de la terre qui est au centre, jusqu'à ce que les particules terreuses soient dissoutes par l'eau, & divisées en de plus petites molécules qui fassent paroître noir le mixte dénaturé.

De là vient peut-être encore que les animaux & les végétaux conservent leurs différentes formes, & convertissent en leur propre substance ce qui leur sert de nourriture : car une nourriture tendre & humide est aisément disposée par une chaleur tempérée à changer de tissu, jusqu'à ce qu'elle devienne semblable à la terre dense, dure, sèche, & inaltérable qui est au centre de chaque particule. Mais lorsque la nourriture devient incapable d'un pareil changement, ou que la terre au centre des particules devient trop foible pour la convertir en sa propre substance ; alors le mouvement finit par la confusion, la corruption & la mort (64).

Si on dissout une petite quantité de sel dans une grande quantité d'eau ; les particules salines ne tomberont pas au fond, quoique spécifiquement plus pesantes que les globules aqueux : mais elles se distribueront également dans toute la masse. Ne suit-il pas de là qu'elles tendent

(64) Il auroit été à desirer que Newton se fût expliqué moins obscurément dans ce dernier article, que le Lecteur aura sans doute peine à entendre. *Note du Traducteur.*

à s'écarter les unes des autres, & à se tenir aussi séparées que la liqueur où elles flottent le leur permet ? Cette tendance à s'écarter ne prouve-t-elle pas qu'elles ont une force répulsive en vertu de laquelle elles se fuient mutuellement, ou du moins qu'elles attirent l'eau plus fortement qu'elles ne s'attirent les unes les autres ? Comme tous les corps, moins attirés que l'eau par la terre, surnagent ; de même les particules salines qui flottent dans l'eau, moins attirées par elles-mêmes que les globules aqueux, doivent s'écarter, & faire place à ces globules.

Lorsqu'une liqueur saturée de sel s'est évaporée jusqu'à pellicule, & suffisamment refroidie ; le sel se forme en cristaux réguliers. Avant d'être rassemblées, les particules salines flottoient dans la liqueur également distantes les unes des autres ; elles agissoient donc mutuellement sur elles-mêmes, avec une force qui étoit égale à distances égales, & inégale à distances inégales : ainsi, en vertu de cette force, elles doivent se ranger d'une manière uniforme ; & sans cette force elles ne peuvent que flotter sans ordre dans la liqueur, ou s'y unir fort

irrégulièrement. Comme les particules du cristal d'Irlande agissent toutes dans le même sens sur les rayons de lumière, pour produire la réfraction extraordinaire, ne peut-on pas supposer que lors de la formation de ce cristal, les particules se sont rangées d'une manière uniforme pour prendre des figures régulières en se cristallisant; & que par une espèce de vertu polaire, elles ont tourné leurs côtés homogènes du même sens?

Dans tout corps dur & homogène, les parties en parfait contact sont très-adhérentes. Pour expliquer cette adhésion, les uns ont inventé les atomes crochus; mais c'étoit poser en fait ce qui étoit en question: les autres ont dit que les particules des corps sont collées par le repos, c'est à dire, par une qualité occulte, ou plus tôt par le néant: d'autres ont prétendu qu'elles sont jointes par des mouvements conspirants, c'est à dire, par un repos relatif. Pour moi, j'aime mieux inférer de la cohésion des corps, que leurs particules s'attirent naturellement en vertu d'une force, qui dans le contact intime est très-énergique, qui à de petites distances produit les phénomènes chimiques dont nous
avons

avons fait mention, & qui à de fort grandes distances cesse d'agir, au moins d'une manière sensible.

Tous les corps sont composés de parties dures: autrement, les liquides, tels que l'eau, l'huile, le vinaigre, ne se congèleroit point par le froid; le mercure ne se fixeroit point par sa combinaison avec l'acide nitreux ou le plomb; l'esprit de vin & l'esprit d'urine déphlegmés ne deviendroient point solides par leur simple mélange, comme l'esprit d'urine & l'esprit de fel le deviennent par leur sublimation. Il semble même que les globules des rayons de lumière sont durs: autrement, leurs différents côtés ne conserveroient pas des propriétés différentes. On peut donc considérer la dureté comme la propriété constante de toute matière simple, propriété aussi bien constatée que l'impénétrabilité universelle de la matière: car l'expérience démontre que tous les corps sont durs ou peuvent le devenir; & nous n'avons pas d'autres preuves de leur impénétrabilité. Quand tous les mixtes seroient aussi durs que quelques-uns le paroissent: comme ils ont beaucoup de pores, & qu'ils sont composés de parties placées les unes à côté des autres;

les molécules simples, qui sont sans pores & indivisibles, doivent être incomparablement plus dures. Ces molécules rassemblées ne peuvent guère se toucher que par un très-petit nombre de points : ainsi, il faudroit beaucoup moins de force pour les séparer que pour rompre une seule de ces molécules, dont tous les éléments se touchent sans qu'aucun interstice affoiblisse leur cohésion. Or comment des molécules d'une pareille dureté, & simplement rassemblées sans se toucher que par un très-petit nombre de points, pourroient-elles adhérer si fortement, sans une cause qui les fit se comprimer les unes les autres ? c'est ce qui seroit très-difficile à concevoir.

J'infère encore l'existence de cette cause, de ce que deux plaques de marbre, polies & appliquées l'une contre l'autre, adhèrent dans le vide ; & de ce que le mercure se soutient à la hauteur de 50, 60, 70, &c. pouces dans un tube parfaitement purgé d'air. L'atmosphère ne l'élève par son poids qu'à la hauteur de 29 à 30 pouces ; quelque autre cause l'élève nécessairement plus haut, non en le pressant dans le tube, mais en faisant que ses parties, adhérentes les unes aux autres, adhèrent pareil-

lement au verre. Aussi dès qu'il y a entre elles quelque solution de continuité, causée soit par des bulles soit par des secouffes, le mercure redescend aussi tôt à 29 ou 30 pouces.

J'ajouterais ici quelques expériences de la même espèce. Ayez deux plaques de verre planes & bien polies, tenez-les à très-petite distance l'une de l'autre, & enfoncez-les un peu par leurs extrémités inférieures dans un vase plein d'eau; bientôt l'eau s'élevera entre elles, & toujours d'autant plus haut qu'elles feront moins éloignées. Si leur distance est d'un centième de pouce, l'eau s'élèvera à la hauteur d'un pouce environ: si la distance est plus grande ou plus petite, la hauteur de l'eau fera à peu près en proportion réciproque de leur distance: car la force attractive des plaques de verre est la même, que leur distance soit plus grande ou plus petite; le poids de l'eau attirée est aussi le même, quand la hauteur de l'eau est en proportion réciproque de la hauteur des plaques. Voilà comment l'eau monte entre deux plaques de marbre, polies, parallèles, & fort peu distantes. Si on trempe dans l'eau le bout d'un très-petit tube de verre, elle s'y élèvera à

à une hauteur, qui sera en proportion réciproque au diamètre du tube, & égale à la hauteur à laquelle elle s'élève entre les deux plaques de verre, si le demi-diamètre du tube est égal ou à peu près à la distance des plaques. Au reste, toutes ces expériences réussissent aussi bien dans le vide qu'en plein air (comme on en a fait l'épreuve à la Société Royale); par conséquent elles ne dépendent nullement du poids ou de la pression de l'atmosphère.

Si un grand tube de verre, rempli de cendres passées au tamis & fortement comprimées, est plongé par une de ses extrémités dans un vase d'eau; l'eau montera lentement, & au bout de 8 ou 15 jours, elle parviendra à la hauteur de 30 à 40 pouces au dessus du niveau de sa surface. Or elle n'est élevée à cette hauteur que par l'attraction des cendres qui sont au dessus; car celles qui sont au dessous l'attirent autant en bas qu'en haut. Il est clair que cette attraction est très-puissante: mais comme les cendres ne sont pas si denses que le verre, leur action est beaucoup moins énergique: aussi le verre tient-il le mercure suspendu à la hauteur de 60 à 70 pouces; il agit donc alors

avec une force qui tiendroit l'eau suspendue à la hauteur de plus de 60 pieds.

C'est par le même principe qu'une éponge absorbe l'eau, & que les glandes de différente espèce tirent du sang différents suc.

Que deux plaques de verre polies, de 3 à 4 pouces de largeur sur 20 à 25 de longueur, soient placées, l'une horizontalement, l'autre obliquement, de manière à se toucher par une de leurs extrémités & à former un angle de 10 à 15 minutes : si leurs plans internes ont été préalablement frottés avec un linge imprégné d'huile essentielle de térébenthine ; dès qu'on fera tomber une goutte de cette huile sur l'extrémité du plan inférieur opposée au sommet de l'angle, cette goutte commencera à se mouvoir vers le point de concours des plans, & continuera à s'y porter d'un mouvement accéléré jusqu'à ce qu'elle y soit parvenue. Car les deux plaques de verre attirent la goutte, & la font avancer vers ce point où leurs forces attractives s'unissent. Tandis que la goutte est en mouvement, si on élève l'extrémité où les plaques concourent, la goutte continuera d'y monter ; preuve incontestable qu'elle en est attirée. A mesure

qu'on élève cette extrémité, la goutte monte plus lentement; enfin elle s'arrête au point où elle est autant déterminée par son propre poids à descendre, qu'elle est déterminée à s'élever par l'attraction des plaques en contact. De cette manière on peut donc connoître, avec quelle force la goutte est attirée à différentes distances du point de concours des verres.

D'après quelques expériences de ce genre; faite par Hawksby, on a trouvé que l'attraction est presque réciproquement en proportion doublée de la distance du milieu de la goutte au point de concours des verres; c'est à dire, réciproquement en proportion simple, vu que la goutte se répand davantage & touche chaque verre par une plus grande surface; & réciproquement en proportion simple, vu que les attractions deviennent plus fortes, l'étendue des surfaces attirantes restant la même. Donc l'attraction qui se fait dans la même étendue de surface attirante, est réciproquement comme la distance entre les verres: par conséquent lorsque la distance est excessivement petite, l'attraction doit être excessivement grande. Suivant la Table de la II PARTIE du LIVRE II, dans la-

quelle se trouvent les épaisseurs des lames d'eau comprises entre deux verres ; l'épaisseur de la lame à l'endroit où elle paroît très-noire est de $\frac{1}{8}$ de 1,000,000^e de pouce. Et d'après la même règle, à l'endroit où l'huile de térébenthine a cette épaisseur entre les bandes de verre, la force de l'attraction dans un cercle d'un pouce de diamètre pourroit soutenir un poids égal à celui d'un cylindre d'eau d'un pouce de diamètre & haut de deux ou trois stades (65). Aux endroits où elle est moins épaisse, l'attraction est proportionnellement plus grande, & va en augmentant jusqu'à ce que l'épaisseur n'excède pas le diamètre d'un simple globule huileux. Il y a donc dans la Nature des agents capables d'unir les particules des corps par des attractions très-fortes : or c'est à la Physique expérimentale à découvrir ces agents.

Les plus petites particules de matière peuvent être unies par les plus fortes attractions, & composer des particules moins petites, dont la force attractive fera moins considérable : celles-

(65) Stade, mesure de 125 pas géométriques. *Note du Traducteur.*

ci peuvent s'unir à leur tour, & composer de plus grosses particules, dont la force attractive fera moins considérable encore : ainsi de suite, jusqu'à ce que la progression finisse par les plus grosses particules dont dépendent les phénomènes chimiques & les couleurs matérielles. De l'aggrégation de ces particules résultent les différens corps. Si c'est un corps compacte, dont les parties puissent sans se désunir céder à la force qui les comprime, il sera élastique (66) & dur. Si c'est un corps dont les parties glissent l'une sur l'autre, il sera mou ou malléable. Si c'est un corps dont les parties se séparent aisément, & soient de grosseur à donner prise à la matière du feu, il deviendra fluide par une chaleur assez forte pour les tenir en agitation. Si c'est un corps dont les parties soient susceptibles de s'attacher à d'autres corps, il sera humide. Au reste, ce qui fait que les gouttes des liquides prennent une figure ronde, c'est l'attraction réciproque de leurs parties. Ainsi est

(66) Un corps élastique est celui qui cède à la force qui le comprime, & qui reprend ensuite sa forme en vertu de l'attraction mutuelle de ses parties.

déterminée la figure de notre globe par l'attraction mutuelle de ses parties, effet de la gravité.

Puisque dans les dissolutions métalliques, les menstrues n'attirent qu'en petit nombre les parties du métal, leur force attractive ne peut s'étendre qu'à petite distance. Et comme en Algèbre les quantités négatives commencent où les affirmatives finissent; de même en Mécanique, la force répulsive doit commencer d'agir où la force attractive vient à cesser. Qu'il y ait dans la Nature de pareilles forces, c'est ce qu'on peut inférer des réflexions & des inflexions de la lumière. Car, dans ces deux cas, elle est repoussée par les corps avant qu'il y ait aucun contact immédiat. On peut tirer la même induction, ce me semble, de l'émission de la lumière; les rayons lancés au dehors par les vibrations du corps lumineux, étant à peine fortis de sa sphère d'attraction, qu'ils sont poussés en avant avec une vitesse excessive: car dans la réflexion la force suffisante pour repousser un rayon peut l'être pour le pousser en avant. On peut encore tirer la même induction de la production de l'air & des vapeurs,

puisque les particules détachées d'un corps par la chaleur & la fermentation, n'ont pas plus tôt franchi sa sphère d'attraction, qu'elles s'écartent avec rapidité de ce corps, & les unes des autres, quelquefois jusqu'à occuper un espace un million de fois plus grand que celui qu'elles occupoient lors de leur aggrégation. Or il n'est pas possible d'expliquer cette contraction & cette expansion prodigieuses, en supposant que les particules de l'air sont élastiques, rametuses, ou semblables à des osiers pliés en cerceaux : le seul moyen d'en rendre raison, ou plus tôt de les produire, est une puissance répulsive écartant ces particules les unes des autres. Les particules des fluides, naturellement fort petites & unies peu étroitement, sont le plus susceptibles de cette agitation d'où dépend la fluidité; aussi se séparent-elles presque sans effort, & se réduisent-elles le plus aisément en vapeurs : elles sont donc *volatiles*, comme s'expriment les Chimistes, c'est à dire qu'une douce chaleur les raréfie, & que le froid les condense. Mais celles qui sont plus grossières, conséquemment moins susceptibles d'agitation, ou qui sont unies par une plus forte attraction,

ne peuvent être séparées que par une chaleur plus violente, peut-être même par la fermentation seule. Les corps composés de ces sortes de particules, appelées *fixes* par les Chimistes, étant raréfiés par la fermentation, se changent réellement en air; car les particules en contact & le plus étroitement unies, étant une fois séparées, s'éloignent les unes des autres avec le plus de force, & sont le plus difficilement rapprochées. Comme l'air proprement dit provient de substances plus denses que les vapeurs, à quantités égales il doit être plus pesant: aussi une atmosphère humide est-elle plus légère qu'une atmosphère sèche. Il semble que c'est en vertu de cette force répulsive, que les mouches marchent sur l'eau sans se mouiller les pieds; qu'il est si difficile d'incorporer des poudres sèches sans les mouiller ou les fondre; que les objectifs de long foyer ne se touchent pas, quoique superposés; & que deux plaques polies de marbre sont si difficilement appliquées l'une à l'autre au point d'adhérer par leur simple contact.

Dans tous ces cas, la marche de la Nature est donc très-simple & toujours conforme à

elle-même : puisqu'elle produit tous les grands mouvements des corps célestes, par la gravitation ou l'attraction réciproque de ces corps; & presque tous les petits mouvements des particules des corps, par d'autres forces attractives & répulsives, réciproques entre ces particules.

La force d'inertie est un principe passif, en vertu duquel les corps restent en mouvement ou en repos, reçoivent un mouvement proportionnel à la force qui l'imprime, & opposent autant de résistance qu'ils en éprouvent. Ce principe seul n'auroit jamais pu introduire aucun mouvement dans le monde : il en falloit donc quelque autre pour faire mouvoir les corps, qui, une fois en mouvement, ont encore besoin d'un autre principe pour les y maintenir. Car il suit très-certainement de la différente composition de deux mouvements, qu'il n'y a pas toujours la même quantité de mouvement dans l'Univers. Si deux globes, joints par une petite tringle, tournent d'un mouvement uniforme autour de leur commun centre de gravité : tandis que ce centre se meut uniformé-

ment dans une ligne droite tirée sur le plan de leur mouvement circulaire; la somme des mouvements de ces deux globes fera plus grande tant qu'ils sont dans la ligne décrite par leur commun centre de gravité, que la somme de leurs mouvements lorsqu'ils sont dans une ligne perpendiculaire à cette droite.

De là il suit que le mouvement peut se détruire & se reproduire. Mais à raison de la consistance des fluides & de l'attrition de leurs parties, de même que de la foible élasticité des solides, le mouvement est beaucoup plus sujet à se détruire qu'à se reproduire: en effet il va toujours en s'affoiblissant. Les corps parfaitement durs, & les corps si mous qu'ils n'ont point d'élasticité, ne rejaillissent pas après s'être entrechoqués: tout ce que peut l'impénétrabilité, c'est d'arrêter leur mouvement. Si deux corps égaux s'entrechoquent dans le vide; en vertu des loix du mouvement, ils doivent s'arrêter au point de leur rencontre, perdre tout leur mouvement, & rester en repos; à moins qu'ils ne soient élastiques, & que la réaction de leur ressort ne leur donne un nouveau mouvement: s'ils ont un degré d'élasticité suffisant pour réa-

gir avec un quart, la moitié, ou les trois quarts de la force qui les pouffoit; ils perdront les trois quarts, la moitié, ou le quart de leur mouvement. C'est ce que l'expérience vérifie, quand de la même hauteur on fait tomber l'un contre l'autre deux pendules égaux: si les pendules sont de plomb ou d'argile fraîche; ils perdront tout ou presque tout leur mouvement: s'ils sont de quelque matière élastique; ils perdront tout leur mouvement, excepté celui qui est entretenu par leur élasticité. Prétendrait-on qu'ils ne peuvent perdre qu'autant de mouvement qu'ils en communiquent à d'autres corps? Mais il s'enfuivroit de là qu'ils ne peuvent point perdre de mouvement dans le vide, & que s'y choquant ils doivent se pénétrer réciproquement & continuer d'avancer. Après avoir rempli trois vases sphériques d'égale capacité, l'un d'eau, l'autre d'huile, & l'autre de poix fondue, si on les fait également tourner pour communiquer aux liquides contenus un mouvement de tourbillon; la poix perdra bientôt son mouvement à raison de sa consistance; l'huile, ayant moins de consistance, conservera le sien plus long temps; par cette

raison, l'eau conservera le sien plus long temps encore, mais elle le perdra, & même en assez peu de temps. D'où l'on peut inférer que, si plusieurs tourbillons de poix fondue, contigus & aussi considérables chacun que ceux que certains Philosophes supposent autour du Soleil & des étoiles fixes, pouvoient exister; leur mouvement étant bientôt détruit à raison de la consistance & de la rigidité de leurs parties, ils resteroient tous dans un repos parfait. Des tourbillons d'huile, d'eau, ou de quelque autre matière moins consistante, pourroient conserver plus long temps leur mouvement: mais à moins que la matière des tourbillons ne fût sans consistance, que ces parties n'éprouvassent aucune attrition, & qu'elles ne se communiquassent point leur mouvement (ce qu'on ne sauroit imaginer); ce mouvement iroit sans cesse en se détruisant. Puis donc que les divers mouvements qu'on observe dans le monde diminuent sans cesse, il est absolument nécessaire qu'ils soient reproduits par des principes actifs; tels que celui de la gravité, qui fait que le mouvement des corps augmente si fort dans leur chute, & que les planètes & les comètes

conservent leur mouvement dans leurs orbes ; celui de la fermentation, qui fait que les organes de la circulation conservent un mouvement continuel, que les parties intérieures de la Terre constamment échauffées acquièrent même en certains endroits un très-grand degré de chaleur, que les corps brûlent & jettent une lumière éclatante, que les montagnes s'enflamment, que les volcans font éruption, que le Soleil continue d'être extrêmement chaud & lumineux & qu'il échauffe l'Univers par sa lumière. Otez le mouvement qui vient de ces principes actifs, il en restera fort peu dans la Nature : & sans ces principes, le globe de la Terre, les planètes, les comètes, le Soleil, ne feroient que des masses inactives, froides & glacées ; il n'y auroit plus ni destruction, ni génération, ni végétation, ni vie ; les planètes & les comètes ne resteroient point dans leurs orbes.

Tout cela bien considéré, il me paroît très-probable que Dieu forma au commencement la matière de particules solides, pesantes, dures, impénétrables, mobiles, de telles grosseurs, figures, & autres propriétés, en tel nombre &

en telle proportion à l'espace qui convenoit le mieux à la fin qu'il se propofoit ; par cela même que ces particules primitives font solides, & incomparablement plus dures qu'aucun des corps qui en font composés, & si dures qu'elles ne s'usent & ne se rompent jamais, rien n'étant capable (suivant le cours ordinaire de la Nature) de diviser ce qui a été primitivement uni par Dieu même. Tant que ces particules restent entières, elles peuvent former des corps de même essence & de même contexture. Mais si elles venoient à s'user ou à se briser, l'essence des choses, qui dépend de la structure primitive de ces particules, changeroit infailliblement. L'eau & la terre, composées de vieilles particules usées ou de fragments de ces particules, ne seroient plus cette eau & cette terre primitivement composées de particules entières. Pour que l'ordre des choses puisse être constant, l'altération des corps ne doit donc consister qu'en séparations, nouvelles combinaisons, & mouvements de ces particules : car si les corps se rompent, ce n'est point à travers ces particules solides, inaltérables ; c'est aux endroits de leurs jonctions, où elles ne se

touchent que par un petit nombre de points.

Il me semble d'ailleurs que ces particules n'ont pas seulement une force d'inertie, d'où résultent les loix passives du mouvement; mais qu'elles sont mues par certains principes actifs, tels que celui de la gravité, celui de la fermentation, celui de la cohésion des corps. Je considère ces principes, non comme des qualités occultes, qui résulteroient de la forme spécifique des choses; mais comme des loix générales de la Nature, par lesquelles les choses mêmes sont formées. La vérité de ces loix se manifeste par l'examen des phénomènes, quoique leurs causes ayent échappé jusqu'à ce jour. Mais si ces causes sont occultes, leurs effets sont évidents. Les *Aristotéliens* ont donné le nom de *qualités occultes*, non à des qualités évidentes, mais à des qualités qu'ils supposoient cachées dans les corps, causes inconnues d'effets connus, telles que celles de la pesanteur, des attractions magnétiques, des fermentations, &c, en supposant que ces effets venoient de qualités qui nous étoient inconnues, & qui ne pouvoient jamais être découvertes. Ces sortes de qualités occultes arrê-

rent les progrès de la Physique, & c'est pour cela que les philosophes modernes les ont rejetées. Dire que chaque espèce de choses est douée d'une qualité occulte particulière, par laquelle elle agit & produit des effets sensibles; c'est ne rien dire du tout. Mais déduire des phénomènes de la Nature deux ou trois principes généraux de mouvement, ensuite faire voir comment les propriétés de tous les corps & les phénomènes découlent de ces principes constatés, seroit faire de grands pas dans la science, malgré que les causes de ces principes demeurassent cachées. Aussi n'ai-je pas hésité d'exposer ici divers principes de mouvement, puisqu'ils sont d'une application fort générale, laissant à d'autres le soin d'en découvrir les causes.

Au surplus, il semble que c'est au moyen de ces principes que la matière a été faite, lors de la création, de particules dures, solides, & diversément combinées par la volonté d'un Être intelligent; car c'est à celui qui créa ces particules, qu'il appartient de les mettre en ordre. S'il l'a fait, ce n'est pas se montrer philosophe que de chercher une autre origine au monde, ou de prétendre que les simples

lois de la Nature ont pu le tirer du chaos ; quoiqu'une fois créé, il puisse s'entretenir plusieurs siècles par le cours de ces lois.

Tandis que les comètes se meuvent en tous sens dans des orbes très-excentriques, comment un destin aveugle feroit-il mouvoir toutes les planètes en un même sens dans des orbes concentriques, à quelques petites irrégularités près, qui peuvent provenir de l'action réciproque des comètes & des planètes, & qui pourront augmenter jusqu'à ce que ce système ait besoin d'être réformé ? Une uniformité si merveilleuse dans le système planétaire doit nécessairement être regardée comme l'effet d'un plan admirable.

Il en est de même de l'uniformité de l'organisation des animaux. Car ils ont presque tous deux côtés semblables : sur ces côtés sont deux jambes par derrière ; & deux jambes, deux bras, ou deux aîles pardevant : entre leurs épaules & à l'extrémité de l'épine du dos est placé leur cou, que surmonte leur tête : cette tête a deux oreilles, deux yeux, un nez, une bouche, & une langue. Si on considère séparément ces parties, dont la structure est si

merveilleuse, sur-tout celle des yeux, des oreilles, du cerveau, des muscles, du cœur, des poumons, du diaphragme, des glandes, du larynx, des mains, des aîles, de la vessie d'air qui soutient les poissons dans l'eau, des membranes transparentes dont certains animaux se couvrent à volonté les yeux & se servent comme de lunettes; si de là on passe à l'examen des autres organes des sens & du mouvement, à celui de l'instinct des bêtes : on sentira que tant de merveilles ne peuvent être que l'ouvrage de la sagesse & de l'intelligence d'un Être tout-puissant, présent par-tout, & infiniment plus en état de créer, de mouvoir, de gouverner le Monde, que nous ne le sommes de mouvoir quelque partie de notre propre corps. Nous ne devons pourtant pas regarder le Monde comme faisant partie de Dieu, lui qui est un Être immatériel. L'Univers, étant son ouvrage, est subordonné à sa volonté sans doute : mais il n'en est point l'âme; pas plus que l'âme de l'homme n'est celle des images corporelles que les sens transmettent au *sensorium*, où nous les appercevons immédiatement. Les organes des sens ont été formés, non pour

mettre l'esprit en état d'appercevoir les images des choses dans le *sensorium*, mais pour y transférer ces images. Et Dieu auroit-il besoin de pareils organes, lui qui est présent par-tout?

Comme l'espace est divisible à l'infini, & que la matière n'est pas nécessairement dans toutes les parties de l'espace; Dieu peut créer des particules matérielles de différentes grosseurs & figures, en différents nombres par rapport à l'espace qu'elles occupent, peut-être même de différentes densités & de différentes forces: ainsi, il peut diversifier les lois de la Nature, & faire des Mondes différents en différentes parties de l'Univers. Du moins ne vois-je là rien d'impossible, rien d'improbable.

En Physique & en Mathématiques, il faut employer, dans la recherche des choses difficiles, la méthode analytique, avant de recourir à la méthode synthétique. La première consiste à faire des expériences & des observations, à en tirer des conséquences générales, à n'admettre aucune objection qui ne soit tirée de quelque fait ou de quelque vérité certaine, & à compter pour rien les hypothèses. Quoique

le raisonnement fondé sur des expériences & des observations n'établit pas démonstrativement une conséquence générale: cette méthode est pourtant la meilleure manière de raisonner sur la nature des choses; & elle doit toujours être réputée d'autant plus solide, que la conséquence est plus générale, & que l'observation ne la dément pas. Mais si quelque phénomène faisoit exception, il faudroit alors restreindre la conséquence suivant les cas. A la faveur de cette espèce d'analyse, on peut passer des composés aux simples, des mouvements aux forces motrices, des effets aux causes, & des causes particulières aux causes générales, jusqu'à ce qu'on parvienne à la CAUSE PREMIÈRE. Telle est l'analyse. Quant à la synthèse, elle consiste à prendre pour principes des causes connues & constatées, à expliquer par leur moyen les phénomènes, & à prouver ces explications.

Dans les deux PREMIERS LIVRES de ce TRAITÉ, j'ai employé l'analyse, pour découvrir & démontrer les différences essentielles des rayons de lumière, relativement à la *réfrangibilité*, à la *réflexibilité*, aux *couleurs*, aux *accès de facile réflexion* & de *facile transf-*

mission, & aux propriétés des corps tant opaques que transparents d'où dépendent les réflexions & les couleurs. Ces découvertes une fois bien constatées, on peut employer la méthode synthétique pour expliquer les phénomènes. J'ai donné un exemple de cette méthode à la fin du PREMIER LIVRE. Dans CELUI-CI, j'ai commencé l'analyse de ce qui reste à découvrir des propriétés de la lumière & de ses effets sur les corps; laissant aux curieux le soin d'examiner cette esquisse, & de la perfectionner par des expériences & des observations plus recherchées.

F I N.

OBSERVATIONS

PARTICULIÈRES.

QUELQUE sublime que soit un ouvrage didactique, il est rare que toutes les parties en soient également soignées, toutes également solides, toutes également lumineuses.

On seroit d'abord tenté de donner comme un modèle achevé l'Optique de Newton : mais si elle parut même à son auteur loin encore d'être parfaite, faut-il s'étonner que de bons juges y aient découvert quelques défauts.

On fait le grand nombre de Critiques qu'a essuyées cet ouvrage de génie ; Critiques la plupart très-mal fondées, & presque toutes fort superficielles. Je laisse dans l'oubli celles qu'ont faites les Castel, les Gauthier, les le Cat, & tant d'autres Savants, trop peu versés dans l'Optique pour entendre le Traité des couleurs.

Parmi celles qu'en ont faites les Physiciens géomètres, je me borne aux observations qui

portent sur les parties foibles ou défectueuses de la théorie de Newton, aux Observations sur-tout qui sont relatives aux progrès que l'Optique a faits depuis ce grand homme.

(A. tome I, page 24). *La lumière du Soleil est composée de rayons différemment réfrangibles.*

M. l'Abbé Rochon trouve dans l'énoncé de cette proposition un défaut de précision mathématique : je ne saurois mieux faire que de renvoyer ici le lecteur aux Observations de ce sçavant Académicien, contenues dans le *Recueil de ses Mémoires sur la Mécanique & la Physique*, pag. 28.

(B. *ib.* pag. 28). *La différente matière des prismes ne produisoit aucun changement sensible dans la longueur du spectre.*

On voit par cette assertion que Newton n'avoit aucune idée des rapports de dispersion des différentes matières diaphanes, rapports que Dollond découvrit le premier : je renvoie encore ici le Lecteur aux Observations de M. l'Abbé Rochon, pag. 284 & 285 du *Recueil de ses Mémoires*.

(C. *ib.* pag. 59). Je le renvoie pareillement aux pag. 29, 30, 31 & 32 de ce *Recueil*, au sujet de la distinction faite par Newton entre les rayons homogènes & les rayons hétérogènes.

(D. *ib.* pag. 66).

(E. *ib.* pag. 68).

} Enfin je le renvoie aux pag. 15 - 25 du même *Recueil*, au sujet des résultats de la XI & de la XII EXPERIENCE.

(F. *ib.* pag. 103). Quelques années avant que Newton eût inventé son télescope catoptrique, Jaques Grégori en avoit imaginé un, dont on trouve la description dans son *Optica promota* publiée en 1663. Ce télescope est composé d'un grand miroir de figure parabolique, d'un petit miroir de figure elliptique, & de deux oculaires. Il ne paroît pas qu'on ait jamais réussi à l'exécuter. L'extrême difficulté, pour ne pas dire l'impossibilité reconnue, de donner aux miroirs de pareilles courbures, engagea M. Hadlei à leur en substituer de sphériques; & ce ne fut guères qu'en 1726, que le télescope grégorien, perfectionné de la sorte, fut exé-

cuté pour la première fois par quelques artistes de Londres.

Comme il fait voir les objets dans leur situation naturelle & qu'il se dirige assez facilement, on le préfère au télescope newtonien; il est même à peu près le seul en usage pour les objets terrestres. A dimensions égales, il lui est supérieur en pouvoir amplifiant, mais il lui est inférieur en clarté & en netteté: d'un côté, parce que la lumière, ayant un verre de plus à traverser, y souffre une plus grande déperdition; de l'autre côté, parce qu'on n'aperçoit que la seconde image toujours moins parfaite que la première, au lieu que dans le télescope newtonien, il n'y a qu'une seule image.

Au reste, ils ont l'un & l'autre plusieurs désavantages communs: indépendamment de la grande difficulté de conserver au poli la figure régulière des miroirs, & de la facilité avec laquelle ils se ternissent; ces instruments sont toujours sombres.

Quoique fort au dessus des lunettes ordinaires, les télescopes catoptriques sont cependant fort au dessous des *lunettes achromatiques*. On verra ci-après jusqu'à quel point de perfection la science des lunettes a été portée par les efforts réunis

de plusieurs grands Géomètres de nos jours, qui ont fait changer de face à cette partie intéressante de l'Optique, dont l'immortel Newton avoit cru appercevoir les bornes.

(G. *ib.* pag. 120). C'est sur-tout au sujet de cette PROPOSITION qu'il importe de consulter les Observations de M. l'Abbé Rochon, pag. 39-44 de l'intéressant *Recueil de ses Mémoires*.

(H. *ib.* pag. 127). La PROPOSITION qui fait le sujet de cette Expérience, a long temps arrêté les progrès de l'Optique.

On a vu à l'article de la VII PROPOSITION du LIVRE I, que deux obstacles s'opposoient au raccourcissement & à la perfection des lunettes, *l'aberration de sphéricité & l'aberration de réfrangibilité*. Jusqu'alors on n'avoit trouvé d'autre moyen de remédier au premier, qu'en donnant peu d'ouverture aux objectifs, c'est à dire, en empêchant que les rayons trop écartés de l'axe n'entraissent dans la lunette & ne troublassent l'image. Quel que fût cet obstacle, il étoit assez léger toutefois en comparaison de l'autre, que Newton même avoit jugé insurmontable. Mais il n'est que trop vrai que ce grand homme

s'étoit trompé : car il avoit manqué la seule de ses expériences qui auroit pu le garantir de l'erreur ; de sorte que les résultats qu'il en obtint , au lieu de l'éclairer sur la possibilité de détruire l'aberration de réfrangibilité , n'avoient servi qu'à le confirmer dans son opinion.

Arrêtés par un obstacle réputé invincible , les Opticiens désespéroient de pouvoir jamais perfectionner les lunettes , lorsqu'en 1747 le célèbre Euler leur apprit que , pour surmonter cet obstacle , il ne s'agissoit que de le combattre par lui-même. Ce fut en réfléchissant sur la structure de l'œil , qu'il imagina ce moyen. L'œil ne lui paroissant composé de matières diaphanes différemment réfringentes , qu'afin de corriger l'aberration que causeroit nécessairement la différente réfrangibilité des rayons hétérogènes s'ils n'avoient qu'un seul milieu à traverser ; il crut qu'en faisant des objectifs de deux matières différemment réfringentes , les réfractions inégales que ces deux matières occasionneroient aux diverses espèces de rayons pourroient se compenser mutuellement ; ce qui feroit disparaître les iris. Les objectifs qu'il proposa en conséquence , consistoient (comme celui que

Newton avoit imaginé pour détruire l'aberration de sphéricité) en deux lentilles de verre, convexes-concaves, opposées l'une à l'autre par leur concavité, & remplies d'eau. En partant d'une hypothèse particulière sur les réfractions proportionnelles des rayons hétérogènes dans différents milieux, il parvint à déterminer les courbures que devoient avoir les faces extérieures & intérieures de ces lentilles.

A peine ces recherches furent-elles publiques, que (67) Dollond s'empressa d'en profiter : mais il rejeta les dimensions qu'Euler avoit données aux objectifs, parce qu'elles étoient fondées sur une loi de réfraction purement hypothétique ; & il en calcula de nouvelles sur une autre loi, déduite de l'expérience même que Newton avoit manquée. Quel fut son étonnement de trouver pour résultat, que la réunion des foyers de tous les rayons hétérogènes ne pouvoit avoir lieu qu'à une distance infinie de l'objectif. Ce résultat détruisoit toute espérance de parvenir jamais à corriger l'aberration de réfrangibilité, en combinant des matières différemment réfringentes :

(67) Habile Opticien Anglois.

car on n'avoit aucune raison de foupçonner la vérité de la loi de Dioptrique qu'il avoit prise pour bafe de fes calculs ; loi fondée fur une expérience fi fimple & fi facile , qu'on n'auroit guères imaginé que Newton l'eût manquée , lui qui en avoit fait de fi difficiles , de fi délicates.

Euler fit voir , dans les *Mémoires de l'Académie de Berlin* pour 1753 , que , fi quelque expérience prouvoit la loi de réfraction fur laquelle Dollond s'appuyoit , cette expérience prouvoit également la fienne ; d'où il inféra qu'on n'étoit nullement fondé à la rejeter & à lui en fubstituer une autre. Il fit plus ; il attaqua à fon tour la loi adoptée par Dollond , & il montra qu'elle renfermoit une contradiction manifefte. Enfin il fit voir qu'en la fupposant vraie , il ne feroit pas même poffible de diminuer la confufion produite par la différente réfrangibilité ; puiſqu'elle dépendroit toujours également de la diftance du foyer des objectifs , de quelque manière qu'on les compofât de matières différemment réfringentes. Ainſi , quoique l'œil foit compofé de différentes humeurs , les images des objets ne devoient pas plus être exemptes d'iris , que s'il n'en contenoit qu'une feule.

Mais

Mais puisqu'on ne voit jamais à œil nud les objets bordés d'iris; il restoit constant qu'il n'étoit pas impossible de détruire entièrement l'aberration de réfrangibilité, en combinant des matières différemment réfringentes.

Ces raisons ne purent rien sur l'esprit prévenu de Dollond, qui se contenta toujours de leur opposer l'autorité & les expériences de Newton. Quelques Savants parmi nous, peu satisfaits de cette manière de traiter la question, engagèrent M. Clairaut à prendre connoissance de l'affaire. La première chose que fit cet habile Géomètre, fut d'examiner la loi hypothétique de réfraction donnée par Euler; mais elle ne soutint point l'examen. Persuadé d'ailleurs que Newton avoit fait avec son exactitude ordinaire l'expérience d'où il avoit tiré la loi adoptée par Dollond, il en conclut qu'il n'étoit réellement pas possible de détruire les iris au moyen d'objectifs composés de deux matières différemment réfringentes.

Tout sembloit conspirer à faire renoncer aux grandes vûes d'Euler, lorsqu'en 1755 M. Klingentierna (Professeur de Mathématique à Upsal) fit remettre à Dollond un Mémoire, qui le força

de douter de l'expérience newtonienne, quoiqu'elle n'y fût attaquée que par le raisonnement & la Géométrie.

La proposition à laquelle cette expérience devoit servir de preuve, se réduit à celle-ci : « La lumière reste blanche toutes les fois qu'elle traverse deux milieux de densité différente, de manière que les rayons émergents soient parallèles aux rayons incidents, c'est à dire, de manière que la réfraction des uns soit détruite par la réfraction des autres ». Dollond, cherchant à s'afsûrer de la vérité, répéta l'expérience de la manière indiquée par Newton. Il prit deux plaques de verre, qu'il joignit par deux de leurs bords de façon qu'on pût varier à volonté l'angle qu'elles fesoient, & il remplit d'eau l'espace intermédiaire : ensuite il plongea, dans l'eau de ce prisme variable dont l'angle étoit tourné en bas, un prisme de verre dont l'angle étoit tourné en haut ; puis faisant mouvoir les plaques de verre, il leur donna une inclination telle que les objets paroïssent, à travers ce double prisme, à la même hauteur qu'à œil nud ; bien afsûré qu'alors la réfraction d'un prisme étoit anéantie par celle de l'autre. Ce-

pendant les objets parurent environnés d'iris ; phénomène diamétralement opposé à l'expérience de Newton. Il est vrai qu'en continuant à mouvoir les plaques, il parvint à voir , à travers les deux prismes, les objets absolument sans iris ; mais alors il ne les voyoit plus à la même hauteur qu'à œil nud : les différences de réfrangibilité des rayons hétérogènes s'étoient donc mutuellement corrigées , sans que les réfractions absolues se fussent détruites.

Après de pareils résultats, Dollond admit enfin la possibilité de détruire l'aberration de réfrangibilité au moyen de matières différemment réfringentes , & il ne balança plus à travailler à la réaliser. D'abord il employa le verre & l'eau pour former ses objectifs, comme avoit fait Euler : mais il s'aperçut bientôt que les courbures qu'exigeoient les verres pour faire disparaître les iris, étoient trop considérables pour ne pas produire une très-grande aberration de sphéricité, à moins qu'on ne prît le parti de ne leur laisser qu'une très-petite ouverture ; inconvénient qu'Euler avoit prévu, & qu'il regardoit comme un des plus considérables que sa théorie pût éprouver dans la pratique.

Cet inconvénient fit penser à Dollond qu'il n'étoit pas possible de réussir en combinant le verre & l'eau. On a lieu de croire toutefois qu'il ne lui auroit pas paru aussi grand, s'il avoit employé le véritable rapport des dispersion de la lumière dans l'eau & le verre ; ce rapport étant, d'après les expériences de Clairaut, à peu près celui de 3 à 2, au lieu de celui de 5 à 4 dont il s'étoit servi : & il n'est pas douteux qu'il eût trouvé des courbures moins considérables, peut-être même n'auroit-il pas été forcé d'abandonner cette construction des objectifs par la nécessité de trop diminuer leur ouverture. Au reste, il fut heureux, pour les progrès de l'art, que ce savant Opticien crût devoir y renoncer. Depuis long temps il avoit observé que certaines espèces de verre donnent des images plus nettes que d'autres. Conjecturant que cette différence de netteté venoit de celle de leurs forces réfringentes relativement aux rayons hétérogènes, il pensa que telle espèce de verre pourroit rendre la différence de réfrangibilité du rouge au violet beaucoup plus sensible que telle autre, & occasionneroit de la sorte des iris plus étendues, quoique la réfrac-

tion moyenne ne fût pas fort différente : conjectures qui le déterminèrent à chercher des espèces de verre qui eussent ces propriétés.

Il n'en trouva point qui dispersât plus les rayons, c'est à dire, qui fit paroître une aussi grande différence de réfrangibilité entre les rayons rouges & les rayons violets, qu'un verre très-blanc & très diaphane nommé *Flintglass* : & il n'en trouva point qui dispersât moins les rayons & qui fut conséquemment plus propre à être combiné avec l'autre, qu'un verre verdâtre nommé *Crownglass*. Le rapport de dispersion qu'il trouva entre ces deux espèces de verre approche de celui de 3 à 2.

Pour découvrir ce rapport, il fit différents prismes de ces verres, & il en changea peu à peu les angles jusqu'à ce qu'il eût deux prismes, qui, appliqués l'un contre l'autre en ordre inverse, produisissent une réfraction moyenne sensible, sans cependant que les objets parussent environnés d'iris.

Ensuite il chercha les dimensions que doivent avoir deux lentilles faites de ces deux espèces de verre, pour composer un objectif qui réunît exactement les foyers de tous les rayons

hétérogènes. Ses recherches n'eurent pas d'abord le succès qu'on auroit pu en attendre. Il trouva, qu'il falloit des courbures trop grandes pour permettre de négliger l'aberration de sphéricité. Ce ne fut qu'après avoir combiné les différentes espèces de courbure, qui, par la nature du problème, sont également propres à réunir les foyers des rayons hétérogènes, qu'il parvint à trouver celles qui donnoient une aberration de sphéricité insensible. Les lunettes qu'il construisit d'après ces principes se trouvèrent si supérieures à celles qu'on avoit faites jusqu'alors, qu'une lunette de cinq pieds fesoit autant d'effet que les lunettes ordinaires de quinze pieds; & comme elles étoient exemptes d'iris, on les désigna sous le nom de *Lunettes achromatiques*. Dollond ayant caché soigneusement la route qu'il avoit suivie pour faire des objectifs exempts des deux espèces d'aberration; on sentit la nécessité & l'importance d'une théorie, à l'aide de laquelle on pût faire, non seulement d'aussi bons objectifs, mais de plus parfaits encore.

Deux grands Géomètres, MM. Klingentierna & Clairaut, s'empresèrent de la donner. On trouve les premières recherches de l'un dans

les *Actes de l'Académie de Stockholm* pour l'année 1760, & dans le *Journal des Savants* du mois d'Octobre 1762; celles de l'autre, dans les *Mémoires de l'Académie des Sciences* pour les années 1756, 1757, & 1762. M. d'Alembert entreprit de son côté le même travail, dont il a publié le résultat dans le 3^e volume de ses *Opuscules*. Outre l'objet principal, il en traite plusieurs autres, qui n'avoient été traités qu'imparfaitement avant lui, ou ne l'avoient pas même été du tout. Mécontent de ses premières recherches, il s'est occupé de nouveau du même objet, dans la vûe d'ajouter à la théorie toutes les applications que la pratique peut exiger. M. Klingenstierna a aussi continué ses recherches; on les trouve réunies dans une pièce couronnée à Pétersbourg en 1762. Enfin Euler, le P. Boscovich, & M. l'Abbé Rochon ont traité la même matière: le premier, dans sa *Dioptrique*, & dans un Mémoire imprimé parmi les *nouveaux Mémoires de Pétersbourg*; le second, dans un volume des *Commentaires de l'Institut de Bologne*; & le troisième, dans plusieurs *Mémoires* qui ont mérité les éloges de l'*Académie des Sciences*, dont il est membre.

C'est ici le lieu de faire connoître aux lecteurs deux méthodes particulières de perfectionner les lunettes achromatiques.

Les premiers Géomètres de l'Europe s'étoient occupés à déterminer les courbures les plus convenables aux verres des objectifs composés, d'après les différents rapports de réfraction & de dispersion des divers milieux réfringents. Mais pour appliquer avec succès la théorie à la pratique, il importoit de déterminer ces rapports par expérience, & avec une précision extrême. Cette détermination n'étoit pas sans difficultés : M. l'Abbé Rochon a su les vaincre, & la méthode qu'il a employée est très-supérieure à celles qui étoient en usage.

Elle consiste à placer l'un sur l'autre deux prismes égaux, de manière que les plans qui passent par les axes de leurs bases, & qui les coupent en deux suivant leur longueur, soient parfaitement parallèles. Ensuite on les fait mouvoir circulairement sur leur centre. Tandis que le tranchant de l'un répond au dos de l'autre, leur effet sur la lumière est nul ; & il n'est jamais plus grand que lorsque les deux tranchants se répondent. Or lorsqu'on fait décrire 180 de-

grés à l'un de ces prismes, ils équivalent successivement à un prisme simple de tous les angles possibles depuis zéro jusqu'à la somme de leurs angles; & leur effet sur la lumière passe par tous les degrés intermédiaires. M. l'Abbé Rochon détermine l'angle du prisme simple qui correspond au prisme composé dans une position quelconque, en observant l'arc que décrit l'un des prismes mobiles: ce qui est fort aisé en les montant sur deux cercles de cuivre concentriques entre eux & avec les mouvements des prismes, d'un rayon un peu plus grand, & bien divisés.

Ce prisme variable se place devant l'objectif d'une bonne lunette achromatique; puis on observe les effets du prisme grossis par tout le pouvoir amplifiant de la lunette: de la sorte, on parvient à rendre sensibles des différences de réfraction & de dispersion, qui jusqu'ici ont échappé à tous les observateurs. L'Auteur nomme *Diasporamètre* l'instrument que forment la lunette & le prisme variable: on voit que cet instrument fournit un moyen bien simple de détruire parfaitement l'aberration de réfrangibilité.

Le prisme variable est fait de verre ordinaire de S. Gobin; & ceux qui le composent ont chacun cinq degrés. C'est ce verre que notre Académicien a choisi pour terme commun de comparaison.

L'usage du Diasporamètre est fort simple. Après avoir successivement placé les prismes de toutes les matières transparentes dont on veut déterminer la dispersion, dans une coulisse propre à les retenir & pratiquée entre le prisme variable & l'objectif de la lunette, on leur donne à chacun le même angle qu'au prisme variable; puis regardant à travers la lunette & les prismes un papier blanc bien éclairé, on change la position ou l'angle du prisme variable, jusqu'à ce que l'image du papier paroisse parfaitement distincte & sans iris; on prend sur les cercles de cuivre divisés l'écartement des deux prismes mobiles, & on en conclut l'angle du prisme variable, par conséquent le rapport de la dispersion de la matière qu'on éprouve à la dispersion du verre dont est formé le prisme variable.

Non content d'avoir enrichi l'Art de différentes

méthodes de perfectionner la construction des lunettes achromatiques, M. l'Abbé Rochon l'a enrichi d'un moyen très-facile de corriger les mauvais effets provenant de l'irrégularité des surfaces internes des objectifs composés. Il consiste à interposer un fluide diaphane entre ces verres: moyen efficace sur-tout pour les verres de grand diamètre, si rarement d'une courbure parfaitement égale dans toute leur étendue. Les expériences faites par l'Auteur, & qui ont été constatées par MM. les Commissaires de l'Académie, ne laissent aucun doute sur les avantages qui peuvent en résulter.

Le lecteur qui désireroit connoître particulièrement la théorie des lunettes achromatiques, doit recourir aux différents ouvrages dont nous venons de donner un aperçu, en attendant que M. l'Abbé Rochon ait mis au jour le Traité complet qu'il fait espérer sur cette matière importante.

(I. tome II, pag. 112.) La doctrine des accès de facile réflexion & de facile transmission, n'est pas, à beaucoup près, aussi satisfaisante

qu'elle est ingénieuse : aussi n'a-t-elle pas été fort accueillie ; un des plus grands Géomètres de ce siècle l'a même absolument rejetée. Voyez le *Mémoire* d'Euler dans le *Recueil* de ceux de l'Académie de Berlin pour l'année 1752.

F I N.

TABLE

T A B L E

D E S M A T I È R E S.

T O M E P R E M I E R.

<i>N</i> OTIONS élémentaires de Catoptrique & de Dioptrique,	page 1
<i>D</i> éfinitions,	2
<i>A</i> xiomes,	5
<i>D</i> e la différente réfrangibilité des rayons de lumière,	20
<i>D</i> e la différente réfrangibilité des rayons so- laires,	24
<i>D</i> e la différente réflexibilité des rayons so- laires,	58
<i>D</i> e la manière de séparer les rayons hétérogènes les uns des autres,	59
<i>D</i> e la confusion des objets vus à travers des milieux réfringents, causée par la différente réfrangibilité des rayons hétérogènes,	67
Tome II.	V

<i>Du rapport des sinus de réfraction aux sinus d'incidence de chaque espèce de rayons homogènes ,</i>	page 70
<i>Des causes de l'imperfection des lunettes ,</i>	77
<i>De la manière de racourcir les lunettes ,</i>	107
<i>Preuves que les couleurs ne viennent , ni des confins de l'ombre , ni des modifications de la lumière différemment agitée ,</i>	112
<i>Des couleurs essentielles aux différents rayons homogènes , & de leur inaltérabilité ,</i>	119
<i>De la méthode de déterminer la réfrangibilité relative des rayons hétérogènes ,</i>	123
<i>Du rapport des excès des sinus de réfraction des rayons hétérogènes sur leur commun sinus d'incidence ,</i>	127
<i>De la manière de composer des couleurs semblables en apparence à celles des rayons homogènes ,</i>	130
<i>De la manière d'imiter avec des matières colorées , le blanc & le gris , qui résultent des divers mélanges des rayons hétérogènes ,</i>	132
<i>De la méthode de déterminer la couleur qui doit résulter d'un mélange de couleurs primitives données ,</i>	150
<i>Preuves que toutes les couleurs connues résultent</i>	

<i>de celles des rayons homogènes ou de leurs mélanges,</i>	page 155
<i>Phénomènes des couleurs prismatiques expliqués par les propriétés de la lumière déjà connues,</i>	159
<i>Des causes de l'Arc-en-ciel;</i>	166
<i>De la cause des couleurs permanentes des corps,</i>	179
<i>De la méthode de former du mélange des rayons hétérogènes un trait de lumière parfaitement semblable à celle du Soleil,</i>	187

T O M E S E C O N D.

<i>OBSERVATIONS concernant les réflexions, les réfractions, & les couleurs des corps minces transparents,</i>	1
<i>Remarques sur ces observations,</i>	40
<i>De l'analogie des couleurs permanentes des corps aux couleurs des plaques minces transparentes,</i>	65
<i>Preuves que les surfaces qui réfléchissent le plus</i>	

<i>de lumière, sont celles qui ont la plus grande force réfringente,</i>	page 66
<i>Des causes de l'opacité des corps,</i>	69
<i>Des différentes matières dont les interstices des corps sont remplis,</i>	70
<i>Preuves que l'opacité & les couleurs des corps dépendent d'un certain volume de leurs particules,</i>	72
<i>Du principe des couleurs constantes des corps,</i>	73
<i>Preuves que les parties d'où dépendent les couleurs des corps sont plus denses que le milieu qui en remplit les interstices,</i>	77
<i>De la méthode de déduire la couleur d'un corps, de la grosseur de ses parties constituantes,</i>	78
<i>Preuves que la réflexion de la lumière ne consiste pas dans son rebondissement de dessus les parties impénétrables des corps,</i>	88
<i>Du principe de la réflexion & de la réfraction,</i>	97
<i>Du rapport des forces réfringente & réfléchissante à la densité des corps,</i>	98
<i>Du temps que la lumière emploie à se propager du Soleil à la Terre,</i>	106

<i>Des accès de facile réflexion & de facile transmission,</i>	page 108
<i>Du rapport de l'énergie de la réflexion & de la réfraction à ces accès,</i>	114
<i>Des intervalles & des retours de ces accès,</i>	118
<i>Observations sur les réflexions & les couleurs des plaques polies, épaisses & transparentes,</i>	121
<i>Observations sur les inflexions des rayons de lumière, & les couleurs qui en résultent,</i>	159
<i>Questions servant de conclusion à l'Ouvrage,</i>	186
<i>Remarques particulières sur les progrès de l'Optique depuis Newton,</i>	281

Fin de la Table des Matières.

EXTRAIT DES REGISTRES
DE L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES.

MES SIEURS BAILLI, L'ABBÉ ROCHON, & moi, Commissaires nommés pour examiner une *Nouvelle Traduction de l'Optique de Newton*, en ayant rendu compte à l'Académie, elle a jugé cette Traduction digne de son Approbation, & de paroître sous son Privilège. En foi de quoi j'ai signé le présent certificat. A Paris, ce 4 Mai 1785. Signé LE MARQUIS DE CONDORCET.

PRIVILÈGE DU ROI.

LOUIS, PAR LA GRACE DE DIEU, ROI DE FRANCE ET DE NAVARRE : A nos amés & féaux Conseillers, les Gens tenans nos Cours de Parlement, Maîtres des Requêtes ordinaires de notre Hôtel, Grand Conseil, Prévôt de Paris, Baillifs, Sénéchaux, leurs Lieutenans Civils, & autres nos Justiciers qu'il appartiendra : Notre amé le Sieur BEAUZÉE, Nous a fait exposer qu'il désireroit faire graver, imprimer, & donner au Public une *Traduction nouvelle de l'Optique de Newton, faite sur la dernière Edition originale, ornée de vingt-une planches de figures par les meilleurs Maîtres, approuvée par l'Académie des Sciences, à Nous dédié, par ledit Sieur BEAUZÉE, Éditeur*; s'il Nous plaisoit lui accorder nos Lettres sur ce nécessaires. A CES CAUSES, voulant favorablement traiter l'Exposant, Nous lui avons permis & permettons par ces Présentes, de faire graver lesdits ouvrages, en telle forme & autant de fois que bon lui semblera, & de les vendre, faire vendre & débiter partout notre Royaume pendant l'espace de six années consécutives, à compter du jour de la date des Présentes. FAISONS défenses à tous Dessinateurs, Graveurs & autres personnes, de quelque qualité & condition qu'elles soient, de graver, ni faire graver, débiter ou faire débiter lesdits ouvrages, d'en introduire dans notre Royaume de Gravures étrangères, ni d'en faire aucuns extraits, sous quelque prétexte que ce puisse être, sans la permission expresse & par écrit dudit Exposant, ou de ceux qui le représenteront, à peine de saisie, tant des Dessins, Planches & Estampes, que des ustensiles qui auroient servi à la con-

tréfaçon, que nous entendons être saisis en quelques lieux qu'ils soient, de six-mille livres d'amende, qui ne pourra être modérée pour la première fois, de pareille amende & de déchéance d'état en cas de récidive, & de tous dépens, dommages, & intérêts, conformément à l'Arrêt du Conseil du 30 Août 1777, concernant les contrefaçons. A la charge que ces Présentés seront enregistrées tout au long sur le Registre de la Communauté des Imprimeurs & Libraires de Paris, dans trois mois de la date d'icelles; que l'impression ou gravures desdits Ouvrages sera faite dans notre Royaume & non ailleurs; qu'avant de les mettre en vente, les Dessins ou Estampes qui auront servi à la gravure des Planches, seront remis dans le même état es mains de notre très-cher & féal Chevalier, Garde des Sceaux de France, le Sieur HUE DE MIROMESNIL, Commandeur de nos Ordres, qu'il en fera ensuite remis deux Exemplaires dans notre Bibliothèque publique, un dans celle de notre Château du Louvre, un dans celle de notre très-cher & féal Chevalier, Chancelier de France, le Sieur DE MAUPEOU, & un dans celle dudit Sieur HUE DE MIROMESNIL: le tout à peine de nullité des Présentés; du contenu desquelles vous mandons & enjoignons de faire jouir ledit Exposant & ses ayans causes, pleinement & paisiblement, sans souffrir qu'il leur soit fait aucun trouble ni empêchement. VOULONS qu'en mettant en quelque endroit desdits, ces mots: *Avec Privilège du Roi*, ces Présentés soient tenues pour dûment signifiées. COMMANDONS au premier notre Huissier ou Sergent, sur ce requis, de faire pour l'exécution d'icelles, tous actes requis & nécessaires, sans demander autre permission, & nonobstant Clameur de Haro, Charte Normande, & Lettres à ce contraires. CAR tel est notre plaisir. DONNÉ à Paris, le vingt-sixième jour du mois d'Avril l'an de grace mil sept cent quatre-vingt-six, & de notre Règne le douzième. Par le Roi, en son Conseil.

LE BEGUE.

Registré sur le Registre XXII de la Chambre Royale & Syndicale des Libraires & Imprimeurs de Paris, n^o 621, fol. 568, conformément aux dispositions énoncées dans le présent Privilège; & à la charge de remettre à ladite Chambre les neuf Exemplaires prescrits par l'Arrêt du Conseil du 26 Avril 1785. A Paris le 23 Juin 1786.

VALLEYRE jeune, Adjoint.

ERRATA.

Tome I.

Page 34, lig. 7, $\pi\alpha\alpha\rho$; lisez : $\pi\alpha\kappa\alpha$.

Page 124, lig. 19, $\epsilon\eta\theta\zeta$; lisez : $\pi\eta\theta\zeta$.

Page 141, lig. 1, Fig. 36; lisez : Fig. 38.

Page 145, lig. 2, intérieurs; lisez : extérieurs.

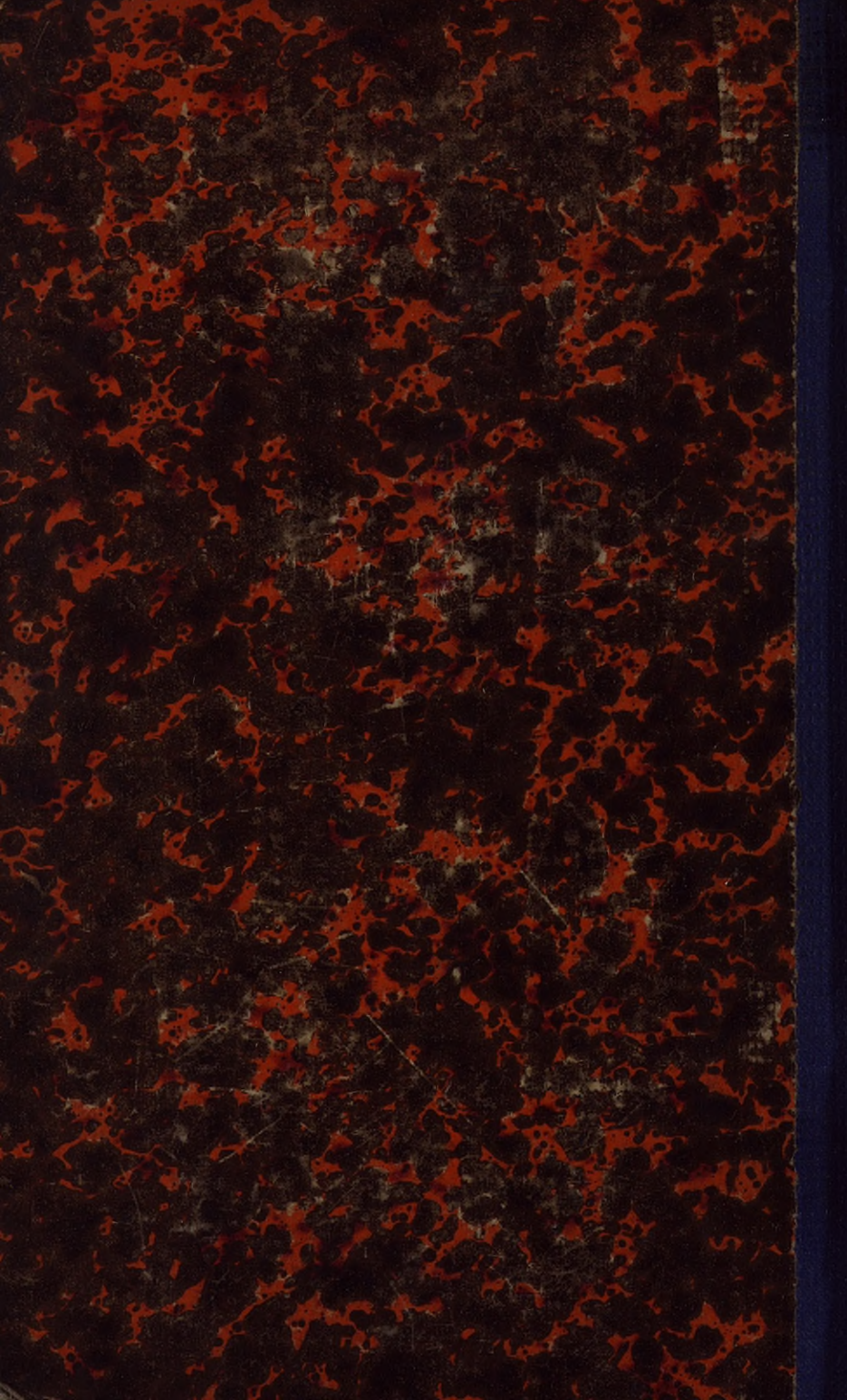
Page 161, lig. 21, S & F; lisez : S & T.


Tome II.

Page 57, lig. 21, $b\alpha$; lisez : $b\chi$.

Page 81, lig. 11, qu'il; lisez : qu'elle.

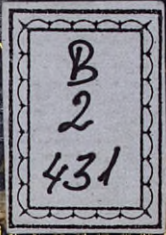
Page 226, lig. 18, qu'elle; lisez : qu'il.





OPTIQUE
DE NEWTON

2



B
2
431

UNIVERSITY OF CHICAGO LIBRARY