BRISSON, Mathurin Jacques

Traité élémentaire ou Principes de physique : fondés sur les connoissances les plus certaines, tant anciennes que modernes, et confirmés par l`expérience / par M. Brisson... ; tome second. -- A Paris : De l`Imprimerie de Moutard..., 1789

[6], 511 p., [18] h. de lám. pleg., []3, A-Z8, 2A-2I8 ; 8º marquilla

Antep . -- Las h. de lám. son calc.: "Bernard Direxit"

1. Física-Tratados, manuales, etc. 2. Fisika-Tratatuak, eskuliburuak, etab. I. Título

R-5159 Enc. piel con hierros dorados en el lomo

TRAITÉ
ÉLÉMENTAIRE
OU
PRINCIPES DE PHYSIQUE.

TOME SECOND.

TRAITÉ
ÉLÉMENTAIRE
OU
PRINCIPES DE PHYSIQUE,

Fondés ſur les connoiſſances les plus certaines, tant anciennes que modernes, & confirmés par l'expérience.

Par M. BRISSON, de l'Académie Royale des Sciences, Maître de Phyſique & d'Hiſtoire Naturelle des Enfans de France, & Profeſſeur Royal de Phyſique expérimentale au Collége Royal de Navarre.

TOME SECOND.

A PARIS,
De l'Imprimerie de MOUTARD, Imprimeur-Libraire,
Hôtel de Cluni, rue des Mathurins.

1789.

Avis au Relieur.

Les planches doivent être placées de maniere qu'en s'ouvrant, elles puiſſent ſortir entiérement du Livre, & ſe voir à droite dans l'ordre qui ſuit.

Tome second.

Planche	13.	*après la page* 96.
	14.	114.
	15.	182.
	16.	274.
	17.	284.
	18.	294.
	19.	302.
	20.	314.
	21.	330.
	22.	346.
	23.	352.
	24.	382.
	25.	390.
	26.	402.
	27.	414.
	28.	448.
	29.	458.
	30.	490
	31.	511.

ERRATA

du Tome II.

Page 16, ligne 25, eſt ſeul un être *liſez* eſt ſeul, un être
17, 10, de flegme *liſez* déflegmé
65, 19, il réforme *liſez* il reforme
184, 27, (,0,) *liſez* (292)
204, 1, *Teutam.* liſez *Tentam.*
294, 15, égaux, à cauſe *liſez* égaux à ceux
337, 22, vers *g* & *h liſez* vers *f* & *h*
404, 11, il obſervera *liſez* il obſerva
447, 2, l'*Hioire ſt* liſez l'*Hiſtoire*
497, 25, *Flit-gnlaſſ* liſez *Flint-glaſſ*
504, 3, *calculée* liſez *calculée*

TRAITÉ



TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE DE PHYSIQUE,

Ou Principes de Physique, fondés sur les connoissances les plus certaines, tant anciennes que modernes, & confirmés par l'expérience.

CHAPITRE X.

Des Fluides élastiques.

587. Ces fluides sont tous ceux qui ont pris la forme de l'air de l'athmosphere, & qui en ont les apparences. Il y en a de deux sortes : les uns sont *permanens*, & les autres *non-permanens*.

588. Avant d'expliquer ce que signifient ces termes, il faut savoir que la matiere de la cha-

leur (qu'on peut auſſi appeler la matiere du feu ; & qu'on appelle maintenant le *calorique*) eſt un fluide particulier répandu dans tous les corps de la Nature, & qui y exiſte dans deux états différens, ſavoir, dans l'état de liberté, & dans l'état de combinaiſon. La matiere de la chaleur dans l'état de liberté, eſt celle qui ſe trouve logée entre les particules des corps, qu'on ne peut point contenir dans un vaiſſeau fermé, que rien n'arrête, parce qu'elle pénetre avec facilité toutes les ſubſtances d'une ſurface à l'autre. Celle-ci ſeule eſt capable d'exciter une chaleur ſenſible à nos organes. Cette même matiere, dans l'état de combinaiſon, eſt celle qui conſtitue un des principes des corps. Dans cet état, elle n'eſt qu'une chaleur cachée, une chaleur *latente* : de ſorte qu'un corps qui en contiendroit une très-grande quantité, ne ſeroit pas, pour nous, plus chaud que celui qui n'en contiendroit point du tout. Cette matiere ſe dégage ſouvent dans la décompoſition des corps : alors, de chaleur cachée, elle devient chaleur ſenſible, en prenant l'état de liberté ; elle devient ſuſceptible d'agir ſur les corps placés dans ſon athmoſphere, & le thermometre en peut meſurer la force. C'eſt pour cela que, dans la décompoſition des corps, il arrive ſouvent qu'il y a de la chaleur excitée ; comme dans la putréfaction. Au contraire, dans

certaines combinaisons, dans lesquelles il y a beaucoup de la matiere de la chaleur d'absorbée, il y a refroidissement : comme, par exemple, lorsqu'un corps passe de l'état liquide à celui de vapeur. Il ne peut ainsi changer d'état, sans absorber une grande quantité de la chaleur libre qui se trouve dans les corps qui l'avoisinent, ce qui les refroidit nécessairement.

589. Nous avons dit (587) qu'il y a des fluides élastiques *permanens*, & d'autres *non-permanens*. Les premiers sont ceux dans lesquels la matiere de la chaleur est dans l'état de combinaison. Ceux-ci conservent leur état de fluides élastiques, à quelque température qu'ils soient : c'est pourquoi on les appelle *permanens*. Tels sont l'air & les gas. Les fluides élastiques *non-permanens* sont ceux dans lesquels une grande quantité de la matiere de la chaleur est dans l'état de liberté. Ceux-ci ne peuvent conserver leur état de fluides élastiques, qu'autant qu'ils sont peu comprimés, ou qu'ils se trouvent à une température élevée, & plus ou moins élevée, suivant leur nature & leur densité : c'est ce qui les a fait appeler *non-permanens*. Telles sont toutes les vapeurs. L'éther, par exemple, devient fluide élastique à une élévation de 1400 toises au dessus du niveau de la mer, par la grande diminution de la pression qu'il éprouvoit dans le bas. Mais s'il est exposé

à toute la preſſion de l'athmoſphere, il lui faut, pour devenir fluide élaſtique, 38 à 39 degrés de chaleur. L'eſprit-de-vin, en pareil cas, en exige 67 à 68 : l'eau en demande 80. Mais cette même eau deviendroit fluide élaſtique à toutes ſortes de températures, ſi l'on ſupprimoit de deſſus ſa ſurface la preſſion de l'athmoſphere. Voilà pourquoi elle paroît bouillir dans le vide (1148).

Il ne ſera queſtion ici que des fluides élaſtiques permanens : nous parlerons des autres, en traitant de la nature de l'eau & de ſes effets.

590. Les fluides élaſtiques permanens ſont tous compreſſibles, élaſtiques, tranſparens, ſans couleur (1), inviſibles & incondenſables en liqueur par le froid. Les uns exiſtent dans la Nature ſans le ſecours de l'Art, quoiqu'on puiſſe ſe les procurer auſſi par ce moyen ; les autres ne ſont que le produit de l'Art. Les uns ſont ſolubles dans l'eau, les autres y ſont tout-à-fait inſolubles ; de ſorte que, pour ſe les procurer, il faudra faire uſage de moyens différens, ſuivant la nature du fluide qu'on déſirera obtenir, comme nous le dirons ci-après.

591. Nous diviſons ces fluides en deux claſſes.

La premiere claſſe comprend ceux qui ſont

(1) Il faut en excepter le gas muriatique oxigéné (717), qui eſt d'un jaune verdâtre.

vivifians, c'eſt-à-dire, ceux qui ſervent, & qui ſont eſſentiels à la reſpiration des hommes & des animaux, & à la combuſtion des corps. Tels ſont l'*air athmoſphérique*, & l'*air pur* ou *vital*, appelé *gas oxigène*.

592. La ſeconde claſſe comprend ceux qui ſont *ſuffoquans*, c'eſt-à-dire, ceux qui ne peuvent ſervir ni à la reſpiration des animaux, ni à la combuſtion des corps. Tels ſont tous les autres *gas*.

593. Tous ces gas ont, comme nous l'avons déjà dit (587), toutes les apparences de l'air: ils en ont même pluſieurs propriétés, telles que la tranſparence, l'inviſibilité, la compreſſibilité, l'expanſibilité, & l'élaſticité. C'eſt ſans doute la raiſon pour laquelle MM. *Hales*, *Boyle*, *Prieſtley*, & pluſieurs autres Phyſiciens, ont donné à tous ces fluides le nom d'*air*. Mais, comme ils different beaucoup de ce dernier par un grand nombre d'autres propriétés, & ſur-tout en ce qu'ils ſont abſolument incapables d'entretenir la vie des animaux & la combuſtion des corps, on a penſé avec raiſon qu'il falloit ne les pas confondre avec l'air; &, pour les déſigner, on a adopté le nom de *gas* (1), que *Vanhelmont* &

(1) Mot emprunté des Hébreux, chez leſquels il ſignifie l'*impureté* qui ſe ſépare d'un corps.

d'autres Chimiſtes antérieurs à *Hales* avoient donné à ceux de ces fluides qui étoient connus de leur temps : car la connoiſſance générale des *gas* eſt très-ancienne. Elle eſt antérieure à *Paracelſe*. Les Chimiſtes de ces temps-là, ſans en diſtinguer les eſpeces, les déſignerent en général ſous le nom de *Spiritus ſylveſtris*, *Eſprit ſauvage*. *Vanhelmont* ſubſtitua le nom de *gas* à celui d'eſprit, & conſerva l'épithete *ſylveſtris*. *Boyle*, *Hales*, & pluſieurs autres qui l'ont ſuivi, leur ont donné le nom d'*air*. Quoique ces Phyſiciens euſſent obſervé différentes propriétés de ces fluides, ils les ont cependant tous regardés comme le même, mais plus ou moins vicié par des matieres hétérogenes. La diſtinction de leurs différentes eſpeces, & la connoiſſance de pluſieurs de leurs propriétés, ſont dues ſur-tout à M. *Prieſtley*, qui a fait ſur ces *gas* un très-grand nombre de belles expériences, & avec un appareil très-ſimple de ſon invention, que l'on a appelé *appareil pneumato-chimique*, & qui a été adopté, avec raiſon, par tous les Phyſiciens qui ont travaillé depuis ſur cette matiere. M. *Prieſtley* a donné la deſcription de cet appareil, les manipulations & les réſultats de ces expériences, dans un Ouvrage en trois volumes, traduit de l'anglois par M. *Gibelin*, & intitulé : *Expériences & Obſervations ſur différentes eſpeces d'air*. Je penſe que

le Lecteur ſera bien aiſe de trouver ici la deſcription de cet appareil, ainſi que celle des inſtrumens dont on fait uſage pour recueillir ces ſubſtances aériformes, les meſurer, les mêler, les combiner les unes avec les autres, ou avec d'autres ſubſtances; & enfin pour faire les expériences qui tendent à faire connoître les différentes propriétés de ces fluides. Nous avons dit ci-deſſus (590), que, parmi ces fluides, les uns ſont inſolubles dans l'eau, & les autres y ſont ſolubles. Il faut donc, pour les extraire, deux appareils : l'un à l'eau, pour ceux qui y ſont inſolubles, & l'autre au mercure, pour ceux qui ne pourroient être reçus ſous l'eau.

594. L'appareil à l'eau conſiſte en une cuvette de bois ABCD (*fig.* 112.), doublée de plomb, d'environ 18 pouces de largeur, d'autant de profondeur, & de 30 ou 36 pouces de longueur. A l'un de ſes petits côtés AB, en dedans, & à environ 15 lignes de ſon bord ſupérieur, eſt placée, entre deux taſſeaux, une planche épaiſſe EF, percée de deux trous ronds *a*, *b*, de 4 ou 5 lignes de diametre, & évaſés par-deſſous en forme d'entonnoir, & de pluſieurs oblongs *c*, *d*, dont nous verrons l'uſage ci-après. Cette cuvette eſt portée ſur quatre pieds G, H, I, K, qui ſe montent à vis, & qui ſervent à la mettre à une hauteur commode pour le Phyſicien *Fig.* 112.

qui en fait uſage. Tout cela ainſi ajuſté, on remplit la cuvette d'eau claire, de maniere qu'il y en ait 10 ou 12 lignes au deſſus du plan ſupérieur de la planche EF.

595. Tout cela ainſi diſpoſé, on eſt en état d'extraire des gas des ſubſtances qui peuvent les fournir. Pour cela, il faut avoir pluſieurs cloches
Fig. 113. de verre (*fig.* 113.) plus longues que larges. Il eſt bon qu'elles n'aient que 3 à 4 pouces de diametre, pour pouvoir les manier plus commodément; & il faut qu'elles n'aient qu'une hauteur telle qu'on puiſſe les retourner facilement dans la cuvette. Ce ſont-là les vaſes dans leſquels on recevra les gas. Suppoſons qu'on veuille ſe procurer celui qui ſe dégage par l'efferveſcence d'un carbonate alkalin ou calcaire avec les acides; on commence par remplir d'eau en entier, dans
Fig. 113. la cuvette même, la cloche (*fig.* 113.); & après l'avoir retournée l'ouverture en en bas, on la
Fig. 112. gliſſe ſur la planche EF (*fig.* 112.), ayant ſoin que ſon ouverture ne ſorte pas de l'eau, & on la place ſur un des trous *c* ou *d*. Ce vaſe reſte ainſi entiérement plein d'eau, laquelle y demeure ſuſpendue par la preſſion de l'athmoſphere ſur l'eau de la cuvette. Après quoi l'on met du carbonate alkalin ou calcaire dans un flacon A
Fig. 114. (*fig.* 114.), dans le goulot duquel eſt engagé un tuyau de verre recourbé BCD, & qui a ſur

ſon épaulement un trou rond, ou un ſecond goulot, dans lequel eſt placée la tige d'un entonnoir E, bouchée avec un petit tuyau de verre F garni de cire molle par le bout inférieur. On met dans cet entonnoir de l'acide, qui doit être fort affoibli avec de l'eau, afin d'éviter une effervescence trop prompte & trop violente. On laiſſe tomber une portion de cet acide ſur le carbonate, en ſoulevant pour un inſtant le petit tuyau de verre F : on laiſſe échapper les premieres vapeurs, pour chaſſer l'air qui eſt dans le flacon; &, lorſqu'on juge qu'il eſt entiérement ſorti, on engage le bout D du tuyau recourbé ſous le trou *c* ou *d* de la planche FE (*fig.* 112.), ſur lequel eſt placée la cloche (*fig.* 113.), & l'on ſoutient le flacon ſur un guéridon, ou une table, ou autrement. Alors la diſſolution & l'effervescence continuant à ſe faire, le gas, qui s'en dégage, s'échappe avec rapidité par le tuyau recourbé BCD (*fig.* 114), &, par ſa légéreté reſpective, traverſe l'eau ſous la forme de bulles d'air, va ſe placer à la partie ſupérieure de la cloche, &, en vertu de ſon élaſticité, fait baiſſer l'eau dans la cloche, à meſure qu'il s'y introduit. Pour continuer l'opération, on débouche de temps en temps la tige de l'entonnoir E, pour faire paſſer de nouvel acide dans le flacon, ſans cependant y laiſſer rentrer de l'air, & faire

Fig. 112. *Fig.* 113. *Fig.* 114.

par-là continuer l'effervescence & le dégagement du gas. On peut de cette maniere extraire la quantité de gas que l'on désire se procurer.

Tous les gas qui s'extrayent des différentes substances, métalliques ou autres, par le moyen des acides, se recueillent par le même procédé.

596. A l'égard des gas qui sont très-solubles dans l'eau, tels que les gas acides ou alkalins, & qui ne sont que la substance elle-même qui les fournit, combinée avec la matiere de la chaleur, on ne peut pas les recevoir dans l'eau, comme les autres; ils se combineroient sur le champ avec elle, & redeviendroient, par cette combinaison, la substance même dont on les auroit tirés. Pour ceux-ci il faut l'appareil au mercure. Cet appareil est construit sur les mêmes principes que l'appareil à l'eau, avec cette différence, qu'à cause du grand prix & du poids excessif du mercure, on le fait beaucoup plus petit. Sa cuvette ne doit point être de métal, ni doublée de métal; mais de faïence, ou de porcelaine, ou de marbre, ou de pieces de bois dur & compacte, solidement & parfaitement assemblées. Les vases dans lesquels on met les substances dont on tire ces gas, sont ordinairement de petites cornues de verre OM (*fig.* 115.), au bout du col M desquelles est luté un tube de verre recourbé MN. On fait chauffer la cornue

Fig. 115.

ſur un petit réchaud, ou par le moyen de la flamme d'une bougie ; & l'on engage le bout N du tube ſous la petite cloche remplie de mercure, après avoir laiſſé échapper tout l'air qui étoit dans la cornue. Par ce petit degré de chaleur, la ſubſtance que l'on a miſe en expérience, prend la forme gaſeuſe & aérienne, & paſſe ainſi ſous la cloche, en faiſant baiſſer le mercure qui la remplit.

597. Si l'on veut extraire pluſieurs eſpeces de gas en même temps, on le peut faire avec les mêmes appareils. C'eſt pour cela qu'on pratique à la planche EF (*fig.* 112.) pluſieurs trous oblongs *c*, *d*, deſtinés à introduire le bout D du tube recourbé de la *fig.* 114, ſur lequel on place une cloche pleine d'eau ou de mercure. Dans ce cas-là il faut avoir ſoin, pour éviter la confuſion, de coller, ſur chaque cloche, une étiquette qui indique l'eſpece de gas auquel elle eſt deſtinée. *Fig.* 112. *Fig.* 114.

598. Un grand nombre de cloches, ainſi remplies de gas & placées ſur la planche EF (*fig.* 112.), deviendroit embarraſſant. On peut s'en débarraſſer de la maniere ſuivante, & conſerver les gas qu'elles contiennent. On coule ſous la liqueur de la cuvette une ſoucoupe ou une aſſiette, &c., &, lorſqu'elle eſt ſubmergée, on gliſſe par-deſſus la cloche pleine de gas dont on veut débarraſſer la planche, & on enleve *Fig.* 112.

ainſi la cloche placée debout ſur la ſoucoupe qui lui ſert de ſupport.

599. Si l'on veut faire paſſer un gas d'un vaſe dans un autre, on remplit celui-ci de la liqueur de la cuvette, & on le place debout ſur la planche EF, au deſſus de l'un des trous *a* ou *b*, comme nous avons dit qu'on le fait pour l'extraction des gas (595); enſuite on plonge le vaſe qui contient le gas qu'on veut tranſvaſer, & on l'incline doucement ſous le trou de la planche ſur lequel eſt placé le vaſe plein de liqueur. Alors le gas monte par bulles, & va prendre la place de la liqueur, en la faiſant baiſſer. Un peu d'habitude rendra cette manipulation très-facile. On peut, par le même procédé, mettre des gas en bouteilles, pour les tranſporter au loin; mais il faut avoir ſoin de les bien boucher, avant de faire ſortir leur goulot de la liqueur de la cuvette, dont on a laiſſé une très-petite quantité dans la bouteille, & les tenir enſuite dans une ſituation à peu près verticale, le goulot en en-bas.

600. On peut encore, par la même manipulation, mêler enſemble différentes eſpeces de gas. Pour cela, on remplit de la liqueur de la cuvette un vaſe (*fig.* 116.), & on le place ſur le trou *a* ou *b* de la planche EF (*fig.* 112.). Enſuite on remplit, par le procédé décrit ci-

Fig. 115.

Fig. 112.

deſſus (599), ſucceſſivement des différentes eſpeces de gas que l'on veut mêler, la petite meſure (*fig.* 117.), & on la fait paſſer ſous le vaſe dans lequel on veut faire le mélange, en l'inclinant doucement ſous le trou de la planche ſur laquelle ce vaſe eſt placé. De cette façon, la meſure de gas paſſe dans ce vaſe, & en va occuper la partie ſupérieure. On en met de chaque eſpece autant de meſures que l'on veut, & l'on fait ainſi le mélange dans des proportions connues. *Fig.* 117.

601. Par tous les procédés, que nous venons de décrire, on peut, comme l'on voit, d'une maniere ſimple & commode, recueillir, conſerver, tranſvaſer, tranſporter, mélanger les différentes eſpeces de gas.

602. Nous avons dit ci-deſſus, (592) que les gas ou fluides ſuffoquans compoſent la ſeconde caſſe des fluides élaſtiques.

Nous les diviſons en trois ordres. Le premier comprend ceux qui ne ſont point ſalins, c'eſt-à-dire, qui ne ſont ni acides ni alkalins : le ſecond, ceux qui ſont ſalins, c'eſt-à-dire, qui ſont ou acides ou alkalins : le troiſieme, ceux qui ſont inflammables, & qu'on appelle *hydrogènes*.

603. *Ordre premier.* Les gas non-ſalins ſont au nombre de trois; ſavoir, le *gas azotique*, ou athmoſphérique, qu'on appelle auſſi *moſette*;

le *gas nitreux*, & le *gas muriatique oxigéné.*

604. *Ordre ſecond.* Les gas ſalins ſont au nombre de cinq ; ſavoir, le *gas acide carbonique*, le *gas acide muriatique*, le *gas acide ſulfureux*, le *gas acide fluorique*, & le *gas ammoniacal*, ou alkalin.

605. *Ordre troiſieme.* Les gas inflammables ou hydrogènes ſont tous de la même eſpece, mais il y en a pluſieurs variétés. On a donc le *gas hydrogène pur*, dont les variétés ſont le *gas hydrogène ſulfuré*, le *gas hydrogène phoſphoré*, le *gas hydrogène carboné*, le *gas hydrogène carbonique*, & le *gas hydrogène des marais.*

606. *TABLE méthodique des Fluides élaſtiques.*

Fluides élaſtiques.

- Vivifians..... CLASSE I.
  - Air athmoſphérique..... 1.
  - Air pur ou vital, dit *gas oxigène*..... 2.
- Suffoquans..... CLASSE II.
  - Non-ſalins..... *Ordre* 1.
    - Gas azotique..... 3.
    - Gas nitreux..... 4.
    - Gas muriatique oxigéné.... 5.
  - Salins..... *Ordre* 2.
    - Gas acide carbonique..... 6.
    - Gas acide muriatique..... 7.
    - Gas acide ſulfureux..... 8.
    - Gas acide fluorique..... 9.
    - Gas ammoniacal..... 10.
  - Inflammables ou hydrogènes. *Ordre* 3.
    - Gas hydrogène pur..... 11.
    - Gas hydrogène ſulfuré.... 12.
    - Gas hydrogène phoſphoré.. 13.
    - Gas hydrogène carboné... 14.
    - Gas hydrogène carbonique. 15.
    - Gas hydrogène des marais. 16.

607. Comme nous allons nous ſervir ici d'une Langue nouvelle, il eſt bon d'en prendre une notion préliminaire, en jetant un coup d'œil ſur les ſynonymies anciennes & nouvelles, placées ci-devant, *Tome I.*

608. Tous les fluides élaſtiques ſont compoſés d'une baſe, ſoit ſimple, ſoit elle-même compoſée, combinée avec la matiere de la chaleur, que, pour abréger, l'on appelle le *calorique*. Ces fluides ne ſont point contenus en entier dans les ſubſtances dont on fait uſage pour les extraire; il n'y a que leurs baſes qui y ſoient contenues, leſquelles, dans le temps de l'extraction, ſe combinent avec le calorique, & prennent par-là la forme de fluides élaſtiques.

Baſes des Fluides élaſtiques.

609. 1. L'air athmoſphérique eſt compoſé de deux fluides élaſtiques, ſimplement mêlés enſemble; dont l'un eſt l'air pur ou vital, appelé *gas oxigène*, & l'autre une moſette appelée *gas azotique* ou athmoſphérique : 28 parties du premier, & 72 de l'autre. Ainſi ſa baſe eſt compoſée de l'*oxigène* & de l'*azote*.

610. 2. La baſe de l'air pur, ou gas oxigène, eſt le principe acidifiant, ſans lequel il n'y a point d'acide, & que l'on appelle, pour cette raiſon, *oxigène*, c'eſt-à-dire, *générateur des acides*.

611. 3. La baſe du gas azotique eſt, lorſque ce gas eſt ſeul un être incapable d'entretenir la vie des animaux; c'eſt pourquoi on lui a donné le nom d'*azote*, c'eſt-à-dire, privatif de la vie.

Il

Il eſt vrai que ce nom convient auſſi à tous les fluides ſuffoquans ; mais comme celui-ci eſt le plus commun, qu'il nous environne continuellement (& l'on verra par la ſuite (676) qu'il ne nous eſt pas inutile), on lui a donné ce nom, plutôt qu'aux autres.

612. 4. La baſe du gas nitreux eſt ce même *azote*, combiné avec un peu d'*oxigène*.

613. 5. La baſe du gas muriatique oxigéné eſt l'*acide muriatique*, ſurchargé d'*oxigène* & de flegme.

614. 6. La baſe du gas acide carbonique eſt l'*oxigène* qui tient du *carbone* en diſſolution ; lequel carbone eſt du charbon dans ſon état de pureté.

615. 7. La baſe du gas acide muriatique eſt l'*acide muriatique*, privé de l'eau ſurabondante à ſon eſſence.

616. 8. La baſe du gas acide ſulfureux eſt l'*acide ſulfurique*, connu ſous le nom d'acide vitriolique, mais qui a perdu une partie de ſon *oxigène*, ou qui eſt ſurchargé de *ſoufre* ; qui, par-là, eſt devenu acide ſulfureux, & qui eſt privé de l'eau ſurabondante à ſon eſſence.

617. 9. La baſe du gas acide fluorique, connu ſous le nom de gas acide ſpathique, eſt l'*acide fluorique*, privé de l'eau ſurabondante à ſon eſſence.

618. 10. La baſe du gas ammoniacal eſt l'*ammoniaque*, ou alkali volatil cauſtique, privé de l'eau ſurabondante à ſon eſſence.

619. Ces quatre derniers gas ſont des acides ou des alkalis auſſi concentrés qu'ils puiſſent l'être, puiſqu'ils ſont privés de toute leur eau ſurabondante.

620. 11. La baſe du gas hydrogène pur eſt une ſubſtance inconnue, à laquelle on a donné le nom d'*Hydrogène*, c'eſt-à-dire, *Générateur de l'eau.*

621. 12. La baſe du gas hydrogène ſulfuré, connu ſous le nom de gas hépatique, eſt l'*hydrogène* qui tient du *ſoufre* en diſſolution.

622. 13. La baſe du gas hydrogène phoſphoré eſt l'*hydrogène* qui tient du *phoſphore* en diſſolution.

623. 14. La baſe du gas hydrogène carboné eſt l'*hydrogène* qui tient du *carbone* en diſſolution.

624. 15. La baſe du gas hydrogène carbonique eſt l'*hydrogène* mêlé en différentes proportions avec la baſe du gas acide carbonique, c'eſt-à-dire, avec l'*oxigène* tenant du *carbone* en diſſolution.

625. 16. La baſe du gas hydrogène des marais eſt l'*hydrogène* mêlé en différentes proportions avec la baſe du gas azotique, c'eſt-à-dire, avec l'*azote*.

Compoſition des Acides, &c.

626. Tous les acides ſont compoſés d'une baſe combinée avec l'oxigène; le tout diſſous dans l'eau.

627. L'acide carbonique eſt compoſé d'*oxigène* combiné avec du *carbone*, & de l'eau.

628. L'acide ſulfurique eſt compoſé d'*oxigène* combiné avec du *ſoufre*, & de l'eau.

629. L'acide ſulfureux eſt le même que l'acide ſulfurique; mais il tient moins d'*oxigène* ou plus de *ſoufre*.

630. L'acide fluorique eſt compoſé d'*oxigène* combiné avec une baſe juſqu'à préſent inconnue, & de l'eau.

631. L'acide muriatique eſt compoſé d'*oxigène* combiné avec une baſe encore inconnue, & de l'eau.

632. On ne peut pas connoître ces baſes, parce qu'on ne peut pas les ſéparer de l'oxigène ſans les fixer dans une autre ſubſtance.

633. L'acide muriatique oxigéné eſt de l'acide muriatique ſurchargé d'*oxigène*, & qui paroît avoir perdu par-là la plus grande partie de ſon acidité.

634. L'acide nitrique eſt compoſé d'*oxigène* combiné, juſqu'à ſaturation, avec la baſe du gas nitreux, qui eſt de l'*azote* déjà combiné avec un peu d'*oxigène*, & de l'eau.

635. L'acide nitreux eſt le même que l'acide nitrique ; mais il tient moins d'*oxigène* ou plus d'*azote*.

636. L'acide nitro-muriatique, dit *eau régale*, eſt compoſé de l'*acide nitrique* & de l'*acide muriatique*. Ni l'un ni l'autre de ces acides ne peut diſſoudre l'or ; mais, par leur mélange, il ſe forme un nouveau compoſé, qui eſt le diſſolvant de l'or. L'acide muriatique, dont la baſe a une très-grande affinité avec l'oxigène, ſe combine donc avec celui de l'acide nitrique ; & devient l'acide muriatique ſurchargé d'oxigène propre à diſſoudre l'or, le platine, &c.

637. L'acide phoſphorique eſt compoſé d'*oxigène* combiné avec du *phoſphore*, & de l'eau.

638. L'acide phoſphoreux eſt le même que l'acide phoſphorique ; mais il tient moins d'*oxigène* ou plus de *phoſphore*.

639. L'ammoniaque eſt compoſé d'une partie d'*hydrogène*, de ſix parties d'*azote*, & d'eau.

640. L'eau eſt compoſée de 85 parties d'*oxigène* & de 15 parties d'*hydrogène*, meſurant par le poids.

641. La connoiſſance des parties conſtituante de toutes ces liqueurs, nous mettra en état de mieux entendre ce qui arrive dans leur combinaiſon avec d'autres ſubſtances.

Paſſons maintenant à l'examen de la nature & des propriétés *des fluides élaſtiques*.

CLASSE I.

Fluides élaſtiques vivifians.

642. Ces fluides ſont ceux qui, non ſeulement ſervent, mais qui ſont eſſentiels à la reſpiration des hommes & des animaux, & à la combuſtion des corps. Tels ſont l'air athmoſphérique & l'air pur ou vital, ou gas oxigène.

1. *Air athmoſphérique.*

643. L'air de l'athmoſphere a été long-temps regardé comme un *élément*, comme un être dont toutes les parties, ſemblables entre elles, étoient ſimples & indécompoſables. Aujourd'hui on a des preuves certaines que l'air athmoſphérique eſt un compoſé de au moins deux fluides élaſtiques très-différens (609) : ſavoir, de l'air pur ou vital, fluide abſolument eſſentiel à la reſpiration des animaux & à la combuſtion des corps, & d'une moſete appelée *gas azotique*, fluide dans lequel les corps embraſés ſont éteints ſur le champ, & les animaux promptement ſuffoqués. Le premier de ces fluides eſt détruit ou abſorbé par la combuſtion d'un corps quelconque : le ſecond réſiſte à cette épreuve, comme le prouve l'expérience ſuivante.

644. EXPÉRIENCE. Sur la planche EF (*fig.* 112.) *Fig.* 112.

de l'appareil pneumato-chimique, mettez une cloche de verre (*fig.* 113.) pleine d'air athmosphérique, qui couvre une bougie allumée, flottante sur une petite rondelle de bois. Dans le premier instant, une petite partie de l'air, raréfié par la chaleur, sortira par le dessous de la cloche; ensuite l'activité de la flamme de la bougie ira toujours en diminuant, jusqu'à ce qu'enfin la bougie s'éteigne, pendant lequel temps l'eau de la cuvette montera dans la cloche. *Fig.* 113.

645. Lorsque le tout sera refroidi, & revenu à la température qui existoit avant de commencer l'expérience, vous trouverez environ le quart de la capacité de la cloche rempli d'eau. Cette eau a pris la place du fluide absorbé : ce qui reste n'est plus qu'une mofete, capable de suffoquer les animaux, & d'éteindre les corps embrasés. En effet, dans l'air bien constitué, sur 100 parties en volumes, il y en a 28 d'air vital, & 72 de mofete ou gas azotique. La mofete qui demeure sous la cloche, n'est pas pure : dans ce cas-là, elle se trouve mêlée avec un autre fluide élastique, dont nous parlerons ci-après (735), qui est le gas acide carbonique, qui est toujours produit par tous les corps qui brûlent. Mais comme ce gas est soluble dans l'eau, & que la mofete ne l'est pas, il est aisé de se procurer la mofete pure, en l'agitant fortement dans

cette liqueur. On peut plus sûrement absorber le gas acide carbonique par l'eau de chaux, comme nous le prouverons ci-après (753).

646. L'air athmosphérique n'est donc pas un être dont toutes les parties sont homogenes, puisque les unes sont absorbées par la combustion d'un corps, & que les autres sont inaltérables par cette épreuve. Il n'y a donc dans l'air athmosphérique qu'environ un quart qui soit propre à la respiration & à la combustion, tandis que les trois autres quarts ne le sont pas.

Examinons maintenant séparément les deux fluides qui composent l'air athmosphérique.

2. *Air pur ou vital appelé* Gas oxigène.

647. L'air pur ou vital est composé d'une base appelée *oxigène*, combinée avec une grande quantité de la matiere de la chaleur ou de calorique (610). Cette base a été appelée *oxigène*, c'est-à-dire, *générateur des acides*, parce que cette base est le vrai principe acidifiant, le principe sans lequel il n'y a point d'acide.

C'est ce fluide que M. Priestley & plusieurs autres, après lui, ont si mal à propos appelé *air déphlogistiqué*.

648. On peut le retirer, par la chaleur, de beaucoup de substances; mais sur-tout de l'oxide natif de Manganese, & des oxides métalliques

qu'on peut revivifier ſans addition de matiere inflammable, tels que les oxides de mercure. Le précipité *per ſe*, qui eſt un oxide de mercure, & le précipité rouge, ou le mercure calciné par l'acide nitrique, en fourniſſent une grande quantité, comme on peut s'en aſſurer par l'expérience ſuivante.

649. EXPÉRIENCE. Dans un petit matras A B (*fig.* 118.), au col duquel vous adapterez un tube recourbe C D, mettez une once d'oxide de mercure rouge par le feu : faites-le chauffer ſur un réchaud R ; & après que tout l'air athmoſphérique, qui remplit le matras, en ſera ſorti, engagez l'extrémité D du tube recourbé ſous une cloche (*fig.* 113.) remplie de la liqueur de la cuvette (*fig.* 112.), & placée ſur la planche E F, au deſſus du trou oblong *c* ou *d*.

Fig. 118. *Fig.* 113. *Fig.* 112.

650. A meſure que le mercure ſe revivifiera & redeviendra coulant, vous verrez ſe dégager & paſſer dans la cloche un fluide compreſſible, élaſtique, tranſparent, ſans couleur & inviſible, qui eſt l'air le plus pur & le plus reſpirable qu'on puiſſe ſe procurer, en un mot, l'air pur ou vital, ou gas oxigène.

651. On l'obtiendra, par le même procédé, de l'oxide natif de Manganeſe, ou du minium, qui eſt un oxide de plomb, arroſé d'acide nitrique. Dans ce dernier cas, c'eſt cet acide

qui fournit la plus grande partie de l'oxigène.

652. Pour bien entendre ces effets, il faut ſavoir que ce fluide n'eſt point contenu en entier dans ces corps : il n'y en a que la baſe, qui eſt l'oxigène. Car les métaux ne ſe calcinent ou ne brûlent qu'en ſe combinant avec l'oxigène, qui y devient ſolide, & leur ajoute ſon poids. Cet oxigène eſt enſuite chaſſé par la chaleur, qui, en ſe combinant avec lui, le fait paſſer à l'état de fluide élaſtique ; & voilà l'air pur. Pendant ce temps-là, le métal, perdant l'oxigène qui l'avoit réduit à l'état d'oxide, reprend ſon éclat métallique, & perd le poids qu'il avoit acquis en devenant oxide.

653. Toutes les combuſtions ne ſont donc qu'une combinaiſon de l'oxigène avec le corps combuſtible : ce n'eſt donc point le corps combuſtible qui eſt décompoſé ; c'eſt l'air pur. Ainſi on pourroit dire que, dans toutes les combuſtions, il n'y a que l'air pur de brûlé.

654. L'air pur émane auſſi des plantes vertes expoſées au ſoleil avec de l'eau, & non des fleurs ni des racines, comme l'a prouvé *Inghen-Houze*. Dans cette opération, les feuilles des végétaux décompoſent l'eau (817), en abſorbant l'hydrogène, l'une de ſes parties conſtituantes ; & en laiſſant dégager, dans l'état d'air pur, l'oxigène, autre partie conſtituante de cette liqueur. La

lumiere contribue ſans doute à cette décompoſition, puiſqu'elle n'a pas lieu ſans ſon contact, comme l'a encore prouvé *Inghen-Houze*.

655. Souvent l'air pur, qu'on obtient de différentes ſubſtances, eſt mêlé d'un peu de moſete : il n'y a que celui qu'on retire de l'oxide de mercure rouge par le feu, de l'oxide natif de Manganeſe & des plantes vertes, qui en ſoit exempt.

656. L'air pur eſt un peu plus peſant que l'air athmoſphérique : ſa peſanteur ſpécifique eſt à celle de l'air, comme 108 $\frac{1}{2}$ eſt à 100 : & à celle de l'eau diſtillée, comme 13,5929 eſt à 10000,0000. De ſorte que le pouce cube de ce fluide peſe $\frac{1}{2}$ grain ou 0,5000 de grain ; & le pied cube 1 once 4 gros : tandis que la peſanteur ſpécifique de l'air athmoſphérique, comparée à celle de l'eau, eſt comme 12,3233 eſt à 10000,0000. Le pouce cube de cet air ne peſe que 0,4601 de grain, & le pied cube 1 once 3 gros 3 grains.

657. L'air pur ne donne aucun ſigne d'acidité, quoiqu'il ſoit le générateur de tous les acides, le principe ſans lequel il n'y a point d'acide ; car il ne rougit point les couleurs bleues des végétaux, comme le font tous les acides.

658. EXPÉRIENCE. Que l'on mette un peu de teinture de Tournefol, délayée d'eau, dans un tube plein d'air pur, la couleur n'en ſera pas changée.

659. L'air pur ſeul n'eſt point abſorbé par l'eau ; il n'y eſt point du tout ſoluble. Mais il eſt abſorbé preſque en entier par le gas nitreux, avec lequel il ſe combine, comme nous le verrons en traitant du gas nitreux (691) : & cette combinaiſon eſt ſoluble dans l'eau, & forme l'acide nitreux. Car cet acide eſt compoſé de la baſe du gas nitreux, combinée avec l'oxigène, le tout diſſous dans l'eau (635).

660. L'air pur ſert éminemment à la reſpiration : les animaux y vivent bien plus long-temps qu'ils ne feroient dans une même quantité d'air athmoſphérique.

661. Expérience. Si l'on renferme un animal dans un grand vaſe plein d'air pur, il y vivra environ quatre fois auſſi long-temps qu'il y auroit vécu, ſi ce vaſe eût été plein d'air athmoſphérique ; parce que l'animal trouve dans ce vaſe environ quatre fois autant de fluide propre à la reſpiration, qu'il y en auroit trouvé, ſi le vaſe eût été rempli d'air athmoſphérique.

662. L'air pur eſt donc le ſeul fluide propre à l'entretien de la vie des animaux. En voici la raiſon. Il faut, pour l'entretien de la vie, une grande quantité de calorique : l'air pur en contient beaucoup (647). Mais comme ſa baſe (l'oxigène) ſe combine très-aiſément avec le carbone qui ſe trouve dans le ſang & les poumons,

elle abandonne, pendant cette combinaiſon, une partie de ſon calorique, qui demeure pour l'entretien de la vie : le reſte du calorique & l'oxigène combinés avec le carbone forment le gas acide carbonique (735) expiré. C'eſt donc la grande affinité qu'il y a entre le carbone & la baſe de l'air pur, qui rend ce fluide propre à la reſpiration. Et comme les baſes des autres fluides élaſtiques ne jouiſſent point de cette grande affinité, elles n'abandonnent point leur calorique : d'où il réſulte que l'air pur eſt le ſeul propre à cette fonction. L'air pur que nous reſpirons ſert donc à deux fonctions également néceſſaires à notre conſervation : il enleve au ſang le carbone, dont la ſurabondance ſeroit très-nuiſible ; & le calorique que cette combinaiſon dépoſe dans les poumons, répare la perte continuelle de chaleur que nous éprouvons de la part de l'athmoſphere & des corps environnans.

663. Mais, puiſque dans la reſpiration il ſe dégage de l'air pur une très-grande quantité de calorique, il paroît que ce fluide ſeroit nuiſible aux animaux qui le reſpireroient ſeul pendant un certain temps, en raréfiant trop leur ſang, & en augmentant la rapidité de ſa circulation ; ce qui pourroit leur donner une fievre ardente, & occaſionner une inflammation aux poumons.

664. L'air pur eſt le ſeul fluide élaſtique dans

lequel les corps puiſſent brûler ; car, dans l'air athmoſphérique, dans lequel les corps brûlent auſſi, il n'y a que l'air pur qui s'y trouve, qui ſoit propre à la combuſtion, parce que la combuſtion n'eſt qu'une combinaiſon de l'oxigène avec le corps combuſtible (653). Mais lorſque l'air pur eſt dégagé de tout autre fluide, la combuſtion s'y fait avec beaucoup de chaleur & de lumiere. Ces deux phénomenes ſont dus à la ſéparation rapide de la matiere de la chaleur ou calorique qui prend l'état de liberté, en quittant la baſe de cet air, à meſure que cette baſe (l'oxigène) ſe fixe dans le corps qui brûle.

665. Expérience. Plongez une bougie allumée dans un vaſe plein d'air pur. La flamme de cette bougie y devient plus grande, plus vive, plus ardente, plus lumineuſe ; mais la combuſtion de la bougie en eſt trois ou quatre fois plus rapide.

666. Expérience. Plongez, dans un vaſe plein d'air pur, un morceau de bois, dont une petite partie ſoit en charbon allumé. Ce bois s'enflamme ſur le champ, & brûle avec une rapidité incroyable.

667. Expérience. Au bouchon d'une bouteille fixez un petit fil de fer fin, roulé en ſpirale, qui porte à ſon extrémité un petit morceau d'amadou : rempliſſez cette bouteille d'air pur ; plongez-y le

fil de fer, après avoir allumé l'amadou. Le fil de fer, allumé par l'amadou, fond & brûle très-rapidement, en jetant des étincelles ſemblables aux aigrettes d'artifice (1).

668. Si l'on ſouffle le feu avec l'air pur, on en augmente conſidérablement l'activité, comme cela a été prouvé par MM. *Prieſtley* & *Lavoiſier*. Ce dernier a, par ce procédé, fait fondre, en moins d'une demi-minute, le platine en bain parfait, ce qu'on n'a pas encore pu faire juſqu'ici avec les verres ardens les plus forts.

669. L'air pur eſt donc compoſé d'oxigène combiné avec une grande quantité de calorique, & de plus, ſuivant quelques-uns, avec la lumiere. Dans la reſpiration, l'air pur perd une partie de ſon calorique, qui s'en ſépare pour l'entretien de la vie de l'animal (662); & cet air pur, ainſi dépouillé d'une partie de ſon calorique, devient gas acide carbonique, en ſe combinant avec le carbone qui ſe trouve dans le ſang & les poumons : car le gas acide carbonique, pour avoir la forme gaſeuſe, n'a pas beſoin d'une auſſi grande quantité de calorique qu'en exige l'air pur. De ſorte que ce que l'animal expire, eſt du

(1) *Nota.* Il eſt bon de faire une échancrure au bouchon, afin qu'il ne ferme pas exactement la bouteille, pour en éviter la rupture.

gas azotique (673), mêlé de gas acide carbonique (735).

670. La baſe de l'air pur ou l'oxigène eſt une des parties conſtituantes de l'eau (640). Cette baſe, combinée avec celle du gas hydrogène ou inflammable, forme de l'eau. Nous verrons ceci clairement prouvé par la ſuite (825 *& ſuiv.*).

CLASSE II.

Fluides élaſtiques ſuffoquans.

671. Ces fluides ſont ceux qui ne peuvent ſervir ni à la reſpiration des animaux, ni à la combuſtion des corps (592). Tels ſont tous les gas dont nous allons parler.

ORDRE I.

Gas non-ſalins.

672. Ce ſont ceux qui ne ſont ni acides ni alkalins (602).

3. *Gas azotique.*

673. Le gas azotique ou athmoſphérique, que M. *Lavoiſier* a déſigné ſous le nom de *moſete*, eſt la partie non-reſpirable de l'athmoſphere, dont elle forme à peu près les trois quarts (645). C'eſt ce fluide que M. *Prieſtley* avoit appelé *air phlogiſtiqué*, parce qu'il avoit cru qu'il n'étoit

que de l'air altéré par le phlogiſtique dégagé des corps en combuſtion, ou des matieres odorantes, &c. Mais il eſt bien prouvé maintenant que ce fluide eſt tout formé dans l'athmoſphere, & qu'il reſte entier à meſure que l'air pur eſt abſorbé.

674. Le gas azotique eſt compoſé d'une baſe appelée *azote* (611), combinée avec le calorique. On a donné à cette baſe le nom d'*azote*, c'eſt-à-dire, privatif de la vie, parce que les animaux ne peuvent vivre dans ce fluide, lorſqu'il eſt ſeul.

675. Le gas azotique eſt le réſidu de la reſpiration des animaux, de la combuſtion des corps & de la putréfaction, parce que dans tous ces cas l'air pur eſt abſorbé ou détruit. Dans la reſpiration, une portion du calorique de l'air pur demeure pour l'entretien de la vie; & l'oxigène, en ſe combinant avec la matiere charbonneuſe, que les Chimiſtes prétendent ſe trouver dans le ſang & les poumons, & qu'ils appellent *carbone*, devient le gas acide carbonique, que les animaux expirent conjointement avec le gas azotique (662). Dans la combuſtion (653) & la putréfaction (765), l'oxigène ſe combine en partie avec le corps qui brûle ou qui pourrit; & le reſte de cet oxigène ſe combine avec le carbone que fourniſſent ces ſubſtances: d'où il ſuit que, dans tous ces cas, le gas azotique eſt mêlé de gas acide

acide carbonique, comme nous l'avons annoncé ci-deſſus (645).

676. Il y a pluſieurs moyens de ſe procurer le gas azotique pur. Le plus uſité eſt le procédé de *Scheele*, qui conſiſte à expoſer du ſulfure liquide à une quantité déterminée d'air athmoſphérique, ſous des cloches de verre : le ſulfure en abſorbe peu à peu l'oxigène ; & lorſque l'abſorption eſt complette, le gas azotique demeure pur. On l'obtient auſſi, d'après la découverte de M. *Bertholet*, de l'Académie des Sciences, en traitant la chair muſculaire, ou la partie fibreuſe du ſang bien lavée, avec l'acide nitreux, dans l'appareil pneumato-chimique, parce que la baſe de ce gas entre dans la compoſition des chairs, & ſert à les animaliſer. Mais il faut que les matieres animales ſoient bien fraîches ; car ſi elles ſont altérées, elles fourniſſent du gas acide carbonique, mêlé au gas azotique.

677. On trouvera encore ce gas pur dans le réſidu de l'air qui a ſervi à la calcination des métaux, & de l'air qui a été mêlé en juſte proportion avec le gas nitreux ; parce que les métaux & le gas nitreux ſe combinent avec l'oxigène, baſe de l'air pur : il ne reſte après cela que le gas azotique.

678. M. *de Fourcroy*, de l'Académie des Sciences, a découvert que les veſſies natatoires

des poiſſons ſont pleines de ce gas ; & qu'il ſuffit, pour le recueillir, de crever ces veſſies ſous des cloches pleines d'eau.

679. Le gas azotique eſt un peu plus léger que l'air atmoſphérique : ſa peſanteur ſpécifique eſt à celle de l'air, comme 96 $\frac{1}{2}$ eſt à 100 : & à celle de l'eau diſtillée, comme 11,9048 eſt à 10000,0000 ; de ſorte que le pouce cube de ce fluide peſe 0,4444 de grains, & le pied cube 1 once 2 gros 48 grains. On peut prouver cet excès de légéreté par l'expérience ſuivante.

680. EXPÉRIENCE. Mettez deux bougies allumées de différentes hauteurs ſous une cloche de verre pleine d'air, & de maniere que l'air ne puiſſe pas s'y renouveler. A meſure que les bougies uſeront l'air pur ou vital, elles s'éteindront ; mais la plus haute s'éteindra la premiere : preuve que le gas demeure dans le haut ; donc il eſt plus léger.

681. Le gas azotique, lorſqu'il eſt pur, n'a aucune odeur ni ſaveur ſenſibles.

682. Il n'eſt point ſoluble dans l'eau, ou du moins très-peu.

683. EXPÉRIENCE. Dans un long tube de verre (*fig.* 116.), diviſé en meſures égales par des traits de diamant, mettez 3 ou 4 fois la pleine meſure (*fig.* 117.) de ce gas ; enſuite agitez fortement ce tube (ſon ouverture étant en en-bas)

Fig. 116.

Fig. 117.

dans l'eau de la cuvette (*fig.* 112.) : ſon volume ne ſera pas ſenſiblement diminué. *Fig.* 112.

684. Le gas azotique ne donne aucun ſigne d'acidité. Il ne rougit point les couleurs bleues des végétaux.

685. EXPÉRIENCE. Dans un tube plein de ce gas, mettez un peu de teinture de tourneſol délayée d'eau : la couleur n'en ſera pas changée.

686. Il ne précipite point la chaux diſſoute dans l'eau.

687. EXPÉRIENCE. Mettez, dans un tube plein de ce gas, un peu d'eau de chaux : elle demeurera claire & limpide ; il n'y aura point de chaux précipitée, ni de craie formée.

688. Le gas azotique éteint ſubitement les corps embraſés : il tue avec beaucoup de promptitude & d'énergie les animaux qu'on y plonge.

689. EXPÉRIENCE. Dans un vaſe plein de ce gas, plongez un animal ou une bougie allumée : l'animal y ſera promptement ſuffoqué, ou la bougie ſubitement éteinte.

690. Le gas azotique ſe rétablit & devient reſpirable par la végétation de la verdure, parce que ces végétaux fourniſſent de l'air pur, en abſorbant l'hydrogène de l'eau (640 & 817) qui ſert à la végétation, & laiſſant l'oxigène libre. En effet, ſi avec 72 parties de ce gas on mêle 28 parties d'air pur, on en fera un air ſem-

blable à celui de l'athmoſphere, & reſpirable comme lui (645).

4. *Gas nitreux.*

691. Le gas nitreux a été découvert par *Hales*; mais M. *Prieſtley* a fait connoître la plupart de ſes propriétés. Il n'exiſte point dans la Nature ſans le ſecours de l'Art. Il eſt une des parties conſtituantes de l'acide nitreux; ou, pour mieux dire, il eſt lui-même de l'acide nitreux, mais privé de la plus grande partie de ſon oxigène, ce qui fait qu'il ceſſe d'être acide. Il eſt donc compoſé de la même baſe que celle de l'acide nitreux (qui eſt de l'azote (612), tenant dans l'état de gas peu d'oxigène) & combinée avec le calorique. Dans cet état il n'eſt point ſoluble dans l'eau: mais ſi on lui fournit de l'oxigène, en ſe combinant avec lui, il devient acide, & très-ſoluble dans l'eau.

692. Il eſt aiſé de ſe convaincre que la baſe de l'acide nitreux eſt de l'azote tenant de l'oxigène, mais non pas juſqu'à ſaturation, qui en feroit de l'acide nitrique. Il eſt aiſé de s'en convaincre, dis-je, & par l'analyſe & par la ſyntheſe. 1°. Par l'analyſe. On peut décompoſer l'acide nitreux, & le réduire d'abord à l'état de gas nitreux en le faiſant agir ſur un métal, comme, par exemple, du cuivre, qui lui enleve

une grande partie de ſon oxigène. Après quoi on expoſe ce gas nitreux ſur du ſulfure alkalin, qui lui ôte ce qui lui reſte d'oxigène ; & il ne reſte plus que du gas azotique. Donc, &c. 2°. Par la ſyntheſe. M. *Cawendish* a formé de l'acide nitreux, en expoſant à l'action des étincelles électriques un mélange de 7 parties d'air pur & de 3 parties de gas azotique. Donc la baſe du gas nitreux eſt de l'azote combiné avec un peu d'oxigène.

693. On dégage donc le gas nitreux de l'acide nitreux que l'on fait agir ſur des matieres combuſtibles. Ces matieres ſe combinent avec plus ou moins de ſon oxigène, tandis que ſa baſe ou l'azote, qui retient une partie de l'oxigène, ſe combinant avec le calorique, forme le gas nitreux.

694. On extrait donc ce gas de l'acide nitreux par le moyen du fer, du cuivre rouge, du cuivre jaune, de l'étain, de l'argent, du mercure, du biſmuth & du nickel ; & même de l'acide nitrique, qui eſt dans l'acide nitro-muriatique, connu ſous le nom d'*eau régale*, par le moyen de l'or & de l'antimoine.

695. On l'extrait encore du même acide nitreux par le moyen de l'eſprit-de-vin, des éthers, des huiles, des réſines, des gommes, des charbons, du ſucre, &c.

696. Ses propriétés ſont les mêmes, de quelque

ſubſtance dont on ſe ſerve pour l'extraire. Mais c'eſt par le moyen des métaux qu'on en obtient le plus. Il y en a cependant quelques-uns par le moyen deſquels on n'extrait que du gas azotique, parce qu'ils s'emparent de tout l'oxigène de l'acide nitreux dont on fait uſage.

697. EXPÉRIENCE. Dans un flacon, dont le bouchon eſt traverſé par un tube recourbé (*fig.* 114.), mettez du petit fil de cuivre rouge roulé en ſpirales ſemblables aux reſſorts à boudin : rempliſſez enſuite ce flacon d'acide nitreux affoibli d'eau ; & après l'avoir bien bouché, engagez l'extrémité D du tube recourbé dans le trou oblong *c* ou *d* de la planche EF (*fig.* 112.), ſur lequel trou vous aurez placé une cloche pleine d'eau.

Fig. 114.

Fig. 112.

698. Il s'excitera dans le flacon une fermentation, accompagnée de chaleur ; & pendant que le cuivre ſe diſſoudra, il paſſera dans la cloche un fluide aériforme, qui eſt du gas nitreux.

699. On auroit le même effet avec un autre métal : mais il eſt bon de remplir le flacon d'acide ; car s'il y reſtoit de l'air, le gas, en ſe dégageant, ſe combineroit avec l'air pur : & cette combinaiſon, ſe diſſolvant dans la liqueur (709), occaſionneroit un vide qui permettroit à l'eau de la cuvette de paſſer, par le tube recourbé, dans le flacon.

700. Le gas nitreux eſt un peu plus peſant que

l'air athmoſphérique : ſa peſanteur ſpécifique eſt à celle de l'air, comme 105 $\frac{1}{2}$ eſt à 100 : & à celle de l'eau diſtillée, comme 13,0179 eſt à 10000,0000. Le pouce cube de ce fluide peſe 0,4860 de grain ; & le pied cube 1 once 3 gros 47,8080 grains.

701. Le gas nitreux bien pur n'eſt point du tout ſoluble dans l'eau, comme on peut s'en aſſurer, en le ſoumettant à la même épreuve que celle que nous avons indiquée ci-deſſus (683).

702. Le gas nitreux ne donne aucun ſigne d'acidité ; car il ne rougit point les couleurs bleues des végétaux, telle que la teinture de tourneſol, à moins qu'il ne ſoit mêlé d'air ; car alors il a pris de l'acidité (708).

703. EXPÉRIENCE. Si vous faites paſſer de cette teinture dans ce gas, la couleur n'en ſera pas changée.

704. Le gas nitreux éteint les corps enflammés ; mais ſi l'on y plonge une bougie allumée, il donne à la flamme une couleur verte avant de l'éteindre.

705. Il fait promptement périr les plantes & les animaux qu'on y plonge.

708. Lorſqu'on le mêle à l'air de l'athmoſphere, il devient rutilant, & a l'odeur de l'eſprit de nitre, comme il eſt aiſé de s'en aſſurer en en répandant un peu dans l'air. Alors il abſorbe

la partie reſpirable de l'air : il ſe combine avec elle, & devient l'acide nitreux.

709. EXPÉRIENCE. Dans le long tube de verre (*fig.* 116.), diviſé en meſures égales, mettez deux meſures d'air athmoſphérique, & enſuite une meſure de gas nitreux. Vous verrez ſur le champ le mélange devenir rutilant & s'échauffer : & comme cette combinaiſon, qui eſt vraiment de l'acide nitreux, eſt très-ſoluble dans l'eau, vous verrez l'eau remonter dans le tube, à meſure que le mélange s'y diſſoudra : de ſorte que de trois meſures il y en aura environ une & demie de diſſoute, ſi l'air eſt d'une bonne qualité. Ce qui demeure n'eſt plus que du gas azotique. La chaleur produite en cette occaſion eſt due au calorique de ces fluides, qui prend l'état de liberté.

Fig. 116.

710. EXPÉRIENCE. Si, au lieu d'air athmoſphérique, vous mêlez au gas nitreux de l'air pur, ſavoir, 2 meſures de gas & une meſure d'air pur, le mélange ſera preſque en entier diſſous dans l'eau.

711. On peut donc, par le moyen de ce gas, juger de la ſalubrité de l'air; car il ne ſe combine qu'avec l'oxigène ou baſe de l'air pur, qui eſt la partie ſeule reſpirable de l'athmoſphere. On doit donc juger l'air ainſi éprouvé, d'autant plus propre à la reſpiration, qu'il y en a un plus

grand volume d'abſorbé. Mais comme le gas nitreux tient plus ou moins d'azote, cette épreuve n'eſt pas parfaitement exacte.

712. L'eau qui a diſſous ce mélange de gas nitreux & d'air pur, eſt de l'acide nitreux en liqueur, d'autant plus fort qu'il y a moins d'eau. 1°. Elle eſt acide; car elle rougit les couleurs bleues des végétaux.

713. EXPÉRIENCE. Jetez un peu de cette eau dans la teinture de tourneſol déjà délayée d'eau: ſur le champ la couleur bleue eſt changée en rouge.

714. 2°. Ce mélange de gas nitreux & d'air pur eſt un acide nitreux; car il s'unit aux alkalis, & forme avec eux des nitres détonnans.

715. EXPÉRIENCE. Au fond d'une cloche de verre (*fig.* 119.) attachez un petit nouet de gaze plein de carbonate ammoniacal concret; poſez cette cloche ſur la planche EF (*fig.* 112.) de l'appareil pneumato-chimique à l'eau; que la cloche ſoit aux deux tiers pleine d'air athmoſphérique, & l'autre tiers plein d'eau: faites enſuite paſſer du gas nitreux dans cette cloche. Le mélange deviendra d'abord rutilant; effet de la combinaiſon de ce gas avec la partie reſpirable de l'air. Par cette combinaiſon, le gas eſt devenu acide nitreux. Enſuite vous verrez beaucoup de vapeurs blanches qui prouvent la combinaiſon de

Fig. 119. *Fig.* 112.

cet acide avec le carbonate ammoniacal. Ces vapeurs ſe condenſent enſuite, & criſtalliſent. Ces criſtaux recueillis fuſeront ſur des charbons ardens ; donc c'eſt du nitre.

716. Ces effets n'auront pas lieu, ſi vous mettez le carbonate ammoniacal dans le gas nitreux ſeul, parce qu'il n'eſt point acide.

5. *Gas muriatique oxigéné.*

717. Le gas muriatique oxigéné, qui eſt l'acide muriatique déphlogiſtiqué de *Scheele*, ſous la forme gaſeuſe, eſt le *gas acide muriatique*, dont nous parlerons ci-après (767), mais ſurchargé d'oxigène, & déflegmé (613).

718. On l'obtient en faiſant chauffer & évaporer de l'acide muriatique, pendant qu'il agit ſur une ſubſtance qui tient l'oxigène, comme, par exemple, l'oxide natif de Manganèſe.

719. EXPÉRIENCE. Dans une petite cornue de verre O M (*fig.* 115.), mettez une ou deux onces d'oxide natif de Manganèſe : verſez deſſus trois ou quatre onces d'acide muriatique : faites chauffer la cornue ſur un petit réchaud ; & lorſque vous jugerez que tout l'air de la cornue ſera ſorti, vous engagerez ſon bec ſous une cloche pleine de mercure, ou même d'eau (car quoique ce gas ſoit ſoluble dans l'eau, il ne s'y diſſout que très-peu, & l'eau en eſt promptement ſaturée : alors

Fig. 115.

le gas excédant à la ſaturation de l'eau, paſſe à la partie ſupérieure de la cloche, en faiſant baiſſer l'eau). Il s'excite donc une vive fermentation dans la cornue, pendant laquelle l'acide muriatique paſſe en gas, mais ſurchargé d'oxigène, qu'il enleve à l'oxide de Manganèſe, parce qu'il a avec lui une très-grande affinité.

720. Ce gas eſt donc compoſé du gas acide muriatique & d'un excès d'oxigène. C'eſt cet oxigène en excès qui, quoiqu'il ſoit le principe acidifiant, lui ôte preſque toute ſon acidité, & le rend moins ſoluble dans l'eau. Ceci eſt une choſe difficile à expliquer. Nous avons vu (712 *& ſuiv.*) qu'un excès d'oxigène, ajouté au gas nitreux, y produit un effet contraire : car il lui donne l'acidité qu'il n'avoit pas; & il le rend tout-à-fait ſoluble dans l'eau. Il ſeroit difficile de dire d'où viennent ces deux effets oppoſés; mais ce ſont des faits bien conſtatés que nous devons adopter, quoique nous en ignorions la cauſe.

721. La preuve que le gas muriatique oxigéné n'eſt point acide, ou qu'il l'eſt du moins très-peu, c'eſt qu'il ne ſe combine point ou preſque point avec les alkalis, & qu'il n'a pas la force de chaſſer l'acide carbonique des différentes baſes avec leſquelles il eſt combiné : ce que peuvent cependant faire tous les acides que nous connoiſſons, quelque foibles qu'ils ſoient.

722. Le gas muriatique oxigéné n'eſt pas inviſible, comme le ſont les autres gas ; car il eſt d'un jaune verdâtre, qui le fait bien appercevoir. Il a une odeur forte & piquante, & qu'il eſt dangereux de reſpirer, parce qu'il excite une toux violente, & pourroit cauſer une hémorragie.

723. Ce gas éteint les corps enflammés, & fait périr très-promptement les animaux qu'on y plonge.

724. Nous venons de dire (720 & 721) que le gas muriatique oxigéné n'eſt plus acide : en effet il ne rougit pas les couleurs bleues des végétaux, comme il l'eût fait, s'il n'eût pas été ſurchargé d'oxigène.

725. EXPÉRIENCE. Dans un tube plein de ce gas, faites paſſer un peu de teinture de tournefol : la couleur n'en ſera point changée en rouge, mais elle ſera entiérement effacée.

726. Car le gas muriatique oxigéné décolore les étoffes teintes, le ſirop de violettes, les fleurs, &c. & réduit tous ces corps au blanc.

727. EXPÉRIENCE. Dans une cloche de verre pleine de ce gas, & placée ſur l'appareil, ou à l'eau, ou au mercure, faites paſſer un petit bouquet de fleurs de violettes : elles ſeront décolorées ſur le champ. Cet effet eſt ſi prompt, ſur-tout lorſqu'on ſe ſert de l'appareil au mercure, qu'il ſemble qu'on ait eſcamoté le bouquet

de fleurs bleues, & qu'on en ait ſubſtitué un de fleurs blanches. Avec l'appareil à l'eau, l'effet n'eſt pas ſi prompt, parce que l'adhérence de l'eau aux pétales de la fleur retarde un peu le contact immédiat du gas ſur eux.

728. Ce gas décolore de même & blanchit la toile, la cire jaune, la ſoie, &c. C'eſt par le moyen de ſon excès d'oxigène qu'il produit ces effets : & en perdant cet excès d'oxigène, il redevient gas acide muriatique ſimple, qui eſt alors tout-à-fait ſoluble dans l'eau.

729. Le gas muriatique oxigéné a la propriété de décompoſer l'ammoniaque, lequel peut par conſéquent ſervir pour ſe préſerver des effets nuiſibles de ce gas, dont nous avons parlé ci-deſſus (722). Car ſon oxigène excédant ſe combine avec l'hydrogène de l'ammoniaque, & forme de l'eau : & la moſete ou l'azote ſe trouve libre. Nous avons dit ci-devant (639) que l'ammoniaque eſt compoſé d'une partie d'hydrogène & de ſix parties d'azote, le tout diſſous dans l'eau.

730. Le gas muriatique oxigéné n'eſt pas auſſi ſoluble dans l'eau que l'eſt le gas acide muriatique ſimple (lequel ne peut en aucune façon être recueilli ſous l'eau) : il y eſt cependant ſoluble juſqu'à un certain point (719), & forme alors l'acide muriatique oxigéné en liqueur, qui

eſt le vrai diſſolvant de l'or, du platine, &c.

731. EXPÉRIENCE. Dans de l'acide muriatique oxigéné, c'eſt-à-dire, dans de l'eau qu'on a ſaturée de gas muriatique oxigéné, mettez quelques feuilles d'or battu : elles y ſeront promptement diſſoutes.

732. Dans l'acide nitro-muriatique ou eau régale, c'eſt le même agent qui diſſout l'or. Car l'eau régale eſt un mélange d'acide muriatique & d'acide nitrique (636). Dans ce mélange, l'acide muriatique (dont la baſe a une grande affinité avec l'oxigène) ſe combine avec l'oxigène de l'acide nitrique, & devient par-là l'acide muriatique oxigéné ; & la baſe de l'acide nitrique demeure libre : de ſorte que dans cette liqueur il ne reſte peut-être plus rien d'acide. L'acide nitrique a perdu ſon acidité, en perdant ſon oxigène ; & l'acide muriatique a perdu la ſienne, en ſe combinant avec l'oxigène de l'acide nitrique : deux faits qui, comme nous l'avons dit ci-deſſus (720), ſont difficiles à expliquer.

733. L'acide muriatique oxigéné ſe décompoſe peu à peu par le contact de la lumiere, qui en dégage l'oxigène excédant ; & par-là il repaſſe à l'état d'acide muriatique pur : & cet oxigène excédant ainſi dégagé, ſe combinant avec le calorique, forme de l'air pur.

ORDRE II.

Gas ſalins.

734. Ce ſont ceux qui ſont ou acides ou alkalins (603). Parmi ceux-ci, il n'y en a qu'un qui ſe trouve naturellement, qui eſt le gas acide carbonique : tous les autres ne ſont que le produit de l'Art.

6. Gas acide carbonique.

735. Le gas acide carbonique eſt, de tous les gas, le plus anciennement connu. *Paracelſe* & les Anciens le nommoient *eſprit ſauvage*, *ſpiritus ſylveſtris*. *Vanhelmont* l'appela enſuite *gas ſauvage*, *gas ſylveſtre*. Il fut après cela nommé *air fixe* par *Black*, *Boyle*, *Hales*, *Prieſtley*, *Lavoiſier*, &c. ; *acide méphitique*, par *Bewly* ; *gas méphitique*, par *Macquer* ; *acide aérien*, par *Bergman*. Enfin M. *Lavoiſier* l'a appelé *gas acide craieux* ; & en dernier lieu, *gas acide carbonique*, parce qu'il eſt compoſé d'oxigène combiné avec une matiere charbonneuſe, qu'il tient en diſſolution (614), & dans la proportion d'environ 72 parties d'oxigène, & 28 parties de matiere charbonneuſe, appelée *carbone* par les Modernes.

736. En effet, ſi, dans un vaiſſeau fermé, l'on fait brûler du charbon dans l'air pur, ce qui demeure après la combuſtion, eſt du gas acide carbonique.

737. EXPÉRIENCE. Dans une cloche de verre pleine d'air pur, & placée ſur l'appareil pneumato-chimique au mercure, mettez, dans un petit vaſe, une quantité déterminée de charbon, privé de gas hydrogène par une calcination préliminaire dans des vaiſſeaux fermés; qu'il y ait ſur le charbon un quart de grain d'amadou, recouvert d'un atome de phoſphore. Allumez le phoſphore avec un fer rouge recourbé, que vous ferez paſſer à travers le mercure. Le phoſphore mettra le feu à l'amadou : l'amadou le mettra au charbon; l'inflammation ſera très-rapide, & accompagnée de beaucoup de lumiere. Alors il ſe trouvera dans la cloche du gas acide carbonique, dont le poids ſera égal au poids de l'air pur employé, plus au poids qu'aura perdu le charbon. Car ſi, ſous cette cloche, vous introduiſez un poids connu d'alkali cauſtique en liqueur, il abſorbera le gas acide carbonique formé dans cette combuſtion; & il ſera augmenté de poids d'une quantité égale aux poids dont nous venons de parler.

738. Dans cette opération, l'oxigène, dont la combinaiſon avec le calorique formoit l'air pur, ſe combine avec le carbone (1) & une portion

(1) Le charbon ordinaire eſt compoſé d'une baſe terreuſe & d'une ſubſtance charbonneuſe que les Chi-

du

du calorique, & forme le gas acide carbonique; tandis que le reſte du calorique, autre principe de l'air pur, ſe dégage avec chaleur & lumiere, en prenant l'état de liberté. Car le gas acide carbonique, pour avoir la forme gaſeuſe, n'a pas beſoin d'une auſſi grande quantité de calorique qu'en exige l'air pur.

739. Le gas acide carbonique ſe trouve naturellement dans pluſieurs ſouterreins, comme, par exemple, la grotte du Chien en Italie, dans les galeries des mines, dans différentes ſources d'eau : c'eſt ce gas qui rend ces eaux ſpiritueuſes & acidules. Telles ſont les eaux de Pyrmont, de Saint-Mion, de Seltz, de Pougues, de Châteldon, de Buſſang, de Spa, &c.

740. Ce gas eſt fourni abondamment, 1°. par les liqueurs ſpiritueuſes fermentantes, tels que le vin, la biere, &c. Sa formation eſt due alors à la combinaiſon de la matiere charbonneuſe de la partie ſucrée, avec le principe oxigène de l'eau. 2°. Par la reſpiration des animaux, dans laquelle l'oxigène de l'air, fourniſſant une partie de ſon calorique pour l'entretien de la vie (662),

---

miſtes modernes ont appelée *carbone*. Ce carbone ſeul eſt diſſoluble dans certains gas; & la baſe terreuſe eſt ce qui forme la cendre, après la combuſtion du charbon.

ſe combine avec une matiere charbonneuſe, qui, ſelon les Chimiſtes modernes, ſe dégage du ſang & des poumons. 3°. Par la combuſtion des corps, dans laquelle une partie de l'oxigène de l'air ſe combine avec la matiere charbonneuſe du corps qui brûle.

741. La baſe du gas acide carbonique eſt combinée dans un grand nombre de corps naturels, tels que le carbonate calcaire, le marbre, toutes les pierres à chaux, les carbonates alkalins, &, en général, dans toutes les matieres qui font effervescence avec les acides. Il eſt aiſé de l'extraire de ces ſubſtances, en faiſant agir ſur elles de l'acide nitrique ou de l'acide ſulfurique affoibli d'eau. Car cet acide carbonique a ſi peu d'affinité avec ſes baſes, qu'il en eſt chaſſé par tout autre acide, & même quelquefois par la chaleur ſeule.

742. EXPÉRIENCE. Dans un flacon garni d'un tube recourbé (*fig.* 114.), mettez du carbonate calcaire ou alkalin, &c. verſez par-deſſus de l'acide nitrique, ou de l'acide ſulfurique affoibli avec de l'eau. Engagez l'extremité D du tube recourbé dans le trou oblong *c* ou *d* de la planche EF de l'appareil pneumato-chimique à l'eau (*fig.* 112.), ſur lequel trou vous aurez placé une cloche pleine d'eau. Il s'excitera dans le flacon une fermentation, pendant laquelle il ſe dégagera

Fig. 114.

Fig. 112.

& paſſera dans la cloche un fluide aériforme, qui eſt du gas acide carbonique.

743. Ce gas eſt ſoluble dans l'eau, mais lentement. Si l'on veut que cela ſe faſſe plus promptement, il faut agiter fortement ces deux fluides enſemble pour multiplier leurs contacts.

744. EXPÉRIENCE. Dans le grand tube gradué (*fig.* 116.), mettez trois ou quatre meſures de ce gas, & l'agitez fortement dans l'eau de la cuvette, l'ouverture du tube toujours en en-bas. Vous verrez, par l'aſcenſion de l'eau dans le tube, qu'il y en aura une grande partie de diſſoute dans l'eau. *Fig.* 116.

745. L'eau diſſout de ce gas plus ou moins, ſuivant ſon degré de chaleur, ou plutôt ſuivant ſon degré de refroidiſſement : plus elle eſt froide, plus elle en diſſout ; mais même dans ce cas-là elle n'en peut diſſoudre qu'un volume environ égal au ſien.

746. L'eau qui tient ce gas en diſſolution, prend un goût acidule, & a les mêmes propriétés que les eaux minérales ſimplement gaſeuſes.

747. EXPÉRIENCE. Rempliſſez d'eau propre la caraffe ronde (*fig.* 120.) : placez-la, le goulot en en-bas, ſur la planche EF de l'appareil pneumato-chimique à l'eau (*fig.* 112.) : faites-y paſſer du gas acide carbonique, aſſez pour en remplir *Fig.* 120. *Fig.* 112.

environ la moitié de ſa capacité : bouchez-la bien avant de ſortir ſon goulot de l'eau ; enſuite agitez le tout fortement. Le gas ſe diſſoudra dans l'eau ; & l'eau prendra le goût acidule, comme vous pourrez vous en aſſurer en en goûtant.

748. Cette eau eſt devenue vraiment acide ; car elle rougit la teinture de tourneſol.

749. EXPÉRIENCE. Verſez de cette eau ſur un peu de teinture de tourneſol ; ſa couleur bleue ſera changée en rouge clair.

750. Cet acide, ſous la forme gaſeuſe, produit le même effet.

751. EXPÉRIENCE. Dans un tube plein de ce gas, verſez un peu de teinture de tourneſol délayée d'eau : ſa couleur bleue ſera changée en rouge clair.

752. Ce gas & l'eau qui le tient en diſſolution, précipitent la chaux diſſoute dans l'eau. Car ſi, dans un tube plein de ce gas, vous verſez un peu d'eau de chaux, vous verrez l'eau devenir laiteuſe, & la chaux ſe précipiter. Vous verrez le même effet, ſi, ſur de l'eau de chaux, vous verſez de l'eau acidulée par ce gas.

753. De la chaux combinée avec ce gas, forme du carbonate calcaire vulgairement appelé de la *craie*, qui n'eſt pas ſoluble dans l'eau ; voilà pourquoi elle ſe précipite. L'eau de chaux eſt donc une pierre de touche propre à faire

reconnoître la nature & la quantité de ce gas acide.

754. La chaux eſt précipitée de même par le fluide que les animaux expirent.

755. EXPÉRIENCE. Dans un verre en partie rempli d'eau de chaux, ſoufflez avec un tube, de maniere à faire paſſer le fluide que vous expirez à travers l'eau de chaux : vous verrez la chaux ſe précipiter.

756. Le gas acide carbonique s'eſt donc formé dans la poitrine, comme nous l'avons dit ciderſus (662), par la combinaiſon de l'oxigène de l'air pur avec la matiere charbonneuſe qui ſe dégage du ſang : & une partie du calorique, autre principe de l'air pur, demeure dans le corps de l'animal, pour en entretenir la vie ; tandis que le gas acide carbonique & le gas azotique (673) ſont expirés.

757. Le gas acide carbonique ſe combine avec les alkalis, & les fait criſtalliſer.

758. EXPÉRIENCE. Dans un bocal à bords recourbés plein de ce gas, mettez un peu d'alkali pur & cauſtique en liqueur : bouchez promptement l'orifice de ce vaſe avec de la veſſie mouillée ; &, en tournant ce vaſe, étendez bien l'alkali ſur ſes parois. Il y aura diminution de volume, due à l'abſorption du gas par l'alkali ; ce que prouvera l'enfoncement de la veſſie : il s'ex-

citera de la chaleur pendant la combinaiſon, laquelle chaleur eſt cauſée par le calorique qui prend l'état de liberté : & peu de temps après, on apperçoit, ſur les parois du bocal, des criſtaux, qui deviennent de plus en plus gros.

759. Le gas acide carbonique eſt plus peſant que l'air athmoſphérique. Sa peſanteur ſpécifique eſt à celle de l'air, comme 151 eſt à 100 : & à celle de l'eau diſtillée, comme 18,6161 eſt à 10000,0000. Le pouce cube de ce gas peſe 0,6950 de grain ; & le pied cube 2 onces 0 gros 48,9600 grains.

760. Il eſt aiſé de faire voir l'excès de la peſanteur de ce fluide ſur celle de l'air. Si, dans un vaſe plein d'huile, vous verſiez de l'eau, qu'arriveroit-il ? Le vaſe, déjà plein d'huile, ne pourroit pas contenir les deux fluides : l'un des deux ſeroit contraint de s'extravaſer. L'eau, comme la plus peſante, ſe porteroit au fond du vaſe, & l'huile, comme la plus légere, s'extravaſeroit. Vous ferez de même extravaſer de l'air, en verſant deſſus du gas acide carbonique, qui eſt plus peſant.

761. EXPÉRIENCE. Prenez donc deux vaſes, à peu près de même capacité : que le vaſe A, par exemple, ſoit plein d'air, & le vaſe B plein de ce gas. Verſez le gas ſur l'air : le vaſe A, auparavant plein d'air, ſe trouvera plein de gas ; l'air ſe ſera extravaſé.

762. Vous aurez de ce fait la preuve ſuivante, le gas acide carbonique éteint les corps embraſés, & ſuffoque les animaux.

763. EXPÉRIENCE. Plongez donc dans le vaſe A, ou une bougie allumée, ou un animal vivant. La bougie ſera éteinte, comme ſi on la plongeoit dans l'eau; & l'animal ſera promptement ſuffoqué, tandis que ni l'un ni l'autre ne ſeroit arrivé, ſi le vaſe A étoit demeuré plein d'air.

764. Les êtres vivans qui périſſent le plus promptement dans ce gas, ſont ceux qui ont deux ventricules au cœur: tels ſont les hommes, les quadrupedes, les cétacées & les oiſeaux: quelques minutes ſuffiſent pour les faire périr ſans retour. Mais les grenouilles, les ſerpens, les poiſſons, les inſectes, &c. à la vérité, y paroiſſent morts, après y être demeurés plongés pendant quelque temps; mais, ſi après cela on les expoſe à l'air libre, ils ſont rappelés à la vie. J'ai tenu des poiſſons plongés dans ce gas pendant plus d'une demi-heure: ils y paroiſſoient abſolument ſans vie. Je les ai enſuite expoſés à l'air libre; ils s'y ſont ranimés; ils n'étoient qu'aſphixiés. Mais ils ſe ſont rétablis beaucoup plus promptement, lorſque je les ai plongés dans l'eau: au bout de deux minutes, ils étoient auſſi viſs qu'avant d'être plongés dans le gas. Sans doute que l'eau abſorbe ce gas (743) qui les ſuffoque, & les met en état

de recevoir de l'air. Si les hommes pouvoient être plongés dans l'eau ſans être ſuffoqués, ce ſeroit peut-être le moyen le plus prompt de les guérir de l'aſphixie.

765. Pluſieurs Phyſiciens prétendent que le gas acide carbonique a la propriété de conſerver les ſubſtances animales & de retarder leur putréfaction; ce que je n'ai pas de peine à croire, parce que je penſe que la préſence de l'air pur (647), ou du moins d'une ſubſtance capable de fournir de l'oxigène, telle que l'eau (640), par exemple, eſt néceſſaire à la putréfaction; car les corps ne ſe pourriſſent qu'en ſe combinant avec l'oxigène. Quelques-uns ont même cru que ce gas eſt capable de rétablir les matieres déjà putréfiées, ou du moins qui ont commencé à ſe putréfier; ce que je crois difficilement.

766. Comme la reſpiration des animaux & la combuſtion des corps uſent continuellement de l'air pur, & font paſſer à ſa place, dans l'athmoſphere, du gas acide carbonique, le fluide que nous reſpirons deviendroit bientôt infect & mortel, ſi rien ne le rétabliſſoit. Mais l'eau, dont la plus grande partie de la ſurface de notre globe eſt couverte, abſorbe une grande partie de ce gas, & la végétation de la verdure en décompoſe une autre partie: car le tiſſu végétal abſorbe le carbone; & l'oxigène demeuré libre,

ſe combinant avec la matiere de la chaleur ou le calorique, forme de l'air pur. De plus une partie de l'eau, qui ſert à la végétation, ſe décompoſe; l'hydrogène eſt abſorbé par la plante; & l'oxigène demeure libre (654).

7. *Gas acide muriatique.*

767. Le gas acide muriatique ne ſe trouve point naturellement; il n'eſt que le produit de l'Art. On l'obtient en chauffant l'acide muriatique fumant dans une cornue OM (*fig.* 115.), dont le bec eſt engagé ſous une cloche pleine de mercure, placée ſur la planche de l'appareil pneumato-chimique au mercure. On peut l'obtenir auſſi, avec le même appareil, en chauffant, au lieu d'acide muriatique, un mélange de muriate de ſoude ou ſel marin, & d'acide ſulfurique. Car l'acide ſulfurique ſe combine avec la baſe du muriate de ſoude, & l'acide muriatique, demeuré libre, paſſe en gas acide muriatique. *Fig.* 115.

768. Ce gas ne peut point être recueilli ſur l'eau, parce qu'il y eſt entiérement & très-promptement ſoluble.

769. Expérience. Dans la cloche pleine de mercure, dans laquelle vous aurez recueilli ce gas, faites paſſer un peu d'eau, qui, par ſa légéreté reſpective, ſe portera à la ſurface du mercure; ſur le champ le gas ſera entiérement

abſorbé & diſſous dans l'eau ; le mercure remontera juſque vers le haut de la cloche ; & la liqueur qui ſe trouvera au deſſus du mercure, ſera de véritable acide muriatique, d'autant plus concentré qu'il y aura plus de gas & moins d'eau.

770. Le gas acide muriatique n'eſt donc autre choſe que l'acide muriatique lui-même privé d'eau (615), c'eſt-à-dire, auſſi concentré qu'il puiſſe l'être, & combiné avec le calorique qui lui fait prendre la forme gaſeuſe.

771. Le gas acide muriatique a une odeur vive & piquante.

772. Ce gas, mêlé à l'air de l'athmoſphere, forme, de même que le fait l'acide muriatique, des fumées ou vapeurs blanches, produites par la combinaiſon de ce gas avec l'humidité de l'air, & d'autant plus apparentes que l'air eſt plus humide. Auſſi prétend-on que ces vapeurs ne ſont pas ſenſibles ſur les hautes montagnes, où l'air eſt, dit-on, très-ſec.

773. La baſe du gas acide muriatique eſt fortement combinée avec l'oxigène, avec lequel elle a une ſi grande affinité, qu'on ne peut pas l'en ſéparer. Auſſi ignore-t-on ce que c'eſt que cette baſe : elle eſt juſqu'à préſent inconnue. Son affinité avec ce principe acidifiant eſt telle, qu'elle peut même ſe combiner avec une plus grande quantité d'oxigène que celle qui lui eſt néceſſaire

pour la conſtituer acide, & elle forme alors le gas muriatique oxigéné, dont nous avons parlé ci-deſſus (717 *& ſuiv.*).

774. Le gas acide muriatique eſt beaucoup plus peſant que l'air athmoſphérique. Sa peſanteur ſpécifique eſt à celle de l'air, comme $173\frac{1}{4}$ eſt à 100; & à celle de l'eau diſtillée, comme 21,3482 eſt à 10000,0000. Le pouce cube de ce gas peſe 0,7970 de grain; & le pied cube 2 onces 3 gros 9,2160 grains.

775. Le gas acide muriatique, étant l'acide muriatique lui-même, donne les mêmes ſignes d'acidité. Il rougit les couleurs bleues des végétaux; mais il ne les détruit pas, non plus que les autres couleurs, comme le fait le gas muriatique oxigéné (726).

776. Il ſe combine avec toutes les baſes alkalines, & forme avec elles des ſels muriatiques.

777. Expérience. Si, dans une cloche pleine de mercure, vous faites paſſer du gas acide muriatique, & qu'enſuite vous y mêliez du gas ammoniacal, dont nous parlerons ci-après (804); le mélange s'échauffe beaucoup, parce que ces deux fluides élaſtiques, en ſe pénétrant mutuellement, perdent le calorique qui les tenoit ſous la forme gaſeuſe, & que cette matiere, devenue libre, ſe fait ſentir: il ſe forme ſur le champ un nuage blanc, preuve de leur pénétration mutuelle:

le mercure remonte dans la cloche, & bientôt ſes parois intérieures ſe trouvent tapiſſées de criſtaux ramifiés qui ſont un vrai muriate d'ammoniaque.

778. En effet, le gas acide muriatique n'eſt que de l'acide muriatique (770); le gas ammoniacal n'eſt que de l'ammoniaque (806): & l'on ſait que la combinaiſon de ces deux ſubſtances forme le muriate d'ammoniaque.

779. Le gas acide muriatique ſuffoque les animaux qu'on y plonge. Il éteint la flamme des bougies, mais en l'agrandiſſant d'abord, & en donnant à ſon diſque une couleur verte ou bleuâtre.

780. Le gas acide muriatique eſt abſorbé par les corps ſpongieux; tels que du charbon, une éponge, &c.

781. Le gas acide muriatique diſſout le camphre.

782. Il s'empare de l'eau ſurabondante du ſulfate d'alumine & du borate, & les réduit en poudre.

783. Il fait fondre la glace auſſi promptement que ſi on la jetoit dans un braſier.

784. Dans tous ces cas, il eſt abſorbé, & forme un acide muriatique pareil à celui dont on l'a extrait.

785. Tout ceci n'eſt que l'effet très-connu de

la grande violence avec laquelle les acides concentrés s'uniſſent à l'eau.

8. *Gas acide ſulfureux.*

786. Le gas acide ſulfureux ne ſe trouve point naturellement ; il n'eſt que le produit de l'Art. On l'obtient, en chauffant, dans une cornue OM (*fig.* 115.) (de même que nous avons dit (767) qu'on le fait pour obtenir le gas acide muriatique), de l'acide ſulfurique pendant qu'il agit ſur des corps combuſtibles, tels que de l'huile, du charbon, du mercure, &c. en un mot, ſur des corps qui puiſſent enlever une partie de l'oxigène qui eſt combiné avec le ſoufre dans cet acide : car l'acide ſulfureux n'eſt autre choſe que l'acide ſulfurique, mais privé d'une partie de ſon oxigène (629). C'eſt donc du ſoufre combiné avec une quantité d'oxigène moindre que celle qui eſt néceſſaire pour en faire de l'acide ſulfurique. Le corps combuſtible enleve donc une partie de ſon oxigène à l'acide ſulfurique, qui devient par-là acide ſulfureux : & le calorique ſe combinant avec cet acide ſulfureux, lui fait prendre la forme gaſeuſe. *Fig.* 115.

787. Tout cela doit ſe faire avec l'appareil au mercure, parce que le gas acide ſulfureux eſt entiérement ſoluble dans l'eau. L'acide ſulfurique n'eſt pas capable de paſſer à la forme gaſeuſe ;

il faut pour cela qu'il ſoit devenu acide ſulfureux.

788. EXPÉRIENCE. Qu'on mette donc dans une cornue de l'acide ſulfurique ſur du mercure, & qu'on le chauffe, le bec de la cornue étant engagé ſous une cloche pleine de mercure : 1°. le mercure de la cornue ſe combine avec une partie de l'oxigène de l'acide ſulfurique, &, par cette combinaiſon, ſe calcine en poudre blanche. Pendant ce temps-là, l'acide ſulfurique, en perdant une partie de ſon oxigène, devient acide ſulfureux, & paſſe ſous la forme gaſeuſe, en ſe combinant avec le calorique. 2°. Cette opération étant finie, ſi l'on continue de chauffer, & qu'on ſubſtitue une autre cloche, il paſſe un autre fluide élaſtique, qui eſt de l'air pur ou gas oxigène : & pendant ce temps-là, le mercure qui avoit été calciné redevient du mercure coulant. On voit bien que, dans cette ſeconde opération, l'oxigène, qui, en ſe combinant avec le mercure, l'avoit d'abord calciné, s'échappe enſuite par la chaleur, ſe combine avec le calorique, & forme l'air pur : voilà donc, dans cette ſeule expérience, un métal, 1°. calciné, 2°. revivifié. Le mercure n'étant donc point altéré, il eſt clair que les deux fluides élaſtiques que l'on obtient ſont dus à l'acide ſulfurique, qui eſt décompoſé.

789. Le gas acide ſulfureux n'eſt donc autre

choſe que l'acide ſulfureux lui-même, privé d'eau (616) & très-concentré, combiné avec le calorique, qui lui fait prendre la forme gaſeuſe. C'eſt ce gas acide que l'on ſent, quand on fait brûler du ſoufre.

790. Le gas acide ſulfureux eſt plus de deux fois auſſi peſant que l'air athmoſphérique. Sa peſanteur ſpécifique eſt à celle de l'air, comme 206 eſt à 100; & à celle de l'eau diſtillée, comme 25,3929 eſt à 10000,0000. Le pouce cube de ce gas peſe 0,9480 de grain; & le pied cube 2 onces 6 gros 54,1440 grains.

791. Le gas acide ſulfureux éteint les corps embraſés, & tue les animaux qu'on y plonge.

792. Il détruit beaucoup de couleurs végétales; par ce caractere, il ſe rapproche du gas muriatique oxigéné, dont nous avons parlé ci-deſſus (717 *& ſuiv.*).

793. Il ſe combine avec les alkalis, & forme avec eux des ſels neutres, mais qui different de ceux qui ſont formés par l'acide ſulfurique, par la forme, la ſaveur, & ſur-tout par la propriété d'être décompoſés par les acides les plus foibles, & même par l'acide acéteux.

794. Ce gas eſt entiérement ſoluble dans l'eau, avec laquelle il s'unit promptement en perdant ſon calorique, & il redevient par-là l'acide ſulfureux en liqueur. Auſſi fait-il fondre la glace

auſſi promptement que le fait le gas acide muriatique (783).

9. *Gas acide fluorique.*

795. Le gas acide fluorique ne ſe trouve point naturellement ; on ne peut ſe le procurer que par le ſecours de l'Art. On l'obtient, en chauffant, dans une cornue O M (*fig.* 115.) (de même que nous avons dit (767) qu'on le fait pour obtenir le gas acide muriatique), de l'acide ſulfurique, pendant qu'il agit ſur du ſpath fluor pulvériſé. Alors l'acide ſulfurique, en ſe combinant avec la baſe du ſpath fluor (qui eſt calcaire) (799), en dégage un autre acide, qui, en ſe combinant avec le calorique, paſſe ſous la forme d'un fluide élaſtique, qui eſt le gas acide fluorique, ci-devant connu ſous le nom de *gas acide ſpathique*.

Fig. 115.

796. Il faut recueillir ce gas ſur le mercure, parce qu'il eſt tout-à-fait ſoluble dans l'eau, & que ſa ſolution y eſt même très-prompte.

797. EXPÉRIENCE. Si, dans la cloche dans laquelle on a recueilli ce gas, on fait paſſer un peu d'eau au deſſus de la ſurface du mercure, le gas s'y diſſout ſur le champ, & avec chaleur ; & le mercure remonte dans la cloche. Mais cette diſſolution du gas dans l'eau eſt communément accompagnée d'un phénomene très-ſingulier ; c'eſt

la

la précipitation ou dépoſition d'une terre blanche très-fine, qui eſt quartzeuſe ou ſiliceuſe.

798. Le gas acide fluorique n'eſt donc autre choſe, comme l'a penſé *Scheele*, qu'un acide particulier extrait du ſpath fluor (617), dont on ne connoît pas la baſe (630), & qui eſt combiné avec le calorique qui lui fait prendre la forme gaſeuſe. Cet acide tient ſouvent en diſſolution une terre vitrifiable, & il en tient une plus grande quantité ſous la forme gaſeuſe, que lorſqu'il eſt en liqueur, puiſque, lorſqu'on le fait paſſer de l'état de gas à celui de liqueur, il en dépoſe une partie.

799. Cette matiere terreuſe ne vient point du ſpath, comme l'a cru *Prieſtley*: car la baſe du ſpath fluor paroît être calcaire. La preuve de cela, c'eſt que le gas acide fluorique précipite la chaux diſſoute dans l'eau; &, en ſe combinant avec cette chaux, il réforme ſur le champ du ſpath fluor. Cette terre vitrifiable vient plutôt des vaſes de verre ou de terre dont on ſe ſert pour extraire ce gas; car celui qui eſt extrait dans des vaſes de métal, comme l'a fait *Meyer*, ne tient point de terre en diſſolution. D'après cela, on ne doit pas être étonné que le gas acide fluorique corrode & perce le verre, ce qui obligeoit *Prieſtley* de prendre, pour ſes expériences, des bouteilles de verre très-épais. En conſéquence

de cette propriété, de corroder le verre, M. *de Puymorin* a imaginé de graver ſur le verre par le moyen de l'acide fluorique, comme on grave ſur le cuivre par le moyen de l'acide nitreux.

800. Le gas acide fluorique paroît être plus peſant que l'air athmoſphérique. Je n'en connois pas encore exactement la peſanteur ſpécifique.

801. Ce gas éteint les corps embraſés, & ſuffoque les animaux qu'on y plonge.

802. Il rougit fortement les couleurs bleues des végétaux.

803. Il y a une odeur forte & pénétrante qui approche de celle du gas acide muriatique (771), mais qui eſt un peu plus active. Lorſqu'on en mêle à l'air, il forme, de même que ce dernier gas (772), des vapeurs blanches, en ſe combinant avec l'humidité de l'air. Malgré ces reſſemblances avec l'acide muriatique, il en differe cependant beaucoup; car il forme avec les alkalis des ſels neutres fluoriques très-différens de ceux que forme le gas acide muriatique avec les mêmes alkalis. C'eſt donc à tort que les Chimiſtes François qui, ſous le nom de M. *Boullanger*, ont publié, en 1773, une ſuite d'expériences ſur le ſpath fluor, ont penſé que l'acide de ce ſpath n'étoit que l'acide muriatique, combiné avec une matiere terreuſe.

10. *Gas ammoniacal.*

804. Le gas ammoniacal ne ſe rencontre point naturellement ; il ne peut être produit que par le ſecours de l'Art. Pour obtenir ce gas, on met dans une cornue O M (*fig.* 115.), garnie d'un tube recourbé M N, une certaine quantité d'ammoniaque : on chauffe le fond de la cornue avec quelques charbons allumés, ou avec une lampe à l'eſprit-de-vin : on laiſſe ſortir d'abord l'air du vaiſſeau & du tube, & on ne recueille le gas, dans des cloches pleines de mercure, que quand l'ébullition du liquide eſt bien établie. Pour éviter de faire paſſer, dans la cloche, de l'eau en vapeur, qui s'y condenſeroit & diſſolveroit le gas, il eſt bon de mettre, entre la cornue & le tube de communication, un petit vaſe, qu'on a ſoin de refroidir avec de la glace, afin d'y faire condenſer l'eau qui pourroit paſſer en vapeur. Par ce moyen, on ſe procure du gas ammoniacal très-ſec & très-pur. On peut, de la même maniere, obtenir le gas ammoniacal d'un mélange de trois parties de chaux vive & d'une partie de muriate d'ammoniaque. Ce ſel ſe décompoſe alors : l'acide muriatique, qui eſt un de ſes principes, ſe combine avec la chaux ; & l'ammoniaque, ſon autre principe, en ſe combinant avec le calorique, paſſe ſous la forme gaſeuſe. *Fig.* 115.

805. On ne pourroit pas recueillir le gas ammoniacal avec l'appareil à l'eau, parce que l'eau abſorbe très-promptement ce gas en le diſſolvant, & cette diſſolution de ce gas dans l'eau eſt de l'ammoniaque.

806. Le gas ammoniacal n'eſt donc autre choſe que de l'ammoniaque privé d'eau (618), & dans l'état de la plus parfaite concentration, combiné avec le calorique qui lui fait prendre la forme gaſeuſe.

807. Mais ce gas ammoniacal ſi pur eſt lui-même compoſé d'une partie de gas hydrogène, dont nous allons parler dans l'inſtant (815 & *ſuiv.*), & de ſix parties de gas azotique (673). En voici la preuve, fournie par M. *Bertholet* de l'Académie des Sciences.

808. EXPÉRIENCE. Dans une cloche pleine de mercure, mêlez enſemble du gas ammoniacal & du gas muriatique oxigéné (717). Le gas ammoniacal ſera promptement décompoſé : l'excès d'oxigène du gas muriatique ſe combinera avec l'hydrogène, baſe du gas hydrogène, l'une des parties conſtituantes du gas ammoniacal, & formera de l'eau : le gas muriatique, en perdant ſon excès d'oxigène, ſera devenu acide muriatique qui ſe diſſolvera dans cette eau : & il reſte un fluide aériforme, qui eſt du gas azotique, autre partie conſtituante du gas ammoniacal. Le

tout eſt accompagné de chaleur, qui eſt due à l'état de liberté que prend le calorique qui étoit combiné avec le gas hydrogène & avec le gas muriatique oxigéné.

809. Le gas ammoniacal eſt le plus léger de tous les gas ſalins, & même beaucoup plus léger que l'air athmoſphérique. Sa peſanteur ſpécifique eſt à celle de l'air, comme 53 eſt à 100; & à celle de l'eau diſtillée, comme 6,5357 eſt à 10000,0000. Le pouce cube de ce gas peſe 0,2440 de grain, & le pied cube 5 gros 61,6320 grains.

810. Le gas ammoniacal a une odeur pénétrante, & une ſaveur âcre & cauſtique. Il verdit promptement & fortement les couleurs bleues des végétaux.

811. Il ſe combine rapidement avec les gas acides carbonique, muriatique & ſulfureux, & forme ſur le champ des ſels neutres, en excitant beaucoup de chaleur qui eſt due à l'état de liberté que prend le calorique, qui étoit combiné avec ces gas, & qui leur donnoit l'état aériforme. Tous ces ſels ſont ammoniacaux.

812. Le gas ammoniacal ſuffoque les animaux, comme le font tous les autres gas ſuffoquans.

813. Quoiqu'il ne puiſſe pas ſervir à la combuſtion, & qu'il éteigne les corps enflammés, il eſt cependant légérement inflammable par le gas

hydrogène qui entre dans ſa compoſition (807); & par-là il augmente la flamme d'une bougie, & lui donne un volume un peu plus conſidérable avant de l'éteindre.

814. Le gas ammoniacal eſt promptement abſorbé & diſſous dans l'eau, & forme de l'ammoniaque pareil à celui dont on l'a extrait. Si l'eau eſt en état de glace, le gas ammoniacal la fait fondre ſur le champ en produiſant du froid, parce qu'il faut une grande quantité de calorique combinée avec la glace, pour la faire fondre (1098). Au contraire, le gas ammoniacal produit de la chaleur, en ſe diſſolvant dans l'eau déjà fluide, parce que cette eau n'ayant pas beſoin d'une nouvelle quantité de calorique, celui du gas prend l'état de liberté.

ORDRE III.

Gas inflammables ou hydrogènes.

815. Les gas hydrogènes, connus ſous le nom de *gas inflammables* (604), ſe trouvent naturellement dans les vaſes des eaux bourbeuſes & des marais; dans les mines, ſoit métalliques, ſoit de charbon de terre; dans les entrailles des animaux. Ils s'exhalent des latrines, des cimetieres, en un mot de tous les lieux où il y a des matieres animales ou végétales en putréfaction;

& de là ils s'élevent dans l'athmoſphere. Mais dans tous ces cas ils ne ſont jamais bien purs.

816. On peut obtenir le gas hydrogène dans ſon état de pureté par le ſecours de l'Art, & cela en décompoſant l'eau, puiſque ſa baſe eſt une des parties conſtituantes de l'eau (620); c'eſt pourquoi on a donné à cette baſe le nom d'*hydrogène*, c'eſt-à-dire, *générateur de l'eau*. Cette baſe eſt juſqu'à préſent inconnue : on ne ſait quelle eſt cette ſubſtance, parce qu'on ne peut pas la ſéparer du calorique qui lui donne la forme gaſeuſe, ſans la fixer dans un autre corps.

817. Il eſt bien prouvé aujourd'hui que l'eau n'eſt point un être ſimple, qu'elle eſt compoſée de la baſe de l'air pur, appelée *oxigène*, & de la baſe du gas hydrogène ou inflammable, appelée *hydrogène*; ſavoir, 17 parties d'oxigène & 3 parties d'hydrogène; ou, ce qui eſt la même choſe, ſuivant les expériences faites par M. *Lavoiſier*, de 85 parties d'oxigène & 15 parties d'hydrogène, meſurant par le poids : de ſorte que pour former 70 livres ou un pied cube d'eau, il faut 634 pieds cubes 1152 pouces cubes d'air pur, qui peſent 59 livres 8 onces, & 1513 pieds cubes 887 $\frac{15}{17}$ pouces cubes de gas hydrogène qui peſent 10 livres 8 onces : le tout, brûlé enſemble, formeroit un pied cube ou 70 livres d'eau.

818. On obtiendra donc du gas hydrogène de l'eau, toutes les fois qu'on mettra en contact avec cette eau un corps sur lequel on fera agir un acide ou qu'on chauffera, & qui aura une plus grande affinité avec l'oxigène que ce dernier n'en a avec l'hydrogène. Le fer & le zinc, ainsi que le charbon & les huiles, sont de cette espece.

819. EXPÉRIENCE. Dans un flacon garni d'un tube recourbé (*fig.* 114.), mettez du fer ou du zinc en limaille : versez par-dessus de l'acide sulfurique très-affoibli avec de l'eau. Il s'excitera une fermentation accompagnée de chaleur. Laissez échapper l'air du vaisseau ; après quoi engagez le bout du tube recourbé sous une cloche pleine d'eau, placée sur l'appareil pneumato-chimique : vous verrez passer un fluide élastique qui est du gas hydrogène.

Fig. 114.

820. Le fer ou le zinc, qui a plus d'affinité avec l'oxigène que n'en a ce dernier avec l'hydrogène, se combine avec l'oxigène de l'eau, & prend l'état d'oxide : & l'hydrogène, demeuré libre, se combine avec le calorique, & passe sous la forme gaseuse. On voit pourquoi on n'obtiendroit point de gas hydrogène, si l'acide étoit trop concentré & qu'il n'y eût pas d'eau, puisque c'est ici l'eau seule qui peut le fournir.

821. On obtiendroit le même gas, en substituant à l'acide sulfurique, ou l'acide muriatique,

ou les acides végétaux du vinaigre & du tartre, ou même l'acide carbonique.

822. On obtiendra encore le gas hydrogène par la chaleur ſeule.

823. EXPÉRIENCE. Faites paſſer de l'eau goutte à goutte au travers d'un canon de fer rougi au milieu des charbons ardens : que ce canon ſoit terminé par un tube recourbé, engagé ſous une grande cloche pleine d'eau, placée ſur l'appareil pneumato-chimique. Il paſſera dans la cloche un fluide aériforme très-abondant, qui eſt du gas hydrogène. Il n'y a jamais eu d'expérience de ce genre plus belle que celle qu'a faite M. *Lavoiſier*.

824. Dans cette expérience, l'oxigène de l'eau ſe combine avec le fer qu'il réduit à l'état d'oxide : & l'hydrogène, demeuré libre, ſe combinant avec le calorique, forme le gas hydrogène qui paſſe ſous la cloche. Le poids de ce gas, plus le poids dont celui du fer eſt augmenté, ſont juſte le poids de l'eau qui manque. Voici l'analyſe.

825. EXPÉRIENCE. Si enſuite l'on brûle enſemble, dans un vaiſſeau convenable & qui ne laiſſe rien échapper, 634 pouces cubes 1152 lignes cubes d'air pur, qui peſent 317 $\frac{1}{2}$ grains, & 1513 pouces cubes 887 $\frac{13}{17}$ lignes cubes de gas hydrogène, qui peſent 56 grains, les deux poids enſemble faiſant 373 $\frac{1}{2}$ grains, on aura un pouce cube d'eau, dont le poids eſt auſſi 373 $\frac{1}{2}$ grains.

car le calorique ne pese point. Il en est de même dans tous les fluides aériformes : leur poids est dû en entier à leur base. Voici la synthese. Cette belle expérience est encore due à M. *Lavoisier*.

826. Qu'on n'objecte pas ici que l'eau qu'on croit produite dans cette expérience, étoit tenue en dissolution dans les deux fluides aériformes, & qu'elle en faisoit tout le poids. Voici des faits qui prouvent que cette objection n'est pas fondée.

827. On sait qu'on n'obtiendroit point de gas hydrogène, si, dans les expériences ci-dessus, on substituoit du cuivre au fer ou au zinc. Cela vient de ce que le cuivre ne peut pas décomposer l'eau, comme le font le fer & le zinc, parce que le cuivre a moins d'affinité avec l'oxigène, que n'en a ce dernier avec l'hydrogène. Mais, par cette raison-là même, le gas hydrogène peut enlever l'oxigène à l'oxide de cuivre & le revivifier : & dans ce cas-là il se forme de l'eau.

828. EXPÉRIENCE. Dans une cloche pleine de mercure, placée sur l'appareil au mercure, faites passer une quantité connue de gas hydrogène bien pur, par exemple, 500 pouces cubes, qui pesent 18 $\frac{1}{2}$ grains : placez dans un petit vase flottant sur le mercure de l'intérieur de la cloche, de l'oxide de cuivre : & faites tomber, sur cet oxide de cuivre, le foyer d'un verre ardent. Le gas sera absorbé, le cuivre revivifié, le mercure

remontera dans la cloche, & la surface du mercure & les parois intérieures de la cloche seront couvertes de petites gouttelettes d'eau.

829. Dans cette expérience, l'oxigène, qui avoit réduit le cuivre à l'état d'oxide, abandonne cet oxide, se combine avec l'hydrogène du gas, avec lequel il a plus d'affinité qu'il n'en a avec le cuivre, & cette combinaison forme de l'eau. Il est vrai qu'il est difficile ici de mesurer exactement la quantité d'eau produite : mais il est aisé de voir qu'il y en a un poids beaucoup plus considérable que celui des 500 pouces cubes de gas hydrogène employés. Il est possible que, dans ce cas-là, il y ait plus de 123 grains d'eau produits. On ne peut pas dire que ces 123 grains d'eau étoient tenus en dissolution dans une quantité de gas qui ne pesoit que 18 $\frac{1}{2}$ grains. Donc l'eau qui résulte de ces expériences n'est pas celle qu'on suppose tenue en dissolution dans les fluides aériformes qu'on emploie : donc il y en a de nouvelle de produite.

830. On peut encore obtenir du gas hydrogène par le moyen des substances animales & végétales combustibles par leur analyse à feu nud. C'est toujours l'eau de ces substances qui en fournit la plus grande partie en se décomposant : car son oxigène se combine avec ces substances ; &

ſon hydrogène, ſe combinant avec le calorique, paſſe ſous la forme de gas.

831. Il n'y a donc qu'une ſeule eſpece de gas hydrogène, en quelque endroit qu'on le trouve, & quelles que ſoient les matieres qu'on emploie pour l'extraire. Il ne peut être que mêlé de différentes ſubſtances, ou en tenir quelques-unes en diſſolution; & c'eſt ce qui forme ſes variétés, qui ſont au nombre de cinq; ſavoir, le gas hydrogène ſulfuré, le gas hydrogène phoſphoré, le gas hydrogène carboné, le gas hydrogène carbonique, & le gas hydrogène des marais. Nous parlerons ci-après de toutes ces variétés. Examinons d'abord les propriétés du gas hydrogène pur & ſans mélange.

11. *Gas hydrogène pur.*

832. Le gas hydrogène pur a une odeur forte & déſagréable.

833. Il ne donne aucune marque d'acidité. Il ne précipite point la chaux diſſoute dans l'eau: il ne rougit point la teinture de tourneſol.

834. EXPÉRIENCE. Si, dans un tube plein de ce gas, on met un peu d'eau de chaux, ou de teinture de tourneſol, l'eau de chaux ne devient point laiteuſe, & la couleur de la teinture de tourneſol n'eſt point changée.

835. Lorſque le gas hydrogène eſt bien pur, il ſe conſerve ſans altération dans des bouteilles bien bouchées : il s'y conſerveroit de même, quoiqu'il y eût de l'eau, parce qu'il n'y eſt point du tout ſoluble.

836. Le gas hydrogène pur eſt le plus léger de tous les fluides élaſtiques. Sa peſanteur ſpécifique eſt à celle de l'air, comme 8,04 eſt à 100,00 ; & à celle de l'eau diſtillée, comme 0,9911 eſt à 10000,0000. Le pouce cube de ce gas peſe 0,0370 de grains ; & le pied cube 63,9360 grains.

837. Le gas hydrogène ſuffoque les animaux, comme le font tous les gas ſuffoquans, mais en leur cauſant de vives convulſions.

838. Quoique ce gas ſoit un des êtres qui s'enflamment le plus aiſément, cependant il éteint les corps enflammés qu'on y plonge, comme, par exemple, une bougie allumée. Cette bougie, en entrant dans le gas, l'enflamme à ſa ſurface, tandis qu'elle s'éteint dans l'intérieur du gas ; & il arrive ſouvent qu'en la retirant, elle ſe rallume.

839. Ce gas, quand il n'eſt point mêlé d'air, ne brûle donc qu'à ſa ſurface, parce qu'il ne peut jamais s'enflammer que dans l'endroit où il eſt en contact avec l'air.

840. EXPÉRIENCE. Rempliſſez un vaſe long & étroit (*fig.* 121.) de gas hydrogène, & l'enflam- *Fig.* 121.

mez avec une bougie allumée ; vous le verrez brûler tranquillement, à la maniere de l'eſprit-de-vin.

841. Mais ſon inflammation eſt d'autant plus prompte & plus complette, que ſes contacts avec l'air ſont plus multipliés.

842. EXPÉRIENCE. Dans une bouteille de chopine, mettez une partie de gas hydrogène & deux parties d'air athmoſphérique, & préſentez au goulot de la bouteille une bougie allumée. Le gas s'enflamme dans l'inſtant, & brûle avec une rapidité incroyable, en produiſant une détonation vive, ſemblable à celle de la poudre à canon.

843. Si le gas hydrogène étoit mêlé d'air pur, ſa détonnation ſeroit conſidérablement plus forte.

844. EXPÉRIENCE. Dans la même bouteille (842), mettez deux parties de gas hydrogène & une partie d'air pur, & allumez le mélange, comme dans l'expérience précédente. La détonnation ſera très-violente. Elle peut l'être, au point de caſſer la bouteille, quoiqu'elle ſoit ouverte. C'eſt pourquoi il faut prendre la précaution d'envelopper la bouteille d'un torchon, qui, en cas de rupture, en retiendroit les morceaux, & empêcheroit qu'on n'en fût bleſſé.

845. Le gas hydrogène s'enflamme auſſi par une étincelle électrique, quoique très-petite.

Fig. 122. 846. EXPÉRIENCE. Dans le vaſe *a g* (*fig.* 122.)

que je suppose de métal & garni d'une tige recourbée aussi de métal *b c d*, qui enfile un tuyau de verre *a* mastiqué dans le couvercle du vase, afin de l'isoler, faites passer deux parties d'air athmosphérique & une partie de gas hydrogène : bouchez bien le goulot *g* avec un bon bouchon de liege ; présentez, à un corps actuellement électrisé, la petite boule de métal *b*. Il s'excitera une étincelle électrique entre cette boule & le corps électrisé (2579) : il s'en excitera une seconde entre la boule *d* & le bord du vase (2581). Ce sera cette seconde étincelle qui enflammera le gas. Comme l'explosion se fera dans un vaisseau fermé, la détonnation sera très-violente, & le bouchon sera chassé avec assez de force pour blesser quelqu'un sur lequel il porteroit : ce à quoi il faut bien prendre garde. Car si, comme l'a fait M. *Volta*, on adaptoit au goulot *g* de notre vase, un petit canon chargé d'une balle, le gas, en détonnant, la chasseroit avec assez de force pour, à la distance de 25 pas, percer une planche de chêne d'un pouce d'épaisseur.

847. Le gas hydrogène est capable de décomposer l'acide sulfurique, & de le faire passer à l'état d'acide sulfureux ; car sa base ou l'hydrogène, ayant avec l'oxigène plus d'affinité que n'en a le soufre ; son hydrogène, dis-je, se combineroit avec une partie de l'oxigène de l'acide

ſulfurique, & le réduiroit par-là à l'état d'acide ſulfureux ; & cette combinaiſon formeroit de l'eau.

848. Nous avons dit (815) que le gas hydrogène s'exhale des mines, des eaux bourbeuſes, des marais, des latrines, des cimetieres, &c. Il eſt aiſé de concevoir qu'il eſt la matiere des feux follets qu'on voit au deſſus de ces endroits.

849. Sa légéreté (836) lui permet de s'élever aſſez haut dans l'athmoſphere ; &, comme il peut s'enflammer par une étincelle électrique (846), il eſt probable qu'il s'enflamme ainſi ſouvent dans les orages, & qu'il augmente alors la détonnation du tonnerre. Voilà, ſans doute, pourquoi le tonnerre eſt plus fréquent & plus fort dans certains lieux. Quand ce gas détonne ainſi, il brûle ; alors ſa baſe ou l'hydrogène ſe combinant avec l'oxigène de l'air, forme de l'eau qui tombe en pluie. En effet, dans les orages il y a ſouvent des pluies violentes & ſubites, après quelques coups de tonnerre.

850. Le gas hydrogène eſt devenu un fluide intéreſſant pour les Phyſiciens, & ſur-tout pour les Aéronautes, depuis qu'on s'en eſt ſervi pour remplir les machines ou ballons aéroſtatiques. Sa légéreté ſpécifique (836) eſt la cauſe de l'aſcenſion de ces ballons.

851.

851. On a cherché auſſi à le ſubſtituer à des matières combuſtibles, dans des réchauds & des lampes. M. *Neret* a donné la deſcription d'un réchaud à gas hydrogène dans le Journal de Phyſique (*Janvier* 1777). MM. *Furſtenberger*, Phyſicien de Bâle, *Brander*, Mécanicien d'Augsbourg, *Ehrmann*, Démonſtrateur de Phyſique à Strasbourg, ont imaginé des lampes à gas hydrogène, que l'on peut allumer la nuit par le moyen d'une étincelle électrique. Mais il faut prendre bien des précautions pour empêcher qu'il ne s'introduiſe, dans la lampe, de l'air athmoſphérique, qui occaſionneroit une vive détonnation & la rupture du vaiſſeau, au grand danger des aſſiſtans.

852. Enfin on en fait des feux d'artifice fort agréables ſans fumée & ſans bruit, en en rempliſſant des veſſies garnies de robinets de cuivre (*fig.* 123.), & en en introduiſant, à l'aide de ces veſſies, dans des tubes cylindriques différemment contournés, & percés d'un grand nombre de très-petites ouvertures. En preſſant ces veſſies plus ou moins fort, ſuivant le beſoin, le gas hydrogène paſſe dans les tubes, ſort par toutes les ouvertures qui y ſont pratiquées, & on l'enflamme avec une bougie allumée : après quoi il continue de brûler juſqu'à ce que, fermant les robinets, on en interrompe le cours. Perſonne n'a fait des *Fig.* 123.

choſes plus agréables dans ce genre, que M. *Diller*, Démonſtrateur de Phyſique à la Haye: ſes feux d'artifice préſentent différentes figures, ſoit immobiles, ſoit mobiles, & ſont ornés de pluſieurs couleurs: &, ce qu'il y a d'agréable, c'eſt qu'il n'y a aucun danger à craindre, parce que les gas qu'il emploie ne ſont pas détonnans. La flamme blanche eſt produite par le gas hydrogène extrait par le charbon de terre. Le mélange de partie égale d'air athmoſphérique avec ce gas, produit la couleur bleue. Le gas hydrogène pur fournit le rouge; & ſi l'on y mêle, en ſoufflant, du gas expiré, qui eſt du gas acide carbonique & du gas azotique (669), il y ajoute une teinte de bleu.

853. Il eſt certain maintenant que le gas hydrogène eſt une ſubſtance d'une nature déterminée, toujours la même, & dont il n'y a qu'une ſeule eſpece; & dans la combinaiſon de laquelle il entre une grande quantité de calorique qui y eſt peu lié, & preſque dans l'état de feu libre. Mais cette eſpece de gas peut ſe mêler avec d'autres ſubſtances, & en tenir quelques-unes en diſſolution: c'eſt ce qui forme ſes variétés dont nous allons parler.

12. *Gas hydrogène ſulfuré.*

854. Le gas hydrogène ſulfuré eſt celui qui

tient du ſoufre en diſſolution (621), & qui eſt connu ſous le nom de *gas hépatique*. M. *Gengembre*, qui en a fait l'analyſe, le regarde comme formé de gas hydrogène pur & de ſoufre très-diviſé. C'eſt ce ſoufre, qu'il tient en diſſolution, qui lui donne ſes caracteres diſtinctifs.

855. On obtient ce gas des ſulfures ſolides, en les décompoſant par les acides affoiblis d'eau, dans des appareils pneumato-chimiques. Le ſulfure s'empare de l'oxigène de l'eau; & l'hydrogène, ſe combinant avec une partie du ſoufre & du calorique, forme ce gas.

856. Le gas hydrogène ſulfuré a une odeur très-fétide.

857. J'ignore quelle eſt ſa peſanteur ſpécifique; mais il eſt certainement beaucoup plus peſant que le gas hydrogène pur; & il eſt ſoluble dans l'eau. C'eſt, ſans doute, le ſoufre qui le rend ainſi ſoluble & plus peſant.

858. Ce gas a, comme les autres, la propriété de ſuffoquer les animaux. Il verdit le ſirop de violettes.

859. L'air pur qu'on y mêle, le décompoſe par la combinaiſon de ſon oxigène avec l'hydrogène de ce gas; &, par-là, en fait précipiter le ſoufre. Par la même raiſon, il eſt décompoſé de même, & ſon ſoufre précipité, par l'acide nitreux, par l'acide ſulfureux, &, dans certaines

circonſtances, par l'acide muriatique oxigéné : dans tous ces cas il y a de l'eau de formée.

860. Le gas hydrogène ſulfuré s'allume par le contact des corps enflammés, & même par l'étincelle électrique. Il brûle avec une flamme d'un bleu rougeâtre ; &, en brûlant, il dépoſe, ſur les parois des vaſes qui le contiennent, du ſoufre, lequel ne peut pas brûler par la petite chaleur ſuffiſante pour brûler le gas.

861. C'eſt le gas hydrogène ſulfuré qui minéraliſe les eaux ſulfureuſes, telles que les eaux d'Enghien, de Bonnes, de Baredge, de Cauteretz, &c.

13. *Gas hydrogène phoſphoré.*

862. Le gas hydrogène phoſphoré eſt celui qui tient du phoſphore en diſſolution (622). Il a été découvert par M. *Gengembre*, qui l'a obtenu en faiſant bouillir une leſſive de potaſſe avec moitié de ſon poids de phoſphore coupé en petits morceaux, & en recevant le fluide aériforme, qui s'en eſt dégagé, dans des cloches pleines de mercure.

863. On ne pourroit pas le recueillir ſur l'eau, parce qu'il y eſt très-ſoluble. C'eſt, ſans doute, le phoſphore qui lui donne cette ſolubilité dans l'eau.

864. Le gas hydrogène phoſphoré a une odeur très-fétide.

865. Il suffoque les animaux.

866. Il s'enflamme par le seul contact de l'air, en produisant une explosion qui seroit très-forte & peut-être même dangereuse, si l'on en présentoit à l'air une trop grande quantité à la fois: il n'en faut présenter que fort peu; une bulle, à peu près grosse comme une aveline, suffit. C'est le phosphore que ce gas tient en dissolution, qui, s'allumant par le contact de l'air, communique son inflammation au gas. Pendant qu'il brûle, il en part une fumée qui, dans l'air calme, forme une espece de couronne circulaire qui augmente de diametre en s'élevant. Cette fumée est de l'acide phosphorique (637) concret.

867. Expérience. Si, dans une cloche en partie pleine de gas hydrogène phosphoré, & placée sur l'appareil pneumato-chimique au mercure, on fait passer de l'air pur, le gas s'enflamme avec un éclat admirable; il brûle avec une très-grande rapidité, en produisant une épaisse fumée blanche: & il s'excite une chaleur & une raréfaction si considérables, que la cloche se brise, si elle n'est pas de verre très-épais.

14. *Gas hydrogène carboné.*

868. Le gas hydrogène carboné est celui qui tient du carbone en dissolution (623).

869. On sait aujourd'hui que le charbon,

quoique très-fixe dans des vaiſſeaux fermés & aux feux ordinaires, contient cependant un principe charbonneux (appelé *carbone*) ſuſceptible d'être réduit en vapeurs à l'aide d'une très-forte chaleur, & d'être diſſous dans des fluides aériformes. Le gas hydrogène ſur-tout jouit de la propriété de diſſoudre ainſi ce principe charbonneux. Il en entraîne donc ſouvent avec lui en prenant la forme gaſeuſe.

870. On obtient donc un gas hydrogène ainſi carboné, lorſqu'on fait agir, ſur de la fonte de fer ou ſur de l'acier, l'acide ſulfurique affoibli avec de l'eau, parce que l'un & l'autre tiennent un peu de matiere charbonneuſe. La fonte de fer l'a abſorbée dans les hauts fourneaux; & l'acier dans la cémentation: ce qui prouve bien que l'acier n'eſt pas un fer ſi pur que celui dont il a été formé.

871. Le gas hydrogène carboné eſt beaucoup plus peſant que le gas hydrogène pur. Ce n'eſt donc pas celui-là dont il faut ſe ſervir pour remplir les ballons aéroſtatiques: il ſeroit trop lourd, & exigeroit, dans le ballon, un trop grand volume.

872. On pourroit diſſoudre immédiatement du carbone dans du gas hydrogène, en faiſant tomber, dans le milieu d'une cloche pleine de ce gas, le foyer d'un verre ardent ſur du charbon flottant

au deſſus du mercure, qu'on ſuppoſe au fond de la cloche. De cette maniere on auroit un gas hydrogène carboné.

873. Le gas hydrogène carboné brûle avec une flamme bleue; & lance, pendant ſa combuſtion, de petites étincelles blanches ou rougeâtres.

15. *Gas hydrogène carbonique.*

874. Le gas hydrogène carbonique eſt celui qui eſt ſimplement mêlé de gas acide carbonique (735), mais ſans combinaiſon (624).

875. On l'obtient par la diſtillation de beaucoup de matieres végétales, & en particulier du tartrite acidule de potaſſe & de tous les ſels tartareux, des ſels acéteux, des bois durs, du charbon de terre, du charbon qui brûle à l'aide de l'eau, &c.

876. Le gas hydrogène carbonique brûle aſſez difficilement; cependant, quoique le mélange fût compoſé de trois parties de gas acide carbonique & d'une partie ſeulement de gas hydrogène pur, cela ne le feroit pas ceſſer d'être inflammable.

877. On peut ſéparer le gas hydrogène du gas acide carbonique qui lui eſt mêlé, par l'eau de chaux & par les alkalis, avec leſquels le gas acide carbonique ſe combine.

878. On peut faire artificiellement du gas

hydrogène carbonique, en mêlant du gas hydrogène pur avec du gas acide carbonique, en telle proportion qu'on voudra : ce qui prouve que ce gas n'eſt ni une eſpece particuliere, ni même une variété du gas hydrogène ; ce n'eſt qu'un ſimple mélange de deux gas.

16. *Gas hydrogène des marais.*

879. Le gas hydrogène des marais, appelé, par M. *Volta*, *air* ou *gas inflammable des marais*, eſt celui qui eſt ſimplement mêlé avec de la mofette ou gas azotique (625).

880. Il ſe dégage des eaux bourbeuſes des marais, des mares, des étangs, des égouts, des latrines, & de tous les lieux où des matieres animales pourriſſent dans l'eau. Il eſt donc le produit de la putréfaction de quelques matieres végétales, & de preſque toutes les ſubſtances animales.

881. Il n'eſt qu'un ſimple mélange, & ſans combinaiſon, du gas hydrogène pur (852) & du gas azotique (673). Car de la combinaiſon de ces deux fluides il réſulteroit du gas ammoniacal (807), qui ſeroit ſoluble dans l'eau (805) : & le gas hydrogène des marais ne l'eſt pas. C'eſt à M. *Bertholet* de l'Académie des Sciences, qu'on doit la connoiſſance exacte de ce gas.

882. Le gas hydrogène des marais brûle avec une flamme bleue.

883. Il ne détonne que difficilement avec l'air pur. Lorſqu'on l'a fait détonner dans l'eudiometre de M. *Volta*, on a trouvé des gouttes d'eau, & un réſidu de gas azotique plus ou moins pur. L'eau réſulte de la combinaiſon de l'hydrogène du gas avec l'oxigène de l'air pur; & la moſette ou azote demeure ſous la forme gaſeuſe.

Pour comparer aiſément les peſanteurs ſpécifiques des fluides élaſtiques, je place ici, ſous un coup d'œil, toutes celles qui ſont connues.

884. *Peſanteurs ſpécifiques des fluides élaſtiques, comparées à celle de l'Air.*

Air athmoſphérique	100,0000.
Air pur ou gas oxigène	108,6795.
Gas azotique	96,6040.
Gas nitreux	105,6365.
Gas acide carbonique	151,0642.
Gas acide muriatique	173,2344.
Gas acide ſulfureux	206,0560.
Gas ammoniacal	53,0353.
Gas hydrogène pur	8,0425.

885. *Pesanteurs spécifiques des Fluides élastiques, comparées à celle de l'Eau.*

Eau distillée.....	10000,0000.
Air athmosphérique	12,3233.
Air pur ou gas oxigène....	13,3929.
Gas azotique.....	11,9048.
Gas nitreux.....	13,0179.
Gas acide carbonique.....	18,6161.
Gas acide muriatique.....	21,3482.
Gas acide sulfureux.....	25,3929.
Gas ammoniacal.....	6,5357.
Gas hydrogène pur.....	0,9911.



CHAPITRE XI.

Des Propriétés de l'Air.

886 NOUS avons vu ci-deſſus (643 *& ſuiv.*) quelle eſt la nature de l'air. Nous avons prouvé qu'il eſt un mélange de deux fluides élaſtiques, dont l'un (l'air pur ou gas oxigène (647)) ne compoſe qu'environ le quart de ſon volume; & l'autre (le gas azotique (673)), en compoſe environ les trois quarts. Le premier de ces fluides eſt le ſeul propre à l'entretien de la vie des hommes & des animaux (662), & à la combuſtion des corps (664) : le ſecond, s'il étoit ſeul, nous ſuffoqueroit très-promptement, & éteindroit ſubitement les corps enflammés qu'on y plongeroit (688). Il eſt vrai que ſi nous reſpirions le premier ſeul & ſans mélange, il pourroit auſſi nous faire périr aſſez vîte, par la chaleur ardente qu'il imprimeroit à tout notre être (663). Admirons donc la Providence dans la compoſition & le mélange du fluide qu'elle nous a donné à reſpirer. Cet air ſi pur, & ſi propre à l'entretien de la vie, peut être comparé aux liqueurs ſpiritueuſes, qui ſont bonnes en elles-mêmes, mais dont il faut uſer ſobrement.

887. L'air environne de toutes parts le globe terreſtre, & lui ſert, en quelque maniere, d'enveloppe. C'eſt cette enveloppe que l'on appelle *athmoſphere*. Nous devons donc conſidéret l'air ſous deux différens rapports : 1°. en lui-même ; 2°. comme formant l'athmoſphere. En cette derniere qualité, l'air a des propriétés qu'il n'a pas lorſqu'on n'en conſidere qu'une portion, & qu'on fait abſtraction de ce qui s'y mêle d'étranger.

L'Air conſidéré en lui-même.

888. L'air eſt, comme tous les autres fluides permanens de cette eſpece (590), peſant, compreſſible, élaſtique, tranſparent, ſans couleur, inviſible & incondenſable en liqueur par le froid.

889. Il ne devient jamais partie conſtituante d'aucun corps ; mais ſes baſes (610), ſavoir, l'oxigène & l'azote, entrent dans la compoſition d'un grand nombre : l'oxigène entre dans la compoſition de tous les acides, de tous les oxides, &c. & l'azote dans celle des animaux & de quelques végétaux, pourvu que ces baſes ceſſent d'être combinées avec le calorique.

890. Tant qu'elles demeurent ainſi combinées, elles forment un fluide, qui ne ceſſe jamais de l'être : & cette fluidité eſt cauſée par l'élaſticité, qui tend toujours à dilater la maſſe, & qui conſerve la mobilité reſpective des parties. Si l'air

n'étoit que compreſſible, il pourroit former un corps dur, comme le fait la neige fortement preſſée.

891. L'air adhere aſſez fortement à la ſurface des corps. Il eſt aiſé de s'en convaincre. Qu'on mette de l'eau dans un vaſe, qu'on fait chauffer: la couche d'air adhérente aux parois du vaſe, & qui ſe trouve alors entre l'eau & ces parois, y devient ſenſible par ſa raréfaction (22), cauſée par la chaleur. Elle deviendroit de même ſenſible dans le vide, par ſa dilatation (39) occaſionnée par ſon reſſort.

892. Nous avons prouvé ci-devant (301) que *l'air eſt un fluide peſant*. Il ne s'agit plus que de ſavoir quelle eſt ſa peſanteur ſpécifique. Cette peſanteur eſt le poids que peſe un corps ſous un volume connu & déterminé, comme, par exemple, un pouce cube ou un pied cube (331). Un moyen ſimple, &, à mon avis, le plus ſûr, de connoître la peſanteur ſpécifique de l'air, eſt le ſuivant.

893. Il faut ſe munir d'un matras (*fig.* 124.) d'une capacité un peu grande, comme, par exemple, d'environ un demi-pied cube, garni d'un robinet R. On connoît le poids exact de ce matras, vidé d'air, en le peſant avec une excellente balance. Enſuite on cherche à connoître bien exactement ſa capacité, en le peſant plein *Fig.* 124.

d'eau diſtillée. En retranchant du poids total le poids du matras vidé d'air trouvé précédemment, on a le poids de l'eau qu'il contient. Comme le pouce cube de cette eau peſe 373 $\frac{1}{3}$ grains, en diviſant le poids, réduit en grains, de l'eau que contient le matras, par 373 $\frac{1}{3}$; le quotient de la diviſion donne le nombre de pouces cubes que contient le matras. Ce matras étant bien ſéché, il ne s'agit plus que de le peſer de nouveau, étant rempli d'air; on retranche encore, du poids qui le tient en équilibre, le poids du matras vidé d'air : le reſte donne le poids de l'air contenu dans le matras. On a donc, 1°. le poids du matras vide de toute ſubſtance; 2°. la capacité de ce matras, ou le nombre de pouces cubes qu'il contient; 3°. le poids de ce nombre de pouces cubes d'eau diſtillée; 4°. le poids de ce même nombre de pouces cubes d'air. Le rapport de ces deux derniers poids donne le rapport des peſanteurs ſpécifiques de l'eau & de l'air : car la peſanteur ſpécifique de l'air eſt à celle de l'eau, comme le poids du pouce cube d'air eſt à celui du pouce cube d'eau. Et l'on a le poids du pouce cube d'air, en diviſant le poids de l'air contenu dans le matras, par le nombre de pouces cubes que contient ce matras. C'eſt ainſi qu'on a trouvé que la peſanteur ſpécifique de l'air eſt à celle de l'eau diſtillée, comme 12,3233

eſt à 10000,0000. D'où il ſuit que le pouce cube d'air peſe 0,4601 de grain : & le pied cube 1 once 3 gros 3 grains. Il faut donc près de 811 $\frac{1}{2}$ pieds cubes d'air, pour faire équilibre à 1 pied cube d'eau qui peſe 70 livres.

Ces expériences ont été faites, le barometre étant à 28 pouces, & le thermometre à 10 degrés au deſſus de zéro

894. Il faut avouer que ces moyens ne donnent pas la peſanteur ſpécifique de l'air avec une exactitude parfaite, parce que le matras que nous avons dit (893) devoir être peſé vidé de toute ſubſtance, ne peut pas être entiérement vidé d'air ; puiſqu'avec la meilleure machine pneumatique, on ne peut pas faire le vide parfait (917). Mais la portion d'air qui y demeure eſt ſi petite, qu'elle influe peu ſur le réſultat. D'ailleurs je ne connois pas de moyens de mieux faire.

895. Tous les fluides élaſtiques, dont nous avons parlé dans le Chapitre X, ont été peſés par les mêmes moyens. Et pour en remplir le matras, ſans mélange d'autres ſubſtances, on fait paſſer ces fluides l'un après l'autre, ſous une grande cloche de verre (*fig.* 125.), ouverte & garnie par le haut d'une virole de cuivre B & d'un robinet C, & placée ſur la tablette E F (*fig.* 112.) de l'appareil pneumato-chimique. *Fig.* 125. *Fig.* 112.

Enſuite, en adaptant le matras, bien vidé d'air, à cette cloche, en viſſant le robinet R du matras au robinet C de la cloche, & ouvrant les robinets, le matras ſe remplit du fluide que contient la cloche.

896. Puiſque l'air eſt un fluide peſant, on ne doit pas être ſurpris de ſentir une preſſion très-forte ſur la main, que l'on tient placée ſur l'ouverture ſupérieure d'un récipient, dans lequel on fait le vide par le moyen d'une machine pneumatique. Car ſi-tôt que l'air du récipient a été dilaté par l'action de la machine, il n'eſt plus capable de ſoutenir la preſſion de l'air extérieur, comme il l'auroit été s'il n'avoit pas changé de denſité (912). C'eſt donc la prépondérance de la preſſion de l'air extérieur qui attache la main au récipient; & cette preſſion eſt d'autant plus conſidérable, que l'ouverture du récipient eſt plus grande, parce qu'alors la colonne d'air a une plus large baſe (294).

897. Mais ce qui devroit ſurprendre, c'eſt que cette preſſion de l'air n'écraſe pas les grands récipiens, dans leſquels on a fait un vide approchant du parfait : car la preſſion de l'air ſur ces récipiens égale le poids d'une colonne de mercure, qui auroit pour baſe la largeur des récipiens, & pour hauteur environ 28 pouces (301). Or c'eſt un poids énorme à faire ſoutenir par

Fig. 113.



Fig. 114.

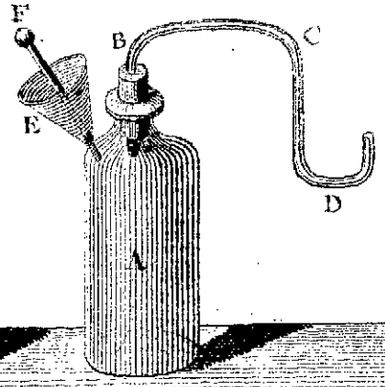


Fig. 116.



Fig. 117.



Fig. 119.

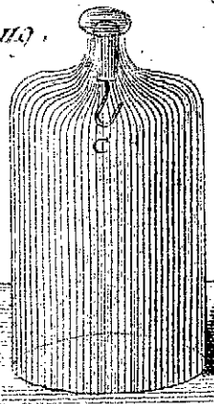


Fig. 122.

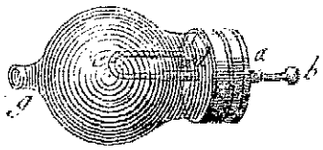


Fig. 118.

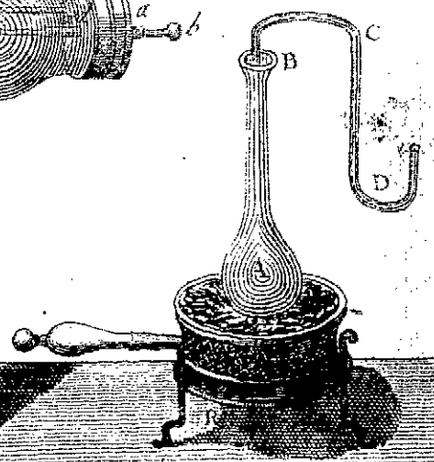


Fig. 112.

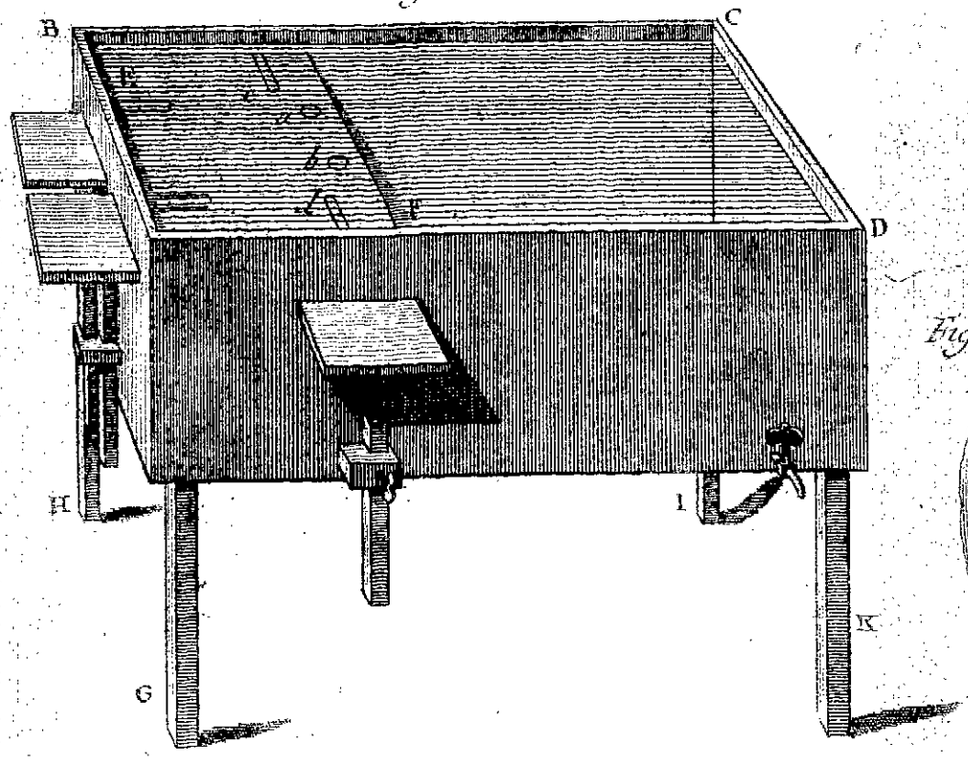


Fig. 123.



Fig. 115.

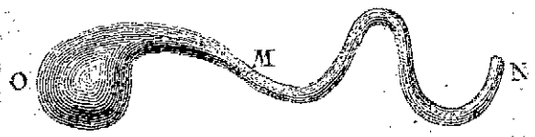


Fig. 120.

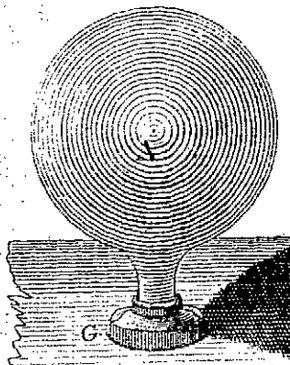


Fig. 121.



Benard Dureau.

par un vaſe de verre. Ce qui les garantit de cet accident, eſt leur figure arrondie en forme de cylindre (*fig.* 126.) ou de voûte (*fig.* 127.). La *Fig.* 126. *Fig.* 127. ſeule inſpection de ces figures fait voir que la ſurface extérieure eſt plus grande que l'intérieure : toutes les parties qui compoſent l'épaiſſeur, reſſemblent donc à celles dont on fait les cintres ; ce ſont autant de coins ou de pyramides tronquées, qui ſe ſoutiennent mutuellement contre la preſſion qui les pouſſe vers un axe ou un centre commun. La vérité de ce que nous avançons eſt clairement prouvée par l'expérience ſuivante.

898. EXPÉRIENCE. Appliquez à la machine pneumatique un récipient ouvert de part & d'autre (*fig.* 128.), & couvert d'une veſſie mouillée, *Fig.* 128. afin qu'elle s'y applique & le bouche bien par-deſſus. A meſure que vous ferez agir la pompe, pour vider le récipient, le poids de l'air extérieur fera prendre à cette veſſie tendue la forme d'une calotte renverſée ; & après quelques coups de piſton, elle crevera avec éclat. Avant que la pompe agiſſe, le reſſort de l'air intérieur fait équilibre à la preſſion extérieure (912) : mais à meſure qu'on diminue la force de ce reſſort, en diminuant la denſité de l'air du récipient, l'excès de force de la preſſion extérieure pouſſe la veſſie en dedans, & la fait enfin crever. Si, au lieu de veſſie, on mettoit ſur le récipient

une plaque mince de plomb ou de verre, avec un cuir interposé, pour bien boucher, la plaque de plomb seroit enfoncée dans le récipient, ou la plaque de verre seroit brisée en pieces. Un récipient de toute autre figure que la ronde, seroit brisé de même. Combien de fois n'est-il pas arrivé à des Chasseurs, qui portent du vin dans des bouteilles plates garnies d'osier, de casser leurs bouteilles en les portant à la bouche à demi-pleines, & en suçant pour boire? La succion dilate l'air intérieur; & le poids de l'air extérieur agissant sur les deux côtés plats, les porte l'un vers l'autre, & casse le vase. C'est cette pression de l'air extérieur qui fait adhérer les récipiens bien dressés à la platine de la machine pneumatique.

899. *L'air est un fluide compressible.* Il se comprime par son propre poids; de sorte que, dans un lieu bas, il est plus comprimé & a plus de densité que dans un lieu élevé. On pourroit le comparer à cet égard à des cardes de laine ou de coton: supposons qu'on en fasse cinq ou six cents, toutes de même longueur, de même largeur, de même épaisseur, & de même poids: qu'on les place toutes les unes sur les autres; on conçoit aisément que celle de dessous sera chargée du poids de toutes les autres; qu'en conséquence, elle sera applatie, elle aura un moindre volume avec

la même maſſe, & par conſéquent plus de denſité. La denſité de la carde qui ſeroit au deſſus, ſeroit un peu moindre, parce qu'elle ſeroit un peu moins chargée : & ainſi des autres, à meſure qu'on les conſidéreroit dans des places plus élevées. Il en eſt ainſi des différentes couches d'air, placées les unes au deſſus des autres, comme nous le prouverons ci-après (959). Mais il n'en eſt pas de même de l'eau, par exemple, qui n'eſt point ou preſque point compreſſible (27) : les différentes portions de la même maſſe d'eau ont la même denſité dans toute ſon épaiſſeur.

900. Mais quels rapports gardent entre elles la condenſation de l'air & la force qui le comprime ? *Boyle* & *Mariotte* ont imaginé une expérience qui répond à cette queſtion. La voici : EFG (*fig.* 129.) eſt un tuyau de verre recourbé en forme de ſiphon, dont la plus longue branche *d*E a environ 8 pieds de longueur, & la plus courte, 12 pouces, à compter de *d* en G. La partie *d*G doit être parfaitement cylindrique, & d'un diametre bien égal d'un bout à l'autre, afin que des longueurs égales donnent des capacités ſemblables. Le tuyau eſt ouvert en E, & fermé hermétiquement en G ; & il eſt ſolidement attaché ſur une forte planche, diviſée en pouces & en lignes de *d* en E & de *d* en G. *Fig.* 129.

Cet inſtrument étant placé verticalement, on y fait couler un peu de mercure, de maniere que le coude *h F d* en ſoit rempli. Avant d'y faire paſſer le mercure, le tuyau étoit rempli d'un air comprimé par le poids de l'athmoſphere (899), lequel poids eſt égal à celui d'une colonne de mercure de 28 pouces (301). En mettant du mercure dans le coude *d*, on diviſe cet air en deux portions, dont une *E d* eſt encore expoſée à la preſſion de l'athmoſphere, avec laquelle elle communique : & l'autre *d G* doit être conſidérée comme un reſſort précédemment tendu par le poids de l'athmoſphere.

901. Maintenant, ſi dans la longue branche on ajoute du mercure, de maniere qu'il y en ait 14 pouces au deſſus de ſon niveau dans la courte branche, on aura augmenté d'un tiers la preſſion qui a lieu ſur la colonne d'air *d G*; & cette colonne ſera diminuée d'un tiers, c'eſt-à-dire que de 12 pouces elle ſera réduite à 8. Si on en ajoute 28 pouces, on aura doublé la preſſion, & la colonne ſera diminuée de moitié, & réduite à 6 pouces. Si on en ajoute 56 pouces, on aura triplé la preſſion, & la colonne ſera diminuée des deux tiers, & réduite à 4 pouces. Si on en ajoute 84 pouces, on aura quadruplé la preſſion; & la colonne ſera diminuée des trois quarts, & réduite à 3 pouces.

902. On doit conclure de là, que *l'air comprimé diminue de volume dans le même rapport dans lequel la compreſſion augmente.* Et comme la diminution du volume eſt une vraie condenſation (25), il ſuit de là, que *l'air ſe condenſe en raiſon directe des poids dont il eſt chargé.*

903. Il eſt cependant très-probable que cette proportion n'a pas lieu dans les degrés extrêmes, car on ne connoît aucun corps qui puiſſe être comprimé à l'infini. Il y a apparence qu'il exiſte un terme au delà duquel l'air ne pourroit plus être comprimé, quelle que fût la force qu'on y appliquât. Mais on ignore quel eſt ce terme. Il paroît par les expériences que *Boyle* a faites, qu'il a, par compreſſion, réduit l'air à la 13^e^. partie de ſon volume. D'autres ont été beaucoup plus loin : ſur-tout *Hales* (*Statique des végét. Append. pag.* 389), qui, en comprimant l'air par une force égale à 37 fois le poids de l'atmoſphere, dit l'avoir réduit à la 38^e^. partie de ſon volume ; & plus bas (*pag.* 392), il prétend l'avoir réduit à la 1838^e^. partie de ſon volume : de ſorte que, par cette compreſſion, il ſeroit devenu plus de deux fois auſſi denſe que l'eau, ce qui eſt bien difficile à croire. En effet, la conſéquence qu'il tire de ſon expérience, eſt bien haſardée ; car il calcule la force qui a été néceſſaire pour faire crever la bombe, dont il s'eſt ſervi pour

cette expérience, & en conſéquence la force qui a comprimé l'air : il calcule, dis je, ces forces d'après celle qui s'eſt trouvée néceſſaire pour faire rompre un fil de fer de 1 $\frac{1}{2}$ ligne de diametre. Mais ce fil étoit de fer battu & très-doux, & ſa bombe étoit de fer fondu & très-aigre : or ce dernier fer oppoſe, à ſa rupture, une réſiſtance de beaucoup inférieure à celle qu'y oppoſe le fer doux. De plus, le tuyau qui contenoit l'air s'eſt trouvé caſſé en pluſieurs morceaux ; on n'a donc pas pu apprendre, par cette expérience, juſqu'à quel point l'air a été condenſé : & quand la force qu'il a employée auroit eu toute l'intenſité qu'il prétendoit, il a pu ſe faire que l'air, condenſé juſqu'à un certain point, ait ceſſé de céder à la preſſion.

904. *Amontons* a penſé que cette condenſation de l'air pouvoit encore aller plus loin que ne l'a cru *Hales*. Car il a prétendu (*Mém. de l'Acad. an.* 1703, *pag.* 104), d'après la regle établie ci-deſſus (902), que la partie inférieure d'une colonne d'air, prolongée de 19 lieues vers le centre de la terre, auroit, à cette profondeur, une denſité égale à celle de l'or.

905. *L'air eſt un fluide élaſtique ;* & ſon élaſticité tend toujours à dilater ſa maſſe. Suppoſons une veſſie bien bouchée, & ne contenant qu'une petite quantité d'air. Tant que cette veſſie ſera

expoſée à la preſſion de l'athmoſphere, elle demeurera dans ſon état, de maniere que l'air qu'elle contient ſera de même denſité que celle de l'air extérieur.

906. Mais ſi l'on place cette veſſie ſous le récipient de la machine pneumatique, & qu'on y faſſe le vide; à meſure que, par le jeu de la pompe, on diminuera la denſité & la preſſion de l'air qui environne la veſſie, l'air qu'elle contient ſe dilatera & la fera renfler; & cela d'autant plus que la denſité de l'air du récipient ſera plus diminuée : donc l'élaſticité de l'air tend toujours à dilater ſa maſſe.

907. Il en eſt de la dilatation de l'air, comme de ſa condenſation. On ignore juſqu'à quel point elle peut aller. Selon *Muſſchenbroëk* & *Mariotte*, l'air qui eſt proche de la ſurface de la terre & expoſé à la preſſion de l'athmoſphere, peut ſe dilater, ſi l'on fait ceſſer cette preſſion, juſqu'à occuper un eſpace 4000 fois plus grand que celui qu'il occupoit.

908. *Boyle*, par pluſieurs expériences ſucceſſives, l'a dilaté une premiere fois juſqu'à lui faire occuper un eſpace 9 fois plus conſidérable qu'auparavant; enſuite il lui a fait prendre un volume 31 fois plus grand; après cela 60 fois; puis 150 fois, enfin 8000 fois; puis 10000 fois; & en dernier lieu 13679 fois, & cela par la

ſeule force de ſon reſſort : de ſorte que le volume d'une maſſe d'air comprimée par le poids de l'athmoſphere, ſeroit au volume de la même maſſe d'air dilatée autant qu'elle pourroit l'être par ſon reſſort dans le vide, comme 1 eſt à 13679. Mais peut-on beaucoup compter ſur l'exactitude de ces réſultats ? J'en doute très-fort.

909. *L'élaſticité de l'air eſt parfaite ;* c'eſt-à-dire que ſi une maſſe d'air a été comprimée par une force quelconque, & qu'enſuite cette force ceſſe d'agir, la maſſe d'air ſe rétablit, 1°. complétement ; elle reprend préciſément le même volume qu'elle avoit avant la compreſſion : 2°. elle ſe rétablit avec la même promptitude que celle avec laquelle elle a été comprimée. C'eſt en quoi conſiſte l'élaſticité parfaite (33). Si donc l'on comprime une veſſie pleine d'air, ſi-tôt qu'on fera ceſſer la compreſſion, la veſſie ſe rétablira dans ſon premier état, & cela avec autant de preſteſſe que celle avec laquelle elle aura été comprimée.

910. Non ſeulement l'élaſticité de l'air eſt parfaite, mais *elle eſt inaltérable.* Ni la force, ni la durée de la compreſſion n'alterent en aucune maniere le reſſort de l'air : avec quelque force qu'il ſoit comprimé, quelque long-temps qu'on le laiſſe en cet état, ſi la cauſe qui le comprime

vient enſuite à ceſſer d'agir, il ſe rétablit toujours auſſi parfaitement qu'il l'auroit fait, ſi on lui en eût donné la liberté un inſtant après la compreſſion. M. *de Roberval* a gardé, pendant quinze ans, de l'air comprimé dans une canne à vent; & après ce long intervalle de temps, l'air a montré autant de force de reſſort qu'il a coutume d'en avoir en pareil cas; car il a chaſſé une balle auſſi loin, qu'il l'auroit fait dans le premier jour de ſa compreſſion.

911. Le reſſort de l'air eſt d'autant plus actif, que l'air a plus de denſité : ſon reſſort augmente donc à meſure que la denſité de l'air augmente, & cela dans le même rapport : de ſorte que *le reſſort de l'air égale toujours & fait équilibre à la puiſſance qui le comprime* : &, par ſa réaction, il peut produire le même effet que produiroit cette puiſſance. Dans un vaſe à large ouverture L L (*fig.* 130.), plongez la partie inférieure d'un barometre K M, dans lequel je ſuppoſe le mercure à 28 pouces. Suppoſons de plus la température de l'air à 15 degrés. Enſuite fermez exactement le vaſe avec un bouchon, au travers duquel paſſeront le tube & la planche du barometre, de maniere qu'il n'y ait aucune communication entre l'air du dedans & celui du dehors : faites auſſi en ſorte que la denſité de l'air intérieur ne change pas pendant cette manipu- *Fig.* 130.

lation. Lorſque le vaſe ſera fermé, le mercure ſe tiendra encore à 28 pouces : &, toutes les fois que vous rappellerez le tout à la même température de 15 degrés, cet effet ſera toujours le même, quelque long-temps que dure l'expérience, même pendant un grand nombre d'années.

912. Avant qu'on ferme le vaſe, l'air qu'il contient communiquant avec celui du dehors, fait encore partie de l'athmoſphère, agit comme peſant ſur le réſervoir du barometre, & ſoutient le mercure à 28 pouces. Si-tôt que le vaſe eſt bouché, cette même maſſe d'air n'a plus que ſon propre poids, qui eſt bien peu de choſe; mais elle a été comprimée par le poids de l'athmoſphere, & elle a conſervé ſa denſité : & par ſa réaction, qui égale ce poids (112), elle ſoutient encore le mercure à 28 pouces. Donc, 1°. le reſſort de l'air eſt égal à la puiſſance qui le comprime : 2°. ce reſſort eſt inaltérable (910); il ne s'affoiblit point par ſucceſſion de temps, puiſque le même effet a toujours lieu, quelque long-temps qu'on tienne la même maſſe d'air en expérience.

913. Les hémiſpheres de Magdebourg, imaginés par *Otto-de-Guerike*, Bourgmeſtre de Magdebourg, prouvent encore la preſſion & le reſſort de l'air. Ces hémiſpheres ſont deux demi-
Fig. 131. ſpheres concaves de cuivre A, B (*fig.* 131.),

dont l'une eſt garnie d'un robinet B, par lequel il peut s'ajuſter à la machine pneumatique ; & l'autre porte un anneau A au milieu de ſa convexité, pour être facilement ſuſpendu. On joint enſemble ces deux hémiſpheres, pour en former une eſpece de globe ; & afin de rendre leur jonction plus facile & plus exacte, l'un des deux B a ſes bords garnis d'un anneau plat *b b*, dont la largeur excede autant en dedans qu'en dehors ; & l'on met, ſur cet anneau, un autre anneau de cuir mouillé, ſur lequel s'appliquent les hords de l'autre hémiſphere A, qu'on a eu ſoin de bien dreſſer. Tout étant ainſi diſpoſé, & le robinet B étant adapté à la vis qui eſt au centre de la platine de la machine pneumatique ; pour ſéparer ces deux hémiſpheres, il ne faut que vaincre le poids de l'hémiſphere ſupérieur A, parce que l'air qui eſt entre eux fait, par ſon reſſort, équilibre à la preſſion de l'air extérieur (911). Mais ſi, ayant ouvert le robinet B, on fait jouer la pompe, & que, par ce moyen, on ôte l'air qui eſt entre les deux hémiſpheres, & qui contrebalance la preſſion de l'air extérieur, on ne peut plus ſéparer les hémiſpheres qu'avec une grande force. Qu'on ferme le robinet B, & qu'on détache les hémiſpheres de la machine pneumatique : qu'on les ſuſpende à un point fixe A, & qu'on y attache des poids P, comme on le voit *fig.* 132 ; *Fig.* 132.

pour que ces poids puiſſent les ſéparer l'un de l'autre, il faut qu'ils ſoient d'autant plus conſidérables, que le diametre des hémiſpheres eſt plus grand, & qu'on les a plus exactement vidés d'air. Si les hémiſpheres avoient 6 pouces de diametre, & qu'on eût fait entre eux un vide parfait, il faudroit, pour les ſéparer, au moins 436 livres.

914. Cet effet ne peut être attribué qu'à la preſſion de l'air extérieur, qui n'eſt plus contrebalancée par le reſſort de l'air intérieur des hémiſpheres, lequel eſt d'autant plus diminué, qu'on a diminué davantage ſa denſité. La preuve en eſt que, ſi, en ouvrant le robinet B, on laiſſe rentrer l'air entre les deux hémiſpheres, ils ſe ſéparent par le moindre effort. Le reſſort de l'air intérieur étant équivalent à la preſſion de l'air extérieur (911), ces deux forces ſe détruiſent mutuellement, ou plutôt ſe font équilibre; & il ſuffit de vaincre le poids de l'un des deux hémiſpheres, pour le ſéparer de l'autre.

915. Cela ſe prouve encore plus clairement en mettant ces hémiſpheres, vidés d'air, ſous un récipient de la machine pneumatique (*fig.* 133.), & en diminuant la denſité de l'air du récipient autant qu'on a diminué celle de l'air de l'intérieur des hémiſpheres : alors on les ſépare aiſément, en ſoulevant un peu l'anneau A qui tient

Fig. 133.

accroché l'hémiſphere ſupérieur. Et ſi, en les appliquant de nouveau l'un à l'autre, on fait en ſorte que l'air puiſſe rentrer ſous le récipient, ſans rentrer entre les hémiſpheres, ils ſe trouvent attachés de nouveau l'un à l'autre, & auſſi fortement qu'ils l'étoient auparavant : ce qui prouve bien que c'eſt la preſſion de l'air extérieur qui cauſe leur adhérence.

916. C'eſt en conſéquence de ces principes que le vide ſe fait par le moyen de la machine pneumatique. Quand on a appliqué un récipient ſur la platine, comme nous avons dit (913), qu'on applique l'hémiſphere ſupérieur ſur l'inférieur, & qu'on fait deſcendre le piſton d'un bout à l'autre de la pompe, on fait naître un eſpace ſans air, dans lequel celui du récipient ne manque pas de s'étendre en vertu de ſon élaſticité (905), & devient, par-là, moins denſe qu'il ne l'étoit. La preſſion de l'air extérieur attache donc le récipient à la platine, & d'autant plus fortement qu'on a diminué davantage la denſité de l'air du récipient.

917. La dilatation de l'air du récipient ſuit, à chaque coup de piſton, le rapport des capacités du récipient & de la pompe. Si la capacité du récipient eſt double de celle de la pompe, au premier coup de piſton il paſſera dans la pompe un tiers de l'air du récipient ; & par conſéquent

la denſité de cet air ſera diminuée d'un tiers : au ſecond coup de piſton, il paſſera encore un tiers des deux tiers qui reſtent : au troiſieme, quatrieme, centieme, &c. coup de piſton, il ne paſſera jamais dans la pompe qu'un tiers de l'air qui reſte dans le récipient ; car la denſité de cet air diminue toujours en proportion géométrique, & non pas arithmétique. Il reſtera donc toujours dans le récipient les deux tiers du dernier reſte. D'où il ſuit qu'une machine pneumatique, quelque parfaite qu'elle puiſſe être, ne peut jamais produire un vide parfait. On aura une preuve de ceci, ſi l'on adapte, à la machine pneumatique, un récipient dans lequel plonge la partie inférieure d'un barometre. Suppoſons que le mercure ſoit, dans ce barometre, à 27 pouces 9 lignes ; & que la capacité du récipient ſoit double de celle de la pompe. Au premier coup de piſton, le mercure s'abaiſſera de 9 pouces 3 lignes, tiers de 27 pouces 9 lignes, & ſe fixera à 18 pouces 6 lignes : au ſecond coup de piſton, il s'abaiſſera de 6 pouces 2 lignes, tiers de 18 pouces 6 lignes, & ſe fixera à 12 pouces 4 lignes, & ainſi de ſuite. Donc la denſité de l'air diminuera dans le même rapport ; car la hauteur de la colonne de mercure eſt toujours proportionnelle à la denſité de l'air qui la ſoutient, & par conſéquent à ſon reſſort : car ſon reſſort

augmente ou diminue comme ſa denſité (911).

918. On peut donc, par le moyen d'un barometre, connoître les différens degrés de dilatation ou de denſité de l'air d'un récipient, dans lequel on a fait en partie le vide.

919. Nous avons dit ci-deſſus (911) que le reſſort de l'air eſt d'autant plus actif, que l'air a plus de denſité. L'expérience précédente (917) en eſt une preuve. On en a encore la preuve dans le *fuſil à vent*, arme que tout le monde connoît. On ſait que, par ſon moyen, on chaſſe une balle d'autant plus fortement & d'autant plus loin, qu'on a condenſé davantage l'air du réſervoir du fuſil.

920. La fontaine de compreſſion fournit encore une preuve de l'activité du reſſort de l'air fortement condenſé. On appelle *fontaine de compreſſion*, un vaſe d'où l'on fait jaillir l'eau au deſſus de ſon niveau, par le reſſort de l'air fortement condenſé. Cette fontaine eſt compoſée d'un vaiſſeau de cuivre A B (*fig.* 134.), auquel on donne telle forme que l'on veut, par exemple, celle d'une poire, portée ſur un pied C D. On y joint un canal N O, ouvert de part & d'autre, garni d'un robinet R, qui s'ajuſte à vis au vaiſſeau, & dont le bout inférieur O deſcend à une ligne près du fond. Pour mettre cette fontaine en jeu, on la remplit d'eau environ juſques *Fig.* 134.

aux deux tiers de sa capacité, par exemple, jusqu'en A B, & cela par l'endroit où se visse le canal N O. On remet ce canal en sa place : on dévisse le petit ajutage N, & l'on met à sa place
Fig. 135. la petite pompe foulante P Q (*fig.* 135.), avec laquelle on fait entrer à force beaucoup d'air : après
Fig. 134. quoi, le robinet R (*fig.* 134.) étant fermé, on ôte la pompe pour visser en sa place l'ajutage percé d'un ou plusieurs trous. Il faut remarquer
Fig. 135. que la pompe (*fig.* 135.) reçoit l'air par un trou pratiqué vers P, au dessus duquel on éleve le piston ; & ce même piston, en descendant, le force de passer par un petit trou pratiqué au fond, & sur lequel on a mis en dehors une soupape, pour empêcher que l'air ou l'eau revienne dans la pompe, quand on éleve de nouveau le piston.

921. L'air, ainsi poussé par le piston, traverse
Fig. 134. donc le canal N O (*fig.* 134.) ; & ensuite, par sa légéreté respective, traverse l'eau, & va se joindre à l'air qui occupe la place A N B, dont il augmente d'autant la densité. Cet air, ainsi comprimé, dont le ressort égale toujours la puissance qui le comprime (911), a donc une force élastique de beaucoup supérieure à la pression de l'air extérieur, qui résiste à l'orifice N du canal. Cette force se déploie sur la surface A B de l'eau, & la force de monter par le canal O N, avec d'autant plus de vîtesse qu'il y a plus de différence entre

la

la denſité de l'air qui eſt renfermé dans le vaiſſeau, & celle de l'air extérieur.

922. Lorſqu'on a fortement comprimé l'air en ANB, dès qu'on ouvre le robinet R, l'eau ſort en forme de jet, qui monte d'abord à la hauteur de 25 ou 30 pieds : mais comme cet air, qui chaſſe l'eau, augmente de volume, & par conſéquent diminue de denſité, à meſure que le vaiſſeau ſe vide, ſon reſſort s'affoiblit de plus en plus & dans le même rapport (911) ; & par cette raiſon, le jet en devient toujours de moins en moins élevé.

923. On peut employer utilement, à l'élévation de l'eau, le reſſort de l'air comprimé par une colonne d'eau. *Héron* d'Alexandrie, qui vivoit 120 ans avant Jéſus-Chriſt, a le premier employé ce moyen, comme on peut le voir par ſa fontaine, qui eſt compoſée de deux boîtes de métal AB, EF (*fig.* 136.), auxquelles on donne telle forme que l'on veut, & qui ſont réunies par des tuyaux de même matiere CD, IK, ML, & ſurmontées d'un baſſin GH ; le tout porté ſur un pied quelconque. Le baſſin GH communique à la boîte ſupérieure AB par le tuyau CD, ouvert en D, & qui porte en C un ajutage qu'on y viſſe au beſoin ; lequel tuyau, ſe viſſant au fond du baſſin, peut s'ôter & ſe remettre en place, *Fig.* 136.

ſelon que cela eſt néceſſaire. Le même baſſin GH communique à la boîte inférieure EF par le tuyau IK, ouvert aux deux bouts, & qui ſe rend juſque vers le fond de la boîte. Enfin les deux boîtes communiquent enſemble par le tuyau ML, auſſi ouvert aux deux bouts, & qui traverſe la boîte ſupérieure AB dans preſque toute ſa hauteur. Pour mettre cette fontaine en jeu, on emplit d'eau, juſqu'aux trois quarts, la boîte ſupérieure AB, en dévifſant le tuyau CD, qu'on remet enſuite à ſa place. Après quoi on met de l'eau dans le baſſin GH, de maniere à en tenir toujours plein le tuyau IK.

924. Cette colonne d'eau, qui tend à ſe répandre dans la boîte inférieure EF, comprime par ſon poids la maſſe d'air dont elle eſt remplie. Cet air, ainſi comprimé, s'échappe par le tuyau LM, & va déployer ſon reſſort ſur la ſurface AB de l'eau qui eſt dans la boîte ſupérieure: enfin cette eau, comprimée par le reſſort de l'air, s'échappe en forme de jet par le tuyau DC, à l'extrémité C duquel on place l'ajutage, qu'on peut percer, ſi l'on veut, de pluſieurs trous, pour former une gerbe d'eau.

925. On voit que, de cette maniere-là, l'eau de la boîte ſupérieure AB paſſe dans le baſſin GH, & va, de ce baſſin, dans la boîte inférieure

EF, en entretenant toujours plein le tuyau IK. Après l'opération, on vide la boîte inférieure par le robinet R qui eſt deſſous.

926. Il eſt aiſé de concevoir qu'au lieu de former un jet, on pourroit, par le même moyen, élever de l'eau à une certaine hauteur, ſuivant les circonſtances. Pour cela, il faut avoir un lieu élevé, à mi-côté duquel ſe trouve une ſource un peu abondante. Des deux boîtes, qu'on pourroit faire en bois & godronnées, on placera la ſupérieure un peu au deſſous de la ſource, par le moyen de laquelle on lui fournira de l'eau, qui ſera celle qu'on voudra élever; & dans le bas, on placera la boîte inférieure. On fera communiquer les deux boîtes par des tuyaux, comme nous l'avons indiqué ci-deſſus (923); & au lieu du tuyau DC, qui porte l'ajutage, on mettra à ſa place un tuyau montant, qui aura une hauteur un peu moindre que la diſtance perpendiculaire qui ſe trouve entre les deux boîtes. Ce tuyau montant, étant bien viſſé à la boîte, on laiſſera couler la ſource, de maniere à tenir toujours plein le tuyau analogue au tuyau IK. On voit qu'ainſi l'eau de la boîte ſupérieure, au lieu de s'élever en forme de jet, ſe portera par le tuyau montant à la hauteur où l'on veut l'élever. On pourroit par-là élever la quatrieme ou cinquieme partie de l'eau que fournit la ſource,

Quand l'eau de la boîte ſupérieure eſt portée dans le haut, on y en remet de nouvelle; & l'on va vider celle qui eſt paſſée dans la boîte inférieure. Enſuite, en laiſſant couler la ſource ſur l'ouverture du tuyau I K, le jeu de la machine recommence.

927. On ſe ſert encore du reſſort de l'air, pour rendre continu l'écoulement d'une pompe qui n'a qu'un piſton, comme nous l'avons expliqué ci-devant (428 & 429), en parlant de la pompe d'incendie.

928. La chaleur, appliquée à une maſſe d'air, produit ſur elle un de ces deux effets : 1°. elle en augmente le volume, ſi ce volume eſt libre de s'étendre : 2°. ſi la maſſe d'air eſt retenue par des obſtacles, de maniere que ſon volume ne puiſſe pas s'étendre, la chaleur en augmente le reſſort, & cela d'autant plus que la preſſion, qu'éprouve la maſſe d'air, eſt plus grande.

929. 1°. *La chaleur augmente le volume de l'air*, ſi ce volume eſt libre de s'étendre. Pour vous en aſſurer, prenez un tube de verre, de 15 pouces de long, dont le diametre intérieur ſoit bien égal dans toute ſa longueur, afin que des longueurs égales donnent des capacités ſemblables; & que ce tube ſoit ſcellé hermétiquement par un bout. Plongez ce tube de toute ſa hauteur, le bout ouvert en en-haut, dans de l'eau

bouillante, faiſant en ſorte qu'il n'entre aucune humidité dans ſon intérieur. Quelques momens après, retirez le tube de l'eau, & plongez ſon bout ouvert dans du mercure un peu chaud, afin qu'il ne faſſe pas caſſer le tube : tenez-le ainſi quelque temps dans une ſituation preſque horizontale. A meſure que le tout ſe refroidira, on verra le mercure paſſer dans le tube. Pour avoir un ſecond terme de température fixe, entourez de glace pilée la portion du tube qui contient l'air. Lorſqu'elle ſera refroidie au terme de la glace, le tiers de la longueur du tube ſera rempli de mercure, & les deux tiers ſeront pleins d'air. Et ſi l'on faiſoit paſſer de nouveau le tube à la chaleur de l'eau bouillante, l'air, qui n'en remplit que les deux tiers, le rempliroit tout entier. Donc, 1°. *la chaleur augmente le volume de l'air* : donc, 2°. *un volume d'air, comprimé par le poids de l'athmoſphere, & condenſé par le froid de la glace, eſt au volume du même air, raréfié par la chaleur de l'eau bouillante, comme* 2 *eſt à* 3. Si la chaleur étoit double de celle de l'eau bouillante, alors le volume de l'air condenſé par la glace, ſeroit au volume du même air raréfié par cette chaleur, comme 1 eſt à 3, &c.

930. Ces réſultats ſont ſuſceptibles de quelques variations, ſuivant la hauteur du mercure dans le barometre, c'eſt-à-dire, ſuivant la valeur

de la preſſion de l'athmoſphere, pendant l'expérience (305). Les variations ſeroient beaucoup plus grandes, ſi l'on employoit un air humide; ce qu'il faut éviter le plus qu'on pourra.

931. Il ſuit de là que, ſi l'on chauffe un vaſe plein d'air, il s'en vide en partie. C'eſt le moyen que l'on prend, quand on veut faire paſſer une liqueur dans un vaſe qui n'a qu'une très-petite ouverture, à laquelle on ne peut pas mettre un entonnoir. En chauffant le vaſe, on raréfie l'air qu'il contient, & par là on lui en fait perdre une partie. Enſuite on plonge l'orifice dans la liqueur : à meſure que l'air intérieur ſe condenſe en ſe refroidiſſant, la preſſion de l'air extérieur y porte la liqueur.

932. 2°. *La chaleur augmente le reſſort de l'air, à proportion de la preſſion qu'il éprouve*, ſi ſon volume ne peut pas s'étendre. Suppoſons un tube de verre AB (*fig.* 137.) de 50 pouces de long, qui ait intérieurement au plus une ligne de diametre, recourbé en DBC, & terminé par une boule creuſe & mince C, qui ait 4 ou 5 pouces de diametre. On fixe ce tube ſur une planche AD graduée en pouces & en lignes. On y fait couler du mercure autant qu'il en faut pour remplir la courbure, de maniere que, l'inſtrument étant poſé verticalement, le mercure ſe trouve de niveau, dans l'une & l'autre branche, ſuivant

Fig. 137.

la ligne ponctuée DC. On voit bien qu'il faut, pour cela, que l'air de la boule ſoit de même denſité que l'air extérieur dont il ſoutient la preſſion (905). Suppoſons que, dans le temps de l'expérience, cette preſſion ſoit égale à celle d'une colonne de mercure de 28 pouces. Si l'on plonge dans l'eau bouillante la partie inférieure de l'inſtrument, de maniere que la boule C en ſoit entiérement couverte, le mercure s'éleve dans la longue branche de 9 pouces 4 lignes au deſſus de ſon niveau. Or 9 pouces 4 lignes ſont le tiers de 28 pouces. Si, après avoir laiſſé refroidir le tout, on ajoute, dans la longue branche, une colonne de mercure de 28 pouces au deſſus de ſon niveau, on aura doublé la preſſion qu'éprouve l'air de la boule, & par conſéquent ſa denſité (901). Que l'on plonge de nouveau la boule dans l'eau bouillante, le mercure s'élevera de 18 pouces 8 lignes au deſſus du point où il étoit avant l'immerſion; leſquels 18 pouces 8 lignes ſont le tiers de 56 pouces, meſure de la preſſion de l'air de la boule. De ſorte que cet air fait alors, par ſon reſſort, équilibre à une puiſſance égale au poids de 74 pouces 8 lignes de mercure; ſavoir, au poids de l'athmoſphere égal à 28 pouces de mercure, au poids des 28 pouces ajoutés, & au poids des 18 pouces 8 lignes ſoulevés. Donc, 1°. *la chaleur augmente le reſſort de*

l'air. Donc, 2°. *la chaleur de l'eau bouillante augmente le reſſort de l'air d'une quantité égale au tiers de la preſſion qu'il éprouve*; puiſque, quand il éprouve une preſſion double, ſon reſſort eſt augmenté d'une quantité double. Si l'on appliquoit à cet air une chaleur double de celle de l'eau bouillante, ſon reſſort ſeroit augmenté d'une quantité égale aux deux tiers de la preſſion qu'il éprouveroit, &c.

933. Dans ces expériences, il s'en faut de quelques petites choſes que le mercure ne s'éleve aux hauteurs que nous avons indiquées. Cela vient de ce que le volume de l'air de la boule s'étend un peu, pour deux raiſons : 1°. parce que le mercure qui s'éleve dans la longue branche, eſt pris aux dépens de celui qui eſt dans la courte, ce qui laiſſe à l'air de la boule un peu de place pour s'étendre : 2°. parce que, comme nous le verrons ci-après (1135), la capacité de la boule devient plus grande dans l'eau chaude. La denſité de ſon air diminue donc un peu ; c'eſt pourquoi la force de ſon reſſort n'eſt pas tout-à-fait autant augmentée qu'elle le ſeroit ſans cela. Mais la différence eſt très-peu de choſe.

934. Il ſuit de ce que nous venons de dire ci-deſſus (932), que *le reſſort d'une même maſſe d'air augmente de quantités différentes, ſuivant les différens degrés de chaleur auxquels elle ſe*

trouve expoſée. C'eſt ſur ce principe qu'eſt fondée la conſtruction du thermometre d'air d'*Amontons*, qui eſt le premier où les degrés de chaleur ſe ſoient rapportés à un terme connu. (*Mém. de l'Acad. an.* 1702, *p.* 155.)

935. Il eſt aiſé maintenant de ſentir la raiſon pour laquelle l'air d'une chambre, échauffée par un poêle, quoique raréfié par la chaleur, fait cependant équilibre à la preſſion de l'athmoſphere. Cela vient de ce que la chaleur, qui diminue la denſité de l'air, augmente en même temps ſon reſſort, & l'augmentation de l'un compenſe la diminution de l'autre.

936. L'*air athmoſphérique eſt non ſeulement le fluide eſſentiel à l'entretien de la vie des hommes & des animaux; mais il eſt encore le plus approprié à cette fonction.* Nous avons fait voir ci-deſſus (643) que l'air de l'athmoſphere eſt compoſé d'une partie d'un fluide eſſentiel à la reſpiration des hommes & des animaux, & de trois parties d'une mofette, qui, ſi elle étoit ſeule, ſeroit capable de les ſuffoquer. Nous avons prouvé de plus (662), que cette partie eſſentielle à la reſpiration, & qui eſt l'air pur ou vital, eſt la ſeule qui y ſoit propre : parce que ſa baſe (l'*oxigène*), ayant une très-grande affinité avec une matiere charbonneuſe qui ſe trouve dans le ſang & les poumons, ſe combine très-aiſément avec elle, &, par-là,

abandonne une portion de la grande quantité de calorique qui entre dans sa compoſition ; lequel calorique demeure pour l'entretien de la vie, à laquelle il eſt eſſentiel. Les baſes des autres fluides élaſtiques, ne jouiſſant point de cette grande affinité avec le carbone, n'abandonnent point ainſi leur calorique, & ne peuvent par conſéquent ſervir à l'entretien de la vie. Donc l'*air pur eſt le ſeul propre à cette fonction*. Nous avons fait voir auſſi (663) que cet air pur, ſi propre à l'entretien de la vie, ſi nous le reſpirions ſeul, pourroit nous la faire perdre en aſſez peu de temps, à cauſe de la trop grande quantité de calorique dont il imprégneroit tout notre être, ce qui pourroit nous cauſer une fievre ardente, & occaſionner une inflammation aux poumons. Il nous eſt donc eſſentiel de reſpirer de l'air pur ; mais il ne faut pas qu'il ſoit trop abondant. Il faut que ſon activité ſoit tempérée par un autre fluide, qui n'abandonne pas, comme lui, ſon calorique : de même que nous tempérons, par le moyen de l'eau, la force des liqueurs ſpiritueuſes. Or ce fluide eſt le gas azotique (673), qui compoſe environ les trois quarts de l'air athmoſphérique, & qui non ſeulement ſert à tempérer l'activité de l'air pur, mais dont la baſe (l'*azote*) entre dans la compoſition des chairs, & ſert à les animaliſer (676). De tout

ce que nous venons de dire, il ſuit, ce que nous avons avancé, que l'*air athmoſphérique eſt non ſeulement le fluide eſſentiel à l'entretien de la vie des hommes & des animaux, mais qu'il eſt encore le plus approprié à cette fonction.*

937. Il ne doit donc pas être étonnant que, lorſqu'on met un animal ſous un récipient appliqué à la machine pneumatique, & qu'on y fait le vide, cet animal périſſe. On le prive du fluide qui peut ſeul lui fournir le principe de la vie.

938. Tous les animaux ne périſſent pas dans le vide auſſi promptement les uns que les autres. Les uns, tels que ceux qui ont deux ventricules au cœur, comme les hommes, les quadrupedes, les oiſeaux, & probablement les cétacées, y périſſent au bout de quelques minutes. Les autres, tels que ceux qui n'ont qu'un ventricule au cœur, comme les reptiles & les poiſſons, ſoutiennent, ſans périr, un vide de pluſieurs heures. Sans doute que les premiers ont beſoin d'une quantité de calorique beaucoup plus conſidérable que n'en exigent les ſeconds.

939. Dans le vide, à la privation de l'air, ſe joint une autre cauſe qui y fait périr les animaux plus promptement qu'ils ne feroient ſans cela. C'eſt la dilatation de l'air logé dans les différentes cavités du corps, ainſi que celle de l'air

qui ſe trouve dans les pores des fluides. Cet air, n'étant plus ſoumis à la preſſion de l'athmoſphere, ſe dilate par la force de ſon reſſort (905), diſtend, s'il ne trouve pas d'iſſue, les parties qui le contiennent, & ſouvent les déchire. On a ſouvent trouvé des vaiſſeaux rompus dans la poitrine des animaux qui étoient reſtés quelque temps dans le vide. Il arrive auſſi quelquefois aux animaux qu'on tient dans le vide, d'avoir des nauſées, & de ſe vider par le haut & par le bas : car l'air de l'eſtomac & des inteſtins, venant à ſe dilater, chaſſe devant lui les alimens non digérés & les excrémens qui lui ferment le paſſage.

940. Les animaux qui vivent toujours dans l'eau, ont beſoin d'air comme les autres. Auſſi les poiſſons ſavent-ils s'approprier celui qui eſt diſſéminé dans l'eau ; & ils s'élancent ſouvent à la ſurface, pour en prendre de nouveau & en plus grande quantité. S'ils meurent dans les étangs ſous la glace, il n'eſt pas douteux que c'eſt faute d'air ; car ils ne périſſent pas, ſi l'on a ſoin de rompre, en quelque endroit, les glaçons. Dans des circonſtances ſemblables, les animaux n'ont pas à craindre la dilatation de l'air logé dans les différentes cavités de leurs corps (939), parce qu'ils demeurent expoſés à la preſſion de l'athmoſphere. Quand la privation d'air n'eſt pas d'une

trop longue durée, on peut encore les rappeler à la vie : c'eſt ce qui arrive ſouvent à l'égard des noyés, & de ceux qui ne ſont que ſimplement aſphixiés.

941. *L'air qui a ſervi un certain temps à la reſpiration, n'eſt plus propre à l'entretien de la vie.* Car, comme nous l'avons dit ci-deſſus (662), l'air pur, qui eſt la ſeule portion de l'athmoſphere qui y ſoit propre, ſe décompoſe dans la poitrine, & s'y change en gas acide carbonique (735), qui eſt un fluide ſuffoquant. C'eſt pourquoi, quand on ſe trouve pluſieurs perſonnes renfermées dans un lieu étroit & trop exactement clos, peu de temps après on y reſpire mal à ſon aiſe, ſi l'on n'a pas ſoin d'ouvrir, pour prendre de nouvel air. Il eſt même aſſez commun de trouver ſa reſpiration gênée, dans des lieux même vaſtes & ouverts de pluſieurs côtés, lorſqu'il s'y trouve beaucoup de monde raſſemblé, & pluſieurs lumieres, car chaque perſonne uſe une portion d'air aſſez conſidérable en peu de temps; & chaque lumiere en uſe à peu près autant qu'un homme. Il eſt donc bon de renouveler, le plus qu'on peut, l'air que l'on reſpire. On en a fourni pluſieurs moyens, parmi leſquels on peut choiſir.

942. *L'air, & principalement l'air pur, eſt eſſentiel à la combuſtion des corps* : de ſorte que les matieres les plus combuſtibles ne peuvent

s'enflammer qu'en contact avec l'air ; & celles qui ſont déjà enflammées, s'éteignent promptement, ſi elles manquent d'air. Cela vient de ce que, comme nous l'avons dit ci-devant (664), la combuſtion n'eſt autre choſe qu'une combinaiſon de l'oxigène (baſe de l'air pur) avec le corps combuſtible. Si cet oxigène manque, la combuſtion ne peut donc pas avoir lieu. Voilà pourquoi tous les corps combuſtibles, ou ne s'enflamment pas, ou s'éteignent promptement dans le vide d'air. Ces mêmes corps ne s'enflamment jamais, ou s'éteignent ſubitement, s'ils ſont déjà embraſés, lorſqu'on les plonge dans quelques-uns des fluides élaſtiques, autres que l'air pur ou l'air athmoſphérique (671 *& ſuiv.*). Encore, dans ce dernier, n'y a-t-il que l'air pur, qui en fait environ le quart, qui ſoit propre à la combuſtion (643). Lorſque ce quart eſt uſé, le corps qui y brûloit s'éteint, ſi l'air ne ſe renouvelle pas : auſſi fait-on ceſſer un incendie, ſi le lieu où il a commencé peut être bouché de toutes parts ; pourvu cependant que ſes parois ſoient aſſez fortes pour réſiſter aux efforts des vapeurs produites par le commencement de l'incendie.

943. *L'air ſe loge dans les pores de preſque toutes les ſubſtances*, ſur-tout dans ceux qui ſont les plus ouverts, & vers la ſurface. Il y a quatre moyens d'extraire l'air ainſi logé dans les pores

Fig. 124.

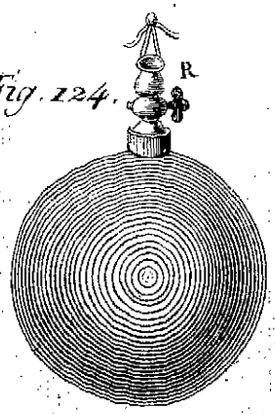


Fig. 125.

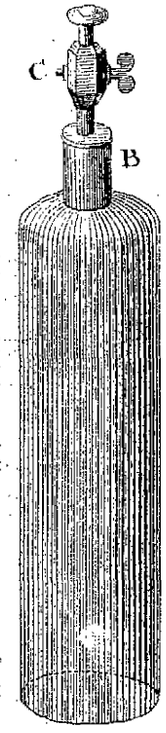


Fig. 126.

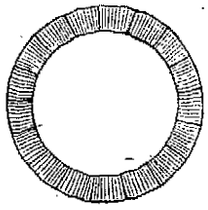


Fig. 127.

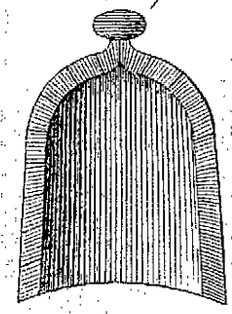


Fig. 128.

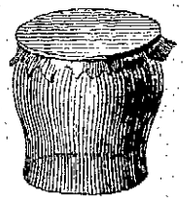


Fig. 129.

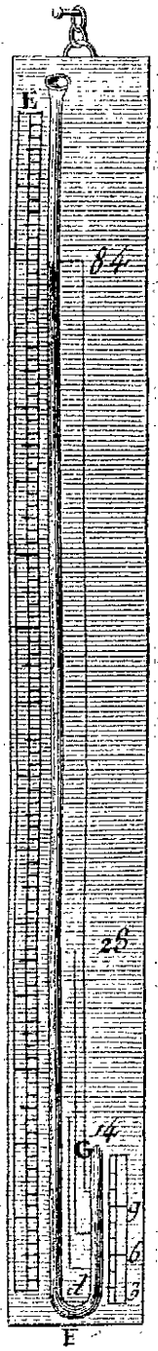


Fig. 130.

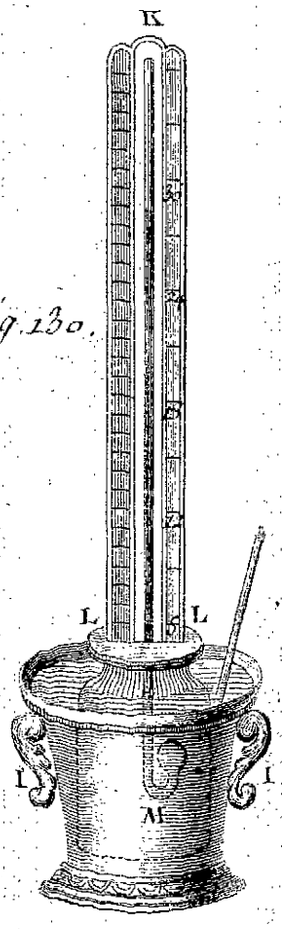


Fig. 132.

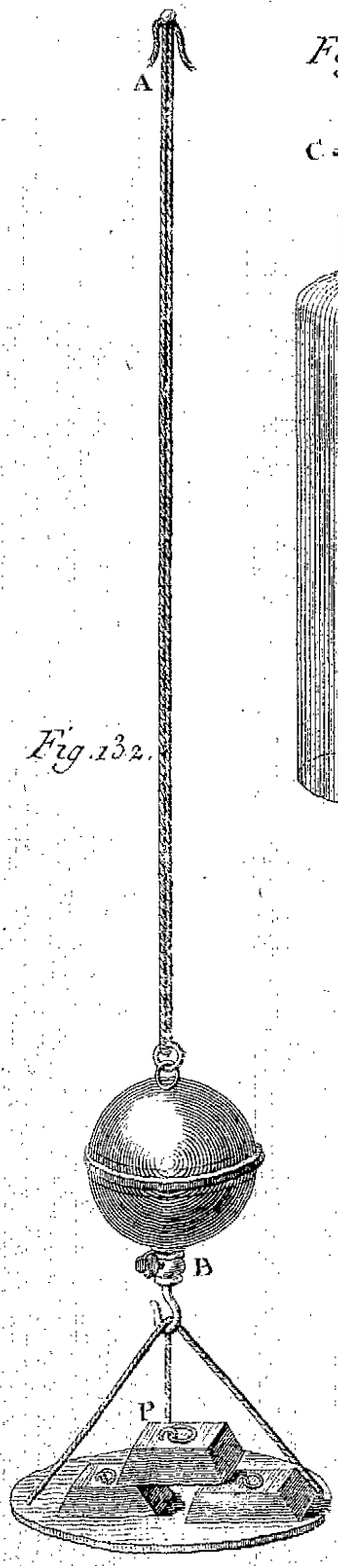


Fig. 133.

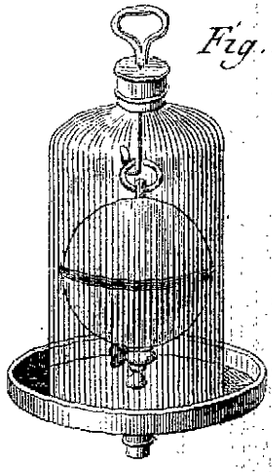


Fig. 134.

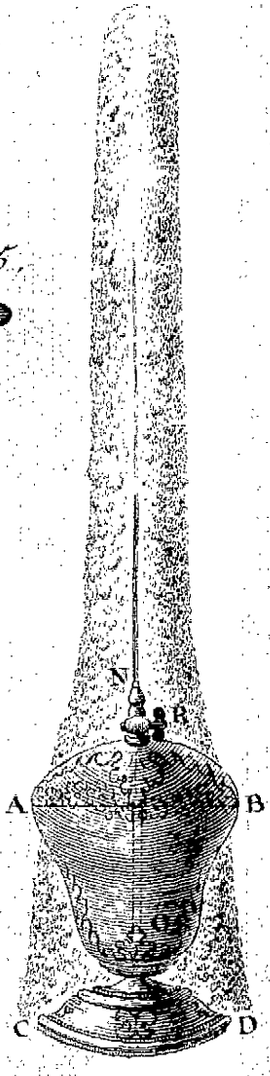


Fig. 135.

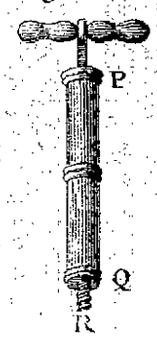
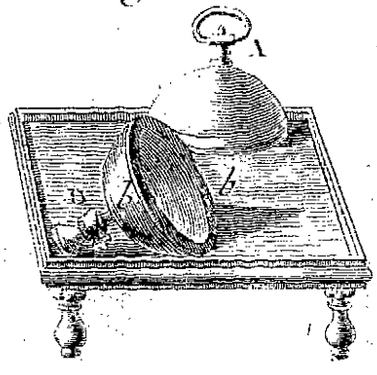


Fig. 131.



des corps. Le premier eſt de les faire chauffer fortement : le ſecond eſt de les faire refroidir conſidérablement : le troiſieme eſt de les tenir pendant quelque temps dans le vide d'air : le quatrieme eſt de les diſſoudre dans quelques menſtrues.

944. 1°. En chauffant un corps, on fait ſortir, au moins en grande partie, l'air qui eſt logé dans ſes pores. La chaleur augmente le volume de l'air (929) : ce volume augmenté ne peut être contenu dans les pores, qui n'ont pas augmenté en capacité proportionnellement à la raréfaction de l'air : il faut donc qu'il en ſorte une grande partie. En effet, on voit & l'on entend ſortir l'air des viandes & des fruits qu'on fait cuire, du bois qu'on fait brûler, des liqueurs qu'on fait bouillir. Dans ce dernier cas, on voit l'air, qui, en ſe raréfiant par la chaleur, ſe forme en bulles au milieu de la liqueur, la traverſe & vient ſortir à ſa ſurface.

945. 2°. En faiſant refroidir conſidérablement un corps, on fait ſortir une partie de l'air qui eſt logé dans ſes pores. Tous les corps qui ſe refroidiſſent, ſe condenſent ; leurs parties ſe rapprochent les unes des autres (25) : cela ne peut pas arriver ſans que les interſtices, qui ſe trouvent entre leurs parties, deviennent plus petits, ſans que leurs pores ſe rétréciſſent ; ce qui oblige

une partie de l'air qui y étoit contenu, d'en ſortir, comme on fait ſortir l'eau des pores d'une éponge mouillée, lorſqu'on en rapproche les parties en la preſſant.

946. 3°. L'air qui eſt logé dans les pores des corps, s'en dégage, lorſqu'on tient ces corps pendant quelque temps dans le vide. Mettez, dans un vaſe de verre plein d'eau claire, différens corps, tels qu'un morceau de bois, une pierre tendre, ou tout autre corps ſolide & fort poreux, de maniere qu'ils ſoient entiérement plongés : placez ce vaſe ſur la platine de la machine pneumatique, & le couvrez d'un récipient. A meſure que vous ferez agir la pompe, pour tirer l'air du récipient, vous verrez ſortir du corps plongé une grande quantité de bulles d'air, qui traverſent l'eau, vont crever à ſa ſurface & ſe mêler à l'air qui reſte dans le récipient. Donc l'air ſe dégage alors des pores.

947. L'air qui eſt dans les pores des corps, eſt auſſi denſe que celui de l'athmoſphere, puiſqu'il en ſoutient la preſſion (900). Si-tôt qu'on le débarraſſe d'une partie de cette preſſion, en le tenant dans le vide, il ſe dilate par la force de ſon reſſort (905), & ſort des pores en quantité d'autant plus grande, qu'on approche davantage du vide parfait, comme on le voit, en l'obligeant de traverſer de l'eau ; car s'il paſſoit immédiate-

ment

ment dans l'air du récipient, on ne le verroit pas. Cet air qui sort des pores, prend toujours la forme de globules sphériques : c'est ce qui arrive à tout fluide qui est pressé également dans tous les sens par un autre fluide.

948. Tant que ce corps demeure dans le vide, la petite portion d'air dilaté qui est demeurée dans ses pores, soutient par son ressort la pression de l'eau qui entoure le corps. Mais si-tôt qu'on laisse réagir la pression de l'athmosphere, en faisant rentrer l'air sous le récipient, cet air dilaté se condense de nouveau, & cette nouvelle pression fait entrer, dans les pores, de l'eau à la place de l'air qui en est sorti; de sorte que le corps s'en trouve imbibé souvent jusqu'au centre.

949. L'air se dégage aussi des pores des liqueurs que l'on tient quelque temps dans le vide. Mettez différentes liqueurs sous un récipient, & y faites le vide. A mesure que vous tirerez l'air du récipient, celui qui est dans les pores de la liqueur se réunira en bulles, qui augmenteront en nombre & en grandeur, & qui traverseront la liqueur souvent avec assez de rapidité pour en soulever une portion, de maniere à faire paroître une ébullition assez semblable à celle qui est produite par l'action du feu. C'est ce qui arrive, lorsque la liqueur est

facile à diviſer, tels que le ſont l'eſprit-de-vin & l'eau. Mais lorſque la liqueur eſt viſqueuſe, comme la biere, les bulles d'air, ne pouvant crever leurs enveloppes, emportent, en s'élevant, la liqueur en forme de mouſſe. C'eſt toujours, comme ci-deſſus (947), en ſupprimant la preſſion de l'athmoſphere, qu'on donne lieu à l'air qui eſt dans les pores de la liqueur, de ſe dégager.

950. 4°. L'air qui eſt logé dans les pores des corps, s'en dégage, lorſqu'on fait diſſoudre ces corps dans quelques menſtrues. Les molécules du corps à diſſoudre, déſunies & ſubdiviſées par le diſſolvant, laiſſent libres & iſolées les particules d'air qu'elles renfermoient entre elles : ces particules s'échappent donc avec facilité. C'eſt ce que l'on voit aiſément, ſi l'on couvre, d'un vaſe plein d'eau, du ſel ou du ſucre : on voit, pendant preſque tout le temps de la diſſolution, les bulles d'air s'élever au haut du vaſe ; & quelquefois leur volume égale preſque celui du ſel ou du ſucre qu'on a fait diſſoudre.

951. Les Anciens, lorſqu'ils ont décompoſé les corps par diſtillation, fermentation ou combuſtion, ont cru en extraire des quantités conſidérables d'air, & dont le volume, quoique ſoumis à la preſſion de l'athmoſphere, ſurpaſſoit un très-grand nombre de fois celui des corps mis

en expérience. Ils étoient dans l'erreur, 1°. Souvent ces fluides n'étoient point de l'air ; c'étoient quelques-uns des fluides élaſtiques, dont nous avons traité ci-devant, *Chapitre X.* 2°. Ces fluides n'étoient point contenus dans les ſubſtances qui paroiſſoient les fournir ; il n'y avoit que leurs baſes (609) qui, en ſe combinant avec la matiere de la chaleur ou le calorique, prenoient l'apparence aériforme.

952. Lorſqu'on a fait ſortir l'air des pores d'un corps, ſi on l'expoſe de nouveau à l'air libre, il reprend plus ou moins promptement ce qu'il a perdu. M. *Mariotte* (*Eſſai ſur la nat. & les prop. de l'air, pag.* 163) s'eſt aſſuré de ce fait par une expérience fort ſimple. Après avoir purgé d'air une certaine quantité d'eau, 1°. en la faiſant bouillir (944) ; 2°. en la tenant pendant quelque temps dans le vide (946) ; il en remplit une petite fiole, & la renverſa, le goulot en en-bas, dans un vaſe plein de la même eau, ayant auparavant eu ſoin de faire paſſer dans le haut de la fiole une bulle d'air de la groſſeur d'une aveline. Peu à peu il vit diminuer de groſſeur cette bulle d'air, qui diſparut enfin tout-à-fait au bout d'environ trois jours : ce qui prouve évidemment que cette bulle d'air s'étoit inſinuée peu à peu dans les pores de cette eau, qui ſe trouvoient vides de ſa propre ſubſtance.

Il eſt probable qu'il en arrive autant à toute autre matiere, avec ſeulement des variétés dans la quantité d'air rentré, & dans le temps qu'il met à y rentrer. On conçoit aiſément qu'un corps purgé d'air, & expoſé de nouveau à l'air libre, doit être conſidéré comme une éponge qu'on a fortement preſſée, & qu'on applique enſuite à la ſurface d'une liqueur. On ſait qu'en pareil cas la liqueur s'inſinue dans les pores de l'éponge : de même l'air, aidé ſur-tout par la preſſion de l'athmoſphere, s'inſinue dans les pores du corps qui en eſt purgé.

L'Air conſidéré comme athmoſphere terreſtre.

953. En quelque endroit que nous nous trouvions ſur la terre, nous rencontrons de l'air partout ; en quelque climat que ce ſoit, ſur la cime des plus hautes montagnes, comme dans les plus profondes vallées. La terre eſt donc entiérement enveloppée d'air. C'eſt cette enveloppe qu'on appelle *athmoſphere terreſtre*, qui peſe vers le centre de la terre & ſur ſa ſurface (301) ; qui eſt emportée avec elle, en participant à ſon mouvement diurne & à ſon mouvement annuel, qui a beaucoup de part au mécaniſme de la Nature, par toutes les propriétés que nous allons détailler.

954. *L'athmoſphere eſt un fluide mélangé d'une*

grande quantité de ſubſtances étrangeres. Quand nous n'aurions pas un grand nombre de faits propres à nous convaincre de cette vérité, le raiſonnement ſeul ſuffiroit pour nous y conduire. Car c'eſt une opinion généralement reçue, que rien de tout ce qui a été créé, ne s'anéantit; & cependant nous voyons tous les jours une infinité de ſubſtances ſe diſſiper & diſparoître à nos yeux. Que deviennent-elles, ſi elles ne paſſent pas dans l'air? Les liqueurs qui s'évaporent, quelquefois juſqu'à ſiccité; toutes les particules qui viennent continuellement frapper notre odorat, en abandonnant les ſubſtances qui les fourniſſent; tout ce qui émane, ſoit en flamme, ſoit en fumée, des corps qui brûlent; en un mot, tout ce qui s'exhale de la terre & des eaux, des animaux & des plantes, entre dans l'athmoſphere, & en forme un fluide chargé d'exhalaiſons & de vapeurs. Et comme en tous temps & en tous lieux on ne rencontre pas toujours les mêmes ſubſtances, ſon état doit varier ſuivant les temps & les lieux.

955. Nous pouvons conſidérer l'athmoſphere ſous deux aſpects différens: 1°. comme un fluide en repos, du moins reſpectivement à nous; car ſes parties ſont dans un mouvement continuel, par la chaleur qui les raréfie, par le froid qui les condenſe, par les vents qui les font changer de place, &c.: 2°. comme un fluide agité.

L'Athmoſphere conſidérée comme un fluide en repos.

956. Nous avons prouvé ci-devant (301) que l'air eſt un fluide peſant : or c'eſt l'air qui compoſe l'athmoſphere ; donc l'*athmoſphere eſt peſante.* Mais ſa peſanteur eſt celle d'un fluide ou d'une liqueur ; *elle doit donc croître ou diminuer ſelon la hauteur perpendiculaire des colonnes, & ſelon la largeur de leur baſe* (294). C'eſt en effet ſuivant cette proportion qu'elle agit ſur la terre & ſur tous les corps qui ſont à ſa ſurface. On s'en eſt aſſuré par l'expérience ſuivante, imaginée par *Paſchal*, & exécutée au *Puy-de-Dome* par M. *Perrier*, ſon beau-frere.

957. Nous avons fait voir (301) que c'eſt le poids de l'athmoſphere qui ſoutient le mercure ſuſpendu dans le tube de *Toricelli*, ou, ce qui eſt la même choſe, dans le barometre. M. *Perrier* porta donc le tube de *Toricelli*, fixé ſur une planche graduée en pouces & en lignes, au Puy-de-Dome ; & obſerva qu'à meſure qu'il s'élevoit vers le ſommet de la montagne, le mercure s'abaiſſoit dans le tube ; & qu'au contraire, il s'élevoit dans le tube, à meſure qu'il deſcendoit vers le pied de la montagne. La colonne de mercure, ſoutenue par le poids de l'athmoſphere, étoit donc plus longue dans le bas que dans le haut. Or, quelque étendue qu'on ſuppoſe à

l'athmoſphere au deſſus de la ſurface de la terre, nous devons croire qu'elle forme autour de notre globe une enveloppe dont la ſuperficie eſt uniforme & à peu près ſphérique, puiſque toutes ſes parties tendent également vers le centre : de même que la ſuperficie de l'eau paroît plane, quelque figure qu'ait le fond du vaſe qui la contient. Cela étant ainſi, les colonnes d'air, à compter depuis la ſuperficie de l'athmoſphere juſqu'à l'endroit où elles rencontrent la terre, ſeront plus ou moins longues, ſelon le plus ou le moins d'élévation du lieu où elles aboutiſſent. Celles qui aboutiſſent au pied de la montagne ſont donc plus longues, & par conſéquent plus peſantes que celles qui aboutiſſent à ſon ſommet : c'eſt pourquoi ces dernieres ſoutiennent le mercure à une hauteur moindre que celle à laquelle le ſoutiennent les autres.

958. Pour ſavoir en quoi conſiſte ce plus ou ce moins, il faut choiſir un lieu élevé & acceſſible, dont on puiſſe aiſément meſurer la hauteur perpendiculaire, & cela à différentes ſtations. On a deux barometres bien comparables entre eux : on en laiſſe un dans le bas, avec un obſervateur attentif à remarquer s'il n'arrive point quelque variation dans la hauteur du mercure ; pendant qu'un autre obſervateur porte lentement l'autre barometre vers le haut. A meſure que

ce ſecond obſervateur monte, le mercure s'abaiſſe dans le tube : à chaque fois que le mercure eſt abaiſſé d'une ligne, on meſure la hauteur perpendiculaire du lieu où ſe fait la ſtation. Cette expérience ayant été faite pluſieurs fois, en différens temps, en différens lieux, & par différens Phyſiciens, la hauteur perpendiculaire de la colonne d'air répondante à 1 ligne de mercure, s'eſt trouvée, par un terme moyen, d'environ 12 $\frac{1}{2}$ toiſes ou 75 pieds. On ſuppoſe que la hauteur du barometre laiſſé dans le bas n'a pas varié pendant l'expérience ; car s'il s'y trouvoit quelque variation, cela prouveroit qu'il y en auroit eu dans la preſſion de l'air, dont il faudroit tenir compte avant de déterminer le réſultat.

959. Mais comme l'air de l'athmoſphere eſt un fluide compreſſible, & qu'il ſe comprime par ſon propre poids (899), il eſt clair que l'*athmoſphere n'a pas une denſité uniforme dans toute ſon étendue* ; que les couches ſupérieures, peſant ſur les inférieures, doivent néceſſairement reſſerrer & condenſer de plus en plus ces dernieres. Il ſuit de là que les colonnes d'air, répondantes à chaque ligne d'abaiſſement du mercure, doivent être d'autant plus longues, qu'elles ſont priſes à une plus grande diſtance de la ſurface de la terre. C'eſt en effet ce qu'on a obſervé :

mais juſqu'à une hauteur de 1000 ou 1200 toiſes au deſſus du niveau de la mer, les différences ſont très-peu conſidérables : ſans doute parce que la grande quantité de corps étrangers, dont l'air eſt chargé dans la région baſſe, & le grand poids qui le comprime, rendent ſa denſité preſque uniforme. MM. *Caſſini*, *Maraldi* & *de Chazelles*, après un grand nombre d'expériences qu'ils ont faites en différens temps & en différens lieux, ſur diverſes montagnes, dont ils avoient meſuré géométriquement les hauteurs, ont jugé que les différentes hauteurs perpendiculaires répondantes en montant à chaque ligne d'abaiſſement du mercure dans le barometre, croiſſent chacune d'un pied. Mais ils ont penſé, avec beaucoup de vraiſemblance, que cette proportion ne continue point au delà d'une demi-lieue au deſſus du niveau de la mer; car, à cette diſtance de la ſurface de notre globe, l'air eſt beaucoup plus pur; ſon reſſort eſt beaucoup plus libre; & conſéquemment ſes différens degrés de denſité ne dépendent preſque plus que de la preſſion des couches ſupérieures.

960. Par le même procédé, on pourroit, par le moyen du barometre, connoître, à peu de choſe près, les hauteurs perpendiculaires des montagnes moyennes. Il faut toujours ſuppoſer qu'on ſait à quelle hauteur eſt le barometre au

niveau de la mer, pendant qu'on fait l'expérience ; ou que l'on connoît l'élévation du lieu où se trouve le pied de la montagne, dont on veut mesurer la hauteur. Nous venons de voir (958) qu'on peut compter, depuis le niveau de la mer jusqu'à une demi-lieue de hauteur, 12 $\frac{1}{2}$ toises pour chaque ligne de mercure, en ajoutant 1 pied pour la premiere, 2 pour la seconde, &c. (959). Si donc le pied de la montagne étoit au niveau de la mer, & que le barometre s'y tînt à 28 pouces : si, au haut de la montagne, le barometre n'étoit plus qu'à 23 pouces 6 lignes, cela donneroit 4 pouces 6 lignes, ou 54 lignes de différence ; ce qui donneroit pour la hauteur perpendiculaire de la montagne 5535 pieds, ou 922 $\frac{1}{2}$ toises.

961. M. *de Luc* (*Essai sur les différentes modifications de l'athmosphere*) a donné une regle qui paroît plus sûre, pour mesurer la hauteur des montagnes par le moyen du barometre. Il observe la hauteur du barometre au bas & au haut du lieu dont il veut connoître la hauteur. Dans les Tables de Logarithmes, qu'on trouve toutes faites, il cherche ceux de ces hauteurs du barometre exprimées en lignes : *La différence de ces logarithmes donne, en milliemes de toise, la hauteur cherchée.* Ce moyen est, comme l'on voit, bien simple. Il faut pourtant y faire quelques

corrections. La chaleur, qui raréfie tous les corps, & qui varie preſque à chaque inſtant, fait que, pour des preſſions ſemblables, la colonne de mercure du barometre peut être plus ou moins longue, ſuivant le degré de température dont elle eſt affectée. M. *de Luc* a regardé comme terme moyen de cette température, pour le mercure, celui de 10 degrés au deſſus de zéro du thermometre ordinaire. Il a donc fait, pour corriger la hauteur de ſon barometre, un thermometre dont le zéro eſt placé à ces 10 degrés, & qui, de là juſqu'au degré de l'eau bouillante, eſt diviſé en 84. Chaque degré, en plus ou en moins, de ce thermometre, vaut $\frac{1}{12}$ de ligne de mercure, qu'il faut retrancher ou ajouter aux hauteurs obſervées du barometre, avant d'en prendre les logarithmes. De même le plus ou le moins de chaleur fait que des colonnes d'air de même poids peuvent être plus ou moins longues : pour les ramener toutes à une longueur conſtante, il a conſtruit un autre thermometre, propre à corriger la température de l'air. Ce thermometre a ſon zéro placé à $16\frac{1}{4}$ degrés du thermometre ordinaire ; & de là, juſqu'au degré de l'eau bouillante, il eſt diviſé en 147, & en 39 juſqu'au terme de la glace. C'eſt avec cet inſtrument qu'il détermine la température de l'air au bas & au haut du lieu dont il veut connoître

la hauteur. Ces deux températures une fois observées, il les additionne, & en prend la moitié : c'eſt cette moitié qu'il appelle le degré moyen du thermometre. Si l'une de ces températures eſt au deſſus du zéro, & l'autre au deſſous, il retranche le terme le plus foible du plus fort; & le reſte de la ſouſtraction eſt le degré moyen. Toutes ces corrections étant faites, il multiplie la différence des logarithmes par le double du degré moyen du thermometre, & diviſe le produit par 1000. En nommant a la hauteur corrigée du lieu, b la différence des logarithmes, & c le degré moyen du thermometre, on exprime le tout par cette formule $b \pm \frac{b \times 2c}{1000} = a$. La vraie hauteur du lieu eſt donc la différence des logarithmes, plus ou moins le quotient de cette diviſion : plus ce quotient, ſi le degré moyen du thermometre eſt poſitif; & moins ce quotient, ſi ce degré eſt négatif.

962. Si l'on eſt curieux de connoître la correſpondance des deux thermometres, dont nous venons de parler, avec le thermometre ordinaire, on la trouvera dans mon Dictionnaire de Phyſique, *pl.* 34. Le thermometre ordinaire eſt ſous le numéro I & les deux autres ſont ſous les numéros XII. & XIII.

963. La hauteur juſqu'à laquelle s'étend l'ath-

moſphere au deſſus de la ſurface de la terre, ſeroit une connoiſſance intéreſſante pour nous. Les Phyſiciens ſe ſont donné beaucoup de peine pour la déterminer. Cela eût été facile par le moyen du barometre, ſi l'air de l'athmoſphere étoit de la même denſité dans toute ſon étendue : mais cela n'eſt pas (959). Cela ne ſeroit pas même difficile, ſi nous connoiſſions ſuivant quelle progreſſion l'air ſe dilate à meſure qu'il s'éloigne de la ſurface de la terre, & qu'il eſt moins chargé ; mais nous venons de voir (959) que nous n'avons cette connoiſſance, qui n'eſt même qu'un à peu près, que juſqu'à la hauteur d'environ une demi-lieue au deſſus du niveau de la mer. Les hauteurs du mercure dans le barometre, obſervées au pied & au ſommet des montagnes, ne peuvent donc pas nous donner la hauteur de l'athmoſphere, puiſque ces obſervations ne peuvent ſe faire que dans la partie inférieure, & que nous ignorons quelle eſt la denſité de l'air dans la partie ſupérieure. C'eſt ce qui a engagé M. *de la Hire* (*Mém. de l'Acad. an.* 1713, *pag.* 54), d'après une idée de *Kepler*, à ſe ſervir d'une méthode plus ſimple & plus ſûre. Cette méthode eſt fondée ſur l'obſervation des crépuſcules (1976). Tous les Aſtronomes conviennent que le crépuſcule commence le matin, lorſque le centre du ſoleil n'eſt plus qu'à

18 degrés au deſſous de l'horizon, ces 18 degrés pris ſur un cercle vertical ; & qu'il finit le ſoir, lorſque le centre du ſoleil eſt abaiſſé de cette quantité. Dans ce cas-là, le rayon ſolaire, ayant ſa direction de bas en haut, va toucher obliquement la ſurface ſupérieure de l'athmoſphere, & en s'y réfractant arrive juſqu'à la terre. Si l'athmoſphere étoit moins haute qu'elle n'eſt, il faudroit que le ſoleil fût moins abaiſſé que 18 degrés au deſſous de l'horizon, pour que le crépuſcule commençât : & au contraire, ſi elle étoit plus haute, le crépuſcule commenceroit, le centre du ſoleil étant plus bas que 18 degrés. Il y a donc un rapport néceſſaire entre la durée des crépuſcules & la hauteur de l'athmoſphere. C'eſt d'après la recherche de ce rapport, que M. *de la Hire* a conclu, avec vraiſemblance, cette hauteur d'environ 16 lieues. (*Voyez le Mémoire de M.* de la Hire, *cité ci-deſſus*). Il eſt cependant probable que l'air s'étend à une plus grande hauteur ; mais qu'en même temps il a, au deſſus de 16 lieues, trop peu de denſité pour réfracter ſenſiblement la lumiere.

964. Le poids de la colonne de mercure ſoutenue dans le barometre par celui de la colonne d'air qui y répond (301), pouvant nous apprendre au juſte quelle eſt la valeur de la preſſion de l'athmoſphere ſur une portion donnée de

la ſurface de la terre, on a cherché à connoître par-là quel eſt le poids total de l'athmoſphere. Mais après bien des calculs, cette connoiſſance a paru très-difficile & même impoſſible à acquérir, car elle en exige de préliminaires, que nous n'avons point. Il faudroit, 1°. connoître exactement l'étendue de la ſurface de la terre; connoiſſance qu'on n'a point, parce que la terre n'eſt pas parfaitement ronde (213): 2°. il faudroit tenir compte de la hauteur de ſes inégalités, ſans quoi on trouveroit le poids total plus grand qu'il n'eſt: 3°. connoître les différens degrés de denſité de l'air dans les différens climats & dans les différentes parties de l'athmoſphere (963): 4°. avoir égard aux effets de la force centrifuge, qui réſulte du mouvement de rotation de la terre ſur ſon axe, & qui diminue les effets de la peſanteur, mais pas également dans tous les lieux (212). On voit combien il ſeroit difficile de ſaiſir exactement tous ces élémens. Auſſi a-t-on abandonné cette queſtion, qui heureuſement n'eſt que de pure curioſité.

965. Il eſt plus intéreſſant pour nous de connoître quelle eſt la preſſion de l'athmoſphere ſur la ſurface de notre corps. Cette preſſion eſt énorme; & cependant nous nous en appercevons très-peu (317). Notre corps eſt preſſé, dans tous les points de ſa ſurface, par l'air de l'athmoſ-

phere, puiſque ce fluide, de même que tous les autres, exerce ſa preſſion dans tous les ſens : & le poids qu'il ſoutient eſt celui d'une colonne d'air dont la baſe eſt égale à la ſurface de notre corps, & dont la hauteur eſt celle de l'athmoſphere. Or le poids de cette colonne d'air eſt égal à celui d'une colonne de mercure de même baſe & de 28 pouces de hauteur (301). D'après cela, il eſt aiſé de connoître la valeur de cette preſſion ſur nous. On ſuppoſe que la ſurface du corps d'un homme de moyenne taille eſt de 15 pieds quarrés, ce qui n'eſt pas fort éloigné de la vérité. Or un pied cube de mercure peſe 949 livres 12 onces 2 gros 13 grains (*Voyez mon Ouvrage ſur la peſanteur ſpécifique des corps*) : une colonne de mercure d'un pied quarré de baſe & de 28 pouces de haut, peſe donc 2216 livres 1 once 7 gros 54 $\frac{1}{3}$ grains ; lequel poids, multiplié par 15 (nombre de pieds quarrés que contient la ſurface du corps d'un homme), donne pour produit 33241 livres 13 onces 4 gros 23 grains. Voilà la preſſion moyenne que nous éprouvons de la part de l'athmoſphere.

966. Mais cette preſſion, qui eſt meſurée par la hauteur du mercure dans le barometre, n'eſt pas conſtante, comme le prouve la variation de cette hauteur. Cette variation eſt de 3 pouces : d'où il ſuit que la plus grande différence entre les

les différentes preſſions de l'air ſur notre corps, eſt égale au poids d'une colonne de mercure de 15 pieds quarrés de baſe & de 3 pouces de hauteur : lequel poids eſt 3561 livres 10 onces 0 gros 12 $\frac{3}{4}$ grains. C'eſt ſans doute un bien pour nous d'éprouver, de la part de l'air, une auſſi grande preſſion : car lorſque nous nous portons ſur les hautes montagnes, où cette preſſion eſt beaucoup moindre (957), nous nous y trouvons ſouvent mal à notre aiſe.

967. Nous avons fait voir ci-deſſus (954) que l'athmoſphere eſt un fluide mélangé d'une grande quantité de ſubſtances étrangeres qui s'élevent de la terre dans l'air. Toutes les ſubſtances évaporables, en prenant l'état de vapeurs, paſſent dans l'air, & s'y élevent par leur légéreté reſpective. De plus, *l'air eſt un diſſolvant de l'eau* : il y en a toujours une aſſez grande quantité de diſſoute dans ce fluide. Pour vous en aſſurer, faites l'expérience ſuivante.

968. EXPÉRIENCE. Dans un vaſe bien ſec & bien net, mêlez une livre de glace pilée & 6 onces de ſel marin ou muriate de ſoude, ce qui produira un refroidiſſement aſſez conſidérable (1094). Laiſſez quelque temps ce vaſe expoſé dans un lieu où il ne gele pas. Les parois extérieures de ce vaſe ſe couvriront peu à peu d'une aſſez épaiſſe couche de frimas, qui ne ſont autre

chose que l'eau tenue en dissolution par l'air voisin du vase, lequel l'a abandonnée, en se condensant par le froid; de même que de l'eau très-chaude, qui tient beaucoup de sel en dissolution, en abandonne une partie en se refroidissant (1057).

969. On divise en deux classes les matieres qui s'élevent de la terre dans l'air. L'une comprend toutes celles qui tiennent de la nature de l'eau : dans l'autre sont comprises les parties salines, grasses, spiritueuses, &c. auxquelles on donne le nom d'*exhalaisons*. Toutes ces substances, différemment mélangées ou modifiées, prennent différentes formes, & produisent différens phénomenes qu'on nomme *météores*.

970. Les météores sont donc des phénomenes qui ont lieu dans l'athmosphere. On en distingue de trois sortes; savoir, les météores aqueux, les météores lumineux, & les météores enflammés. Nous ne traiterons ici que des météores aqueux : nous parlerons des lumineux en traitant de la lumiere (1435 *& suiv.*); & des enflammés en traitant de l'électricité (2599 *& suiv.*).

971. Les météores aqueux sont tous ceux qui sont produits par l'eau qui se trouve dans l'athmosphere, soit en vapeurs, soit en dissolution. Tels sont le serein, la rosée, la gelée blanche, les brouillards, le givre ou frimas, les nuages,

la pluie, la neige & la grêle. Tous ces météores naiſſent des mêmes cauſes, & ſont compoſés de la même matiere différemment modifiée.

972. Pendant le jour, le ſoleil échauffe la terre, l'eau, l'air, & tout ce qui ſe trouve expoſé à ſes rayons. La chaleur communiquée à tous ces corps, ſe ralentit lorſque le ſoleil eſt couché, mais plus promptement dans l'air que dans les matieres qui ont plus de denſité; de ſorte que les eaux, la terre, & la plupart des corps qui ſont à ſa ſurface, conſervent cette chaleur plus long-temps, & ſe trouvent, pendant la nuit, en avoir plus que l'air. Alors la matiere de la chaleur, qui, comme tous les autres fluides, tend à ſe répandre uniformément par-tout, paſſe de la terre & des eaux dans l'air; &, ſe combinant avec les parties les plus ſubtiles, leur fait prendre l'état de vapeurs, qui s'élevent dans l'air par leur légéreté reſpective. De plus, l'air, qui s'inſinue aiſément dans les pores des corps (943), diſſout une portion d'eau plus ou moins grande. Toutes ces particules aqueuſes, ainſi enlevées, ſe répandent dans la portion de l'athmoſphere la plus voiſine de la terre; & jointes à l'eau déjà diſſoute que l'air, alors condenſé par le refroidiſſement, peut abandonner & renvoyer vers la terre, elles cauſent cette humidité, que l'on apperçoit ſenſiblement ſur ſes habits, lorſqu'on

ſe promene le ſoir, & à laquelle on a donné le nom de *ſerein*.

973. Si à ces particules aqueuſes ſe trouvent mêlés, comme cela arrive quelquefois, des extraits de différentes ſubſtances, ſoit végétales, ſoit minérales, le ſerein, qui s'en trouve chargé, peut avoir des qualités bonnes ou mauvaiſes, ſuivant la nature de ces ſubſtances. Et comme la Nature ne fournit pas par-tout & en tout temps les mêmes productions, nous devons conclure que le ſerein peut changer de qualités ſuivant les temps & les lieux. Auſſi prétend-on qu'à Rome & à ſes environs, il eſt dangereux de s'expoſer au ſerein, tandis qu'on peut le faire impunément à Paris.

974. Lorſque la terre s'échauffe ſuffiſamment pendant le jour, ce qui arrive ordinairement dans les ſaiſons & les climats chauds, ces particules aqueuſes, qui forment le ſerein, continuent pendant toute la nuit de s'élever de la terre, & demeurent pour un temps ſuſpendues dans la région baſſe de l'air. Mais au lever du ſoleil, la chaleur renaît dans l'athmoſphere, & l'air, en ſe raréfiant, abandonne ces parties aqueuſes, qui retombent alors ſur la terre & ſur tous les corps qui ſont à ſa ſurface, & forment ce qu'on appelle la *roſée*. Il y a une autre ſorte de roſée qui ne retombe pas comme la premiere, quoiqu'elle ſoit

formée de ſubſtances ſemblables, & qui s'élevent pareillement de la terre. Mais ces dernieres, au lieu d'en ſortir immédiatement & de paſſer dans l'air, enfilent les tiges, les branches & les feuilles des plantes, & s'y ramaſſent en gouttes. Pour ſe convaincre de ce fait, on n'a qu'à couvrir le ſoir une plante quelconque, par exemple, un chou ou une laitue, avec une cloche de verre, on la trouvera le matin couverte de roſée, comme le ſeront les plantes voiſines qui ſeront demeurées découvertes; & la cloche de verre ſera elle-même couverte de la roſée tombante.

975. Quand les nuits commencent à devenir longues, comme vers la moitié ou la fin de l'automne, la terre & les corps qui ſont à ſa ſurface, ont le temps de ſe refroidir aſſez pour permettre à la roſée de ſe geler. Les petits glaçons qui en proviennent, & qui ſont fort menus & très-proches les uns des autres, forment alors ce que nous appelons la *gelée blanche*. Il n'eſt point néceſſaire, pour la produire, que la terre ou les objets terreſtres, ou même l'air, aient acquis le degré de froid qui occaſionne la congélation; il ſuffit qu'ils en ſoient fort près. Ce qui fait geler ces petites gouttes de roſée, qui forment la gelée blanche, eſt ſur-tout le refroidiſſement occaſionné par l'évaporation (1171), laquelle eſt quelquefois très-augmentée par la

premiere action du ſoleil. Il arrive ſouvent que la roſée, qui n'eſt encore que roſée avant que le ſoleil ſe leve, devient de la gelée blanche peu d'inſtans après que cet aſtre eſt monté au deſſus de l'horizon. Et quand le ſoleil eſt alors bien brillant, c'eſt le cas où la gelée blanche cauſe le plus de dommage aux plantes & aux fruits; car l'évaporation étant plus conſidérable, le refroidiſſement en devient auſſi plus grand.

976. Il arrive quelquefois, par certaines diſpoſitions dans l'athmoſphere, & par un concours de circonſtances aſſez difficiles à déterminer, qu'il s'éleve une grande quantité de particules aqueuſes, qui ne ſont qu'imparfaitement diſſoutes dans l'air, ou qui ont pris la forme de vapeurs groſſieres qui s'étendent uniformément dans la partie baſſe de l'athmoſphere : alors ces particules troublent la tranſparence de l'air, & forment ce qu'on appelle le *brouillard*. Il ſuit de là que les brouillards doivent être plus fréquens dans les lieux les plus capables de fournir une grande quantité de ces particules aqueuſes. Auſſi le ſont-ils davantage dans les lieux bas & humides, dans les endroits marécageux, le long des rivieres & des étangs, qu'ils ne le ſont dans les endroits ſecs & élevés.

977. Il arrive quelquefois qu'il ſe mêle aux brouillards, des exhalaiſons qui ſe manifeſtent

par une mauvaiſe odeur & par une âcreté qu'on reſſent à la gorge & aux yeux. On prétend qu'alors les brouillards ſont capables de cauſer du dommage aux fruits & aux grains. On leur attribue même ces maladies du blé, connues ſous les noms de *nielle* & de *trouille*. Mais je ſuis bien plus porté à croire que les germes de ces maladies ſont dans le grain même que l'on ſeme; ſoit que ce germe ſoit un virus dont le grain eſt infecté, ſoit que ces maladies proviennent de la piqûre d'un inſecte qui y a dépoſé ſes œufs. Car la liqueur alkaline, employée avec ſuccès pour prévenir ces maladies, eſt du nombre de celles qui peuvent faire périr les inſectes, ou qui peuvent ſans doute détruire ce virus; puiſque la ſemence, préparée avec cette liqueur, produit un blé qui n'eſt plus ſujet à ces maladies, quoiqu'il ſoit expoſé aux mêmes brouillards que ceux auxquels ſont expoſés ſes voiſins. Ce ne ſont donc pas les brouillards qui cauſent ces maladies des blés.

978. Les brouillards ſont plus fréquens dans les ſaiſons & les climats froids, que dans les ſaiſons & les climats chauds, parce qu'alors les particules aqueuſes & les vapeurs, condenſées par le froid de l'air preſque au moment où elles ſortent de la ſurface de la terre ou des eaux, ne peuvent s'élever qu'à une très-petite hauteur,

ou ne peuvent être qu'imparfaitement diſſoutes. Si le froid vient à augmenter, le brouillard ſe géle, & s'attache en petits glaçons aux branches des arbres, aux habits & aux cheveux des voyageurs, aux crins des chevaux, & généralement à tout ce qui s'y trouve expoſé, & forme ce que l'on appelle le *givre* ou *frimas*. Le givre differe de la gelée blanche, à laquelle il reſſemble cependant beaucoup, en ce qu'il n'a jamais lieu que lorſque la température de l'air eſt à la congélation ou au deſſous : au lieu qu'il y a ſouvent de la gelée blanche, quoique la température de l'air ſoit un peu au deſſus de la congélation (975).

979. Lorſque les brouillards s'élevent aſſez haut dans l'athmoſphere, & qu'il s'y en fait des amas, ſoit par quelque condenſation de l'air, ſoit par l'impulſion des vents, &c. cela forme ce que nous appelons les *nuages*, qui flottent à différentes hauteurs dans l'air, avec lequel ils ſont en équilibre. Et comme l'air a d'autant plus de denſité qu'il eſt plus près de la ſurface de la terre (959), il n'eſt pas étonnant que ces nuages épais, qui ſont prêts à fondre en pluie, ſoient ordinairement fort bas. Il n'y a que les nuages rares & légers, qui puiſſent ſe ſoutenir à une certaine hauteur.

980. Puiſque les nuages ſont compoſés d'eau, ou réduite en vapeurs, ou diſſoute dans l'air, il

doit s'en former plus que par-tout ailleurs dans les endroits les plus capables d'en fournir la matiere. Auſſi ſe forme-t-il plus de nuages au deſſus des mers & des grands lacs, où l'évaporation eſt beaucoup plus abondante, qu'il ne s'en forme au deſſus des continens & des grandes iſles. C'eſt pour cette raiſon que le vent d'oueſt, qui nous vient de deſſus l'Océan, & le vend de ſud, qui nous vient de deſſus la Méditerranée, nous apportent ordinairement beaucoup de nuages.

981. Si les nuages s'épaiſſiſſent, ſoit par l'action des vents, ſoit par la condenſation ou la raréfaction de l'air qui les porte, ſoit par l'abandon du calorique qui les tenoit dans l'état de vapeurs; les particules aqueuſes, dont ils ſont compoſés, ſe réuniſſent en gouttes, qui, devenues par-là trop peſantes pour ſe ſoutenir en l'air, font, en tombant, ce qu'on appelle de la *pluie*. Lorſque cette condenſation des nuages ſe fait précipitamment, & dans une portion peu élevée de l'athmoſphere, où l'air, ayant plus de denſité (959), eſt plus en état de les ſoutenir; les gouttes qu'ils forment prennent plus de groſſeur, ſont en moindre nombre, demeurent plus écartées les unes des autres, & acquierent beaucoup de vîteſſe en tombant; c'eſt ce qu'on obſerve preſque toujours dans les pluies d'orage, qui viennent ordinairement de nuages peu élevés.

Mais si cette condensation se fait lentement, ou que ces petites particules aqueuses ne se réunissent & ne tombent que parce que l'air, qui les soutenoit, les abandonne en se dilatant; alors les gouttes demeurent très-petites, sont en très-grand nombre, fort proches les unes des autres, & tombent lentement & avec une vîtesse presque uniforme. Elles forment alors une pluie extrêmement fine, à laquelle on donne communément le nom de *bruine*.

982. Le froid de la région des nuages est quelquefois assez considérable pour geler les particules aqueuses qui composent les nuages. Si le froid les saisit avant qu'elles aient eu le temps de se réunir en gouttes, les petits glaçons qui en proviennent, se réunissant plusieurs ensemble, & ne se touchant que par quelques points de leur surface, ne composent que des flocons très-légers. C'est-là ce que nous appelons *neige*.

983. L'ordre & l'arrangement de ces petits glaçons entre eux ne sont pas toujours les mêmes; ils varient prodigieusement, & font par-là varier la figure de la neige. Mais ce qu'il y a de très-singulier, c'est que cette figure, qui n'est pas la même dans tous les temps, est constamment la même dans le même jour, ou du moins dans la même ondée: c'est-à-dire que les flocons qui

tombent enſemble, ne different qu'en groſſeur ; mais ils ont tous la même figure, ou, pour mieux dire, ils ſont tous compoſés de petites ramifications qui ſe reſſemblent. De ſorte que la neige d'aujourd'hui peut bien avoir une figure différente de celle qu'avoit la neige d'hier; mais l'arrangement des petits glaçons eſt conſtamment le même dans tous les flocons qui tombent dans la même ondée : il n'en tombe donc que d'une eſpece à la fois, ſoit en différens jours, ſoit à différentes heures du même jour. On pourroit regarder cela comme une eſpece de criſtalliſation, mais dont il ſeroit très-difficile de rendre raiſon.

984. La neige tombe toujours lentement & preſque ſans accélération, parce qu'avec très-peu de maſſe, elle préſente à l'air, qu'elle traverſe, une grande quantité de ſurfaces : ce fluide, par ſa réſiſtance, l'empêche donc de recevoir l'augmentation de vîteſſe, que lui auroit donnée, ſans cela, l'accélération de ſa chûte (214).

985. Cette grande quantité de ſurfaces rend encore la neige très-ſuſceptible d'évaporation : auſſi diminue-t-elle ſenſiblement, même dans les jours les plus froids.

986. Si le froid, qui regne quelquefois dans la région des nuages, donne le temps aux particules aqueuſes, qui les compoſent, de ſe réunir

en gouttes, avant d'être prises par la gelée, le froid, qui les saisit, en forme de petits globules de glace : c'est-là ce que nous appelons *grêle*.

987. La grêle devroit toujours être parfaitement ronde, parce qu'elle est composée d'eau, qui, ayant été fluide dans un milieu qui la pressoit également de toutes parts, a dû nécessairement prendre une figure sphérique. Aussi est-il hors de doute que c'est-là la figure qu'elle a dans le moment de sa formation. Cependant, lorsqu'elle arrive à terre, elle est le plus souvent anguleuse : cela vient, ou de ce qu'elle a déjà commencé à se fondre, ou qu'au contraire elle a reçu un degré de froid suffisant pour geler les petites particules d'eau qu'elle a touchées dans sa chûte, & qui tombent moins vîte qu'elle (208).

988. La grêle ne devroit jamais être plus grosse que des gouttes de pluie : ainsi, si l'on en voit quelquefois tomber qui égale en grosseur une noix ou un œuf, c'est, comme nous venons de le dire (987), qu'elle s'est trouvée assez froide pour geler les particules d'eau qu'elle a touchées dans sa chûte, & se les approprier ; ou que plusieurs grains se sont réunis, & comme collés les uns aux autres en tombant. Pour s'en convaincre, il suffit d'examiner ces gros grains de grêle ; on les trouvera presque toujours an-

guleux, & jamais d'une denſité uniforme depuis la ſurface juſqu'au centre ; ce qui prouve clairement qu'ils ſont faits de pluſieurs pieces. Auſſi obſerve-t-on que la grêle qui tombe ſur le haut des montagnes, eſt plus petite, toutes choſes d'ailleurs égales, que celle qui tombe dans les vallées : elle acquiert donc & groſſit de plus en plus pendant qu'elle tombe.

989. La grêle acquiert ſouvent, en tombant, une vîteſſe conſidérable, parce qu'au moyen de ſa figure ſphérique, ou à peu près, elle éprouve, de la part de l'air, qu'elle traverſe, la moindre réſiſtance poſſible, relativement à ſa maſſe, puiſque les corps ſphériques ſont ceux qui, pour une quantité donnée de matiere, ont le moins de ſurface : & cette réſiſtance eſt d'autant moindre, que les grains ſont plus gros. Auſſi la grêle, & ſur-tout la groſſe, cauſe-t-elle ſouvent beaucoup de dommage : elle coupe les blés, la vigne & les jeunes pouſſes des arbres ; elle meurtrit les fruits & les fait tomber ; elle tue les animaux dans la campagne, &c. On ne voit que trop ſouvent des cantons entiérement dévaſtés par elle.

990. D'après ce que nous venons de dire des météores aqueux (*971 & ſuiv.*), il eſt aiſé de voir qu'ils naiſſent tous des mêmes cauſes. Ce ſont les particules d'eau qui paſſent de la terre

& des eaux dans l'air, qui forment le ſerein : la roſée eſt le ſerein lui-même qui eſt retombé : la gelée blanche eſt la roſée qui s'eſt gelée : le brouillard n'eſt qu'un ſerein plus abondant : le givre ou frimas eſt le brouillard qui ſe gele, en adhérant aux corps qu'il rencontre : les nuages ſont des brouillards portés à une certaine hauteur : les pluies ſont des nuages dont les particules aqueuſes ſe ſont réunies pluſieurs enſemble pour former des gouttes : la neige eſt un nuage dont les particules ſe ſont gelées avant d'être réunies en gouttes ; enfin la grêle n'eſt autre choſe que les gouttes de pluie gelées.

L'Athmoſphere conſidérée comme un fluide agité.

991. On obſerve deux ſortes de mouvement dans l'air de l'athmoſphere. L'un n'eſt qu'un mouvement de tremblottement ou de vibration imprimé aux parties de ce fluide, & qui les agite pendant quelque temps, ſans les déplacer : c'eſt celui qui nous apporte le ſon. L'autre eſt un vrai mouvement de tranſlation, par lequel une portion aſſez conſidérable de l'athmoſphere eſt pouſſée d'un lieu dans un autre, avec une vîteſſe plus ou moins grande, & dans une direction déterminée : c'eſt celui qui produit le vent.

Du Son.

992. Le ſon naît d'un mouvement de vibration imprimé à un corps ſonore par le choc d'un autre corps, communiqué par ce corps ſonore au fluide qui l'environne, & tranſmis par ce fluide juſqu'à l'oreille, qui eſt l'organe deſtiné à en recevoir l'impreſſion.

993. De cette définition, il ſuit que nous devons conſidérer le ſon ſous trois aſpects différens ; 1°. dans le corps ſonore qui le fait naître ; 2°. dans le milieu qui le tranſmet ; 3°. dans l'organe qui en reçoit l'impreſſion.

994. On appelle *corps ſonores* proprement dits, ceux dont les ſons ſont diſtincts, comparables entre eux, & de quelque durée ; tels ſont ceux d'une cloche, d'une corde de violon, &c. & non pas ceux qui ne font entendre qu'un bruit confus, tel que le fait une pierre qui tombe ſur le pavé. Pour que les corps ſoient ſonores, il faut néceſſairement qu'ils ſoient élaſtiques, comme nous allons le prouver ; & leur ſon eſt proportionnel à leurs vibrations, pour la durée & pour l'intenſité ou la force.

995. Suppoſons donc que l'on frappe, par exemple, une cloche (*fig.* 138.). Ses petites particules, par leur force élaſtique, ſe meuvent avec beaucoup de vîteſſe, avec une ſorte de *Fig.* 138.

tremblottement & d'ondulation, qu'il eſt aiſé d'obſerver & de ſentir, en poſant légérement le doigt deſſus. Pour bien entendre ceci, il faut concevoir qu'une cloche eſt compoſée d'une ſuite de zones circulaires, qui vont juſqu'au haut en décroiſſant de diametre. Chacune de ces zones peut être conſidérée comme un anneau plat (*fig.* 139.), compoſé d'autant de cercles concentriques qu'il peut y en avoir dans l'épaiſſeur. Si l'on frappe cet anneau au point *a* (*fig.* 140.), cette partie choquée ſe porte vers *g*, & en même temps les parties *b* & *d* ſe portent vers *i* & vers *m*, ce qui contraint le point *c* de ſe porter vers *c*. Mais l'inſtant d'après, ces parties, tendant, par leur élaſticité (31), à ſe rétablir dans leur premier état, reviennent au lieu d'où elles ſont parties; & comme elles y reviennent avec accélération (34), elles ſe portent plus loin que le lieu de leur repos: la partie *a*, après être revenue de *g* en *a*, ſe porte donc vers *f*; la partie *c* vers *h*; & les parties *b* & *d* vers *k* & vers *l*. De là il arrive que la cloche, de circulaire qu'elle étoit d'abord, devient ovale alternativement en deux ſens différens: il faut donc qu'aux endroits des plus grandes courbures, les parties extérieures s'écartent les unes des autres.

Fig. 139.

Fig. 140.

996. Cette même choſe arrive à une corde B D (*fig.* 141.) de claveſſin, de harpe, &c. que l'on

Fig. 141.

l'on pince ; car, pour devenir angulaire, comme BCD ou BED, il faut néceſſairement qu'elle s'alonge, & par conſéquent que ſes parties s'écartent.

997. Il y a donc là deux ſortes de vibrations ; ſavoir, les vibrations totales qui changent la figure du corps ; & les vibrations particulieres, ou celles des parties inſenſibles.

998. Le ſon n'eſt point dû aux vibrations totales, mais à celles des parties inſenſibles, comme l'a prouvé *M. de la Hire* (*Mém. de l'Acad. an.* 1716, *pag.* 264). Toutes les fois donc qu'on pourra ſéparer ces deux ſortes de vibrations, on n'aura point de ſon avec les totales ; mais quand les vibrations totales ſont accompagnées de celles des parties inſenſibles, elles reglent la durée, la force & les modifications du ſon.

999. Si l'on fait ceſſer les vibrations, en touchant le corps ſonore, le ſon ceſſe auſſi ſur le champ, parce qu'il ne peut pas avoir lieu ſans ces vibrations (992). C'eſt pourquoi les Horlogers mettent ſous le marteau, deſtiné à frapper le timbre de l'horloge, un petit reſſort, qui le releve ſi-tôt qu'il l'a frappé, & l'empêche de continuer de le toucher.

1000. Le mouvement des corps qui ſont à quelque diſtance de nous, ne peut point affecter

nos ſens ſans la médiation d'autres corps qui reçoivent ce mouvement, & le communiquent immédiatement à l'organe. Les vibrations du corps ſonore ſe paſſeroient donc ſans que nous nous en apperçuſſions, s'il n'y avoit, entre lui & nous, un milieu capable de les tranſmettre. Les fluides élaſtiques ſont les milieux les plus propres à cet effet. Les vibrations du corps ſonore ſe communiquent donc à l'air qui l'environne, en produiſant un mouvement ſemblable dans l'air, ou, pour mieux dire, dans autant de ſes parties qu'il y en a de capables de le recevoir & de le perpétuer.

1001. L'air eſt en effet le milieu le plus ordinaire par lequel le ſon ſe tranſmet : & le ſon eſt porté ou entendu d'autant plus loin, que le fluide, par lequel il ſe propage, a plus de denſité. Le ſon ſe porte donc plus loin par un air condenſé, que par un air ordinaire. Cela doit être; car il doit y avoir un ſon plus fort, où il ſe trouve un reſſort plus actif : or cela ſe trouve dans un air condenſé (911). Mais ſi l'air étoit conſidérablement dilaté, le ſon ne s'entendroit qu'à une très-petite diſtance, & d'autant plus petite que ſa dilatation ſeroit portée à un plus haut degré, parce qu'alors il n'auroit pas la denſité requiſe. C'eſt la raiſon pour laquelle la lumiere, qui eſt un fluide très rare, n'eſt pas capable

de tranſmettre les ſons, quoiqu'elle ait une élaſticité parfaite.

1002. Mais ſuivant quelles proportions ſe fait l'accroiſſement de la force du ſon dans un air condenſé? *Hauksbee*, qui a travaillé à cette recherche (*Tranſ. phil.* n°. 321), a trouvé que, dans un air une fois plus denſe, le ſon s'entend une fois plus loin. D'où il a conclu, avec raiſon, que le ſon augmente, non pas ſeulement en raiſon directe de la denſité de l'air, mais en raiſon du quarré de cette denſité. Car ſuppoſons que le corps ſonore A (*fig.* 142.), qui doit être regardé comme le centre d'une ſphere d'activité qui anime des rayons ſonores dans tous les ſens, puiſque ce corps ſonore ſe fait entendre de tous côtés : ſuppoſons, dis-je, que ce corps ſoit dans un air dont la denſité eſt 1 ; que l'oreille ſoit placée à la diſtance 1, & qu'elle ait pour ouverture *d e* : elle recevra tous les rayons ſonores qui forment le cône *a d e*, & que nous ſuppoſons néceſſaires pour faire entendre le ſon à la diſtance 1. Suppoſons maintenant qu'on double la denſité de l'air, & que l'oreille ſe place à la diſtance 2 : l'expérience prouve qu'elle y entendra le ſon de la même maniere qu'elle l'entendoit dans le premier cas à la diſtance 1. Mais il eſt démontré qu'à la diſtance 2, l'oreille ne reçoit que le quart des rayons qu'elle recevoit à *Fig.* 142.

la distance 1, puisque l'aire de la base du cône *a b c* est quadruple de l'aire de la base du cône *a d e*, & que l'ouverture *b f* de l'oreille est égale à *d e*. Il faut donc que le son soit quatre fois aussi fort à la seconde distance qu'à la premiere. On prouvera de même que, pour entendre le son à la troisieme distance, il faut qu'il soit 9 fois aussi fort, 16 fois à la quatrieme distance, 25 fois à la cinquieme, &c. Donc *le son augmente comme le quarré de la densité de l'air.*

1003. Si le son s'exécutoit dans un fluide élastique plus dense que l'air, il seroit aussi porté plus loin. C'est ce que j'ai éprouvé, en mettant un corps sonore dans le gas acide carbonique (735), dont la densité excede celle de l'air d'environ un tiers (759). Le son, dans le même temps & dans le même lieu, s'y est trouvé beaucoup plus fort.

1004. Si le ressort de l'air devenoit plus actif, sans que sa densité changeât, comme cela peut arriver par différentes causes, la force du son seroit augmentée à raison de cette augmentation d'activité du ressort : ainsi, pour énoncer d'une maniere plus générale cet accroissement de l'intensité du son, il faut dire que *l'intensité du son est comme le produit de la densité de l'air multipliée par son ressort.*

1005. Les fluides élastiques ne sont pas les

seuls milieux qui puissent transmettre le son : il se propage aussi par l'eau & par les autres liqueurs, comme on l'a éprouvé, & comme on peut s'en assurer, en plongeant, au milieu de l'eau, un corps sonore, de maniere qu'il ne touche à aucun corps dur, & que cette liqueur l'environne de toutes parts. Il faut avouer que, dans ce cas-là, le son paroît moins fort, & s'entend de moins loin : cela vient de ce que le milieu qui transmet le son, doit être élastique, & les liqueurs le sont très-peu (33); & l'affoiblissement du son se fait presque tout en entier au passage de l'air dans la liqueur, comme l'a éprouvé M. l'Abbé *Nollet*, qui a fait là-dessus plusieurs expériences curieuses (*Mém. de l'Acad. an.* 1743, *pag.* 199).

1006. Le son peut aussi se transmettre par des corps solides, pourvu qu'ils aient le degré de ressort nécessaire.

1007. Le son emploie un temps très-sensible à se propager, à se transmettre du lieu où il naît, dans le lieu où il se fait entendre; car si l'on voit de loin quelqu'un qui tire un coup de fusil, on n'entend le bruit que quelque temps après avoir apperçu la lumiere. Cela vient de ce que la lumiere ou son action se propage beaucoup plus vîte que le son : car, puisqu'elle ne met qu'environ 8 minutes à venir du soleil à nous

(1180), il faut qu'elle parcoure environ 72420 lieues par ſeconde de temps. On s'eſt donc ſervi de cette différence, pour meſurer la vîteſſe avec laquelle le ſon ſe propage.

1008. La diſtance des lieux que nous pouvons appercevoir à la ſurface de la terre, eſt ſi petite, qu'il ne faut à la lumiere qu'une très-petite fraction de ſeconde pour la parcourir : nous pouvons donc, ſans crainte d'erreur ſenſible, négliger cette petite fraction, & compter que nous appercevons la lumiere dans le moment où elle paroît. Ainſi, ſi l'on fait tirer un coup de canon d'un lieu qu'on peut voir, en comptant le temps qui s'écoule depuis la lumiere apperçue juſqu'au ſon entendu, on aura le temps que ce ſon aura employé à parcourir cet eſpace. C'eſt ainſi qu'on s'y eſt pris pour meſurer la vîteſſe du ſon : l'expérience en a été faite par pluſieurs Phyſiciens, & elle a été ſur-tout répétée pluſieurs fois, & avec beaucoup de ſoins & d'exactitude, par MM. *de Thury*, *Maraldi* & *de la Caille*, ſur une ligne de 14636 toiſes, qui avoit pour termes la tour de Mont-Lhéri & la pyramide de Montmartre, l'Obſervatoire étant placé entre deux. (*Voyez les Mém. de l'Acad. an.* 1738, *pag.* 128 *& ſuiv.*). Les réſultats de ces expériences ſont :

1009. 1°. Que la vîteſſe du ſon, par un temps

calme, eſt de 173 toiſes par ſeconde ; & qu'elle eſt à peu près de la même quantité, lorſque le vent eſt dans une direction perpendiculaire à celle de l'endroit où eſt produit le ſon à celui où on l'entend.

1010. 2°. Que le ſon, fort ou foible, ſe tranſmet avec la même vîteſſe, puiſqu'on a entendu de Mont-Lhéri le bruit d'une boîte, chargée ſeulement d'une demi-livre de poudre, & tirée à Montmartre, dans le même temps après la lumiere apperçue, que celui des coups de canon qui y furent tirés ſucceſſivement, & dont la charge étoit de près de ſix livres.

1011. 3°. Que la vîteſſe du ſon eſt la même, ſoit que le temps ſoit ſerein, ſoit qu'il ſoit pluvieux.

1012. 4°. Que la vîteſſe du ſon eſt auſſi la même, ſoit pendant le jour, ſoit pendant la nuit.

1013. 5°. Que la vîteſſe du ſon eſt égale dans les grands intervalles comme dans les petits ; c'eſt à-dire qu'elle ne ſe ralentit point vers la fin, comme le font la plupart des autres mouvemens, & que par conſéquent elle eſt uniforme.

1014. 6°. Que la vîteſſe du ſon eſt de la même quantité, ſoit que le canon ſoit dirigé vers l'endroit où on l'entend, ſoit que ce ſoit en ſens contraire ; puiſque le canon de Montmartre ayant été dirigé vers le nord, on l'a entendu, tant

de l'Obſervatoire que de Mont-Lhéri, dans le même intervalle de temps après la lumiere apperçue, que lorſqu'il étoit dirigé vers le midi. Il en eſt de même dans les différentes inclinaiſons, puiſque le bruit des boîtes, dont la direction eſt perpendiculaire à l'horizon, s'eſt tranſmis dans le même intervalle de temps que celui des canons.

1015. 7°. Que la différente direction du vent contribue à accélérer ou retarder la vîteſſe du ſon d'une quantité qui a été jugée être à peu près la même que celle du vent qu'il faiſoit alors. D'où il réſulte que la vîteſſe du ſon eſt de 173 toiſes, plus ou moins celle du vent, ſelon qu'il eſt dans une direction favorable ou contraire. On pourra, par ce moyen, puiſqu'on connoît maintenant la vîteſſe du ſon, calculer dans tous les temps celle du vent, & réciproquement.

1016. 8°. Que la différente diſpoſition du terrein par lequel le ſon ſe tranſmet, ne contribue pas à augmenter ou diminuer ſenſiblement ſa vîteſſe. D'où il ſuit qu'il ſe communique en ligne droite, ſans ſuivre les détours.

1017. 9°. Enfin, que la différente peſanteur ou preſſion de l'air ne produit aucune différence ſenſible dans la vîteſſe du ſon; puiſque, le 21 Mars, le baromètre étant à 27 pouces 2 $\frac{1}{4}$ lignes

pendant un temps calme, l'intervalle entre la lumiere apperçue & le bruit du canon, tiré de Mont-Lhéri, fut trouvé à l'Obſervatoire de la même quantité que le 16 du même mois, jour où le barometre étoit à 27 pouces 11 lignes, par un vent tranſverſal, qui, comme nous l'avons remarqué (1009), ne change rien à la vîteſſe du ſon.

1018. La connoiſſance de la vîteſſe du ſon n'en eſt pas une ſtérile & de pure curioſité : on peut en retirer divers avantages. Cette vîteſſe étant une fois connue, on peut la regarder comme une meſure temporaire de l'intervalle entre des lieux éloignés : on en aura donc la diſtance, en obſervant le temps écoulé entre la lumiere apperçue & le bruit entendu. Si cela ne donne pas une meſure exacte, ce ſera du moins un à peu près. On peut s'en ſervir utilement pour déterminer la largeur d'une grande riviere près de ſon embouchure, d'un lac, d'un marais, & même la diſtance des iſles entre elles & à la terre ferme. On peut même, dans des temps couverts, en tirant du rivage de la mer des coups de canon, préſerver du naufrage des vaiſſeaux, qui, voyant la lumiere & entendant le coup, pourront reconnoître à quelle diſtance ils ſont du lieu qu'ils veulent éviter ou aborder.

1019. Quand le ſon rencontre des obſtacles, il change de direction, & ſe réfléchit ; & ſon angle de réflexion eſt parfaitement égal à celui de ſon incidence, parce que l'air, qui lui ſert de véhicule, a un reſſort parfait (907). C'eſt-là ce qui forme les échos. Pour que celui qui parle entende l'écho, il faut donc que l'obſtacle ſe préſente perpendiculairement à la direction de la voix. Suppoſons quelqu'un placé en A (*fig.* 143.), & qu'il parle vis-à-vis d'un corps élevé, par exemple, un rocher placé à quelque diſtance de là. Si la partie O du rocher ſe préſente perpendiculairement à la voix, & que cette partie ſoit telle qu'elle doit être pour former un écho, le ſon ſera réfléchi vers celui qui parle, & lui fera entendre l'écho. Si en P, Q, &c. il y a d'autres parties ſemblablement diſpoſées, & plus diſtantes les unes que les autres de celui qui parle, l'écho répétera pluſieurs fois de ſuite la même choſe. Mais ſi toutes ces parties étoient diſpoſées de maniere à réfléchir le ſon vers V, celui qui parle en A n'entendroit point l'écho, tandis que quelqu'un placé en V l'entendroit très-bien.

Fig. 143.

1020. Les échos ne ſe trouvent point en raſe campagne : il faut néceſſairement des objets élevés ſur le terrein. Auſſi n'en entend-on point en pleine mer, ni dans les plaines, où il n'y a ni

maiſons ni arbres ; mais on en trouve ſouvent dans les bois, dans les vallées, vis-à-vis des rochers, des montagnes, &c.

1021. Nous avons conſidéré le ſon dans le corps ſonore qui le fait naître, & dans le milieu qui le tranſmet : il nous reſte à le conſidérer dans l'organe qui en reçoit l'impreſſion. L'oreille eſt cet organe. Les Anatomiſtes la diviſent pour l'ordinaire en externe & en interne. L'oreille externe eſt compoſée de ce qui porte vulgairement le nom d'*oreille*, qui eſt une eſpece d'entonnoir dont la tige, appelée *conduit auditif*, eſt terminée par une membrane mince qu'on nomme *membrane du tambour* ou *tympan*. C'eſt cette membrane qui fait la ſéparation de l'oreille externe d'avec l'interne. L'oreille interne comprend la caiſſe du tambour & le labyrinthe. La caiſſe du tambour eſt une cavité placée derriere le tympan, qui contient quatre oſſelets; ſavoir, le marteau, l'enclume, l'étrier, & l'orbiculaire. Le manche du marteau eſt attaché au centre du tympan ; ſa tête au corps de l'enclume, laquelle a deux branches : à la plus longue eſt fixée la tête de l'étrier, l'orbiculaire entre deux. La baſe de l'étrier, qui eſt ovale, ferme une ouverture de même figure, qui communique au labyrinthe, lequel eſt compoſé du veſtibule, des trois canaux ſemi-circulaires, & du limaçon. Le limaçon,

qui eſt la principale partie de l'oreille, eſt compoſé d'un noyau (*fig.* 144.) en forme de cône un peu écraſé, enveloppé d'un conduit oſſeux (*fig.* 145.) qui fait deux tours & demi de ſpirale. La cavité de ce conduit va toujours en diminuant, en approchant du ſommet du cône, & ſe trouve partagée dans toute ſon étendue, en deux moitiés *a*, *b*, appelées *rampes*, diſtinguées en externe & en interne par une cloiſon (*fig.* 146.) nommée *lame ſpirale*, dont une portion 1, 2, 3, eſt oſſeuſe, & l'autre 4, 5, 6, eſt membraneuſe. (Voyez mon *Dictionnaire de Phyſique*, au mot OREILLE.) Vous y trouverez la deſcription détaillée des différentes parties de l'oreille, & leurs uſages.

Fig. 144. *Fig.* 145. *Fig.* 146.

1022. L'ouïe eſt une ſenſation excitée en nous par les ſons reçus dans l'oreille. Or les ſons conſiſtent en un mouvement de vibration imprimé à un corps ſonore par le choc d'un autre corps, & communiqué par ce corps ſonore à l'air qui l'environne (992). La figure de l'oreille extérieure en forme d'entonnoir (1021) favoriſe l'entrée d'une plus grande quantité de particules d'air, miſes en vibrations par les corps ſonores. Ce mouvement ſe communique par le conduit auditif juſqu'au tympan: les ſons y étant parvenus, cette membrane en eſt ébranlée; & l'action des muſcles du marteau, dont le manche

eſt collé vers le centre de cette membrane, tend à la tenir plus ou moins tendue : elle s'accommode, par ce moyen, à la foibleſſe ou à la violence des ſons, en ſe tenant tendue pour les ſons foibles, & lâche pour les ſons trop forts.

1023. Les oſſelets contenus dans la caiſſe du tambour (1021), ſe trouvant ébranlés par les vibrations de l'air parvenues juſqu'au tympan, communiquent leurs ébranlemens à l'air renfermé dans cette caiſſe, ainſi qu'à celui qui occupe toutes les cavités du labyrinthe : & cet air, en communiquant ſes vibrations à toutes les ramifications nerveuſes, & ſur-tout à celles de la lame ſpirale (*fig.* 146.), excite la ſenſation de l'ouïe. *Fig.* 146.

1024. Les corps ſonores ſont capables d'exciter en nous différentes ſenſations, ſoit parce qu'ils ſont plus ou moins grands, plus ou moins denſes, plus ou moins élaſtiques, ou que leur reſſort eſt plus ou moins tendu. Car le ſon d'une cloche & celui d'une ſonnette different, non ſeulement quant à la force, mais auſſi quant à la nature : de plus la même corde, ſi elle eſt plus ou moins tendue, change de ton ; & cette différence vient d'une roideur plus ou moins grande, d'où il réſulte un frémiſſement plus ou moins prompt, & en conſéquence des tons plus ou moins graves, plus ou moins aigus. Ces dif-

férentes parties de l'oreille, & ſur-tout celles de la lame ſpirale, qu'on peut regarder comme le claveſſin de l'oreille, ſont ſuſceptibles de ces différentes nuances de célérité de vibrations: car la lame ſpirale, qui ſépare les deux rampes du limaçon, & qui tourne en vis autour de ſon noyau, eſt plus large dans ſa partie inférieure 4, & va toujours en diminuant de largeur juſqu'au haut 6 : d'où il ſuit que les fibres tranſverſales, qui compoſent ſa portion membraneuſe 4, 5, 6, ſont toujours, comme les cordes d'un claveſſin, de plus courtes en plus courtes. Cette différence de dimenſions donne lieu de préſumer que ces différentes fibres nerveuſes ont plus de rapport & de proportions avec certains tons qu'avec d'autres. Ces fibres nerveuſes ſont donc toujours prêtes à recevoir, dans quelques-unes de leurs parties, les vibrations de quelque ton que ce ſoit ; c'eſt-à-dire que les tons les plus graves n'ébranlent que les fibres les plus longues, qui ſont à leur uniſſon, tandis que les plus aigus n'ébranlent que les fibres les plus courtes.

1025. Et comme toutes ces ramifications & fibres nerveuſes ont plus ou moins de longueur les unes que les autres, ſelon qu'elles ſont deſtinées à nous faire avoir la ſenſation de différens tons, on conçoit aiſément pourquoi le labyrinthe

& ſes parties ſont auſſi grands dans un enfant que dans un adulte ; car ſi les dimenſions avoient été différentes dans ces deux âges, les mêmes tons auroient agi ſur nous d'une maniere dans notre enfance, & d'une autre quand nous aurions été dans un âge plus avancé ; & un enfant à qui on auroit appris la muſique à huit ans, n'en ſauroit plus rien à dix-huit ou vingt.

1026. D'après ce que nous venons de dire, il eſt aiſé de ſentir la raiſon des principes ſur leſquels eſt fondée la conſtruction des inſtrumens de muſique. Il doit y avoir dans ces inſtrumens, de même que dans l'oreille, des parties ſuſceptibles de recevoir & de tranſmettre les vibrations de tous les différens tons. Or on ſait qu'un corps ſonore, une corde, par exemple, fait des vibrations d'autant plus fréquentes, & rend un ton d'autant plus aigu, qu'elle eſt ou plus courte, ou moins groſſe, ou plus fortement tendue ; car les tons dépendent d'un certain nombre de vibrations dans un temps déterminé. Auſſi, dans tous les inſtrumens de muſique, la partie ſonore eſt diſpoſée de façon qu'on en peut changer les dimenſions ou le degré de tenſion. Dans une vielle, les chanterelles ſe raccourciſſent par les touches, & rendent, par ce moyen, des tons plus aigus : au violon, à la baſſe, &c. les doigts font l'office de touches :

au claveſſin, à la harpe, &c. l'étendue du jeu vient du grand nombre des cordes, & de leurs différentes longueurs & groſſeurs : dans les inſtrumens à vent, on change la longueur de la colonne d'air, qui eſt la partie ſonore, en bouchant ou débouchant les trous. Par ces moyens, on peut rendre tous les différens tons avec ces inſtrumens.

1027. De même qu'il y a dans la lame ſpirale des fibres de longueurs différentes, & dont le reſſort de chacune eſt analogue à la fréquence des vibrations de tel ou tel ton (1024), deux ou pluſieurs tons différens qui arrivent en même temps à l'oreille, ſe font entendre auſſi diſtinctement que s'ils y arrivoient ſeul à ſeul, parce que chaque ton n'agit avec efficacité que ſur la fibre dont le reſſort eſt analogue au ſien. Nous devons juger qu'il y a de même dans l'air des molécules qui different en grandeur & en degré de reſſort, & que deux ou pluſieurs tons différens ſont tranſmis chacun par les particules d'air dont le reſſort eſt analogue à la fréquence de ſes vibrations : de ſorte que ces différens tons ſont apportés tous à la fois à l'oreille par la même maſſe d'air, mais chacun par différentes parties de cette maſſe. C'eſt ainſi que pluſieurs tons différens rendus auprès d'un claveſſin, font réſonner chacun la corde qui eſt à leur uniſſon.

1028.

1028. Quoique l'organe de l'ouïe ſoit double, il ne s'enſuit pas de là que nous devions entendre deux fois un ton ſimple & unique. Les deux impreſſions que fait ce même ton ſur les deux oreilles, ſont reçues ſur des fibres correſpondantes & ſemblables des deux nerfs auditifs, & tranſmiſes toutes deux en même temps au ſiége de l'ame : par conſéquent ces deux impreſſions doivent être regardées comme une ſeule, & ne produiſent effectivement qu'une ſeule ſenſation ; & cela par la même raiſon qu'un objet ſimple ne nous paroît pas double, quoique ſon image ſoit peinte en même temps dans chacun de nos yeux (1529).

1029. Un trop grand bruit fatigue l'oreille, & va quelquefois juſqu'à rendre ſourdes, pour un temps, ou même pour toujours, les perſonnes qui y ont été expoſées : c'eſt qu'une impreſſion trop forte ſur cet organe, comme ſur les autres, engourdit les parties qui ſont délicates, ou en dérange l'économie. Après un grand bruit, les ſons foibles ſont à l'oreille ce qu'eſt à l'œil une petite lumiere après une grande illumination. On a vu quelquefois des gens devenir abſolument ſourds, pour être demeurés trop long-temps expoſés au bruit d'une batterie de canons.

Des Vents.

1030. Le vent eſt un mouvement de tranſlation de l'air, par lequel une certaine portion de l'athmoſphere eſt pouſſée d'un lieu dans un autre, avec une vîteſſe plus ou moins grande, & dans une direction déterminée. C'eſt, comme l'on ſait, de cette direction que dérivent les noms que portent les vents; car ils en prennent différens, relativement aux différens points de l'horizon d'où ils ſoufflent.

1031. Les vents ſont diviſés en généraux ou conſtans, en périodiques ou réglés, & en variables.

1032. Les vents généraux ou conſtans ſont ceux qui ſoufflent toujours du même côté. Tels ſont les *vents alizés*, qu'on remarque entre les deux tropiques, & qui ſouffient conſtamment de l'eſt à l'oueſt (2070), avec ſeulement quelques petites variations périodiques, ſuivant les différentes déclinaiſons du ſoleil. Il faut pourtant avouer que ces vents ne ſont pas auſſi généraux qu'on le prétend, & qu'ils ne doivent être regardés comme tels qu'en pleine mer: car, 1°. dans les terres on ne s'en apperçoit preſque pas, à cauſe qu'ils ſont rompus par les montagnes & autres obſtacles qui s'y rencontrent: 2°. en mer, auprès des côtes, ils ſont auſſi détournés par

les vents particuliers qui viennent de terre.

1033. Les vents périodiques ou réglés ſont ceux qui ſoufflent périodiquement d'un point de l'horizon dans un certain temps, & d'un autre point dans un autre temps : tels ſont les *mouſſons*, comme ceux qui ſoufflent du ſud-eſt depuis le mois d'Octobre juſqu'au mois de Mai, & du nord-oueſt depuis le mois de Mai juſqu'au mois d'Octobre, entre la côte de Zanguebar & l'iſle de Madagaſcar.

1034. Les vents variables ſont ceux qui ſoufflent tantôt d'un côté, tantôt d'un autre, & qui commencent ou ceſſent ſans aucune regle, ſoit par rapport aux lieux, ſoit par rapport aux temps, & qui ſont par conſéquent variables, ſoit par la direction, ſoit par la durée, ſoit par la vîteſſe : tels ſont ceux que nous obſervons à Paris.

1035. Les vents ſont cauſés, en général, par un défaut d'équilibre dans l'air, c'eſt-à-dire, parce que certaines parties ſe trouvant avoir plus de force que les parties voiſines, s'étendent du côté où elles trouvent moins de réſiſtance. Mais quelle eſt la cauſe qui produit ce défaut d'équilibre ? C'eſt ce qu'on ne ſait que très-imparfaitement. Les explications que les Phyſiciens ont données de ces phénomenes, ſont ſi vagues & ſi peu ſatisfaiſantes, que ce ſeroit bien peu éclaircir cette matiere que de les rapporter. Il me

ſemble que j'aimerois mieux donner pour cauſe premiere & générale des vents, l'électricité, qu'on ſait qui regne continuellement dans l'athmoſphere & à la ſurface de notre globe. Le tonnerre & les trombes, qui ſont aujourd'hui reconnus pour des phénomenes électriques, ſont toujours, ou preſque toujours, accompagnés de très-grands vents. Pourquoi la cauſe qui produit ces phénomenes, ne ſeroit-elle pas celle des vents qui les accompagnent ? Si elle eſt la cauſe de ces vents, pourquoi ne ſeroit-elle pas celle des autres vents ? Cela mérite, je crois, d'être examiné avec ſoin.

1036. On peut conſidérer, dans le vent, ſa direction, ſa vîteſſe, & ſa force. Sa direction eſt déterminée, comme nous l'avons dit ci-deſſus (1030), par le point de l'horizon d'où il ſouffle : & cette direction eſt indiquée par les girouettes ; mais pour cela il faut être orienté. D'ailleurs les girouettes ne peuvent indiquer que la direction du vent qui eſt à leur hauteur : il y en a ſouvent de ſupérieurs qui y ſont oppoſés, ou qui du moins ſoufflent dans des directions différentes.

1037. On a eſſayé de meſurer la vîteſſe des vents, en leur donnant à emporter des corps légers ; mais les expériences qu'on a faites ſur ce ſujet, s'accordent fort peu entre elles. M.

Fig. 138.

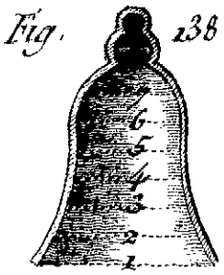


Fig. 139.



Fig. 140.

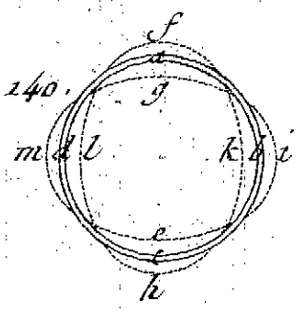


Fig. 141.

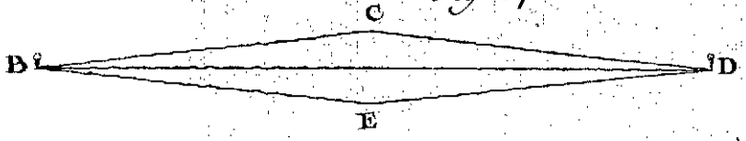


Fig. 142.

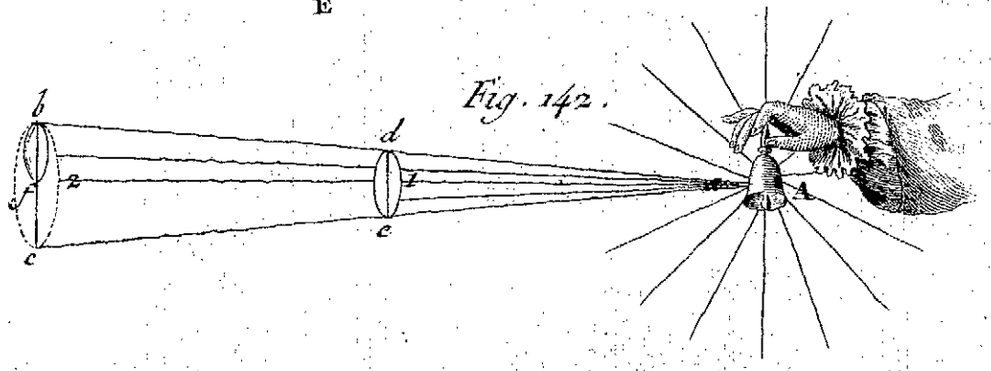


Fig. 143.

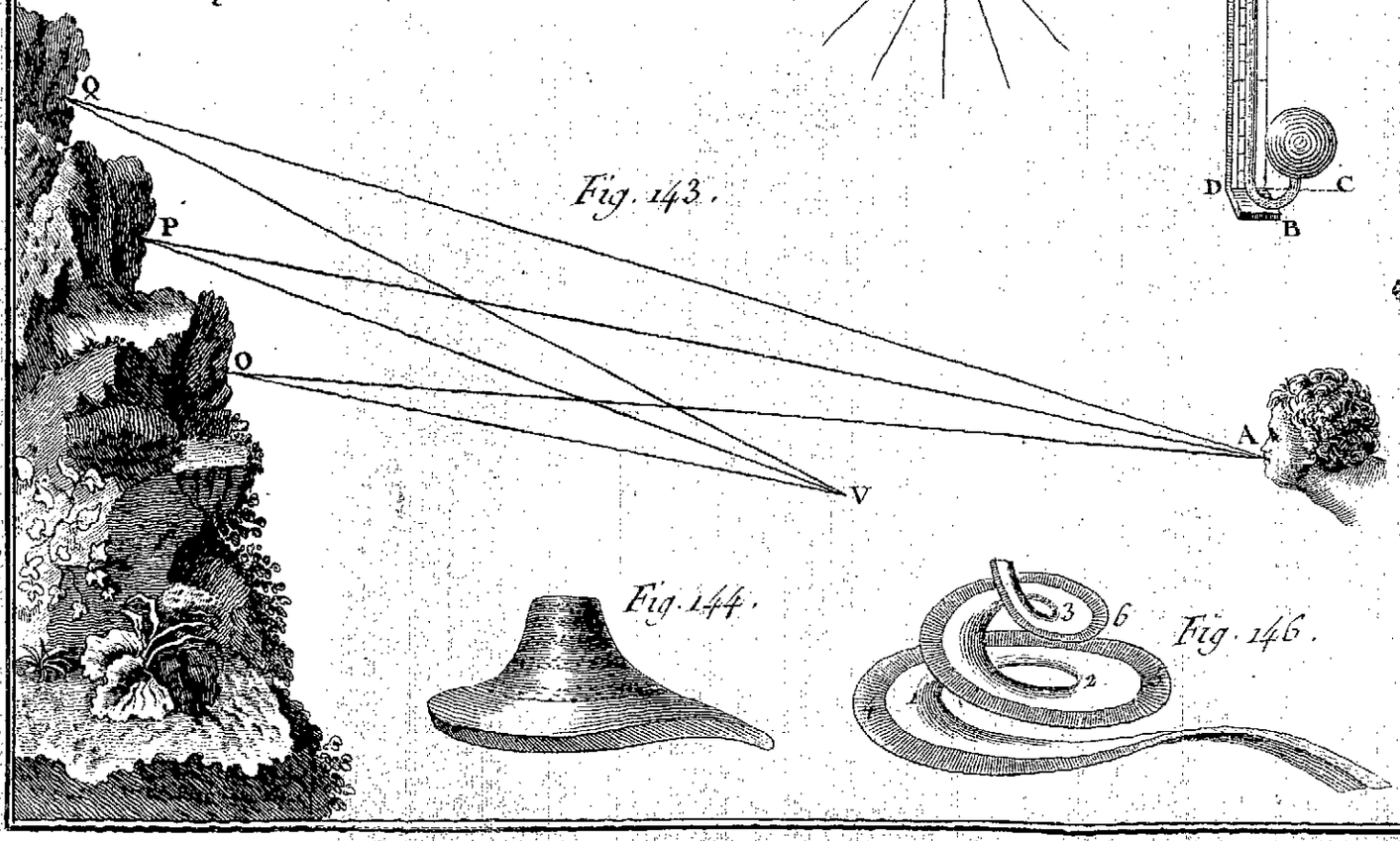


Fig. 144.

Fig. 146.

Fig. 137.

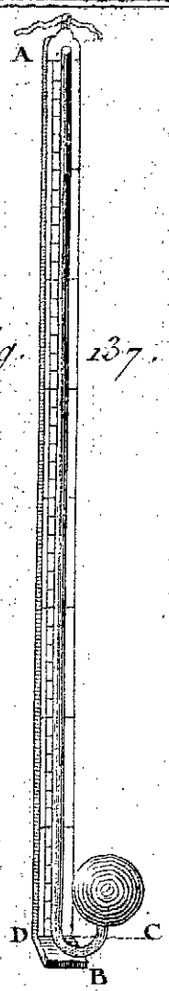


Fig. 136.

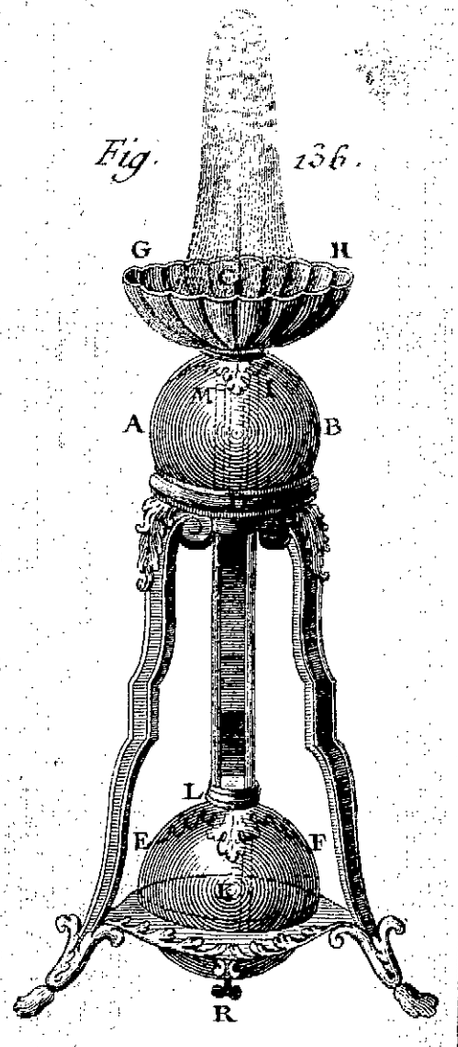
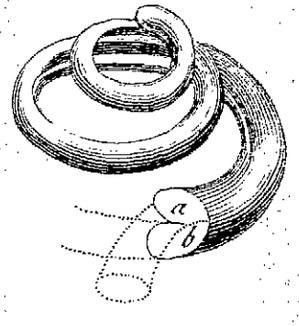


Fig. 145.



Benard Dircxit.

Mariotte prétend que la vîteſſe du vent le plus impétueux, eſt de 32 pieds par ſeconde. M. *Derham* la conclut de 66 pieds d'Angleterre : M. *de la Condamine* l'a trouvée de 85 pieds. Il eſt probable que ni les uns ni les autres n'ont eu de regle ſûre pour juger quel étoit le vent le plus impétueux. Nous avons donné ci-deſſus (1015) un moyen plus ſûr de meſurer la vîteſſe du vent.

1038. La force du vent dépend de ſa vîteſſe, & de la maſſe d'air qu'il fait agir contre l'obſtacle qui lui eſt oppoſé. Le même vent fait donc d'autant plus d'effort, que l'obſtacle lui préſente plus de ſurface. C'eſt pourquoi, ſuivant le degré de vîteſſe actuel du vent, on habille plus ou moins les ailes d'un moulin à vent : on déploie plus ou moins les voiles d'un vaiſſeau. Les arbres ſont moins renverſés par le vent pendant l'hiver, que pendant l'été ; parce que, pendant cette derniere ſaiſon, ils ſont garnis de feuilles, qui font que le vent a plus de priſe ſur eux.

1039. Nous ſavons tirer de très-grands avantages des vents, en leur faiſant produire des effets pour leſquels il nous faudroit employer la force d'un grand nombre d'hommes ou d'animaux. Ce ſont les vents qui font tourner nos moulins à moudre le blé, à broyer les fruits &

les ſemences pour en extraire les huiles, à fouler les draps, &c. Les vents ſont l'ame de la navigation : c'eſt par leur moyen que l'on tranſporte, d'un bord de l'Océan à l'autre, des vaiſſeaux énormes, que l'on ne pourroit faire aller que très-lentement, très-difficilement & à grands frais, à force de rames.

CHAPITRE XII.

Des Propriétés de l'Eau.

1040. ON connoît bien actuellement la nature de l'eau. Nous avons prouvé (817 *& ſuiv.*) qu'elle eſt compoſée de 17 parties (meſurant par le poids) de la baſe de l'air pur, appelée *oxigène*, & de trois parties de la baſe du gas hydrogène ou inflammable, qu'on a, pour cette raiſon, appelée *hydrogène*, c'eſt-à-dire, *générateur de l'eau.* Il s'agit maintenant de voir quelles ſont ſes propriétés : il nous eſt d'autant plus intéreſſant de les connoître, que ce fluide nous eſt preſque auſſi néceſſaire que l'air. Si ſa néceſſité n'eſt pas de tous les inſtans, comme l'eſt celle de l'air, il nous ſeroit impoſſible de nous en paſſer long-temps. L'eau ou ſes parties conſtituantes entrent dans un grand nombre des productions de la Nature : ſans elle il n'y a point de végétation ; elle eſt la boiſſon des hommes & des animaux, & elle eſt preſque eſſentielle aux commodités de la vie.

1041. L'eau ſe préſente à nous dans trois états différens, ſous leſquels il nous la faut conſidérer :

1°. comme liqueur ; 2°. comme vapeur ; 3°. comme glace. Ces trois manieres d'être, qui ne changent rien à ſon eſſence, la rendent propre à produire des effets différens.

L'Eau conſidérée dans l'état de liqueur.

1042. L'eau, dans l'état de liqueur, eſt un fluide inſipide, viſible, tranſparent, ſans couleur, ſans odeur, preſque totalement incompreſſible, très-peu élaſtique, qui adhere à la ſurface de la plupart des corps, qui en diſſout un grand nombre, qui en pénetre un nombre plus grand encore, & qui eſt capable d'éteindre les matieres enflammées qu'on y plonge, ou ſur leſquelles on en jette en aſſez grande quantité. Cette définition ne convient en entier qu'à l'eau parfaitement pure : ainſi ſi elle eſt opaque, colorée, odorante, ou qu'elle ait quelque goût, elle eſt certainement mêlée avec quelque matiere étrangere.

1043. La liquidité de l'eau vient de ce qu'elle eſt combinée avec une aſſez grande quantité de la matiere de la chaleur, pour entretenir entre ſes parties cette mobilité reſpective, qui leur permet de rouler les unes ſur les autres, & d'obéir à leur poids, de maniere que celles de la ſurface ſupérieure ſe placent toutes dans le même plan horizontal (*). Si-tôt que cette

combinaiſon eſt rompue, les parties ſe rapprochent, ſe touchent de plus près, &, par ce contact (37,5°.), adherent enſemble au point de former un corps ſolide, comme nous le dirons ci-après (1069). Toutes les autres ſubſtances ſuſceptibles de devenir liquides, le deviennent par la même cauſe.

1044. L'eau nous eſt fournie de deux manieres : elle nous vient, 1°. de l'athmoſphere, par les pluies, la neige, la grêle, &c. (971 *& ſuiv.*); 2°. du ſein de la terre par les ſources & les fontaines, qui forment enſuite les rivieres & les fleuves, leſquels tranſportent toutes leurs eaux à la mer. Les eaux des pluies, &c. ſont originairement fournies par toutes celles qui s'évaporent & qui s'élevent des terres, des lacs & des mers; leſquelles, en retombant, fourniſſent à l'entretien des ſources & des fontaines. La preuve que les ſources ſont entretenues par les eaux qui tombent de l'athmoſphere, c'eſt qu'un grand nombre de ces ſources tarit ſouvent, ou du moins diminue conſidérablement après une longue ſéchereſſe, & qu'elles recommencent à couler avec abondance, après de nouvelles pluies ou à la fonte des neiges. On explique aiſément par-là, pourquoi les eaux des ſources ſont douces : pourquoi les ſources voiſines de la mer ſont auſſi douces que les plus éloignées ; enfin

pourquoi les ſources ſe trouvent plus communément à mi-côte, ou au pied des montagnes, que dans les plaines.

1045. On ne doit pas être étonné que cette légere vapeur, qui s'éleve de notre globe dans l'athmoſphere, fourniſſe une auſſi grande quantité d'eau que celle qui eſt néceſſaire pour l'entretien de tous les fleuves qui coulent ſur la terre, ſi l'on conſidere l'étendue de la ſurface qui fournit preſque continuellement à l'évaporation. La quantité d'eau qui s'éleve de la mer, a été appréciée par M. *Halley* (*Tranſac. Philoſ.* n°. 189). Il a trouvé par des obſervations aſſez préciſes, que l'eau ſalée au même degré que l'eſt ordinairement l'eau de la mer, c'eſt-à-dire, celle qui a diſſous une quantité de ſel égale à la trente-deuxieme partie de ſon poids, & expoſée à un degré de chaleur égal à celui qui regne dans nos étés les plus chauds, perd, par évaporation, la ſoixantieme partie de l'épaiſſeur d'un pouce d'eau en deux heures. Ainſi la mer en perd donc une épaiſſeur d'un dixieme de pouces en 12 heures. Une ſurface de dix pouces quarrés fournit donc un pouce cubique d'eau en 12 heures; par conſéquent une toiſe quarrée en fournit 518 pouces cubiques, & une lieue quarrée de 2283 toiſes de côté ou de 25 au degré, environ 1574006 pieds cubiques.

1046. Voyons maintenant combien il y a de ces lieues quarrées qui peuvent fournir à cette évaporation. Pour avoir une idée de la masse immense du produit de l'évaporation qui s'opere sur toute la mer, nous supposerons la moitié du globe couverte par la mer, & l'autre moitié occupée par les continens & les isles. Dans cette supposition, de la moitié du globe couverte par la mer, nous péchons plutôt par défaut que par excès. La surface de la terre est d'environ 25,797,278 lieues quarrées : la surface de la mer seroit donc de 12,898,639 lieues quarrées. En prenant pour l'évaporation journaliere, celle des 12 heures dont nous venons de parler; & faisant abstraction de ce qui s'évapore pendant les 12 autres heures, qui n'est certainement pas nul, comme le prouve le serein (972); faisant aussi abstraction de ce qui s'évapore du reste de la surface du globe, nous sommes sûrs d'avoir un produit bien au dessous de la réalité : & cependant ce produit, de l'eau fournie chaque jour par la mer, se trouve être 20,302,535,177,834 pieds cubes : ce qui fait, comme l'on voit, plus de 20 millions de millions de pieds cubes: masse énorme & beaucoup plus que suffisante pour fournir à l'écoulement de tous les fleuves.

1047. Qu'on ne conclue pas de là que les mers ne reçoivent pas autant d'eau qu'elles en

fourniſſent ; car il y en a une portion qui retourne immédiatement de l'athmoſphere dans les mers, par les pluies, neiges, &c. qui y tombent ; une autre portion pénetre dans les terres, & retourne aux mers par des canaux ſouterreins. De ce qui reſte, une portion s'éleve de nouveau en vapeurs, & une autre portion ſert à la boiſſon des hommes & des animaux, & à l'entretien de la végétation.

1048. De toutes les eaux naturelles, la plus pure eſt celle de la pluie ; ſi elle ſe trouve mêlée avec des ſubſtances étrangeres, elles ſont volatiles & s'en dégagent aiſément : c'eſt pourquoi les citernes, qui ne reçoivent que des eaux de cette eſpece, ſont d'un très-bon uſage. Toutes les autres eaux ne ſont jamais parfaitement pures ; car, outre le calorique & l'air, elles tiennent preſque toujours en diſſolution quelques ſubſtances étrangeres, qui leur donnent des qualités qu'elles n'auroient pas ſans cela. Si ces ſubſtances ſont ſalines ou métalliques, on s'en aſſurera aiſément, en y verſant quelques gouttes de diſſolution d'argent dans l'acide nitreux : ſur le champ l'eau deviendra laiteuſe, ſi elle contient des matieres ſalines. Si l'on y verſe quelques gouttes d'infuſion de noix de galles, l'eau deviendra noirâtre, ſi elle contient quelque choſe de ferrugineux. Ce ſont ces différentes

ſubſtances diſſoutes dans l'eau, qui font ce qu'on appelle les *eaux minérales*.

1049. Lorſque l'eau eſt trop mêlée de corps étrangers, qui la rendent impure, il faut chercher à la purifier, pour qu'elle devienne propre à être employée aux uſages de la vie. De tous les moyens connus pour cela, le plus uſité eſt la filtration, & le plus efficace eſt la diſtillation. La filtration ne purge l'eau que des matieres groſſieres; & tout ce qui ſe trouve diſſous, comme les ſels, les ſucs pierreux, &c. paſſe avec l'eau au travers du filtre. C'eſt ce qui forme les ſtalactites qu'on trouve dans les grottes ſouterreines, comme aux caves de l'Obſervatoire royal, aux grottes d'Arcy en Bourgogne, &c. Au lieu que la diſtillation purge l'eau de tout ce qui eſt fixe; & les ſubſtances volatiles, qui paſſent avec elle dans le récipient, ſe volatiliſent promptement de nouveau, & la laiſſent dans toute ſa pureté. Auſſi eſt-ce le ſeul moyen efficace pour rendre l'eau de la mer potable.

1050. L'eau, ainſi que les autres liqueurs, ne paroît point compreſſible (27); c'eſt-à-dire qu'on ne connoît point de force qui puiſſe faire diminuer d'une quantité ſenſible un volume d'eau donné. Cependant on ne doit pas la regarder comme abſolument incompreſſible; car elle eſt

capable de tranſmettre les ſons (1005) : donc elle eſt élaſtique, quoiqu'elle le ſoit très-peu. Or tout corps élaſtique eſt néceſſairement compreſſible (32).

1051. Les particules de l'eau ont entre elles une certaine adhérence, de ſorte qu'il faut une certaine force pour les ſéparer. La preuve de cela, c'eſt qu'une goutte d'eau demeure ſuſpendue au bout du doigt, quoique les particules inférieures de la goutte ne touchent qu'à d'autres particules d'eau. C'eſt pour cela qu'une aiguille ou des feuilles minces de métal, appliquées ſur la ſurface de l'eau, ne s'y enfoncent point, malgré leur peſanteur reſpective; parce que la réſiſtance des particules de l'eau à être diviſées, eſt plus grande que l'excès de peſanteur ſpécifique de ces corps ſur celle d'un pareil volume d'eau.

1052. Si, dans le moment que l'eau ceſſe d'être glace, on l'expoſe au feu dans un vaiſſeau ouvert, & ſoumis à la preſſion de l'atmoſphere, elle s'échauffe & ſe raréfie juſqu'à ce qu'elle bouille, & non au delà, quelque long temps qu'on la chauffe; & lorſqu'elle s'eſt autant raréfiée qu'elle peut l'être, ſon volume eſt augmenté de $\frac{1}{26}$; & elle a alors 80 degrés de chaleur.

1053. Mais ſi ſa ſurface n'étoit pas chargée

du poids de l'athmoſphere, elle bouilliroit beaucoup plus tôt, & à une moindre chaleur; comme on peut s'en convaincre, en adaptant à la machine pneumatique, par le moyen d'un ſiphon renverſé, le vaſe qui contient l'eau (*fig.* 147.), en *Fig.* 147. y faiſant enſuite le vide, & ôtant par-là preſque toute la preſſion de l'athmoſphere. Si l'on chauffe l'eau légérement, comme, par exemple, en plongeant le vaſe qui la contient, dans de l'eau chaude, elle bouillira auſſi fort que ſi le vaſe étoit à nu ſur un grand feu.

1054. Si, au contraire, l'eau étoit retenue de toutes parts par des obſtacles invincibles, comme elle l'eſt dans la *marmite de Papin*, elle s'échaufferoit conſidérablement ſans bouillir; & le degré de chaleur qu'elle eſt capable de prendre en pareil cas, eſt prodigieux, & tel, qu'il ne ſeroit peut-être pas prudent d'eſſayer de ſavoir juſqu'où il peut aller. On ſait que, dans cette marmite, la chaleur que l'eau y prend, eſt aſſez forte pour fondre de l'étain, & même du plomb. C'eſt pour cette raiſon que les fruits & les viandes y cuiſent très-vîte & dans leur jus.

1055. Il ſuit de ce que nous venons de dire (1053), qu'au ſommet d'une montagne un peu élevée, la chaleur de l'eau bouillante eſt ſenſiblement moindre qu'à ſon pied: ce qui a été vérifié par expérience, par *MM. de Thury & le*

Monnier, de l'Académie Royale des Sciences.

1056. L'eau s'introduit & pénetre dans un très-grand nombre d'eſpeces de corps : même, parmi les corps durs, elle pénetre les grès, & toutes les pierres non-étincelantes, excepté les gypſes, les pierres peſantes, les ſpaths, les albâtres, & les marbres.

1057. L'eau eſt le diſſolvant d'un grand nombre de corps ; mais les ſels ſont les ſubſtances qui s'y diſſolvent, ou en plus grande quantité, ou plus vîte. Cependant elle n'en diſſout pas la même quantité de toutes les eſpeces ; les unes y ſont plus ſolubles que les autres : & de chaque eſpece, l'eau en diſſout une quantité d'autant plus grande qu'elle eſt plus chaude ; car ſi l'on raſſaſie d'un ſel de l'eau bouillante, & qu'enſuite on la faſſe refroidir, on verra qu'il ſe précipite une portion de ce ſel, qui ne peut plus y être tenue en diſſolution. Je me ſuis inſtruit par l'expérience, de la quantité de chaque ſel que peut diſſoudre l'eau la plus froide. Suppoſons donc une livre d'eau très-froide & prête à ſe geler : j'ai trouvé qu'elle peut diſſoudre 6 onces de muriate de ſoude ou ſel marin ; 4 onces 2 gros 54 grains de muriate d'ammoniaque ; 4 onces de carbonate de potaſſe, ou de ſulfate de magnéſie, ou de ſulfate de ſoude, ou de tartrite de ſoude ; 3 onces de ſoude ; 2 onces de

nitre,

nitre, ou d'acétite de plomb, ou de ſulfate de fer, ou de ſulfate de cuivre, ou de ſulfate de zinc; 1 once de ſel acide boracique.

1058. L'eau diſſout les ſels, en s'inſinuant dans leurs pores avec une force plus grande que celle avec laquelle leurs particules adherent les unes aux autres, ce qui rompt leur union. Mais la diſſolution dépend ſans doute d'une proportion de grandeur & de figure entre les parties du diſſolvant & les pores du corps diſſoluble: or les pores des ſels étant différens dans les eſpeces différentes, l'eau ne doit pas avoir une égale priſe ſur tous; ce doit être la raiſon pour laquelle elle diſſout plus d'un ſel que d'un autre. La diſſolution eſt plus prompte & plus abondante dans l'eau chaude, parce que la chaleur augmente la fluidité de l'eau, la capacité de ſes pores & de ceux du ſel; & ſi le froid rétrécit ces pores, une portion du ſel en eſt chaſſée, & ſe précipite au fond du vaſe.

1059. La diſſolution des ſels dans l'eau préſente un phénomene ſingulier, que voici. Un ſel, en ſe diſſolvant dans l'eau, la refroidit communément. Je dis *communément*, parce qu'il en faut excepter quelques-uns, tels que le carbonate de potaſſe, l'acétite de plomb, & les ſulfates de magnéſie, de fer, de cuivre, & de zinc. Celui de tous les ſels qui eſt le plus propre

à refroidir l'eau, en s'y diſſolvant, eſt le muriate d'ammoniaque; ſans doute parce qu'étant très-ſoluble, il rend l'opération plus prompte, & par-là le refroidiſſement plus ſenſible. Auſſi eſt-il très-propre à ſuppléer la glace pour rafraîchir les liqueurs. La raiſon de ce refroidiſſement (qui ne dure pas très-long-temps) eſt qu'une portion de la matiere de la chaleur, en état de liberté, que contiennent ces ſubſtances, eſt chaſſée par la pénétration réciproque de l'eau & du ſel dans les pores l'un de l'autre. Le muriate de ſoude & le ſel acide boracique ne refroidiſſent l'eau que de 1 degré; la ſoude & le nitre la refroidiſſent de 5 degrés; le tartrite de ſoude, de 5 $\frac{1}{4}$ degrés; le ſulfate de ſoude, de 5 $\frac{1}{2}$ degrés; & le muriate d'ammoniaque, de 10 $\frac{1}{2}$ degrés.

1060. L'eau de la mer, ſuivant les expériences de MM. *de Marſilli*, *Halley*, *Hales*, &c. ne tient en diſſolution que peu de ſel marin, environ 4 gros par livre d'eau, c'eſt-à-dire $\frac{1}{32}$ de ſon poids. On ne doit donc pas prétendre, comme quelques-uns l'ont fait, qu'il y a dans la mer des mines de ce ſel, deſtinées à remplacer celui qu'on en tire journellement: car dans ce cas, l'eau de la mer en diſſoudroit plus de 4 gros par livre, puiſque l'eau la plus froide peut en diſſoudre juſqu'à 6 onces. Il eſt plus raiſonnable

de penſer qu'il ne reſte plus dans la mer de ſel à diſſoudre ; que l'équivalent de ce qu'on en tire, y eſt reporté par les eaux qui s'y rendent ; & que ce qu'il en reſte pour la nutrition des animaux & des plantes, eſt compenſé par une portion du ſel que l'on retire des mines en pluſieurs endroits, & qui y eſt auſſi porté par les eaux. Par ce moyen, la ſalure de l'eau de la mer demeure toujours à peu près la même.

1061. L'eau eſt capable d'éteindre les corps embraſés, pourvu qu'elle puiſſe ſubſiſter ſur eux, dans l'état de liqueur, plus long-temps que ne peut durer l'embraſement ; car alors elle empêche le contact de l'air, fluide abſolument eſſentiel pour la combuſtion des corps (942). Mais ſi elle ſe vaporiſoit & qu'elle ſe décomposât, ſon oxigène ſe combineroit avec le corps qui brûle, & ſon hydrogène (817), ſe combinant avec le calorique, formeroit un gas inflammable qui, en s'embraſant, augmenteroit beaucoup l'activité du feu.

L'Eau conſidérée dans l'état de vapeur.

1062. Lorſque l'eau eſt plus chaude que l'air qui la touche, la matiere de la chaleur, qui tend toujours à ſe répandre uniformément, en ſortant de l'eau, en emporte les parties les plus ſubtiles & les moins adhérentes à la maſſe, &

en ſe combinant avec elles, réduit cette portion de l'eau à l'état de vapeur, ou de fluide élaſtique. Ce fluide a des propriétés particulieres, & qui le diſtinguent de l'eau en liqueur.

1063. La vapeur eſt parfaitement inviſible, lorſqu'elle paſſe dans un air un peu ſec, & dont la température eſt un peu élevée, comme, par exemple, lorſqu'elle eſt de 18 ou 20 degrés, ou au deſſus.

1064. Mais ſi l'air qui reçoit la vapeur, eſt déjà chargé d'eau, & que ſa température ne ſoit que de 7 à 8 degrés ou au deſſous, alors la vapeur y devient apparente, & y forme un nuage très-ſenſible d'un gris blanc. Auſſi voit-on fumer en hiver l'eau qu'on tire d'un puits un peu profond, ce qui n'arrive pas en été. L'apparence de cette eſpece de nuage eſt due à ce que l'eau, qui forme la vapeur, ne peut pas ſe diſſoudre dans un air trop humide & trop condenſé.

1065. La combinaiſon du calorique avec les particules aqueuſes qui forment la vapeur, les raréfie au point que, dans cet état de fluide élaſtique, elles occupent un volume 12 ou 1400 fois plus grand que celui qu'elles avoient dans l'état de liqueur : ce qui leur donne une légéreté reſpective ſuffiſante pour s'élever dans l'air, & vaincre les frottemens qu'elles éprouvent dans

leur paſſage. C'eſt le même effet que celui que produit le calorique ſur les baſes de tous les fluides élaſtiques permanens dont nous avons parlé ci-devant (587 *& ſuiv.*).

1066. Lorſque la vapeur eſt expoſée à un grand degré de chaleur, elle augmente conſidérablement de volume. La chaleur de l'eau bouillante, qui ne raréfie l'eau que de $\frac{1}{26}$ (1052), raréfie la vapeur au point de lui faire occuper un volume 13 ou 14000 fois plus grand que celui de l'eau qui l'a formée. Il eſt aiſé de s'en aſſurer : prenez un tube de verre au bout duquel on aura ſoufflé une boule de 2 pouces de diametre ; faites-y paſſer un petit globule d'eau de 1 ligne de diametre : les ſolidités de ces deux ſpheres ſont entre elles, comme 13824 eſt à 1. Faites chauffer cette goutte d'eau & la réduiſez en vapeur ; elle remplira la boule de verre & en chaſſera tout l'air ; car ſi vous plongez alors le bout du tube dans de l'eau (un peu chaude, de peur de caſſer la boule), à meſure que la vapeur ſe condenſera par le refroidiſſement, la preſſion de l'athmoſphere y portera de l'eau autant qu'il en faut pour remplir la boule : donc tout l'air en avoit été chaſſé ; donc l'eau, en ſe réduiſant en vapeur, a rempli en entier la boule, & a pris un volume environ 14000 fois plus grand.

1067. Mais ſi la vapeur eſt retenue par des obſtacles, la chaleur augmente ſon reſſort autant qu'elle auroit augmenté ſon volume, ſi elle avoit eu la liberté de s'étendre. En vertu de cette augmentation de reſſort, elle fait donc alors, contre tout ce qui lui réſiſte, des efforts prodigieux & capables de vaincre des obſtacles conſidérables. On en a des exemples très-ſaillans dans ces ſuperbes machines appelées *pompes à feu*, & qui ſont aujourd'hui bien connues de tous les Phyſiciens & de tous les Artiſtes. Dans celle qui eſt établie à Chaillot, la vapeur ſouleve le piſton du grand cylindre, qui a 5 pieds de diametre, & qui eſt chargé d'une colonne d'air qui peſe plus de 43500 livres.

1068. L'effort de la vapeur ainſi retenue, cauſe quelquefois des accidens fâcheux. On rafraîchit les canons qui ont tiré pendant un certain temps, avec l'écouvillon, qui n'eſt autre choſe qu'un torchon mouillé attaché au bout d'un bâton. S'il arrive que le torchon rempliſſe trop exactement le calibre, la vapeur qui ſe forme dans le fond du canon, ne pouvant s'étendre, chaſſe l'écouvillon avec violence, & emporte quelquefois le bras du Canonnier. On pourroit prévenir cet accident, en employant, au lieu d'un bâton, un tuyau creux, qui donneroit une iſſue à la vapeur. Je ſuis toujours étonné qu'on

ne faſſe pas uſage d'un moyen auſſi ſimple, qu'il y a cependant long-temps qu'on enſeigne publiquement.

L'Eau conſidérée dans l'état de glace.

1069. Nous avons dit ci-deſſus (1043) que l'eau n'eſt dans l'état de liqueur que lorſqu'elle eſt combinée avec une aſſez grande quantité de la matiere de la chaleur pour entretenir ſes parties mobiles entre elles. Lorſque par le voiſinage d'un air froid, elle perd, 1°. du calorique libre, elle ſe refroidit, mais demeure liqueur : ſi enſuite elle perd ſon calorique combiné, lequel eſt néceſſaire pour ſoutenir ſes parties, les empêcher de ſe réunir, & entretenir leur mobilité reſpective, alors ſes parties ſe rapprochent, ſe touchent plus intimement, &, par la force de la coheſion, adherent les unes aux autres, de maniere à former un corps dur que l'on nomme *glace*.

1070. L'eau, en ſe gelant, perd donc la matiere de la chaleur qui y étoit combinée, comme nous le verrons ci-après (1098). Ce paſſage de l'eau de l'état de liqueur à celui de glace, & qu'on appelle *congélation*, n'eſt donc dû qu'à la diſette de la matiere de la chaleur ou du calorique combiné. C'eſt ainſi que penſent le plus grand nombre des Phyſiciens.

1071. MM. *de la Hire* & *Muſſchenbroëck* ont penſé autrement ; ils ont exigé, pour la congélation, des corpuſcules frigorifiques, ſalins ou nitreux, répandus dans l'air, qui, s'introduiſant dans les pores d'un fluide, arrêtent le mouvement de ſes parties, & les fixent en un corps ſolide & dur. Selon *Muſſchenbroëck*, 1°. ces corpuſcules frigorifiques ſalins ou nitreux fixent les parties de l'eau, en s'introduiſant dans ſes pores ; 2°. ils augmentent le volume de la glace, en la raréfiant par leur pénétration ; 3°. ils en aident l'évaporation, en tendant à écarter ſes parties. Voyons ſi tout cela s'accorde avec les connoiſſances acquiſes.

1072. Outre que l'exiſtence de ces corpuſcules frigorifiques n'eſt nullement prouvée, 1°. on ſait que les ſels, dont la plupart ont en effet la propriété de refroidir l'eau (1059), ont en même temps celle de la rendre plus difficile à ſe geler : ces ſels de l'air qui feroient préciſément le contraire, ſeroient donc d'une nature bien différente de celle des ſels que nous connoiſſons. De plus, en été, on fait de la glace tout-à-fait ſemblable à celle de l'hiver : y a-t-il donc alors des parties frigorifiques en l'air ? Qu'on ne diſe pas qu'elles ſont dans le mélange de ſel & de glace dont on fait uſage ; car il faudroit dire auſſi pourquoi ce mélange fond en devenant plus

froid (1095). Ce ne ſont donc pas des corpuſcules frigorifiques ſalins qui fixent les parties de l'eau pour en faire de la glace.

1073. 2°. Si ce ſont ces corpuſcules ſalins qui augmentent le volume de la glace en la pénétrant, pourquoi font-ils un effet tout contraire ſur la plupart des matieres, qui, de même que l'eau, ſe durciſſent & ſe gelent par le froid? car la congélation des différentes ſubſtances eſt ſans doute produite par la même cauſe.

1074. 3°. Comment peut-on ſoutenir que ces corpuſcules ſalins hâtent l'évaporation de la glace, en tendant à en écarter les parties? puiſqu'on ſoutient en même temps qu'ils fixent ces parties, & font, à leur égard, l'office de colle. N'y a-t-il pas là une contradiction manifeſte? De plus, que l'on recueille avec ſoin de la neige ou de la grêle, venant immédiatement du nuage; qu'on la faſſe fondre, & qu'on en analyſe l'eau: on n'y trouvera aucun ſel. Ces parties ſalines ne ſont donc pas néceſſaires pour la congélation.

1075. L'eau augmente de volume en approchant de la congélation, comme le prouve l'expérience. Le vaiſſeau B D (*fig.* 148.) rempli d'eau jusqu'en E, étant plongé dans un vaſe où il y ait un mélange de ſel & de glace R S T V, l'eau s'éleve d'abord de E juſqu'en F; ce qui paroît *Fig.* 148.

venir du rétréciſſement ſubit du vaiſſeau, qui a été promptement plongé dans un milieu froid (1135) : bientôt après, l'eau ſe condenſe à ſon tour, & deſcend peu à peu de F juſqu'en G, où elle s'arrête pendant quelque temps : mais bientôt, venant à ſe raréfier, elle s'éleve de G en H ; & peu d'inſtans après, par une violente raréfaction, elle ſe porte juſqu'en I. Alors l'eau paroît en B toute trouble, reſſemblant à un nuage, & c'eſt alors qu'elle commence à ſe convertir en glace. Pendant que la glace ſe durcit de plus en plus, & qu'une partie de l'eau contiguë au cou du vaiſſeau B ſe congele, l'eau continue toujours à s'élever de I vers D, & finit enfin par s'écouler en partie du vaiſſeau qui la contenoit.

1076. La glace, une fois formée, a un plus grand volume & une peſanteur ſpécifique moindre que celle de l'eau ; car elle y ſurnage. Il ne faut cependant pas, ainſi que l'a fait *Galilée*, regarder la glace comme de l'eau raréfiée ; elle eſt réellement condenſée : & l'augmentation de ſon volume, ainſi que de celui de l'eau dans le moment de la congélation (1075), n'eſt due qu'à l'air, qui, étant ſorti des pores de l'eau par le rapprochement de ſes particules, ſe ramaſſe en bulles, qui, ne pouvant ſortir de la maſſe, parce que la ſurface eſt communément la premiere

gelée, se répandent dans cette masse, & y occupent de nouvelles places, que cet air n'occupoit pas lorsqu'il étoit disséminé dans les pores. C'est ainsi qu'ont pensé les plus célebres Physiciens, *Huyghens*, *Homberg*, *Mariotte*, & *de Mairan*. Aussi observe-t-on que de la glace, faite avec de l'eau bien purgée d'air, est sensiblement plus pesante que l'autre; quoiqu'on n'ait pas encore pu parvenir à en faire de plus pesante ou même d'aussi pesante que l'eau, parce qu'il n'est pas possible de la purger de tout l'air qu'elle contient. Selon *de Mairan*, la glace, faite avec de l'eau purgée d'air, n'excede que de $\frac{1}{22}$ le volume d'eau qui l'a formée, tandis que la glace, faite avec de l'eau non purgée d'air, excede ce volume de $\frac{1}{9}$ ou $\frac{1}{10}$.

1077. C'est cette augmentation de volume, causée par un fluide dont l'élasticité est parfaite (907), qui donne tant de force à la glace. Les efforts qu'elle fait en certains cas sont prodigieux. Tout le monde connoît la fameuse expérience d'*Huyghens*, dans laquelle un canon de fer épais d'un doigt, rempli d'eau & bien fermé, ayant été exposé à une forte gelée, creva en deux endroits au bout de douze heures. *Musschenbroëck*, ayant calculé l'effort qu'avoit fait la glace en pareil cas, trouva qu'il étoit équivalent à une force capable de soulever un poids de 27720

livres ; ce qui eſt preſque incroyable. *Teutam. pag.* 135.

1078. On ne doit donc pas s'étonner que la glace faſſe caſſer les vaiſſeaux de faïence, de porcelaine, & même de fonte, qui la contiennent ; qu'elle ſouleve les pavés ; qu'elle faſſe crever les tuyaux de fontaine, qu'on n'a pas la précaution de tenir vides pendant la gelée ; qu'elle fende les pierres, les arbres, &c. La plupart de ces effets n'arrivent point quand la gelée a été précédée d'un temps ſec, parce qu'alors il ne ſe trouve point ſous les pavés, ni dans les fentes des pierres & des arbres, de l'eau qui puiſſe ſe geler.

1079. Une maſſe de glace formée par une congélation lente, paroît aſſez homogene & aſſez tranſparente depuis ſa ſurface, qui s'eſt gelée la premiere, juſqu'à quelques lignes de profondeur ; parce que les bulles d'air qui s'y forment (1076) paſſent, tant qu'elles le peuvent, dans la partie liquide. Mais dans le reſte de ſon intérieur, & ſur-tout vers ſon milieu, la glace eſt interrompue par une grande quantité de ces bulles d'air ; & la ſurface ſupérieure, qui d'abord étoit plane, ſe trouve élevée en boſſes & toute raboteuſe.

1080. Une congélation prompte répand indifféremment les bulles d'air dans toute la maſſe,

qui, par-là, eſt preſque entiérement opaque, parce que le tout eſt compoſé de petites parties de denſités différentes (1488); & la ſurface ſupérieure en devient auſſi plus convexe & plus inégale que dans le cas d'une congélation lente, parce que l'augmentation du volume de la glace (1076) eſt d'autant plus grande que la gelée eſt plus âpre.

1081. La glace des eaux courantes ſe forme tout autrement que celle des eaux dormantes. Lorſque le froid agit ſur une eau tranquille, il fait geler d'abord la ſurface: ſe communiquant enſuite de couche en couche, & pénétrant l'épaiſſeur de l'eau, il augmente celle de la glace la premiere formée. La plus grande partie de l'air, qui ſort des pores de l'eau, à meſure que ſes parties ſe rapprochent pour ſe réunir & prendre une forme ſolide, ne pouvant s'échapper par la ſurface ſupérieure, qui eſt déjà gelée, gagne le deſſous, & par-là interrompt moins la continuité de la glace. Auſſi la glace, ainſi formée, eſt ordinairement la plus dure, la plus unie, la plus tranſparente, & d'une couleur plus approchante de celle de l'eau. Il n'en eſt pas de même des glaçons qu'on voit flotter ſur les rivieres, lorſqu'elles charient; ils ont beaucoup moins de conſiſtance, & ſont comme ſpongieux; leur ſurface eſt inégale & raboteuſe; ils ſont

opaques & d'une couleur blanchâtre ; le deſſous & les bords en ſont ſouvent chargés d'une épaiſſeur aſſez conſidérable de glace impure, & remplie d'herbes, de ſable, de terre, &c., & que l'on nomme *bouzin*. Il eſt aiſé de rendre raiſon de ces différences, en conſidérant la façon dont ces glaçons ſont formés.

1082. Lorſque le froid eſt aſſez grand, non ſeulement l'eau ſe gele aux bords des rivieres & dans les anſes où elle n'eſt point agitée par le courant, mais auſſi dans les endroits où ſes parties n'ont aucune vîteſſe reſpective, c'eſt-à-dire, où elles ſe meuvent toutes enſemble, & d'un mouvement commun qui ne les déplace point les unes à l'égard des autres : ce ſont ces endroits qu'on appelle *miroirs*, qu'on voit communément aux grandes rivieres, & où l'eau ſemble être dormante. Lorſque la ſurface d'un de ces miroirs eſt priſe, il en réſulte un glaçon qui eſt emmené par le courant ; ce qui donne lieu à un autre de ſe former dans la même place, & ainſi de ſuite. Ces glaçons, ainſi formés & iſolés, étant d'abord très-minces, ſe briſent au premier choc ; de ſorte qu'il y en a très-peu qui demeurent entiers, ou dont les fragmens ſe conſervent d'une certaine grandeur : le reſte eſt briſé en mille pieces par toutes ſortes d'accidens. La riviere ſe trouve donc alors couverte

de glaçons d'une certaine largeur qui ſuivent le courant, & d'une grande quantité de plus petits qui flottent au gré de l'eau, & que le moindre obſtacle arrête. De là il arrive deux choſes, 1°. les grands glaçons ayant plus de maſſe, & conſervant par conſéquent plus de vîteſſe que les petits, ces derniers ſont continuellement expoſés à être rencontrés par les premiers, & contraints par-là ou de s'amaſſer à leurs bords, & d'y former une croûte qui s'éleve ſouvent au deſſus du plan, ou de paſſer en deſſus ou en deſſous, & de s'y arrêter à cauſe du frottement. La gelée continuant toujours, fixe ces petits glaçons aux grands, mais d'une maniere imparfaite, parce qu'ils ne les touchent que par quelques points de leur ſurface. C'eſt cependant une des cauſes qui augmente conſidérablement l'épaiſſeur des grands glaçons. Etant donc formés de toutes pieces mal jointes, il n'eſt pas étonnant qu'ils aient peu de conſiſtance, qu'ils ſoient beaucoup moins durs que ceux des eaux dormantes, & qu'ils ſoient opaques & d'une couleur blanchâtre. 2°. Tous ces petits glaçons qui paſſent ſous les grands, outre qu'ils ne s'y fixent que foiblement, ne s'attachent auſſi que fort imparfaitement enſemble, & renferment entre eux, non ſeulement beaucoup d'air, mais encore beaucoup d'herbes, de ſable, de terre ou autres ſaletés, qu'ils ramaſſent

dans leur route, en touchant ſouvent le fond. Ce ſont ces derniers glaçons ainſi réunis, qui forment ce qu'on appelle *le bouzin* (1081).

1083. C'eſt le bouzin qui a fait croire à la plupart des gens de riviere, & même à d'excellens Phyſiciens, tels que *Boyle*, que les glaçons que charient les rivieres, ſe formoient d'abord au fond de l'eau, & s'élevoient enſuite à la ſurface. Le raiſonnement ſeul ſuffit pour faire penſer le contraire; car le froid qui fait glacer l'eau, venant de l'athmoſphere, ne peut avoir ſon effet au fond de l'eau, qu'il n'ait auparavant fait geler toute celle qui eſt au deſſus. De plus, dans le fond des grandes rivieres, qui ſont celles qui charient le plus de glaçons (car les petites ſont aſſez promptement priſes en entier), on ne trouve jamais de glaçons: ceux qui ſont chariés par ces rivieres, ne ſe ſont donc pas formés dans le fond.

1084. Il eſt bien vrai qu'on a obſervé quelquefois des glaçons au fond de l'eau, ſans que celle de deſſus eût été gelée; mais cela ne ſe trouve qu'au fond des ruiſſeaux ou des petites rivieres qui ont peu de profondeur, & jamais au fond des grandes: encore ce phénomene eſt-il peu fréquent. Il n'arrive point quand la gelée eſt âpre; parce qu'alors les petites rivieres, qui le plus ſouvent ne coulent qu'à leur ſurface, ſont

ſont promptement priſes en entier par la gelée. Mais ce phénomene peut avoir lieu, lorſque la gelée eſt peu forte, pourvu qu'elle dure un certain temps. Le froid ſe communique alors de proche en proche par le terrein, des deux rives juſqu'au milieu du fond : l'eau, qui, dans cet endroit, n'a qu'un mouvement très-lent, & qui eſt encore ralenti par le frottement qu'elle éprouve de la part du fond, peut ſe refroidir aſſez pour former des glaçons ſous l'eau non gelée. Mais ces glaçons ne ſont pas même de ceux qui ſont chariés ; car, pour qu'ils ſe détachaſſent du fond, il faudroit que le froid diminuât beaucoup, & c'eſt alors que les rivieres ne charient plus.

1085. La ſurface des grandes rivieres, vu la vîteſſe de leur courant, ſe géleroit en entier beaucoup plus tard, ſi les glaçons n'étoient pas arrêtés par quelque obſtacle, comme, par exemple, les ponts. C'eſt pourquoi il eſt bon de donner beaucoup de largeur à leurs arches, afin de laiſſer aux glaçons plus de liberté pour s'échapper.

1086. Quand la glace ſe fait aſſez tranquillement, & par un froid très-âpre, ſa dureté eſt conſidérable : elle ſurpaſſe quelquefois celle du marbre. Il paroît que la glace eſt d'autant plus capable de réſiſter à ſa rupture ou à ſon applatiſſement, qu'elle eſt plus compacte & plus dégagée d'air, ou qu'elle a été formée par un

plus grand froid & dans des pays plus froids. Les glaces du Spitzberg & des mers d'Iſlande ſont ſi dures, qu'il eſt très-difficile de les rompre avec le marteau. Voici une preuve bien ſinguliere de la fermeté & de la ténacité de ces glaces ſeptentrionales. Pendant le rigoureux hiver de 1740, on conſtruiſit à Saint-Pétersbourg, ſuivant les regles de la plus élégante architecture, un palais de glace de 52 $\frac{1}{2}$ pieds de longueur ſur 16 $\frac{1}{2}$ de largeur & 20 pieds de hauteur, ſans que le poids des parties ſupérieures & du comble, qui étoit auſſi de glace, parût endommager le moins du monde le pied de l'édifice. La Néva, riviere voiſine, où la glace avoit 2 ou 3 pieds d'épaiſſeur, en avoit fourni les matériaux. Pour augmenter la merveille, on plaça au devant du bâtiment ſix canons de glace avec leurs affûts de la même matiere, & deux mortiers à bombe dans les mêmes proportions que ceux de fonte. Ces pieces de canon étoient du calibre de celles qui portent ordinairement trois livres de poudre : on ne leur en donna cependant qu'un quarteron, & on les tira ; le boulet d'une de ces pieces perça, à 60 pas, une planche de 2 pouces d'épaiſſeur : le canon, dont l'épaiſſeur étoit tout au plus de 4 pouces, n'éclata point par cette exploſion. Ce fait peut rendre croyable ce que rapporte *Olaus-Magnus*

des fortifications de glace, dont il assure que les Nations septentrionales savent faire usage dans le besoin. (*De Mairan, Dissertation sur la glace, seconde part. 3^e. sect. chap. 3.*)

1087. Si nous supposons une masse d'eau exposée dans un lieu tranquille, où la température soit de 6 à 7 degrés au dessous de la congélation, le repos, tant de cette masse d'eau que de l'air qui la touche immédiatement, produit souvent un effet, que j'ai observé plusieurs fois, & qu'il n'étoit pas facile de prévoir. Ce double repos empêche que l'eau ne se gele, quoiqu'elle ait acquis un degré de froid fort supérieur à celui qui naturellement lui fait perdre sa liquidité. De l'eau, dans cet état, vient-elle à éprouver la plus légere agitation, de la part de l'air ou de quelque autre corps environnant, elle se gele dans l'instant. Si, par exemple, elle est dans un pot, & qu'on veuille la verser, ce n'est pas de l'eau que l'on verse, c'est de la glace. C'est à *Fahrenheit* que nous devons la premiere observation de ce phénomene : c'est lui qui a vu le premier, avec la plus grande surprise, de l'eau refroidie au 15^e. degré de son thermometre (ce qui répond à 7 $\frac{1}{2}$ degrés au dessous de zéro du thermometre de mercure de *de Luc*) se maintenir dans une liquidité parfaite jusqu'au moment où on l'agitoit : cette expérience a réussi

de même à pluſieurs autres Phyſiciens curieux de la répéter. Ce qu'il y a de très-ſingulier, c'eſt que de l'eau, ainſi refroidie de pluſieurs degrés au deſſous du terme de la glace, venant à ſe geler en conſéquence de l'agitation qu'on lui imprime, fait monter, dans le temps qu'elle ſe glace, la liqueur du thermometre au degré ordinaire de la congélation : d'où il ſuit que l'eau diminue de froideur en ſe gelant; eſpece de paradoxe, qui a beſoin de toute l'autorité de l'expérience pour pouvoir être cru, & que je vas tâcher d'expliquer.

1088. Le calorique combiné avec un corps, n'excite aucun degré de chaleur ſenſible (588). Nous verrons bientôt (1098) que pour que de la glace devienne liqueur ou que de l'eau demeure telle, il faut qu'une aſſez grande quantité de matiere de la chaleur ſoit combinée avec elle, & que cette quantité de calorique combiné ne la rend pas plus chaude, ce qui ne l'empêche pas de ſe refroidir, à meſure qu'elle perd de la matiere de la chaleur libre qui la pénetre. C'eſt pourquoi, tant qu'elle conſerve le calorique combiné, elle garde ſa liquidité, quoiqu'elle ſe refroidiſſe au deſſous du terme de la congélation. Mais ſi elle paſſe à l'état de glace, elle perd néceſſairement le calorique combiné, qui, prenant l'état de liberté, excite de la chaleur

ſenſible. Voilà pourquoi cette eau diminue de froideur en ſe gelant.

1089. Lorſque l'eau n'eſt pas pure, lorſqu'elle ſe trouve mêlée de ſubſtances étrangeres, il faut un plus grand degré de froid pour lui faire prendre l'état de glace; & ce degré de froid doit être plus ou moins conſidérable, ſuivant la nature & la quantité des ſubſtances mêlées à l'eau. Voilà pourquoi les ſels, le ſucre, les eſprits retardent la congélation de l'eau. Ces ſubſtances produiſent à peu près dans l'eau le même effet qu'y fait la matiere de la chaleur, ſoit libre, ſoit combinée; leurs particules étant placées entre chaque particule d'eau, les empêchent de ſe réunir, & leur conſervent ainſi leur mobilité reſpective juſqu'à ce qu'enfin la force de la cohéſion reſſerre ces parties, & oblige ces ſubſtances étrangeres à s'extravaſer en quelque ſorte, & à paſſer dans la partie encore liquide. Voilà pourquoi, quand de l'eau chargée de ſel, de ſucre ou d'eſprits, ſe gele, le centre du glaçon ſe trouve, plus que le reſte, chargé de ces ſubſtances, & cette glace eſt plus froide que la glace d'eau pure. Il en eſt ainſi de toutes les glaces que nous prenons en été: & comme il y en a qui ſont plus chargées que d'autres de ſucre ou d'eſprits, il y en a auſſi qui ſont de beaucoup plus froides les unes que les autres.

1090. Tout le monde ſait que les fruits ſe gelent pendant les hivers qui ſont un peu rudes. Dans cet état, ils perdent ordinairement tout leur goût ; & lorſque le dégel arrive, on les voit le plus ſouvent tomber en pourriture. Les parties aqueuſes que ces fruits contiennent en grande quantité, étant changées en autant de petits glaçons dont le volume augmente (1076), briſent & crevent les petits vaiſſeaux qui les renferment, ce qui détruit l'organiſation.

1091. On obſerve quelque choſe de ſemblable même ſur les hommes & les animaux qui habitent les pays froids. Il n'eſt pas rare d'y voir des gens qui ont perdu le nez ou les oreilles, pour avoir été expoſés à une forte gelée. Ces accidens ne ſont pas même ſans exemples dans les climats tempérés : j'ai été témoin d'un accident de cette eſpece, arrivé en Poitou, & qui fut bien funeſte à deux Bateliers : ils perdirent tous les doigts de chaque main, parce qu'on les fit dégeler trop promptement. Quand un membre a été gelé, on ne peut eſpérer de le ſauver, qu'en le faiſant dégeler fort lentement, en le tenant, par exemple, dans un lieu où il ne gele pas, plongé pendant quelque temps dans de la neige ou de la glace pilée, juſqu'à ce qu'elle ſoit fondue : après quoi on le paſſe dans de l'eau un peu moins froide ; enſuite dans de

l'eau un peu tiede, & ainſi de ſuite, en l'échauffant peu à peu, & par des degrés qui croiſſent très-lentement. La lenteur du dégel eſt abſolument néceſſaire. Une fonte trop bruſque, qui ne laiſſeroit pas aux parties d'un corps gelé le temps de reprendre l'ordre qu'elles ont perdu, détruiroit dans ce corps l'organiſation qu'on y veut conſerver.

1092. Il ſuit de là que les fruits qui ſont gelés ſur les arbres, ſont perdus ſans reſſource, s'il ſurvient un dégel trop prompt. Un pareil dégel n'eſt guere moins nuiſible qu'une forte gelée qui ſuccede tout à coup à une très-grande humidité.

1093. Il n'en eſt pas de même du froid qui fait geler l'eau, comme de la chaleur qui l'a fait bouillir : l'eau qui bout, n'augmente plus de chaleur, quelque long-temps qu'on la chauffe (1052) : mais la glace étant une fois formée, ſi elle ſe trouve expoſée à un froid qui dure un certain temps, & qui aille en augmentant, elle devient toujours de plus en plus froide.

1094. La glace peut auſſi devenir plus froide artificiellement, & cela en y mêlant des ſels, ou des eſprits ardens ou acides. De tous les ſels, celui qui eſt le plus propre à refroidir la glace, eſt le ſel marin ou muriate de ſoude ; & la doſe la plus convenable eſt trois parties de

ſel & huit parties de glace, meſurant par le poids.

1095. Ce qu'il y a de ſingulier, c'eſt que ces ſels ou eſprits font fondre la glace en la refroidiſſant. De la glace qui ne peut être glace que par le froid, & qui cependant ceſſe d'être glace en ſe refroidiſſant, eſt un phénomene bien ſingulier, & très-difficile à expliquer pour ceux qui font conſiſter la liquidité dans un mouvement actuel des parties du liquide, & qui prétendent que les ſels refroidiſſent l'eau, parce qu'ils ralentiſſent ce mouvement; car, dans le cas préſent, les ſels rendent la liquidité à la glace; donc, ſelon eux, ils ne ralentiſſent pas le mouvement, ils le raniment : cependant ils la refroidiſſent; donc ce froid n'eſt pas le ſigne d'un mouvement ralenti. Mais ce phénomene devient aiſé à expliquer, en diſant que la mobilité reſpective des parties ſuffit pour la liquidité; & que la diminution de la quantité de la matiere de la chaleur en état de liberté ſuffit pour le refroidiſſement. Or c'eſt ce qui a lieu dans le cas dont il s'agit; car le ſel & la glace, en ſe pénétrant mutuellement, 1°. rétabliſſent cette mobilité reſpective des parties, ce qui aide la glace à ſe fondre; 2°. ils chaſſent pour un temps de leurs pores une portion de la matiere de la chaleur libre qui y étoit; & il y en a une

partie qui perd ſa liberté en ſe combinant avec la glace pour la faire devenir liqueur : c'eſt pourquoi le mélange ſe refroidit. Cette pénétration mutuelle, du ſel & de la glace, eſt prouvée d'une maniere inconteſtable, 1°. par la fuſion réciproque de ces deux ſubſtances ; 2°. parce qu'elles occupent, après la fuſion, moins d'eſpace qu'auparavant. Or cette fuſion eſt une condition abſolument eſſentielle au refroidiſſement ; car ſi l'on deſſeche la glace & le ſel par un froid de 12 ou 14 degrés, de maniere qu'il ne reſte plus rien d'humide qui puiſſe commencer la fuſion, le mélange ne ſe refroidit pas, parce qu'il n'y a ni fuſion ni pénétration. Et ſi l'on diſoit que la glace eſt alors tellement refroidie que ſon froid ne peut plus augmenter, on ſeroit convaincu du contraire, en verſant ſur cette glace de l'eſprit-de-vin ou de l'acide nitrique ou muriatique : le refroidiſſement ſeroit conſidérable, & pourroit aller juſqu'à 30 degrés.

1096. Quoique la glace ſoit un corps ſolide & très-dur (1086), elle s'évapore conſidérablement, & même plus que l'eau en temps égal. Cela vient, ainſi que l'a penſé *de Mairan*, de la contexture particuliere de la glace, qui, occupant un plus grand volume que l'eau (1076), offrant une plus grande ſuperficie,

hériſſée d'un grand nombre d'inégalités, doit, par cela même, nonobſtant ſa dureté, donner plus de priſe à la cauſe générale de l'évaporation (1062). On peut ajouter à cette cauſe, que la ſéchereſſe de l'air & le vent, accompagnant preſque toujours dans nos climats les grandes gelées, doivent augmenter de beaucoup l'évaporation; car un air ſec eſt plus diſpoſé à ſe charger de vapeurs, qui s'élevent d'ailleurs, en plus grande quantité, quand cet air eſt ſans ceſſe renouvelé.

1097. Si-tôt que la chaleur ſe ranime dans l'air, & qu'elle devient ſupérieure au degré qui opere la congélation, la glace ſe combine avec le calorique, & fond; & ſa fuſion eſt plus ou moins prompte, ſuivant la denſité des corps qui la touchent, en ſuppoſant tous ces corps d'une température égale. Auſſi la glace fond-elle plus promptement dans l'eau que dans l'air, plus promptement ſur du marbre que ſur du bois, parce que ces premiers corps, étant plus denſes, touchent la glace en un plus grand nombre de points, & par-là lui communiquent plus promptement de leur chaleur. Le dégel n'eſt jamais plus général & plus prompt, que par un vent de ſud doux & humide.

1098. La glace ne ſe fond qu'en ſe combinant avec une aſſez grande quantité de matiere

de la chaleur, laquelle n'ajoute rien à ſa température (588). Il eſt aiſé de s'en convaincre par l'expérience ſuivante. Mettez dans un vaſe convenable une livre de glace pilée ; plongez-y un thermometre de mercure de *de Luc*, lequel eſt diviſé en 80 degrés depuis le terme de la congélation juſqu'à celui de l'eau bouillante ; cet inſtrument s'y fixera à zéro ou terme de la congélation. Verſez ſur cette glace pilée une livre d'eau chauffée à 60 degrés ; au bout de quelques inſtans la glace ſera entiérement fondue, & la température du mélange ſe trouvera encore à zéro. Ce qui prouve que toute la matiere de la chaleur libre, capable de faire ſentir ces 60 degrés de chaud, s'eſt combinée avec la glace pour la faire paſſer à l'état de liqueur, & n'en a point augmenté la température. Il n'en ſeroit pas ainſi, ſi, avant le mélange, la glace étoit déjà en liqueur, n'eût-elle qu'une température de 1 degré au deſſus de la congélation, ou même quand elle auroit une température de 6 degrés au deſſous : alors la température du mélange ſeroit la moitié de la ſomme des deux. Si la température de l'eau froide étoit de 1 degré au deſſus de la congélation, celle du mélange ſeroit de 30 $\frac{1}{2}$ degrés, moitié de 60 plus un ; & ſi la température de l'eau froide étoit de 6 degrés au deſſous de la congélation, celle du mélange

ſeroit de 27 degrés, moitié de 60 moins 6. MM. *Lavoiſier* & *de la Place* (*Mém. de l'Acad.* 1780, *pag.* 373) ont énoncé ce phénomene, indépendamment des diviſions arbitraires des poids & du thermometre, d'une maniere générale, & comme il ſuit : *La chaleur néceſſaire pour fondre la glace, eſt égale aux trois quarts de celle qui peut élever le même poids d'eau, de la température de la glace fondante à celle de l'eau bouillante.*



CHAPITRE XIII.

De la nature & des propriétés du Feu.

1099. CE que l'on appelle vulgairement *feu*, n'eſt autre choſe qu'un corps embraſé, dont les parties ſe déſuniſſent & s'évaporent en fumée, en flamme, en vapeur, &c. Aux yeux d'un Phyſicien, cet embraſement n'eſt que l'effet d'une cauſe qui s'eſt long-temps dérobée à nos recherches, mais de laquelle nous pouvons dire que nous avons aujourd'hui plus de connoiſſance que nous n'en avions ci-devant. On convient donc unanimement aujourd'hui que ce qui cauſe l'embraſement des corps, eſt une vraie matiere, mais qui a beſoin d'être excitée pour agir. Et comme la matiere qui fait embraſer les corps, eſt capable de nous éclairer; & que celle qui les rend viſibles, eſt capable de les embraſer: il eſt aſſez raiſonnable de penſer que le principe du feu & celui de la lumiere ſont une ſeule & même ſubſtance, mais différemment modifiée.

1100. Examinons premiérement cette matiere comme cauſe de la chaleur & de l'embraſement: & voyons, 1°. quelle eſt ſa nature; 2°. quels

ſont les moyens d'exciter ſon action ; 3°. de quelle maniere cette action ſe propage ; 4°. quels ſont ſes effets ſur les corps ; 5°. quels ſont les moyens d'augmenter ſon action, ou de la diminuer, ou même de la faire ceſſer.

De la nature du Feu.

1101. Le principe du feu eſt un fluide très-ſubtil, très-rare, très-élaſtique, non peſant, répandu dans toute la ſphere de l'Univers, qui pénetre les corps avec plus ou moins de facilité, qui tend, lorſqu'il eſt libre, à ſe mettre en équilibre dans tous, & auquel on a ſucceſſivement donné les noms de *Principe inflammable*, *Principe de la chaleur*, *Matiere de la chaleur*, & que les Modernes ont appelé *le calorique*.

1102. Ce fluide pénetre de part en part tous les corps, même les plus durs : il ſe combine avec pluſieurs ; il tend à ſe répandre uniformément. Seul, il ſuffit pour échauffer les corps ; mais ſeul, il ne ſuffit pas pour les brûler, il faut qu'il ſoit aidé par un autre fluide, qui eſt l'air pur (664) : & le concours de ces deux fluides ne ſuffit même pas, ſi leur action n'eſt excitée par quelques moyens que les hommes ſeuls ſavent employer.

1103. La matiere de la chaleur eſt d'une nature fixe & inaltérable : elle eſt tellement

fluide, qu'elle ne ceſſe jamais de l'être, à moins qu'elle ne ſe combine avec certains corps : de plus, elle eſt la principale cauſe de la fluidité des corps. C'eſt par ſon action que leurs parties s'écartent, ſe ſéparent les unes des autres, perdent leur adhérence, & reçoivent enfin cette mobilité reſpective, en quoi conſiſte leur fluidité. C'eſt par le ralentiſſement de ſon action ou par ſon abſence que les parties ſe rapprochent, adherent les unes aux autres, ſe lient & reprennent enfin la conſiſtance qu'elle leur avoit fait perdre. Je penſe même qu'on peut dire que la matiere de la chaleur eſt la ſeule ſubſtance fluide par elle-même ; & que ſans elle, rien ne contrebalançant la tendance générale que toutes les parties de la matiere ont les unes vers les autres (194), elles ſeroient unies toutes enſemble de maniere à ne former qu'un ſolide.

1104. La matiere de la chaleur eſt capable d'entamer les corps les plus durs : rien ne lui réſiſte ; & elle réſiſte à tout. On peut la regarder comme un diſſolvant univerſel ; propriété qui la diſtingue eſſentiellement de toutes les autres ſubſtances.

1105. La matiere de la chaleur eſt préſente par-tout : tous les corps en ſont comme imbibés. Elle eſt dans la terre que nous habitons, dans l'air que nous reſpirons, dans les alimens qui

nous nourriſſent, dans nous-mêmes ; & quoiqu'elle ſoit capable de tout détruire, de tout conſumer ; comme ſon action n'eſt jamais d'elle-même aſſez forte pour cauſer l'embraſement (1102), bien loin de nous nuire, c'eſt par elle que nous vivons : elle fait partie du fluide que nous reſpirons (647), & elle eſt preſque la ſeule portion de ce fluide qui ſerve à entretenir la vie (936).

1106. La matiere de la chaleur ou le calorique exiſte ſouvent dans les corps en deux états ; dans celui de combinaiſon, & dans celui de liberté (588). Dans le premier état, cette matiere n'excite aucune chaleur ſenſible à nos organes ; au contraire, dans l'état de liberté, elle excite une chaleur d'autant plus forte, qu'elle eſt plus abondante.

1107. A température égale, les différens corps ne contiennent point, ſous le même volume, une égale quantité de la matiere de la chaleur ou du calorique combiné ; & il y a entre eux, à cet égard, des différences indépendantes de leurs denſités reſpectives. On a cherché à meſurer cette quantité de calorique que ſont capables de contenir les différentes eſpeces de corps : MM. *Lavoiſier & de la Place* (*Mém. de l'Acad. des Sciences, an.* 1780, *pag.* 355) ont fait, dans cette vûe, des expériences ingénieuſes. Pour bien

bien entendre ceci, il faut ſavoir que, lorſqu'on rend libre la matiere de la chaleur combinée dans un corps, il en réſulte un degré de chaleur ſenſible d'autant plus fort, qu'il s'en dégage davantage. C'eſt cette quantité de matiere de la chaleur combinée dans ce corps, qu'on a appelée ſa *chaleur ſpécifique*. Pour la meſurer, ces Meſſieurs ont placé les corps dans un vaſe intérieur, entouré d'un autre vaſe rempli de glace, laquelle étoit elle-même garantie de la chaleur de l'athmoſphere par un autre entourage de glace contenue dans un troiſieme vaſe qui entouroit le ſecond. Le calorique qui ſe dégage du corps mis en expérience, fait paſſer une partie de la glace du ſecond vaſe de l'état de ſolide à l'état de liquide, en ſe combinant avec elle, & par conſéquent ſans rien ajouter à ſa température (1098). Cette portion de glace fondue s'écoule dans un vaſe placé au deſſous de la machine. On ſait quelle eſt la quantité de calorique qui doit ſe combiner avec la glace pour la faire fondre (1098) : la quantité de glace fondue dénote donc la quantité de calorique qui s'eſt dégagée du corps mis en expérience, ce qui détermine ſa *chaleur ſpécifique*.

1108. Il réſulte de ce que nous venons de dire (1107) que, dans le paſſage d'un corps de l'état ſolide à l'état fluide, il y a une grande

quantité de chaleur qui eſt abſorbée, en ſe combinant avec ce corps; voilà pourquoi, dans le moment du dégel, le froid eſt encore très-ſenſible. La même choſe arrive dans le paſſage de l'état fluide à celui de vapeurs; voilà pourquoi toutes les fois qu'une ſubſtance s'évapore de deſſus un corps, elle le refroidit (1171). Le contraire arrive, c'eſt-à-dire qu'il y a de la chaleur produite, lorſqu'un corps paſſe de l'état de vapeurs à celui de fluide, ou de l'état de fluide à celui de ſolide.

1109. Si donc, dans une combinaiſon ou dans un changement d'état quelconque, il y a une diminution de chaleur libre; cette chaleur reparoîtra toute entiere, lorſque les ſubſtances reviendront à leur premier état: & réciproquement, ſi dans la combinaiſon ou le changement d'état, il y a une augmentation de chaleur libre, cette nouvelle chaleur diſparoîtra dans le retour des ſubſtances à leur état primitif. Ce principe eſt confirmé par l'expérience; & MM. *Lavoiſier & de la Place* (*Mém. de l'Acad. des Sciences, an.* 1780, *pag.* 359) l'ont généraliſé & étendu à tous les phénomenes de la chaleur, de la maniere ſuivante: *Toutes les variations de chaleur, ſoit réelles, ſoit apparentes, qu'eprouve un ſyſtême de corps, en changeant d'état, ſe reproduiſent dans un ordre inverſe, lorſque le ſyſtême repaſſe à ſon premier état.*

Des moyens par lesquels on peut exciter l'action du Feu.

1110. Nous n'employons communément, pour exciter l'action du feu, qu'un de ces trois moyens; savoir, 1°. le choc ou le frottement des corps solides; 2°. la fermentation ou l'effervescence; 3°. la réunion des rayons solaires.

1111. *Premier moyen.* Le choc ou le frottement des corps solides est le moyen le plus fréquemment employé pour exciter l'action du feu. On sait qu'on commence à allumer du feu en frottant ou heurtant un briquet ou un fusil d'acier trempé contre une pierre. Il n'y a point de corps solides qu'on ne puisse du moins échauffer, en les heurtant ou les frottant; & il y en a peu dont la chaleur, ainsi excitée, ne puisse augmenter au point de les faire étinceler ou de les embraser; car alors le calorique libre, qui est dans ces corps, s'anime; & par sa pénétration entre les parties, les dispose à se combiner avec l'oxigène, que fournit l'air ambiant. Or c'est en cette combinaison que consiste la combustion (653). Mais ces effets sont plus ou moins prompts, plus ou moins grands, selon la nature des corps que l'on frotte ou que l'on heurte, & selon la durée ou la violence des chocs ou des frottemens. Pour ce qui regarde

la nature des corps, ce ſont ceux qui ont le plus de ténacité & de reſſort, qui ſont les plus propres à s'échauffer ou à s'enflammer par les chocs ou le frottement : & comme l'effet du frottement croît par la preſſion & la vîteſſe (100 & 106), plus la colliſion eſt violente & fréquente, plus auſſi elle eſt efficace. En effet, on peut faire rougir une lame d'acier médiocrement chauffée, en la frappant à coups redoublés ſur une enclume : cela n'arriveroit pas à une lame de plomb, car le plomb ne rougit qu'après être fondu ; il faudroit donc qu'il fondît ſous le marteau, ce qui n'arrive pas. Si l'on frotte des bois pour les enflammer, ce ſont ceux qui ſont les plus durs & les plus ſecs, qui s'allument le plus aiſément. Si l'on ſe laiſſe gliſſer le long d'une corde, ſon frottement contre les mains y produit des ampoules, comme ſi l'on eût empoigné un fer rouge.

1112. *Second moyen.* La fermentation & l'effervescence ne peuvent avoir lieu, ſans exciter de la chaleur, qui va quelquefois juſqu'à l'embraſement. Si l'on mêle enſemble deux ſubſtances qui ſoient très-diſpoſées à ſe pénétrer mutuellement, à s'introduire dans les pores l'une de l'autre, il s'excite une effervescence qui produit de la chaleur.

1113. EXPÉRIENCE. Verſez un acide ſur un

alkali, il s'excitera une effervescence qui produira une chaleur sensible. Mêlez à de l'eau de l'acide sulfurique bien déphlegmé ; il se produira une chaleur très-vive, & qui peut l'être assez pour faire casser le vase, s'il est de matiere fragile. Jetez sur de l'huile un acide très-concentré, comme de l'acide nitrique très-déphlegmé ; la fermentation peut être assez vive pour que le feu y prenne sur le champ. Un mélange d'eau & d'esprit-de-vin s'échauffe aussi assez sensiblement. Tous ces effets sont produits par les frottemens occasionnés par la pénétration mutuelle des deux substances ; car les chocs ou les frottemens agitent les particules des corps, ainsi que la matiere de la chaleur libre qui est logée dans leurs pores : ce mouvement ajoute à l'action de cette matiere de la chaleur, laquelle peut bien être augmentée ou diminuée, mais qui n'est jamais totalement interrompue. De là résulte le degré de chaleur qui se fait sentir ; & s'il est très-grand, la combinaison avec l'oxigène (1111) a lieu, d'où suit l'embrasement.

1114. La pénétration mutuelle des deux substances, dont nous venons de parler (1113), est prouvée par l'expérience ; car le volume est moindre après le mélange, qu'auparavant. Si l'on mêle ensemble une pinte d'eau & une pinte d'esprit-de-vin, le mélange ne sera pas suffisant

pour remplir un vaſe de la capacité de deux pintes : donc il y a pénétration des deux ſubſtances dans les pores l'une de l'autre. (*Voyez les Mém. de l'Acad. des Sciences, an.* 1733, *pag.* 165; *& an.* 1769, *pag.* 433).

1115. Nous avons dit ci-devant (1095) que l'eſprit-de-vin jeté ſur la glace, la refroidit, en la faiſant fondre ; nous venons de voir (1113) que l'eſprit-de-vin mêlé à l'eau, l'échauffe ; deux effets qui paroiſſent oppoſés, quoiqu'ils ſoient produits par la même cauſe ; car dans l'un & l'autre cas, c'eſt le mélange des deux mêmes ſubſtances. La différence de ces deux effets dépend de bien peu de choſe ; car un degré de chaleur de plus ou de moins fait que l'eau eſt liqueur ou glace : or cela vient de cette différence d'état. Dans l'un & l'autre cas, il y a pénétration mutuelle des deux ſubſtances ; ce qui chaſſe pour un temps une portion de la matiere de la chaleur libre, & cauſe du refroidiſſement : cette pénétration occaſionne des frottemens, qui excitent l'action de la matiere de la chaleur qui demeure, & élevent de quelques degrés la température. Il y a donc là deux effets oppoſés, dont on n'apperçoit que l'excès du plus fort ſur le plus foible. Dans l'eau, la pénétration eſt très-prompte : les frottemens ſont donc alors aſſez vifs pour faire plus que compenſer la perte de la matiere de la chaleur : en conſéquence, la

chaleur excitée par les frottemens ſurpaſſe le refroidiſſement cauſé par l'abſence du calorique. Au contraire, dans la glace, la pénétration eſt lente, ainſi que les frottemens, qui, pour cette raiſon, ne produiſent que peu d'effet : la chaleur qu'ils excitent n'eſt donc pas capable de compenſer le refroidiſſement cauſé par la perte du calorique libre qu'occaſionne la pénétration. De plus, il faut une aſſez grande quantité de nouveau calorique combiné avec la glace, pour la faire paſſer à l'état de liqueur (1095, 1098). Voilà pourquoi, dans ce cas-là, on n'apperçoit que du refroidiſſement.

1116. La putréfaction eſt elle-même une vraie fermentation : auſſi tous les corps qui ſe pourriſſent, en ſe combinant avec la baſe de l'air pur, s'échauffent par l'état de liberté que prend ſon calorique. Du foin ſerré, avant d'être ſec, peut fermenter & s'échauffer au point de s'embraſer, & de mettre le feu au grenier.

1117. *Troiſieme moyen.* Les rayons ſolaires échauffent tous les corps qui ſont expoſés à leur action. Ces rayons ſont certainement compoſés de la matiere de la chaleur animée & miſe en action par le ſoleil (1099) : cette matiere s'inſinue donc entre les particules des corps, & ajoute à la quantité que ces corps en contenoient déjà : de là réſulte le degré de chaleur qui ſe fait ſentir.

1118. Ce degré de chaleur eſt toujours beaucoup au deſſous de celui qui eſt néceſſaire pour l'embraſement : auſſi n'a-t-on jamais vu de corps s'embraſer, pour avoir été ſeulement expoſé aux rayons du ſoleil. Mais ces mêmes rayons ſont capables de fondre ou de brûler les corps fuſibles ou combuſtibles ſur leſquels on les multiplie : ce qui peut ſe faire de pluſieurs manieres.

1119. EXPÉRIENCE. Que ſur un grand nombre de petits miroirs plans on reçoive les rayons ſolaires, & qu'on les dirige ſur un même corps. Ce corps ſera d'autant plus échauffé, qu'on fera tomber ſur lui un plus grand nombre de ces rayons. Mais ſi l'on veut les multiplier davantage, il faut faire les expériences ſuivantes.

1120. EXPÉRIENCE. Préſentez aux rayons ſolaires un miroir concave, de maniere que le plan du miroir ſoit, le plus qu'il ſera poſſible, perpendiculaire aux rayons incidens. Il ſe formera, au devant de ce miroir, un cône de lumiere très-vive. Nous en verrons la raiſon ci-après (1261), en traitant de la Catoptrique. Si, au ſommet de ce cône lumineux (point que l'on appelle *foyer* du miroir), on place quelques corps, ils y fondent, brûlent, ſe calcinent ou ſe vitrifient très-promptement, ſuivant leur nature. La ſurface d'un miroir concave eſt compoſée de lignes circulaires : mais un cercle eſt

un polygone d'une infinité de côtés : la ſurface de ce miroir eſt donc un aſſemblage de très-petits miroirs plans, inſenſiblement inclinés entre eux. Chacun d'eux réfléchit vers un même point les rayons qu'il reçoit ; ce qui raſſemble ces images dans un très-petit eſpace. Leur nombre eſt d'autant plus grand, que la ſurface du miroir a plus d'étendue, que ce miroir a un plus grand diametre. On conçoit aiſément que ces images, ainſi multipliées ſur un même corps, peuvent former un foyer aſſez ardent pour produire les effets que nous avons annoncés.

1121. EXPÉRIENCE. Si l'on préſente, aux rayons ſolaires, une lentille convexe de verre, de maniere que ſon axe prolongé ſoit parallele, ou à peu près, aux rayons incidens, il ſe forme, derriere la lentille, un cône de lumiere fort vive, de même qu'il s'en forme un, en pareille circonſtance, au devant d'un miroir concave (1120). Nous en verrons la raiſon ci-après (1355), en traitant de la Dioptrique. Si au ſommet de ce cône lumineux (point que l'on appelle *foyer* de la lentille), on place quelques corps, ils y éprouvent les mêmes effets qu'au foyer du miroir concave (1120). D'où l'on doit conclure que, de quelque maniere que les rayons ſolaires ſoient réunis, ils produiſent une chaleur d'autant plus active, qu'ils ſe trouvent raſſemblés en plus

grande quantité dans un plus petit eſpace.

1122. L'activité du foyer d'une lentille eſt relative, non ſeulement au nombre des rayons réunis dans un eſpace donné, & par conſéquent à l'étendue de la ſurface de la lentille, ou à la grandeur de ſon diametre ; mais encore à la maniere dont ces rayons ſe réuniſſent : car ſi, entre une lentille & ſon foyer, vers la moitié ou les deux tiers de la longueur de l'axe du cône lumineux, on place une ſeconde lentille convexe, qui ne manquera pas de rendre les rayons plus convergens, l'activité du foyer en ſera conſidérablement augmentée, quoiqu'il s'y trouve un moindre nombre de rayons réunis ; puiſque pluſieurs ſont interceptés par les parties ſolides de la lentille. D'où il ſuit que *le foyer eſt d'autant plus actif, que les rayons ſe réuniſſent en formant entre eux des angles plus ouverts.* En effet, l'expérience m'a appris que les rayons qui paſſent vers les bords de la lentille, ont leur point de réunion plus près de la lentille, & forment entre eux des angles plus ouverts, que ne le font ceux qui paſſent vers l'axe ; & qu'en même temps ceux des bords forment un foyer plus actif que celui qui eſt formé par les autres. (*Voyez les Mém. de l'Acad. des Sciences, an.* 1774, *pag.* 67.)

1123. Les effets produits ſur les corps par

une lentille exposée aux rayons solaires, dépendent uniquement de la transparence & de la figure : tout corps transparent, ayant la figure lenticulaire, produira donc les mêmes effets. Ainsi, si à un morceau de glace d'eau on donne une pareille figure, & qu'on l'expose aux rayons solaires, il se formera derriere elle un foyer brûlant. Une liqueur quelconque, bien transparente, telle que de l'eau, de l'esprit-de-vin, de l'huile de térébenthine, &c. placée entre deux calottes sphériques de verre, produit les mêmes effets.

1124. On peut dire la même chose des miroirs concaves : leurs effets ne dépendent que de la figure & du poli de la surface ; car on a fait des miroirs de plâtre, de carton, de paille, qui ont formé des foyers brûlans.

1125. Les rayons solaires ne paroissent produire de la chaleur, que lorsqu'ils agissent sur quelque corps. J'ai placé mon doigt tout près du foyer de la grande lentille de M. *Trudaine*, qui a 4 pieds de diametre : je n'y ai pas senti plus de chaleur, que si j'en eusse été éloigné de 20 pieds. Mais lorsque je plongeois quelque corps dans ce foyer, il se répandoit tout autour une chaleur si vive, que mon visage la soutenoit à peine.

De la maniere dont l'action du Feu ſe propage.

1126. L'action du feu ſe propage dans les corps de deux façons : 1°. elle n'y cauſe qu'un léger mouvement inteſtin, d'où il réſulte une augmentation de chaleur, qui écarte les unes des autres les parties du corps chauffé, car ce corps augmente de volume (1134); ce corps devient donc plus chaud & plus grand qu'il n'étoit auparavant, par la chaleur qu'on lui a communiquée. Tel eſt, par exemple, un morceau de métal ou une pierre expoſée auprès du feu ou aux rayons du ſoleil. 2°. Cette action du feu agite tellement la matiere propre du corps qui y eſt expoſé, qu'elle en déſunit les molécules, & que ſouvent elle les enleve & les diſſipe, comme cela arrive à un morceau de bois que l'on place ſur des charbons ardens.

1127. Lorſqu'il n'y a que communication de chaleur, tout paroît ſe paſſer conformément aux loix connues : la chaleur acquiſe par un corps, eſt perdue par celui qui la lui communique. Le corps qui en acquiert, devient plus chaud qu'il n'étoit : celui qui en communique devient moins chaud ; & cette variation continue d'avoir lieu, ſi l'on leur en donne le temps, juſqu'à ce que les deux corps ſoient arrivés à une température égale, laquelle eſt toujours plus forte que n'étoit celle du corps qui en a acquis ; mais auſſi tou-

jours plus foible que n'étoit celle du corps qui en a communiqué. C'eſt ainſi qu'un corps auquel on a imprimé une certaine quantité de mouvement, en perd toujours de plus en plus, à meſure qu'il en communique à une plus grande quantité de matiere (141).

1128. Il n'en eſt pas de même, lorſque la chaleur eſt portée juſqu'à l'embraſement : alors l'action du feu ſe propage avec accroiſſement ; ſes effets deviennent toujours de plus grands en plus grands, à meſure qu'elle agit ſur une plus grande quantité de matiere : en un mot, une étincelle devient un incendie. Il eſt aiſé, d'après ce que nous avons dit, de rendre raiſon de ce ſingulier phénomene.

1129. Le calorique combiné avec une ſubſtance quelconque, ne fait ſentir aucune chaleur (588) : mais la chaleur devient d'autant plus grande, & ſes effets ſont d'autant plus rapides, qu'il y a une plus grande quantité de calorique qui prend l'état de liberté (1106). Voyons donc ce qui fournit cette grande quantité de calorique libre dans la combuſtion des corps. Les corps ne peuvent brûler qu'en contact avec l'air pur (664) ; parce que la combuſtion conſiſte dans la combinaiſon de la baſe de cet air, appelée *oxigène*, avec le corps combuſtible (653). Or l'air pur contient une grande quantité de

calorique combiné avec ſa baſe, avec l'oxigène (647 & 662). Lors donc que ſon oxigène ſe combine avec le corps qui brûle, ſon calorique prend l'état de liberté, & ſe réunit à celui qui avoit déjà occaſionné le commencement de l'embraſement. De là réſulte une augmentation de chaleur, qui diſpoſe un plus grand nombre de particules du corps combuſtible à ſe combiner avec l'oxigène fourni par l'air qui ſe renouvelle; car ſi ce renouvellement de l'air n'a pas lieu, la combuſtion ceſſe (643 & 653). Ce nouvel oxigène, en ſe combinant avec le corps combuſtible, abandonne pareillement ſon calorique, lequel, devenant libre, s'échappe avec les caracteres qu'on lui connoît, c'eſt-à-dire, avec chaleur, lumiere & flamme : & plus il y aura d'oxigène ainſi combiné & fixé dans un temps donné, plus auſſi il y aura de calorique qui deviendra libre à la fois; & plus par conſéquent l'embraſement ſera éclatant & rapide. Il eſt maintenant aiſé de voir pourquoi les progrès de l'inflammation ſe font toujours avec accroiſſement.

1130. Dans toute combuſtion il y a donc de l'air pur décompoſé, du calorique dégagé & devenu libre, & par conſéquent de la chaleur produite; mais une chaleur plus ou moins grande, ſuivant la nature du corps qui brûle. Car, ſuivant les expériences de MM. *Lavoiſier* & *de la Place* (*Mém.*

de l'Acad. des Sciences, an. 1780, *pag.* 397), une once de charbon, en brûlant, conſomme 4037,5 pouces cubes d'air pur, & forme 3021,1 pouces cubes de gas acide carbonique. Cette once de charbon conſomme donc 3 onces 4 gros 2,7500 grains d'air pur (656); & forme 3 onces 5 gros 11,6645 grains de gas acide carbonique (759): d'où il ſuit qu'une once de charbon fournit 1 gros 8,9145 grains de carbone, ou un peu moins de $\frac{1}{7}$ de ſon poids. Mais comme la combinaiſon de la baſe de l'air pur ou de l'oxigène avec le carbone forme ici un nouveau fluide élaſtique, en ſe combinant avec une partie du calorique, il y a peu de chaleur produite: au lieu que la chaleur qui ſe dégage de l'air pur, lorſque ſa baſe ſe combine avec le phoſphore qui brûle, eſt à peu près 2 $\frac{1}{7}$ auſſi grande que lorſque cet air pur ſe change en gas acide carbonique; car dans le premier cas, cette chaleur peut faire fondre 68 onces & environ 5 gros de glace; & dans le ſecond cas, elle n'en peut faire fondre que 29 onces 4 gros.

1131. Les corps combuſtibles ſont donc ceux qui ont plus d'affinité avec l'oxigène, que n'en a ce dernier avec la matiere de la chaleur ou le calorique; & plus cette affinité, cette diſpoſition à ſe combiner avec l'oxigène eſt grande, plus les corps ſont combuſtibles. Ce n'eſt donc

point, comme on l'avoit cru, le calorique qui leur eſt combiné, qui les rend tels : il eſt même probable que les corps les plus combuſtibles en contiennent très-peu, ou même point du tout, tels que le ſoufre & le phoſphore.

1132. Une réflexion frappante, dit M. *Lavoiſier* (*Mém. de l'Acad. des Sciences, an.* 1777, *pag.* 598), & qui vient à l'appui des précédentes, c'eſt que preſque tous les corps peuvent exiſter dans trois états différens, ou ſous forme ſolide, ou ſous forme liquide, c'eſt-à-dire, fondus, ou ſous forme de fluide élaſtique : ces trois états ne dépendent que de la quantité plus ou moins grande de calorique dont ces corps ſont pénétrés, & avec lequel ils ſont combinés. La fluidité & l'élaſticité ſont donc les propriétés caractériſtiques de la préſence du calorique & d'une grande abondance de calorique : la ſolidité, la compacité au contraire ſont les preuves de ſon abſence. Autant donc il eſt prouvé que les ſubſtances aériformes, & l'air lui-même, contiennent une grande quantité de calorique combiné, autant il eſt probable que les corps ſolides en contiennent peu.

Des effets du Feu ſur les corps.

1133. Les principaux effets du feu ſur les corps conſiſtent, 1°. à les raréfier; 2°. à les faire paſſer

paſſer de l'état de ſolide à celui de fluide; 3°. à les convertir en vapeurs.

1134. *Premier effet.* Le premier changement qui arrive à un corps, expoſé à l'action de la matiere de la chaleur, eſt la raréfaction de ſa maſſe, l'augmentation de ſon volume : & cet effet eſt ſi général, qu'il peut être regardé comme le caractere diſtinctif du feu ou de la chaleur. Il y a bien certaines ſubſtances qui en pénetrent d'autres, & qui en même temps les raréfient; mais il n'y a que la matiere de la chaleur qui s'inſinue, ſans exception, dans tous les corps, & qui, ſi ſon action eſt continuée, finiſſe par déſunir leurs parties.

1135. EXPÉRIENCE. Prenez une boule de verre A (*fig.* 149.) placée à l'extrémité d'un tube A *a*: rempliſſez-la d'eau, ainſi qu'une partie de la longueur du tube, par exemple, juſqu'en *a*, point que vous marquerez avec un fil. Plongez cette boule (qui doit être mince) dans de l'eau preſque bouillante : dans le moment de l'immerſion de la boule, vous verrez l'eau du tube s'abaiſſer de pluſieurs lignes au deſſous du point *a* : & ſi, le moment d'après, vous la retirez de l'eau chaude, la même eau s'élevera au deſſus du point *a*. La matiere de la chaleur tend à ſe répandre uniformément par-tout (1102) : elle paſſe donc de l'eau chaude dans la boule de verre *Fig.* 149.

& l'eau qu'elle contient, ce qui raréfie l'une & l'autre. Il eſt bien évident que l'eau de la boule n'eſt pas condenſée, qu'au contraire elle eſt raréfiée, puiſqu'elle s'éleve au deſſus du point *a*. L'abaiſſement de l'eau au deſſous de ce point, dans le premier moment de l'immerſion, ne peut donc pas être attribuée à la condenſation de l'eau : il eſt dû à l'agrandiſſement de la capacité de la boule ; donc le verre eſt auſſi raréfié. L'eau commence à deſcendre, avant de remonter ; parce que la boule étant en contact immédiat avec l'eau chaude, eſt la premiere pénétrée par la matiere de la chaleur : l'agrandiſſement de ſa capacité précede donc la raréfaction de l'eau qu'elle contient : voilà pourquoi cette eau commence par s'abaiſſer au deſſous du point *a*.

1136. J'ai dit (1135) que la boule de verre de cette expérience doit être mince : ſi elle étoit d'une certaine épaiſſeur, ſa ſurface extérieure, qui touche immédiatement l'eau chaude, ſeroit agrandie avant l'intérieure, & la boule ſe caſſeroit. C'eſt ce qui arrive à tous les vaſes de verre épais que l'on chauffe trop bruſquement, ainſi qu'à ceux que l'on ne chauffe que d'un ſeul côté, à moins que cela ne ſe faſſe que lentement ; auquel cas la matiere de la chaleur a le temps de paſſer d'un côté à l'autre, & de ſe

distribuer, dans toute l'étendue du vase, d'une maniere assez uniforme. Les vases fragiles se casseroient de même, si, étant très chauds, on ne les refroidissoit qu'en un seul endroit; car toutes les parties ne pouvant pas alors se prêter au même effet, il y auroit nécessairement rupture.

1137. EXPÉRIENCE. Les métaux, dont plusieurs ont beaucoup de dureté & de ténacité, se raréfient tous & augmentent de volume, lorsqu'on les chauffe. Si l'on veut appercevoir cet effet, quelque petit qu'il soit, il faut faire les expériences suivantes, pour lesquelles on fera usage du *pyrometre* (*fig.* 150.), instrument destiné à mesurer la raréfaction des corps par l'action de la chaleur. Il est composé, 1°. d'une lampe à l'esprit-de-vin D*d*, garnie de quatre petites meches de coton, semblables entre elles pour la grosseur & pour la longueur; 2°. de plusieurs leviers renfermés dans une boîte cylindrique de verre E F, & qui se correspondent de maniere que, recevant le mouvement de la piece G, ils le transmettent, par le moyen d'une portion de roue dentée ou rateau, & par un pignon, à une aiguille H*h* qui parcourt horizontalement un cercle divisé en 200 parties égales. Les bras de ces leviers & le rayon du rateau avec le pignon qu'il mene, sont tellement proportionnés, *Fig.* 150.

que la piece G, avançant d'un quart de ligne, fait faire à l'aiguille H *h* un tour entier : & comme la circonférence du cercle qu'elle parcourt eſt diviſée en 200 degrés, dont chacun eſt aſſez grand pour être diviſé en deux par le coup-d'œil d'un Obſervateur un peu attentif, il eſt évident que la piece G ne peut pas s'avancer de la ſeize-centieme partie d'une ligne, qu'on ne s'en apperçoive par le mouvement de l'aiguille. Il faut avoir ſoin de ſe procurer des cylindres de différens métaux, tous égaux en longueur, & dont on rend les groſſeurs égales en les faiſant paſſer par la même filiere. Chacun de ces cylindres doit être terminé d'un côté par une vis qui s'ajuſte à la piece G, tandis que l'autre bout eſt ſoutenu par le pilier I, dans lequel il eſt fixé par la vis de preſſion K. Si l'on y place ſucceſſivement les différens cylindres, & qu'on allume la lampe, tous s'alongent plus ou moins dès les premiers degrés de chaleur ; ce que prouve la marche de l'aiguille H *h* : donc tous ſont raréfiés par cette cauſe.

1138. Si l'on veut comparer les différens degrés de raréfaction des différens métaux, on les chauffera tous ſucceſſivement pendant des temps égaux, & avec les mêmes meches ; & le nombre de degrés que l'aiguille parcourra pour chacun, déterminera le rapport de ſa raréfaction

avec celle des autres : on verra, par exemple (comme l'a éprouvé M. *Berthoud*, fameux Horloger), que celle du cuivre jaune eſt à celle de l'acier, comme 121 eſt à 74. On ſe ſert avantageuſement de cette différence pour corriger l'effet de la chaleur ſur les verges de pendules : on combine alors des verges de ces deux métaux, comme l'ont fait M. *Julien le Roi* à Paris, & M. *Ellicot* à Londres ; & l'on fait en ſorte que leurs longueurs ſoient en raiſon inverſe de leurs alongemens (269). (*Voyez mon Dictionnaire raiſonné de Phyſique*, au mot PENDULE.)

1139. Puiſque les différens métaux s'alongent de quantités différentes, par le même degré de chaleur (1138), il s'enſuit que, pour que les inſtrumens de Mathématique, d'Aſtronomie, &c. gardaſſent des rapports conſtans, il ne faudroit pas, comme on le fait ſouvent, les conſtruire de métaux différens.

1140. Par la même raiſon, l'on voit pourquoi les accords ſe dérangent dans un claveſſin, lorſque le lieu où il eſt placé, change de température ; cela vient de ce que ſes cordes ſont les unes de fer, les autres de laiton, deux métaux qui s'alongent de quantités différentes par le même degré de chaleur.

1141. Les liqueurs ſe raréfient de même que les ſolides, en s'échauffant : celles que nous em-

ployons dans nos thermometres, nous en fourniſſent la preuve ; car la chaleur ne fait monter le thermometre, que parce qu'elle fait augmenter le volume de la liqueur qui le compoſe. La cauſe de cet effet eſt toujours l'action de la matiere de la chaleur, qui pénetre la maſſe, en déſunit & en écarte les parties.

1142. La raréfaction des fluides eſt plus ou moins grande, plus ou moins prompte, ſuivant leurs différentes natures. Pour ce qui regarde l'étendue de cette raréfaction, il paroît que ce ſont les fluides qui ont le moins de denſité qui ſe raréfient le plus par le même degré de chaleur. Le gas hydrogène ſe raréfie plus que l'air ; l'air, plus que l'eſprit-de-vin ; l'eſprit-de-vin, plus que l'huile de lin ; l'huile de lin, plus que l'eau ; l'eau, plus que le mercure. Mais ſi l'on a égard au temps néceſſaire à chaque fluide pour acquérir toute la raréfaction dont il eſt ſuſceptible, cela ne ſuit aucune loi connue. Le mercure, quoique beaucoup plus denſe que l'eau, y emploie beaucoup moins de temps : l'eau, plus denſe que l'eſprit-de-vin, y emploie plus de temps : l'eau, plus denſe que l'huile de lin, y emploie moins de temps : l'huile de lin, plus denſe que l'eſprit-de-vin, y emploie plus de temps. Cela dépend ſans doute de différentes cauſes particulieres, qu'il ſeroit difficile de bien démêler. De plus,

les quantités dont différens fluides se raréfient, ne gardent point entre elles les mêmes rapports dans différens degrés de chaleur : par exemple, le rapport de la raréfaction de l'esprit-de-vin, comparée à celle du mercure, est moindre dans les degrés inférieurs que dans les supérieurs : en partant du terme de la congélation, 5, 0 degrés de raréfaction du mercure ne répondent qu'à 3, 9 degrés de raréfaction de l'esprit-de-vin ; & près de la température de l'eau bouillante, 5, 0 degrés du mercure répondent à 6, 2 degrés de l'esprit-de-vin. C'est avec des fluides ou liqueurs que l'on construit les thermometres ; & ce sont la raréfaction & la condensation de ces substances qui indiquent les différens degrés de chaleur. On peut voir la description de la plupart de ceux que l'on a imaginés, dans mon *Dictionnaire de Physique, Tome II, pag. 636 & suiv.*

1143. *Second effet.* Lorsque la raréfaction (premier effet) a été poussée jusqu'à son dernier période, les parties du corps conservant cependant encore de l'adhérence entre elles ; si la chaleur continue d'agir, le corps passe à l'état de liquéfaction ou de fluidité, plus ou moins complette, suivant la nature du corps que l'on chauffe, & suivant le degré d'activité du feu que l'on fait agir. C'est ce qui arrive à du beurre, de la cire, des métaux, &c. que l'on chauffe

assez fortement ; ils passent de l'état de solide à celui de liquide : ou à des pierres que l'on calcine ; elles se réduisent en une poussiere impalpable ; & de solides qu'elles étoient, elles deviennent fluides.

1144. Cet effet est plus ou moins prompt, suivant la nature du corps que l'on chauffe. Tous les corps ne fondent pas aussi promptement les uns que les autres, ni au même degré de chaleur : il en faut un plus grand pour faire fondre la cire que pour faire fondre le beurre : il en faut encore de plus grands pour faire fondre les métaux, & les uns en exigent plus que les autres : l'étain & le plomb fondent long-temps avant de rougir ; l'argent & l'or fondent à peu près dans le moment où ils rougissent ; le cuivre & le fer rougissent long-temps avant de fondre.

1145. L'action de la chaleur produit un effet d'autant plus grand, qu'elle éprouve une plus grande résistance, qu'elle est plus retardée. Si le corps que l'on chauffe est de nature à céder à la premiere action de la chaleur, les parties de la surface perdent leur adhérence, se liquéfient, avant même que les intérieures aient eu le temps de s'échauffer : ainsi de couche en couche la masse se fond comme de la cire ou du beurre ; ou bien ces parties se dissipent en fumée & en flamme, comme une bûche qui brûle à

ſa ſurface, tandis que ſon centre eſt encore preſque froid. Mais ſi les parties de la ſurface ont aſſez de fixité, ſi elles réſiſtent aſſez long-temps pour donner aux parties internes le temps de s'échauffer, la rupture de leur adhérence doit avoir lieu preſque en même temps par-tout, & la fuſion devient générale en peu de temps. C'eſt ce qui arrive aux métaux qui fondent. Auſſi les bois ne brûlent que ſucceſſivement; la cire & les graiſſes ne fondent que peu à peu: mais les métaux, d'abord plus difficiles à fondre, coulent auſſi plus promptement & plus complétement, lorſqu'ils ont atteint le degré de chaleur néceſſaire. Pour s'en convaincre, il faut faire l'expérience ſuivante.

EXPÉRIENCE. Ayant deux vaſes en tout ſemblables & placés ſur le même feu, que l'on mette dans l'un une livre de cire, & dans l'autre une livre d'étain, & qu'on ne les remue en aucune façon. La cire fondra ſucceſſivement & peu à peu: l'étain ſera long-temps ſans changer d'état apparent; mais lorſqu'il commencera à couler, fort peu de temps après il ſera en fuſion parfaite; & alors il reſtera encore un morceau de la cire dans l'état ſolide. De ſorte que, quoique l'étain ne commence à fondre que long-temps après la cire, il eſt cependant entiérement fondu avant que la cire le ſoit. En un

mot, les huiles graſſes s'enflamment plus difficilement que l'eſprit-de-vin ; mais leur embraſement produit un degré de chaleur beaucoup plus conſidérable. La même charge de poudre qui s'enflamme en plein air, ne produit qu'un effort très-inférieur à celui qu'elle eſt capable de produire dans un canon.

1146. On rend les métaux fuſibles plus aiſément ou à un moindre degré de chaleur, en les alliant avec quelque autre ſubſtance. Les ſoudures fortes ſont des alliages de cette nature, qui fondent à un degré de chaleur moindre que celui qui ſeroit néceſſaire pour faire fondre les pieces qu'on veut réunir. Le cuivre jaune, qui eſt un alliage de cuivre rouge & de zinc, ſert de ſoudure pour le cuivre rouge : l'argent allié avec le cuivre rouge, ſert de ſoudure pour l'argent, & ainſi des autres. La fonte de fer & l'acier, qui ſont du fer allié avec une ſubſtance charbonneuſe (870), fondent à un degré de chaleur moindre que ne le fait le fer doux.

1147. *Troiſieme effet.* Une matiere liquéfiée par l'action de la chaleur (ſecond effet), continue de s'échauffer juſqu'au moment où elle bout, ſi elle eſt de nature à bouillir ; après quoi elle ne s'échauffe plus, quelque long-temps qu'on la faſſe bouillir : mais ſa maſſe finit par ſe convertir en vapeurs, d'autant plus aiſément, qu'elle

eſt moins chargée du poids de l'air ; de l'eau, dans le vide, ſe vaporiſe à un très-petit degré de chaleur.

1148. L'ébullition des liqueurs conſiſte dans le ſoulévement d'une portion de la liqueur, occaſionné par de groſſes bulles d'un fluide très-tranſparent, qui ſe ſuccedent rapidement, en traverſant la liqueur depuis l'endroit expoſé au feu juſqu'à ſa ſurface ; car ces bulles ne partent jamais que de cet endroit-là. Qu'eſt-ce que c'eſt que ce fluide ? Eſt-ce la matiere de la chaleur ? Il eſt bien certain que les liqueurs ne bouillent point ſans chaleur : mais il eſt certain auſſi que la matiere de la chaleur ſeule ne ſuffit pas pour les faire bouillir, puiſque pluſieurs ſubſtances ne bouillent jamais, quelque fortement qu'on les chauffe. Il faut donc que ces bulles ſoient compoſées d'un autre fluide. Cet autre fluide eſt certainement une portion de la liqueur réduite en vapeurs, par la grande chaleur qu'elle éprouve : de même qu'une goutte d'eau, jetée ſur un fer chaud, s'évapore promptement, en formant pluſieurs bouillons, qui, s'ils étoient couverts d'eau chaude, au lieu de crever, s'enfonceroient dans la liqueur, & la ſouleveroient. La preuve que ce fluide eſt une portion de la liqueur elle-même réduite en vapeurs, c'eſt que les métaux fondus ne bouillent jamais, parce

qu'ils ne s'évaporent qu'à leur ſurface, & que ces vapeurs, qui tendent toujours à s'élever, ne peuvent pas traverſer la maſſe. Qu'on ne diſe pas que c'eſt leur peſanteur qui s'oppoſe à leur ſoulévement; car le mercure, qui eſt plus peſant que tous les métaux, excepté l'or & le platine, bout comme de l'eau, parce qu'il ſe réduit en vapeurs en deſſous & à l'endroit expoſé au feu. Mais ces mêmes métaux, qui ſeuls ne peuvent bouillir, bouillent très-fortement, ſi l'on y enfonce quelque ſubſtance capable de fournir des vapeurs, comme, par exemple, un morceau de bois. L'ébullition n'eſt donc pas ſeulement l'effet de la chaleur, mais encore celui d'une vapeur qui traverſe & ſouleve la liqueur. Ainſi l'action de la matiere de la chaleur réduit en vapeur une portion de la liqueur; & cette vapeur, en ſoulevant la liqueur, cauſe l'ébullition.

1149. Nous venons de dire (1147) que les liqueurs ne s'échauffent plus, lorſqu'elles ſont parvenues au terme de l'ébullition. En voici la raiſon : c'eſt qu'alors la maſſe eſt aſſez raréfiée pour permettre à la matiere de la chaleur d'en ſortir auſſi librement qu'elle y entre : de ſorte que ſa quantité ne peut plus augmenter.

1150. Puiſque l'ébullition eſt cauſée par une portion de la liqueur réduite en vapeurs (1148), qui, en traverſant la maſſe, ſe diſſipent &

paſſent dans l'air ; ſi l'on continue de faire bouillir cette liqueur, toutes ſes parties s'évaporeront ſucceſſivement & juſqu'à ſiccité. C'eſt-là ce qui forme ces fluides élaſtiques non permanens, dont nous avons parlé ci-devant (589).

1151. Mais ſi la diſſipation d'une ſubſtance eſt ſubite, ſi toutes ſes parties s'évaporent à la fois, elle fait une exploſion violente ; parce qu'en paſſant à l'état de fluide élaſtique, elle acquiert un volume prodigieux, en comparaiſon de celui qu'elle avoit auparavant (1066). C'eſt ce qui arrive dans l'inflammation de la poudre à canon, ainſi que dans la fulmination de la poudre fulminante, de l'or & de l'argent fulminans. Si l'on fait ces expériences de fulmination, il faut ſe tenir à l'écart, & prendre toutes les précautions néceſſaires pour n'être pas bleſſé ; ſur-tout ſi l'on fait uſage de l'argent fulminant, découvert tout récemment par M. *Bertholet*, de l'Académie Royale des Sciences, & auquel toutes les autres ſubſtances fulminantes ne peuvent pas être comparées. Il faut le contact d'un corps embraſé pour faire fulminer la poudre à canon : il faut faire prendre à l'or fulminant un degré de chaleur ſenſible pour qu'il fulmine : tandis que le contact d'un corps quelconque, même froid, & quelque petit qu'il ſoit, ſuffit pour faire détonner l'argent fulminant. Enfin ce produit, une fois obtenu,

ne peut plus être touché ſans fulminer ; c'eſt un être vraiment *intactile*.

1152. Par ce que nous venons de dire (1133 & *ſuiv.*), il eſt aiſé de voir que les effets du feu ſur les corps, que nous avons mis au nombre de trois, peuvent ſe réduire à un ſeul, ſavoir à les raréfier ; car la liquéfaction ou la fluidité n'eſt qu'une raréfaction plus grande que celle qui réſulte d'un degré de chaleur inſuffiſant pour rompre l'adhérence des parties ; & la vaporiſation n'eſt qu'une raréfaction pouſſée juſqu'à ſon degré extrême.

Des moyens d'augmenter ou de diminuer l'action du feu.

1153. Il y a quatre moyens par leſquels on peut augmenter l'action ou les effets d'un même feu, d'un feu entretenu avec la même matiere. Ces moyens ſont, 1°. d'augmenter la quantité de matiere qui lui ſert d'aliment ; 2°. de concentrer cette action ou d'empêcher qu'elle ne s'étende & ne ſe diſſipe dans un trop grand eſpace ; 3°. de diriger cette action vers un même endroit ; 4°. de ſouffler ce feu avec de l'air pur.

1154. *Premier moyen.* Ce premier moyen eſt ſi uſité, qu'il n'a pas beſoin de preuve. Tout le monde ſait qu'en ajoutant du bois ou du charbon à un feu déjà allumé, ſon action augmente. Il

faut cependant que la quantité de matiere ajoutée trouve un feu proportionné à ſon degré d'inflammabilité & à ſon volume. Du bois vert, ou en groſſe bûche, ajouté à un petit feu, n'y fera que noircir : mais ſi ce bois eſt bien ſec & diviſé en petites parties ou en copeaux, il s'y embraſera. Un corps ne peut s'embraſer qu'en ſe combinant avec l'oxigène (1111); & cette combinaiſon ne peut avoir lieu qu'au moyen d'un certain degré de chaleur : ſi le feu eſt petit, & que le corps ſoit d'un gros volume ou trop abreuvé d'eau, le feu eſt éteint avant que le corps ait eu le temps de s'échauffer aſſez. Par la même raiſon, une bougie allumée, que l'on renverſe, s'éteint, par la cire fondue qui coule ſur la meche, & qui n'avoit pas encore acquis le degré de chaleur néceſſaire à ſon embraſement.

1155. *Second moyen.* Ce moyen eſt de concentrer l'action du feu, ou de l'empêcher de s'étendre & de ſe diſſiper dans un trop grand eſpace. C'eſt ce que font les Chimiſtes par le moyen de leurs fourneaux. Le feu ainſi renfermé, devient comme le centre d'une ſphere d'activité, dont les rayons vont frapper les parois du fourneau : mais ces rayons ſont réfléchis vers le milieu ; & leur action, s'y trouvant comme concentrée, en agit avec d'autant plus de force.

1156. Les étuves peuvent être regardées comme

des eſpeces de fourneaux, dans leſquels la chaleur s'applique à un grand nombre de corps à la fois. C'eſt dans des étuves de cette eſpece que les Ouvriers font ſécher leurs vernis gras.

1157. Un paravent déployé devant une cheminée, fait auſſi, en quelque façon, l'office de fourneau; car non ſeulement il garantit de l'air froid qui peut venir des portes & des fenêtres, mais il réfléchit encore les rayons de chaleur, & les empêche de trop s'étendre & de ſe diſſiper.

1158. *Troiſieme moyen.* Ce troiſieme moyen conſiſte à diriger vers un même endroit l'action du feu ou les parties déjà embraſées qui s'exhalent. C'eſt ce que font les Orfévres, les Bijoutiers, les Metteurs en œuvre, les Emailleurs, &c. avec leur lampe & leur chalumeau, ou leur ſoufflet. Cette flamme, ainſi dirigée, devient active au point de fondre le verre, l'émail & les métaux; car le ſouffle introduit dans la flamme le fluide propre à la combuſtion. Par ce moyen on obtient deux avantages; l'un d'exciter un grand degré de chaleur; & l'autre de ne chauffer que l'endroit que l'on veut qui le ſoit.

1159. *Quatrieme moyen.* Ce moyen eſt de ſouffler le feu avec de l'air pur. On ne connoît point de feu auſſi actif que celui-là. M. *Lavoiſier*, qui a fait là-deſſus de belles ſuites d'expériences (voyez *Mém. de l'Acad. an.* 1782, *p.* 476

&

& ſuiv. an. 1783, *pag.* 566 *& ſuiv.*), n'a preſque point trouvé de ſubſtances qui ne cédaſſent à l'action de ce feu violent. Le platine, par l'action du verre ardent (qui produit plus de chaleur qu'aucun fourneau des Chimiſtes), ne fait tout au plus que ſe ramollir un peu; mais chauffé par un feu ſoufflé avec de l'air pur, il fond complétement. Les rubis orientaux, qui ne ſouffrent aucune altération à la chaleur du verre ardent, expoſés à l'action du feu ſoufflé avec de l'air pur, ſe ramolliſſent au point de ſe ſouder pluſieurs enſemble: cependant ils conſervent leur couleur, quoique moins parfaite; & ils ne perdent rien ou preſque rien de leur poids.

1160. Nous venons de voir (1153 *& ſuiv.*) quels ſont les moyens d'augmenter l'action du feu. Si l'on veut la diminuer, il ſuffit de ſupprimer les moyens par leſquels on l'augmente. Cette ſuppreſſion eſt la cauſe la plus ordinaire du ralentiſſement ou même de l'extinction du feu. Celui d'un poêle ou d'une cheminée donne moins de chaleur, s'il manque de bois: ſouvent même, quoique le bois n'y manque pas, il languit, ſi l'on néglige de le ſouffler.

1161. Mais cette extinction du feu ne ſe fait que lentement: il y a des circonſtances où il eſt intéreſſant d'aller plus vîte. On ſait que rien ne brûle ſans le contact de l'air (664): il ſuffit

donc, pour produire la privation d'air néceſſaire, d'appliquer à la ſurface du corps embraſé une matiere qui ne ſoit pas combuſtible, comme, par exemple, de l'eau. C'eſt le moyen que l'on emploie ordinairement, pour faire ceſſer les incendies. Mais il faut, pour cela, que l'eau puiſſe demeurer en liqueur plus long-temps que ne peut durer l'embraſement; c'eſt pourquoi il en faut jeter beaucoup : car, ſi l'on ne jette qu'une petite quantité d'eau ſur un grand feu, cette eau, éprouvant un degré de chaleur plus violent que celui qu'elle peut ſoutenir en plein air, ſe décompoſe : ſon oxigène (817) ſe combine avec le corps qui brûle; & ſon hydrogène, ſe combinant avec le calorique, forme un gas inflammable qui s'embraſe ſur le champ, & ajoute beaucoup à l'activité de la flamme.

Du Refroidiſſement.

1162. Nous avons fait voir (1154) que l'*inflammation* augmente lorſque le corps embraſé ſe trouve uni à une quantité proportionnée de matiere capable de s'embraſer auſſi; parce qu'alors il ſe dégage de plus en plus du calorique combiné, & qui devient libre (1128 & 1129). La *chaleur* au contraire ne ſe communique point ſans s'affoiblir (1127); parce que, dans ce cas-là, il n'y a point de nouveau calorique dégagé;

& celui qui étoit déjà libre, ne fait que s'étendre dans un plus grand eſpace, & par-là devient plus rare dans le corps qui communique la chaleur. Cette diminution de calorique dans ce corps ſe nomme *refroidiſſement*.

1163. De même que les corps s'échauffent plus promptement les uns que les autres (1142), de même ils ne ſe refroidiſſent pas également dans un temps donné ; & l'on ne connoît pas bien la loi ſuivant laquelle cela s'exécute. On peut cependant dire, en général, que *la chaleur ſe communique en raiſon des maſſes*. C'eſt pourquoi on reſſent plus de froid aux mains, quand on touche du marbre ou du métal pendant l'hiver, que quand on touche du bois ou des étoffes, qui ſont moins denſes, quoique la température de tous ces corps ſoit la même ; car le refroidiſſement de la main eſt la perte qu'elle fait d'une partie de ſon calorique, en la communiquant au corps qu'elle touche : & cette communication eſt proportionnelle, ou à peu près, à la denſité du corps touché.

1164. Mais lorſque les matieres qui ſe touchent ou ſe mêlent, ſont de même nature, *l'excès de chaleur de la plus chaude ſe communique à la moins chaude en raiſon des volumes*. Si l'on mêle enſemble deux pintes d'eau, dont la température de l'une ſoit de 20 degrés, & celle

de l'autre de 50 ; la température du mélange ſera de 35 degrés, ſavoir 20 degrés de chaleur commune, plus 15 degrés, moitié de 30, excès de 50 ſur 20. Si avec une pinte d'eau échauffée à 40 degrés, on en mêle deux pintes à 10 degrés, la chaleur du mélange ſera de 20 degrés ; car les 30 degrés, excès de 40 ſur 10, ſeront partagés entre les trois pintes, qui ont chacune 10 degrés de chaleur commune. On trouvera encore quelle doit être la température du mélange, en additionnant enſemble tous les degrés de chaleur, & en diviſant le produit par le nombre des volumes : le quotient de la diviſion indiquera la température que l'on cherche. 40 + 10 + 10 = 60, qui, diviſés par 3, donnent 20. De même, dans le premier exemple, 20 + 50 = 70, qui, diviſés par 2, donnent 35.

1165. Les corps chauds communiquent une portion de leur calorique à ceux qui ſont moins chauds, & qu'ils touchent (1162) ; on voit pourquoi la glace ſe fond en refroidiſſant les bouteilles. Mais ce refroidiſſement eſt beaucoup plus conſidérable que ne le donnent les regles établies ci-deſſus (1163 & 1164) ; parce que, dans ce cas-là, il y a une grande quantité de calorique combiné avec la glace, pour la faire paſſer à l'état de liqueur (1098) ; & le calorique combiné n'excite aucun degré de chaleur ſenſible

(588) : par conſéquent il n'échauffe point l'eau provenue de la glace, quoique la perte qu'en font les bouteilles, les refroidiſſe. Il y a donc alors de la chaleur de perdue (1108).

1166. L'air froid qui touche des corps plus chauds que lui, reçoit donc une portion de leur calorique ; &, par-là, diminue d'autant plus leur chaleur, qu'il ſe renouvelle plus ſouvent. C'eſt pourquoi nous reſſentons plus de froid, lorſque nous ſommes expoſés au vent, que lorſque nous en ſommes à l'abri.

1167. Le refroidiſſement n'étant autre choſe qu'une diminution de chaleur, on doit voir ceſſer, dans un corps qui ſe refroidit, tous les effets du feu dont nous avons parlé (1133). 1°. Ce qui étoit flamme, ne devient plus que fumée épaiſſe ; l'évaporation ſe ralentit, ou même ceſſe entiérement : 2°. les matieres liquéfiées deviennent moins coulantes, & reprennent enſuite leur premiere conſiſtance : 3°. le volume, augmenté par la raréfaction, ſe reſtreint dans des limites plus étroites.

1168. Quand tout cela ſe fait lentement, les parties ſe rapprochent proportionnellement & dans leur ordre naturel ; la maſſe reprend ſon premier état, & redevient telle qu'elle étoit avant qu'elle éprouvât l'action du feu ; ſur-tout ſi cette action ne lui a enlevé aucun de ſes

principes. C'eſt ce qui arrive à de l'or que l'on a fondu, & qu'on laiſſe enſuite refroidir : il redevient le même qu'il étoit avant ſa fuſion, & conſerve toute ſa denſité.

1169. Mais un refroidiſſement trop prompt a quelquefois des effets très-différens : il diminue ſi promptement la mobilité reſpective des parties, qu'il les fixe avant qu'elles aient pu s'arranger dans l'ordre qui leur convient ; ces parties ne ſe touchent qu'imparfaitement ; le corps ne prend qu'une conſiſtance incomplette. C'eſt ce qui arrive à de l'acier que l'on trempe : auſſi eſt-il alors plus caſſant ; & ſa denſité eſt moindre qu'elle n'étoit avant la trempe (37). La même choſe arrive à des vaſes de verre qui n'ont pas par-tout une épaiſſeur égale, & qu'on a laiſſé refroidir trop ſubitement. Leurs parties n'adherent que foiblement entre elles : & l'on ne doit pas être étonné de voir que ces vaſes ſe caſſent ſouvent d'eux-mêmes, & ſans avoir reçu aucun choc. Pour prévenir cet inconvénient, après les avoir fabriqués, on leur donne le *recuit* ; c'eſt à-dire, qu'on les met dans un fourneau échauffé juſqu'à un certain point, & qu'on les y laiſſe refroidir très-lentement. On modere de même, par le recuit (37), la propriété trop caſſante de l'acier.

1170. Nous ne connoiſſons point de corps

abſolument froid : un tel corps ſeroit celui qui ne contiendroit point du tout de calorique dans l'état de liberté : or on n'en a jamais trouvé de cette eſpece. On ne connoît point le zéro de chaleur. Le froid n'eſt donc qu'une moindre chaleur ; il n'eſt, par conſéquent, pas une qualité poſitive, mais ſeulement relative. Tel corps eſt froid à l'égard de celui-ci, qui paroît chaud par rapport à celui-là. La glace, dans laquelle on plonge un thermometre, le fait deſcendre, s'il ſort d'un air tempéré : elle le feroit monter, s'il ſortoit d'un mélange de ſel & de glace (1094). Nous trouvons les caves chaudes en hiver, & froides en été, quoique leur température ſoit à peu près la même en toutes les ſaiſons : cela vient de ce que, quand nous deſcendons dans ces ſouterreins, en hiver, nous ſortons d'un air froid ; & en été, nous ſortons d'un air chaud. Il eſt même poſſible que la même perſonne trouve la même ſubſtance chaude & froide dans le même inſtant. Pour vous en convaincre, ayez ſoin de tenir une de vos mains bien froide, & l'autre bien chaude : faites tirer un ſeau d'eau de puits : plongez-y vos deux mains. Avec la main qui ſera froide, vous trouverez cette eau chaude : avec la chaude, vous la trouverez froide.

1171. *Tous corps de deſſus lequel un fluide*

s'évapore, ſe refroidit ; & d'autant plus que l'évaporation de ce fluide eſt plus prompte.

EXPÉRIENCE. Rempliſſez d'eau une boule mince de thermometre, ainſi qu'une partie de ſon tube ; plongez cette boule dans l'eau ; retirez-la de l'eau, & l'agitez dans l'air : l'évaporation aura lieu ; l'eau baiſſera dans le tube, en ſe refroidiſſant : & en recommençant, pluſieurs fois de ſuite, la même opération, vous parviendrez, avec un peu de patience, à faire geler l'eau de la boule : donc *l'évaporation refroidit les corps.* Si, au lieu de plonger cette boule dans l'eau, vous la plongez dans l'eſprit-de-vin, ou, mieux encore, dans l'éther, l'évaporation étant plus prompte, le refroidiſſement ſera plus grand ; & l'eau ſera plus promptement gelée : donc, &c.

1172. La raiſon de ce refroidiſſement eſt qu'une ſubſtance ne peut paſſer à l'état de vapeurs, ſans ſe combiner avec une aſſez grande quantité de calorique (1062) : une portion de ce calorique eſt, par-là, enlevée au corps de deſſus lequel la ſubſtance s'évapore ; & ſa diſette occaſionne le refroidiſſement. Voilà pourquoi, juſqu'à ce qu'on ſe ſoit bien eſſuyé, on ſent du froid en ſortant du bain, quand bien même l'air, dans lequel on paſſe, ſeroit plus chaud que le bain. Les Chaſſeurs & les Militaires

ſavent profiter de ce moyen de refroidiſſement, pour boire frais au milieu des champs ou dans le camp. Pour cela, ils enveloppent leurs bouteilles de linges mouillés ; & les expoſent au ſoleil, pour rendre l'évaporation plus prompte. On fait bien d'en uſer ainſi ; car il eſt très-agréable & même très-ſain de boire frais.

CHAPITRE XIV.

De la nature & des propriétés de la Lumiere.

1173. LA lumiere eſt un fluide qui, lorſqu'il agit ſur nos yeux, nous fait paſſer ſubitement des ténebres à la clarté ; qui nous fait, pour ainſi dire, ſortir hors de nous-mêmes, pour aller au devant des objets ; qui fait que nous pouvons les juger de loin ; qui donne la couleur & l'éclat à toutes les productions de la Nature & de l'Art.

1174. Ce fluide réſide, comme intermede, entre le corps viſible & l'organe qui l'apperçoit : il occupe, par lui-même & par ſon action, l'intervalle qui les ſépare ; car un corps ne peut agir ſur un autre corps qu'en le touchant immédiatement, ou par le moyen d'une matiere interpoſée. Ce qui rend les objets viſibles, eſt donc une matiere. Mais quelle eſt cette matiere ?

1175. La lumiere eſt capable d'embraſer les corps combuſtibles (1120 & 1121) ; le feu nous éclaire : il eſt donc raiſonnable de penſer qu'un ſeul & même fluide produit ces deux effets.

Auſſi avons-nous dit (1099) que le principe du feu & celui de la lumiere ſont une ſeule & même ſubſtance, mais différemment modifiée. C'eſt le ſentiment du Docteur *s'Graveſande* : & il fait conſiſter la différence de la lumiere & de la chaleur, en ce que, pour produire la lumiere, il faut que les particules de ce fluide ſe meuvent en ligne droite ; & pour produire la chaleur, il faut qu'elles aient un mouvement irrégulier. On en a la preuve par les rayons qui viennent immédiatement du ſoleil, & qui, quoique réunis en très-grand nombre dans un très-petit eſpace, par le moyen d'un verre ardent, ne produiſent aucune chaleur ſenſible (1125) : tandis que, ſi on les fait tomber ſur quelque corps qui les réfléchiſſe en toutes ſortes de ſens, il s'excite un degré de chaleur très-vif.

1176. Mais, dira-t-on, ſi cela étoit, il ne devroit point y avoir de lumiere ſans chaleur, ni de chaleur ſans lumiere. Nos ſens ne ſont pas ſuffiſans pour décider cette queſtion ; car la lumiere eſt un fluide qui peut être infiniment rare, & foible au point que nos yeux ne l'apperçoivent pas : & la chaleur eſt ſuſceptible d'une infinité de degrés, que nous ne pouvons pas meſurer ; car il n'y a point de chaleur qui ſoit ſenſible pour nous, ſi elle n'a en même temps plus d'intenſité que celle des organes de nos

ſens ; & les corps ne manquent pas de chaleur abſolue, quoiqu'ils nous paroiſſent froids, car nous ne connoiſſons pas le zéro chaleur. Par-tout où il y a de la chaleur, il peut donc y avoir de la lumiere, ſans que nous l'appercevions : & par-tout où il y a de la lumiere, il peut y avoir de la chaleur ſans que nous la ſentions.

1177. Après avoir déterminé la nature de la lumiere, examinons maintenant, 1°. dans quel lieu elle réſide, & comment elle ſe répand, de ſa ſource, dans l'eſpace qu'elle éclaire ; en un mot, comment ſon action ſe propage : 2°. quelles ſont les directions qu'elle affecte de ſuivre dans ſes différens mouvemens : 3°. quels ſont les obſtacles qui peuvent la faire changer de direction, & quelles ſont les routes qu'elle prend quand elle en change ; 4°. d'où réſultent les couleurs qu'elle nous fait ſentir : 5°. quels ſont ſes effets relativement à l'organe de la vue, & relativement aux inſtrumens d'Optique.

De la propagation de la Lumiere.

1178. La maniere dont la lumiere ſe propage, eſt un myſtere qui ne nous eſt pas encore dévoilé. Suivant *Deſcartes* & *Huyghens*, la propagation de la lumiere ſe fait par *preſſion* : & *Newton*, elle ſe fait par *émiſſion*.

1179. Les premiers ſuppoſent donc que la

matiere de la lumiere eſt un fluide immenſe, dont les parties très-petites, parfaitement dures & en forme de globules, rempliſſent ſans interruption toute la ſphere de l'Univers. Tous les corps lumineux par eux-mêmes, tels que le ſoleil, les étoiles, & tous les corps qui s'enflamment, animent cette matiere, non en la tranſportant d'un lieu dans un autre, mais ſeulement d'un mouvement de vibration, à peu près ſemblable à celui qui produit le ſon. En conſéquence, ils ont ſoutenu que l'action de la lumiere ſe tranſmet au plus grand éloignement dans un inſtant indiviſible.

1180. Les Newtoniens prétendent que la lumiere eſt une émanation réelle des corps lumineux : que, par conſéquent, le ſoleil, les étoiles, un flambeau allumé, &c. lancent continuellement autour d'eux des rayons de leur propre ſubſtance. Selon eux, ces rayons ſont compoſés de parties qui ſe ſuccedent & ſe renouvellent perpétuellement dans le même lieu, & avec toute la vîteſſe de la propagation de la lumiere : de ſorte que les parties qui nous éclairent dans ce moment, ne ſont pas celles qui nous éclairoient l'inſtant d'auparavant, ni celles qui nous éclaireront dans l'inſtant ſuivant. Il faut donc que cette matiere coule avec une rapidité dont rien n'approche ; & que ſes parties ſe dilatent

& s'étendent au point d'occuper des eſpaces immenſes, eu égard au petit eſpace qui les contenoit, & au peu de temps qu'elles mettent à ſe répandre : car, ſuivant l'obſervation faite par *Dominique Caſſini* en 1675, du retardement des émerſions des ſatellites de Jupiter, la lumiere n'emploie qu'environ huit minutes à parvenir du ſoleil à nous : elle doit donc parcourir plus de 72400 lieues par ſeconde de temps : vîteſſe inconcevable, & à laquelle l'imagination même ne ſe prête pas. En effet, lorſque la terre approche de Jupiter, les émerſions des ſatellites de cette planete nous paroiſſent commencer plus tôt ; au lieu que lorſque la terre s'éloigne de Jupiter, leurs émerſions arrivent de plus en plus tard, s'éloignant beaucoup, dans les deux cas, du temps marqué par les Tables : ce qui provient, ſelon toute apparence, de ce que la lumiere ſolaire, que les ſatellites nous réfléchiſſent, a, dans un cas, plus de chemin à faire que dans l'autre, pour parvenir du ſatellite à nos yeux, & ce plus grand chemin eſt le diametre de l'orbe annuel de la terre.

1181. La propagation de la lumiere n'eſt donc point inſtantanée, comme l'a prétendu *Deſcartes*. A cet égard, ſon ſentiment eſt inſoutenable. Mais, ſi l'on convient, comme on doit le faire, que les globules de lumiere ne ſont

pas parfaitement durs, mais qu'ils ſont flexibles & élaſtiques, ce qui eſt eſſentiel pour qu'ils puiſſent être réfléchis; & de plus, qu'ils n'ont pas une contiguité parfaite, ce qui eſt plus que probable; cela ſuffira pour cauſer ce retardement qu'on obſerve dans la propagation de la lumiere (1180). Il eſt vrai qu'on objecte encore à *Deſcartes* qu'il n'y auroit point d'obſcurité, parce qu'un mouvement de preſſion ſe communique en tous ſens; mais on peut répondre qu'en effet il n'y en a jamais de parfaite: car, dans la nuit la plus obſcure, quelqu'un, qui eſt depuis quelque temps dehors, voit aſſez pour ſe conduire, & apperçoit très-bien les obſtacles qui s'oppoſent à ſon paſſage. Le ſyſtême de *Deſcartes* corrigé pourroit donc bien valoir celui de *Newton*, d'autant plus que ce dernier exige, comme nous venons de le voir (1180), dans le mouvement de la lumiere, une vîteſſe inconcevable. D'ailleurs il n'eſt pas facile d'expliquer, par ce dernier ſyſtême, pourquoi la lumiere ceſſe ſubitement dès que le corps lumineux diſparoît; puiſqu'un moment après que ce corps a diſparu, les corpuſcules qu'il a lancés exiſtent encore autour de nous, & doivent conſerver une bonne partie du mouvement prodigieux qu'ils ont reçu de la part du corps lumineux.

1182. Il faut donc avouer que ces deux opi-

nions, de *Deſcartes* & de *Newton*, ne ſont démontrées ni l'une ni l'autre ; & la plus ſage réponſe à la queſtion de *la propagation de la lumiere*, ſeroit peut-être de dire que nous n'en ſavons rien. Au reſte, ſoit qu'on penſe avec *Deſcartes* que la propagation de la lumiere ſe fait par preſſion, ſoit qu'on croie avec *Newton* qu'elle ſe fait par émiſſion, il en réſulte les mêmes phénomenes : ainſi chacun pourra choiſir celui des deux ſentimens qui lui plaira le plus. Nous ne devons cependant pas diſſimuler une choſe qui milite en faveur de l'opinion de *Deſcartes*. Il eſt reconnu par tous les Phyſiciens, que *nous ne pouvons rien voir que par le moyen de la lumiere :* cependant tous les corps qui deviennent phoſphoriques (& ils ſont en très-grand nombre) ne ſont pas réputés *corps lumineux*, & ſont pourtant capables de nous éclairer : il exiſte donc d'autre lumiere que celle qui émane des corps lumineux.

Des directions que ſuit la Lumiere dans ſes différens mouvemens.

1183. Les mouvemens de la lumiere reſſemblent à ceux des autres corps : elle ſuit, tant qu'elle peut, la premiere impulſion reçue : elle s'étend en lignes droites, tant qu'elle ne rencontre pas d'obſtacle, ni de nouveau milieu qui

en

en change la direction. Ces lignes droites, ſuivant leſquelles elle ou ſon action ſe propage, ſont ce qu'on nomme ſes rayons. Ce principe eſt le fondement de l'*Optique*.

1184. A la rencontre d'un corps opaque, la lumiere ſe réfléchit, de maniere que ſon angle de réflexion eſt égal à celui de ſon incidence. Ce principe eſt le fondement de la *Catoptrique*.

1185. Lorſque la lumiere paſſe d'un milieu dans un autre, d'une réſiſtance différente, ſes rayons ſe réfractent de maniere que le ſinus d'incidence eſt au ſinus de réfraction en raiſon conſtante. Ce principe eſt le fondement de la *Dioptrique*.

1186. L'Optique a donc pour objet la lumiere directe : la Catoptrique a pour objet la lumiere réfléchie ; & la Dioptrique a pour objet la lumiere réfractée.

Des principes de l'Optique.

1187. L'Optique, dans le ſens le plus ſtrict, eſt proprement la Science qui a pour objet les effets de la lumiere directe, & par conſéquent la ſcience de la viſion directe, c'eſt-à-dire, de la viſion des objets par des rayons qui viennent directement & immédiatement de ces objets à nos yeux, ſans être ni réfléchis ni réfractés par quelque autre corps réfléchiſſant ou réfringent.

1188. Chaque point viſible d'un objet pouvant être apperçu de tous côtés, on doit le concevoir comme le centre commun d'une infinité de rayons de lumiere tranſmis ou réfléchis C (*fig.* 151.); c'eſt pourquoi on le nomme *point radieux*. Si un œil ſe trouve placé devant ce point viſible A (*fig.* 152.), il reçoit un certain nombre de ces rayons, qui, partant tous d'un point commun A, forment une pyramide dont la baſe B eſt appuyée ſur l'œil; & la pointe ou le ſommet A eſt à l'objet viſible. Ces rayons arrivent donc divergens à l'œil; & cette divergence ſe meſure par l'angle GCF ou ECD (*fig.* 153.) qu'ils forment entre eux. Cet angle eſt d'autant plus ouvert, que l'objet eſt plus près de l'œil; *& vice verſa*.

Fig. 151. *Fig.* 152. *Fig.* 153.

1189. Si l'objet eſt d'une grandeur ſenſible, il ſe trouve pluſieurs points viſibles A, B, C, &c. (*fig.* 154.) tournés vers l'œil, lequel étant placé dans un endroit quelconque D, E, F, G, H, &c. puiſqu'il y a des rayons lancés en tous ſens, 1188, (*fig.* 151.) reçoit de chacun de ces points une pyramide compoſée de rayons divergens, leſquelles pyramides convergent à l'œil; & leur degré de convergence, qui détermine la grandeur apparente de l'objet, ſe meſure par l'angle HIH ou HKH (*fig.* 155.) qu'elles forment entre elles. Cet angle eſt auſſi d'autant plus ouvert, que

Fig. 154. *Fig.* 151. *Fig.* 155.

Fig. 147.

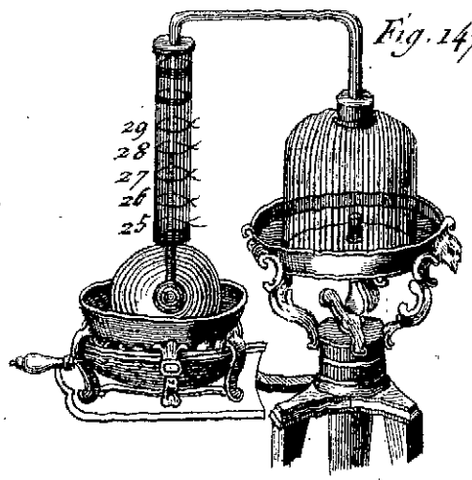


Fig. 148.

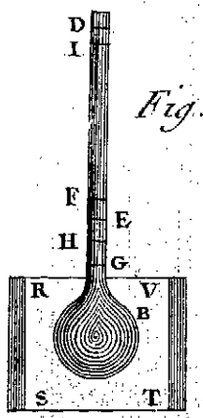


Fig. 150.

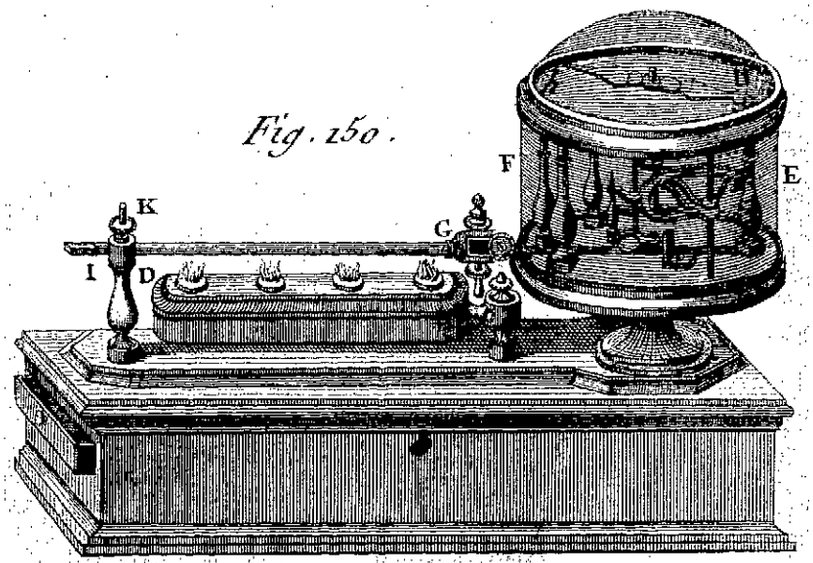


Fig. 152.



Fig. 153.

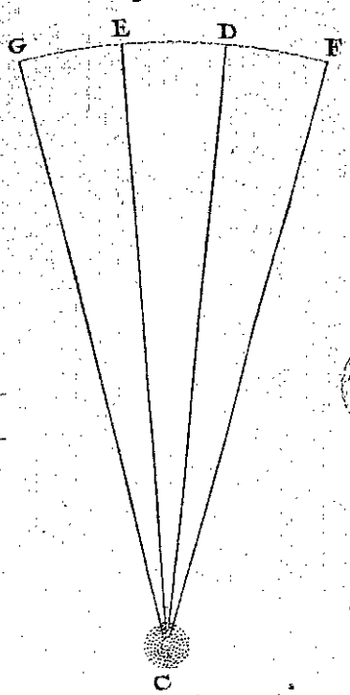


Fig. 149.

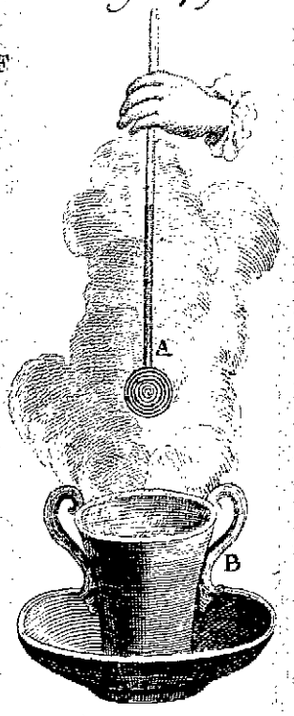


Fig. 154.

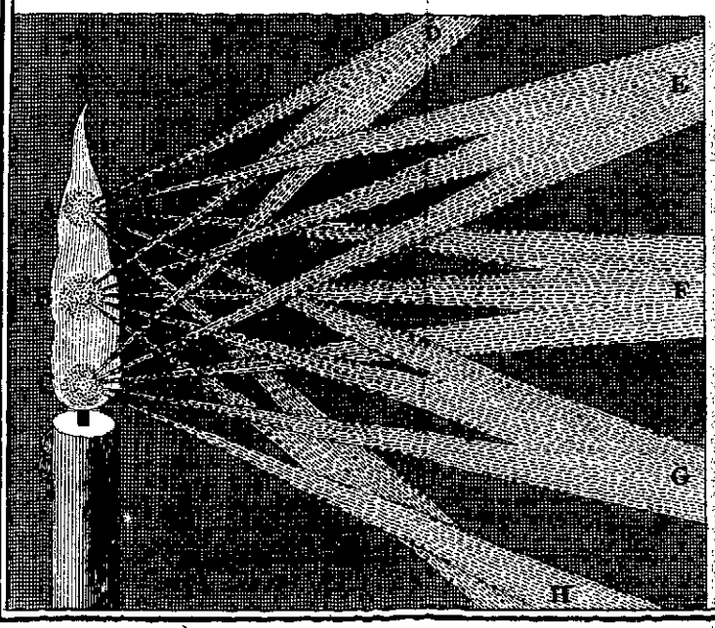
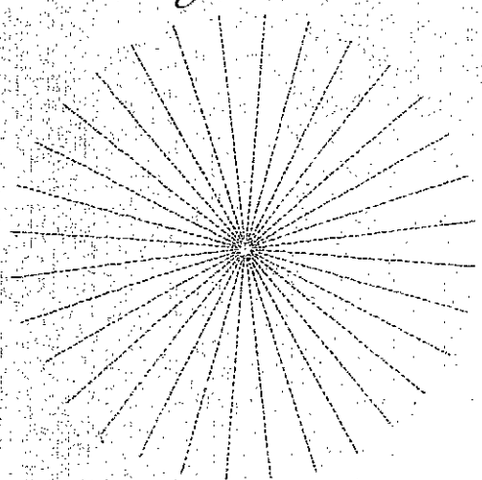


Fig. 151.



Bouard Direxit.

l'objet eſt plus près de l'œil : & en conſéquence l'objet paroît d'autant plus grand ; & au contraire il paroît d'autant plus petit, qu'il en eſt plus éloigné.

1190. Nous voyons donc les objets par deux ſortes de rayons : nous voyons chaque point d'un objet par une pyramide de rayons divergens (1188) ; & nous voyons l'objet entier par la convergence à notre œil de toutes ces pyramides qui partent de chaque point (1189).

1191. C'eſt par le moyen de ces pyramides que nous jugeons de la direction dans laquelle ſe trouve l'objet viſible, ainſi que de ſa diſtance. La direction eſt toujours dans la longueur de l'axe PQ (*fig.* 156.) de la pyramide : & nous rapportons la diſtance à l'endroit R de l'axe où les rayons ſe croiſent. *Fig.* 156.

1192. De ce que nous venons de dire il ſuit, 1°. qu'un plan placé vis-à-vis d'un point radieux ou viſible, devient la baſe d'une pyramide de lumiere (1188).

1193. Et comme les rayons qui forment cette pyramide, ſont divergens, ſa baſe va toujours en s'élargiſſant, à meſure que le plan s'éloigne du point viſible. En conſéquence, ce plan eſt de moins en moins éclairé : car à deux diſtances, le diametre de la baſe de la pyramide eſt double de ce qu'il eſt à une diſtance, & ſon aire eſt

quadruple. Donc, ſur un eſpace donné, les rayons y ſont quatre fois auſſi rares. Donc *la lumiere qui vient directement du point radieux, s'affoiblit en raiſon du quarré de la diſtance.*

1194. De même que la lumiere s'affoiblit ſur ce plan à meſure qu'on l'éloigne, de même auſſi elle diminue ſur l'œil, lorſqu'il s'écarte de plus en plus de l'objet, ce qui fait qu'à un certain degré d'éloignement nous ceſſons de le voir; parce qu'alors les jets de lumiere ſont trop rares, & ils font ſur nos yeux une trop foible impreſſion.

1195. Ce degré d'éloignement, où la vue de l'objet n'a plus lieu, varie ſelon l'état de l'œil, ſelon la nature ou les qualités de l'objet, & ſelon l'intenſité de la lumiere qui le rend viſible: 1°. il y a des yeux plus ſenſibles les uns que les autres; ceux-là voient de plus loin: 2°. les corps lumineux par eux-mêmes s'apperçoivent de beaucoup plus loin que ceux qui ne brillent que d'une lumiere empruntée: 3°. l'intenſité de la lumiere de l'objet, ou la maniere dont il eſt éclairé, fait encore qu'on l'apperçoit à des diſtances différentes.

1196. Quand un corps lumineux par lui-même eſt à une très-grande diſtance, les rayons qui en viennent ſont preſque paralleles: c'eſt pourquoi les objets de cette eſpece ſont apperçus

preſque auſſi clairement à des millions de lieues plus ou moins loin; comme, par exemple, les étoiles.

1197. Puiſque les rayons de lumiere s'étendent, tant qu'ils peuvent, en lignes droites (1183), & que la viſion ſe fait dans cette direction; quand ces lignes ſont interrompues par quelque obſtacle, la viſion n'a pas lieu. *Cet obſtacle produit une ombre d'autant plus grande, qu'il eſt plus près de l'objet viſible.*

1198. Si la ſphere du corps lumineux eſt plus grande que celle du corps opaque qui occaſionne l'ombre, *cette ombre a la forme d'un cône*, dont la baſe eſt appuyée ſur le corps opaque, & la pointe ou le ſommet eſt à l'extrémité de l'ombre; car alors les rayons qui terminent l'ombre du corps opaque, ſont convergens entre eux, & tendent à ſe réunir en un point commun. Telle eſt l'ombre de la terre éclairée par le ſoleil. Suppoſons, par exemple, que le globe G (*fig.* 157.) repréſente le ſoleil, & le globe K, la terre; il eſt évident que les rayons extrêmes BI, AN, partis du ſoleil pour ſe rendre à la terre, iront, en paſſant à côté de la ſurface du globe terreſtre, ſe réunir au point H, ce qui formera une ombre de figure conique. Donc, &c. *Fig.* 157.

1199. Quand la ſphere du corps lumineux eſt plus petite que celle du corps opaque, l'*ombre*

a la figure d'un cône tronqué ; car alors l'ombre eſt terminée par des rayons divergens entre eux, qui, par conſéquent, vont toujours en s'écartant les uns des autres. Telle eſt l'ombre de la terre éclairée par la lune. Si nous ſuppoſons que le
Fig. 158. globe L (*fig.* 158.) repréſente la lune, qui éclaire le globe de la terre, l'ombre de celle-ci ſera terminée par les rayons DF, EG, divergens entre eux. Cette ombre ſera donc compriſe dans l'eſpace AFGB, lequel eſpace a la forme d'un cône tronqué. Donc, &c.

1200. Si la ſphere du corps lumineux & celle du corps opaque ſont de la même grandeur, *l'ombre eſt cylindrique*, & s'étend, pour ainſi
Fig. 159. dire, à l'infini ; car le globe lumineux C (*fig.* 159.) éclairant le globe opaque F, l'ombre du globe opaque eſt alors terminée par les rayons paralleles AS, BT, qui ne peuvent jamais ni ſe réunir enſemble, ni s'écarter les uns des autres. Cette ombre ſera donc compriſe dans l'eſpace DSTE, lequel eſpace a la forme d'un cylindre, dont la longueur eſt, pour ainſi dire, infinie. Donc, &c. C'eſt pour cette raiſon que l'ombre des corps terreſtres s'étend ſi loin au levèr & au coucher du ſoleil ; car les rayons qui viennent de cet aſtre, étant preſque paralleles à l'horizon, ſe réuniſſent beaucoup plus tard. (Voyez le *Thaumaturgus opticus* du P. *Niceron*, & le *Supplément de cet Ouvrage.*)

1201. Tout corps opaque jette donc une ombre dans la même direction que celle des rayons de lumiere, c'eſt-à-dire, vers la partie oppoſée à la lumiere. C'eſt pourquoi, à meſure que le corps lumineux ou le corps opaque change de place, l'ombre en change également. Nous verrons l'application de ce principe, en parlant des éclipſes de ſoleil (2020 *& ſuiv.*)

1202. Tout corps opaque jette autant d'ombres différentes qu'il y a de corps lumineux qui l'éclairent.

1203. Plus eſt grande l'intenſité de la lumiere du corps lumineux, plus l'ombre eſt épaiſſe ou obſcure : ainſi l'épaiſſeur de l'ombre ſe meſure par les degrés de lumiere dont cet eſpace eſt privé. Ce n'eſt pas que l'ombre, qui eſt une privation de lumiere, ſoit plus forte pour un corps que pour un autre ; mais c'eſt que plus les environs de l'ombre ſont éclairés, plus on la juge épaiſſe par comparaiſon.

1204. On diſtingue deux ſortes d'ombres, l'ombre droite & l'ombre renverſée. L'ombre droite eſt celle que jette un corps ſur un plan horizontal, auquel il eſt perpendiculaire. Soit EB (*fig.* 160.) le plan horizontal ; GF le corps perpendiculaire ſur le plan ; & DB le rayon du ſoleil qui touche la pointe G du corps : FB eſt l'ombre droite de ce corps. *L'ombre droite* *Fig.* 160.

F B *eſt au corps* G F *qui la produit, comme le co-ſinus* D H *de la hauteur de la lumiere eſt au ſinus* D E *de cette même hauteur.* D'où il ſuit que ſi ce ſinus & le co-ſinus ſont égaux, ce qui arrive loiſque le ſoleil eſt élevé de 45 degrés ſur l'horizon, l'ombre droite du corps eſt égale au corps même. Elle eſt plus grande, ſi le ſinus de la hauteur de la lumiere eſt plus petit que le co-ſinus de cette même hauteur, ce qui arrive lorſque le ſoleil eſt élevé de moins de 45 degrés ſur l'horizon; & elle eſt plus petite quand le ſinus eſt glus grand que le co-ſinus, ce qui arrive lorſque le ſoleil eſt élevé de plus de 45 degrés ſur l'horizon. C'eſt par cette raiſon que les ombres, à midi, ſont plus courtes en été qu'en hiver.

1205. L'ombre renverſée eſt celle que jette un corps ſur un plan vertical. Par exemple, *Fig.* 161. ſoit A B (*fig.* 161.) un plan vertical; E C un corps perpendiculaire à ce plan; & S E un rayon du ſoleil qui touche la pointe E de ce corps: C T eſt l'ombre renverſée du corps E C. Telle eſt l'ombre d'un bras tendu projetée ſur le corps d'un homme; celle d'une barre de fer fixée perpendiculairement dans un mur, &c. De même que l'ombre droite eſt, comme on vient de le voir (1204), au corps opaque comme le co-ſinus de la hauteur de la lumiere eſt au ſinus

de cette même hauteur ; ainſi l'*ombre renverſée eſt au corps qui la produit, comme le ſinus* SC *de la hauteur de la lumiere eſt à ſon co-ſinus* SF.

1206. Nous avons dit (1189) que ſi un objet eſt d'une grandeur ſenſible, il ſe trouve pluſieurs points viſibles tournés vers l'œil qui regarde cet objet : cet œil reçoit donc de chacun de ces points une pyramide compoſée de rayons divergens. L'œil devient donc comme la baſe commune d'un grand nombre de pyramides lumineuſes, dont les ſommets ſont aux points radieux du corps viſible : & comme la prunelle de l'œil eſt un trou, toutes ces pyramides de lumiere y paſſent ſans ſe confondre & en s'y croiſant ; après quoi, formant d'autres pyramides oppoſées aux premieres par leur baſe, comme nous le prouverons ci-après (1521), elles vont porter leur ſommet au fond de l'œil, & y faire chacune ſéparément leur impreſſion. Si l'on veut ſe convaincre du croiſement de ces pyramides, qui, partant de différens points, paſſent par le même trou, il faut faire l'expérience ſuivante.

Expérience. Au volet d'une fenêtre, expoſée aux rayons ſolaires, faites trois trous *a*, *c*, *b* (*fig.* 162.), que vous aurez ſoin de garnir chacun d'une lentille d'un court foyer. Cela repréſentera trois points radieux (1188) ; mais que la lentille du trou *a* ſoit d'un verre rouge ; & Fig. 162.

celle du trou *b*, d'un verre bleu ; celle du trou *c* étant d'un verre blanc. Préſentez devant ces trois points radieux un large plan percé d'un trou *g* ; & derriere ce plan un carton blanc, ſur lequel vous recevrez les images des trois faiſceaux de rayons qui paſſent par le trou *g*. Vous obſerverez qu'à une très-petite diſtance derriere le trou *g*, les trois faiſceaux, une fois ſéparés, ſont d'une couleur pure. Ceux qui partent du point *c*, & qui vont aboutir en *e*, reſtent ſans couleur : ceux du point *a*, qui vont en *d*, ſont d'un beau rouge : & ceux du point *b*, qui vont en *f*, ſont d'un bleu pur. Donc, 1°. ces pyramides lumineuſes paſſent par le trou *g* ſans ſe confondre ; donc, 2°. elles y paſſent en s'y croiſant, puiſque celle du bas va ſe peindre en-haut, & celle du haut dans le bas.

1207. Suppoſons que le trou *g* repréſente la prunelle, & que le carton blanc, qui eſt derriere, ſoit le fond de l'œil. Puiſque ce qui eſt en-haut va ſe peindre dans le bas, &c. il s'enſuit que les objets ſe peignent au fond de nos yeux dans une ſituation renverſée, & cependant nous les voyons droits. Cela doit être ainſi, d'après la ſituation de leurs images dans l'œil ; car nous rapportons toujours l'objet dans la direction du rayon qui nous en apporte l'image. Suppoſons l'objet ACB (*fig.* 163.) devant lequel un œil

Fig. 163.

eſt placé. Les rayons qui partent de tous les points de cet objet tournés vers l'œil, vont ſe croiſer dans la prunelle E (1206), & enſuite deſſiner l'image de cet objet ſur le fond DD de l'œil dans une ſituation *b c a* renverſée. D'après cette impreſſion, on rapporte le point A, qui, étant en-haut, eſt peint dans le bas de l'œil; on le rapporte, dis-je, dans la direction *a* E A : par la même raiſon, on rapporte le point B dans la direction *b* E B, &c. par conſéquent nous voyons cet objet dans ſa ſituation naturelle: c'eſt le ſentiment de *Kepler* & de *Deſcartes*. C'eſt pourquoi, comme nous le verrons ci-après (1313), nous jugeons l'objet hors de ſon vrai lieu, quand le rayon a ſouffert quelque inflexion. Il ne faut donc pas croire, comme quelques-uns le prétendent, que nous voyons naturellement les objets renverſés, & que ce n'eſt que par habitude, & après que l'expérience du toucher a rectifié le ſens de notre vue, que nous les voyons droits. Il nous eſt, au contraire, impoſſible de les voir autrement que dans leur ſituation naturelle, quoiqu'ils ſoient peints dans l'œil dans une ſituation renverſée, puiſque nous les appercevons par des rayons qui ſe ſont croiſés dans la prunelle.

1208. On appelle *angles optiques* ou *viſuels*, ceux qui ſont formés par les rayons qui, partant des extrémités d'un objet, viennent converger

à notre œil. Tels ſont les angles AEB, HEI. Nous voyons les objets d'autant plus grands, que les angles optiques, qui embraſſent leurs dimenſions, ſont plus ouverts : & comme ces angles deviennent plus aigus, à meſure que l'objet s'éloigne de l'œil (l'angle HEI eſt plus aigu que l'angle AEB), il s'enſuit que *la grandeur apparente diminue comme la diſtance augmente.* C'eſt pour cette raiſon que, quoique la lune ſoit plus petite que Mars, Jupiter, &c. nous la voyons beaucoup plus groſſe que ces aſtres, parce qu'elle eſt beaucoup plus près de nous. Il faut donc, pour juger de la grandeur réelle d'un corps, avoir égard à ſa diſtance.

1209. L'éloignement reſpectif de deux objets, vus en même temps, ſe juge par le même principe; car on peut regarder ces deux objets comme les extrémités d'un ſeul. C'eſt pourquoi, lorſque nous entrons dans une avenue (*fig.* 164.) formée d'arbres également hauts, & rangés dans deux lignes bien paralleles, elle nous paroît plus étroite & plus baſſe à l'autre extrémité. Il eſt aiſé de voir que l'angle 6O6 eſt beaucoup plus aigu que l'angle 1O1. Les deux arbres 6, 6, doivent donc nous paroître plus rapprochés l'un de l'autre; &, par conſéquent, l'avenue plus étroite en cet endroit-là.

Fig. 164.

1210. On ceſſe ordinairement de voir un objet

Fig. 155.

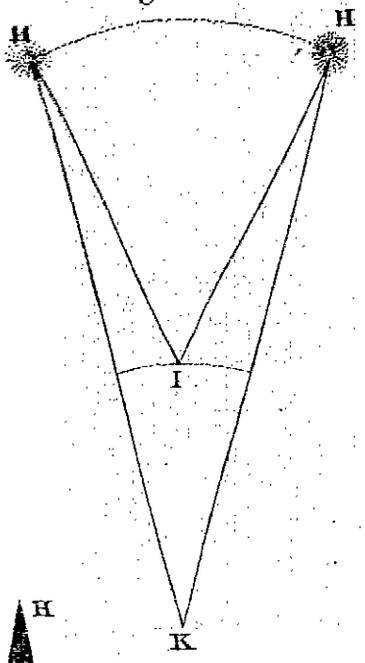


Fig. 156.

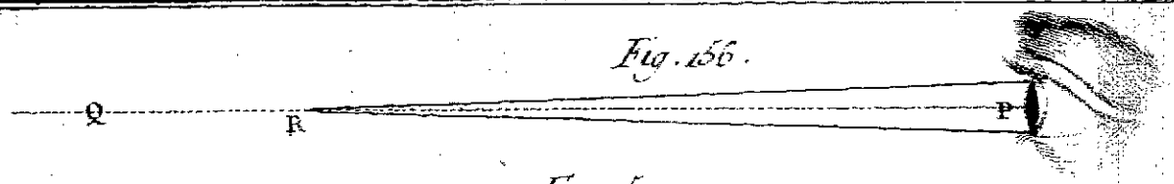


Fig. 159.

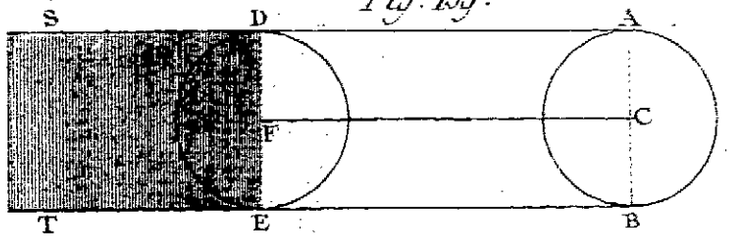


Fig. 162.

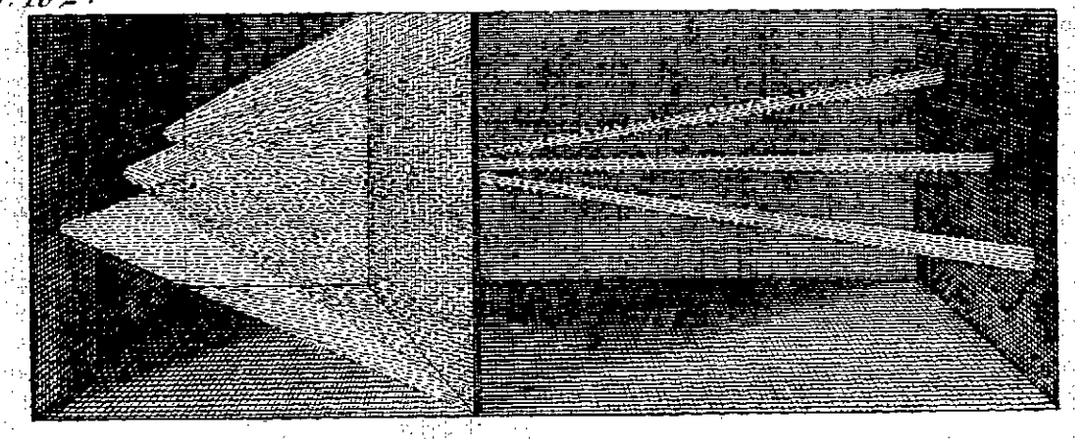


Fig. 157.

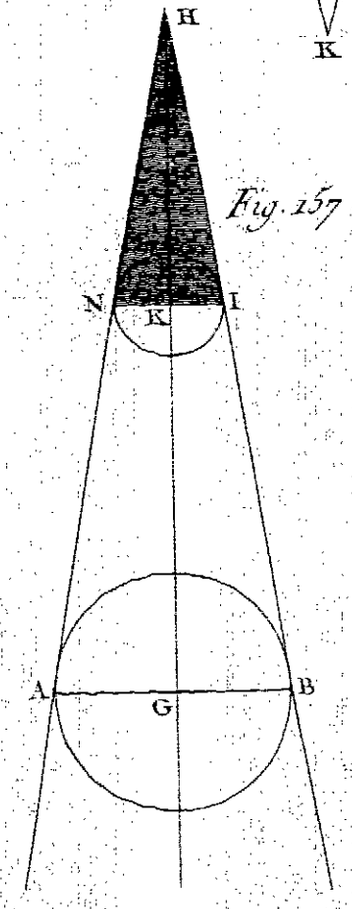


Fig. 158.

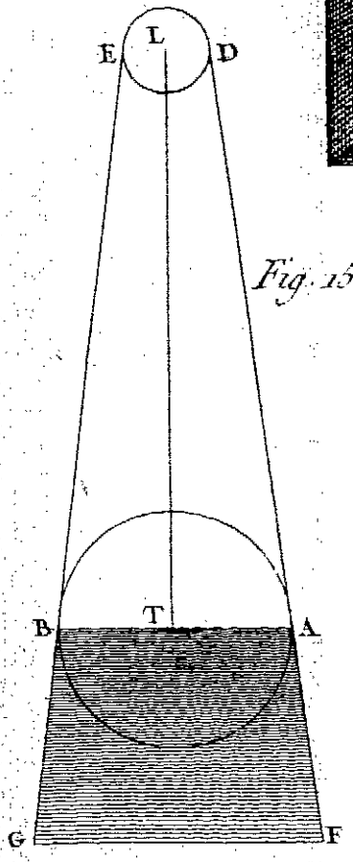
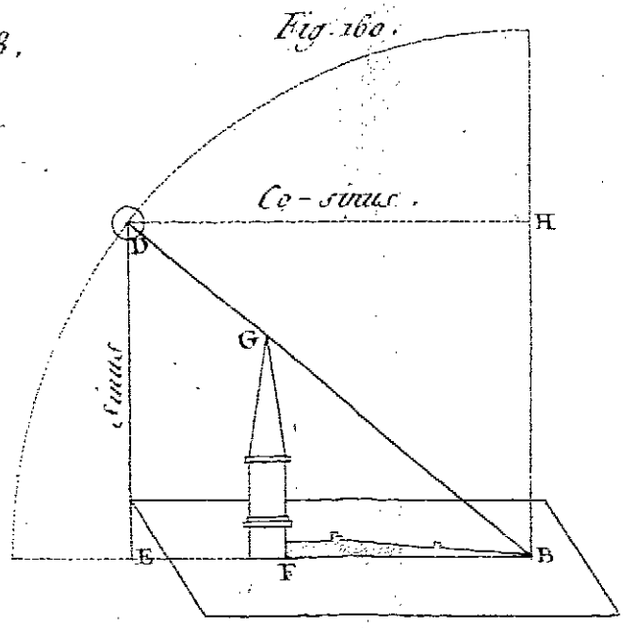


Fig. 160.



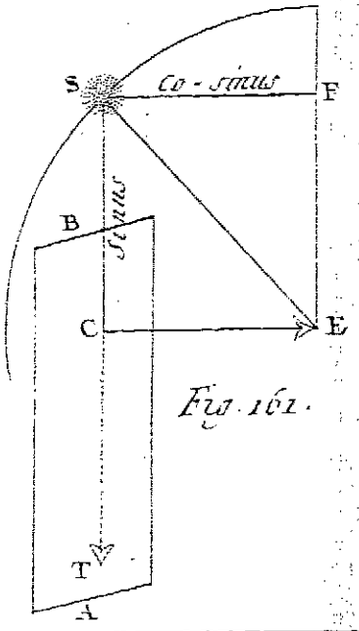


Fig. 161.

Benard Direxit

non-lumineux par lui-même & cependant éclairé, ſi les angles optiques ont moins de 1 minute de degré : mais les corps lumineux ſe voient ſous des angles beaucoup plus petits. Auſſi voyons-nous très-bien les étoiles, quoiqu'elles n'aient pas une ſeconde de degré de diametre apparent (1702).

1211. Malgré la certitude de ces principes, nous avons une infinité d'illuſions d'optique, d'erreur de la vue, dont nous ne pouvons nous défendre. Il eſt rare que nous appercevions, ſous ſa vraie figure, un objet que nous voyons d'un peu loin. Suppoſons une rangée d'arbres V T S (*fig.* 165.) plantés dans la circonférence d'une portion de cercle, dont la convexité eſt tournée vers l'œil O. Comme tous ces arbres nous paroiſſent également éclairés, nous les jugeons tous à égale diſtance de notre œil; nous devons donc les juger dans la circonférence SXV d'un cercle, dont notre œil O occupe le centre : & ſi nous en ſommes un peu éloignés, cela forme une ſi petite portion d'un ſi grand cercle, que cela nous paroît être une ligne ſenſiblement droite VS. C'eſt pour cette raiſon que le ſoleil & la lune nous paroiſſent des plans circulaires, quoique ce ſoient des globes; car leurs centres ne nous paroiſſent pas plus lumineux que leurs bords: nous les jugeons donc auſſi éloignés de nos yeux. *Fig.* 165.

1212. Nous ne jugeons pas exactement de la

vîteſſe du mouvement d'un corps, 1°. ſi nous ne connoiſſons pas la diſtance qu'il y a entre nous & ce corps ; 2°. ſi l'eſpace que ce corps parcourt, ſe préſente obliquement à nos regards. Car, ſuppoſons deux hommes placés, l'un en I & l'autre en L (*fig.* 166.). Que le premier ſe rende en 2 minutes au point K, & l'autre en pareil temps au point M ; & chacun avec une vîteſſe uniforme : il faut néceſſairement qu'ils aillent avec des vîteſſes inégales, puiſque l'un a plus de chemin à faire que l'autre en pareil temps : cependant ils paroîtront tous deux, à l'œil placé en E, aller avec des vîteſſes égales ; lorſque I ſera en *n*, L ſera en N ; lorſque I ſera en *o*, L ſera en O, &c. & ils paroîtront toujours tous deux vis-à-vis l'un de l'autre, & par conſéquent aller avec des vîteſſes égales, ſi l'on ne ſait pas que l'un eſt plus éloigné que l'autre. Par une autre illuſion d'optique, ſi deux hommes, partant du point I, vont, à pas égaux, l'un en K, l'autre en M, ils paroîtront à l'œil E, aller avec des vîteſſes très-inégales.

Fig. 166.

1213. Le mouvement devient inſenſible à la vue, lorſqu'il n'excede pas 20 ſecondes de degré par ſeconde de temps. D'où il ſuit qu'une très-grande vîteſſe peut être inſenſible à la vue, par la diſtance exceſſive qui eſt entre le mobile & l'œil. C'eſt pourquoi nous n'appercevons pas,

d'une ſeconde à l'autre, le mouvement du ſoleil, qui ne paroît parcourir que 15 ſecondes de degré par ſeconde de temps.

1214. Si un mobile décrit une courbe, & que l'axe de la viſion ſe trouve dans le plan de la courbe, nous n'appercevons pas la courbure. Suppoſons une bougie allumée placée en T (*fig.* 167.) ſur la circonférence du cercle TVXR, & que l'axe YRV de la viſion ſoit dans le plan de ce cercle : lorſque la bougie paſſera de T en V, elle paroîtra à l'œil Y, aller de T en C : en paſſant de V en X, elle paroîtra aller de C en X ; & ainſi du reſte de la courbure ; parce que dans tous les points de ſa route elle paroît également lumineuſe : on ne doit donc pas la croire plus éloignée dans un point que dans l'autre. C'eſt la raiſon pour laquelle nous ne voyons point circuler les Satellites de Jupiter autour de leur aſtre principal : nous leur voyons ſeulement un mouvement alternativement de gauche à droite, & de droite à gauche. *Fig.* 167.

1215. Les aſtres à l'horizon, tels que le ſoleil & la lune, nous paroiſſent toujours plus grands que lorſqu'ils ſont plus élevés ; plus grands en A (*fig.* 168.) qu'en B ou en D. Une des raiſons de cette illuſion eſt qu'étant moins lumineux en A, à cauſe des vapeurs qu'il y a preſque toujours vers l'horizon, nous les jugeons plus éloignés, *Fig.* 168.

& par conſéquent plus grands. Auſſi ne nous paroiſſent-ils pas décrire la courbe circulaire D F G, mais la courbe ſurbaiſſée D Z E. La grandeur apparente de ces aſtres à l'horizon doit être principalement attribuée, comme l'a fait le P. *Malle-branche*, à l'interpoſition des objets terreſtres. Une preuve de cela, c'eſt que, ſi l'on cache, avec la main ou autrement, tous les objets qui ſe trouvent entre la lune & ſoi, de maniere qu'on ne voie plus que l'aſtre, ſon diametre paroît ſenſiblement diminué. Il y a probablement encore beaucoup d'autres raiſons de ces ſortes d'illuſions d'optique.

Des principes de la Catoptrique.

1216. La Catoptrique eſt une Science qui a pour objet les effets de la lumiere réfléchie. De même que les autres corps, la lumiere exerce ſes mouvemens, autant qu'elle peut, en lignes droites (1183): ſes rayons, toujours ſoumis aux regles générales, ſont ſujets auſſi à ſe détourner de leur premiere direction, lorſqu'ils rencontrent un corps qui leur refuſe le paſſage, & les force à rebrouſſer & à ſe réfléchir. Tous les corps non-lumineux par eux-mêmes, mais viſibles, réfléchiſſent donc de la lumiere; ſans quoi ils ceſſeroient d'être viſibles. Mais c'eſt principalement à la rencontre des corps opaques que la lumiere ſe réfléchit:

chit : auſſi voit-on mieux ces derniers qu'on ne voit les corps tranſparens ; & s'ils étoient parfaitement tranſparens, comme l'air, on ne les verroit point du tout.

1217. Mais quelque opaque que ſoit un corps, jamais il ne réfléchit toute la lumiere qui tombe ſur lui. On peut concevoir cette lumiere partagée en trois parties, dont l'une ſe réfléchit réguliérement, affectant, après la réflexion, une direction qui a un rapport conſtant avec celle qu'elle avoit auparavant : une autre ſe réfléchit irréguliérement en s'éparpillant, & ſe portant en toutes ſortes de directions, à cauſe de l'inégalité inévitable des ſurfaces : enfin une troiſieme s'éteint dans le contact par une cauſe juſqu'à préſent inconnue. Nous ne traiterons ici que de la premiere portion de lumiere, que de celle qui ſe réfléchit avec régularité ; car elle eſt la ſeule qui ſoit aſſujettie à des mouvemens qu'on puiſſe prévoir. Nous ferons donc abſtraction de la lumiere diſperſée & éteinte.

1218. L'expérience prouve que la lumiere, lorſqu'elle ſe réfléchit, fait toujours l'angle de ſa réflexion parfaitement égal à celui de ſon incidence. Suppoſons une ſurface, par exemple, un miroir *a b* (*fig.* 169.). Si un rayon de lumiere y tombe dans une direction perpendiculaire *f c*, il ſe réfléchit dans la même direction, *Fig.* 169.

& fait par conſéquent, avec ce miroir, un angle droit en ſe réfléchiſſant, de même qu'il a fait, avec ce même miroir, un angle droit en y tombant.

1219. S'il y arrive dans une direction oblique, comme, par exemple, *e c*, il ſe réfléchit dans la direction *c d*, & fait, avec ce miroir, l'angle de ſa réflexion *d c b* parfaitement égal à l'angle de ſon incidence *e c a*.

1220. Puiſque l'angle de la réflexion de la lumiere eſt toujours égal à ſon angle d'incidence (1218, 1219), cela prouve que les parties qui cauſent ſa réflexion ont un reſſort parfait. Comme on ne peut pas attribuer cette perfection de reſſort aux ſurfaces des corps, on croit que ce ne ſont pas les parties propres des ſurfaces qui réfléchiſſent la lumiere : & *Newton* a penſé qu'elle eſt réfléchie par une puiſſance réfléchiſſante, qui ſe trouve en devant de la ſurface du corps ; car il dit (*page* 312 *de ſon Optique*,) que » la réflexion d'un rayon de lumiere » eſt produite, non par un point particulier du » corps réfléchiſſant, mais par quelque puiſſance » du corps, qui eſt également répandue ſur toute » ſa ſurface, & par laquelle le corps agit ſur le » rayon ſans le toucher immédiatement «. Il n'y a certainement rien de plus reſſemblant aux *qualités occultes* que cette *puiſſance réfléchiſſante*. Mais

c'eſt ainſi qu'on raiſonne, lorſqu'on n'a pas le courage d'avouer qu'on ignore la cauſe d'un fait, ce qui ſeroit cependant plus ſimple & plus vrai. Ne pourroit-on pas dire que la lumiere eſt réfléchie par les parties mêmes de la lumiere, encadrées dans les pores des corps ? car les corps les plus denſes, tels que l'or, ont, ſuivant *Newton* lui-même (*page 313 de ſon Optique*), dans leur contexture, plus de vides que de parties ſolides. Leur ſurface peut donc être regardée comme un réſeau, dont les petites mailles ſont remplies de la matiere de la lumiere. La facilité avec laquelle la plupart des corps devient phoſphorique (1182), ſemble le prouver.

1221. Cette loi générale, que *la lumiere fait toujours ſon angle de réflexion égal à celui de ſon incidence* (1218), eſt le fondement de toute la Catoptrique; elle ſeule ſuffit pour rendre raiſon de tous les phénomenes : toutes les autres loix n'en ſont que des ſuites & des applications. Cependant, pour rendre ceci plus facile à ſaiſir, nous allons expoſer les différentes apparences qui ſe remarquent dans les différentes circonſtances; & que l'on verra bien qui ne ſont que des ſuites & des applications de ce premier principe.

1222. Pour que la lumiere réfléchie nous trace l'image d'un objet, il faut que pluſieurs rayons agiſſent enſemble : un ſeul feroit au fond de

notre œil une image trop foible ; nous ne l'appercevrions pas. Or ces rayons peuvent être différemment disposés relativement les uns aux autres : ils peuvent être ou paralleles entre eux, ou convergens ou divergens : & les surfaces sur lesquelles ils tombent, peuvent être ou planes, ou convexes, ou concaves. Voici ce qui arrive dans ces différens cas, en partant du principe établi ci-dessus (1221).

1223. 1°. Supposons une surface plane. Des rayons paralleles, qui tombent sur cette surface, sont réfléchis paralleles : des rayons convergens sont réfléchis avec le même degré de convergence ; & des rayons divergens sont réfléchis avec le même degré de divergence. De sorte que les surfaces planes ne changent rien à la disposition naturelle des rayons de lumiere. Soient les miroirs plans *a b* (*fig.* 170, 171, 172.).

Fig. 170. *Fig.* 171. *Fig.* 172.

1224. Les rayons *d b* & *c a* (*fig.* 170.), qui sont paralleles entre eux, après avoir touché la surface *a b*, sont réfléchis, l'un vers *h*, & l'autre vers *k*, faisant avec le miroir, l'un l'angle de réflexion *i b h*, égal à son angle d'incidence *f b d*; & l'autre, l'angle de réflexion *g a k*, égal à son angle d'incidence *e a c*, puisque ces deux angles ont pour mesure des arcs égaux de cercles égaux ; & l'on voit que ces deux rayons sont paralleles après leur réflexion, comme ils l'étoient avant leur incidence.

Fig. 170.

1225. Les rayons *d b* & *c a* (*fig.* 171.), qui *Fig.* 171.
ſont convergens entre eux, de maniere que, ſans l'interpoſition du miroir *a b*, ils iroient ſe réunir en E, ſont réfléchis de maniere que, faiſant chacun l'angle de leur réflexion *g b k* ou *i a h*, égal à l'angle de leur incidence *f b d* ou *e a c*, ils vont ſe réunir en F, point auſſi éloigné des deux points de contacts *a* & *b* que l'eſt le point E. Donc leur convergence eſt, après leur réflexion, la même qu'elle étoit auparavant.

1226. Les rayons *d b* & *c a* (*fig.* 172.), qui *Fig.* 172.
ſont divergens entre eux, ont, après leur réflexion vers *h* & *k*, le même degré d'écartement en F qu'ils auroient eu en E, ſi, n'ayant point rencontré le miroir *a b*, ils avoient continué de ſe mouvoir dans leur premiere direction. Or les deux points F & E ſont également diſtans des points de contacts *a* & *b*. Donc leur divergence eſt, après leur réflexion, la même qu'elle étoit auparavant.

1227. 2°. Suppoſons une ſurface convexe. Des rayons paralleles qui tombent ſur cette ſurface, ſont réfléchis divergens : des rayons convergens ſont réfléchis moins convergens ; ils peuvent même perdre toute leur convergence & devenir paralleles ou même divergens, ſuivant le plus ou le moins de courbure de la ſurface qui les réfléchit : des rayons divergens ſont réfléchis plus

divergens. De ſorte que les ſurfaces convexes tendent toujours à épatpiller les rayons de lumiere, en en diminuant la convergence, & en en augmentant la divergence. Soient les miroirs convexes *b d* (*fig.* 173, 174, 175.). Je repréſente ici les miroirs courbes par deux élémens inclinés l'un à l'autre; parce que toutes les courbes ſont des aſſemblages de lignes droites infiniment courtes & inſenſiblement inclinées entre elles: & je fais ces élémens un peu grands, afin de me faire plus facilement entendre.

Fig. 173. *Fig.* 174. *Fig.* 175.

Fig. 173. 1228. Les rayons *a b* & *c d* (*fig.* 173.), qui ſont paralleles entre eux, rencontrant le miroir convexe *b d*, & faiſant leurs angles de réflexion *f b e* & *h d i* égaux, à cauſe de leur incidence *g b a* & *k d c*, ſont divergens après leur réflexion.

Fig. 174. 1229. Les rayons *a b* & *c d* (*fig.* 174.), qui ſont convergens, de maniere que, ſans l'interpoſition du miroir *b d*, ils iroient ſe réunir en *m*, vont, d'après le même principe, ſe réunir en *l*, bien plus loin des points de contacts *b* & *d*, que ne l'eſt le point *m*: & l'on voit que, ſi l'inclinaiſon des deux élémens *b* & *d* de la courbure étoit plus grande, ils pourroient être réfléchis paralleles ou même divergens.

Fig. 175. 1230. Les rayons *a b* & *c d* (*fig.* 175.), qui, ſans l'interpoſition du miroir convexe *b d*, ſeroient très-peu divergens en *m*, prennent, après

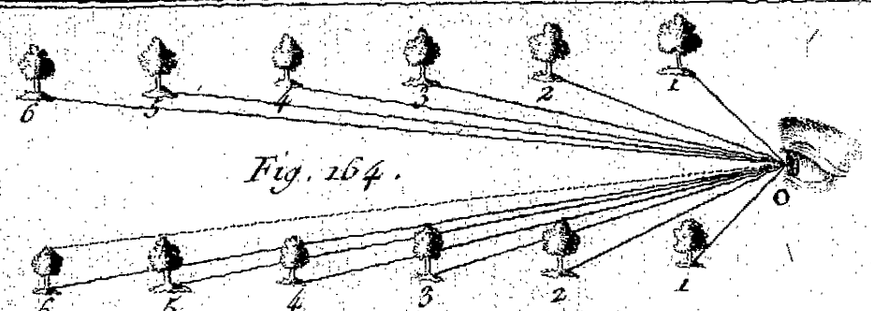


Fig. 164.

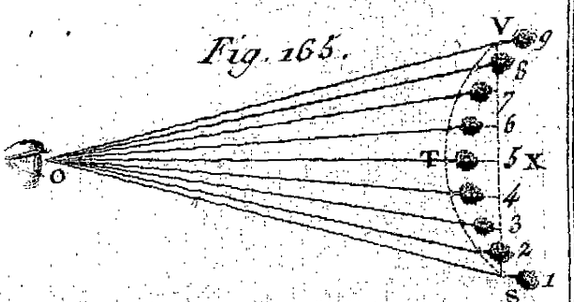


Fig. 165.

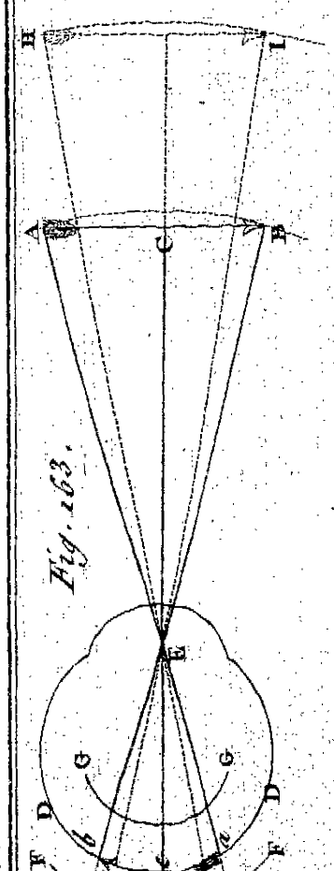


Fig. 163.

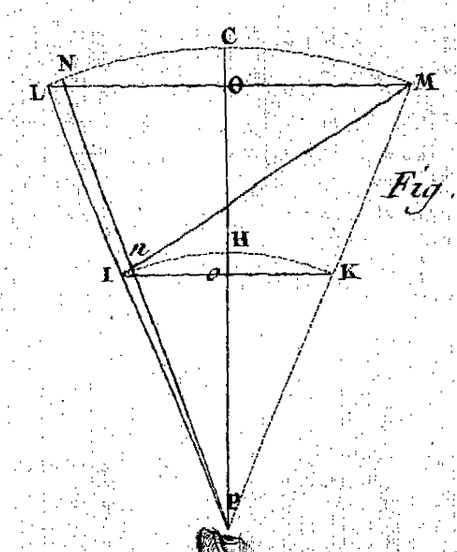


Fig. 166.

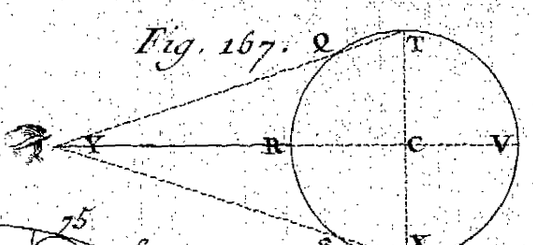


Fig. 167.

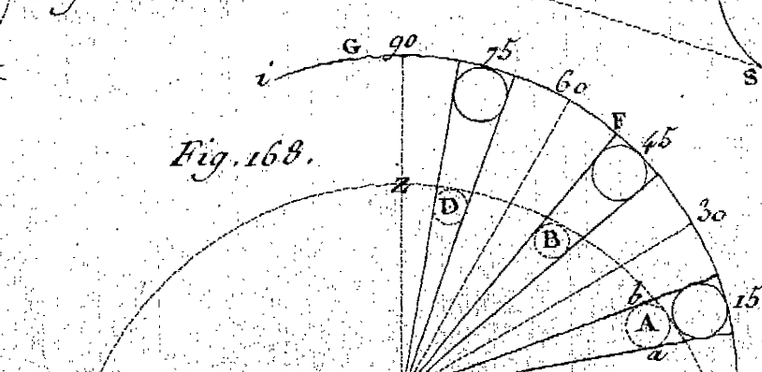


Fig. 168.

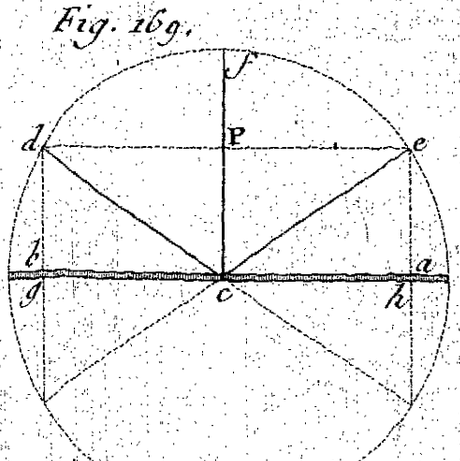


Fig. 169.

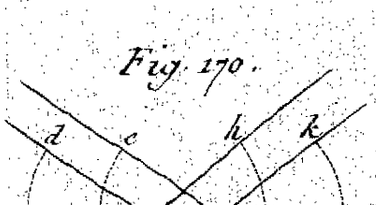


Fig. 170.

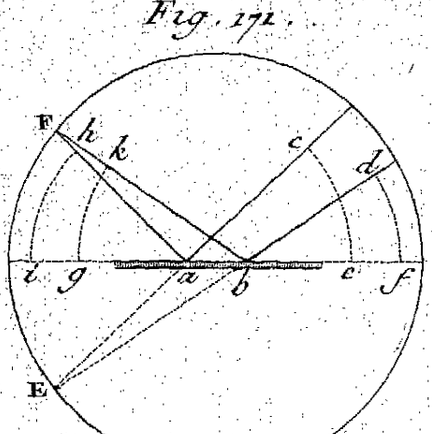


Fig. 171.

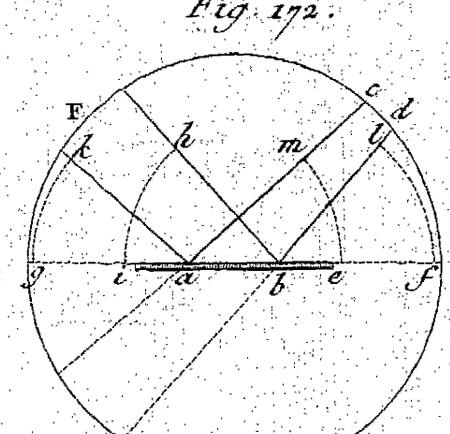


Fig. 172.

Benard, Direxit.

leur réflexion, un écartement beaucoup plus grand vers *l*, qui désigne un pareil degré d'éloignement.

1231. 3°. Supposons une surface concave. Des rayons paralleles, qui tombent sur cette surface, sont réfléchis convergens; des rayons déjà convergens sont réfléchis plus convergens; & des rayons divergens sont réfléchis moins divergens; ils peuvent même perdre toute leur divergence, & devenir paralleles ou même convergens. De sorte que les surfaces concaves tendent toujours à rassembler les rayons de lumiere, en en augmentant la convergence, & en en diminuant la divergence. Soient les miroirs concaves *b d* (*fig.* 176, 177, 178.). Il suffit de jeter les yeux sur ces figures, pour voir la vérité de ce que nous venons d'avancer. *Fig.* 176. *Fig.* 177. *Fig.* 178.

1232. Les rayons *a b* & *c d*, après avoir fait leurs angles de réflexion égaux à ceux de leur incidence, & qui (*fig.* 176.) sont paralleles avant leur réflexion, deviennent après convergens en *l*. *Fig.* 176.

1233. Les rayons *a b* & *c d* (*fig.* 177.), qui, sans l'interposition du miroir *b d*, n'iroient se réunir qu'en *m*, après leur réflexion se réuniſſent en *l*, bien plus près des points de contacts *b* & *d* que ne l'est le point *m*. *Fig.* 177.

1234. Enfin les rayons *a b* & *c d* (*fig.* 178.), *Fig.* 178.

qui, avant leur réflexion, ſont divergens entre eux, deviennent après convergens vers *o*.

1235. Au moyen de ces principes, il eſt aiſé de prévoir tous les effets des miroirs, & d'en rendre raiſon; &, en général, d'expliquer tous les phénomenes qui dépendent de la Catoptrique.

1236. On appelle *miroir* un corps dont la ſurface eſt aſſez bien polie pour réfléchir avec régularité la plus grande partie des rayons de lumiere qu'elle reçoit, & pour repréſenter les images des objets qu'on met au devant. Tels ſont les miroirs de métal & ceux de glace étamée. Ces derniers ſont d'un uſage plus fréquent, parce qu'ils ſont d'un poli plus beau & plus durable; mais ils ont un défaut qui ne permet pas de les employer dans les inſtrumens de Catoptrique, tels que les téleſcopes, &c. où l'on a beſoin d'une grande préciſion. Ce défaut eſt de donner preſque toujours deux images du même objet; l'une foible, par la ſurface antérieure, & l'autre beaucoup plus forte, par le tain qui couvre la ſurface poſtérieure. Suppoſons la flamme F (*fig.* 179.) d'une bougie placée devant un miroir *acbd*: que d'un point de cette flamme partent deux rayons F*g*, F*h*, qui tombent ſur le miroir; l'un en *g*, ſur la ſurface antérieure *ab*;

Fig. 179.

& l'autre, pénétrant juſqu'en *h* à la ſurface poſtérieure *c d*. Ce dernier ſera réfléchi vers *f*, & formera une image forte; & l'autre ſera réfléchi vers *e*, où il formera une image foible, d'autant plus diſtante de la premiere, que l'épaiſſeur *a c* de la glace ſera plus conſidérable. Ce que nous diſons d'un ſeul point, peut ſe dire de tous les points de l'objet : les deux images de l'objet entier, anticipant par-là l'une ſur l'autre, rendroient, dans un inſtrument de Catoptrique, la viſion très-peu diſtincte. Voilà pourquoi, dans ces inſtrumens, on n'emploie pas de miroirs de glace. Il arrive quelquefois qu'on voit un plus grand nombre d'images, ſur-tout en regardant obliquement la flamme d'une bougie dans un miroir de glace étamée. Ces images ſont produites par les rayons qui, après avoir été réfléchis par la ſurface poſtérieure étamée, ne ſortent pas tous; mais une partie eſt réfléchie en dedans de la glace par les parties ſolides de la ſurface antérieure, & de là eſt renvoyée de nouveau par la ſurface poſtérieure, ce qui produit une nouvelle image plus foible que la précédente; parce qu'elle eſt formée par un plus petit nombre de rayons. De cette maniere, il ſe forme pluſieurs images de ſuite par les réflexions réitérées des rayons au dedans de la glace, & ces images vont toujours en s'affoibliſſant.

1237. On peut diviſer les miroirs, en *miroirs plans*, *miroirs convexes*, *miroirs concaves*, & *miroirs mixtes* : parmi les miroirs plans, on peut placer les *priſmatiques* & les *pyramidaux* ; car ils ne ſont compoſés que de ſurfaces planes inclinées les unes aux autres. Parmi les miroirs concaves, on peut placer les *elliptiques* & les *paraboliques*, dont les ſurfaces ſont compoſées de lignes courbes, comme le ſont celles des concaves. Les miroirs mixtes ſont les *cylindriques* & les *coniques*, dont les ſurfaces ſont compoſées de lignes droites dans un ſens, & courbes dans l'autre. Diſons un mot de chacun de ces miroirs, & de la maniere dont ils repréſentent les images des objets placés devant eux.

Du Miroir plan.

Fig. 180. 1238. Dans un miroir plan *ab* (*fig.* 180.), l'image d'un objet, par exemple *c*, paroît (à un œil placé en *e*,) derriere le miroir *ab* dans la direction *eg*, & toujours dans l'interſection *g* de la cathete d'incidence *cg* avec le rayon réfléchi *eg* ; & par conſéquent à une diſtance *g* égale à celle à laquelle l'objet *c* eſt placé par devant : donc on voit toujours l'image dans le même lieu, quel que ſoit le rayon réfléchi qui la faſſe appercevoir. Car comme les miroirs plans ne changent rien à la diſpoſition des rayons qui tombent ſur eux (1223),

les rayons divergens, partant du point *c*, ſont réfléchis vers l'œil *e*, par le miroir *ab*, avec le même degré de divergence (1226); & ont, par conſéquent, leur point de réunion fictif *g*, à une diſtance *a g* derriere le miroir égale à la diſtance *a c* à laquelle l'objet *c* eſt placé par devant.

1239. Par la même raiſon, les miroirs plans ne changent rien aux figures des images, non plus qu'à leurs grandeurs apparentes. Car les rayons convergens K*m*, L*n* (*fig.* 181.), partant des extrémités de l'objet KL, & tombant ſur le miroir *ab*, ſont réfléchis vers l'œil *e* avec le même degré de convergence (1225); & par conſéquent font voir l'image *kl* ſous un angle égal à celui ſous lequel l'objet lui-même eût été vu du point *i*, ſans l'interpoſition du miroir *ab*. *Fig.* 181.

1240. De ce que chaque point de l'image eſt vu derriere le miroir à une diſtance égale à celle de ce point de l'objet par devant (1238), il s'enſuit que, ſi l'objet KL eſt incliné au miroir, ſon image *kl* ſera vue inclinée en ſens contraire. Voilà pourquoi, pour que les glaces, dans un appartement, produiſent de bons effets, il faut avoir ſoin de les placer à angles droits avec les planchers & bien paralleles aux murs, que je ſuppoſe verticaux.

1241. Si un objet AB (*fig.* 182.) eſt ſitué parallelement à un miroir CD, & qu'il en ſoit à *Fig.* 182.

la même distance que l'œil placé en O ; la ligne de réflexion C D, c'est-à-dire, la partie du miroir sur laquelle tombent les rayons A C, B D, &c. de l'objet A B qui se réfléchissent vers l'œil O, sera la moitié de la longueur de l'objet A B ; parce que les images étant placées derriere le miroir à une distance égale à celle de l'objet par devant (1238), les rayons O G, O H sont coupés par le miroir C D à la moitié de leur longueur, & par conséquent à l'endroit où leur écartement n'est que la moitié de ce qu'il seroit à une distance double. Ainsi, pour pouvoir appercevoir un objet entier dans un miroir plan, il faut que la longueur & la largeur du miroir soient moitié de la longueur & de la largeur de l'objet. D'où il suit qu'étant données la longueur & la largeur d'un objet, qui doit être vu dans un miroir, on aura aussi la longueur & la largeur que doit avoir le miroir, pour que l'objet, placé à la même distance de ce miroir que l'œil, puisse y être vu en entier.

1242. Il suit encore de là que, puisque la longueur & la largeur de la partie réfléchissante du miroir sont sou-doubles de la longueur & de la largeur de l'objet (1241), la partie réfléchissante de la surface du miroir, est à la surface de l'objet en raison de 1 à 4. Et, par conséquent, si, en une certaine position, nous voyons dans un miroir un objet entier, nous le verrons de même à toute

autre diſtance, ſoit que nous nous en approchions, ſoit que nous nous en éloignions, pourvu que l'objet s'approche ou s'éloigne en même temps, & ſoit toujours à la même diſtance du miroir que l'œil.

1243. Mais ſi nous nous éloignons du miroir, l'objet reſtant toujours à la même place, alors la partie de la ſurface du miroir qui doit repréſenter l'image de l'objet, doit être plus que le quart de la ſurface de l'objet ; &, par conſéquent, ſi le miroir n'a de ſurface que le quart de celle de l'objet, on ne pourra plus voir l'objet entier. Au contraire, ſi nous nous approchons du miroir, l'objet reſtant toujours à la même place, la partie réfléchiſſante du miroir ſera moindre que le quart de la ſurface de l'objet. Ainſi on verra, pour ainſi dire, plus que l'objet tout entier; & on pourroit diminuer le miroir juſqu'à un certain point, ſans que cela empêchât de voir l'objet dans toute ſon étendue.

1244. En général, pour expliquer avec la plus grande facilité les phénomenes des objets vus dans un miroir plan, on n'a beſoin que de ce ſeul principe : *L'image d'un objet, vu dans un miroir plan, eſt toujours dans la perpendiculaire menée de l'objet à ce miroir & prolongée derriere ; & cette image eſt autant au delà du miroir que l'objet eſt en deçà.* Avec le ſecours de ce principe, & des premiers

élémens de la Géométrie, on trouvera facilement la réſolution de toutes les queſtions qu'on peut propoſer ſur cette matiere.

1245. L'égalité des angles d'incidence & de réflexion, dans les miroirs (1218), fournit une méthode pour meſurer des hauteurs inacceſſibles, au moyen d'un miroir plan. Placez pour cela votre miroir horizontalement, comme en C (*fig.* 183.), & éloignez-vous-en juſqu'à ce que vous y puiſſiez appercevoir, par exemple, la cime d'un arbre, dont le pied répond bien verticalement au ſommet. Meſurez l'élévation verticale ED de votre œil au deſſus de l'horizon ou du plan du miroir, ainſi que la diſtance EC de la ſtation E au point de réflexion C, & la diſtance BC du pied de l'arbre à ce même point. Enfin cherchez une quatrieme proportionnelle BA aux lignes EC, ED & BC: & ce ſera la hauteur cherchée. En effet, l'égalité des angles d'incidence ACB & de réflexion DCE (1218), rend ſemblables les triangles ACB, DCE, qui ſont rectangles en B & en E; d'où il ſuit que ces triangles ont leurs côtés homologues proportionnels, & qu'ainſi EC eſt à ED dans le même rapport que BC eſt à BA, hauteur cherchée. *Fig.* 183.

Du Miroir priſmatique.

1246. Le miroir priſmatique eſt compoſé de

Fig. 173.

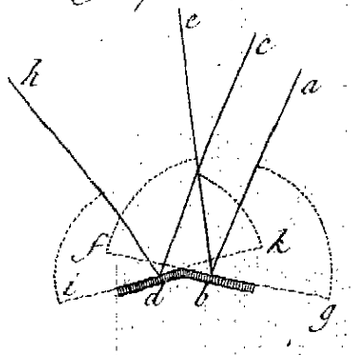
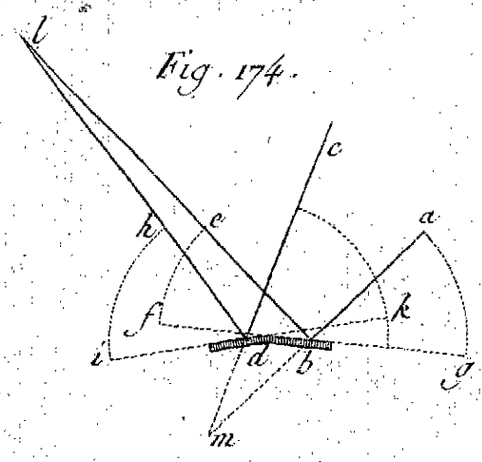


Fig. 174.



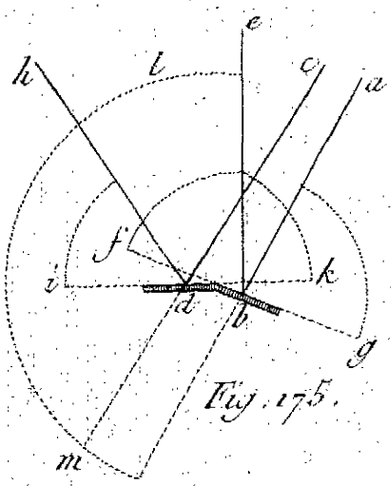
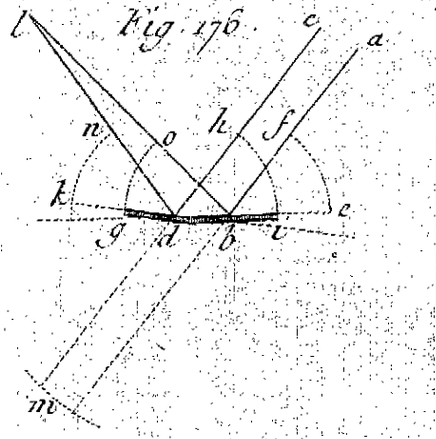


Fig. 175.

Fig. 176.



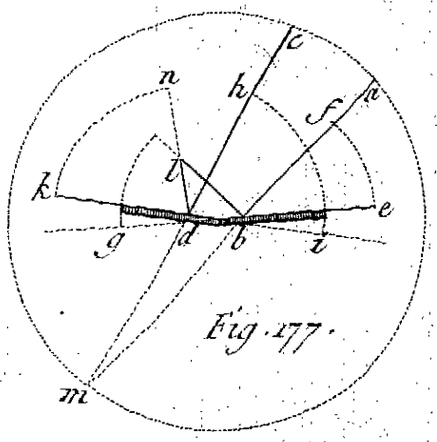


Fig. 177.

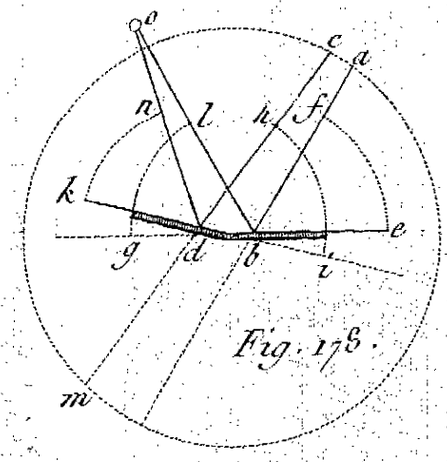


Fig. 178.

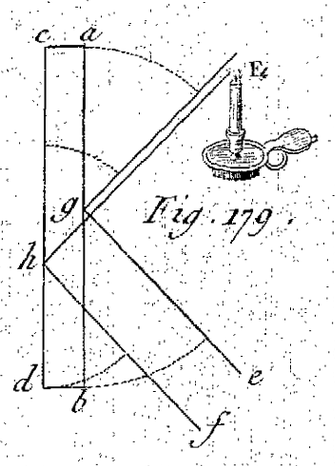


Fig. 179.

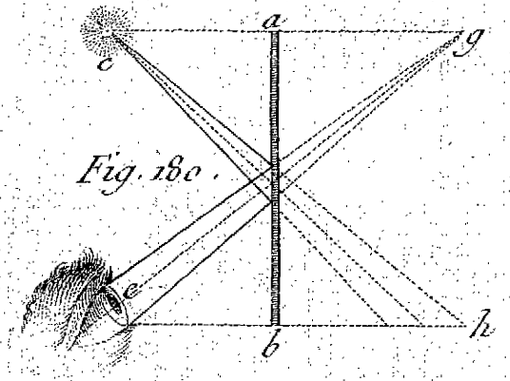


Fig. 180.

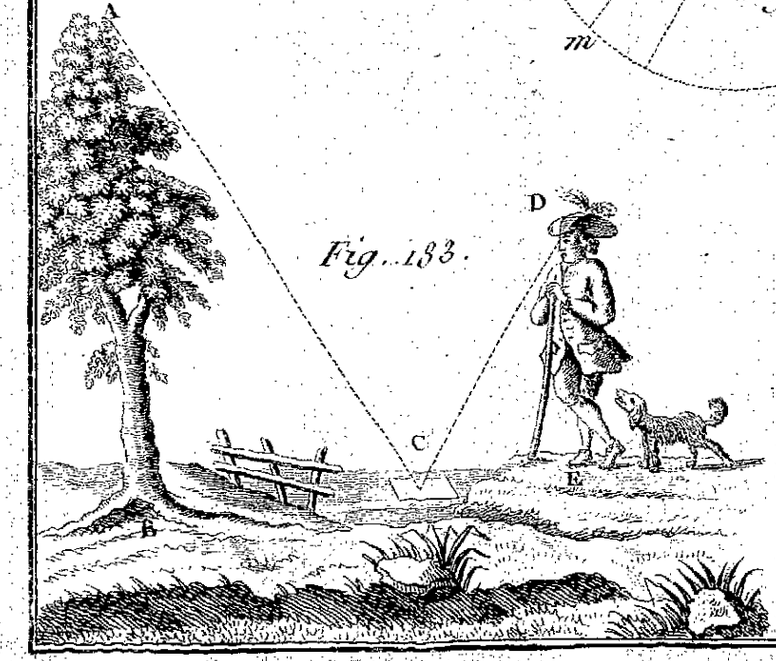


Fig. 183.

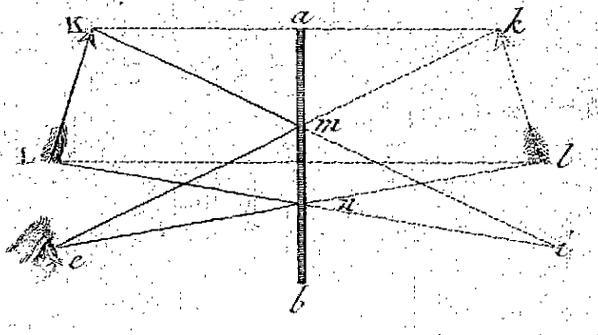


Fig. 182.

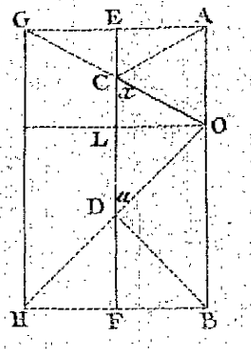


Fig. 182.

Benard Direxit

miroirs plans, inclinés les uns aux autres, & qui ont chacun la figure d'un parallélogramme. Tel eſt le miroir repréſenté (*fig.* 184.). Ce miroir a la propriété de raſſembler dans une ſeule image, & ſans interruption, pluſieurs objets, ou pluſieurs parties d'un même deſſein diſperſées & ſéparées par des eſpaces, qui ſont ou vides ou remplis par d'autres figures, qui ne ſe repréſentent point dans le miroir. Suppoſons, par exemple, que le miroir ſoit compoſé de quatre faces élevées perpendiculairement autour d'une baſe *dkabt* (*fig.* 185.); l'œil placé à une certaine diſtance, comme en C, & élevé d'un pied, ou environ, au deſſus du plan qui porte le miroir, appercevra, par les rayons *st*, *rb*, *qb*, *pa*, &c. réfléchis des points *t*, *b*, *a*, &c. vers C, tout ce qui ſera deſſiné dans les bandes *srbt*, *qbab*, *lmka*, *ondk*: & tout ce qui ne s'y trouvera pas renfermé, ne ſe verra point dans le miroir, ſi l'œil ne ſe porte ni à droite ni à gauche: on pourra donc remplir d'objets étrangers au deſſein tous les eſpaces qui ſe trouvent entre ces bandes; & déguiſer par ce moyen la figure dont le miroir doit repréſenter l'image, & dont les parties ſont ſéparées par ces eſpaces: ce qui rend ces figures difficiles à deviner, ſans le ſecours du miroir. *Fig.* 184. *Fig.* 185.

Du Miroir pyramidal.

1247. Le miroir pyramidal eſt compoſé de mi-

roirs plans, triangulaires, inclinés les uns aux autres, de maniere que les ſommets de tous les triangles ont un point commun de réunion, lequel forme le ſommet de la pyramide. Tel eſt le miroir repréſenté (*fig.* 186.). Ce miroir a, de même que le priſmatique, la propriété de raſſembler dans une ſeule image, & ſans interruption, pluſieurs objets diſperſés & ſéparés par des eſpaces, qui ſont ou vides ou remplis par d'autres figures, qui ne ſe repréſentent point dans le miroir. Suppoſons, par exemple, que le miroir ſoit compoſé de quatre faces triangulaires; & que *abcd* (*fig.* 187.) repréſente la baſe du miroir. Ce qui ſe trouvera deſſiné dans les eſpaces triangulaires A, B, C, D, ſera repréſenté dans les parties correſpondantes *a*, *b*, *c*, *d* de la baſe; & l'image ne comprendra rien de tout ce qu'on pourroit avoir mis dans les eſpaces E, F, G, H, pour interrompre le deſſein, & empêcher qu'on n'apperçoive les rapports que ſes parties ont entre elles. Il faut obſerver que les rayons réfléchis *g*, G, *h*G, *i*G, &c. (*fig.* 188.) font voir à l'œil G, placé dans le prolongement de l'axe de la pyramide, les points A, B, C, &c. de l'objet dans un ordre oppoſé *c*, *b*, *a*, à celui qu'ils ont ſur le deſſein: de ſorte que le point A, le point D, &c. vont ſe réunir pour former le centre de l'image. Il faut donc que toutes les parties de la figure,

Fig. 186.

Fig. 187.

Fig. 188.

qui

qui ſont renfermées dans chacun des triangles 1, 2, 3, 4 (*fig.* 189.), ſoient placées à contre-ſens, afin que l'image, apperçue dans le miroir, repréſente ſon objet au naturel. *Fig.* 189.

Du Miroir convexe.

1248. La ſurface des miroirs convexes eſt aſſez ordinairement ſphérique. Ces miroirs ont la propriété d'éparpiller les rayons de lumiere qu'ils réfléchiſſent (1227); car ils rendent divergens ceux qui ſont paralleles (1228): ils augmentent la divergence de ceux qui ſont déjà divergens (1230); & ils diminuent la convergence de ceux qui ſont convergens; quelquefois même ils les rendent paralleles ou divergens (1229). Nous allons en avoir la preuve, en ſuivant la loi générale établie ci-deſſus (1221). Suppoſons un objet *de* (*fig.* 190.) placé devant un miroir convexe *ab*. Des deux faiſceaux de rayons qui partent des extrémités de l'objet, les rayons *dp* & *ep*, qui, ſans l'interpoſition du miroir, auroient été converger en *p*, ſont réfléchis moins convergens ſur la ligne *fg*: les deux rayons *dk* & *el*, qui auroient été converger en *m*, ſont réfléchis paralleles: les deux rayons *dh* & *ei*, qui auroient été converger en *c*, centre de la convexité, ſont réfléchis ſur eux-mêmes à cauſe de leur incidence perpendiculaire, & ſont, par conſéquent, divergens: & *Fig.* 190.

tous les rayons qui tombent au delà de ces derniers, ſont réfléchis encore plus divergens.

1249. Les miroirs convexes, de même que les miroirs plans, font voir l'image derriere eux, & dans une ſituation conforme à celle de l'objet : mais cette image, 1°. eſt plus petite que l'objet. *Fig.* 191. Soit l'objet C D (*fig.* 191.) placé devant le miroir convexe *a b* : les deux rayons C *e* & D *d*, qui embraſſent les extrémités de l'objet, & qui, ſans l'interpoſition du miroir, iroient converger en *f*, ſont réfléchis moins convergens (1229), & vont ſe réunir en *i*, en formant enſemble un angle plus aigu. Ils font donc voir l'image *g h* ſous une plus petite dimenſion ; & d'autant plus petite que l'objet eſt plus loin du miroir.

1250. 2°. Cette image ſe trouve plus près derriere le miroir que l'objet n'eſt placé par-devant. *Fig.* 192. Soit G (*fig.* 192.) un point quelconque d'un objet, d'où part un faiſceau de rayons divergens, qui vont tomber ſur le miroir ; ces rayons ſont réfléchis plus divergens (1230) ; & ont, par conſéquent, leur point fictif de réunion *g* plus rapproché : ce qui fait voir l'image plus près derriere le miroir que l'objet ne l'eſt par-devant, & ces effets augmentent proportionnellement à la convexité du miroir. Nous verrons bientôt (1254) que les miroirs concaves ont des foyers réels : les miroirs convexes n'ont qu'un foyer virtuel ; & ce

foyer eſt derriere le miroir, à une diſtance de ce miroir égale à la moitié du rayon de ſa convexité.

1251. L'image d'un objet d'une certaine grandeur & droit, placé parallélement ou obliquement à la ſurface d'un miroir convexe, ſe repréſente, dans ce miroir, ſous une figure courbe; parce que les différens points de cet objet ne ſont pas tous à égales diſtances de la ſurface du miroir. Le point *o*, par exemple, de l'objet *de* (*fig.* 190.) eſt plus près que tous les autres de la ſurface du miroir : & les points extrêmes *d* & *e* en ſont les plus éloignés. Ils doivent donc ſe repréſenter, derriere le miroir, à des diſtances proportionnelles à celles auxquelles ils ſont placés par-devant, ce qui fait paroître l'image courbe. *Fig.* 190.

Du Miroir concave.

1252. La ſurface des miroirs concaves eſt ordinairement ſphérique, quoique ce ne ſoit pas la meilleure courbure qu'on puiſſe lui donner; mais les autres courbures ſeroient trop difficiles à obtenir de l'adreſſe des Ouvriers : on en fait cependant quelquefois, mais rarement, d'elliptiques & de paraboliques, dont nous parlerons ci-après (1265 & 1266). Occupons-nous maintenant du ſphérique.

1253. Les miroirs concaves ont la propriété de raſſembler les rayons de lumiere qu'ils réfléchiſſent (1231); car ils rendent convergens ceux qui ſont paralleles (1232): ils augmentent la convergence de ceux qui ſont déjà convergens (1233): & ils diminuent pour le moins la divergence de ceux qui ſont divergens; quelquefois ils les rendent paralleles ou même convergens (1234): & tous ces effets augmentent proportionnellement à la concavité du miroir.

1254. Le point où les rayons ſe réuniſſent, s'appelle *foyer*. Mais ce foyer n'eſt pas le même pour toutes ſortes de rayons incidens. Les rayons paralleles, tels que *a b*, *d e* (*fig.* 193.), ſont réfléchis par le miroir concave *m o*, & vont ſe réunir au point F, diſtant du miroir d'une quantité égale au quart du diamètre de la ſphere dont ce miroir eſt une partie; & c'eſt ce point-là que l'on appelle le *foyer des rayons paralleles* ou le *vrai foyer du miroir*. Les rayons convergens, tels que *f g*, *h i*, ſont réfléchis plus convergens, & vont ſe réunir entre le foyer des rayons paralleles & le miroir, comme, par exemple, en K. Enfin les rayons divergens & qui partent d'un point plus éloigné du miroir que le foyer des rayons paralleles, tels que R *m*, R *o*, ſont réfléchis convergens, & vont ſe réunir au delà du foyer des rayons paralleles, comme, par exem-

Fig. 193.

ple, en P. Mais ſi le point de divergence de ces rayons étoit plus près du miroir que le foyer des rayons paralleles ; ſi, par exemple, ils partoient du point K, ils ſeroient réfléchis divergens, & iroient, l'un de *g* vers *f*, & l'autre, de *i* vers *h*.

1255. Le foyer des rayons paralleles eſt donc au quart du diametre de la ſphéricité du miroir ; le foyer des rayons convergens eſt plus près du miroir que celui des rayons paralleles ; & le foyer des rayons divergens en eſt plus éloigné.

1256. Les miroirs plans, ainſi que les convexes, font voir, comme nous l'avons prouvé ci-deſſus (1238 & 1249), l'image derriere eux, & dans une ſituation conforme à celle de l'objet. Mais les miroirs concaves ne produiſent cet effet que lorſque l'objet eſt placé entre le foyer des rayons paralleles & le miroir ; & alors cette image eſt plus grande que l'objet. Soit l'objet AB (*fig.* 194.) placé devant le miroir concave EF, & plus près de ce miroir que le foyer des rayons paralleles. Les deux rayons A*e*, B*f*, qui embraſſent les deux extrémités de l'objet, & qui, ſans l'interpoſition du miroir, iroient converger en *d*, ſont réfléchis plus convergens (1233), & vont ſe réunir en D, en formant enſemble un angle plus grand : ils font donc voir l'image *ab* plus grande que l'objet. *Fig.* 194.

1257. De plus, cette image se trouve plus loin derriere le miroir, que l'objet n'est placé par-devant. Supposons A (*fig.* 195.) un point quelconque d'un objet, placé plus près du miroir que le foyer des rayons paralleles F, duquel point part un faisceau de rayons divergens, qui, tombant sur le miroir, sont réfléchis moins divergens (1231), & ont, par conséquent, leur point fictif *a* plus éloigné : ce qui fait voir l'image plus loin derriere le miroir, que l'objet ne l'est par-devant. *Fig.* 195.

1258. Mais si l'objet est placé plus loin du miroir que le foyer F des rayons paralleles, comme, par exemple, en *e*, les rayons *e b*, *e d*, trop peu divergens lorsqu'ils arrivent au miroir, sont réfléchis convergens (1234), & vont tracer en E l'image de l'objet. De sorte que, si l'œil *o* se recule autant qu'il est nécessaire pour que les rayons, après s'être croisés en formant l'image, aient repris le degré d'écartement convenable, il apperçoit l'image E entre le miroir & lui. La raison de cela est que chaque point éclairé d'un objet nous devient visible par un faisceau de rayons divergens (1190). Nous cessons donc de le voir, si ces rayons deviennent paralleles ou convergens : c'est ce qui arrive, lorsque l'objet n'est pas plus près du miroir que le foyer des rayons paralleles : il faut donc que l'œil se recule

au delà du lieu E de l'image, où les rayons, après s'être croisés, redeviennent divergens.

1259. Cette image est toujours en sens contraire de l'objet. Telle est l'image *b a* de l'objet A B (*fig.* 196.). La raison de cela est que nous ne pouvons voir un objet entier A B, à moins qu'il ne se fasse vers l'œil H un concours de ces faisceaux de rayons divergens A E, B G, qui partent de ses extrémités (1190). Or ce concours ne peut avoir lieu qu'après que ces faisceaux se sont croisés entre l'objet & le miroir; ce qui ne peut pas manquer de renverser l'image. *Fig.* 196.

1260. C'est sur cette propriété du miroir concave, savoir, de représenter l'image de l'objet au devant de lui & non pas derriere, lorsque cet objet est placé plus loin du miroir que le foyer des rayons paralleles (1258); c'est sur cette propriété, dis-je, qu'est fondée la construction des téleſcopes catadioptriques (1623); car dans ces instrumens, nous ne voyons autre chose que l'image formée en devant du miroir.

1261. Puisque les rayons paralleles, qui tombent sur un miroir concave, se réfléchissent de maniere à se réunir vers son foyer (1254), les rayons solaires, qui peuvent tomber sur la surface d'un miroir concave, pouvant être regardés comme sensiblement paralleles, doivent donc se

réunir vers le foyer de ce miroir, & y en former un brûlant (1120).

1262. Puiſque des rayons paralleles *a b*, *d e* (*fig.* 193.), qui tombent ſur un miroir concave *m o*, ſont réfléchis de maniere à ſe réunir à ſon foyer F (1254); il ſuit de là que des rayons divergens, partant du foyer F & tombant ſur le miroir, ſont réfléchis paralleles. Cela fournit un moyen de projeter une lumiere très-forte à une grande diſtance, en mettant, par exemple, une bougie allumée au foyer F d'un miroir concave. Les rayons lancés par cette bougie, & qui tomberont ſur le miroir, ſeront réfléchis paralleles, & formeront un long cylindre d'une lumiere très-vive. *Fig.* 193.

1263. Si ce cylindre de lumiere étoit reçu ſur un autre miroir concave, les rayons qui le compoſent, ſe réuniroient au foyer de ce miroir, & y formeroient un foyer brûlant. Cette expérience a été faite pluſieurs fois. On place deux miroirs concaves l'un devant l'autre & parallélement l'un à l'autre, à une diſtance de 25 ou 30 pieds : au foyer de l'un on met un gros charbon allumé que l'on anime avec un ſoufflet à double ame; & au foyer de l'autre on place une meche & une amorce. Les rayons, partant du charbon & réfléchis par le premier miroir, vont ſe réfléchir encore ſur le ſecond

& ſe réunir à ſon foyer, où ils embraſent la meche & l'amorce.

1264. Si l'on place un objet au centre d'un miroir concave, tous les rayons qui tombent ſur le miroir, ſe réfléchiſſent ſur eux-mêmes; parce qu'alors l'incidence étant perpendiculaire, la réflexion l'eſt auſſi (1218). Ainſi un œil, placé au centre d'un miroir concave, ne verra rien autre choſe que lui-même, mais confuſément & dans toute l'étendue du miroir.

Du Miroir elliptique.

1265. La ſurface d'un miroir elliptique eſt celle d'un ſphéroïde elliptique. La propriété de ce miroir, qui, de même que l'ellipſe, a deux foyers, eſt de réfléchir à l'un de ſes foyers tous les rayons qui partent de l'autre; de façon que, ſi l'on met, par exemple, à l'un de ſes foyers une bougie allumée, ſa lumiere ſe raſſemble à l'autre foyer. La conſtruction d'un pareil miroir eſt très-difficile; auſſi en fait-on peu d'uſage.

Du Miroir parabolique.

1266. La ſurface d'un miroir parabolique eſt celle d'un Conoïde parabolique. La propriété de ce miroir eſt que les rayons qui partent de ſon foyer, & qui tombent ſur ſa ſurface, ſont réfléchis parallélement à ſon axe: & réciproquement, les

rayons qui viennent parallélement à l'axe du miroir, tomber sur sa surface, comme, par exemple, ceux du soleil, sont réfléchis à son foyer. D'où il suit qu'un tel miroir, s'il étoit bien fait (mais ce qui est très-difficile), seroit un très-bon miroir ardent.

Du Miroir cylindrique.

1267. La surface réfléchissante d'un tel miroir est cylindrique. Tel est le miroir représenté (*fig.* 197.). La surface de ce miroir est composée de lignes droites dans le sens de sa hauteur AB, & de lignes circulaires dans le sens de sa largeur CD: c'est pour cela qu'on le nomme *miroir mixte*.

Fig. 197.

1268. Ce miroir a la propriété de produire tout à la fois les effets des miroirs plans, & ceux des miroirs convexes. Supposons GF (*fig.* 198.) sa hauteur: un objet AE étant couché devant ce miroir, tous les rayons, partant des points A, B, C, D, E, tombant sur la surface GF du miroir, & étant réfléchis vers l'œil O, devroient représenter les images de ces différens points en *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, comme le feroit un miroir plan (1238): la dimension, dans ce sens-là, ne doit donc pas être changée (1239). Mais, comme dans l'autre sens, le miroir est courbe, supposons que *q t y* (*fig.* 199.) représente sa largeur: les rayons A*q*,

Fig. 198.

Fig. 199.

Fig. 184.

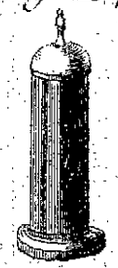


Fig. 185.

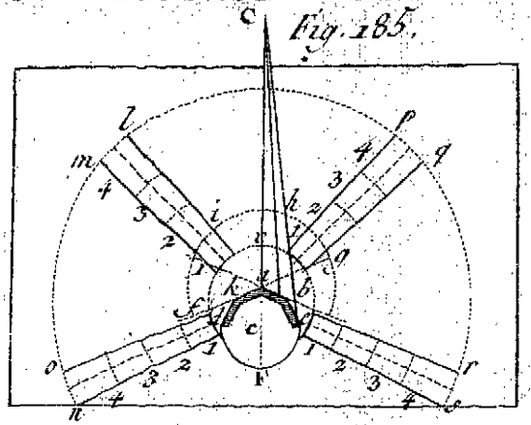


Fig. 186.



Fig. 187.

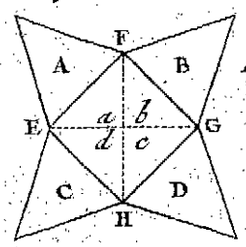


Fig. 188.

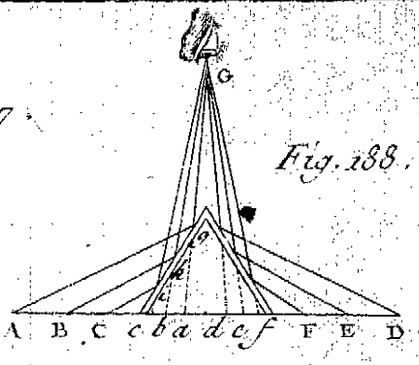


Fig. 189.

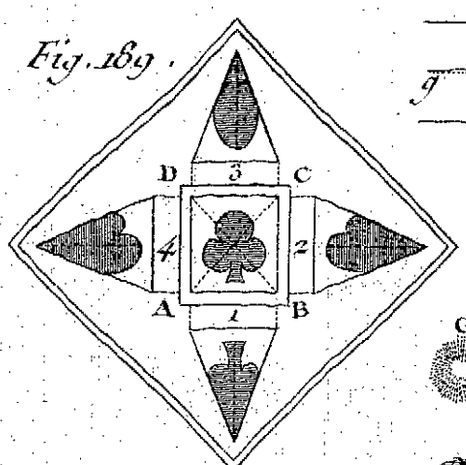


Fig. 190.

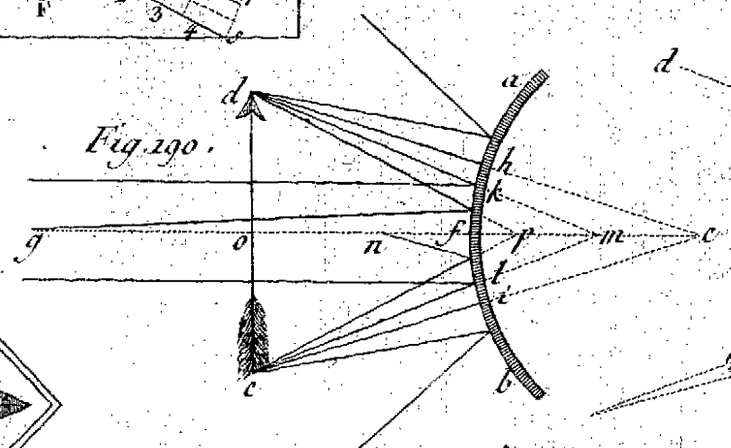


Fig. 191.

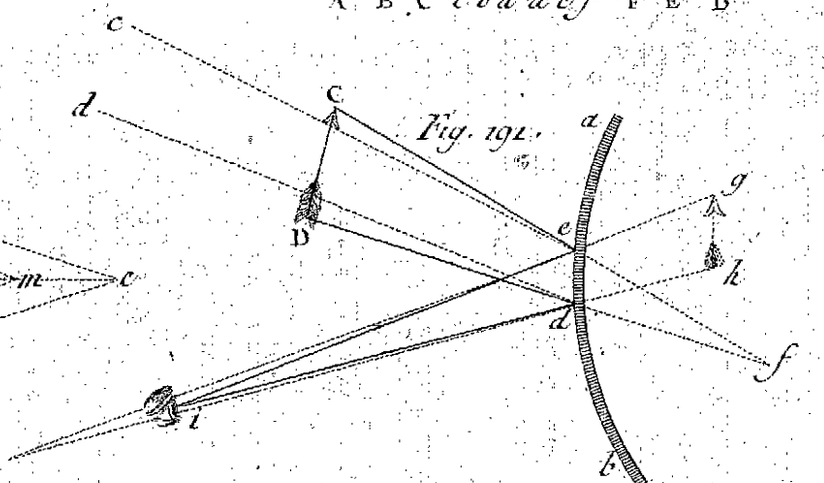


Fig. 192.

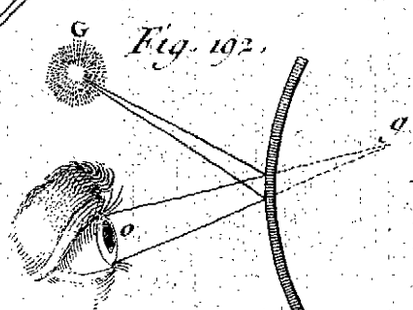


Fig. 193.

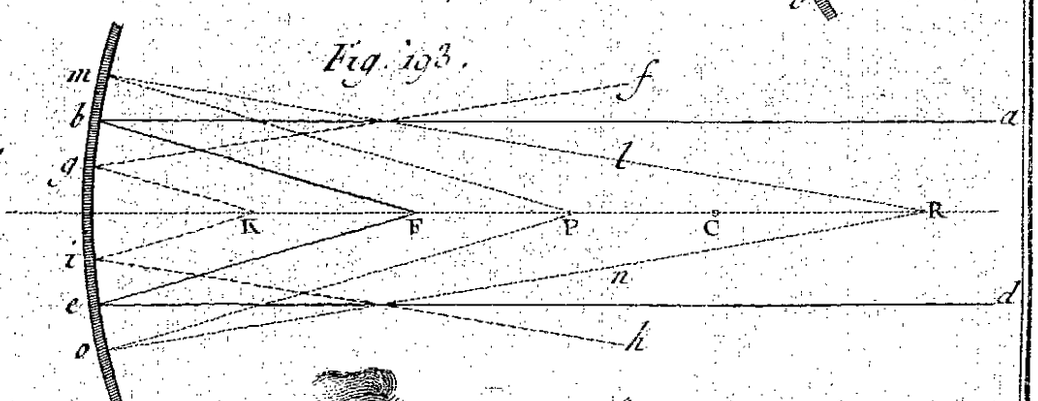


Fig. 194.

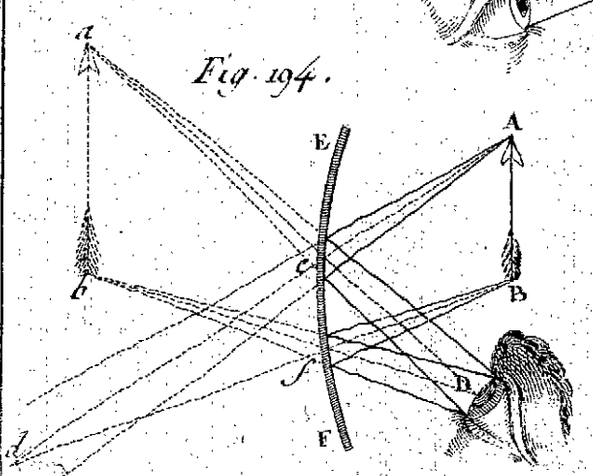
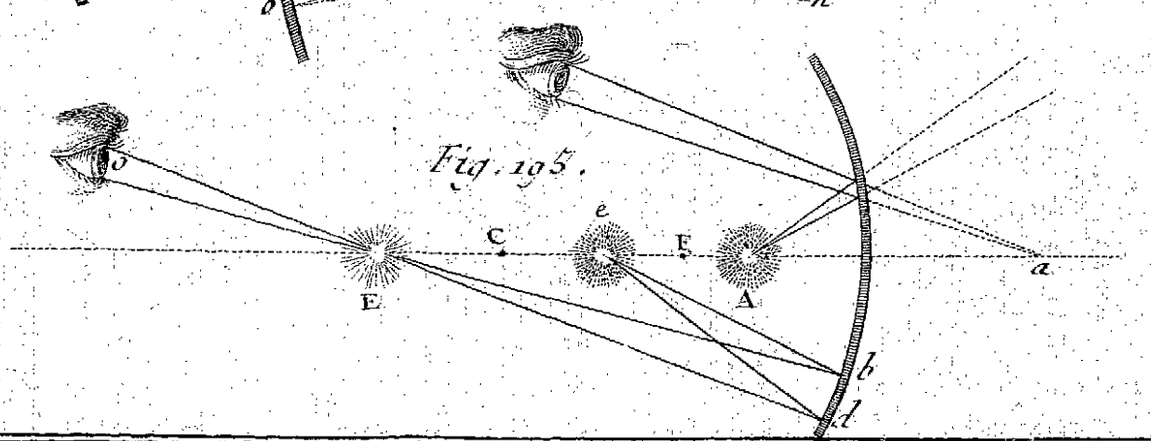


Fig. 195.



L*r*, M*s*, N*t*, O*x*, P*z*, F*y*, étant réfléchis vers l'œil Z, font voir tous ces points A, L, M, N, &c. de l'objet dans l'eſpace *af*; ce qui diminue beaucoup, dans ce ſens-là, la dimenſion de l'image: propriété du miroir convexe (1249). Il doit arriver la même choſe à tous les points viſibles qui ſont dans les autres lignes BQG, CRH, DTI, ESK, concentriques à la ſurface du miroir. Il faut donc que ces parties ſoient très-étendues dans le deſſein, pour que l'image reſſemble à quelque choſe de connu.

1269. Et comme le miroir convexe fait voir l'image derriere le miroir plus près que l'objet n'eſt par-devant (1250), cette image, au lieu d'être couchée en *ae* (*fig.* 198.), comme nous l'avons dit ci-deſſus (1268), ſe trouve relevée, comme *eg*, & par conſéquent rapprochée: autre propriété du miroir convexe (1250). *Fig.* 198.

1270. Et ſi l'œil s'éleve, comme en K, la hauteur de l'image augmente de la quantité *gh*; parce que l'angle viſuel (1208) devient par-là moins aigu.

1271. Dans la plupart des miroirs cylindriques, la ſurface courbe eſt convexe: on en fait cependant d'autres, dont cette ſurface eſt concave ou creuſe. Ils produiſent à peu près les mêmes effets, cependant avec cette différence, que, la ſurface étant convexe, l'image eſt vue

derriere le miroir; & lorſqu'elle eſt creuſe, l'image eſt vue en devant du miroir (1258); parce que l'objet eſt toujours placé plus loin que le foyer des rayons paralleles.

1272. Si l'on préſente au ſoleil un miroir cylindrique concave, on verra les rayons ſe réfléchir, non dans un foyer, mais dans une ligne lumineuſe parallele à l'axe, & à une diſtance à peu près égale au quart du diametre.

Du Miroir conique.

1273. La ſurface réfléchiſſante d'un tel miroir a la forme d'un cône. Tel eſt le miroir repréſenté *fig.* 200. La ſurface de ce miroir eſt compoſée de lignes droites dans le ſens de ſa hauteur A B, & de lignes circulaires dans le ſens de ſa largeur C D; mais de façon que toutes les lignes droites ont un point commun de réunion A, lequel forme le ſommet du cône. Ce ſont ces lignes de différentes eſpeces qui ont fait donner à ce miroir le nom de *miroir mixte*.

Fig. 200.

1274. Ce miroir a, de même que le miroir cylindrique (1268), la propriété de produire tout à la fois les effets des miroirs plans & ceux des miroirs convexes. Suppoſons C K F (*fig.* 201.) la coupe verticale d'un miroir conique; & les deux lignes C K & F K deux des lignes droites qui le compoſent, & qui ont un point de réunion

Fig. 201.

en K. Ces deux lignes, qui repréſentent deux miroirs plans inclinés l'un & l'autre, en doivent produire les effets. Les rayons partant des points A, B, C, tombant ſur la ſurface du miroir aux points *g*, *h*, *i*, & étant réfléchis vers l'œil O, doivent repréſenter ces points dans la baſe du miroir, dans un ordre oppoſé *a*, *b*, *c*. Il faut dire la même choſe des points D, E, F, repréſentés en *d*, *e*, *f*; ainſi que de tous ceux qui ſe trouvent dans les circonférences des cercles, dont on ne voit ici que les moitiés AHD, BIE, CGF. Mais, comme de chaque point il ne part pas des rayons ſimples, mais des faiſceaux de rayons (1188), le miroir les modifie comme le fait un miroir convexe. En conſéquence, l'image paroît beaucoup plus petite que l'objet (1249), & plus près de l'œil qu'elle ne ſeroit ſi le miroir étoit purement droit (1250).

1275. D'après ce que nous venons de dire (1274), on doit donc voir au centre de l'image ce qui eſt deſſiné dans la circonférence extérieure AHD : & les extrémités de l'image doivent être compoſées de ce qui ſe trouve dans la circonférence intérieure CGF.

1276. Et comme la courbure du miroir augmente de plus en plus, en approchant de la pointe du cône, puiſque les cercles qui le compoſent vont toujours en diminuant de diametre,

il s'enſuit que ce qui eſt le plus étendu dans l'objet, eſt le plus reſſerré dans l'image. Voilà pourquoi ces objets ſont très-difficiles à reconnoître, ſans le ſecours du miroir. On ne ſe douteroit pas, par exemple, que le carton noirci (*fig.* 202.) doit repréſenter dans le miroir un as de pique à quelqu'un qui met ſon œil dans le prolongement de l'axe du cône. Les points *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, &c. de la circonférence intérieure forment les extrémités de l'image; & les points 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 de la circonférence extérieure, vont ſe réunir au centre de l'image preſque dans un point unique.

Fig. 202.

1277. Ces deux derniers miroirs, le cylindrique (1267) & le conique (1273), ne ſont d'aucune utilité; ils ne ſont que curieux.

Des principes de la Dioptrique.

1278. La Dioptrique eſt une Science qui a pour objet les effets de la lumiere réfractée; c'eſt-à-dire que ſon objet eſt de conſidérer & d'expliquer les effets de la réfraction de la lumiere, lorſqu'elle paſſe par différens milieux, tels que l'air, l'eau, le verre, &c. Or la réfraction de la lumiere eſt une déviation que ſouffrent ſes rayons, en paſſant obliquement d'un milieu dans un autre, d'une réſiſtance différente.

1279. Cette réfraction ne s'obſerve que dans

les milieux tranſparens. Il faut donc concevoir ces milieux, ſolides ou fluides, comme des maſſes dont les pores, alignés en toutes ſortes de directions, ou ſont pleins de la matiere de la lumiere, comme l'ont penſé *Deſcartes & Huyghens* (1179), ou peuvent la laiſſer paſſer en lignes droites, comme l'a cru *Newton* (1180). Si cette matiere eſt animée d'un côté, elle tranſmet ſon mouvement au travers d'une ſurface à l'autre.

1280. Il y a deux conditions abſolument eſſentielles pour que la lumiere ſe réfracte; ſavoir 1°. qu'elle paſſe d'un milieu dans un autre plus ou moins réſiſtant: 2°. que ſa direction ſoit oblique au plan qui ſépare les deux milieux.

1281. La quantité de cette déviation des rayons de lumiere, n'eſt pas la même pour tous les cas. Elle dépend, 1°. de la denſité plus ou moins grande du nouveau milieu dans lequel paſſe le rayon de lumiere: plus cette denſité eſt grande, toutes choſes d'ailleurs égales, plus la réfraction eſt conſidérable.

1282. 2°. Elle dépend de la nature du corps réfringent: ſi c'eſt un corps gras ou un eſprit ardent, la réfraction eſt plus conſidérable qu'elle ne le ſeroit, ſi elle ſe faiſoit dans un corps d'une autre nature, quoiqu'il eût la même denſité.

1283. 3°. Elle dépend du degré d'obliquité d'incidence, avec lequel le rayon tombé ſur la

ſurface du nouveau milieu. La réfraction augmente avec cette obliquité, & proportionnellement à elle.

Fig. 203. 1284. Si un rayon de lumiere *p* C (*fig.* 203.) paſſe de l'air dans l'eau, dans la direction *p*C, perpendiculaire au plan D*d* qui ſépare l'eau de l'air, il continue ſa route dans la direction CP, & ne ſouffre aucune réfraction, parce qu'il manque une des conditions abſolument eſſentielles, qui eſt l'obliquité d'incidence (1280).

1285. Mais ſi le rayon AC paſſe obliquement de l'air dans l'eau, au lieu de continuer ſa route en droite ligne dans la direction CB, il prend la direction C*a*, en s'approchant de la perpendiculaire *p*P au plan D*d* qui ſépare les deux milieux; de maniere que ſon angle de réfraction PC*a* eſt plus petit que ſon angle d'incidence *p*CA.

1286. Si l'incidence étoit plus oblique, la réfraction ſeroit plus conſidérable; & elle eſt toujours proportionnelle à l'obliquité d'incidence (1283); de ſorte que dans tous les cas, où les milieux ne changent point, il y a un rapport conſtant entre l'angle de réfraction & celui d'incidence. Si donc, dans un degré d'obliquité déterminé, l'angle de réfraction eſt à celui d'incidence comme 3 eſt à 4, dans un degré d'obliquité,

quité, ou plus grand ou plus petit, ces deux angles ſeront dans le même rapport.

De ces réſultats on peut déduire les loix générales ſuivantes.

1287. I. Loi. *Les rayons de lumiere ſe réfractent toujours, lorſqu'ils paſſent obliquement d'un milieu dans un autre, d'une denſité ou, en général, d'une réſiſtance différente.*

1288. II. Loi. *Quand la lumiere ſe réfracte, en paſſant d'un milieu plus rare ou, en général, plus réſiſtant, dans un plus denſe ou, en général, moins réſiſtant, l'angle de réfraction eſt plus petit que celui d'incidence;* & vice versâ.

1289. III. Loi. *Quelque grande ou quelque petite que ſoit la réfraction, les ſinus des deux angles de réfraction & d'incidence demeurent toujours en rapport conſtant, quand les milieux ſont les mêmes.*

1290. Ce ſont ordinairement les milieux les plus denſes, qui paroiſſent le moins réſiſter à l'action de la lumiere, & rendre l'angle de réfraction plus petit que celui d'incidence (1281): &, au contraire, ce ſont les milieux les plus rares qui paroiſſent les plus réſiſtans, à moins que ce ne ſoient des corps inflammables, tels que les huiles & les eſprits ardens.

1291. *Deſcartes* & *Fermat* conſidérerent la lumiere comme un corps d'une grandeur ſenſible, & ſur lequel les milieux agiſſent de la

même maniere qu'ils paroiſſent le faire ſur les autres corps : & trouvant que les milieux, que la lumiere traverſe, faiſoient ſur elle des effets contraires à ceux qui devoient réſulter des principes mécaniques, ils imaginerent chacun une hypotheſe pour accorder, dans ce cas, les loix de la mécanique dont on ne peut douter, & les effets phyſiques qui ſont preſque auſſi certains.

1292. On ſait que plus les milieux ſont denſes, plus ils réſiſtent aux corps qui tendent à ſéparer leurs parties en les pénétrant (124) : or, dans ce cas, l'angle de réfraction eſt plus grand que l'angle d'incidence (119) ; parce que la vîteſſe verticale du corps étant diminuée par la réſiſtance du milieu, la vîteſſe horizontale influe davantage dans la direction de la diagonale que le corps parcourt, en obéiſſant à ces deux forces, dans leſquelles ſon mouvement ſe décompoſe (162).

1293. Or il arrive tout le contraire aux rayons de lumiere : plus le milieu qu'ils traverſent eſt denſe, plus le ſinus d'incidence ſurpaſſe celui de réfraction : donc la vîteſſe verticale des rayons eſt augmentée dans ce cas ; & il leur arrive alors tout le contraire de ce que les loix de la mécanique paroiſſent indiquer.

1294. *Deſcartes*, pour les accorder avec l'expérience qu'il ne pouvoit éluder, prétendoit que

plus les milieux étoient denſes, plus ils ouvroient un paſſage facile à la lumiere. Mais c'étoit donner de ce phénomene une raiſon plus capable de le faire révoquer en doute que de l'expliquer.

1295. *Fermat* trouvant l'explication phyſique de *Deſcartes* impoſſible à admettre, aima mieux avoir recours à la Métaphyſique & aux cauſes finales. Il ſe retrancha donc à dire qu'il étoit convenable à la ſageſſe de l'Auteur de la Nature de faire aller la lumiere d'un point à un autre par le chemin du plus court temps, puiſqu'elle n'y va pas par le chemin le plus court, qui ſeroit la ligne droite. Ce principe ne paroît pas meilleur que celui de *Deſcartes*.

1296. *Newton* a trouvé plus aiſé de rendre raiſon de ce phénomene, en lui donnant pour cauſe l'attraction; car ce principe montre que le mouvement progreſſif de la lumiere n'eſt pas ſeulement moins retardé dans le milieu le plus denſe, comme le vouloit *Deſcartes*, mais qu'il eſt réellement accéléré, & cela par l'attraction du milieu plus denſe, lorſqu'il le pénetre.

1297. Ce n'eſt pas ſeulement lorſque le rayon a atteint le milieu réfringent, & au point d'incidence, qu'il agit ſur lui: l'incurvation du rayon commence un peu auparavant; & elle augmente à meſure qu'il approche du milieu réfringent, & même dans l'intérieur de ce milieu juſqu'à

une certaine profondeur. Suppoſons que H I (*fig.* 204.) termine les deux milieux N & *o*, dont le premier N ſoit le plus rare, par exemple, de l'air ; le ſecond *o* plus denſe, ſavoir, du verre. L'attraction des milieux ſera ici comme leurs denſités. Suppoſons que P S ſoit le terme auquel la force attractive du milieu le plus denſe *o* s'étende au dedans du plus rare N, & que R F ſoit le terme auquel s'étend l'attraction du milieu plus rare N dans le milieu plus denſe *o*.

Fig. 204.

1298. Soit maintenant un rayon de lumiere A *a* qui tombe obliquement ſur la ſurface qui ſépare les milieux, ou plutôt ſur la ſurface P S où commence l'action du ſecond milieu *o* qui attire le plus. Toute attraction ſe faiſant ſuivant des lignes perpendiculaires au corps attirant, dès que le rayon arrivera au point *a*, il commencera à être détourné de ſa direction par une force ſupérieure qui l'attire davantage vers le milieu *o* que vers le milieu N, c'eſt-à-dire, par une force qui le pouſſera ſuivant une direction perpendiculaire à la ſurface H I : de là vient que le rayon s'écarte de la ligne droite à chaque point de ſon paſſage entre P S & R F, qui ſont les limites au dedans deſquelles l'attraction agit. Il décrira donc une courbe *a* B *b* entre ces deux lignes. (Il faut ſuppoſer cette ligne courbe tracée, quoique nous ne l'ayons repréſentée que par deux

lignes droites *a* B, B*b*, qui font un angle en B). Mais étant parvenu au delà de R F, il ſe trouvera hors de la ſphere d'attraction du milieu N (1297) : ce qui fait qu'il ſera attiré également en tous ſens par le milieu *o*, &, par conſéquent, s'avancera en ligne droite vers C, ſuivant la direction de la tangente à la courbe *a* B *b*.

1299. Suppoſons de nouveau que N ſoit le milieu le plus denſe, *o* le plus rare, & H I la ligne qui les termine. Soit R F la diſtance à laquelle le milieu le plus denſe N étend ſa force attractive dans le plus rare *o* : le rayon A *a* ayant paſſé le point *a*, ſera, à la vérité, dans la ſphere de l'attraction ſupérieure du milieu le plus rare *o* ; mais comme cette attraction agit moins puiſſamment que celle du milieu le plus denſe N, le rayon s'éloignera continuellement de ſon droit chemin A M, & s'approchera perpendiculairement vers P S : étant donc ainſi pouſſé par deux différentes forces, il aura un mouvement compoſé (168), par lequel, au lieu de *a* M, il décrira la courbe *a* B *m*.

1300. Il faut obſerver que l'attraction du milieu le plus denſe, de N, par exemple, diminue continuellement à meſure que le rayon avance de B vers la limite de l'attraction R F, à cauſe qu'il ſe trouve de plus en plus un moindre nombre de parties qui agiſſent ; car plus le corps

s'approche de R F, plus il s'éloigne du milieu supérieur N, & plus, par conséquent, l'attraction de ce milieu devient foible. C'est pour cela que le rayon décrit une courbe (168).

1301. Il faut remarquer que la distance entre P S & R F, limites de l'attraction, étant fort petite, on ne fait point attention, quand il est question de réfraction, à la partie courbe du rayon; mais on la considere comme composée de deux lignes droites A B, B C, ou A B, B *m*.

1302. On voit donc comment l'attraction rend compte de tout ce qui arrive à la lumiere dans son passage d'un milieu dans un autre; car (1298) le rayon augmente sa vîtesse verticale dans le milieu plus dense *o* qu'il traverse, jusqu'à ce qu'il soit parvenu au point *b* où les parties supérieures & inférieures de ce corps agissent également sur lui. Alors il continue son chemin avec la vîtesse acquise, jusqu'à ce qu'étant prêt à en sortir, les parties supérieures de ce milieu l'attirent plus fortement que les parties inférieures: c'est ce qu'il est aisé de voir, en supposant, comme nous l'avons fait (1299), que N est le milieu le plus dense, & *o* le plus rare. Dans ce cas-là, la vîtesse verticale du rayon *a* B, qui est prêt à sortir du milieu N, est continuellement diminuée; & la courbe *a* B *m*, qu'il décrit à son émergence, est parfaitement égale & semblable à celle *a* B *b*

que nous avons dit (1298) qu'il a décrit à ſon incidence, pourvu toutefois que l'on ſuppoſe paralleles les ſurfaces qui terminent le milieu réfringent. Et cette courbe *a B m* eſt dans une poſition oppoſée à celle de la premiere *a B b* qu'il avoit décrit. Enfin le rayon, en ſortant du milieu le plus denſe, paſſe par des degrés de retardation qui ſont dans le même rapport, & dans le même ordre, mais inverſe, que les degrés d'accélération qu'il a eu en y entrant.

1303. *Newton*, qui étoit auſſi ſupérieur dans l'art de faire des expériences, que dans celui de les employer, a trouvé, en examinant la déviation du rayon dans les différens milieux, que l'attraction exercée ſur les particules de la lumiere eſt en raiſon de la denſité de ces milieux, ſi cependant l'on en excepte ceux qui ſont gras & inflammables.

1304. On déduit auſſi du principe de l'attraction la cauſe pour laquelle la réfraction ſe change en réflexion à une certaine obliquité d'incidence, lorſque le rayon va d'un milieu plus denſe dans un moins denſe; car dans le paſſage du rayon C B d'un milieu plus denſe *o* dans un autre N qui l'eſt moins, la courbe *b B a* qu'il décrit (1298) eſt infléchie vers le milieu plus denſe *o* d'où il ſort. Or la proportion entre ſon obliquité & la force qui le rappelle vers le corps *o*, peut être

telle qu'il arrive à la ſituation parallele à la ſurface HI du milieu *o* qu'il abandonne, avant d'être ſorti des limites PS dans leſquelles l'attraction de ce corps agit ſur lui : & l'on voit qu'alors il doit retourner vers le milieu réfringent *o* d'où il ſortoit, en décrivant une branche de courbe égale & ſemblable à celle *b*B, qu'il avoit décrite en ſortant, & reprendre, par conſéquent, après être rentré dans le milieu, la même inclinaiſon que celle qu'il y avoit avant d'en ſortir.

1305. D'où il ſuit que plus les milieux contigus different en denſité, moins il faut d'obliquité d'incidence pour que la réflexion commence ; & c'eſt ce que prouve l'expérience : car le cas où les rayons ſe réfléchiſſent à la plus petite obliquité d'incidence, eſt celui où l'eſpace contigu au milieu réfringent eſt purgé d'air, & où le vide approche le plus du parfait. C'eſt auſſi ce qui arrive dans la machine pneumatique, dans laquelle plus on augmente le vide, plus un rayon de lumiere ſe réfléchit promptement.

1306. On ſent aiſément que, lorſque le rayon AB paſſe d'un milieu plus rare N dans un plus denſe *o*, la réfraction ne peut jamais ſe changer en réflexion, quelle que ſoit l'obliquité d'incidence ; car lorſque la lumiere eſt prête d'abandonner le milieu moins denſe N,

l'autre *o*, qui lui eſt contigu, commence à agir ſur elle, & augmente ſa vîteſſe verticale (1296): ainſi elle ne peut jamais être détruite dans ce paſſage, puiſqu'elle eſt, au contraire, perpétuellement augmentée. Le rayon de lumiere ne peut donc jamais retourner vers le milieu moins denſe N.

1307. L'explication que nous venons de donner (1296 *& ſuiv.*) quadre ſi bien avec les phénomenes, qu'il eſt du moins très-probable que l'attraction des milieux que la lumiere traverſe, eſt la cauſe de la réfraction de ſes rayons; mais nous n'oſons l'aſſurer; parce que l'attraction, comme telle, n'eſt pas aſſez clairement prouvée.

1308. Il eſt cependant vrai de dire qu'il y a une exception qui diminue un peu la valeur de cette explication. Suivant *Newton* (1303) & ſuivant l'expérience, l'attraction des milieux ſur la lumiere eſt en raiſon directe de leurs denſités: mais il n'eſt pas moins vrai, de l'aveu même de *Newton*, que les eſprits ardens & les huiles, quoique moins denſes que l'eau, attirent plus puiſſamment qu'elle les rayons de lumiere. Ne pourroit-on pas dire que, comme les rayons de lumiere agiſſent avec plus de force ſur ces corps que ſur les autres, pour les embraſer; de même ces corps, par leur attraction, agiſſent avec plus de force ſur les rayons

de lumiere pour les réfracter ? Mais, ce qui dérange encore plus notre explication, c'eſt que les pouvoirs réfractifs de chacun de ces corps inflammables, comparés enſemble, ne ſuivent point les rapports de leurs denſités, comme je l'ai trouvé par expérience. (*Voyez Mémoires de l'Acad. des Sciences, an.* 1777, *pag.* 548.) Car l'huile volatile de térébenthine, qui a une denſité moindre que celle de l'huile volatile de lavande, & que celle des huiles fixes d'olives & d'amandes douces, a cependant un pouvoir réfringent plus grand. De même l'huile volatile de karabé a un pouvoir réfringent plus grand que celui de l'huile volatile de romarin, qui a plus de denſité qu'elle.

1309. Il y a toujours pluſieurs rayons de lumiere qui agiſſent enſemble, pour tracer l'image d'un objet. Or ces rayons peuvent être différemment diſpoſés relativement les uns aux autres : ils peuvent être ou paralleles entre eux, ou convergens, ou divergens : & les ſurfaces des milieux réfringens peuvent être ou planes, ou convexes, ou concaves. Voici ce qui arrive dans ces différens cas, d'après le principe & les loix établis ci-deſſus (1284 & *ſuiv.*).

1310. 1°. Suppoſons que la ſurface du milieu réfringent ſoit plane, & que ce nouveau milieu, dans lequel paſſe la lumiere, ſoit plus

Fig. 196.

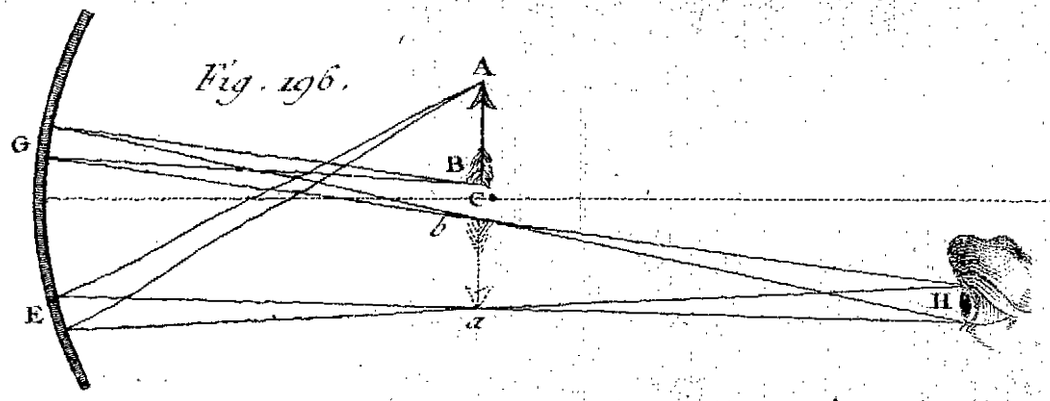


Fig. 197.

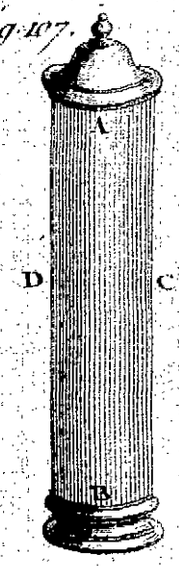


Fig. 198.

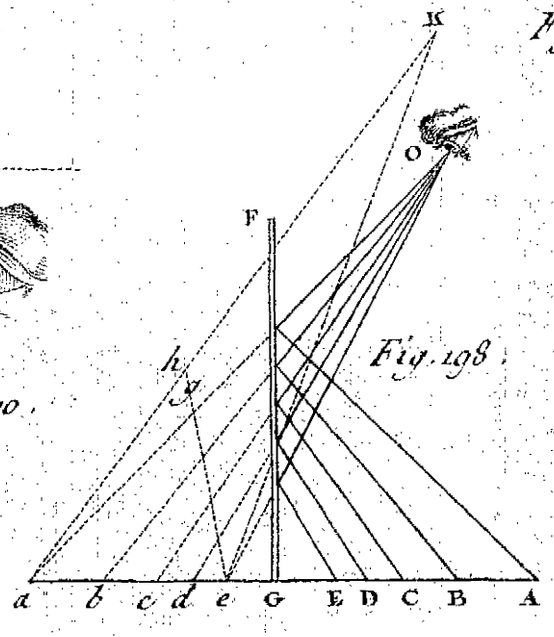


Fig. 200.

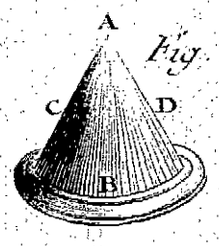


Fig. 199.

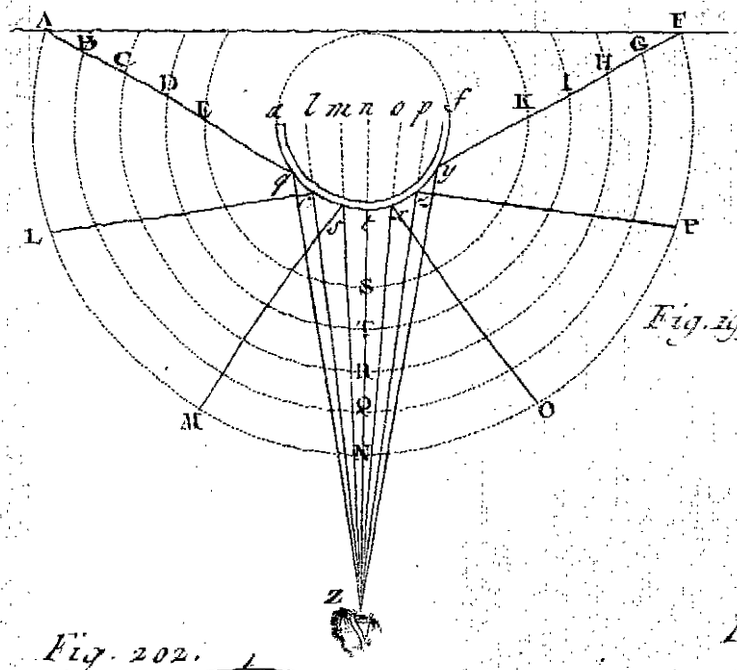


Fig. 204.

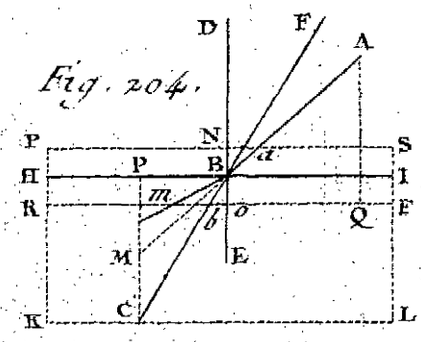


Fig. 201.

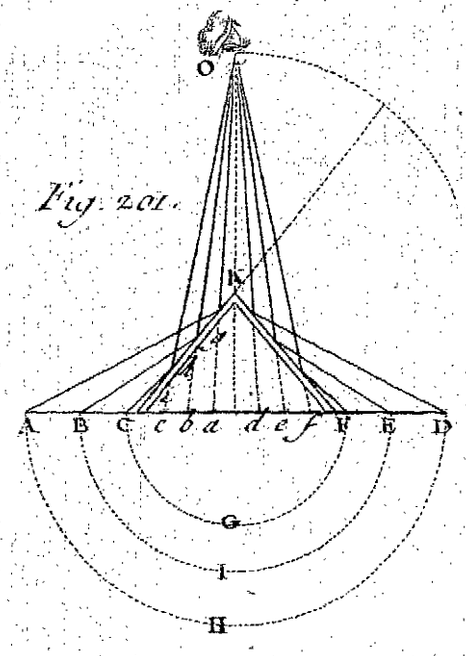


Fig. 202.

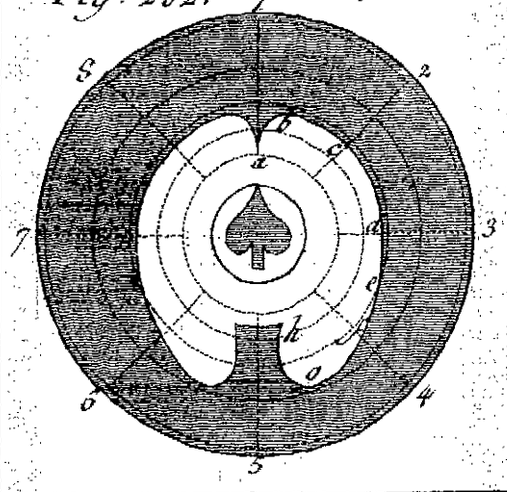
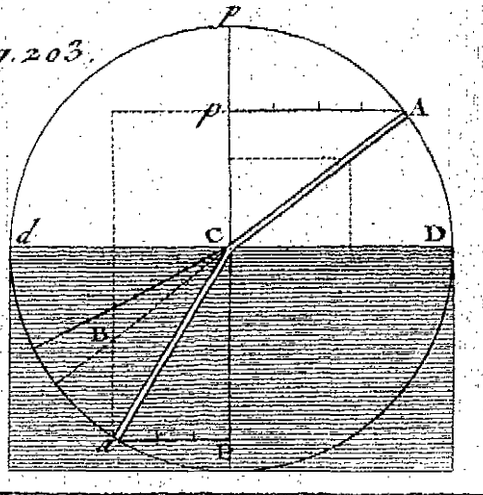


Fig. 203.



Benard Dir. excit.

denſe ou moins réſiſtant (1290) que celui d'où la lumiere ſort.

1311. Les rayons paralleles, en ſe réfractant, conſervent leur paralléliſme, ſoit en entrant dans le milieu réfringent, ſoit en en ſortant, pourvu que les deux ſurfaces du milieu réfringent ſoient elles-mêmes paralleles. Les deux rayons EA, EA, (*fig.* 205.) après s'être réfractés, en s'approchant des perpendiculaires *p*, *p*, ſe trouvent paralleles, comme ils l'étoient auparavant. Or cela doit être, ſuivant les principes établis ci-deſſus; car le rayon AC (*fig.* 208.), rencontrant la ſurface EF du milieu réfringent, ne doit pas continuer ſa route dans la ligne droite C*b*; mais il doit ſouffrir une déviation au point de contact C, s'approcher de la perpendiculaire P*p*, & arriver en *a*. *Fig.* 205. *Fig.* 208.

1312. Enſuite ſortant du milieu réfringent, en ſuppoſant la ſurface GH, parallele à EF, il doit aller en B, en s'écartant de la perpendiculaire P*p* autant qu'il s'en étoit rapproché dans ſa premiere réfraction (1311), & ſe trouver ainſi parallele à la direction C*b*, qu'il auroit conſervée, ſans la rencontre du milieu réfringent.

1313. Mais ce paralléliſme ne peut pas ſubſiſter, ſi les deux ſurfaces KL, HI (*fig.* 209.) du milieu réfringent ſont inclinées l'une à l'autre, *Fig.* 209.

parce que les deux réfractions, en entrant en *a* & en ſortant en *b*, ſe font dans le même ſens; & du point B, on voit l'objet A en *e*, hors de ſon vrai lieu.

1314. Les rayons convergens deviennent moins convergens, en paſſant d'un milieu plus rare ou plus réſiſtant dans un milieu plus denſe ou moins réſiſtant; & au contraire leur convergence augmente, en paſſant du milieu plus denſe dans le plus rare. *Voyez la fig.* 206, où les rayons, qui devroient converger en E, vont converger plus loin, en entrant dans le milieu réfringent AD; & au contraire, en ſortant de BC, ils vont converger en F plus près qu'ils n'auroient fait ſans cette réfraction. Cela doit encore être, ſuivant nos principes. Car les deux rayons convergens *lg*, *fg*, (*fig.* 210.) rencontrant la ſurface IH du milieu réfringent, ne continuent point leur route vers *i*, mais ſe réfractent en s'approchant de la perpendiculaire, & vont en *h*, *h*; ce qui les rend moins convergens.

Fig. 206.

Fig. 210.

1315. Au contraire, en ſortant de la ſurface LK, ils ſe réfractent en s'éloignant de la perpendiculaire, & vont converger en *k*, plus près qu'ils n'auroient fait ſans cela.

1316. Les rayons divergens deviennent moins divergens, en paſſant d'un milieu plus rare dans un plus denſe; &, au contraire, leur divergence

augmente en paſſant du milieu plus denſe dans le plus rare. *Voyez la fig.* 207, où les rayons, qui, après s'être croiſés, ſont devenus divergens, diminuent de divergence en E en entrant par la ſurface A D du milieu réfringent, & en augmentent en ſortant de ce milieu en B C. En effet, les rayons divergens *k h*, *k h* (*fig.* 210.), rencontrant la ſurface L K du milieu réfringent, ne continuent point leur route vers G & G, mais ſe réfractent en s'approchant de la perpendiculaire, & vont en *g*, *g*; ce qui les rend moins divergens. *Fig.* 207. *Fig.* 210.

1317. Au contraire, en ſortant de la ſurface I H, ils ſe réfractent en s'éloignant de la perpendiculaire, & vont vers *l* & *f*, ce qui les rend plus divergens.

1318. 2°. Suppoſons que la ſurface du milieu réfringent ſoit convexe, & que ce nouveau milieu, dans lequel paſſe la lumiere, ſoit plus denſe ou moins réſiſtant (1290) que celui d'où ſort la lumiere; par exemple, que ce dernier ſoit de l'air, & que le milieu réfringent ſoit de l'eau.

1319. Les rayons paralleles deviennent convergens. *Voyez la fig.* 211 qui repréſente ce phénomene. Cela doit encore être, ſuivant nos principes. Car les rayons paralleles *h i*, *f g*, (*fig.* 216.) tombant obliquement ſur le milieu réfrin- *Fig.* 211. *Fig.* 216.

gent terminé par la ſurface convexe $g E i$, & leurs obliquités étant en ſens contraire l'une de l'autre, doivent, en ſe réfractant & s'approchant chacun de la perpendiculaire $i C$ ou $g C$, tendre à ſe réunir vers l'axe A B.

1320. Il faut de plus remarquer qu'ils ſe réuniſſent à l'axe A B d'autant plus près de la ſurface réfringente $g E i$, qu'ils tombent ſur un point plus éloigné de l'axe; parce qu'alors leur incidence eſt plus oblique (1283). Auſſi le rayon $k i$ ſe réunit à l'axe en k, & le rayon $d e$ ne s'y réunit qu'en D.

1321. Si les rayons ſont déjà convergens, lorſqu'ils arrivent à la ſurface réfringente convexe, ou ils tendent à converger préciſément au centre de la convexité, ou leur point naturel de convergence ſe trouve plus près de la ſurface réfringente que le centre de ſa courbure, ou ces rayons tendent à converger au delà de ce même centre.

1322. Dans le premier cas, les rayons ne ſouffrent aucune déviation. (*Voyez fig.* 212.). Les rayons convergent en A, comme ils l'auroient fait ſans l'interpoſition du corps réfringent; parce qu'il manque une condition eſſentielle pour la réfraction, qui eſt l'obliquité d'incidence (1280). Car les rayons $e f$ & $d h$ (*fig.* 217.) tendans à converger en C, centre de la

Fig. 212.

Fig. 217.

convexité, ſont comme autant de prolongemens des rayons de cette convexité.

1323. Dans le ſecond cas, ſavoir, celui où les rayons tendent à converger plus près de la ſurface réfringente que le centre de ſa courbure, les rayons deviennent moins convergens (*fig.* 213.) : ils tendoient à converger en *b*; ils ne vont converger qu'en B. Car le rayon *i h* (*fig.* 217.) tendant au point *k* de l'axe A B plus près de la ſurface réfringente *h b f* que le centre C, en s'approchant de la perpendiculaire *d* C, s'éloigne de cette ſurface, & va joindre l'axe vers *o*. *Fig.* 213. *Fig.* 217.

1324. Dans le troiſieme cas, ſavoir, celui où les rayons tendent à converger au delà du centre de la convexité du corps réfringent, les rayons deviennent plus convergens (*fig.* 214.) : ils tendoient à converger en *c*, & ils convergent en C; car le rayon *g h* (*fig.* 217.) tendant au point *l* de l'axe A B, plus éloigné de la ſurface réfringente *h b f* que ne l'eſt le centre C, en s'approchant de la perpendiculaire *d* C, ſe rapproche de cette ſurface, & va joindre l'axe en *p*, qui eſt le point où un autre rayon, venant de l'autre côté avec le même degré d'obliquité d'incidence, viendroit converger avec ce rayon *g h p*. C'eſt là le cas qui arrive le plus ordinairement. *Fig.* 214. *Fig.* 217.

1325. Si les rayons ſont divergens en arrivant à la ſurface réfringente, ils perdent pour

le moins une partie de leur divergence (*Voyez fig.* 215.); cela peut aller jusqu'à les rendre paralleles ou même convergens. Les rayons divergens *am*, *al* (*fig.* 218.), en arrivant à la surface réfringente *mbl*, ne vont point en lignes droites en *f* & en *e*, mais souffrent chacun une réfraction, qui, les approchant des perpendiculaires *c*C, *c*C, les fait aller vers *g* & *h*, & diminue leur divergence.

Fig. 215.

Fig. 218.

1326. Si en arrivant à la surface réfringente, les rayons étoient beaucoup moins divergens, tels que les rayons *dm* & *il* (ce qui est le cas le plus ordinaire), leurs réfractions les rendroient convergens vers B.

1327. Supposons maintenant que les rayons de lumiere passent du milieu dense dans un plus rare, & que ce milieu dense est encore terminé de ce côté-là par une surface convexe.

1328. Les rayons paralleles deviennent convergens. Car les rayons paralleles *de*, *gi* (*fig.* 219.), en arrivant à la surface convexe *e*D*i*, au lieu de continuer leur route en lignes droites vers *f* & *h*, vont, en s'éloignant des perpendiculaires *a*C, *b*C, converger en *k*.

Fig. 219.

1329. Les rayons convergens deviennent plus convergens. Soient les rayons *le*, *ni*, qui, sans le changement de milieu, iroient vers *m* & *o*, & de là se réunir à une assez grande distance; ils

ils vont, moyennant la réfraction qu'ils ſouffrent, en s'éloignant des perpendiculaires *a* C, *b* C, ſe réunir vers *p*.

1330. Si les rayons ſont divergens, ou leur point naturel de divergence part du centre C de la convexité *e* D *i*; ou il part d'un point, comme *r*, plus près de cette convexité que le centre C de ſa courbure; ou il part d'un point, comme *q*, qui en eſt plus éloigné.

1331. Dans le premier cas, les rayons C *a*, C *b*, ne ſouffrent aucune réfraction; parce qu'étant des rayons mêmes de la convexité *e* D *i*, il n'y a point d'obliquité d'incidence.

1332. Dans le ſecond cas, les rayons *r e*, *r i*, partant du point *r*, ne vont ni vers *s* ni vers *t*; mais, en s'éloignant des perpendiculaires *a* C, *b* C, ils ſe portent vers *x* & *y*, & deviennent par-là plus divergens qu'ils ne l'étoient.

1333. Dans le troiſieme cas, les rayons divergens *q e*, *q i*, deviennent moins divergens; car, au lieu d'aller vers *z* & *z*, ils ſe reſſerrent vers *g* & *h* en s'éloignant des perpendiculaires *a* C, *b* C. Ils peuvent devenir paralleles, ou même convergens, ſuivant le plus ou le moins de divergence qu'ils ont, lorſqu'ils arrivent à la ſurface *e* D *i*.

1334. 3°. Suppoſons que la ſurface du milieu réfringent ſoit concave, & que ce nouveau milieu,

dans lequel paſſe la lumiere, ſoit plus denſe que celui d'où la lumiere ſort : que ce ſoit encore de l'air & de l'eau.

1335. Les rayons paralleles deviennent diver-
Fig. 220. gens (*fig.* 220.) ; car les rayons paralleles *a b* &
Fig. 224. *d e* (*fig.* 224.), arrivant à la ſurface réfringente concave *e h b*, ſe réfractent en s'approchant des perpendiculaires *f* C, *g* C ; ce qui les rend divergens.

1336. Si les rayons ſont convergens, lorſqu'ils arrivent à la ſurface réfringente concave, ils perdent, pour le moins, une partie de leur con-
Fig. 221. vergence (*fig.* 221.) ; & cela peut aller juſqu'à les rendre paralleles ou même divergens ; car les
Fig. 225. rayons *a b* & *d e* (*fig.* 225.), qui tendent à converger en O, deviennent moins convergens en ſe réfractant & s'approchant des perpendiculaires *f* C & *g* C ; & ne ſe réuniſſent qu'en *i*. S'ils étoient moins convergens, la réfraction pourroit les rendre paralleles ou même divergens.

1337. Si les rayons ſont divergens, lorſqu'ils arrivent à la ſurface réfringente concave, ou leur point de divergence ſe trouve préciſément au centre de la concavité, ou il ſe trouve plus près de la ſurface réfringente que n'en eſt le centre, ou il s'en trouve plus éloigné.

1338. Dans le premier cas, les rayons ne ſouffrent aucune déviation ; car ils n'ont point d'o-

bliquité d'incidence; puiſque les rayons Cb & Ce (*fig.* 226.) ſont des rayons de cette concavité : ils continuent donc leur route en F & en g, comme ils l'auroient fait ſans l'interpoſition du milieu réfringent. *Fig.* 226.

1339. Dans le ſecond cas, les rayons deviennent moins divergens (*fig.* 222.). Car les deux rayons divergens kb & ke (*fig.* 226.), au lieu d'aller en d & h, ſe rendent vers a & c, en s'approchant des perpendiculaires fC & gC. *Fig.* 222. *Fig.* 226.

1340. Dans le troiſieme cas, & c'eſt le plus ordinaire, les rayons deviennent plus divergens (*fig.* 223.); car les rayons lb & le (*fig.* 226.) tendans en m & en n, ſe rendent en i & en o par la réfraction qu'ils ſouffrent, en s'approchant des perpendiculaires fC & gC, & deviennent, par-là, plus divergens qu'ils ne l'étoient. *Fig.* 223. *Fig.* 226.

1341. Suppoſons maintenant que les rayons de lumiere paſſent du milieu denſe dans un plus rare, & que ce milieu denſe eſt encore terminé de ce côté-là par une ſurface concave.

1342. Les rayons paralleles deviennent divergens. Car les rayons paralleles de, gi (*fig.* 227.) en arrivant à la ſurface concave eDi, au lieu de continuer leur route en lignes droites vers f & h, ſe portent vers m & p, en s'éloignant des perpendiculaires Ca, Cb, ce qui les rend divergens. *Fig.* 227.

1343. Si les rayons ſont convergens, ou leur

point de convergence tend préciſément au centre C de la concavité *e*D*i*; ou il tend à un point, comme *n*, plus près de cette concavité que n'en eſt le centre C de ſa courbure; ou il tend à un point, comme *l*, qui en eſt plus éloigné.

1344. Dans le premier cas, les rayons *ae*, *bi*, ne ſouffrent aucune réfraction; parce qu'étant des prolongemens des rayons C*e*, C*i* de la concavité *e*D*i*, il n'y a point d'obliquité d'incidence.

1345. Dans le ſecond cas, les rayons *qe*, *ri*, tendant à converger au point *n*, plus près de la ſurface concave *e*D*i* que n'eſt ſon centre C, vont, en s'éloignant des perpendiculaires C*e*, C*i*, ſe réunir vers *o*; ce qui les rend plus convergens qu'ils ne l'étoient.

1346. Dans le troiſieme cas, les rayons deviennent, au contraire, moins convergens. Car les rayons *ſe*, *ti*, qui tendent naturellement à converger au point *l*, au delà du centre C de la concavité *e*D*i*, vont, en s'éloignant des perpendiculaires C*e*, C*i*, ſe réunir en *k*, plus loin qu'ils ne l'auroient fait ſans leur réfraction. S'ils étoient peu convergens, en arrivant à la ſurface concave *e*D*i*, la réfraction pourroit les rendre paralleles ou même divergens.

1347. Les rayons divergens, en arrivant à la ſurface concave *e*D*i*, deviennent plus divergens.

Soient les rayons E*e*, E*i* divergens du point E, qui, ſans le changement de milieu, iroient vers *u* & *x*; ils ſe portent, moyennant la réfraction qu'ils ſouffrent, en s'éloignant des perpendiculaires C*e*, C*i*, vers *y* & *z*; ce qui les rend plus divergens.

1348. Le rapport du ſinus de l'angle d'incidence au ſinus de l'angle de réfraction eſt conſtant, quand les milieux ſont les mêmes (1286). Si la réfraction ſe fait de l'air dans le verre, ce rapport paroît plus grand que 114 à 76, mais moindre que 115 à 76, c'eſt-à-dire, à très-peu de choſe près, comme 3 à 2. Il y a, à la vérité, quelque différence dans la quantité de réfraction, ſelon les différentes eſpeces de verre; mais une très-grande préciſion n'eſt point abſolument néceſſaire.

1349. Si la réfraction ſe fait de l'air dans l'eau de pluie ou diſtillée, *Deſcartes* a trouvé que le rapport du ſinus de l'angle d'incidence au ſinus de l'angle de réfraction, eſt comme 250 à 187, c'eſt-à-dire, à très-peu près, comme 4 à 3. *Newton* l'a fait comme 529 à 376; ce qui eſt à peu près la même choſe.

1350. Puiſque le rapport du ſinus de l'angle d'incidence au ſinus de l'angle de réfraction, eſt, de l'air dans le verre, comme 3 à 2 (1348); & de l'air dans l'eau, comme 4 à 3: ſi la réfrac-

tion ſe fait d'une maniere contraire, ſavoir, du verre ou de l'eau dans l'air, ce rapport ſera, dans le premier cas, comme 2 à 3 ; & dans le ſecond, comme 3 à 4.

1351. Un rayon de lumiere qui tombe ſur une ſurface courbe, ſoit convexe ou concave, ſe réfracte de la même maniere que s'il tomboit ſur un plan tangent à la courbe au point d'incidence. Car la courbe & la ſurface plane, qui la touche, ont une portion infiniment petite commune entre elles. Donc, quand un rayon de lumiere ſe réfracte dans cette petite partie, c'eſt la même choſe que s'il ſouffroit une réfraction dans le plan tangent.

1352. D'après ce que nous venons de dire (1309 *& ſuiv.*), il eſt aiſé de rendre raiſon des apparences des objets vus au travers de différens milieux. Puiſque des rayons divergens E*c*, E*d* (*fig.* 210.) augmentent de divergence en paſſant d'un milieu denſe dans un plus rare, terminés par une ſurface plane (1317), il s'enſuit qu'ils ont leur point fictif *e* de réunion plus près que le réel E. Donc, ſi l'œil eſt placé dans le milieu rare, les objets placés dans le milieu denſe lui paroîtront plus près qu'ils ne le ſont. De là vient que le fond d'un baſſin plein d'eau paroît élevé : & c'eſt ce qui fait que les poiſſons & autres objets, qui ſont plongés dans l'eau, nous paroiſſent

Fig. 210.

plus près de la ſurface qu'ils ne le ſont en effet. Et ſi l'objet eſt un peu grand, ſes extrémités paroiſſent plus rapprochées; ce qui le fait paroître courbe.

1353. Et comme les rayons convergens *gh*, *g h*, augmentent de convergence, en paſſant d'un milieu denſe dans un plus rare terminés par une ſurface plane (1315), il s'enſuit qu'ils ſe réuniſſent plus près, comme en *k*; & qu'ils font voir l'objet *g g* ſous un angle G*k*G plus ouvert, & le font, par conſéquent, juger plus grand. Auſſi juge-t-on les poiſſons, les pierres, les plantes, &c. plus grands dans l'eau que dans l'air.

1354. Mais comme le contraire arrive lorſque les rayons paſſent d'un milieu rare dans un plus denſe: comme, en pareil cas, les rayons divergens deviennent moins divergens (1316); & les convergens, moins convergens (1314), il s'enſuit que les objets, placés dans le milieu rare, doivent paroître à l'œil, placé dans le milieu denſe, & plus éloignés & plus petits qu'ils ne le ſont. C'eſt ainſi que les poiſſons, qui ſont plongés dans l'eau, voient les objets placés dans l'air.

Des Lentilles.

1355. Les verres convexes ou les lentilles, c'eſt-à-dire, les corps tranſparens travaillés des

deux côtés en forme de ſphere, ou, ce qui eſt la même choſe, terminés de part & d'autre par une ſurface ſphérique convexe, ont la propriété de réunir les rayons de lumiere qui les traverſent : c'eſt-à-dire, qu'ils rendent convergens les rayons paralleles (1319 & 1328); qu'ils augmentent la convergence des rayons déjà convergens (1324 & 1329); & que, pour le moins, ils diminuent la divergence des rayons divergens : & cela peut aller juſqu'à les rendre paralleles ou même convergens (1325 & 1333). De ſorte qu'après avoir ſouffert les deux réfractions, l'une en entrant, l'autre en ſortant du verre convexe, les rayons de toutes les eſpeces, ſoit paralleles, ſoit convergens, ſoit divergens, ſe réuniſſent en formant des angles plus ouverts, & font, par conſéquent, voir les images des objets plus grandes (1208) que les objets mêmes. Les rayons paralleles *b d*, *b e* (*fig.* 228.), qui, ſans les réfractions, ne ſe réuniroient jamais, en traverſant la lentille *d e*, ſe réuniſſent en *f* foyer des rayons paralleles. Les rayons convergens A *d*, *a e*, qui, ſans les réfractions, n'iroient ſe réunir qu'en *g*, en traverſant la lentille, ſe réuniſſent en *h*, en formant un angle plus ouvert. Les rayons divergens *c d*, *c e*, qui, ſans les réfractions, iroient toujours en s'écartant, en traverſant la lentille, vont ſe réunir en *g*. La portion *c c* de l'objet paroît donc ſous

Fig. 228.

l'angle A *g a*, &, par conſéquent, de la grandeur A *a*, &c.

1356. L'image de l'objet paroît derriere la lentille, dans un endroit plus éloigné que celui où l'objet eſt placé. Cela vient de ce que les rayons de chaque faiſceau, partant de chaque point de l'objet (1190), deviennent, par les réfractions, moins divergens (1325), & ont, par-là, leur point fictif de réunion plus éloigné. Le point F (*fig.* 229.), vu au travers de la lentille *m n*, paroît donc en *f*. *Fig.* 229.

1357. Mais pour que l'image de l'objet ſoit vue derriere la lentille, il faut que l'objet ſoit placé plus près de la lentille que le foyer *f* (*fig.* 228.) des rayons paralleles; car ſi l'objet étoit *Fig.* 228. en *l* (*fig.* 229.), plus loin que le foyer des *Fig.* 229. rayons paralleles, les rayons de chaque faiſceau, en arrivant à la ſurface *m* de la lentille, étant trop peu divergens, deviendroient, en la traverſant, paralleles ou même convergens (1326), & n'auroient pas de point fictif de réunion : on ne verroit donc pas l'image derriere la lentille.

1358. Mais ſi ces rayons deviennent convergens, cette image peut ſe faire voir en deçà de la lentille, entre la lentille & l'œil. Suppoſons C (*fig.* 230.) le foyer des rayons paralleles de *Fig.* 230. la lentille *m n*, & un objet placé au de là en A B : les faiſceaux de rayons A *n*, B *m*, partant de

chaque point, étant trop peu divergens en arrivant à la lentille, deviennent convergens en la traverſant, & vont tracer en *ab* une image renverſée, qui peut être apperçue par un œil placé en D, c'eſt-à-dire, au point où les rayons, après avoir tracé l'image en ſe croiſant, ont repris le degré de divergence convenable, & où tous les faiſceaux, venant de chaque point, peuvent converger au même œil.

1359. Cette image eſt néceſſairement renverſée; parce qu'il n'y a que des faiſceaux de rayons qui ſe ſoient croiſés entre l'objet & la lentille, qui puiſſent enſuite converger au même œil.

1360. C'eſt cette propriété des lentilles, de former au devant d'elles des images des objets éloignés, qui eſt le principe ſur lequel eſt fondée la conſtruction des téleſcopes dioptriques, comme nous le verrons ci-après (1574): car, dans un tel téleſcope, ce ſont ces images, & non pas les corps, qui ſont l'objet immédiat de la viſion.

1361. Les lentilles font entrer dans l'œil des rayons qui n'y entreroient pas ſans elles; parce qu'elles rendent la lumiere moins divergente (1355). Par cette raiſon, ces verres nous font voir les objets avec plus de clarté: mais, d'un autre côté, il y a beaucoup de rayons réfléchis ou éparpillés en entrant, en ſortant, & dans l'épaiſſeur du verre: ce qui diminue quelquefois plus

Fig. 208.

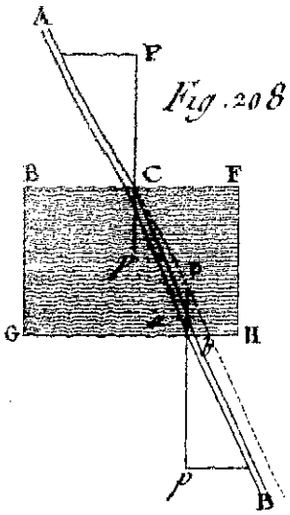
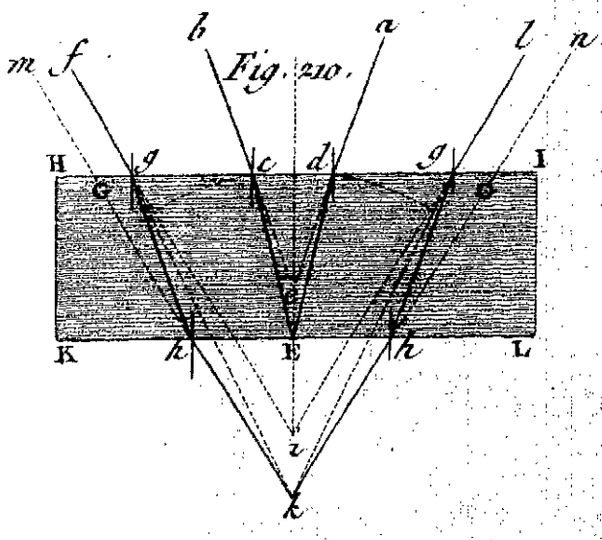


Fig. 210.



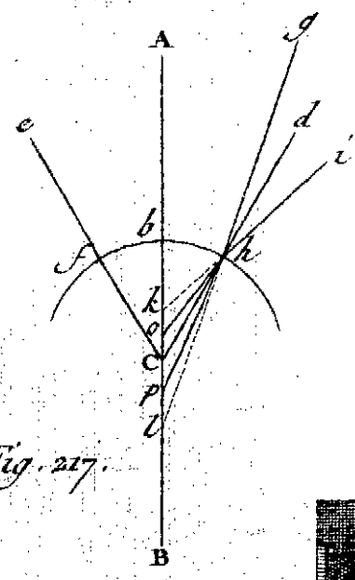
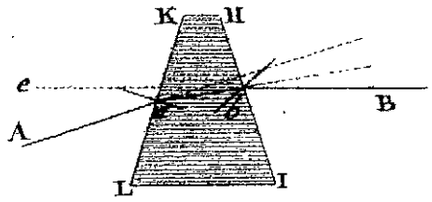


Fig. 217.

Fig. 209.



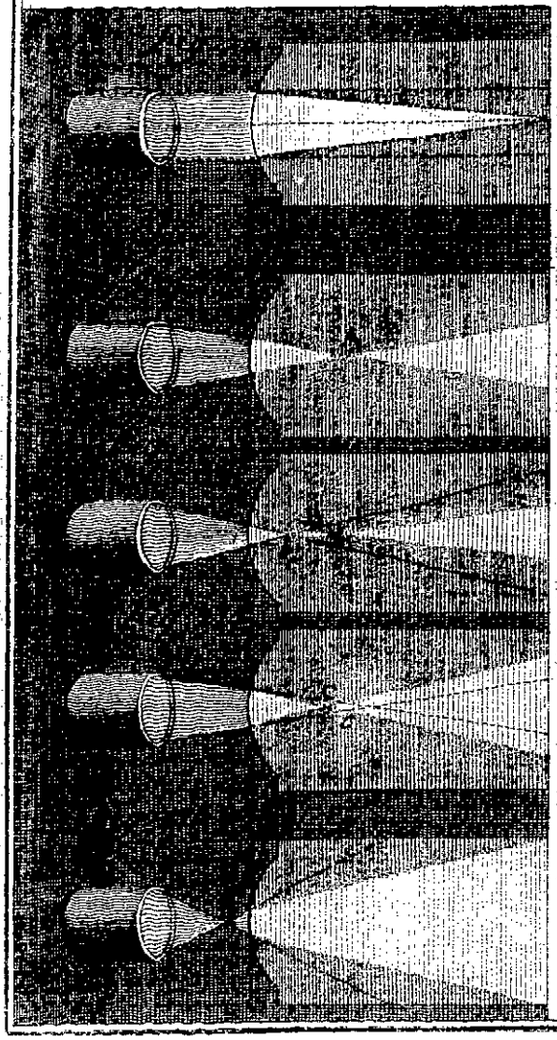


Fig. 216.

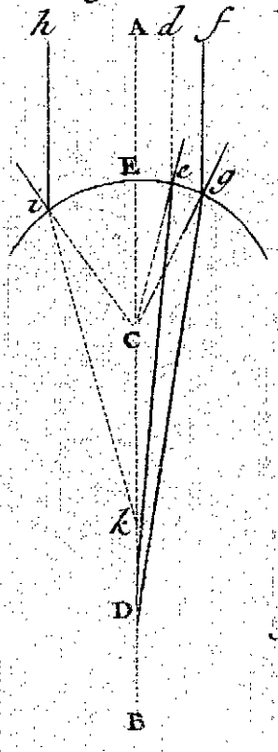
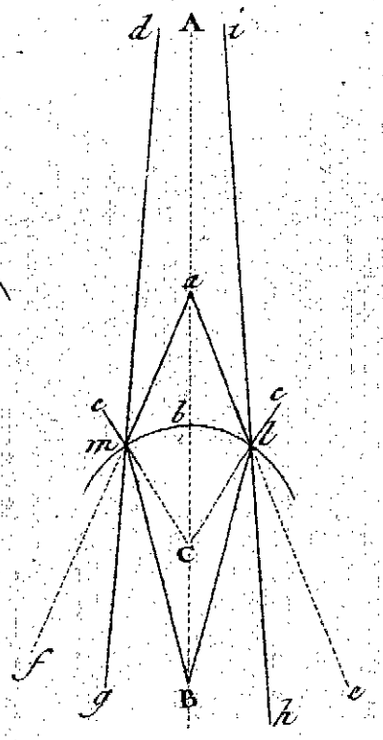
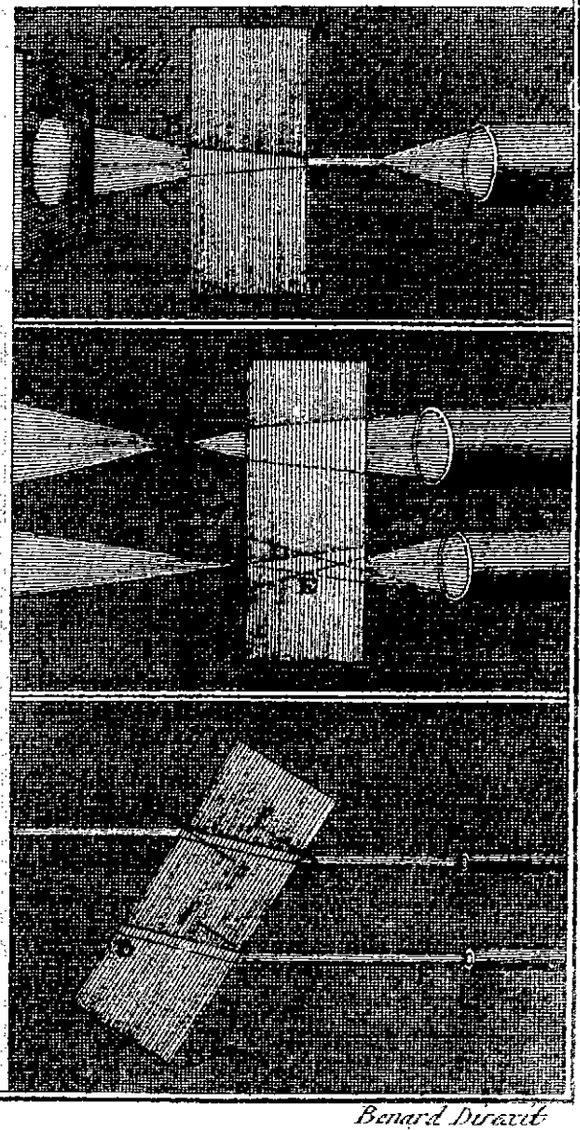


Fig. 218.





Benard Direxit

la clarté, que la réunion des rayons ne l'augmente.

1362. Ce qu'on regarde au travers d'une lentille, paroît ſouvent difforme. C'eſt ce qui arrive ſur-tout quand l'objet eſt grand, & la lentille fort convexe : car alors les effets de la réfraction ne ſont pas égaux pour tous les points, à cauſe de la différence d'obliquité d'incidence pour chaque rayon (1283), qui naît de la courbure de la ſurface ; & parce que les différens points de l'objet, étant placés à différentes diſtances de cette ſurface (1251), les rayons qui en partent, y arrivent avec différens degrés de divergence, ceux qui partent de plus loin étant moins divergens (1188). Les mêmes cauſes peuvent faire voir confuſément certaines parties de l'objet, tandis que d'autres ſe voient diſtinctement. Cela s'apperçoit ſur-tout aux extrémités de l'image, quand les lentilles ſont d'un foyer fort court ; parce que les réfractions des bords de la lentille ne concourent pas avec celles du milieu.

1363. Auſſi la courbure ſphérique que l'on donne à toutes les lentilles, n'eſt-elle pas la plus propre à faire converger les rayons dans le plus petit eſpace. Si l'on préſente un plan à l'endroit où les rayons ſe croiſent, on obſerve qu'ils forment là un petit cercle, qui a d'autant plus de largeur, que la ſurface ſphérique, qui reçoit les rayons incidens, eſt elle-même plus large :

& c'eſt ce qu'on appelle *Aberration de ſphéricité:* la courbure parabolique ou hyperbolique ſeroit plus propre à réunir les rayons; mais elle ſeroit trop difficile à obtenir de l'adreſſe des ouvriers: encore avec elle ne réuſſiroit-on pas, puiſque tous les rayons de lumiere ne ſont pas également réfrangibles, comme nous le verrons dans la ſuite (1395, 1424).

1364. Puiſque les rayons qui paſſent par les bords de la lentille, ne concourent pas avec ceux qui paſſent vers l'axe (1362), on fait en ſorte de ne pas avoir affaire à tous à la fois, à moins que la lentille ne ſoit achromatique (1647); on couvre donc ordinairement les bords de la lentille, parce que ce ſont les rayons qui paſſent vers ſon axe, qui forment l'image la plus nette & la mieux terminée. Il y a donc une grande différence entre les effets des lentilles, relativement à l'Optique, où l'on choiſit les rayons qui paſſent vers l'axe, & leurs effets relativement au pouvoir d'embraſer les corps; auquel cas ce ſont les rayons des bords qui produiſent le plus d'effet (1122), & qu'il faut chercher à ſe procurer.

Des Verres concaves.

1365. Les verres concaves, c'eſt-à-dire, ceux qui ſont terminés de part & d'autre par une ſurface ſphérique concave, ont la propriété de diſperſer les rayons de lumiere qui les traverſent;

c'eſt-à-dire, qu'ils rendent divergens les rayons paralleles (1335 & 1342); qu'ils augmentent la divergence des rayons déjà divergens (1340 & 1347); & qu'ils diminuent, pour le moins, la convergence des rayons convergens; & cela peut aller juſqu'à les rendre paralleles ou même divergens (1336 & 1346): & cela arrive dans tous les cas, après qu'ils ont ſouffert les deux réfractions, l'une en entrant, & l'autre en ſortant du verre concave. Auſſi ces verres produiſent-ils trois effets remarquables.

1366. 1°. Ils font voir les objets plus petits qu'ils ne ſont : car les rayons A*d*, B*e*, (*fig.* 231.), partant des extrémités de l'objet AB, & qui, ſans l'interpoſition du verre concave CG HE, iroient ſe réunir en D, ne vont, après les deux réfractions qu'ils ſouffrent en traverſant le verre, ſe réunir qu'en F; & font, par conſéquent, voir l'objet AB ſous l'angle *a*F*b*, plus petit que l'angle AFB, ſous lequel l'objet ſeroit vu, s'il n'y avoit point de verre. Il eſt vrai qu'il y a des cas où, après la premiere réfraction en *d* & en *e*, ils peuvent conſerver un degré de convergence qui tende à les réunir plus près du verre que le centre de la concavité GIH (1343); alors la ſeconde réfraction ſe feroit en ſens contraire de la premiere, & tendroit à les rendre plus convergens (1345): mais comme l'incidence *Fig.* 231.

des rayons en *f* & en *g* ne peut jamais être auſſi oblique qu'en *d* & en *e*, la ſeconde réfraction eſt néceſſairement plus foible que la premiere, &, par conſéquent, incapable de la compenſer. D'où il ſuit que, dans tous les cas, l'image doit paroître plus petite que n'eſt l'objet.

1367. 2°. Ils font voir l'objet plus près qu'à la vue ſimple. Nous jugeons la diſtance d'un objet A (*fig.* 232.) au point de réunion, vrai ou fictif, des rayons divergens qui compoſent les faiſceaux venant de chaque point de l'objet (1191): mais ces rayons divergens deviennent plus divergens, en traverſant le verre concave (1340 & 1347); leur point de réunion fictif eſt donc plus près, comme en *a*. Si les rayons, dans leur incidence ſur le verre concave, conſervent leur divergence (1338), parce que leur point de divergence eſt au centre de la concavité; ou en perdent une partie (1339), comme le font les rayons B*b*, B*c* (*fig.* 233.), la réfraction qu'ils ſouffrent en *d* & en *f*, en ſortant de ce verre (1347), ſe faiſant en ſens contraire de la premiere, & étant plus grande, à cauſe de la plus grande obliquité d'incidence (1283), fait plus que compenſer cette perte, & les rend plus divergens qu'ils ne l'étoient: l'image eſt donc vue en *k*, & par conſéquent rapprochée.

Fig. 232.

Fig. 233.

1368. 3°. Ils font voir l'objet avec moins de

clarté, parce que la divergence de la lumiere eſt augmentée (1365). Il n'en entre donc pas dans la prunelle autant qu'il en entreroit ſans cela. Tous ces verres ont un foyer virtuel, qui, ſi le verre eſt concave des deux côtés, ſe trouve à une diſtance du verre égale à la moitié des deux rayons des deux concavités, pris enſemble. Mais ſi le verre n'eſt concave que d'un côté & plan de l'autre, ſon foyer virtuel eſt à une diſtance égale au diametre de ſa concavité.

Des Couleurs.

1369. Les couleurs ſont des propriétés des différentes parties de la lumiere ſéparées les unes des autres par réfraction, réflexion, ou autrement, par leſquelles elles excitent en nous différentes ſenſations, ſuivant la différence de leur degré de réfrangibilité, & ſuivant la grandeur, la figure, & peut-être le degré de vîteſſe du mouvement de leurs particules, lorſqu'elles viennent faire leur impreſſion ſur l'organe deſtiné à nous les faire appercevoir.

1370. Il y a de grandes différences d'opinions ſur les couleurs entre les Anciens & les Modernes, & même entre les différentes ſectes des Phyſiciens actuels. Suivant l'opinion d'*Ariſtote*, qui étoit celle qu'on ſuivoit autrefois, on regardoit la couleur comme une qualité réſidente

dans les corps colorés, & indépendante de la lumiere : ce qui ne peut pas être, comme nous l'allons voir.

1371. Les Cartéſiens, n'ayant pas été ſatisfaits de cette opinion, ont dit que, puiſque le corps coloré n'étoit pas appliqué immédiatement à l'organe de la vue pour produire la ſenſation de la couleur, & qu'aucun corps ne ſçauroit agir ſur nos ſens que par un contact immédiat, il falloit donc que les corps colorés ne contribuaſſent à la ſenſation de la couleur que par le moyen de quelque milieu, lequel étant mis en mouvement par leur action, tranſmettoit cette action juſqu'à l'organe de la vue. Ils ont ajouté que, puiſque les corps n'affectent point l'organe de la vue dans l'obſcurité, il faut que le ſentiment de la couleur ſoit ſeulement occaſionné par la lumiere, qui met l'organe en mouvement ; & que les corps colorés ne doivent être conſidérés que comme des corps qui réfléchiſſent la lumiere avec certaines modifications ; la différence des couleurs venant de la différente texture des parties des corps, qui les rend propres à donner telle ou telle modification à la lumiere, ainſi que de la différence du mouvement des particules mêmes de la lumiere.

1372. Mais c'eſt ſur-tout à *Newton* que nous devons la vraie théorie des couleurs, celle qui eſt fondée

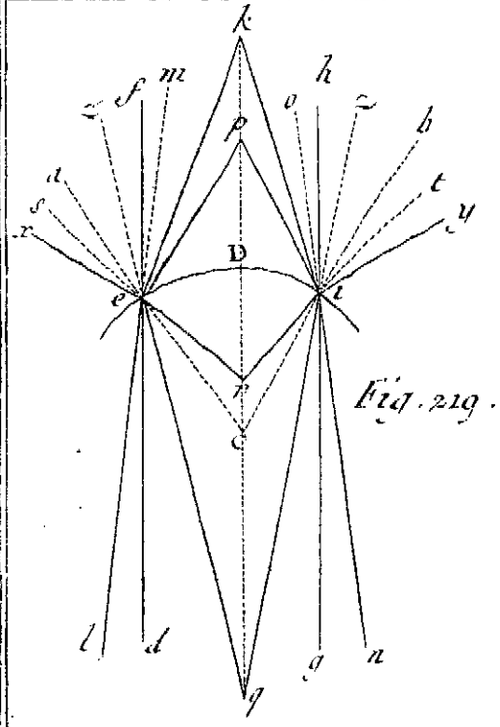


Fig. 219.

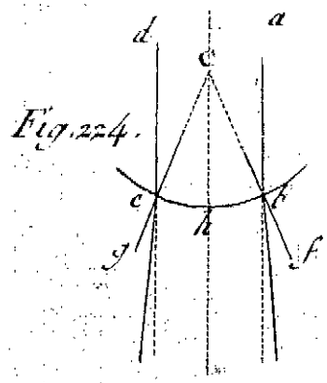


Fig. 224.

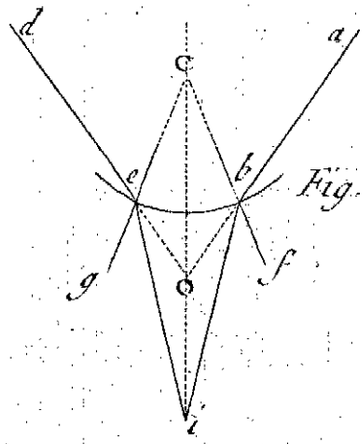


Fig. 225.

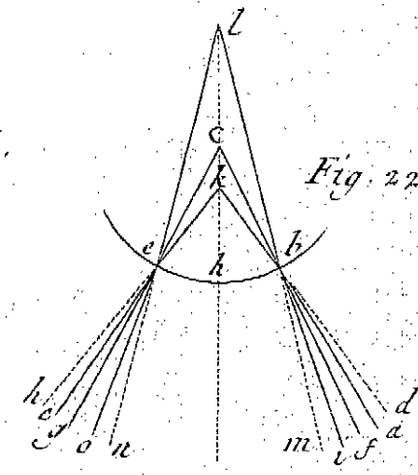


Fig. 226.

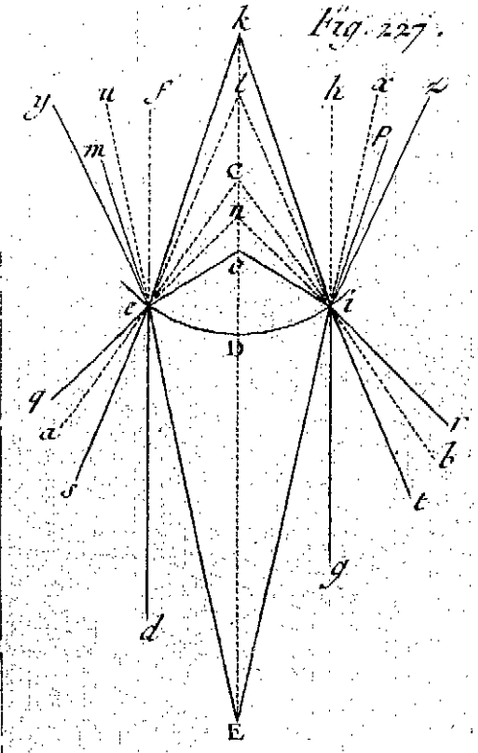
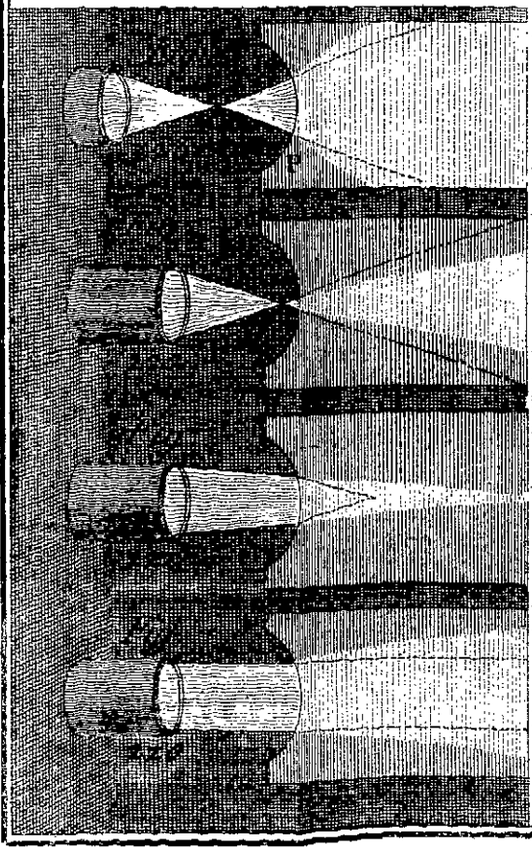


Fig. 227.



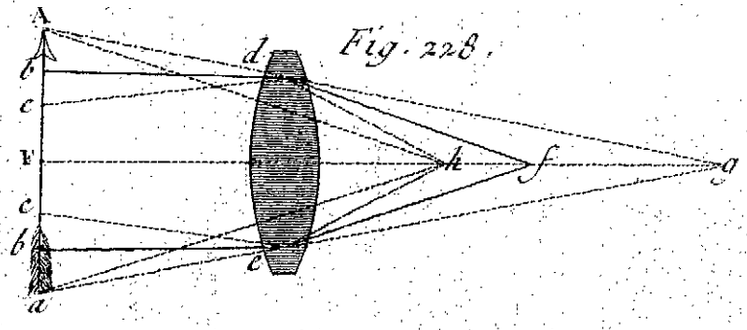


Fig. 228.

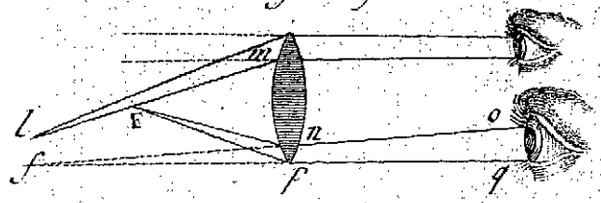


Fig. 229.

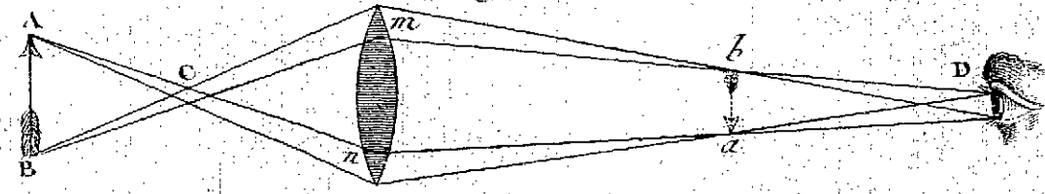


Fig. 230.

fondée sur des expériences sûres, & qui donne l'explication de tous les phénomenes. Voici en quoi consiste cette théorie.

Théorie des Couleurs.

1373. L'expérience fait juger que les rayons de lumiere sont composés de particules dont les masses sont différentes entre elles : du moins quelques-unes de ces particules ont, comme on ne sçauroit guere en douter, plus de grosseur & plus de force que les autres ; &, par-là, sont plus capables de conserver leur vîtesse, & d'être, en conséquence, moins détournées de leur direction naturelle ; car lorsqu'on reçoit dans une chambre obscure un rayon de lumiere S (*fig.* 234.) sur un corps réfringent D, ce rayon ne se réfracte pas tout entier en un point M, mais il se divise & se répand, pour ainsi dire, en plusieurs autres rayons, dont les uns sont réfractés jusqu'en M, & les autres depuis M jusqu'en N : en sorte que les particules qui ont le moins de force, sont celles que l'action du corps réfringent D détourne le plus de leur chemin rectiligne *o* I pour aller vers M ; & que les autres, à mesure qu'elles ont plus de force, se détournent moins & passent plus près de N, en s'éloignant moins de leur direction naturelle *o* I. *Fig.* 234.

1374. De plus, les rayons de lumiere qui

différent le plus en réfrangibilité les uns des autres, ſont auſſi ceux qui different le plus en couleur : c'eſt une vérité reconnue par une infinité d'expériences. Les particules les plus réfractées, par exemple, ſont celles qui forment les rayons violets, & cela, ſelon toute apparence, à cauſe que ces particules ayant le moins de force, ſont auſſi celles qui ébranlent le moins l'organe de la vue, y excitent les moindres vibrations, & nous affectent, par conſéquent, de la ſenſation de couleur la moins forte & la moins vive, telle qu'eſt le violet. Au contraire, les particules qui ſe réfractent le moins, conſtituent les rayons de la couleur rouge ; parce que ces particules ayant le plus de force, frappent l'organe avec le plus d'énergie, excitent les vibrations les plus ſenſibles, & nous affectent de la ſenſation de la couleur la plus vive, telle qu'eſt la couleur rouge.

1375. Les autres particules étant ſéparées de la même maniere, & agiſſant ſuivant leurs forces reſpectives, produiront, par les différentes vibrations qu'elles exciteront, les différentes ſenſations des couleurs intermédiaires ; ainſi que les particules de l'air excitent, ſuivant leurs différentes vibrations reſpectives, les différentes ſenſations des ſons (1024).

1376. Les couleurs des rayons, ainſi ſéparées,

ne doivent pas être regardées comme de ſimples modifications accidentelles de ces parties de rayons, mais comme des propriétés qui leur ſont néceſſairement attachées, & qui conſiſtent, ſuivant toutes les apparences, dans la maſſe, la grandeur, &, par conſéquent, la force de leurs particules. Elles doivent donc être immuables & inſéparables de ces rayons; c'eſt-à-dire, que ces couleurs ne ſçauroient s'altérer par aucune réfraction ou réflexion. Or c'eſt ce que l'expérience confirme d'une maniere ſenſible : car quelque effort qu'on ait fait pour ſéparer, par de nouvelles réfractions, un rayon coloré & homogene quelconque, donné par le priſme, on n'a pas pu y réuſſir.

1377. Il eſt vrai qu'on fait quelquefois des décompoſitions apparentes de couleurs; mais ce ne ſont que des couleurs qu'on a formées en réuniſſant des rayons de différentes couleurs : & il n'eſt pas étonnant alors que la réfraction faſſe retrouver les rayons qu'on avoit employés pour former cette couleur.

1378. On peut donc dire qu'il y a deux ſortes de couleurs; les unes primitives, homogenes & ſimples, produites par la lumiere homogene, ou par les rayons qui ont le même degré de réfrangibilité, & qui ſont compoſées de parties de même maſſe & de même force; telles ſont

le *rouge*, l'*orangé*, le *jaune*, le *vert*, le *bleu*, l'*indigo*, le *violet*, & toutes leurs nuances : les autres, ſecondaires, hétérogenes, compoſées des premieres, ou du mélange de rayons de différentes réfrangibilités.

1379. On peut produire, par la voie de la compoſition, des couleurs ſecondaires ſemblables aux couleurs primitives quant au ton ou à la nuance de la couleur, mais non par rapport à la permanence ou à l'immutabilité. On forme de cette maniere de l'orangé avec du rouge & du jaune, du vert avec du jaune & du bleu, de l'indigo avec du bleu & du violet ; & en général avec deux couleurs qui ne ſoient pas éloignées l'une de l'autre. Mais plus une couleur eſt compoſée, moins elle eſt vive & parfaite ; & en la compoſant de plus en plus, on parvient à l'éteindre entiérement.

1380. Par le moyen de la compoſition, on peut parvenir auſſi à former des couleurs, qui ne reſſemblent à aucune de celles de la lumiere homogene. Mais l'effet le plus ſingulier que peut donner la compoſition avec les couleurs primitives, c'eſt de produire le blanc ou le brillant de la lumiere ſolaire : il ſe forme en employant, à un certain degré, des rayons de toutes les couleurs primitives. C'eſt ce qui fait que la couleur ordinaire de la lumiere eſt le blanc, à cauſe

qu'elle n'eſt autre choſe que l'aſſemblage des rayons de toutes les couleurs mêlées & fondues enſemble.

1381. Les rayons du ſoleil traverſant un priſme triangulaire D (*fig.* 234.), donnent ſur la muraille oppoſée une image de différentes couleurs M N, qui ſont le rouge, l'orangé, le jaune, le vert, le bleu, l'indigo & le violet. La raiſon en eſt, que les rayons différemment colorés ſont ſéparés les uns des autres par la réfraction (1373). *Fig.* 234.

1382. L'image colorée n'eſt pas ronde, mais oblongue & arrondie aux deux extrémités; ſa longueur égalant environ cinq fois ſa largeur, lorſque l'angle du priſme eſt d'environ 60 ou 65 degrés. La raiſon en eſt, que cette image eſt formée par toutes les images circulaires que donne chaque eſpece différente de rayons, & qui anticipent les unes ſur les autres, ſuivant la force de la réfrangibilité de ces rayons.

1383. Les rayons qui donnent le jaune, ſont plus détournés de leur chemin rectiligne que ceux qui donnent le rouge; ceux qui donnent le vert, plus que ceux qui donnent le jaune, & ainſi de ſuite juſqu'à ceux qui donnent le violet, qui ſont les plus détournés de tous.

1384. En conſéquence de ce principe, ſi l'on fait tourner autour de ſon axe le priſme ſur le-

quel tombent les rayons ſolaires, de maniere que le rouge, l'orangé, le jaune, &c. tombent ſucceſſivement ſur un autre priſme fixe, placé à une certaine diſtance du premier, comme, par exemple, 12 pieds; & que les rayons de ces différentes couleurs aient auparavant paſſé, l'un après l'autre, par une ouverture placée entre les deux priſmes; les rayons rompus que fourniront ces différens rayons, ne ſe projetteront pas tous à la même place, mais les uns au deſſus des autres, ſi l'angle réfringent eſt en en-bas; parce qu'étant plus réfrangibles les uns que les autres, ils ſont plus rompus par le ſecond priſme, comme ils l'ont été par le premier.

1385. Cette expérience ſimple, & néanmoins déciſive, eſt celle par laquelle *Newton* leva toutes les difficultés dans leſquelles les premieres l'avoient jeté, & qui l'a entiérement convaincu de la correſpondance qui eſt entre la couleur & la réfrangibilité des rayons de lumiere.

1386. Les couleurs des rayons ſéparés par le priſme, ne ſçauroient changer de nature ni ſe détruire, quoique ces rayons paſſent par un milieu éclairé, qu'ils ſe croiſent les uns les autres (1206), qu'ils ſe trouvent voiſins d'une ombre épaiſſe, qu'ils ſoient réfléchis ou rompus d'une maniere quelconque; d'où l'on voit que les couleurs ne ſont pas des modifications dues

à la réfraction ou à la réflexion, mais des propriétés immuables & attachées à la nature des rayons.

1387. Si, par le moyen d'un verre lenticulaire ou d'un miroir concave, on vient à réunir tous les différens rayons colorés que donne le prisme, on forme le blanc. Cependant ces mêmes rayons qui, tous rassemblés, ont formé le blanc, donnent, après le point de leur réunion, c'est-à-dire, au delà du point où ils se croisent, les mêmes couleurs que celles qu'ils donnoient en sortant du prisme, mais dans un ordre renversé, à cause du croisement des rayons. La raison en est claire; car le rayon étant blanc avant d'être divisé par le moyen du prisme, doit l'être encore par la réunion de ses parties, que la différence de réfrangibilité avoit écartées les unes des autres; & cette réunion ne peut, en aucune maniere, tendre à détruire ou à altérer la nature des couleurs: elles doivent donc reparoître après le point de croisement.

1388. De même si on mêle, dans une certaine proportion, de la couleur rouge avec de l'orangé, du jaune, du vert, du bleu, de l'indigo & du violet, on formera une couleur composée, qui sera blanchâtre (c'est-à-dire, à peu près semblable à celle qu'on forme en mêlant un peu de noir avec du blanc), & qui seroit entiérement

blanche, s'il ne ſe perdoit & ne s'abſorboit pas quelques portions de ces couleurs.

1389. On forme encore une couleur approchante du blanc, en teignant un rond de carton de ces différentes couleurs, & en le faiſant tourner aſſez rapidement pour qu'on ne puiſſe diſtinguer aucune des couleurs en particulier.

1390. Si à un rayon ſolaire diviſé par le priſme (1381), & qui forme alors une image colorée oblongue (1382), on préſente un verre épais teint d'une des couleurs primitives & un peu foncée, par exemple, un verre rouge; il ne paſſera au travers de ce verre que de la couleur rouge, qui formera une image ronde.

1391. Si l'on applique l'un ſur l'autre deux verres épais & colorés, l'un en rouge & l'autre en vert, ils produiront une opacité parfaite; quoique chacun d'eux, pris ſéparément, ſoit tranſparent; parce que l'un d'eux ne laiſſant paſſer que les rayons rouges, & l'autre que les rayons verts, il n'en peut arriver aucun à l'œil, lorſque ces deux verres ſont réunis; car le premier ne laiſſant paſſer, par exemple, que des rouges, le ſecond n'en reçoit point de verts, qui ſont les ſeuls qu'il puiſſe tranſmettre.

1392. Si l'on fait tomber fort obliquement les rayons du ſoleil ſur la ſurface intérieure d'un priſme, les rayons violets ſe réfléchiront,

& les rouges, &c. ſeront tranſmis : ſi l'on augmente l'obliquité d'incidence, les bleus ſeront auſſi réfléchis, & les autres tranſmis ; ce qui vient de ce que les rayons qui ont le plus de réfrangibilité, ſont auſſi ceux qui ſe réfléchiſſent le plus facilement.

1393. Si deux priſmes ſont placés de maniere que le rouge de l'une des images & le jaune de l'autre tombent ſur une même partie d'un plan, l'image paroîtra orangée : ſi l'on fait tomber ſur le même point le jaune de l'une & le bleu de l'autre, l'image paroîtra verte, &c. Mais ſi l'on regarde ces images au travers d'un troiſieme priſme, la réfraction en ſéparera en partie les couleurs ; de maniere que la premiere ſera rouge à une extrémité, jaune à l'autre, & orangée au milieu : la ſeconde ſera jaune à une extrémité, bleue à l'autre, & verte au milieu ; ce qui vient de ce que les deux couleurs, dont chaque image eſt compoſée, ont des degrés différens de réfrangibilité (1377).

1394. Tous les corps, mais principalement ceux qui ſont blancs, étant regardés au travers d'un priſme, paroiſſent comme bordés, parallélement à la longueur du priſme, d'un côté de rouge & de jaune, & de l'autre de bleu & de violet. Ces bordures ſont les extrémités d'autant d'images de l'objet, qu'il y a de différentes cou-

leurs dans la lumiere, & qui ne tombent pas toutes dans le même lieu, à cauſe des différentes réfrangibilités des rayons.

1395. Lorſque les rayons qui traverſent une lentille convexe (1319 & 1329), ſont reçus ſur un plan avant qu'ils ſoient réunis au foyer, les bords de la lumiere paroiſſent rougeâtres; mais ſi l'on y reçoit ces rayons après leur réunion, les bords paroiſſent bleuâtres; car les rayons rouges étant moins réfractés (1383), doivent ſe réunir le plus loin, &, par conſéquent, être le plus près des bords, lorſqu'on place le plan avant le foyer; au lieu qu'après le foyer, ce ſont, au contraire, les rayons bleus, réunis les premiers, qui doivent alors renfermer les autres, & être vers les bords (1425).

1396. L'étendue proportionnelle des ſept intervalles qui contiennent les ſept couleurs de l'image (1381), répond à peu près à l'étendue proportionnelle des ſept tons de la Muſique: c'eſt un phénomene ſingulier; mais il faut bien ſe donner de garde d'en conclure qu'il y ait aucune analogie entre les ſenſations des couleurs & celles des tons. Car, non ſeulement cette proportion n'eſt pas exacte, mais de plus elle eſt différente, ſuivant les différences qui ſe trouvent dans la nature & la denſité des verres dont les priſmes ſont faits.

Cette Théorie de *Newton* ſur les couleurs eſt fondée ſur une belle ſuite d'expériences qu'il a faites, & dont voici les principales.

Expériences ſur leſquelles eſt fondée la Théorie des Couleurs.

1397. Si, par le moyen d'un tuyau T (*fig.* 234.), placé au volet d'une fenêtre, on fait entrer, dans une chambre obſcure, un rayon ſolaire SI, il va former, ſur la muraille oppoſée, ou ſur un plan blanc qu'on lui préſente, une image circulaire I ſimplement lumineuſe, & qui n'a pas plus de couleur que la lumiere du ſoleil. *Fig.* 234.

1398. Mais ſi à ce même rayon ſolaire on préſente l'angle D d'un priſme, auſſi-tôt il ſe releve dans une ſituation à peu près horizontale PM, avec les circonſtances ſuivantes. 1°. Ce rayon paroît dilaté en forme d'éventail (1373), & forme, ſur le plan KL, une image longue MN, arrondie par les extrémités (1382), & dont les côtés ſont ſenſiblement rectilignes.

1399. 2°. La largeur de cette image égale le diametre du cercle lumineux que le rayon ſolaire marqueroit en I, ſans la rencontre du priſme (1397); d'où l'on doit conclure que le rayon n'eſt dilaté que dans un ſens (1373).

1400. 3°. Cette lumiere réfractée paroît, de-

puis le priſme juſqu'au plan KL, par bandes diverſement colorées (1374); & l'image MN, qui en eſt formée, porte les mêmes couleurs dans l'ordre qui ſuit, de bas en haut : rouge, orangé, jaune, vert, bleu, indigo, violet (1378 & 1381).

1401. Ceci doit faire penſer que la lumiere eſt un fluide compoſé de parties eſſentiellement différentes; 1°. par le degré de réfrangibilité; 2°. par la propriété d'exciter en nous la ſenſation de différentes couleurs. C'eſt auſſi la conſéquence qu'en a tirée *Newton*.

1402. De ces deux différences doivent réſulter les effets dont nous venons de parler; 1°. une image plus longue que large (1382 & 1399); parce que le rayon n'eſt dilaté que dans un ſens.

1403. 2°. Une image arrondie par les extrémités (1382); ce qui vient de ce qu'elle eſt formée par un nombre indéfini d'images circulaires (1390), qui anticipent les unes ſur les autres (1382), & dont le très-grand nombre fait que les côtés ſont ſenſiblement rectilignes.

1404. 3°. Que les couleurs qu'on remarque dans l'image MN, réſident véritablement dans la lumiere; puiſqu'on les voit par bandes, depuis le priſme juſqu'au plan KL.

1405. 4°. Que les rayons, une fois démêlés,

paroiſſent chacun ſous leur couleur propre, dont ſe teignent les objets qu'ils éclairent.

1406. Il y a donc dans la lumiere ſept eſpeces de rayons (1378), capables de nous faire ſentir autant de couleurs, ſans compter tous ceux qui fourniſſent toutes les nuances intermédiaires, & qui ſont dans un nombre indéfini.

1407. Il eſt aiſé de s'aſſurer que ces apparences ne ſont pas des modifications accidentelles, mais des propriétés inhérentes & conſtantes dans la lumiere (1376). Qu'au rayon déjà réfracté, comme nous venons de le dire (1398), on préſente un autre priſme AB (*fig.* 235.), mais ſitué en ſens contraire du premier; c'eſt-à-dire, que ſon axe faſſe angle droit avec l'axe du premier. Si tous ces effets n'étoient cauſés que par une modification de la lumiere produite par le priſme, le ſecond devroit faire en largeur ce que le premier a fait en longueur; d'où devroit réſulter une image quarrée M*m*N*n*: c'eſt pourtant ce qui n'arrive pas. L'image n'eſt qu'inclinée, comme MN; & elle demeure conſtamment de la même largeur, & les couleurs ſont toujours les mêmes, & ſemblablement ſituées reſpectivement les unes aux autres. L'inclinaiſon de l'image, qui eſt le ſeul changement qu'il y ait dans ce cas-là, vient de ce que les rayons qui ont été les plus rompus par le premier *Fig.* 235.

priſme, le ſont encore le plus par le ſecond AB. Ces rayons conſervent donc conſtamment leur degré de réfrangibilité, ainſi que leurs couleurs propres, leſquelles ſont inaltérables, & appartiennent inſéparablement aux rayons qui les portent.

1408. On peut ſe procurer le plaiſir de voir ſucceſſivement tous les cercles colorés dont l'image eſt formée, en préſentant, au rayon réfracté, des verres colorés des couleurs mêmes de l'image, aſſez épais & foncés en couleur (1390). Comme chacun de ces verres ne laiſſe paſſer que l'eſpece de lumiere dont la couleur eſt analogue à ſa tranſparence, au lieu d'une image longue, on n'a, à chaque épreuve, qu'une image ronde, mais uniformément colorée, & dont le diametre égale celui du cercle lumineux qui n'auroit éprouvé aucune réfraction. Pour avoir une image bien ronde, il faut, avant de préſenter le verre coloré au rayon réfracté, faire tourner le priſme ſur ſon axe, juſqu'à ce que l'image ceſſe de deſcendre pour commencer à monter.

1409. Comme ces verres colorés laiſſent quelquefois paſſer d'autres couleurs que celles qui leur ſont analogues, parce qu'ils ont trop peu d'épaiſſeur ou que leur couleur n'eſt pas aſſez foncée; on ſera plus sûr de voir ſucceſſivement tous les cercles colorés, en faiſant l'expérience ſuivante.

Après avoir réfracté le rayon de lumiere par le prisme S V T (*fig.* 238.), qu'on présente au rayon réfracté, à quelque distance l'une de l'autre, deux planches P Q, *p q*, percées chacune d'un petit trou X, *x*; &, après la seconde planche *p q*, un second prisme *s u t* placé en même sens que le premier. Si l'on fait tourner le premier prisme S V T sur son axe (1384), & qu'on fasse successivement passer tous les rayons réfractés par les trous X, *x*, & par le prisme *s u t*, on verra autant d'images rondes, chacune de la couleur du rayon qui la produit: &, en les recevant sur un carton Y *y*, on remarquera que la jaune va se placer plus haut que la rouge; que la verte se place plus haut que la jaune; & ainsi des autres jusqu'à la violette, qui se place le plus haut de toutes (1383); parce que ces couleurs sont plus rompues par ce second prisme, dans le même rapport dans lequel elles ont été plus rompues par le premier. *Fig.* 238.

1410. Si, au rayon déjà réfracté P M N (*fig.* 234.), on présente différens miroirs, ils ne changeront rien, ni aux couleurs, ni à leurs positions respectives (1376 & 1386): le miroir plan les réfléchit telles qu'elles sont; le miroir convexe affoiblit l'intensité des couleurs, en amplifiant l'image; le miroir concave resserre l'image jusqu'à son foyer, après quoi il la ren- *Fig.* 234.

verſe & l'agrandit, en diminuant ſon éclat ; le miroir cylindrique donne à l'image l'apparence d'un arc-en-ciel. Mais dans tous ces changemens les couleurs ſe conſervent les mêmes, & gardent toujours leurs poſitions reſpectives. Donc les rayons de lumiere ont des degrés de réfrangibilité & des couleurs inaltérables.

1411. *Newton* a auſſi remarqué que les rayons les plus réfrangibles ſont auſſi les plus réflexibles; c'eſt-à-dire, qu'ils ſe réfléchiſſent plus tôt (1392). En effet, ſi l'on reçoit un rayon de lumiere ſur un des petits côtés K I (*fig.* 239.) d'un priſme rectangulaire L K I, & que ce rayon faſſe avec la baſe L I du priſme un angle d'un peu moins de 50 degrés, une partie de ce rayon ne ſe réfracte ſenſiblement qu'en ſortant en M, & va former une image colorée ſur le carton N N; car à ſon entrée par le côté K I il n'a preſque point d'obliquité d'incidence (1280) : l'autre partie du rayon ſe réfléchit en droite ligne vers O (1236), où l'on place un autre priſme T X V, dont l'angle refringent X doit être au moins de 55 degrés; & cette portion de lumiere, en ſe réfractant dans ce priſme, va former une ſeconde image colorée ſur le carton P P. Si l'on fait tourner le premier priſme L K I ſur ſon axe (1392), de façon que le rayon incident T M faſſe, avec ſa baſe L I, un angle d'environ 45 degrés,

Fig. 239.

degrés, la lumiere de la premiere image QRS commence à ſe réfléchir vers l'autre priſme; mais les rayons violets & les bleus Q diſparoiſſent les premiers, & vont, après avoir paſſé par le ſecond priſme, augmenter l'éclat de ces mêmes couleurs *q* dans la ſeconde image *qrs*; enſuite diſparoiſſent de même, de la premiere image QRS, les verts, les jaunes, les orangés, & enfin les rouges, qui ſe réfléchiſſent les derniers.

1412. Tous les rayons ne ſont donc pas également réflexibles; & puiſque les violets & les bleus, qui ſont les plus réfrangibles (1374), ſont auſſi les plus réflexibles (1411); donc la lumiere eſt compoſée de parties hétérogenes, dont les plus refrangibles ſont auſſi les plus réflexibles.

1413. Si, pour chaque couleur, les degrés de réfrangibilité & de réflexibilité ſont inaltérables, les couleurs de chaque rayon ſont pareillement invariables (1376). Pour s'en convaincre, il faut ſoumettre aux épreuves ſuivantes un rayon bien homogene: & pour ſe le procurer, il faut choiſir le rouge ou le violet qui occupent les deux extrémités de l'image; car cette image EF (*fig.* 240.) réſulte d'une ſuite de cercles de diverſes couleurs, qui anticipent les uns ſur les autres (1403): il n'y a donc que les deux extré- *Fig.* 240.

mités qui puiſſent fournir une couleur pure. Supposons donc qu'on choiſit le rayon rouge.

1414. 1°. On fait paſſer ce rayon par l'angle d'un priſme. L'image de ce rayon, réfracté par le priſme, demeure ronde & d'une couleur uniforme; car tous les filets qui la fourniſſent ſont également réfrangibles, puiſqu'ils ſont de la même couleur. Il n'en ſeroit pas de même, ſi c'étoit un rayon ſolaire (1398 *& ſuiv.*).

1415. 2°. On fait paſſer ce rayon par une lentille de 7 à 8 pouces de foyer; ce rayon forme au foyer deux cônes oppoſés par leur ſommet, mais qui ſont de la même couleur dans toute leur étendue. Donc la condenſation & la dilatation ne changent rien à la couleur.

1416. 3°. On préſente à ce rayon un verre épais d'une autre couleur. Ou il ne laiſſe rien paſſer, ou s'il en tranſmet une partie, la portion qui le traverſe demeure rouge. Donc la couleur n'eſt point modifiée par le verre (1376).

1417. 4°. On réfléchit ce rayon par des miroirs de différentes formes. Ces miroirs ne font, tout au plus, qu'étendre ou reſſerrer cette lumiere, ſans rien changer à ſa couleur (1410). Donc cette couleur tient à la nature de la lumiere.

1418. 5°. On fait tomber ce rayon ſur des corps différemment colorés. Ce rayon teint, de

ſa couleur propre, toutes les ſurfaces qu'il éclaire, de quelque nature qu'elles ſoient. Donc les couleurs appartiennent à la lumiere, & elles ſont inaltérables & à toute épreuve (1404 & 1405).

1419. *Newton*, pour éprouver toutes les couleurs les unes après les autres, s'y eſt pris de la maniere ſuivante. Il a reçu le rayon de lumiere ſolaire ſur une lentille A B (*fig.* 241.), placée à 10 ou 12 pieds de diſtance du trou de la fenêtre par lequel entroit le rayon. Derriere cette lentille, au lieu d'un cercle lumineux *a b c d*, il ſe forme un cône dont le ſommet eſt en *g*. Mais en plaçant, immédiatement après cette lentille, un priſme C D, la lumiere eſt réfractée en *e f*, en autant de cône qu'il y a d'eſpeces différentes de couleurs dans la lumiere; ce qui donne une image *e f* longue & étroite, dans laquelle les couleurs ſont beaucoup plus diſtinctes qu'à l'ordinaire. Car, dans l'image étroite *e f* (*fig.* 240), les centres des cercles colorés ſont auſſi diſtans les uns des autres, qu'ils le ſont dans l'image large E F; & comme ils ont un diametre beaucoup moindre, ils anticipent auſſi beaucoup moins les uns ſur les autres; d'où il ſuit que les couleurs y ſont fort peu mêlées, & beaucoup plus diſtinctes. C'eſt de ces rayons colorés, ainſi ſéparés, dont *Newton* s'eſt ſervi, pour les éprouver tous, les uns après les autres.

Fig. 241.

Fig. 240.

1420. Pour bien réuſſir dans cette expérience, il faut que la chambre ſoit bien obſcure ; que le priſme & la lentille ſoient bien travaillés, d'un verre homogene & bien net, ſans fils ni bouillons ; & couvrir, avec du papier noir collé, toutes les parties inutiles à l'expérience, afin que quelque portion du jet de lumiere réfractée ou réfléchie irréguliérement, n'altere pas les effets.

1421. Puiſque le mélange du rouge & du jaune produit l'orangé (1379), & que l'orangé, dans l'image colorée, appelée *ſpectre ſolaire*, ſe trouve placé entre le rouge & le jaune : puiſque le mélange du jaune & du bleu produit le vert, & que le vert ſe trouve, dans le ſpectre ſolaire, entre le jaune & le bleu : enfin puiſque le mélange du bleu & du violet produit l'indigo, & que cette derniere couleur ſe trouve, dans le ſpectre, entre le bleu & le violet ; on pourroit ſoupçonner que l'orangé, le vert & l'indigo ne ſont pas des couleurs primitives, & qu'elles ſont produites par le mélange de celles qui les avoiſinent de part & d'autre. Mais *Newton* s'eſt aſſuré que ces trois couleurs ſont primitives comme les quatre autres, par l'expérience ſuivante.

1422. Au moyen de deux tuyaux ou porte-lumiere T T (*fig.* 236.), on fait entrer, dans une chambre obſcure, deux jets de lumiere, *Fig.* 236.

chacun d'environ 3 lignes de diametre ; à 10 ou 12 pieds de là on les reçoit chacun ſur une lentille L, *l*, derriere leſquelles on préſente deux priſmes G, *g*, placés en ſens contraire l'un de l'autre, c'eſt-à-dire, leurs angles réfringens en dehors ; & l'on place un peu plus loin une planche A B percée de deux trous C, D, de 3 lignes de diametre chacun, & à environ 8 pouces l'un de l'autre. En tournant un peu les priſmes G, *g*, & changeant les poſitions reſpectives de la planche A B & du carton E E, on fait coincider (1393), 1°. le rouge d'une des images colorées, & le jaune de l'autre ; 2°. le jaune de l'une & le bleu de l'autre ; 3°. le bleu de l'une & le violet de l'autre ; ce qui fournit, 1°. une image orangée F ; 2°. une image verte ; 3°. une image indigo. Enſuite on ſe procure de ſemblables couleurs avec des lumieres ſimples & homogenes, en bouchant un des trous C ou D, & faiſant paſſer ſucceſſivement, ſur le carton E E, des portions de lumieres orangée, verte & indigo de l'un des deux ſpectres ; & l'on regarde toutes ces images, les unes après les autres, au travers d'un autre priſme H. Chacune des images produites par la lumiere venant d'un ſeul priſme, demeure ronde & d'une couleur uniforme dans toute ſon étendue, ſoit qu'on la voie à travers le priſme H, ſoit à la vue ſimple ; &

les images compoſées des couleurs venant des deux priſmes à la fois, & qui, à la vue ſimple, paroiſſent d'une couleur uniforme, deviennent ovales lorſqu'on les regarde par le priſme, & l'on voit l'une des deux couleurs déborder l'autre (1377). On a donc raiſon de regarder comme couleurs primitives ou ſimples, l'orangé, le vert & l'indigo de chaque ſpectre ſolaire produit par un ſeul priſme (1378).

1423. Nous avons dit ci-deſſus (1380) que le mélange de toutes les couleurs primitives empêche qu'aucune d'elles ne ſoit apparente, & produit le blanc ou le brillant de la lumiere ſolaire : en voici la preuve. Qu'on reçoive, ſur une lentille IK (*fig.* 237.) d'environ 7 à 8 pouces de foyer, un jet de lumiere réfracté par un priſme ; ce jet de lumiere, en paſſant par la lentille, prend la forme de deux cônes oppoſés au foyer par leurs ſommets, qui portent toutes les couleurs primitives dans toute leur longueur, avec cette différence ſeulement que l'image demeure droite depuis la lentille juſqu'à ſon foyer, & qu'au delà du foyer elle eſt renverſée. Si l'on place un carton blanc bien perpendiculairement à l'axe des cônes, & préciſément au foyer L de la lentille, on n'y apperçoit qu'un petit cercle brillant & ſans couleur, produit par le mélange bien proportionné de toutes

Fig. 237.

les couleurs (1387) : condition abſolument eſſentielle ; car ſi l'on intercepte, avec une carte ou autrement, une partie des rayons colorés, cette ſuppreſſion occaſionne, ſur le cercle brillant L, une teinte très-ſenſible. Le blanc ou la lumiere ſans couleur, telle qu'elle nous vient du ſoleil, eſt donc celle qui contient toutes les couleurs ſimples par un mélange parfait (1388 & 1389) : & le noir parfait n'eſt qu'une privation de toute lumiere, ſimple ou compoſée.

1424. Puiſque les rayons qui portent des couleurs différentes, ont des degrés différens de réfrangibilité (1374), il s'enſuit que la même lentille, quelle que ſoit ſa courbure, ne peut pas réunir tous les rayons à ſon foyer ; car elle ne réunit ces rayons qu'en les réfractant (1355) : il y a donc autant de foyers à la ſuite les uns des autres, qu'il y a d'eſpeces de rayons différemment réfrangibles, & c'eſt ce qu'on appelle *aberration de réfrangibilité*. *Newton* a trouvé que la diſtance du premier de ces foyers au dernier étoit aſſez conſidérable, pour cauſer un défaut ſenſible dans la pratique : il l'a trouvé, dis-je, par l'expérience ſuivante.

1425. Il a pris un quarré de carton DE (*fig.* 242.), dont la moitié FDG étoit peinte en bleu, & l'autre moitié FGE étoit peinte en rouge : il a roulé pluſieurs fois, autour de ce *Fig.* 242.

carton, un fil délié de ſoie extrêmement noire. Il a appliqué ce carton, ainſi coloré & enveloppé de fils noirs, contre un mur perpendiculairement à l'horizon, de maniere que l'une des couleurs étoit à droite & l'autre à gauche ; puis il a placé, tout près du carton, dans les confins des couleurs & vers le bas, une groſſe chandelle allumée, pour le bien éclairer ; (car cette expérience doit être faite dans un lieu obſcur). Après quoi, à la diſtance d'environ 6 pieds du carton, il éleva une lentille de verre M N de $4\frac{1}{2}$ pouces de diametre & d'environ 3 pieds de foyer, au moyen de laquelle il raſſembla les rayons venant des différens points du carton, les fit converger vers tout autant d'autres points, à la même diſtance d'environ 6 pieds, de l'autre côté de la lentille, & peindre ainſi l'image du carton coloré ſur un papier blanc H I, placé dans cet endroit, perpendiculairement à l'horizon & aux rayons qui tomboient deſſus en venant de la lentille. A la diſtance H I de la lentille, l'image de la moitié rouge F G E du carton paroiſſoit très-diſtinctement ; car les lignes noires y étoient bien terminées ; au contraire, la moitié bleue F D G y paroiſſoit ſi confuſe, qu'on pouvoit à peine voir les lignes noires tirées ſur cette moitié. Pour voir diſtinctement cette moitié bleue, il falloit

porter le papier en *hi*, à un pouce & demi plus près de la lentille MN : là, la moitié bleue EDG paroiſſoit très-diſtincte, & les lignes noires bien terminées ; mais la moitié rouge FGE y paroiſſoit très-confuſe, & les lignes noires y étoient à peine viſibles (1395). On voit que ſur un auſſi petit eſpace la différence d'un pouce & demi ne laiſſe pas que d'être conſidérable.

1426. J'ai trouvé cette différence bien plus grande dans une expérience analogue à celle-ci, faite très en grand avec la lentille à eſprit-de-vin de M. *Trudaine*. (*Voyez les Mém. de l'Acad. an.* 1774. *pag.* 67.). Les rayons rouges ſe réuniſſoient à 10 pieds 3 pouces 11 $\frac{1}{2}$ lignes du centre de la lentille ; & les bleus, à 9 pieds 7 pouces 10 $\frac{1}{2}$ lignes : la différence eſt donc de 8 pouces 1 ligne, ſur 10 pieds 3 pouces 11 $\frac{1}{2}$ lignes ; & par conſéquent beaucoup plus grande que celle de 1 $\frac{1}{2}$ pouce ſur 6 pieds. Les rayons violets ſe réuniſſoient à 9 pieds 6 pouces 4 $\frac{1}{2}$ lignes du centre de la lentille : la différence étoit donc de 9 pouces 7 lignes.

1427. C'eſt cette aberration de réfrangibilité qui a fait abandonner à *Newton* le projet de perfectionner les téleſcopes dioptriques, & qui l'a engagé à faire ſon téleſcope catadioptrique, dont nous parlerons ci-après (1627). L'aberration de ſphéricité eſt très-petite en comparaiſon ;

car, ſuivant *Newton* (*Traité d'Optique*, *pag.* 107.), l'aberration de ſphéricité eſt à l'aberration de réfrangibilité, comme 1 à 5449.

1428. Puiſque, par la réfraction de la lumiere dans une lentille, il y a autant de foyers à la ſuite les uns des autres, qu'il y a d'eſpeces de rayons différemment réfrangibles (1424); on ne peut donc déterminer le foyer d'une lentille que pour une eſpece de rayons à la fois. Mais comme la plus lumineuſe des couleurs eſt le jaune, c'eſt principalement le foyer de cette eſpece de lumiere qu'il faut déterminer, & dont il faut faire uſage; c'eſt par la réfraction de ces rayons qu'il faut meſurer le pouvoir réfractif du verre ou du criſtal pour les uſages d'optique. Le ſinus de l'angle d'incidence des rayons rouges eſt, ſuivant *Newton* (*Traité d'Optique*, *pag.* 6.), au ſinus de leur angle de réfraction dans l'eau, comme 4 à 3; &, dans le verre, comme 17 à 11. On voit bien que le ſinus de l'angle de réfraction des rayons jaunes eſt un peu plus petit, puiſqu'ils ſont plus réfrangibles que les rouges (1383).

1429. De ce que nous venons de dire ſur les couleurs, on doit conclure qu'elles ſont des propriétés de la lumiere, à laquelle elles appartiennent (1407 & 1418); qu'elles y réſident au nombre de ſept bien diſtinctes, avec un nom-

bre indéfini de nuances intermédiaires (1378); que, des différentes combinaiſons de ces ſept eſpeces & de leurs nuances, ſe forment toutes les autres couleurs; que leur mélange bien proportionné empêche qu'aucune d'elles ne ſoit apparente, & forme le blanc ou le brillant de la lumiere ſolaire (1380); & que leur privation totale forme le noir parfait.

1430. Il eſt aiſé de ſe perſuader que toutes les couleurs & leurs nuances, que nous voyons dans la Nature, réſultent des combinaiſons de ces ſept eſpeces. Car ces ſept couleurs peuvent ſe combiner de 119 manieres; 2 à 2, elles fourniſſent 21 combinaiſons; 3 à 3, elles en fourniſſent 35; 4 à 4, 35; 5 à 5, 21; & 6 à 6, 7 combinaiſons: ſans compter les différentes proportions ou quantités de chacune, qui donnent des nuances à l'infini.

1431. Au moyen de ces principes, on peut rendre raiſon de tous les phénomenes qui ont rapport aux couleurs.

1432. Si l'on regarde au travers d'un priſme un objet un peu grand, ſur-tout s'il eſt blanc; cet objet n'eſt coloré qu'aux deux bords qui ſont paralleles à la longueur du priſme: ces deux bords oppoſés ſont colorés différemment; l'un en rouge, orangé & jaune; & l'autre en bleu, indigo & violet. Ces couleurs ſont les extré-

mités d'autant d'images de l'objet qu'il y a dans la lumiere de rayons différemment réfrangibles (1394). Soit ABCD (*fig.* 243.) un parallélogramme de carton blanc ; qu'on le regarde au travers d'un priſme HIK : les rayons CE, DE, partant de ſes extrémités C & D, iroient, ſans l'interpoſition du priſme HIK, ſe réunir en E ; mais, au moyen du priſme, ces rayons ſe réfractent, & pas tous également (1373) : les rouges vont ſe réunir en G ; les violets en F ; & les intermédiaires, entre ces deux points G & F, en autant de points qu'il y a de rayons différemment réfrangibles. L'œil placé de maniere à recevoir tous ces rayons, voit donc, dans la direction des rayons réfractés, l'image *aosp*, augmentée en hauteur de la quantité *bo*, qui eſt celle dont les rayons s'écartent par la réfraction. Cette image eſt colorée à ſes deux extrémités ; ſavoir, en bas, de rouge entre *a* & *e* ; d'orangé entre *c* & *d*, & de jaune entre *d* & *e* ; & vers le haut, de bleu entre *l* & *m* ; d'indigo entre *m* & *n*, & de violet entre *n* & *o*. Il eſt aiſé de voir que, comme nous venons de le dire, ces couleurs ſont les extrémités d'autant d'images de l'objet. Car chaque couleur occupe une étendue ſemblable à celle du carton ABCD qui reçoit la lumiere du ſoleil, puiſque cette lumiere eſt compoſée de toutes les

Fig. 243.

couleurs (1381) : le rouge s'étend donc, dans l'image, depuis *a* juſqu'en *b*; l'orangé, depuis *c* juſqu'en *i*; le jaune, depuis *d* juſqu'en *k*; le vert, depuis *e* juſqu'en *l*; le bleu, depuis *f* juſqu'en *m*; l'indigo, depuis *g* juſqu'en *n*; & le violet, depuis *h* juſqu'en *o*.

1433. Cela explique clairement pourquoi il n'y a que les deux extrémités de l'image de colorées, & pourquoi le milieu demeure blanc. Il eſt clair, par ce que nous venons de dire (1432), que les couleurs anticipent beaucoup les unes ſur les autres, & qu'il y en a de toutes les eſpeces dans l'intervalle entre *h* & *b*; auſſi eſt-il parfaitement blanc : dans les petits intervalles, entre *e* & *h* & entre *b* & *l*, il en manque très-peu; ces eſpaces demeurent encore blancs, mais d'un blanc moins beau que celui du milieu : il n'y a donc que les deux extrémités, depuis *a* juſqu'en *e* & depuis *l* juſqu'en *o*, où les couleurs ſont aſſez démêlées pour être apparentes; encore ne ſont-elles pas auſſi brillantes que celles du ſpectre ſolaire (*fig.* 234.), formé par un petit jet de lumiere de quelques lignes de diametre qui traverſe un priſme; car, dans ce cas-là, les couleurs anticipent beaucoup moins les unes ſur les autres, & ſont, par conſéquent, moins mêlées. *Fig.* 234.

1434. Si l'objet qu'on regarde au travers du

priſme, eſt petit & vu d'un peu loin, il eſt coloré dans toute ſa ſurface. Cela vient de ce que plus l'objet eſt petit, moins chaque couleur occupe d'étendue; tandis que la quantité, dont les rayons ſont écartés les uns des autres par la réfraction, eſt la même; auquel cas les couleurs anticipent moins les unes ſur les autres (1433), & ſont, par conſéquent, moins mêlées & plus apparentes.

1435. De tous les phénomenes, qui ont rapport aux couleurs, le plus beau eſt ſans doute l'arc-en-ciel ou iris; c'eſt-à-dire, cette bande ſémi-circulaire, ornée des ſept couleurs primitives (1378), & placée dans les nuées, que l'on apperçoit, lorſqu'ayant le dos tourné au ſoleil, on regarde une nuée qui fond en pluie, & qui eſt éclairée par cet aſtre, pourvu toutefois qu'il ſoit moins élevé que de 42 degrés au deſſus de l'horizon (1456).

1436. *Antoine de Dominis* montre dans ſon Livre, *de Radiis viſûs & lucis*, imprimé à Veniſe, en 1611, que l'arc-en-ciel eſt produit, dans des gouttes rondes de pluie, par deux réfractions de la lumiere ſolaire & une réflexion entre deux. Mais *Kepler* avoit eu, avant lui, la même penſée, comme on le voit par les lettres qu'il écrivit à *Beranger* en 1605, & à *Harriot* en 1606. Mais comme ces Savans ne connoiſſoient

point l'origine des couleurs, l'explication qu'ils ont donnée de ce météore, eſt défectueuſe à quelques égards. C'eſt à *Newton* que nous en devons une explication exacte : il l'a rendue lumineuſe, en y appliquant ſa découverte de la décompoſition de la lumiere, & du degré de réfrangibilité propre à chaque eſpece de rayon.

1437. On apperçoit ordinairement deux arcs-en-ciel ; un intérieur, dont les couleurs ſont vives, & un extérieur, dont les couleurs ſont plus foibles. L'ordre de ces couleurs eſt celui-ci ; dans l'arc intérieur, en allant de bas en-haut, on voit d'abord le violet, enſuite l'indigo, le bleu, le vert, le jaune, l'orangé & le rouge : dans l'arc extérieur, les couleurs ſont dans un ordre renverſé ; de ſorte qu'en allant encore de bas en-haut, on voit d'abord le rouge, enſuite l'orangé, le jaune, le vert, le bleu, l'indigo & le violet.

1438. Pour expliquer comment cela ſe fait, ſuppoſons que les cercles *s t* D (*fig.* 244.) & G *d s* (*fig.* 245.) repréſentent deux gouttes de pluie. Le trait de lumiere ſolaire S *s* (*fig.* 244.) venant frapper obliquement la goutte de pluie en *s*, au lieu de continuer ſa direction vers F, ſera réfracté en s'approchant de la perpendiculaire *p* C (1285), & ira heurter la concavité de la goutte en *t* : la portion de cette lumiere qui *Fig.* 244. *Fig.* 245. *Fig.* 244.

ne traverſera pas la goutte, ſera réfléchie vers *e*, en faiſant ſon angle de réflexion égal à celui de ſon incidence (1218); &, au lieu de continuer ſa route en droite ligne vers *f*, elle ſera réfractée une ſeconde fois, en s'écartant de la perpendiculaire *p* C, parce qu'elle paſſe obliquement de l'eau dans l'air.

1439. Mais comme ce trait de lumiere, quelque mince qu'il ſoit, eſt un faiſceau de rayons plus réfrangibles les uns que les autres, le violet, qui l'eſt le plus de tous, ſe rendra vers le point B; & le rouge, qui l'eſt le moins, ſe rendra vers le point O. Si donc l'œil de l'obſervateur eſt placé en O, de façon que le jet de lumiere qui vient le frapper, après avoir ſouffert, dans la goutte de pluie, une réflexion & deux réfractions; ſavoir, une en y entrant, & une autre en en ſortant (1438); de façon, dis-je, que ce jet de lumiere *e* O faſſe, avec le rayon ſolaire S *s*, un angle S P O de 42 degrés 2 minutes, cet œil verra le rouge dans la direction O *r*. Si enſuite l'œil s'éleve juſqu'en B, par exemple, de façon que le jet de lumiere *e* B, qui arrive à lui, ne faſſe plus, avec le rayon ſolaire S *s*, qu'un angle de 40 degrés 17 minutes, il verra, dans ſon élévation, ſucceſſivement toutes les couleurs priſmatiques, & appercevra enfin le violet dans la direction B *b*.

La

Fig. 234.

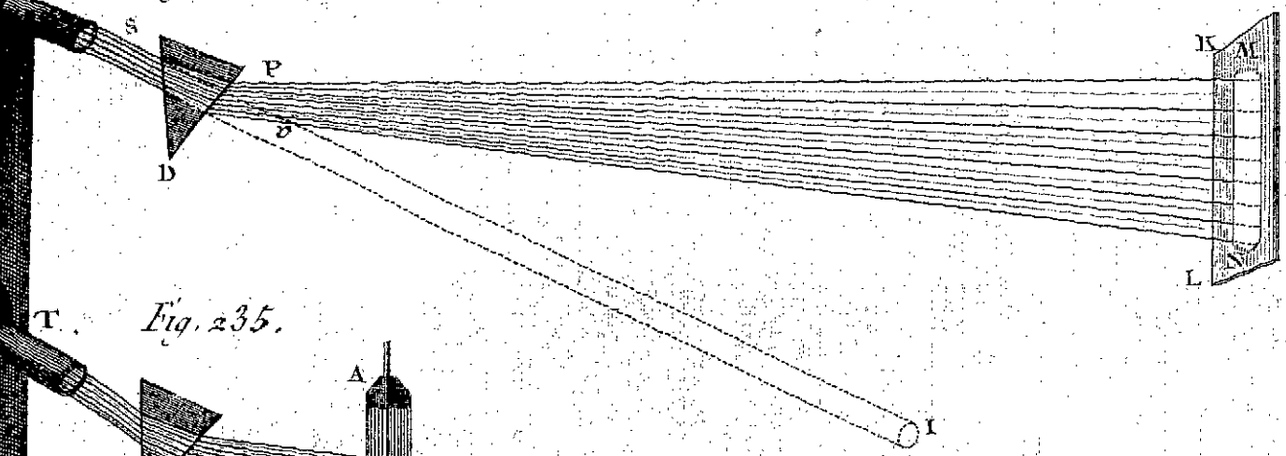


Fig. 235.

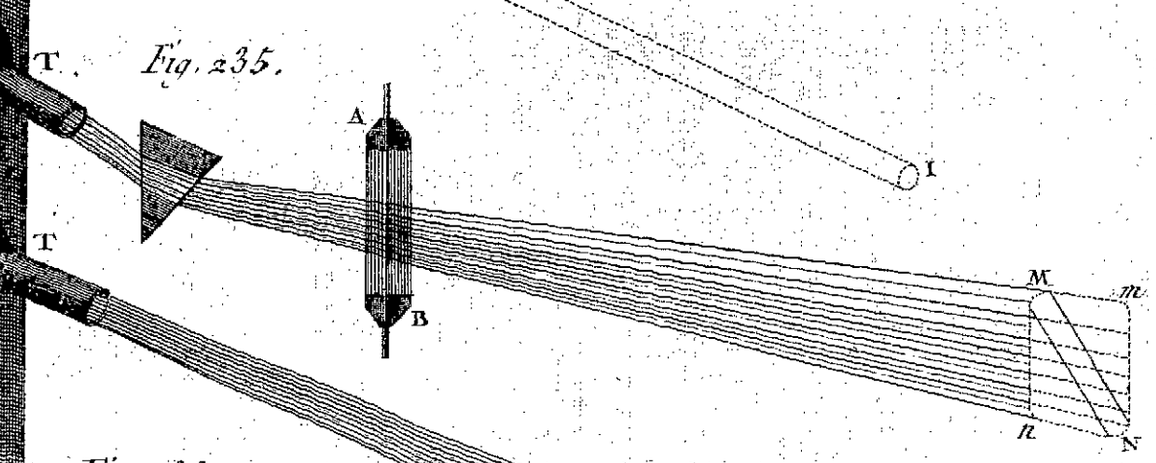


Fig. 236.

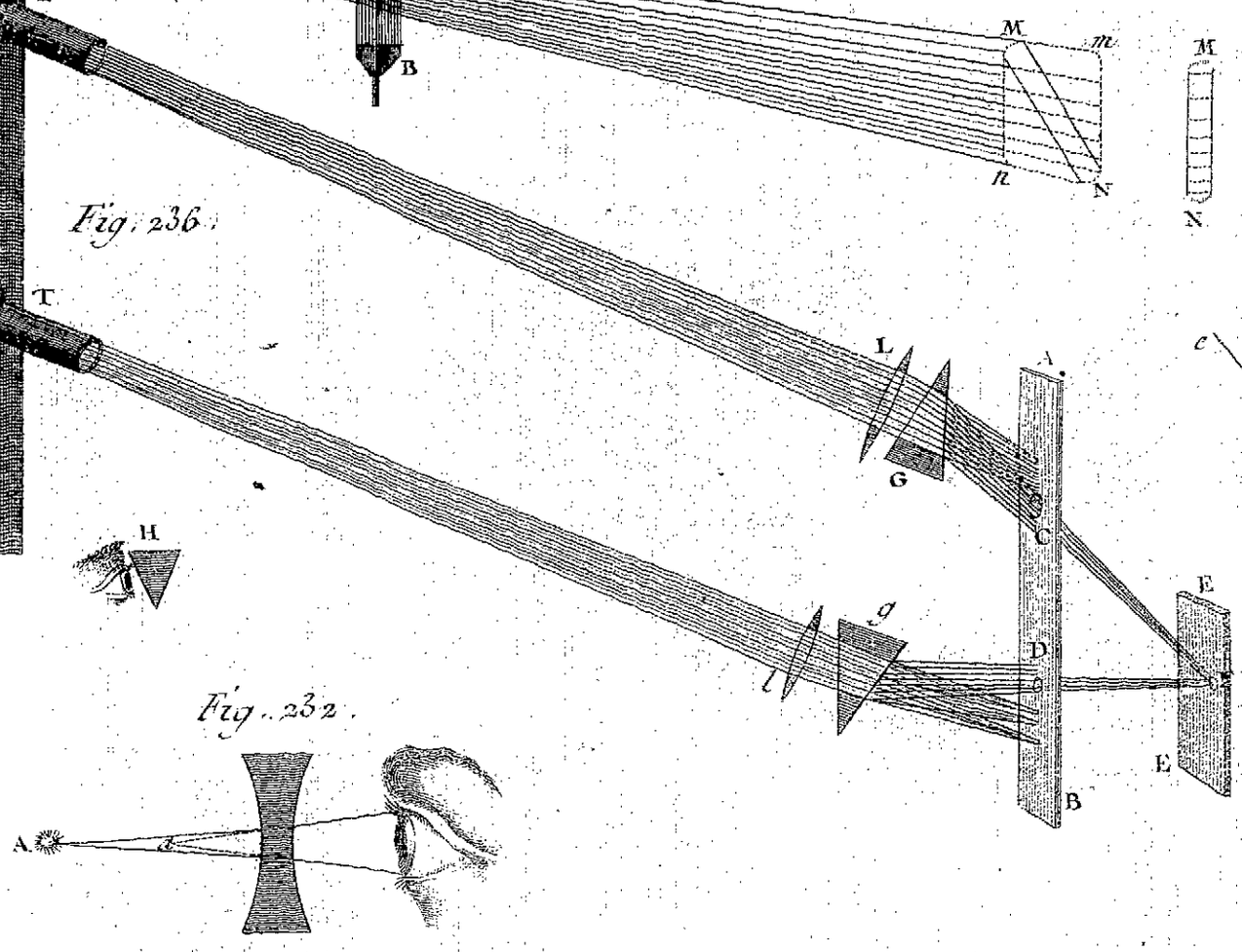


Fig. 232.

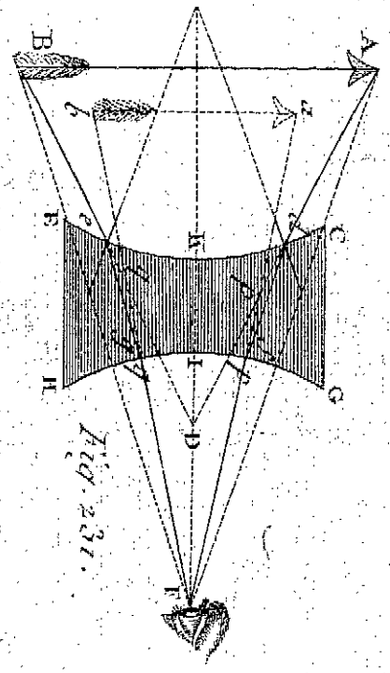
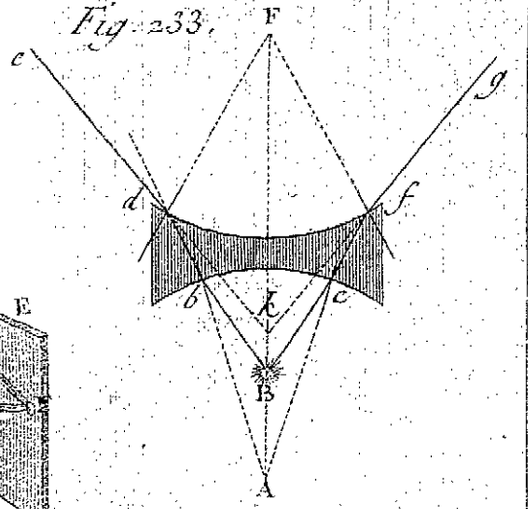


Fig. 231.

Fig. 233.



La même choſe arriveroit, ſi l'œil de l'obſervateur demeurant à ſa premiere place; ſavoir, en O, la goutte de pluie deſcendoit de D en E; & ſi l'on ſuppoſoit cet eſpace rempli d'une ſuite de gouttes de pluie, on verroit à la fois toutes les couleurs priſmatiques.

1440. Que l'on imagine à préſent de pareilles ſuites de gouttes de pluie placées dans la circonférence d'un demi-cercle, dont l'œil du ſpectateur occupe le centre, on aura une bande ſemi-circulaire ornée des ſept couleurs primitives (1378), & dont la largeur ſera égale à l'eſpace DE; c'eſt-à-dire, qu'elle ſera proportionnelle à la différence qu'il y a entre les rayons les plus réfrangibles, & ceux qui le ſont le moins.

1441. Pour expliquer maintenant les apparences de l'arc-en-ciel extérieur, ſuppoſons encore que le trait de lumiere ſolaire *S s* (*fig.* 245.) vient frapper obliquement en *s* la goutte de pluie repréſentée par le cercle *G d s*: au lieu de continuer ſa route vers *a*, il ſe réfractera, en s'approchant de la perpendiculaire *p* C (1285), & ira heurter la concavité de la goutte en *d*: la portion de cette lumiere qui ne traverſera pas la goutte, ſera réfléchie vers *e*, en faiſant ſon angle de réflexion égal à celui de ſon incidence: une partie de cette même portion ſera encore réfléchie une ſeconde fois vers *g*, faiſant toujours *Fig.* 245.

ſon angle de réflexion égal à celui de ſon incidence (1218); & enſuite, au lieu de continuer ſa route en droite ligne vers *h*, elle ſe réfractera une ſeconde fois, en s'éloignant de la perpendiculaire *p* C.

1442. Ce trait de lumiere étant, comme dans le cas précédent (1439), un aſſemblage de rayons plus réfrangibles les uns que les autres, le rouge, qui l'eſt le moins de tous, ſe rendra vers le point O; & le violet, qui l'eſt le plus, ſe rendra vers le point B. Maintenant que l'œil de l'obſervateur ſe place en O, de façon que le jet de lumiere, qui vient le frapper après avoir ſouffert, dans la goutte de pluie, deux réflexions & deux réfractions; ſavoir, une en y entrant, & l'autre en en ſortant (1441); de façon, dis-je, que ce jet de lumiere *g* O faſſe, avec le rayon ſolaire S *s*, un angle S *h* O de 50 degrés 57 minutes, cet œil verra le rouge dans la direction O *r*. Si enſuite l'œil s'abaiſſe juſqu'en B, par exemple, de façon que le jet de lumiere *g* B, qui arrive à lui, faſſe, avec le rayon ſolaire S *s*, un angle S *h* B de 54 degrés 7 minutes, il aura vu ſucceſſivement, dans ſon abaiſſement, toutes les couleurs priſmatiques, & appercevra enfin le violet dans la direction B *b*. La même choſe arriveroit, ſi, l'œil de l'obſervateur demeurant à ſa même place, ſavoir, en O, la goutte

de pluie montoit de G en H; & ſi l'on ſuppoſoit cet eſpace rempli d'une ſuite de gouttes de pluie, l'œil verroit à la fois toutes les couleurs priſmatiques.

1443. Si vous imaginez maintenant, comme dans le premier cas (1440), de pareilles ſuites de gouttes de pluie placées dans la circonférence d'un demi-cercle, dont l'œil du ſpectateur occupe le centre, cela vous donnera une ſeconde bande ſemi-circulaire ornée des ſept couleurs primitives (1378), mais dans un ordre oppoſé à celui de la premiere.

1444. Ce que nous avons ſuppoſé juſqu'ici arrive effectivement. Quand une nuée fond en pluie, il s'en trouve des gouttes dans toutes les places convenables, pour que les rayons émergens faſſent, avec les rayons incidens, les angles que nous avons dit être néceſſaires pour les apparences de l'arc-en ciel (1439 & 1442). Rendons ceci ſenſible par une figure. Suppoſons que E, F, G & H (*fig.* 246.) repréſentent des gouttes de pluie, ſur leſquelles vont tomber les rayons ſolaires SE, SF, SG, SH : ces rayons, après avoir ſouffert, en E & en F, deux réfractions & une réflexion (1438), ſont dirigés vers le même œil placé en O. L'angle SEO, formé par le rayon incident SE, & le rayon émergent EO, étant de 40 degrés 17 minutes, on voit *Fig.* 246.

le violet en E : l'angle S F O, formé de même par le rayon incident S F & le rayon émergent F O, étant de 42 degrés 2 minutes, on voit le rouge en F : & les autres gouttes de pluie, qui ſe trouvent placées entre E & F, renvoyant à l'œil des rayons émergens, qui forment avec les rayons incidens des angles convenables, l'œil apperçoit en même temps toutes les autres couleurs.

1445. De même, les rayons S G, S H, après avoir ſouffert, en G & en H, deux réfractions & deux réflexions (1441), ſont encore dirigés vers le même œil placé en O. L'angle S G O, formé par le rayon incident S G & le rayon émergent G O, étant de 50 degrés 57 minutes, on voit le rouge en G : l'angle S H O, formé de même par le rayon incident S H & le rayon émergent H O, étant de 54 degrés 7 minutes, on voit le violet en H : & les autres gouttes de pluie, qui ſe trouvent placées entre G & H, renvoyant encore à l'œil des rayons émergens, qui forment avec les rayons incidens des angles convenables, l'œil apperçoit en même temps toutes les autres couleurs.

1446. On en peut dire autant de toutes les pareilles ſuites de gouttes de pluie placées dans les circonférences de deux demi-cercles, dont l'œil du ſpectateur occupe le centre ; ce qui

donnera les deux bandes colorées AFBE & CHDG, dont les couleurs seront placées dans un ordre opposé (1443); de sorte que le rouge bordera extérieurement l'arc intérieur, & intérieurement l'arc extérieur; tandis qu'au contraire le violet bordera intérieurement l'arc intérieur, & extérieurement l'arc extérieur.

1447. Les couleurs de l'arc extérieur sont plus foibles que celles de l'arc intérieur, parce que, comme on l'a vu ci-dessus (1441), les rayons qui forment l'arc extérieur souffrent une réflexion de plus; ce qui cause beaucoup de déchet, parce que le jet de lumiere ne se réfléchit pas en entier; il en sort une partie de la goutte.

1448. Si l'on vouloit imiter les apparences des arcs-en-ciel, il seroit aisé de le faire au moyen de deux globes de verre remplis d'eau, que nous pouvons supposer représentés par les cercles *s t* D (*fig.* 244.) & G *d s* (*fig.* 245.), suspendus par leur axe avec des cordons CHM qui passeroient sur des poulies fixées au plafond. En tirant ou lâchant les cordons, on éleveroit ou l'on baisseroit les globes selon le besoin; & de façon qu'en faisant tomber sur chacun d'eux un rayon solaire S *s* dans une chambre obscure, on fît former, par ces rayons incidens avec les rayons émergens, des angles tels que nous les *Fig.* 244. *Fig.* 245.

avons dit (1439 & 1442) être néceſſaires pour produire les apparences des arcs-en-ciel.

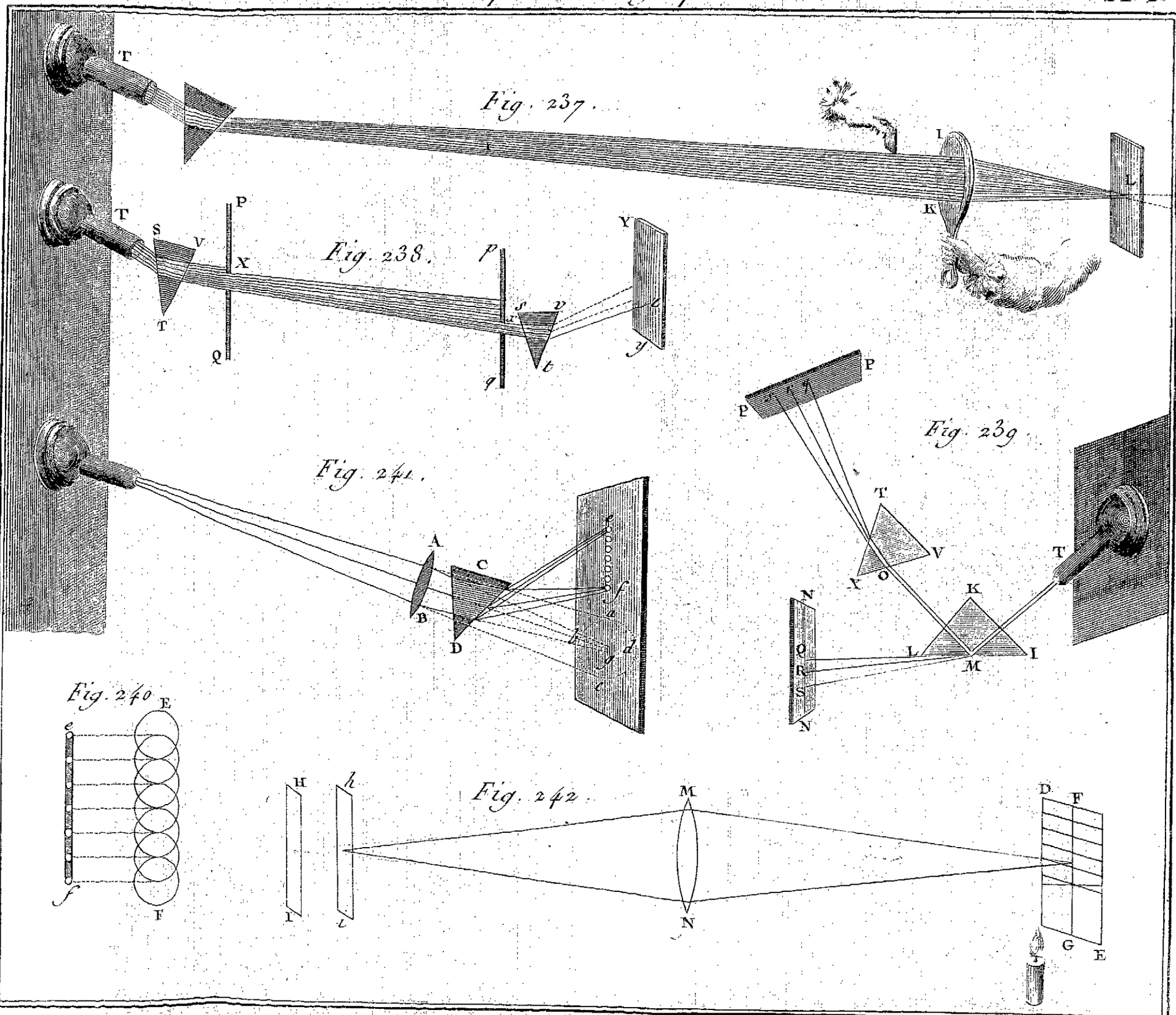
1449. Il faut remarquer que, dans ce cas-là, les couleurs ſe préſentent à l'œil, & ſe placeroient ſur un carton qu'on leur oppoſeroit, dans un ordre tout différent de celui dont nous avons parlé ci-deſſus (1437), & qu'on obſerve aux arcs-en-ciel; de ſorte que les violets ſe trouvent dans l'intérieur, ſavoir, en B, B, & les rouges dans l'extérieur, ſavoir, en O, O; tandis qu'au contraire, dans les arcs-en-ciel (*fig.* 246.), le rouge borde extérieurement l'arc intérieur, comme en F, & intérieurement l'arc extérieur, comme en G: & par-là les rouges ſe trouvent en dedans, & les violets en dehors. Mais il faut faire attention que, voyant ces couleurs au ciel, nous les y rapportons par des directions qui ſe croiſent aux points d'émergences *e* (*fig.* 244.) & *g* (*fig.* 245.). C'eſt pourquoi nous voyons les rouges en *r*, *r*, & les violets en *b*, *b*.

Fig. 246.

Fig. 244.

Fig. 245.

1450. La largeur des deux bandes colorées, qui forment les deux arcs-en-ciel, eſt plus grande dans l'un & dans l'autre que ne la donnent les limites qui renferment les différens degrés de réfrangibilité de chacun des rayons hétérogenes qui compoſent le faiſceau. *Newton* a calculé quelles doivent être ces largeurs; & il a déter-



Benard Direxit.

miné celle de l'arc intérieur de 1 degré 45 minutes ; celle de l'arc extérieur de 3 degrés 10 minutes ; & leur distance réciproque de 8 degrés 55 minutes. C'est réellement là ce qu'elles devroient être, & ce qu'elles seroient effectivement, si le soleil n'étoit qu'un point ; mais son diametre est d'un demi-degré ou à peu près, ce qui élargit chacune des bandes, & diminue leur distance réciproque ; de sorte que, dans le fait, la largeur de l'arc intérieur est de 2 degrés 15 minutes ; celle de l'arc extérieur de 3 degrés 40 minutes, & leur distance réciproque est seulement de 8 degrés 25 minutes.

1451. Cette explication des apparences des arcs-en-ciel peut servir aussi à rendre raison des couleurs qu'on apperçoit autour d'un jet d'eau que le vent agite & divise en gouttes de pluie, lorsqu'il est éclairé du soleil, & qu'on le regarde ayant le dos tourné à cet astre ; car on n'apperçoit pas cet effet dans toutes sortes de positions : & si l'on fait attention à celle qui est nécessaire, on verra qu'alors les angles, formés par les rayons incidens, qui vont du soleil au jet d'eau, & par les rayons émergens, qui reviennent du jet d'eau à l'œil du spectateur, sont assujettis aux mêmes conditions que celles qu'exigent les apparences des arcs-en-ciel.

1452. Nous avons dit ci-dessus (1440 & 1443)

que les deux arcs-en-ciel repréſentent chacun une
Fig. 246. bande ſemi-circulaire (*fig.* 246.); il eſt cependant très-probable que les gouttes de pluie qui ſéparent les couleurs, ne ſont pas ainſi rangées: mais voici la raiſon de cette apparence. L'œil étant placé au ſommet d'un cône, voit les objets qui ſont ſur ſa ſurface, comme s'ils étoient placés dans des cercles concentriques inſcrits les uns dans les autres, ſur-tout lorſque ces objets ſont aſſez éloignés de lui; car quand différens objets ſont à une diſtance aſſez conſidérable de l'œil, ils paroiſſent en être à la même diſtance (1211). Or les gouttes d'eau au travers deſquelles paſſent les rayons de lumiere qui font voir les arcs-en-ciel, ſont comme rangées ſur la ſurface d'un cône, dont le ſommet eſt à l'œil de l'obſervateur: en conſéquence ces gouttes doivent lui paroître comme ſi elles étoient diſpoſées dans autant de bandes ou arcs colorés, comme on le voit dans les arcs-en-ciel. On appelle *ligne d'aſpect*, l'axe du cône dont le ſommet eſt à l'œil de l'obſervateur, lequel axe eſt perpendiculaire au ſoleil.

1453. Il eſt aiſé de déduire de ces principes l'explication de tous les phénomenes particuliers de l'arc-en-ciel.

1°. Par exemple, pourquoi les arcs-en-ciel ſont toujours de mêmes largeurs. C'eſt parce que

les degrés de réfrangibilité des rayons rouges & violets, qui forment ſes couleurs extrêmes, ſont toujours les mêmes (1407); ils produiſent donc toujours les mêmes écartemens entre les couleurs.

1454. 2°. Pourquoi l'arc-en-ciel change de ſituation à meſure que l'œil en change. C'eſt que les gouttes colorées ſont diſpoſées ſous un angle déterminé autour de la ligne d'aſpect (1452), laquelle varie à meſure qu'on change de place. De là vient auſſi que chaque ſpectateur voit un arc-en-ciel différent. Il faut pourtant dire que ce changement de l'arc-en-ciel pour chaque ſpectateur, s'ils ſont près les uns des autres, n'eſt vrai que rigoureuſement parlant; car les rayons du ſoleil étant cenſés paralleles, à cauſe du très-grand éloignement de cet aſtre (1750), deux ſpectateurs voiſins l'un de l'autre voient aſſez ſenſiblement le même arc-en-ciel.

1455. 3°. D'où vient que l'arc-en-ciel forme une portion de cercle, tantôt plus grande & tantôt plus petite. C'eſt que ſa grandeur dépend du plus ou moins d'étendue de la partie de la ſuperficie conique (1452) qui eſt au deſſus de l'horizon dans le temps qu'il paroît; & cette portion eſt plus petite ou plus grande ſuivant que la ligne d'aſpect eſt plus ou moins inclinée ou oblique à la ſurface de la terre. Cette obliquité

augmente à proportion que le ſoleil eſt plus élevé ; ce qui fait que la grandeur de l'arc-en-ciel diminue à proportion que le ſoleil s'éleve.

1456. 4°. Pourquoi l'arc-en-ciel ne paroît jamais, lorſque le ſoleil eſt élevé d'une certaine hauteur. C'eſt que la ſurface conique ſur laquelle il doit paroître (1452), eſt cachée ſous l'horizon, lorſque le ſoleil eſt élevé de plus de 42 degrés (1435) ; car dans ce cas-là, ſi vous ſuppoſez une ligne partant de l'œil de l'obſervateur parallélement au rayon ſolaire, cette ligne fait avec le deſſous, de même qu'avec le deſſus de l'horizon, un angle de plus de 42 degrés ; par conſéquent le rayon émergent de la goutte de pluie, qui doit faire avec le rayon ſolaire (1439) & par conſéquent avec ſa parallele, un angle ſeulement de 42 degrés, ſe trouve au deſſous de l'horizon ; de ſorte que, rencontrant la ſurface de la terre, il ne peut arriver à l'œil. Il ſuit pourtant de là que ſi le ſoleil eſt élevé de plus de 42 degrés, mais moins de 54 (1442), on pourra voir l'arc-en-ciel extérieur, & non l'arc-en-ciel intérieur.

1457. 5°. Pourquoi on voit quelquefois les jambes de l'arc-en-ciel contiguës à la ſurface de la terre ; & pourquoi d'autres fois ces jambes ne paroiſſent pas juſqu'à terre. C'eſt parce qu'on ne voit l'arc-en-ciel que dans les endroits où il

y a des gouttes de pluie : or ſi la pluie eſt aſſez étendue pour occuper un eſpace plus grand que la portion viſible de la ſurface conique ſur laquelle il doit paroître (1452), on verra un arc-en-ciel qui ira juſqu'à terre ; ſinon, on n'en verra que dans la partie de cette ſurface occupée par la pluie.

1458. 6°. Pourquoi les jambes de l'arc-en-ciel paroiſſent quelquefois inégalement éloignées. Si la pluie ſe termine du côté du ſpectateur dans un plan tellement incliné à la ligne d'aſpect, que le plan de la pluie forme avec cette ligne un angle aigu du côté du ſpectateur, & un angle obtus de l'autre côté, la ſurface du cône ſur laquelle ſont placées les gouttes qui doivent faire paroître l'arc-en-ciel (1452), ſera tellement diſpoſée que la partie de cet arc qui ſera d'un côté, paroîtra plus proche de l'œil que celle de l'autre côté.

1459. 7°. Comment l'arc-en-ciel peut paroître interrompu & tronqué à ſa partie ſupérieure. Il ne faut pour cela qu'un nuage qui intercepte les rayons & les empêche de venir de la partie ſupérieure de l'arc à l'œil du ſpectateur. Il peut encore arriver qu'on ne voie que les deux jambes de l'arc-en-ciel, parce qu'il n'y a point de gouttes de pluie à l'endroit où devroit paroître ſa partie ſupérieure.

1460. 8°. Pourquoi l'arc-en-ciel ne paroît pas toujours exactement rond ; & pourquoi il paroît quelquefois incliné. C'eſt que l'apparence de ſa rondeur exacte dépend de ſon éloignement, qui nous empêche de le bien voir ; mais ſi la pluie qui le produit, eſt près de nous, on apperçoit ſes irrégularités : & ſi le vent chaſſe la pluie, en ſorte que ſa partie ſupérieure ſoit ſenſiblement plus éloignée de l'œil que l'inférieure, l'arc paroîtra incliné ; en ce cas, l'arc-en-ciel peut paroître ovale, comme le paroît un cercle incliné, vu d'aſſez loin.

1461. 9°. Pourquoi l'arc-en-ciel ne paroît pas plus grand qu'un demi-cercle. Le centre de l'arc-en-ciel eſt toujours dans la ligne d'aſpect (1452), laquelle eſt perpendiculaire au ſoleil ; donc, dans le cas où le ſoleil eſt à l'horizon, cette ligne raſe la terre. Si donc le ſoleil eſt élevé au deſſus de l'horizon, l'extrémité de cette ligne la plus éloignée du ſoleil & qui ſe trouve au centre de l'arc, eſt au deſſous de l'horizon, & par conſéquent n'eſt pas viſible. On ne peut donc pas voir plus du demi-cercle ; car pour voir le demi-cercle entier, il faut voir ſon centre.

1462. Il eſt pourtant vrai que, ſi le ſpectateur eſt placé ſur une éminence fort élevée, & que le ſoleil ſoit à l'horizon, ou même un peu au deſſous, alors la ligne d'aſpect (1452), dans

laquelle eſt le centre de l'arc-en-ciel, ſera conſidérablement élevée au deſſus de l'horizon; & l'arc-en-ciel occupera pour lors plus d'un demi-cercle.

1463. Et même, ſi le lieu eſt extrêmement élevé, & que les gouttes de pluie ſoient proches du ſpectateur, il peut arriver que l'arc-en-ciel forme un cercle entier.

1464. Et ſi la partie ſupérieure de ce cercle eſt couverte par des nuages, & qu'il n'y ait que ſa partie inférieure de viſible, l'arc-en-ciel paroîtra renverſé.

1465. La lumiere de la lune, réfractée & réfléchie par les gouttes de pluie, produit l'arc-en-ciel, comme celle du ſoleil, & avec les mêmes couleurs; mais elles ſont preſque toujours plus foibles, parce que l'intenſité de la lumiere de la lune eſt de beaucoup inférieure à celle de la lumiere du ſoleil.

1466. C'eſt encore à la réfraction de la lumiere par des gouttes d'eau, qu'on doit attribuer la formation de ces cercles colorés, qu'on apperçoit autour du ſoleil, de la lune, des autres planetes & des étoiles, & que l'on appelle *couronnes*. Tous les Phyſiciens conviennent qu'il faut les attribuer, comme on attribue l'arc-en-ciel, à la réfraction des rayons de lumiere dans les particules de vapeurs, les gouttes d'eau, les

parcelles de glace & de neige, dont l'athmoſphere eſt chargée ; avec cette différence que, dans l'arc-en-ciel, il y a réflexion & réfraction des rayons (1438 & 1441), & que, dans les couronnes, il n'y a que réfraction.

1467. La grandeur de ces couronnes varie beaucoup : elle dépend de l'épaiſſeur plus ou moins grande de ces corps hétérogenes qui réfractent la lumiere, & de leur proximité à nos yeux.

1468. Ce qui appuie cette théorie, & lui donne de la vraiſemblance, c'eſt qu'on peut imiter ainſi ce météore dans un temps froid. Regardez une bougie allumée au travers de la vapeur qu'exhale de l'eau chaude, contenue dans un vaſe placé entre la bougie & votre œil ; & vous verrez autour de la flamme une couronne colorée. Vous aurez le même effet, ſi vous regardez une bougie allumée au travers d'une glace de verre bien polie, & ternie par de petites gouttes d'eau imperceptibles, comme le ſont, par un temps froid, les glaces des carroſſes dans leſquels il y a du monde.

1469. On apperçoit quelquefois une portion de cercle de lumiere colorée comme l'arc-en-ciel, ſur une prairie ou ſur un champ que l'on regarde d'un lieu un peu élevé, quelque temps après le lever du ſoleil, ou quelque temps devant

ſon coucher. Cette portion de cercle, ainſi colorée, peut être appelée *arc-en-terre*. Ce phénomene eſt, de même que celui de l'arc-en-ciel, un effet de la lumiere réfractée & réfléchie par les gouttes de roſée ou de pluie qui ſont adhérentes à l'herbe ; & peut être expliqué de la même maniere (1438 *& ſuiv.*). Si l'on fait attention à la hauteur du ſoleil ſur l'horizon, à la poſition dans laquelle on eſt lorſqu'on apperçoit le phénomene, au pouvoir réfringent des gouttes d'eau répandues ſur l'herbe, & aux différens degrés de réfrangibilité des rayons dont la lumiere ſolaire eſt compoſée, on verra que le tout eſt aſſujetti aux mêmes conditions que celles d'où naiſſent les apparences de l'arc-en-ciel.

1470. On peut faire ici une réflexion bien ſinguliere : on ne ſait pas pourquoi une pierre tombe (199) ; & l'on connoît la cauſe des couleurs de l'arc-en-ciel & de leur arrangement reſpectif, quoique ce dernier phénomene ſoit, pour la multitude, beaucoup plus ſurprenant que le premier. Il ſemble que l'étude de la Nature ſoit propre à nous enorgueillir d'une part, & à nous humilier de l'autre.

1471. La lumiere ſouffre auſſi une déviation, lorſqu'elle raſe les bords des corps opaques : & cette déviation ſe nomme *diffraction* ou *inflexion*. Lorſque des rayons de lumiere raſent les bords

d'un corps opaque, ils ſe détournent de leur chemin, & ne continuent pas leur route en ligne droite. La diffraction eſt donc cette inflexion des rayons qui ſe fait à la ſuperficie ou auprès de la ſuperficie des corps, & d'où réſulte, non ſeulement une plus grande ombre que celle qu'ils doivent donner, mais encore, à côté de cette ombre, différentes couleurs fort ſemblables à celle du ſpectre ſolaire (1421).

1472. *Newton* (*Traité d'Optique*, *liv.* 3, *pag.* 477.) a donné, d'une maniere bien détaillée, les effets de la diffraction, que voici. Soit A B C D (*fig.* 247.) la coupe d'un cheveu ou d'un fil délié de métal : R R, un jet de lumiere ſolaire reçu par un fort petit trou dans une chambre obſcure, & auquel on a oppoſé le corps A B C D à quelques pieds au delà. Si l'on reçoit l'ombre du fil A C ſur un plan, à quelques pieds de diſtance, par exemple, en N Z, elle y ſera trouvée beaucoup plus grande qu'elle ne devroit l'être à raiſon du diametre de ce fil : on voit de plus, de part & d'autre des limites de l'ombre, en N L, Z Q, des bandes ou franges de lumiere colorée.

Fig. 247.

1473. Il ne faut pas croire que les couleurs N, E, L, d'un côté de l'ombre, & Z, V, Q, de l'autre côté, repréſentent ſimplement la ſuite des couleurs de la lumiere, chacune des bandes

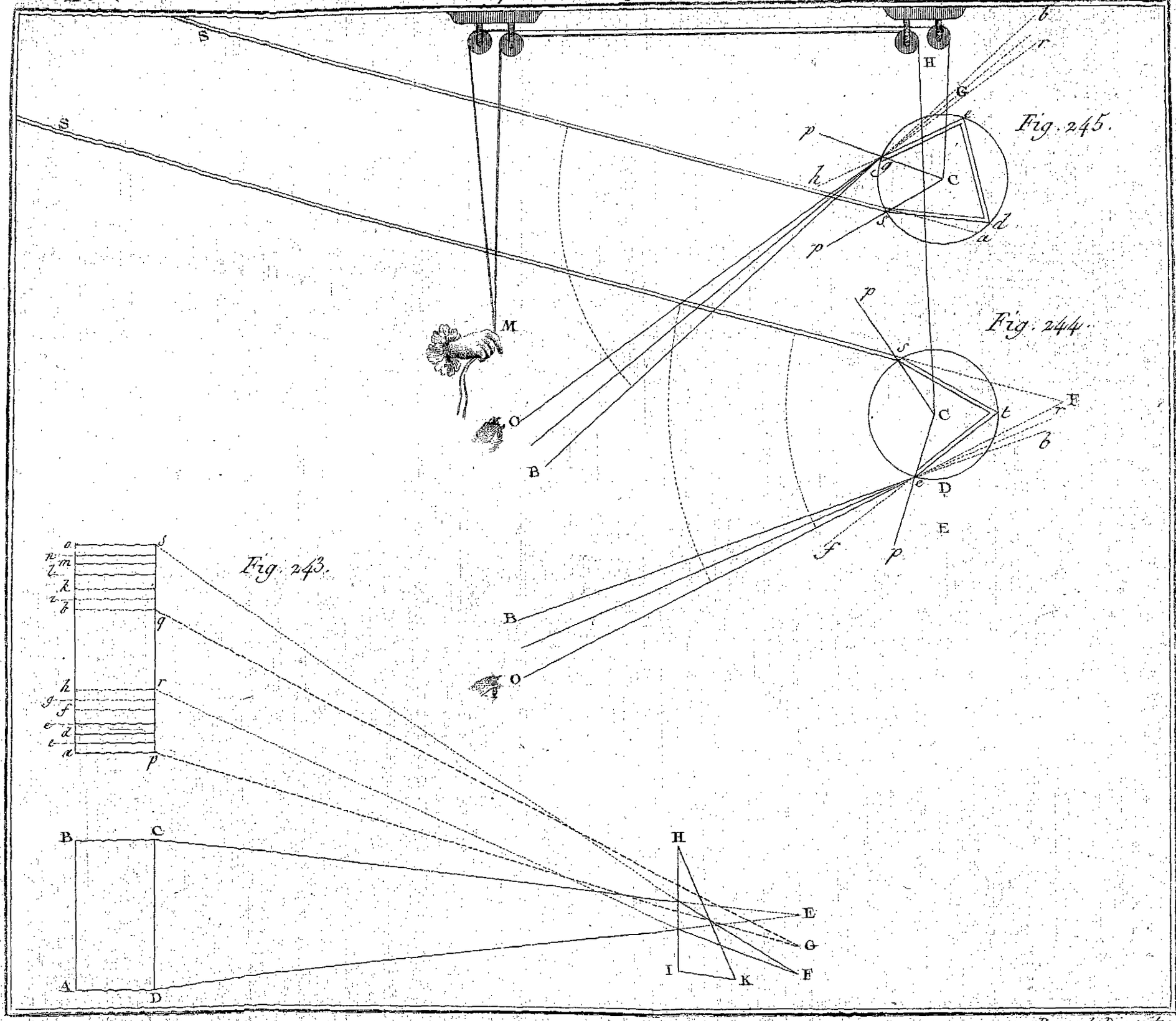
ou

ou franges ne donnant qu'une de ces couleurs : ce ſont bien diſtinctement tout au moins trois ordres ou ſuites de couleurs de chaque côté, & poſées l'une auprès de l'autre, à peu près comme les ſpectres d'autant de priſme ajuſtés l'un ſur l'autre, au deſſus & au deſſous du corps diffringent A B C D. Ces trois ſuites de franges ou de couleurs ſont repréſentées approchant dans leurs proportions (*fig.* 248.), par rapport à *Fig.* 248. l'ombre O du cheveu, & marquées, ſur le milieu, des mêmes lettres que leurs correſpondantes dans la *fig.* 247. Ainſi la premiere, en par- *Fig.* 247. tant de l'ombre, eſt N (*fig.* 248.) d'un côté, *Fig.* 248. & Z de l'autre ; la ſeconde, E & V ; & la troiſieme, L & Q. On voit dans la premiere, de part & d'autre, en venant de l'ombre, les couleurs ſuivantes : violet, indigo, bleu pâle, vert, jaune & rouge ; dans la ſeconde, en ſuivant le même ordre, bleu, jaune & rouge ; & dans la troiſieme, bleu pâle, jaune pâle & rouge.

1474. La cauſe de la diffraction de la lumiere n'eſt pas bien connue. Je penſe cependant qu'on pourroit lui en attribuer une, qui eſt aſſez vraiſemblable. Il paroît prouvé que tous les corps ont une athmoſphere particuliere, dont la denſité differe de celle de l'air. Si cela eſt, les rayons de lumiere, qui raſent les bords des corps, doivent ſouffrir une réfraction en traverſant cette

athmoſphere IHXKF (*fig.* 247.). La cauſe de la diffraction de la lumiere ſera donc la réfraction qu'elle ſouffre en paſſant au travers de l'athmoſphere particuliere des corps. J'ai fait quelques expériences qui paroiſſent prouver que les athmoſpheres des corps ont un pouvoir réfringent moindre que celui de l'air ; car lorſque j'ai entouré les corps d'une ſubſtance qui a un pouvoir réfringent plus grand que celui de l'air, les couleurs, dans chaque ſuite, ſe ſont trouvées placées en ſens contraire. Pour cela, j'ai pris un tube de verre très-délié : je l'ai rempli de mercure, & l'ai plongé dans le rayon ſolaire. Le mercure repréſentoit le fil délié de métal (1472); & le tube de verre qui le contenoit, repréſentoit ſon athmoſphere. *Fig.* 247.

1475. Dans toutes ces expériences, ainſi que dans celles dans leſquelles je n'ai employé qu'un fil de métal à nud, j'ai obtenu, non ſeulement trois ſuites de couleurs de chaque côté (1473), mais un bien plus grand nombre, que je recevois ſur un carton, courbé en rond devant l'appareil. Ces images colorées ſe portoient dans l'étendue de plus du demi-cercle : ce qui me fait croire que, dans ces athmoſpheres, il y a, non ſeulement réfraction, mais même réflexion de la lumiere, comme cela arrive dans les gouttes de pluie qui fourniſſent les apparences des arcs-en-ciel (1438 & 1441).



Benard Direxit.

Des Couleurs considérées dans les objets qui nous les font sentir.

1476. Comme les couleurs appartiennent invariablement à la lumiere (1407 & 1418), les corps ne peuvent paroître de telle ou telle couleur, qu'autant qu'ils ne réfléchissent ou ne transmettent que des rayons de cette couleur, ou qu'ils réfléchissent ou transmettent plus de rayons de cette couleur que des autres ; ou plutôt ils paroissent de la couleur qui résulte du mélange des rayons qu'ils réfléchissent ou transmettent.

1477. Mais, comme plusieurs corps exposés au même jour, à la même lumiere, paroissent de couleurs différentes, il faut nécessairement qu'il y ait en eux quelques dispositions qui les rendent chacun propres à réfléchir ou transmettre certaines parties de cette lumiere, à l'exclusion des autres. Quelles sont donc ces dispositions ?

1478. *Newton*, après un grand nombre d'observations & d'expériences, s'en est tenu, pour rendre raison de la couleur des corps, à la seule épaisseur plus ou moins grande des petites lames ou particules qui les composent : il a cru en voir la preuve dans les bulles de savon, dont les parois changent de couleur en changeant d'épaisseur ; ainsi que dans les lames minces de verre que soufflent les Emailleurs, & qui font

voir différentes couleurs, ſuivant leurs différens degrés d'aminciſſement. Voici, en outre, une des principales preuves que *Newton* en apporte. (*Traité d'Optique, liv.* 2, *part.* 1, *obſ.* 4, *pag.* 223.)

1479. Il a pris deux verres objectifs, l'un plan convexe, propre à un téleſcope de 14 pieds, & l'autre convexo-convexe, propre à un téleſcope d'environ 50 pieds; & ſur ce dernier appliquant l'autre par ſon côté plan, comme dans la *figure* 249, & les preſſant doucement l'un contre l'autre, il obſervera ce qui ſuit.

Fig. 249.

1480. 1°. Ces verres, étant poſés ſur un fond obſcur, afin de ne voir que la lumiere réfléchie par les verres ou par la lame d'air qui ſe trouve entre eux deux, il vit au milieu une tache noire, entourée de cercles colorés; la forme qu'avoient ces couleurs, lorſque les verres étoient aſſez comprimés pour faire paroître la tache noire dans le centre, eſt tracée dans la *figure* 250, dans laquelle *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 les compter par ordre, depuis le centre *a*, qui eſt 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.

Fig. 250.

1481. 2°. Ces deux verres étant placés entre

la lumiere & l'œil, de façon à voir la lumiere qui les traverſe, il obſerva que l'air interpoſé faiſoit voir des anneaux colorés en tranſmettant la lumiere auſſi bien qu'en la réfléchiſſant. Mais alors à la place de la tache noire *a*, on voyoit un petit cercle lumineux; & à compter les couleurs de là, elles paroiſſoient dans l'ordre ſuivant; rouge-jaunâtre : noir, violet, bleu, blanc, jaune, rouge : violet, bleu, vert, jaune, rouge : vert-jaunâtre, rouge : vert bleuâtre, rouge. Mais ces couleurs étoient très-foibles, hormis lorſque la lumiere paſſoit fort obliquement au travers des verres; car, par ce moyen, elles devenoient aſſez vives.

1482. En comparant ces anneaux produits par une lumiere tranſmiſe, avec les anneaux colorés produits par une lumiere réfléchie, *Newton* trouva que le blanc étoit oppoſé au noir, le rouge au bleu, le jaune au violet, & le vert à une couleur compoſée de rouge & de violet : c'eſt-à-dire, que les parties du verre qui, lorſqu'on regardoit deſſus, paroiſſoient blanches, étoient noires, lorſqu'on les voyoit en regardant à travers; & qu'au contraire, celles qui, dans le premier cas, paroiſſoient noires, paroiſſoient blanches dans le ſecond. De même auſſi celles qui, dans le premier cas, paroiſſoient bleues, dans l'autre paroiſſoient rouges; & il en étoit de même

des autres couleurs. C'eſt ce que l'on peut voir par la *figure* 249, dans laquelle A B, C D ſont les ſurfaces des verres qui ſe touchent en E : les lignes noires tracées entre deux ſont les diſtances de ces ſurfaces, à différens éloignemens du centre ; leſquelles diſtances, répondantes à chaque anneau coloré, *Newton* a trouvées être dans la progreſſion arithmétique des nombres impairs 1, 3, 5, 7, 9, 11, &c. & les couleurs écrites au deſſus, ſont vues par une lumiere réfléchie ; & celles qui ſont écrites au deſſous, par une lumiere tranſmiſe. *Fig.* 249.

1483. Entre les deux verres A B, C D, il eſt clair qu'il reſte une lame d'air, qui s'amincit de la circonférence vers le centre, & qui manque à l'endroit E du contact. A ce point de contact, on voit noir par réflexion, parce que le fond obſcur qui eſt deſſous (1480), ne renvoie point ou preſque point de lumiere. A ce même point de contact, on voit lumineux par tranſparence (1481), parce que la lumiere paſſe librement au travers des deux verres contigus. De ce point de contact à la circonférence, les couleurs des cercles changent, comme les différens degrés d'épaiſſeur des lames d'air qui y répondent. De plus, en ſerrant de plus en plus les verres A B, C D, l'un contre l'autre, on amincit les bords intérieurs de la lame d'air

AEC ou BED ; & les cercles colorés s'éloignent d'autant du centre. Il paroît donc que les différentes épaiſſeurs de petites lames qui compoſent les corps, ſont une des cauſes des apparences des différentes couleurs qu'ils nous font ſentir. Mais en ſont-elles la cauſe unique ?

1484. On vient de voir, par ce que nous venons de dire (1480 & 1481), qu'il y a les mêmes apparences de couleurs dans différentes épaiſſeurs : ce ne ſont donc pas les épaiſſeurs ſeules qui ſont les cauſes de ces apparences : il faut donc qu'il s'y joigne quelque autre cauſe. Pourquoi n'y joindroit-on pas, comme nous l'avons dit ci-deſſus (1220), la figure de chacune des particules des corps & la contexture de leur aſſemblage, d'où doivent réſulter des différences dans leur poroſité, qui feroient que l'un admettroit dans ſes pores une lumiere d'une couleur, & l'autre une lumiere d'une autre couleur ; car les lumieres de différentes couleurs doivent avoir des figures différentes : & ce ſeroient alors ces particules de lumiere qui, étant comme encadrées dans les pores des corps, ſeroient capables de recevoir & de rendre à des particules de lumiere ſemblables le mouvement qui leur eſt propre, & nous feroient ainſi appercevoir les couleurs. Ainſi la cochenille teint en rouge les ſurfaces qu'elle enduit ; & un verre rouge fait paroître

de cette couleur les objets qu'on voit au travers ; parce que les parties de l'une ſont comme des éponges qui s'abreuvent aiſément de lumiere rouge, & la réfléchiſſent avec énergie ; & que les pores alignés de l'autre reçoivent facilement des ſuites de particules de lumiere rubrifique, & les tranſmettent avec autant de facilité. Il faudroit de plus convenir que les pores des corps ſans couleur ou limpides, tels que la neige, l'eau, le verre, &c. ſont capables de recevoir des lumieres de tous les ordres, &, par-là, de réfléchir ou de tranſmettre toutes les eſpeces, ſoit qu'elles arrivent enſemble ou ſéparément à leur ſurface.

1485. Tout cela prouve de plus en plus ce que nous avons dit ci-deſſus (1407 & 1418), que les couleurs ne tiennent point à la nature des corps, mais qu'elles appartiennent invariablement à la lumiere ; puiſque le même corps les perd & les reprend ſucceſſivement avec tant de facilité. On ſait que, ſi à du ſirop de violettes étendu d'eau on mêle quelques gouttes d'acide nitrique, il devient rouge : ſi l'on y mêle quelques gouttes de carbonate de potaſſe, il devient vert. Si à une diſſolution de ſulfate de cuivre, on ajoute quelques gouttes d'ammoniaque, elle devient d'un très-beau bleu ; ſi ſur ce mélange ainſi coloré on verſe un peu d'acide ni-

trique, il perd ſa couleur : & ainſi de pluſieurs autres mélanges analogues, bien connus des Chimiſtes. Tous ces changemens ne peuvent venir que de ce qu'une liqueur atténue les parties de l'autre, en les diviſant, ou les groſſit, en leur uniſſant les ſiennes ; ce qui ne peut guere avoir lieu, ſans que la figure des parties ſoit changée, & par conſéquent celle des pores de la maſſe, d'où réſulte une réflexion ou une tranſmiſſion d'une couleur différente. L'action ſeule de la lumiere produit auſſi de ces changemens : c'eſt elle qui occaſionne le vert des campagnes, en rendant les feuilles des plantes propres à réfléchir la couleur verte en plus grande abondance qu'aucune autre. En effet, une plante couverte d'un corps opaque, ne prend point de verdure ; ſi on la découvre, elle devient verte ; ſi on la couvre de nouveau, elle perd ſa verdure.

1486. Il y a des corps capables de tranſmettre une couleur, & d'en réfléchir une autre : tel eſt l'or, qui paroît jaune par réflexion, & bleu-verdâtre par tranſparence. Cela vient ſans doute de ce que ſa ſurface eſt propre à réfléchir le jaune, & de ce que ſes pores ne peuvent tranſmettre que le bleu mêlé d'un peu de vert.

1487. Quand un corps eſt de nature à ne réfléchir que des rayons d'une certaine couleur, s'il n'eſt éclairé qu'avec une lumiere d'une autre

couleur, ou il n'en réfléchit point, n'étant pas propre à lui rendre le mouvement qui lui convient ; ou il en réfléchit une partie, ſans rien changer à ſa couleur, & paroît, en conſéquence, de la couleur du rayon qui l'éclaire (1418). Donc les couleurs appartiennent à la lumiere, & non pas aux corps qui nous les font ſentir.

1488. Il y a des corps qui tranſmettent facilement la lumiere, & lui donnent un libre paſſage : d'autres ne lui permettent pas de paſſer outre, l'arrêtent ou la réfléchiſſent. On appelle les premiers *corps tranſparens* ; & les autres *corps opaques*. D'où vient cette différence ? *Newton* (*Traité d'Optique*, *liv.* 2, *part.* 3, *prop.* 2, *pag.* 287.) prétend, & je crois avec raiſon, que l'opacité des corps vient de la multitude des réfractions & réflexions qui ont lieu dans leurs parties intérieures. Selon lui, entre les parties des corps opaques, & entre celles des corps colorés, il y a pluſieurs eſpaces, ou vides, ou remplis de milieux d'une denſité différente de celle de ces corps. La lumiere ne peut donc pas traverſer ces parties, ſans éprouver un grand nombre de réfractions & de réflexions, qui l'empêchent de ſe propager en lignes droites. D'où il ſuit que la principale cauſe de l'opacité, eſt ou la diſcontinuité des parties des corps opaques, ou la différente denſité des parties qui les compoſent.

1489. Car il y a des liqueurs tranſparentes qui, ſi on les mêle enſemble, deviennent opaques, parce qu'elles ont des denſités & des pouvoirs réfringens différens : telles ſont l'eau & l'huile eſſentielle de térébenthine. Séparément, ces deux liqueurs ſont très-tranſparentes : ſi on les mêle enſemble, le mélange devient opaque & paroît d'un blanc mat. C'eſt pour cette raiſon que les brouillards troublent la tranſparence de l'air.

1490. De même, il y a des corps opaques qui deviennent tranſparens, ſi on remplit leurs pores d'une ſubſtance dont la denſité égale, ou du moins approche beaucoup de celle des parties de ces corps. C'eſt ce qui arrive à du papier que l'on mouille, ou que l'on imbibe d'huile. Lorſque ce papier étoit ſec, ſes pores étoient remplis d'air, dont la denſité eſt très-différente de celle des parties qui compoſent le papier ; en le mouillant d'eau ou d'huile, on chaſſe l'air de ſes pores, & on les remplit d'eau ou d'huile, qui ſont des ſubſtances dont la denſité approche beaucoup plus de celle des parties du papier, que ne le fait la denſité de l'air dont ſes pores étoient d'abord remplis. Dans le premier cas, la lumiere éprouve donc pluſieurs réfractions & réflexions, qui n'ont pas lieu, ou du moins très-peu dans le ſecond.

1491. C'eſt pour ces raiſons, ſelon *Newton*, que le liége, le papier, le bois, &c. ſont des corps opaques, & qu'au contraire, le verre, le diamant, &c. ſont des corps tranſparens. La raiſon, ſelon lui, eſt que les parties voiſines, dans le verre & le diamant, ſont de la même denſité; de ſorte que l'attraction, qui cauſe la réfraction (1296 & *ſuiv.*), étant égale de tous les côtés, les rayons de lumiere n'y ſubiſſent ni réfractions ni réflexions; & ceux qui entrent dans la premiere ſurface de ces corps, continuent leur chemin ſans inflexion juſqu'à l'autre ſurface, excepté le petit nombre de ceux qui heurtent les parties ſolides. Au contraire, les parties voiſines dans le bois, le liége, le papier, different beaucoup en denſité (1490); de ſorte que l'attraction y étant fort inégale, les rayons y doivent éprouver un grand nombre de réfractions & de réflexions, & ne peuvent, par conſéquent, paſſer à travers ces corps en lignes droites.

1492. Les corps noirs ſont les plus propres à intercepter la lumiere : c'eſt pourquoi les Aſtronomes font uſage de verres enfumés ou de verres noirs pour obſerver le ſoleil. L'aſtre paroît alors d'un rouge-orangé; parce que le rouge & le jaune, qui ſont les couleurs les plus fortes (1374), pénetrent des épaiſſeurs qui arrêtent les autres couleurs.

C'eſt par cette derniere raiſon que le ſoleil, regardé au travers d'un brouillard ou d'un nuage mince, paroît d'un rouge tirant ſur l'orangé.

1493. Un moyen ſûr d'intercepter toute lumiere avec des corps tranſparens, c'eſt de lui en oppoſer deux, de couleurs primitives, un peu éloignées l'une de l'autre : tels qu'un rouge & un vert. Celui des deux qui ſe préſente le premier à la lumiere, ne laiſſe paſſer qu'une couleur que l'autre ne peut tranſmettre : tous deux enſemble produiſent donc l'opacité parfaite.

CHAPITRE XV.

De la Viſion des Objets.

1494. LA viſion des objets eſt l'idée que nous concevons d'eux, en conſéquence des impreſſions qu'ils font ſur nos yeux par le moyen de la lumiere. C'eſt donc l'action de l'ame par laquelle nous appercevons les objets viſibles, à l'occaſion des impreſſions qu'ils font ſur l'organe de la vue.

1495. La maniere dont l'ame juge des objets à l'occaſion de ces impreſſions, eſt trop métaphyſique, pour que nous nous en occupions. Nous allons rendre raiſon de ce qu'il y a de phyſique dans la viſion : nous laiſſerons le reſte à expliquer aux Métaphyſiciens ; ils s'en tireront comme ils pourront.

1496. L'œil eſt l'organe deſtiné à recevoir les impreſſions de la lumiere. Tant qu'il eſt bien ſain, il peut ſuffire à tous nos beſoins : mais s'il devient malade, ou que nous exigions de lui ce qu'il ne peut pas faire ſeul, l'Art vient à ſon ſecours, en lui fourniſſant des inſtrumens propres à remédier à ces défauts.

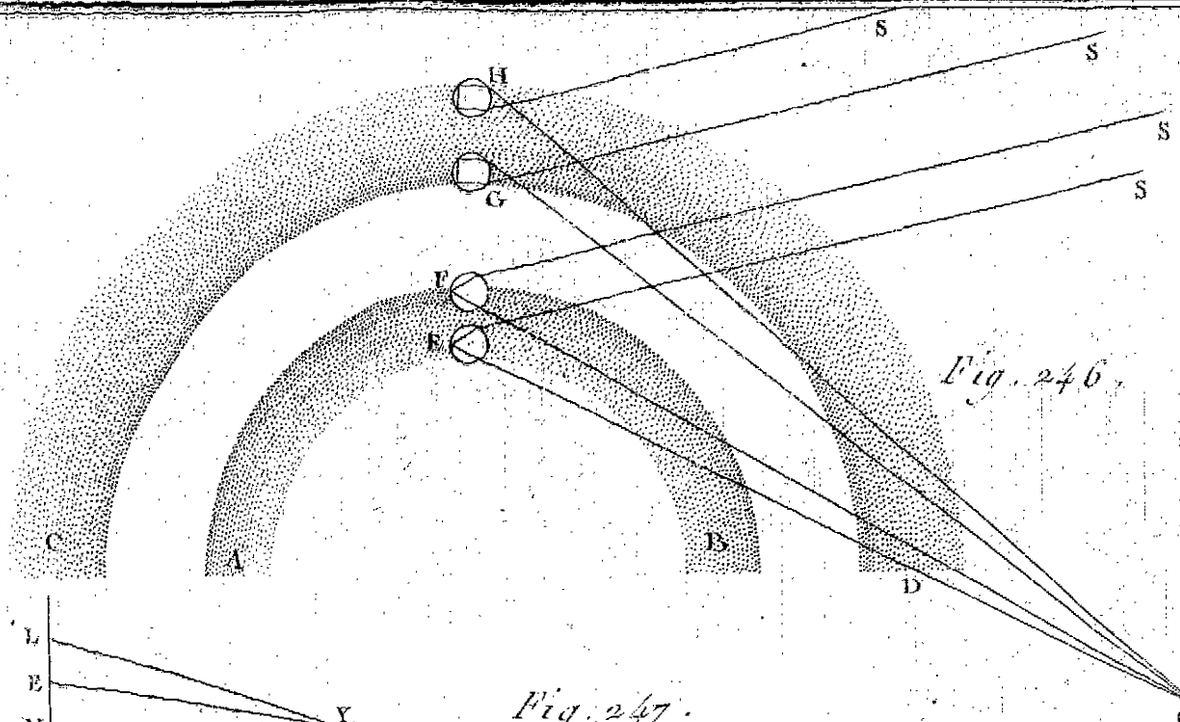


Fig. 246.

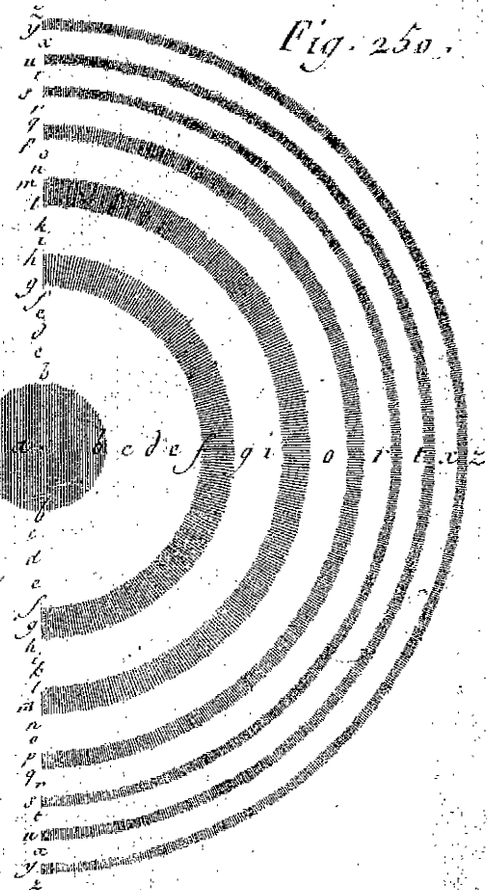


Fig. 250.

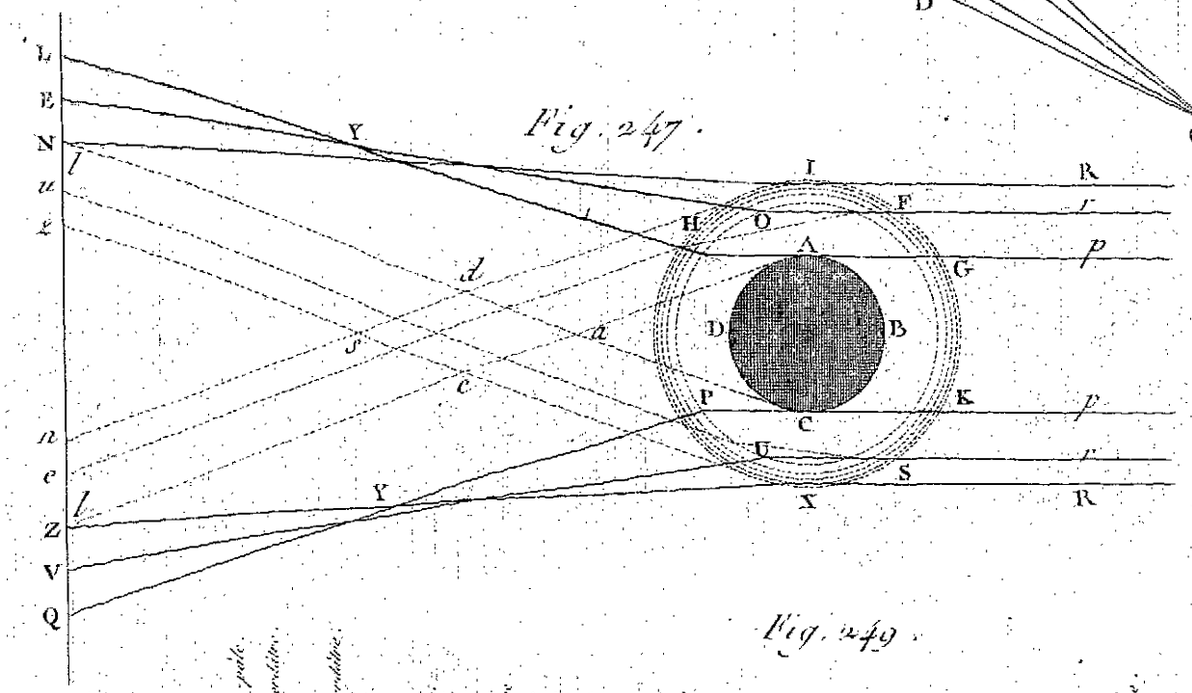


Fig. 247.

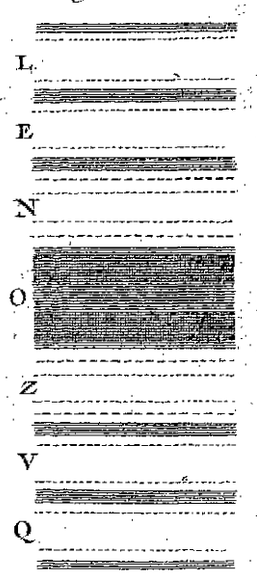


Fig. 248.

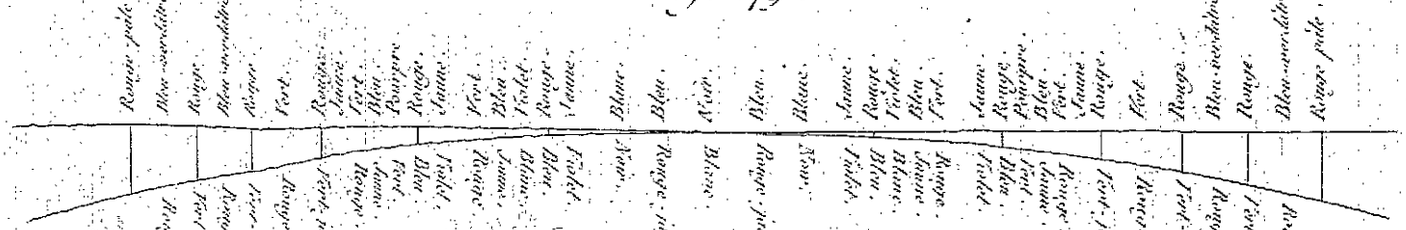


Fig. 249.

1497. Nous pouvons donc diſtinguer deux ſortes de viſions, ſavoir, la viſion naturelle, qui eſt celle qui ſe fait par le moyen des yeux ſeuls; & la viſion artificielle, qui eſt celle qui eſt aidée, ou augmentée par les inſtrumens d'Optique.

De la Viſion naturelle.

1498. Les phénomenes de la viſion & la maniere dont elle s'exécute, ſont un des points les plus importans de la Phyſique. Tout ce que *Newton* & d'autres ont découvert ſur la nature de la lumiere & des couleurs, ſur les loix de la réflexion, de la réfraction & de l'inflexion des rayons, ſe rapporte à cette théorie. Mais pour rendre raiſon de ces phénomenes, il faut bien connoître l'organe, ou du moins les parties de cet organe au moyen deſquelles ils s'exécutent.

1499. L'œil eſt un globe compoſé de pluſieurs parties, dont les unes ſont plus ou moins fermes, & repréſentent une eſpece de coque formée par l'aſſemblage de différentes couches membraneuſes, appelées *tuniques* ou *membranes*. Les autres parties ſont plus ou moins fluides : elles ſont renfermées dans les intervalles compris entre ces membranes : on les nomme *humeurs*.

1500. L'œil eſt ſitué dans cette cavité oſſeuſe de la tête qu'on nomme *orbite*, & dont la figure

approche de celle d'un cône. Il eſt couvert en devant par les paupieres, chacune deſquelles eſt bordée d'une rangée de petits poils aſſez roides, appelés *cils*. Ces paupieres ſont deux prolongemens de la peau, bordés dans leurs extrémités d'un cartilage nommé *tarſe*, & garnis dans toute leur étendue des muſcles qui ſervent à les mouvoir.

1501. Le globe de l'œil ſe trouve joint aux paupieres par une membrane mince & naturellement blanche, qu'on appelle *conjonctive* ou *albuginée*, & vulgairement *blanc de l'œil*. Cette membrane eſt attachée par une de ſes extrémités à la circonférence de la cornée tranſparente (1506), & par l'autre aux bords des paupieres : elle eſt, outre cela, attachée par ſa partie moyenne aux bords de l'orbite (1500). Cette membrane tapiſſe tout l'intérieur des paupieres & la partie antérieure de la tunique de l'œil, nommée *cornée opaque* (1506).

1502. On trouve entre l'orbite & le globe de l'œil ſes muſcles, ſes vaiſſeaux & quantité de graiſſe qui facilite ſes mouvemens. Les muſcles de l'œil ſont au nombre de ſix, ſavoir, quatre droits & deux obliques. Le premier des droits, qui eſt en deſſus, ſert à relever l'œil, & eſt appelé, à cauſe de cela, *muſcle releveur* ou *ſuperbe* : le ſecond, qui eſt en deſſous & antagoniſte

goniſte au premier, ſert à abaiſſer l'œil ; on le nomme *abaiſſeur* ou *humble* : le troiſieme, qui eſt du côté intérieur de l'œil, ſert à faire tourner l'œil vers le nez, & s'appelle *adducteur*, ou *liſeur*, ou *buveur* ; parce que, lorſqu'on lit ou qu'on boit, on tourne les deux yeux vers le nez : le quatrieme, qui eſt du côté extérieur, & dont l'uſage eſt de faire tourner l'œil du côté oppoſé au nez, ſe nomme *abducteur* ou *dédaigneux*, parce qu'on tourne l'œil ainſi, lorſqu'on regarde quelqu'un avec mépris. Quand ces quatre muſcles agiſſent ſucceſſivement & de ſuite, ils font faire à l'œil un mouvement en rond ; & quand ils agiſſent tous enſemble & de concert, ils tendent à applatir l'œil, & à le rendre moins convexe.

1503. Le premier des muſcles obliques de l'œil eſt connu ſous le nom de *grand oblique* ou *grand trochléateur*, & ſert à faire faire à l'œil certains mouvemens qui expriment les yeux doux. Le ſecond ſe nomme *petit oblique* ou *petit trochléateur*, & fait faire à l'œil ces mouvemens qui témoignent de l'indignation. Ces deux muſcles agiſſant enſemble & de concert, ſervent à porter en avant le globe de l'œil, à l'alonger & le rendre plus convexe. Et il eſt probable que, quand les ſix muſcles agiſſent tous à la

fois, ils obligent le globe de l'œil à s'applatir, & le rendent par-là moins convexe.

1504. Les quatre muſcles droits (1502) ont leur attache fixe dans le fond de l'orbite (1500), à la circonférence du trou par où paſſe le nerf optique (1507), & qu'on appelle pour cela *trou optique*; ils ont leur attache mobile au bord antérieur de la cornée opaque (1506). Le grand oblique (1503) a ſon attache fixe au fond de l'orbite, paſſe enſuite ſon tendon par un anneau cartilagineux, nommé *trochlée*, ſitué du côté du grand angle de l'œil au bord de l'orbite, & va ſe terminer à la partie poſtérieure du globe, où il a ſon attache mobile. Le petit oblique a ſon attache fixe au bord inférieur de l'orbite du côté du petit angle, & ſon attache mobile à la partie poſtérieure du globe.

1505. Nous avons dit (1499) que le globe de l'œil eſt compoſé de membranes & d'humeurs. On diſtingue ſes membranes en communes & en propres : les communes ſont la cornée, l'uvée & la rétine : les propres ſont l'arachnoïde, & l'hyaloïde. Il y a trois ſortes d'humeurs, ſavoir, l'humeur aqueuſe, l'humeur cryſtalline, & l'humeur vitrée.

Fig. 251. 1506. La cornée F E *e f* F (*fig.* 251.) renferme toutes les parties qui compoſent le globe de l'œil: cette membrane eſt tranſparente en devant, &

Fig. 251.

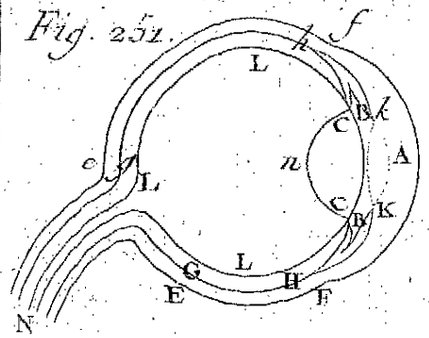


Fig. 252.

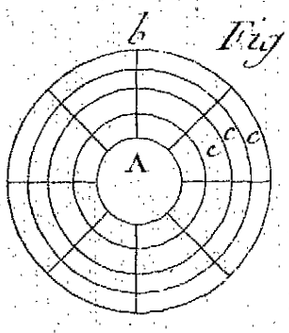


Fig. 253

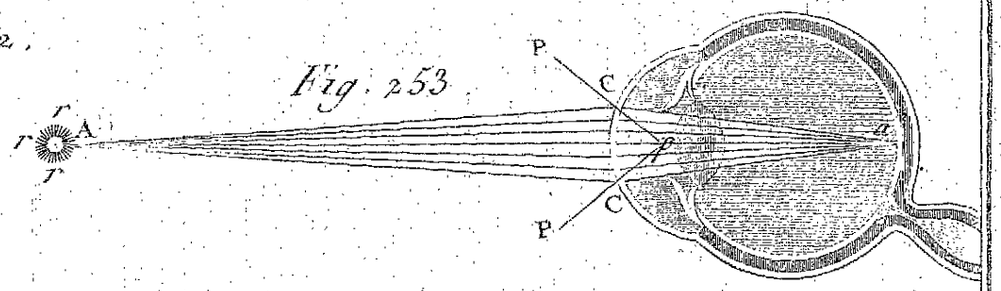


Fig. 254

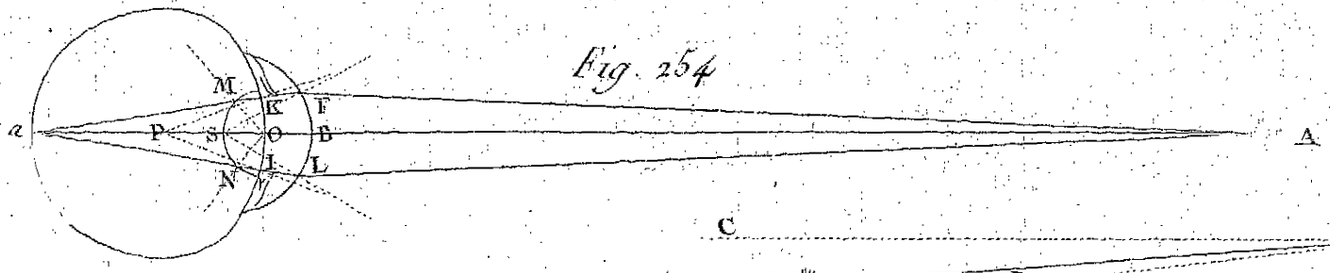


Fig. 256.

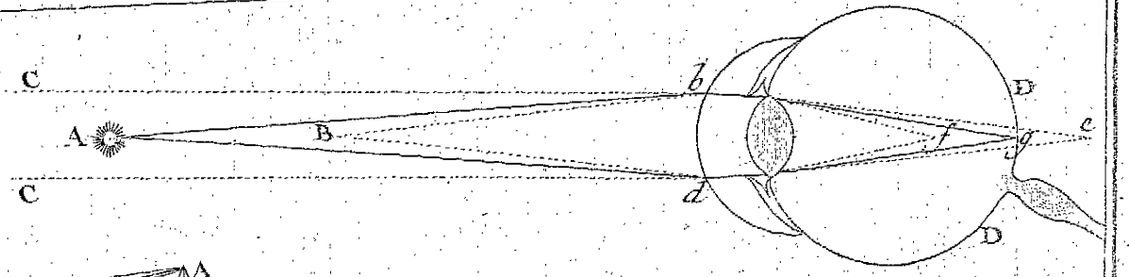
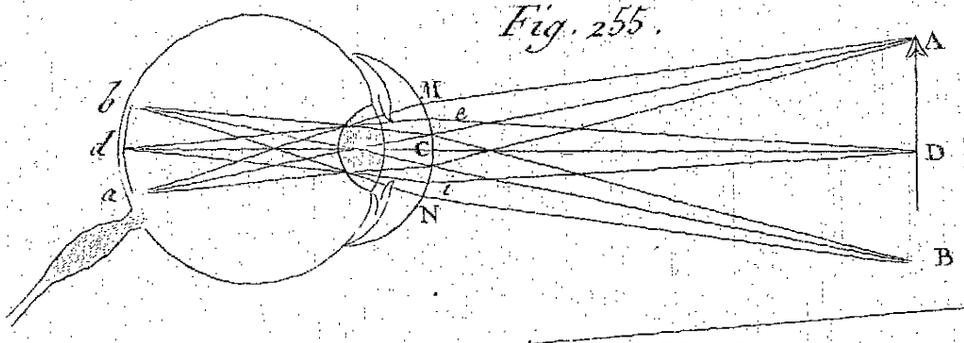


Fig. 255.



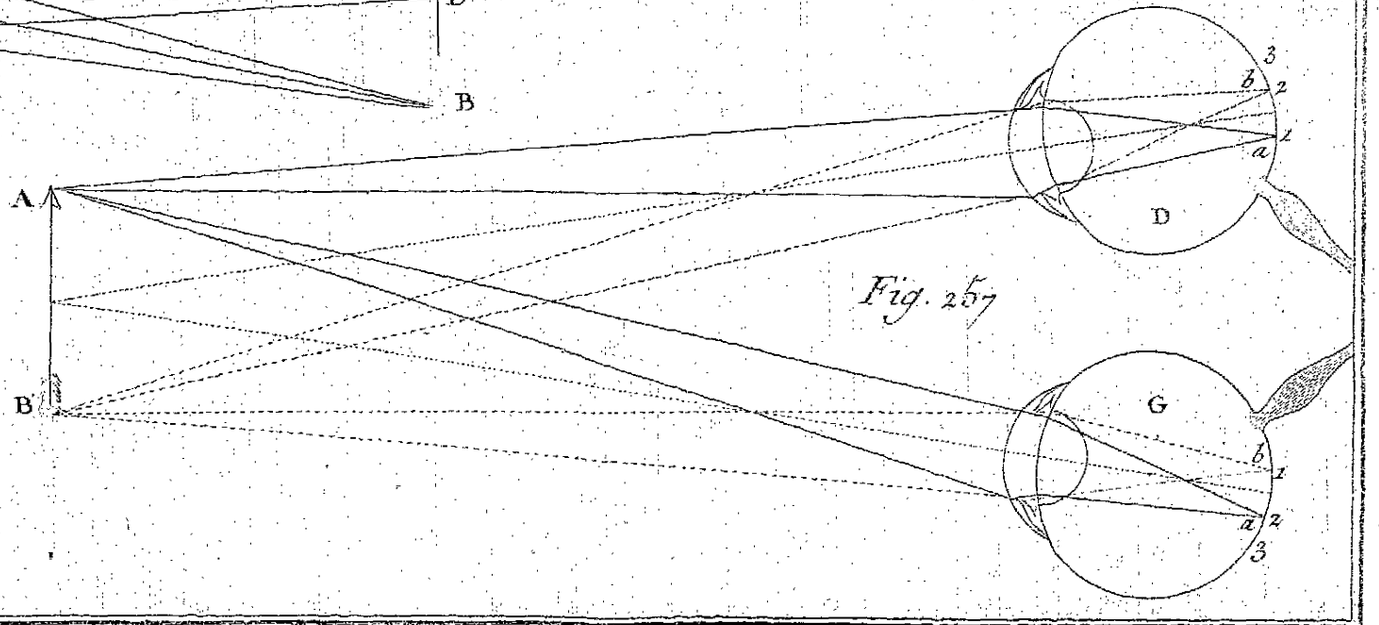


Fig. 257

Benard Direx.

opaque dans le reſte de ſon étendue. On nomme ſa portion tranſparente F *f*, *cornée tranſparente*; & ſa portion opaque F E *e f*, *cornée opaque* ou *ſclérotique.*

1507. La ſeconde membrane K H G *g h k*, qui eſt appelée *uvée*, eſt percée en-devant d'un trou rond A, nommé *pupille* ou *prunelle* : ce trou eſt bordé d'un cercle peint de différentes couleurs ; c'eſt pourquoi on lui a donné le nom d'*iris*. Au delà de ce cercle ſe voit une ligne blanche circulaire, que l'on nomme *ligament ciliaire*. La pupille A peut ſe dilater par l'action des fibres longitudinales A *b* (*fig.* 252.), ou ſe rétrécir par la contraction des fibres circulaires *ccc*, qui ſe remarquent à la face poſtérieure de l'iris. La portion de l'uvée H G *g h* (*fig.* 251.), compriſe depuis le ligament ciliaire juſqu'au nerf optique N, & connue ſous le nom de *choroïde*, eſt compoſée de deux lames, dont l'intérieure ſe nomme *membrane de Ruyſch*. Cette lame, vis-à-vis le ligament ciliaire, ſe prolonge en s'avançant ſur la portion antérieure de l'humeur vitrée (1511), joignant le criſtallin (1510) ; & c'eſt le prolongement pliſſé BB de cette membrane que l'on nomme *productions ciliaires.*

Fig. 252.

Fig. 251.

1508. La troiſieme membrane L L L eſt nommée *rétine* : elle tapiſſe la face interne de la membrane de Ruyſch, & s'avance juſqu'au criſtallin

C *n* C, où elle se termine. Elle paroît n'être qu'une matiere blanchâtre, & presque transparente, à peu près semblable à celle du pain à chanter mouillé : mais étant lavée dans l'eau, elle ressemble à une toile très-fine garnie de vaisseaux. Elle est formée par l'épanouissement du nerf optique N ; & plusieurs Anatomistes la regardent comme l'organe immédiat de la vision : cependant d'autres prétendent que l'organe immédiat est la membrane de Ruysch (1507).

1509. Les humeurs de l'œil sont, comme nous l'avons dit (1505), au nombre de trois. La premiere ou la plus antérieure est nommée *humeur aqueuse* : elle occupe l'espace qui est entre la cornée transparente (1506) & l'iris (1507), & de plus celui qu'on dit se trouver entre la partie postérieure de l'iris & le cristallin C *n* C, auxquels espaces on a donné le nom de *chambre antérieure de l'œil*, & qui communiquent ensemble par la pupille A. Ce qu'on appelle *chambre postérieure de l'œil*, est l'espace dans lequel sont contenues les deux autres humeurs ; savoir, la cristalline (1510), & la vitrée (1511).

1510. La seconde humeur C *n* C, qui est nommée *humeur cristalline*, ou simplement le *cristallin*, est située immédiatement après l'humeur aqueuse, derriere l'iris (1507), & vis-à-vis la prunelle A. Elle a une consistance assez ferme :

ſa figure eſt lenticulaire, ayant cependant plus de convexité dans ſa partie poſtérieure *n*, que dans ſa partie antérieure. Pluſieurs Anatomiſtes penſent que cette humeur eſt renfermée dans une enveloppe ou membrane particuliere, auſſi tranſparente qu'elle, qu'ils ont nommée *arachnoïde* (1505).

1511. La troiſieme humeur, nommée *humeur vitrée*, eſt contenue dans tout le reſte de la capacité intérieure du globe de l'œil L L L *n*, & occupe, comme l'on voit, plus des trois quarts de cette capacité. On la nomme *vitrée*, parce qu'on la compare, par ſa tranſparence, à une maſſe de verre. Elle eſt creuſée dans ſa partie antérieure; & c'eſt dans cette cavité, communément appelée le *chaton de l'humeur vitrée*, qu'eſt reçue la convexité poſtérieure C *n* C du criſtallin (1510). La membrane dans laquelle cette humeur eſt contenue, & qu'on appelle *hyaloïde* (1505), eſt double: elle forme pluſieurs cellules; & c'eſt dans la duplicature de cette membrane qu'eſt logé le criſtallin (1510).

1512. Ces trois humeurs ne ſont pas de même denſité. L'humeur aqueuſe (1509), qui a à peu près celle de l'eau, eſt moins denſe que les deux autres: l'humeur criſtalline (1510) eſt la plus denſe des trois, l'humeur vitrée (1511) étant plus denſe que l'humeur aqueuſe, &

moins denſe que l'humeur criſtalline. Ces notions vont nous ſervir pour faire voir la route de la lumiere dans la viſion des objets.

1513. L'œil ſe trouve garanti des injures extérieures, non ſeulement par la cavité oſſeuſe, appelée *orbite* (1500), dans laquelle il eſt renfermé, mais encore par les deux paupieres, dont les bords ſont toujours tendus par des cartilages; ce qui rend leur application plus exacte.

1514. On donne aux cils (1500) l'uſage d'arrêter, pendant la veille, les petits corps qui voltigent dans l'air, & qui pourroient ternir la cornée tranſparente (1506).

1515. Quant aux muſcles de l'œil (1502 & *ſuiv.*), ils ſervent en général à le tourner différemment vers les objets que nous regardons; ce qu'ils font d'autant plus aiſément, que la figure ronde du globe de l'œil, la molleſſe de la graiſſe qui l'entoure, & la flexibilité des nerfs qui le retiennent, le diſpoſent beaucoup à céder à la moindre action de ſes muſcles.

1516. Quant aux membranes de l'œil, leur uſage eſt d'en contenir les humeurs (1505); & celui des humeurs eſt de modifier les rayons de lumiere de façon à les réunir ſur la rétine (1508), pour y faire les impreſſions néceſſaires pour exciter cette ſenſation qu'on nomme *viſion*. Voyons maintenant comment cela s'exécute.

1517. On doit concevoir que de chaque point d'un objet éclairant ou éclairé A (*fig.* 253.) part un nombre indéfini de rayons de lumiere *r*, *r*, *r*, qui ſont lancés ou réfléchis dans tous les ſens, & vers chaque point de l'eſpace environnant (1188). Ceux d'entre eux qui tombent ſur la cornée tranſparente CC, laquelle répond à la prunelle *p*, forment, par leur arrangement, une pyramide ou un cône CAC, dont le ſommet A eſt du côté de l'objet, & la baſe CC eſt appuyée ſur la cornée tranſparente. Comme nous n'appercevons les objets qu'au moyen de l'impreſſion que font ces rayons de lumiere ſur la rétine, s'ils alloient y porter la baſe de la pyramide, ils y feroient de larges & foibles impreſſions, qui ſe confondroient avec celles des points voiſins; différens points de l'objet ſe feroient donc ſentir ſur la même partie de l'organe, & la viſion ſeroit par-là très-confuſe. Pour obvier à cela, & pour que ces rayons faſſent ſur la rétine les impreſſions ſuffiſantes pour rendre la viſion forte & diſtincte, il eſt néceſſaire que ces rayons ſe convertiſſent en un autre cône oppoſé au premier par ſa baſe, & dont le ſommet aille toucher le fond de l'œil; c'eſt-à-dire, qu'il faut que ces rayons AC, AC, ainſi que les intermédiaires, en traverſant les humeurs de l'œil, s'inclinent les uns vers les autres, de fa- *Fig.* 253.

çon à converger tous enſemble préciſément ſur la rétine, comme en *a*. Or voici comment cela s'opere.

1518. Ces rayons, avant de parvenir à la rétine, ſouffrent trois réfractions; la premiere, en paſſant de l'air dans l'humeur aqueuſe; la ſeconde, en paſſant de l'humeur aqueuſe dans le criſtallin; & la troiſieme, en paſſant du criſtallin dans l'humeur vitrée. Pour bien entendre ceci, *Fig. 254.* ſuppoſons l'objet A (*fig.* 254.) envoyant à l'œil trois rayons de lumiere AB, AF, AL. Je dis que par le moyen des trois réfractions que deux de ces rayons AF, AL ſouffriront, en traverſant les trois humeurs de l'œil, les trois rayons iront ſe réunir ſur la rétine au point *a*.

1519. Pour le concevoir, rappelons-nous ce que nous avons dit ci-deſſus, en établiſſant les principes de dioptrique : 1°. un rayon de lumiere paſſant perpendiculairement d'un milieu dans un autre, ne ſouffre aucune réfraction, de quelque denſité que ſoit le milieu dans lequel il entre (1284) : 2°. un rayon de lumiere paſſant obliquement d'un milieu plus rare dans un plus denſe, ſe réfracte en s'approchant de la perpendiculaire (1285 & 1288) : 3°. un rayon de lumiere paſſant obliquement d'un milieu plus denſe dans un plus rare, ſe réfracte en s'éloignant de la perpendiculaire (1288). Ainſi le

rayon AB, paſſant perpendiculairement de l'air dans toutes les humeurs de l'œil, doit ſe rendre en droite ligne ſur la rétine au point *a*. Mais les rayons AF, AL, paſſant obliquement de l'air dans l'humeur aqueuſe, qui eſt plus denſe que l'air (1512), doivent néceſſairement ſe réfracter en s'approchant, l'un de la ligne SF, & l'autre de la ligne SL, qui ſont les perpendiculaires à la ſurface, non ſeulement de la cornée tranſparente FBL, mais encore de l'humeur aqueuſe qu'elle contient, puiſque ces lignes partent du point S, centre de la convexité de ces ſurfaces. Cette premiere réfraction les fait donc arriver, l'un au point K, & l'autre au point I; ce qui, les faiſant approcher l'un de l'autre, les rend convergens.

1520. Par la même raiſon, ces deux rayons AFK, ALI, paſſant obliquement de l'humeur aqueuſe dans le criſtallin, qui eſt plus denſe que l'humeur aqueuſe (1512), doivent auſſi ſe réfracter en s'approchant, l'un de la ligne PK, & l'autre de la ligne PI, qui ſont les perpendiculaires à la convexité antérieure KI du criſtallin KINM; puiſque ces lignes partent du point P, centre de cette convexité. Cette ſeconde réfraction les fait donc arriver, l'un au point M, & l'autre au point N; ce qui, les faiſant approcher l'un de l'autre, les rend plus convergens qu'ils ne l'étoient.

1521. Par la raiſon contraire, les deux rayons AFKM, ALIN, paſſant obliquement du criſtallin dans l'humeur vitrée, qui eſt moins denſe que le criſtallin (1512), doivent ſe réfracter en s'éloignant, l'un de la ligne OM, & l'autre de la ligne ON, qui ſont les perpendiculaires à la convexité poſtérieure MN du criſtallin KINM, & en même temps à la concavité de l'humeur vitrée, dans laquelle eſt logée cette convexité du criſtallin; puiſque ces lignes partent du point O, centre de cette convexité & de cette concavité. Or cette troiſieme réfraction, en les faiſant s'éloigner de ces perpendiculaires, les rapproche encore l'un de l'autre; ce qui leur donne le degré de convergence néceſſaire pour qu'ils aillent ſe réunir ſur la rétine au point *a* avec le rayon AB*a*. Voilà donc les deux cônes FAL, F*a*L oppoſés par leurs baſes, que nous avons dit (1517) être néceſſaires pour rendre la viſion forte & diſtincte; puiſque leur impreſſion ſur le point *a* eſt faite avec toute la lumiere qui peut paſſer par la prunelle KI, & qui eſt raſſemblée dans un ſi petit eſpace, que cette impreſſion ne pourroit pas anticiper ſur les impreſſions que feroient les points voiſins, s'il y en avoit.

1522. En effet, ſuppoſons la fleche ADB (*fig.* 255.) envoyant de chacun de ſes points *Fig.* 255.

éclairés des pyramides de lumiere AMC, D*ei*, BCN, &c. ſur la cornée tranſparente MN; toutes ces pyramides ſe croiſent dans la prunelle C (1206 & 1207). Pour plus de clarté, ne faiſons attention qu'aux axes AC, DC, BC, de ces pyramides qui ſont des rayons ſimples: le rayon DC arrivera ſur la rétine au point *d*; le rayon AC arrivera au point *a*, & le rayon BC arrivera au point *b*. D'après ce que nous venons de dire (1519, 1520 & 1521), il eſt clair que les rayons qui compoſent la pyramide D*ei*, ſouffriront, en traverſant les humeurs de l'œil, des réfractions qui les feront converger préciſément au point *d*, où ils peindront l'image du milieu de la fleche: par des raiſons ſemblables, les rayons qui compoſent la pyramide AMC, ſouffrant les mêmes réfractions, iront converger préciſément au point *a*, où ils peindront l'image de la pointe de la fleche; & les rayons qui compoſent la pyramide BCN, iront converger préciſément au point *b*, où ils peindront l'image de l'autre extrémité de la fleche; il en ſera de même de toutes les autres pyramides, qui, partant des différens points éclairés de l'objet, placés entre A & D, ainſi qu'entre D & B, viendront appuyer leurs baſes ſur l'œil: elles iront converger ſur la rétine, & y peindre l'image du point de l'objet d'où elles partent;

& cela dans un ordre relatif à celui qu'obſervent les deux pyramides extrêmes AMC, BCN, dont nous venons de parler; ce qui placera l'image de la fleche ſur la rétine dans une ſituation renverſée.

1523. Puiſque les images des objets ſe peignent ſur la rétine dans une ſituation renverſée, pourquoi donc les voyons-nous dans une ſituation droite ? En voici la raiſon. Nous voyons toujours l'objet dans la direction du rayon, ou, ce qui eſt la même choſe, dans la direction de l'axe de la pyramide qui nous en apporte l'image (1207) : ainſi l'œil verra la pointe de la fleche (laquelle eſt peinte dans le bas de l'œil) dans la direction *a*A, & par conſéquent en haut ; il verra au contraire l'autre extrémité de la fleche (laquelle eſt peinte dans le haut de l'œil) dans la direction *b*B, & par conſéquent en bas : donc il verra la fleche dans une ſituation droite, quoique ſon image ſoit peinte ſur la rétine dans une ſituation renverſée.

1524. Les humeurs des yeux ſont donc capables de raſſembler dans un point les rayons qui compoſent chaque pyramide. Mais ce point eſt d'autant plus loin, que les rayons incidens ſont plus divergens ; car alors ils ſont moins diſpoſés à ſe réunir : au contraire, ce point eſt d'autant plus près, que les rayons incidens ſont moins di-

vergens ; car ils ſont alors plus diſpoſés à ſe réunir. Suppoſons que les rayons A *b*, A *d* (*fig.* 256.), partant du point A, aient, en arrivant à l'œil *b d* D D, le degré de divergence préciſément néceſſaire pour qu'en traverſant les humeurs de cet œil, ils aillent converger tout juſte ſur la rétine en *g* ; il eſt évident que, ſi rien ne change dans l'état de cet œil, des rayons plus divergens, tels que B *b*, B *d*, comme partant d'un point plus près de l'œil que n'eſt le point A, arriveront au fond de l'œil avant d'être réunis, & n'iroient converger que plus loin ; comme, par exemple, en *e* : au contraire, des rayons moins divergens, tels que C *b*, C *d*, comme venant de plus loin, ſe réuniront avant d'être arrivés au fond de l'œil, par exemple, en *f*. Dans l'un & l'autre cas, la viſion ſeroit confuſe, parce qu'ils y feroient des impreſſions trop larges (1517). *Fig.* 256.

1525. Cependant, quoique la divergence des rayons diminue à meſure que l'objet s'éloigne, & qu'elle augmente à meſure que l'objet ſe rapproche, la viſion eſt diſtincte à différentes diſtances. En voici les raiſons. 1°. Le globe de l'œil, étant flexible, peut s'applatir par l'action des muſcles droits (1502), & s'alonger par l'action des muſcles obliques (1503) : 2°. par cet applatiſſement, la cornée & le criſtallin

s'approchent du fond de l'œil, & la cornée perd de ſa convexité ; les rayons C*b*, C*d*, trop peu divergens, ſont donc moins rompus à cauſe de leur moindre obliquité d'incidence (1283), & ont en même temps moins de chemin à faire pour atteindre le fond de l'œil ; de ſorte que le point *f* de leur réunion peut y arriver. Au contraire, par l'alongement du globe de l'œil, la cornée & le criſtallin s'éloignent du fond de l'œil, & la cornée devient plus convexe ; les rayons B*b*, B*d*, trop divergens, ſont donc plus rompus à cauſe de leur plus grande obliquité d'incidence, & ont en même temps plus de chemin à faire pour joindre le fond de l'œil : ce fond peut donc ſe trouver auſſi loin du criſtallin que le point *e* de leur convergence.

1526. La cornée tranſparente *b d* fait portion d'une ſphere plus petite que le globe de l'œil ; elle eſt, par conſéquent, ſaillante. Cette ſaillie fait que nous appercevons des objets placés vers les côtés, que nous ne verrions pas ſans elle.

1527. La pupille pouvant ſe dilater ou ſe rétrécir à volonté (1507), nous ſert à meſurer la quantité de lumiere dont nous avons beſoin, ſuivant le plus ou le moins de ſenſibilité de nos yeux, & ſuivant les circonſtances. Lorſque nous paſſons d'un endroit fort éclairé dans un endroit qui l'eſt peu, la pupille ſe dilate pour

recevoir le plus de lumiere poſſible ; ſans quoi nous ne verrions les objets que quelques momens après ; c'eſt-à-dire, lorſque l'impreſſion de la vive lumiere qui avoit affecté nos yeux, ſeroit diminuée. Au contraire, lorſque nous paſſons d'un endroit obſcur dans un lieu fort éclairé, la pupille ſe rétrécit, parce qu'alors le trop grand jour nous bleſſe.

1528. Il eſt certain que l'image du même objet ſe peint dans nos deux yeux ; & cependant l'objet ne nous paroît pas double. Cela ne vient pas, comme l'ont dit pluſieurs Auteurs célebres, de ce que nous ne faiſons agir qu'un de nos yeux à la fois, & de ce que, de ces deux organes, il y en a toujours un qui ſe repoſe. Il eſt certain qu'on voit des deux yeux le même objet, & que les deux images influent ſur la viſion & contribuent à la ſenſation ; car on voit mieux & plus fortement des deux yeux qu'avec un ſeul, ce que l'on peut éprouver en fermant l'un des deux : on ſe fatigue moins la vue, & l'on juge plus promptement & plus ſûrement de ce que l'on regarde. Voici donc comment on peut réſoudre cette queſtion.

1529. Soient deux yeux D & G (*fig.* 257.) dirigés vers le même objet AB. Les membranes qui tapiſſent le fond de ces yeux, ſont un tiſſu de fibres qui appartiennent aux nerfs optiques ; *Fig.* 257.

& il eſt vraiſemblable que, dans les deux yeux d'un même individu, ces membranes ſe reſſemblent, pour l'ordinaire, par le nombre, l'arrangement, & peut-être par le degré de reſſort des filets nerveux qui les compoſent. Cela étant ainſi, dès que les deux yeux D & G ſe dirigent vers un même objet A B, les images *a b*, *a b* tombent dans l'un & dans l'autre ſur des parties ſemblables & correſpondantes, 1, 2; 1, 2, du tiſſu dont nous venons de parler; & les deux ſenſations qui en réſultent, étant, pour ainſi dire, à l'uniſſon l'une de l'autre, & portées au ſiége de l'ame par un ſeul organe, puiſque les deux nerfs optiques ſe réuniſſent en une ſeule branche qui va ſeule au *ſenſorium*; ces deux ſenſations, dis-je, ne font naître dans l'ame qu'une ſeule & même idée, plus forte & mieux terminée que par une ſeule image, mais toujours identique, à peu près comme le ſon qui frappe les deux oreilles (1028), ou l'odeur qu'on reçoit ſur les deux membranes pituitaires.

1530. Il ſuit de là qu'on doit voir l'objet double, quand les deux images tombent au fond des yeux ſur des parties qui ne ſont pas analogues ou correſpondantes; comme ſi dans l'œil droit D l'image *a b* tomboit ſur la partie 1, 2, tandis que dans l'œil gauche G l'image

a b

grecs Πολεμὸς, *combat*, & σκοπέω, *je vois*, parce qu'on peut s'en ſervir à la guerre, ſurtout dans les ſiéges, pour voir ce qui ſe paſſe dans le camp de l'ennemi.

1563. On fera d'un téleſcope dioptrique (1574), un polémoſcope capable de rapprocher les objets, en lui ajoutant une boîte quarrée D C E F (*fig.* 260.), qui porte, ſur un de ſes côtés, le tuyau portant l'objectif A B (1579), lequel tuyau fait un angle droit avec le corps de l'inſtrument; & qu'entre le verre objectif A B & l'oculaire G (1579), on diſpoſe dans la boîte un miroir plan K, qui ſoit incliné de 45 degrés à l'objectif & aux oculaires, & que l'image réfléchie par le miroir K ſoit au foyer (1557) du verre oculaire G. Par ce moyen, les objets ſitués vis-à-vis l'objectif A B, paroîtront vis-à-vis l'oculaire G dans la direction G C, de même que ſi, n'y ayant point le miroir K, l'objectif G, l'oculaire A B & les objets étoient dans une même ligne droite. On ajoute quelquefois un appareil à peu près ſemblable aux lunettes d'Opéra. Avec une lunette ainſi conſtruite, on peut voir une perſonne dans la loge voiſine, lorſqu'on paroît en regarder une autre dans la loge vis-à-vis. *Fig.* 260.

Des Optiques.

1564. Un optique eſt une boîte dans laquelle des objets aſſez éclairés ſe font voir ſous des images amplifiées & dans l'éloignement, par le moyen de miroirs & de verres convexes. La conſtruction de ces boîtes ſe varie beaucoup : on en fait avec un ou pluſieurs miroirs plans (1238); on en fait avec des miroirs concaves (1252); mais cela ſe réduit toujours à l'eſſentiel, que voici. Dans une boîte, dont la coupe eſt repréſentée (*fig.* 259. n°. 2), & qui eſt fermée de tous les côtés, excepté de A en I, on place, dans la partie ſupérieure, un miroir plan D *d*, incliné au fond de la boîte de 45 degrés; & dans un trou fait en E, vers le milieu de la largeur d'un des côtés de la boîte, un verre lenticulaire (1355), dont la longueur du foyer des rayons paralleles (1357) égale à peu près celle des deux lignes E L & L *c*, priſes enſemble. Si le fond & les côtés de la boîte ſon couverts de différens objets, les rayons de lumiere qui en partent (1188), & qui tombent ſur le miroir D *d*, ſont réfléchis au verre lenticulaire E, devant lequel l'œil étant placé, apperçoit les images de tous ces objets amplifiées (1355), dans l'éloignement (1356) & dans la ſituation horizontale E *e*. Les deux

Fig. 259. n°. 2.

premiers effets réſultent des propriétés des verres convexes (1355 & 1356) ; & le troiſieme vient des propriétés des miroirs plans (1238). Les points *o* & *p* ſont donc repréſentés en O & en P, les points *m* & *n* en M & en N, &c.

1565. Si ſur les deux côtés de la boîte, perpendiculaires à celui où eſt placé le verre convexe E, on place d'autres miroirs plans paralleles à ces côtés, les images ſeront multipliées preſque à l'infini ; ce qui produit un effet très-agréable. Il faut avoir ſoin de tourner vers le jour l'ouverture A I. Ces inſtrumens ne ſont que de pure curioſité.

Des Chambres noires.

1566. La chambre noire dont il eſt ici queſtion, eſt une chambre fermée exactement de toutes parts, excepté un trou pratiqué au volet de la fenêtre, ou à tel autre endroit qu'on voudra, dans lequel eſt placé un verre convexe ou lenticulaire (1355), deſtiné à recevoir les rayons de lumiere réfléchis ou émanés des objets extérieurs, leſquels vont ſe peindre dans une ſituation renverſée, mais diſtinctement & avec leurs couleurs naturelles, ſur un fond blanc placé au dedans de la chambre, au foyer du verre (1357).

1567. On prétend que *Jean-Baptiſte Porta* eſt le

premier qui ait remarqué l'effet de la chambre noire ; c'eſt-à-dire, qui ait obſervé que les objets du dehors s'y deſſinent comme des ombres ſur la muraille ou ſur le plancher. (*Voyez ſa Magie naturelle*, imprimée en 1560). Auſſi lui en attribue-t-on la premiere invention. En effet, ayant été agréablement ſurpris de ce phénomene, il l'étudia, le perfectionna, & enſeigna le moyen de rendre cette repréſentation plus diſtincte, en mettant au trou de la fenêtre un verre lenticulaire, dont le foyer ſoit à la diſtance de la muraille ou de tout autre fond blanc.

1568. Depuis ce temps-là, on a fait de ces ſortes de chambres portatives, en employant des boîtes conſtruites de différentes façons, dans leſquelles ſe trouve toujours ce qu'il y a d'eſſentiel, ſavoir, un verre lenticulaire qui a ſon foyer ſur un fond blanc, placé dans un lieu obſcur. Soit ABCD (*fig.* 259, n°. 3.) une boîte plus longue que large, garnie d'un tuyau E fixé à l'un de ſes petits côtés, pour recevoir un autre tuyau mobile F, qui porte un verre lenticulaire, dont le foyer eſt à la diſtance du fond AC. On voit que, par les rayons qui ſe croiſent en paſſant dans le verre F, l'objet H ſe peint renverſé (1359) au fond de la boîte, comme ſur le mur de la chambre dont on a parlé ci-deſſus ; & l'on en jugera encore mieux, ſi ce fond AC, au lieu d'être de bois,

Fig. 259. n°. 3.

eſt un morceau de glace dépolie, ou un châſſis garni d'un papier huilé.

1569. Si l'on veut que l'objet paroiſſe droit à quelqu'un qui aura l'œil placé en A, il faut mettre dans la boîte un miroir incliné de 45 degrés, comme G, & que la moitié IKL du couvercle puiſſe s'ouvrir. Alors ſi l'on met la glace dépolie ou le châſſis de papier huilé ſur la partie AL découverte, les rayons réfléchis par le miroir G y peindront l'image de l'objet dans une ſituation droite pour le ſpectateur qui aura l'œil en A.

1570. Comme les rayons de lumiere, qui viennent d'un objet éloigné, ſont moins divergens que ceux qui viennent de plus près (1188), il eſt néceſſaire, pour avoir leur image bien diſtincte, de rendre le tuyau F mobile, afin de pouvoir l'avancer ou le reculer, ſuivant la diſtance des objets qu'on veut voir.

1571. Dans la chambre noire, les images ſont d'autant plus grandes que le foyer du verre lenticulaire eſt plus long; parce que les faiſceaux de rayons qui partent des extrémités de l'objet, ſe reſſerrent moins en traverſant la lentille : car la courbure étant moindre, la réfraction eſt moins forte, puiſque l'obliquité d'incidence n'eſt pas ſi grande (1283). La grandeur de l'image eſt à la grandeur de l'objet, comme la diſtance de l'image au verre F eſt à la diſtance de l'objet à ce même

verre. Car ſi *a b* eſt perpendiculaire à *d e*, les angles en *d* & en *e* ſont droits, & les angles en *c* ſont égaux, étant oppoſés au ſommet : donc *f g* : *a b* :: *e c* : *d c*. Mais plus le foyer du verre eſt long, moins la boîte eſt portative ; car elle ne peut pas avoir une longueur moindre que celle du foyer de la lentille. C'eſt ce qui a fait imaginer à M. l'*Abbé Nollet* une chambre noire qui eſt très-légere, qui tient peu de place, qui eſt auſſi aiſée à tranſporter qu'un parapluie, & dont le verre peut avoir 30 pouces de foyer, & même davantage. C'eſt une pyramide quarrée (*fig.* 259, n°. 4.) formée par quatre tringles de bois A, B, C, D, aſſemblées par en haut dans un collet E F de même matiere, & par en bas, aux quatre coins d'un châſſis G H I K : tous ces aſſemblages ſont à charnieres ; & chaque côté du châſſis ſe briſe de même dans ſon milieu ; de ſorte qu'en ouvrant quatre crochets, pour laiſſer le jeu libre aux charnieres, les montans ſe plient & ſe raſſemblent comme les baleines d'un parapluie, & à côté d'eux les traverſes qui forment le châſſis. Le collet E F eſt percé à jour pour recevoir un tuyau L, garni d'un verre lenticulaire, qui a ſon foyer à la baſe de la pyramide. La partie L, plus menue que le reſte, reçoit un autre collet M N, qui tourne deſſus avec liberté, & qui porte à ſa circonférence deux petits tuyaux fendus ſuivant leur lon-

Fig. 259, n°. 4.

gueur, pour faire reſſort. Dans ces tuyaux gliſſent de haut en bas deux petits montans de métal, qui portent une eſpece de couvercle O, au fond duquel eſt ajuſté un miroir plan. On fixe aux bords de ce couvercle deux tenons ou pivots diamétralement oppoſés, qui tournent avec un peu de frottement, dans des trous pratiqués au bout des montans, leſquels ſont applatis comme la tête d'un compas. Lorſqu'on a joint le ſecond collet MN au premier EF, on peut donc, ſans remuer la pyramide, tourner le miroir vers différens points de l'horizon, & l'incliner autant qu'on le veut, pour chercher les objets qu'on a deſſein de voir. Et quand le couvercle O eſt entiérement baiſſé, il forme, avec les deux collets, une eſpece de boîte qui termine la pyramide, & qui renferme le verre & le miroir. On couvre de drap vert (ou mieux encore de damas, afin que les vers n'y faſſent pas de trous), doublé en dedans de taffetas noir, trois côtés entiers de la machine, & une partie AEB du quatrieme. En AB & aux parties inférieures des deux tringles, on attache un rideau de quelque étoffe noire un peu épaiſſe, dont on puiſſe ſe couvrir la tête & les épaules. Il faut auſſi que l'étoffe des trois autres côtés déborde par en bas de deux ou trois doigts.

1572. Pour faire uſage de cette machine, on la poſe ſur une table couverte d'une feuille de

papier blanc, & l'on ſe place le dos tourné aux objets P R qu'on veut voir, en avançant un peu ſa tête ſous le rideau, ayant ſoin qu'il n'entre pas d'autre jour que celui qui vient par le verre lenticulaire placé dans le tuyau L.

1573. La chambre noire ſert à beaucoup d'uſages différens. Elle peut ſervir, comme le polémoſcope (1562), dans une place aſſiégée, à voir ce qui ſe paſſe dans le camp de l'ennemi, en alongeant les deux montans de métal, dont nous avons parlé ci-deſſus (1571), qui joignent le collet EF au couvercle O, & cela afin de porter le miroir juſqu'au deſſus du mur. Elle fournit un ſpectacle fort amuſant, en ce qu'elle préſente des images parfaitement ſemblables aux objets, qu'elle en imite toutes les couleurs, & même les mouvemens, ce qu'aucune autre ſorte de repréſentation ne peut faire. Par le moyen de cet inſtrument, quelqu'un qui ne ſait pas le deſſein, pourra néanmoins deſſiner les objets avec la plus grande juſteſſe & la derniere exactitude: & celui qui ſait deſſiner, ou même peindre, pourra encore, par ce même moyen, ſe perfectionner dans ſon Art.

Des Téleſcopes dioptriques.

1574. Les teleſcopes dioptriques ſont des inſtrumens compoſés de tuyaux dans leſquels ſont combinés des verres, le plus ſouvent lenticulaires,

& quelquefois concaves. Ces inſtrumens ont la propriété de faire voir diſtinctement des objets éloignés, qu'on n'appercevoit que confuſément, ou même point du tout, à la vue ſimple. Lorſqu'on fait uſage de ces inſtrumens pour les objets terreſtres, on les appelle *Lunettes*; mais quand on s'en ſert pour les Aſtres, ils ſont nommés *téleſcopes*.

1575. L'invention du téleſcope eſt une des plus utiles dont les derniers ſiecles puiſſent ſe vanter : c'eſt par ſon moyen que les merveilles du ciel nous ont été découvertes, & que l'Aſtronomie eſt arrivée à un degré de perfection, dont les ſiecles paſſés n'ont pas pu ſeulement ſe former une idée. Il paroît que c'eſt à Middelbourg en Zélande que les téleſcopes ont pris naiſſance, vers l'an 1590, environ 300 ans après la découverte des lunettes, & que leur invention eſt due à *Zacharie Janſen*, Lunettier de Middelbourg. Il paroît auſſi que ce n'eſt pas la ſagacité de ſon eſprit qui les lui a fait découvrir, mais le pur haſard : car voici de quelle maniere on prétend que s'eſt faite cette découverte par *Janſen*.

1576. Ses enfans, en jouant dans la boutique de leur pere, lui firent remarquer que, quand ils tenoient entre leurs doigts deux verres de lunettes, & qu'ils mettoient ces verres l'un devant l'autre à quelque diſtance, ils voyoient le

coq de leur clocher beaucoup plus gros que de coutume, & comme s'il étoit tout près d'eux, mais dans une ſituation renverſée. Le pere, frappé de cette ſingularité, s'aviſa d'ajuſter deux verres debout ſur une planche, à l'aide de deux cercles de laiton, qu'on pouvoit approcher ou éloigner l'un de l'autre à volonté. Avec ce ſecours on voyoit mieux & de plus loin. Bien des curieux vinrent chez le Lunettier voir le nouveau phénomene ; mais cette invention demeura quelque temps informe & ſans utilité. D'autres ouvriers de la même ville firent uſage de cette découverte ; & par la nouvelle forme qu'ils lui donnerent, ils s'en approprierent l'honneur. Voilà la raiſon pour laquelle on a tant varié d'opinion ſur le véritable Inventeur du téleſcope.

1577. On voit que le téleſcope de *Janſen* étoit compoſé de deux verres convexes, & qu'il renverſoit l'image. Pour la redreſſer, on s'aviſa de mettre, du côté de l'œil, un verre concave à la place du verre convexe ; ce qui réuſſit. De plus un de ces ouvriers, attentif à l'effet de la lumiere, plaça les verres dans un tuyau noirci par dedans : par-là il détourna & abſorba une infinité de rayons de lumiere, qui, en ſe réfléchiſſant de deſſus toutes ſortes d'objets, & même de deſſus les parois intérieures du tuyau, & n'arrivant pas au point de réunion,

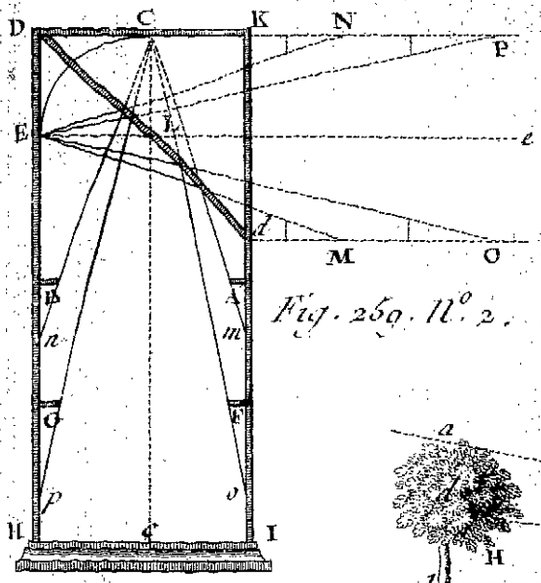


Fig. 259. N.° 2.

Fig. 259.

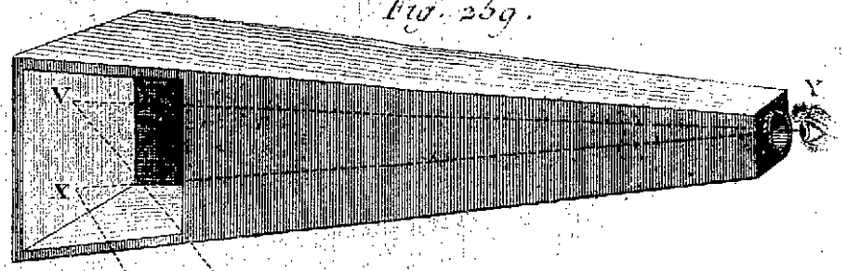


Fig. 259. N.° 3.

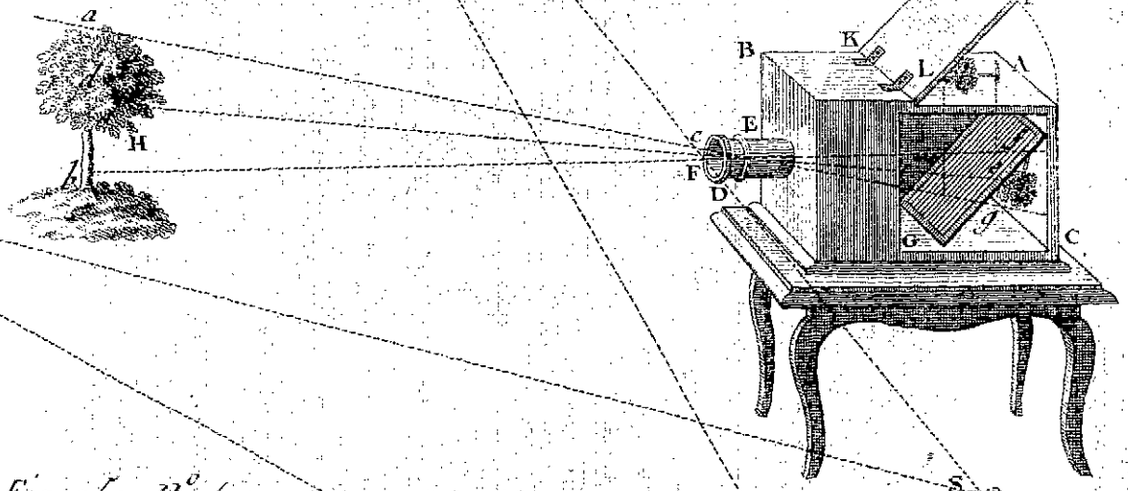
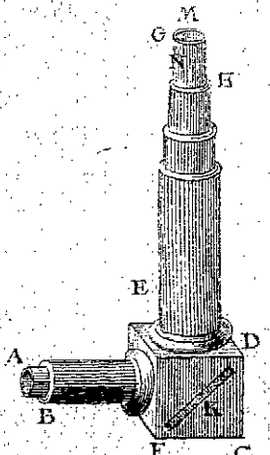


Fig. 260.



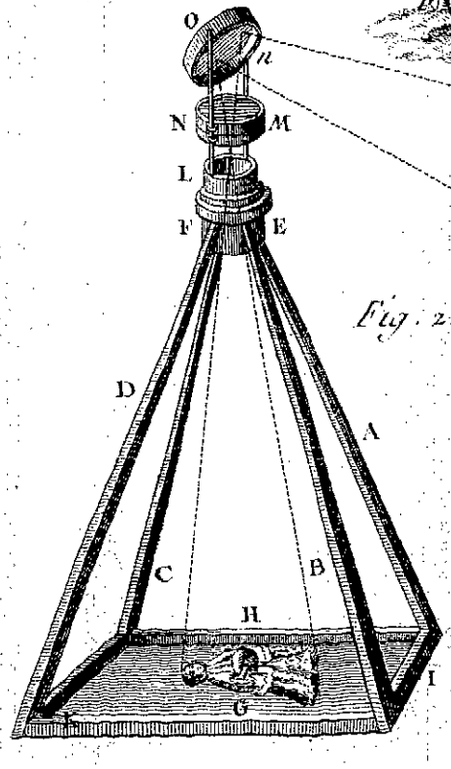


Fig. 259. N.° 4.



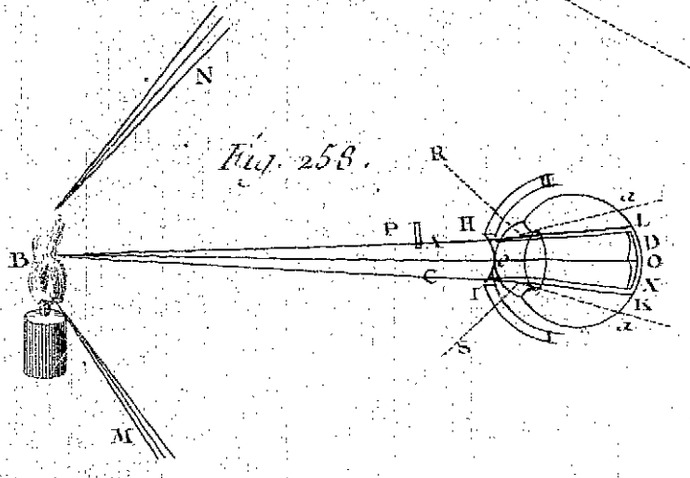


Fig. 258.

mais à côté, brouilloient ou abſorboient la principale image. Mais aucun de ces ouvriers n'a fait des téleſcopes de plus de 15 ou 18 pouces de long. *Simon Marius* en Allemagne, & *Galilée* en Italie, ſont les premiers qui aient fait de longs téleſcopes, propres pour les obſervations aſtronomiques.

1578. Il y a différentes ſortes de téleſcopes dioptriques, qui different entre eux par la forme & par le nombre de leurs verres. Tels ſont le *téleſcope de Galilée*; le *téleſcope aſtronomique*; le *téleſcope aërien*; le *téleſcope terreſtre* ou la *lunette d'approche*; & la *lunette d'approche de nuit*.

Téleſcope de Galilée.

1579. Le téleſcope de Galilée n'eſt autre choſe que le téleſcope inventé à Middelbourg, & appelé *téleſcope Hollandois*, mais perfectionné & fait plus en grand. Il eſt compoſé de deux verres, dont l'un, qui eſt convexe, eſt placé du côté de l'objet, & porte le nom d'*objectif*; & l'autre, qui eſt concave, eſt placé du côté de l'œil, & s'appelle *oculaire*. Ces deux verres ſont logés aux deux extrémités d'un tuyau, & éloignés l'un de l'autre d'une diſtance telle que le foyer réel de l'objectif (qui eſt le point *f* (*fig.* 228.) où ſe réuniſſent les rayons) (1355) coincide avec le foyer virtuel de l'oculaire (1368). *Fig.* 228.

Ce dernier verre doit être porté dans un petit tuyau mobile, afin de pouvoir le rapprocher ou l'éloigner de l'objectif; parce que le foyer de l'objectif eſt d'autant plus court, que les rayons partent d'un point plus éloigné; car ils ſont alors moins divergens : *& vice verſâ* (1355).

1580. Pour conſtruire un pareil téleſcope, il faut donc ajuſter au bout d'un tuyau un verre objectif plan-convexe ou convexe des deux côtés C (*fig.* 261.), & qui ſoit un ſegment d'une ſphere fort grande; & à l'autre bout un verre oculaire D concave des deux côtés, mais formé d'un ſegment d'une moindre ſphere, & placé à une diſtance du verre objectif qui ſoit telle que le foyer virtuel (1368) de ce verre oculaire réponde à la même diſtance *a b* que le foyer réel du verre objectif. On voit, par-là, que la diſtance de l'objectif à l'oculaire doit être la différence qu'il y a entre la diſtance du foyer de l'objectif & celle du foyer virtuel de l'oculaire. La longueur du téleſcope ſe détermine donc en ſouſtrayant la plus petite de ces diſtances de la plus grande.

Fig. 261.

1581. 1°. Suppoſons que le verre objectif ſoit plan-convexe, & le verre oculaire plan-concave; la longueur du téleſcope eſt la différence qu'il y a entre les diametres des ſpheres dont ces verres ſont des ſegmens (1586).

1582. 2°. Si le verre objectif eſt convexe des deux côtés, & que le verre oculaire ſoit concave des deux côtés, la longueur du téleſcope eſt la différence qu'il y a entre les rayons des ſpheres dont ces verres font partie.

1583. 3°. Si le verre objectif eſt convexe des deux côtés, & que le verre oculaire ſoit plan-concave, la longueur du téleſcope eſt la différence qu'il y a entre le rayon de la ſphere dont l'objectif eſt ſegment, & le diametre de la ſphere dont l'oculaire fait partie.

1584. 4°. Enfin ſi le verre objectif eſt plan-convexe, & que le verre oculaire ſoit concave des deux côtés, la longueur du téleſcope eſt la différence qu'il y a entre le diametre de la ſphere dont l'objectif eſt ſegment, & le rayon de la ſphere dont l'oculaire fait partie.

1585. Suppoſons, par exemple, que le diametre de la ſphere dont le verre objectif eſt ſegment, ſoit de 4 pieds; & que celui de la ſphere dont le verre oculaire fait partie, ſoit de 4 pouces : la longueur du téleſcope ſera, dans le premier cas (1581), de 44 pouces, différence de 4 pieds à 4 pouces; dans le ſecond cas (1582), de 22 pouces, différence de 2 pieds à 2 pouces; dans le troiſieme cas (1583), de 20 pouces, différence de 2 pieds à 4 pouces; & dans le quatrieme cas (1584), de 46 pouces, différence de 4 pieds à 2 pouces.

1586. Car le foyer des rayons paralleles eſt, dans un verre plan-convexe, à une diſtance égale à la longueur du diametre dont ce verre eſt ſegment ; & dans un verre convexe des deux côtés, à une diſtance égale à la longueur du rayon, ſi les deux convexités ſont ſegmens de la même ſphere ; mais à une diſtance égale à la longueur de la moitié des deux rayons pris enſemble, ſi les deux courbures ſont différentes. Or les faiſceaux de rayons qui partent de chaque point d'un objet éloigné A B, venant de très-loin, ſont preſque paralleles, & peuvent être regardés comme tels, lorſqu'ils arrivent au verre objectif C convexe des deux côtés : ils iroient donc ſe réunir en *a b*, à 24 pouces du centre de ce verre. Mais on place le verre oculaire D concave des deux côtés, entre l'objectif C & ſon foyer *a b*, & à une diſtance telle que ſon foyer virtuel (1568), qui eſt de 2 pouces, coincide préciſément avec le foyer *a b* de l'objectif ; ce qui, dans ce cas-là, regle la diſtance des deux verres à 22 pouces ; & ainſi des autres cas.

1587. Ce verre concave rend donc les rayons paralleles, ou même un peu divergens, de convergens qu'ils étoient (1365) ; & l'œil placé en E, les reçoit, à cet égard, comme s'il n'y avoit point de verres interpoſés entre l'objet & lui.

1588. Le téleſcope de Galilée augmente le diametre apparent de l'objet autant de fois que le foyer réel de l'objectif contient de fois le foyer virtuel de l'oculaire. Avec les courbures que nous avons ſuppoſées ci-deſſus (1585), le diametre de l'objet paroîtra donc, dans le premier cas (1581), 12 fois auſſi grand qu'à la vue ſimple; dans le ſecond cas (1582), auſſi 12 fois; dans le troiſieme cas (1583), 6 fois; & dans le quatrieme cas (1584), 24 fois. Cela fait voir que, pour que ce téleſcope groſſiſſe beaucoup, il faut que l'objectif ſoit plan-convexe, & l'oculaire, concave des deux côtés. Quand on dit qu'un téleſcope groſſit, cela ne veut pas dire qu'il fait voir les objets plus grands que nature; cela n'arrive jamais : cela veut dire ſeulement qu'il fait voir les objets plus grands qu'ils ne paroiſſent naturellement, vu leur éloignement; de ſorte qu'un téleſcope qu'on dit qui groſſit, par exemple, 12 fois, fait voir les objets d'une groſſeur égale à celle dont on les verroit à la vue ſimple, dans le cas où ils ſeroient 12 fois auſſi près de l'œil qu'ils le ſont.

1589. Le téleſcope de Galilée fait voir les objets dans leur ſituation naturelle; mais il a fort peu de champ, parce que les rayons ſortent divergens de l'oculaire (1365) : & ſi cette divergence leur fait occuper un eſpace plus grand

que le diametre de la prunelle, l'œil ne peut pas même embraſſer tout le champ de l'inſtrument; & il en embraſſe d'autant moins, qu'il s'éloigne davantage de l'oculaire (1194). L'étendue que la vue embraſſe d'un coup-d'œil, augmente donc à meſure que l'œil s'approche de l'oculaire : mais le champ diminue à meſure que le téleſcope groſſit davantage; parce que, pour groſſir beaucoup, il faut que l'oculaire ſoit d'un foyer court, & faſſe, par conſéquent, portion d'une petite ſphere, laquelle embraſſe peu d'étendue. Les lunettes d'Opéra ſont de petits téleſcopes de Galilée.

Téleſcope aſtronomique.

1590. Le téleſcope aſtronomique ne differe du précédent qu'en ce que ſon oculaire eſt convexe, au lieu d'être concave. Il paroît que nous le devons à *Képler*, qui propoſa de ſubſtituer un oculaire convexe à l'oculaire concave; ce qui, avec la même longueur de l'inſtrument, & les mêmes courbures des verres, augmente beaucoup l'étendue du champ; parce qu'alors les rayons ſortent convergens de l'oculaire (1355), l'œil peut donc plus aiſément recevoir ceux qui viennent des extrémités d'un grand objet. Le téleſcope aſtronomique, qu'on appelle auſſi *téleſcope de Képler*, eſt donc compoſé de deux verres

ab du même objet tomberoit sur la partie 2, 3; & c'est en effet ce qui arrive, quand les parties semblables ne se trouvent pas tournées du côté du même objet; comme on peut l'éprouver soi-même, en pressant un peu de côté l'un des deux yeux, pour le détourner.

1531. On a les mêmes apparences, si l'on dirige les deux yeux sur un objet, vis-à-vis duquel en est un autre ou plus près ou plus loin; ce dernier est vu double. Supposons, par exemple, un bâton debout, placé à 10 ou 12 pieds de distance: dressez un de vos doigts à 10 ou 12 pouces devant vos yeux; puis regardez le bâton, vous verrez votre doigt double; regardez votre doigt, vous verrez le bâton double.

1532. Nous jugeons de la distance d'un objet par le degré de divergence des rayons qui composent chaque pyramide venant de chaque point (1191); mais nous jugeons plus sûrement de cette distance, lorsque nous dirigeons les deux axes optiques sur l'objet: nous jugeons cette distance à l'endroit où les deux axes se croisent. Un borgne juge donc moins bien les distances que ne le fait celui qui jouit de ses deux yeux. On appelle *axe optique*, une ligne droite qui tombe perpendiculairement sur l'œil & passe par son centre; de sorte qu'elle se trouve dans le prolongement de l'axe du globe de l'œil.

1533. Nous jugeons les grandeurs apparentes des objets par les angles viſuels (1189). Les grandeurs apparentes d'un objet éloigné ſont donc réciproquement comme ſes diſtances ; c'eſt-à-dire, que, s'il eſt une fois plus éloigné dans un cas que dans un autre, il paroît une fois plus petit dans le premier cas que dans le ſecond.

1534. Deux ou pluſieurs objets vus ſous le même angle, & qui ont par conſéquent des grandeurs apparentes égales, ont des grandeurs réelles proportionnelles à leurs diſtances. Ainſi, ſi un objet A, étant vu ſous le même angle ſous lequel on voit l'objet B, eſt à une diſtance triple de celle de l'objet B, la grandeur réelle de l'objet A eſt triple de celle de l'objet B. C'eſt ainſi qu'on a jugé les groſſeurs reſpectives des planetes, lorſqu'on a connu leurs diſtances.

1535. Mais cette propoſition (1534) ne doit être regardée comme vraie, que quand les objets que l'on compare ſont l'un & l'autre fort éloignés, quoiqu'à des diſtances inégales. Car ſi les objets ſont à des diſtances aſſez petites de l'œil ; leurs grandeurs apparentes ne ſont pas jugées proportionnelles aux angles viſuels, ni à leurs diſtances. Un géant de 6 pieds eſt vu, à 6 pieds de diſtance, ſous le même angle qu'un nain de 2 pieds, vu à 2 pieds de diſtance ; ce-

pendant le nain eſt jugé beaucoup plus petit que le géant. Cela vient de ce que, lorſque nous connoiſſons bien les objets dont nous comparons les grandeurs, cette connoiſſance influe beaucoup ſur notre jugement.

1536. Si l'œil eſt placé au deſſus d'un plan horizontal, les différentes parties de ce plan paroîtront s'élever à proportion qu'elles ſeront plus éloignées, juſqu'à ce qu'enfin elles paroiſſent de niveau avec l'œil. Car, en s'éloignant, elles paroiſſent plus rapprochées de l'axe optique (1532); puique les rayons qu'elles envoient à notre œil, font avec l'axe optique des angles plus aigus que ceux que font avec ce même axe les rayons qui partent des parties qui ſont plus près de nous. C'eſt la raiſon pour laquelle ceux qui ſont ſur le rivage de la mer, s'imaginent qu'elle s'éleve à proportion qu'ils fixent leur vue à des parties de la mer plus éloignées.

1537. Par la même raiſon, ſi l'on place au deſſous de l'œil un nombre quelconque d'objets dans le même plan, les plus éloignés paroîtront les plus élevés; & ſi ces mêmes objets ſont placés au deſſus de l'œil dans un ſemblable plan, les plus éloignés paroîtront les plus bas.

1538. Les parties les plus éloignées d'un long mur bien droit paroiſſent, par la même raiſon,

à quelqu'un qui en eſt peu éloigné, ſe courber vers lui. De même les parties ſupérieures des objets élevés, comme, par exemple, des hautes tours, paroiſſent, à quelqu'un qui en eſt aſſez près, s'incliner ſur lui, & cela quelquefois d'une maniere effrayante. Qu'on ſe couche ſur le dos à 5 ou 6 pieds d'une tour élevée, & qu'on en regarde le haut, on appercevra le phénomene dont je parle.

1539. Si la diſtance entre deux objets viſibles forme un angle inſenſible; ces objets, quoiqu'éloignés l'un de l'autre, paroîtront comme s'ils étoient contigus. D'où il ſuit que (un corps continu n'étant que le réſultat de pluſieurs corps contigus), ſi la diſtance entre pluſieurs objets viſibles n'eſt apperçue que ſous des angles inſenſibles, tous ces différens corps ne paroîtront qu'un même corps continu. C'eſt là ſans doute la raiſon pour laquelle l'anneau de Saturne (1765) ne nous paroît qu'un ſeul corps continu, quoique les Aſtronomes le regardent comme un aſſemblage d'un grand nombre de petits ſatellites placés aſſez proches les uns des autres.

1540. Si l'œil s'avance directement d'un endroit à un autre, ſans qu'on s'apperçoive de ſon mouvement, un objet latéral à droite ou à gauche paroîtra ſe mouvoir en ſens contraire. C'eſt pour cette raiſon que, quand on eſt dans

un bateau qui se meut avec beaucoup d'uniformité & sans secousses, le rivage & tous les lieux d'alentour paroissent se mouvoir & fuir, pour ainsi dire, en sens contraire à celui dans lequel ce bateau se meut, & avec une vîtesse égale à celle du bateau. C'est en effet une regle générale d'optique que, quand l'œil est mu sans qu'il s'apperçoive de son mouvement, il transporte ce mouvement aux corps extérieurs, & juge qu'ils se meuvent en sens contraire. C'est ainsi que nous attribuons aux corps célestes des mouvemens qui appartiennent réellement à la terre que nous habitons.

1541. Dans la même supposition, savoir que l'œil ne s'apperçoit pas de son mouvement, si l'œil & l'objet se meuvent tous deux sur des lignes paralleles & dans le même sens, mais que le mouvement de l'œil soit plus rapide que celui de l'objet, l'objet paroîtra se mouvoir en arriere.

1542. Si l'on fixe deux ou plusieurs objets éloignés, qui se meuvent avec des vîtesses égales, & qu'un troisieme soit en repos, les objets qui se meuvent réellement paroîtront fixes, & celui qui est en repos paroîtra se mouvoir en sens contraire. Ainsi quand des nuages, placés devant la lune, sont emportés rapidement & qu'on les fixe, & que leurs parties paroissent

toujours conſerver entre elles leurs ſituations reſpectives, il ſemble que la lune va en ſens contraire. Cela vient de ce que l'œil, qui regarde les nuages, les ſuit machinalement, & par-là les croit fixes : s'il regardoit la lune, il appercevroit le mouvement des nuages.

1543. Si le centre de la prunelle, ou, ce qui eſt la même choſe, l'axe optique (1532) ſe trouve exactement vis-à-vis ou dans la direction d'une ligne droite, cette ligne ne paroîtra que comme un point ; parce que, dans ce cas-là, l'œil n'en peut voir que l'extrémité.

1544. Si l'œil eſt placé dans le plan d'une ſurface, de maniere qu'il n'y ait qu'une ligne du périmetre qui puiſſe former ſon image ſur la rétine, cette ſurface paroîtra comme une ligne ; parce qu'on n'en peut voir que le bord.

1545. Si un ſolide eſt oppoſé directement à l'œil de maniere qu'il ne puiſſe recevoir des rayons que du plan d'une de ſes ſurfaces, ce ſolide aura l'apparence d'une ſurface ; parce que, dans ce cas-là, l'œil ne peut voir qu'une de ſes faces.

1546. Un arc éloigné, vu par un œil qui eſt dans le même plan, n'aura l'apparence que d'une ligne droite ; parce que tous ces points paroîtront également éloignés (1211) ; on n'appercevra donc pas ſa courbure (1214).

1547. Une ſphere, vue à quelque diſtance, paroît comme un cercle ; parce que toutes ſes parties nous paroiſſant également éclairées, nous paroiſſent également éloignées (1211). Auſſi la lune & le ſoleil nous paroiſſent des plans, quoique ce ſoient des globes.

1548. Les figures angulaires paroiſſent rondes dans un certain éloignement ; parce qu'alors, ne les voyant qu'imparfaitement, nous n'appercevons pas les angles.

1549. Si l'œil regarde obliquement le centre d'un cercle éloigné, ce cercle paroît ovale ; parce que le diametre perpendiculaire à l'œil eſt vu en raccourci ; c'eſt-à-dire, que les rayons partant de ſes extrémités forment à l'œil un angle d'autant plus aigu, que l'obliquité eſt plus grande : au lieu que le diametre parallele aux deux yeux eſt vu dans toute ſon étendue. C'eſt pour cela qu'en certains cas, nous voyons à l'anneau de Saturne une figure elliptique, ou à peu près (1767).

Ce ſont-là les principaux phénomenes de la viſion, relativement aux grandeurs & aux figures, ſoit réelles, ſoit apparentes des corps. Voyons maintenant comment nous appercevons les couleurs de chaque objet.

1550. Les couleurs, dans le ſens de la vue, ſont les idées particulieres qui naiſſent ou ſe

réveillent en nous, à l'occasion des impressions qui se font sur l'organe, par les différentes especes de lumiere. Or il est probable que les particules de chacune de ces especes de lumiere different des autres par la masse (52), la grandeur, la figure, & le degré de vitesse de leur mouvement (1373) : elles doivent donc faire sur l'organe de la vue des impressions différentes, comme le font les différens corps sur l'organe du toucher : une partie sphérique n'affecte pas notre toucher, comme le fait une partie cubique, triangulaire, &c. Les impressions que font sur l'organe de la vue les différentes especes de couleurs, étant différentes, les sensations doivent l'être de même.

1551. Ces idées de couleurs se réveillent ou subsistent en nous indépendamment des causes, si l'organe reçoit ou conserve une impression semblable à celle qui les fait naître. C'est pourquoi, après avoir fixé la vue sur un objet éclatant, tel que le soleil, on continue de le voir, quoiqu'on ferme les yeux. Si la couleur n'en est pas une simple (1378), on voit son image successivement sous différentes couleurs ; parce que les différentes especes de lumiere font des impressions plus durables les unes que les autres.

1552. La durée de ces sensations ne laisse pas que d'être sensible : elle a été exactement me-

surée par M. le Chevalier d'*Arcy*. (*Mém. de l'Acad. des Scienc. an.* 1765, *pag.* 439.). Il résulte de ses expériences, que la durée de ces sensations est de 8 tierces. Il suit de là un phénomene qui, au premier coup d'œil, doit paroître singulier, mais qui n'en est pas moins réel. Le voici. Si un corps parfaitement noir parcouroit un espace égal à son diametre en moins de 8 tierces, il pourroit passer devant nos yeux, tournés vers le jour, sans que nous nous en apperçussions, quelque gros qu'il fût; fût-il gros comme la lune, & même plus; car, dans ce cas là, la durée de la sensation, faite sur nos yeux par la lumiere du jour, seroit plus grande que celle de son passage.

1553. Puisque nous ne pouvons rien voir que par le moyen de la lumiere (1182); & que les corps noirs n'en réfléchissent point, le noir n'étant qu'une privation de lumiere (1429); par quel moyen voyons-nous donc ce qui est noir? Il n'est pas difficile de répondre à cette question. Quand nous avons les yeux fixés sur un corps parfaitement noir, ce n'est pas lui que nous voyons; ce sont les surfaces éclairées ou lumineuses qui l'environnent: la lumiere qu'elles nous envoient fait impression sur tout le fond de notre œil, excepté à l'endroit qui répond au corps noir, lequel endroit est figuré comme le corps lui-même. C'est le défaut de sensation en cet en-

droit qui nous fait juger de la préſence du corps noir. La preuve de cela, c'eſt que nous jugeons de la même maniere un corps parfaitement noir ou un trou profond, d'où il ne vient aucune lumiere. Si, dans un mur blanc, on fait un trou profond, & qu'on place à côté un morceau de velours bien noir, de la même figure & de la même grandeur que le trou; & qu'enſuite quelqu'un regarde d'un peu loin l'un & l'autre, il ne pourra pas dire ſûrement lequel des deux eſt le trou; parce que tous deux occaſionnent le même défaut de ſenſation.

1554. C'eſt à peu près de cette maniere que nous appercevons les ombres; parce que, quand elles ſont bien noires, elles ne renvoient aucune lumiere. Mais il s'en trouve quelquefois de colorées, comme l'a le premier remarqué *Léonard de Vinci*, habile Peintre Italien, mort à Fontainebleau entre les bras de François I. Il a conſigné ſon obſervation dans un Ouvrage intitulé: *Traité de la Peinture*, où il eſt dit (*chap.* 328.) que, *ſur la fin du jour, les ombres des corps produites ſur un mur blanc, ſont de couleur bleue*; & il a très-bien rendu raiſon de ce phénomene. Le mur blanc eſt éclairé, le ſoir, par la lumiere rougeâtre ou jaunâtre du ſoleil, & par la lumiere azurée du ciel. Si l'on place un corps opaque entre le ſoleil & le mur, il y produit une om-

bre ; c'eſt-à-dire, qu'il empêche la lumiere ſolaire d'arriver en cet endroit : mais la lumiere azurée du ciel n'y eſt pas interceptée ; elle y paroît donc ſeule, & elle ne paroît qu'à l'endroit de l'ombre, quoique le reſte du mur en ſoit éclairé ; parce que la lumiere ſolaire qui éclaire encore ce reſte, étant plus forte, empêche le bleu de paroître. J'ai quelquefois obſervé ces ombres d'un bleu tirant ſur le violet : c'eſt ce qui arrive lorſque le ciel eſt très-ſerein.

1555. Voici un autre phénomene de la viſion, qui eſt ſingulier, & qui mérite d'être expliqué. Lorſqu'on cligne les yeux, ou qu'on commence à les fermer, ou mieux encore lorſqu'on pleure, & qu'on regarde en même temps une bougie allumée, pluſieurs rayons de lumiere paroiſſent être dardés des parties ſupérieure & inférieure de la flamme, vers les yeux. M. *de la Hire* a très-bien rendu raiſon de ce phénomene. Que B (*fig.* 258.) ſoit la flamme d'une bougie : *Fig.* 258. HH & II, les deux paupieres qui, en clignotant, exprimeront l'humeur de l'œil, laquelle adhérant au bord des paupieres & à l'œil, comme proche de H & de I, formera une eſpece de priſme. La flamme de la bougie B, lançant ſes rayons à travers le milieu de la prunelle, ſe peint renverſée (1522) ſur la rétine en DOX : mais les autres rayons, comme BA, tombant

ſur cette humeur triangulaire en H, ſe rompent comme ceux qui traverſent un priſme de verre, & forment, en s'étendant, la queue DL, qui eſt ſuſpendue à la partie inférieure D de l'image DOX de la flamme, d'où elle nous paroît par conſéquent provenir, & que nous voyons en BM: de même auſſi les rayons BC, venant à tomber ſur l'humeur triangulaire en I, ſe rompent comme s'ils traverſoient un priſme de verre, & s'étendent de la longueur de XK, en formant une autre queue, qui eſt ſuſpendue vers la pointe X de l'image DOX de la flamme, d'où elle paroît provenir, & que, de cette maniere, nous voyons en BN. Car les directions des impreſſions qui ſe font en DL & en XK, & qui nous font voir les rayons BM & BN, ſe croiſent en ſortant de la prunelle. La preuve de cela eſt que, lorſqu'on intercepte les rayons ſupérieurs BAHL, à l'aide d'un corps opaque P, la queue DL diſparoît dans l'œil, & par conſéquent les rayons BM qui paroiſſent dardés par la partie inférieure de la flamme B de la bougie. Mais lorſqu'on intercepte les rayons inférieurs BCIK, la queue XK, qui tient vers la pointe X de l'image DOX de la flamme, diſparoît, de même que les rayons BN qui paroiſſent dardés par la partie ſupérieure de la flamme

B. Comme il ſe raſſemble beaucoup plus d'humeur aux paupieres, lorſqu'on pleure, ce phénomene doit ſe faire alors bien mieux remarquer; c'eſt en effet ce que l'expérience confirme.

De la Viſion artificielle, & des Inſtrumens d'Optique.

1556. Nous venons de voir que nos yeux, tant qu'ils ſont ſains, ſuffiſent à nos beſoins, mais non pas toujours à notre curioſité. Car la viſion naturelle, même en ſuppoſant les organes bien ſains, eſt aſſujettie à des conditions, & renfermée dans des limites aſſez étroites. S'il ſe trouve quelque corps opaque entre l'objet & nous, nous ne le voyons point. Si, quoiqu'il n'y ait aucun obſtacle, l'objet eſt trop éloigné, ou trop petit, nous ne le voyons pas non plus. C'eſt encore pis, ſi nos yeux ſont affoiblis par l'âge ou par quelque autre cauſe, ou s'ils ſont naturellement mal conformés.

1557. L'art a ſu remédier à une partie de ces inconvéniens, en nous fourniſſant des inſtrumens au moyen deſquels nous pouvons voir de nouveau les objets qui ont ceſſé d'être viſibles pour nous, appercevoir ceux qui ſont cachés à nos regards directs, & même ceux qu'un trop grand éloignement, ou une extrême petiteſſe met hors de la portée de notre vue. Ce ſont ces inſtru-

mens que nous allons faire connoître, ainſi que leurs uſages.

Des Lunettes.

1558. Le défaut le plus ordinaire de la vue, & preſque inévitable dans un âge un peu avancé, c'eſt de ne pouvoir plus diſtinguer les petits objets. Lorſqu'ils ſont placés à la diſtance ordinaire, qui eſt de 10 ou 12 pouces, les rayons qui compoſent chaque faiſceau partant de chaque point (1188), ſe trouvent trop divergens, ſoit que l'œil ſe ſoit applati par l'âge, ſoit que ſes humeurs aient perdu une partie de leur pouvoir réfringent; ils arrivent donc au fond de l'œil avant d'être réunis (1524) : ſi l'on place l'objet plus loin, cela diminue, à la vérité, la divergence des rayons (1188), mais l'objet paroît encore plus petit (1189), & les jets de lumiere, partant de chaque point, en deviennent trop rares (1194), & font ſur l'œil une trop foible impreſſion. Pour pouvoir rapprocher l'objet, & ne pas recevoir des rayons trop divergens, on ſe ſert de lunettes, c'eſt-à-dire, de verres convexes, qui diminuent la divergence des rayons (1355). Les perſonnes qui ont ce défaut de la vue ſont appelées *Preſbytes*.

1559. L'invention des lunettes eſt de la fin du treizieme ſiecle : on l'a attribuée, ſans preuves ſuffiſantes, au Moine *Roger Bacon*, Cordelier d'Ox-

ford. Voyez ſur cela le *Traité d'Optique de Smith*, & l'*Hiſtoire ſtdes Mathématiques*, de *M. de Montucla*, *tome* 1, *page* 424. Dans cette même Hiſtoire, on prouve que l'inventeur de ces lunettes eſt probablement un Florentin, nommé *Salvino de gli Armati*, mort en 1317, & dont l'épitaphe, qui ſe liſoit autrefois dans la cathédrale de Florence, lui attribuoit expreſſément cette invention. *Aleſſandro di Spina*, de l'Ordre des Freres Prêcheurs, mort à Piſe en 1313, les avoit auſſi, dit-on, découvertes.

1560. Il eſt très-ſingulier que les Anciens, qui connoiſſoient les effets de la réfraction, puiſqu'ils ſe ſervoient de ſpheres de verre pour enflammer des corps, n'aient pas connu l'effet des verres lenticulaires pour groſſir; mais il eſt encore plus ſingulier qu'entre l'invention des lunettes ſimples, telles que celles dont on ſe ſert pour lire, & qui eſt d'environ 1300, & l'invention des téleſcopes dioptriques (1575), ou lunettes d'approche, il ſe ſoit écoulé 300 ans; car l'invention de ces derniers eſt de la fin du ſeizieme ſiecle.

1561. Un autre défaut de la vue, oppoſé à celui des presbytes (1558), eſt de ne pouvoir diſtinguer les objets que de fort près. Ceux qui ont ce défaut ſont appelés *Myopes*. Ou ils ont les humeurs des yeux (1509) trop convexes,

ou ces humeurs ont un pouvoir réfringent trop grand, ou le globe de l'œil eſt trop alongé, & par-là la rétine (1508) eſt trop éloignée du criſtallin (1510). Il arrive de là que les rayons qui compoſent chaque faiſceau partant de chaque point (1188), ſe trouvent trop peu divergens ; ils ſe réuniſſent donc avant d'être arrivés au fond de l'œil (1524), comme en *f* (*fig.* 256.). Pour donner aux rayons le degré de divergence qui leur manque, on ſe ſert de verres concaves, qui augmentent la divergence des rayons (1365). Ceux qui ſont obligés de faire uſage de ces verres, voient, à la vérité, les objets plus petits que nature (1366), mais plus nettement & mieux terminés.

Fig. 256.

Des Polémoſcopes.

1562. Le polémoſcope eſt un inſtrument par le moyen duquel nous pouvons voir des objets cachés à nos regards directs. La principale piece de cet inſtrument eſt un miroir incliné V X (*fig.* 259), placé au fond d'une boîte V X Y, ouverte vis-à-vis du miroir, qui renvoie l'image de l'objet S P R T à l'œil Y du ſpectateur, qui ne peut pas le voir ſans l'inſtrument, à cauſe des obſtacles qu'on ſuppoſe entre cet objet & l'œil. Cet inſtrument a été inventé, en 1637, par *Hévélius*, qui l'a nommé *polémoſcope*, des mots

Fig. 259.

grecs

verres convexes ou plans-convexes, dont l'un ſert d'objectif, & l'autre d'oculaire, logés aux deux extrémités d'un tuyau, & éloignés l'un de l'autre d'une diſtance qui égale la ſomme des longueurs des foyers de l'objectif & de l'oculaire pris enſemble.

1591. Pour conſtruire un téleſcope aſtronomique, il faut donc ajuſter au bout d'un tuyau, d'une longueur convenable, un verre objectif plan-convexe, ou convexe des deux côtés C (*fig.* 262.), & qui ſoit ſegment d'une grande ſphere; & à l'autre bout un verre oculaire D, convexe des deux côtés; mais formé de ſegmens d'une moindre ſphere, & placé au delà du foyer F de l'objectif d'une quantité FD qui égale la longueur du foyer de l'oculaire D; de ſorte que les foyers des deux verres C & D coincident aux mêmes points où ſe forme l'image *a b* de l'objet. *Fig.* 262.

1592. On voit donc que, comme nous venons de le dire (1590), la diſtance de l'objectif à l'oculaire doit être la ſomme des longueurs des foyers de l'objectif & de l'oculaire pris enſemble. C'eſt cette diſtance qui détermine la longueur du téleſcope. Nous avons dit ci-deſſus (1586) quelles ſont les longueurs des foyers des verres plan-convexes ou convexes des deux côtés.

1593. Suppoſons donc, 1°. que le verre ob-

jectif & le verre oculaire ſoient tous deux plan-convexes, la longueur du téleſcope eſt égale à la ſomme des diametres des ſpheres dont ces deux verres ſont des ſegmens.

1594. 2°. Si le verre objectif & le verre oculaire ſont tous deux convexes des deux côtés, la longueur du téleſcope eſt égale à la ſomme des rayons des ſpheres dont ces verres ſont partie.

1595. 3°. Si le verre objectif eſt convexe des deux côtés, & que le verre oculaire ſoit plan-convexe, la longueur du téleſcope eſt égale au rayon de la ſphere dont l'objectif fait partie, plus le diametre de la ſphere dont l'oculaire eſt ſegment.

1596. 4°. Si le verre objectif eſt plan-convexe, & que le verre oculaire ſoit convexe des deux côtés, la longueur du téleſcope eſt égale au diametre de la ſphere dont l'objectif eſt ſegment, plus le rayon de la ſphere dont l'oculaire fait partie.

1597. Suppoſons, comme nous avons fait ci-deſſus (1585), que le diametre de la ſphere dont le verre objectif eſt ſegment, ſoit de 4 pieds; & que celui de la ſphere dont le verre oculaire fait partie, ſoit de 4 pouces : la longueur du téleſcope ſera, dans le premier cas, (1593), de 52 pouces, ſomme des deux longueurs 4 pieds & 4 pouces : dans le ſecond

cas (1594), de 26 pouces, ſomme des deux longueurs 2 pieds & 2 pouces : dans le troiſieme cas (1595), de 28 pouces, ſomme des deux longueurs 2 pieds & 4 pouces : & dans le quatrieme cas (1596), de 50 pouces, ſomme des deux longueurs 4 pieds & 2 pouces.

1598. Les faiſceaux de rayons, partant de chaque point d'un objet éloigné A B, pouvant être regardés comme paralleles (1586), vont ſe réunir en F, où ils forment l'image *a b* de l'objet, laquelle eſt renverſée, parce que les rayons qui viennent des extrémités de l'objet, ſe ſont croiſés en paſſant par le verre objectif C (1358). Les rayons qui forment chaque faiſceau partant de chaque point, après avoir formé l'image *a b*, deviennent divergens, & ſont enſuite rendus preſque paralleles par la réfraction qu'ils ſouffrent en traverſant le verre oculaire D (1355), en même temps que les faiſceaux ſont rendus convergens entre eux ; & l'œil, placé en E, reçoit ces rayons de la même maniere que ſi l'objet lui-même, au lieu de ſon image, étoit placé au foyer F.

1599. Il réſulte de là que l'image *a b* devient l'objet immédiat de la viſion ; & que l'œil la voit ſous l'angle G E H : lequel angle eſt d'autant plus grand, que le foyer du verre objectif eſt plus long, & celui du verre oculaire plus court.

1600. Car ce téleſcope augmente le diametre de l'objet autant de fois que le foyer de l'objectif contient de fois celui de l'oculaire. De ſorte que ſi, comme dans le quatrieme cas ſuppoſé ci-deſſus (1596), le foyer de l'objectif (1586) eſt 24 fois auſſi long que celui de l'oculaire, le diametre apparent de l'objet ſera augmenté 24 fois; ou, ce qui eſt la même choſe, ce diametre ſera vu par le téleſcope de la même grandeur qu'il le ſeroit à la vue ſimple, ſi l'objet n'étoit qu'à la vingt-quatrieme partie de la diſtance à laquelle il eſt (1588).

1601. On peut encore énoncer de la maniere ſuivante, la quantité dont ce téleſcope groſſit: *la grandeur apparente de l'objet, vu par le téleſcope, eſt à ſa grandeur apparente à la vue ſimple, comme la diſtance du foyer de l'objectif eſt à la diſtance du foyer de l'oculaire.*

1602. On a donné à ce téleſcope le nom d'*Aſtronomique*, parce qu'on ne s'en ſert que pour les obſervations aſtronomiques, par la raiſon qu'il renverſe les images, comme nous l'avons dit ci-deſſus (1598). Ce renverſement d'images rend ce téleſcope peu propre pour les objets terreſtres, qu'on aime à voir dans leur ſituation naturelle; ce renverſement empêcheroit même ſouvent de les reconnoître. Il n'en eſt pas de même des aſtres qui ſont ronds, & qu'il eſt

assez indifférent de voir droits ou renversés. Il faut seulement observer que les mouvemens, qui paroissent alors se faire de gauche à droite, se font réellement de droite à gauche; de même que ceux qui paroissent se faire de haut en bas, se font réellement de bas en haut.

Téleſcope aérien.

1603. Le téleſcope aérien eſt un vrai téleſcope aſtronomique, dont le verre objectif & le verre oculaire ne ſont pas placés dans le même tuyau, par la raiſon que le foyer de l'objectif étant très-diſtant du verre, cela exigeroit un tuyau très-long, &, par conſéquent, très-embarraſſant & très-difficile à manier. C'eſt au célebre *Huyghens* que nous ſommes redevables de ce téleſcope.

1604. Pour conſtruire un téleſcope aérien, 1°. on plante perpendiculairement un mât A B (*fig.* 264.) de la longueur dont devroit être le tuyau du téleſcope, & même un peu plus. Avant de l'élever, on l'applanit d'un côté; l'on y attache deux regles paralleles entre elles, & éloignées l'une de l'autre d'un pouce & demi; de ſorte que l'eſpace qu'elles laiſſent entre elles, forme une eſpece de rainure (un peu plus large en dedans qu'en dehors) qui regne preſque du haut de ce mât juſqu'en bas. Au haut *Fig.* 264.

de ce mât eſt une petite poulie A, qui tourne ſur ſon axe, & ſur laquelle paſſe une corde ſans fin G, de la groſſeur du petit doigt ou à peu près, & d'une longueur preſque égale à deux fois celle du mât. Cette corde eſt garnie d'un morceau de plomb H, dont le poids eſt égal à celui du verre objectif & de tout l'équipage qui doit le ſoutenir. Une latte longue de deux pieds, & formée de maniere qu'elle puiſſe gliſſer librement, mais ſans jeu, le long de la rainure, porte, à ſon milieu, deux bras de bois L *l*, qui s'éloignent du mât d'un pied, & qui ſoutiennent, à angles droits, un autre bras E d'un pied & demi de long, lequel porte une eſpece de fourchette F.

1605. 2°. On ajuſte un verre objectif dans un cylindre I K de trois pouces de long : on fixe ce cylindre ſur un bâton fort droit d'un pouce d'épaiſſeur, & qui le déborde de 8 ou 10 pouces, comme on le voit en *f*. A ce bâton eſt attachée une boule de cuivre, qui eſt portée & ſe meut librement dans une portion de ſphere creuſe, où elle eſt emboîtée. Cette portion de ſphere eſt ordinairement faite de deux pieces, que l'on ſerre enſemble par le moyen d'une vis ; ce qui forme une eſpece de genou ; & afin que le verre objectif puiſſe être mis en mouvement avec plus de facilité, on y ſuſpend un poids

d'environ une livre, avec un gros fil de laiton; de ſorte qu'en pliant ce fil d'un côté ou de l'autre, on parvienne facilement à faire rencontrer enſemble les centres de gravité du poids, du verre objectif, & de la boule de cuivre. On attache, au deſſous du bâton *f*, un fil de cuivre élaſtique, que l'on plie en en-bas, juſqu'à ce que ſa pointe ſoit autant au deſſous du bâton que le centre de la boule; & on lie à cette pointe un fil mince de ſoie N V.

1606. 3°. On ajuſte le verre oculaire dans un cylindre Q fort court, auquel on attache le bâton Q V. A celui-ci pend un petit poids ſuffiſant pour le contrebalancer. Vers Q, on attache une poignée R traverſée par un axe, que l'Aſtronome P C tient à la main; & le bâton Q V, tourné du côté du verre objectif, eſt attaché au fil de ſoie V N. Ce fil, après être paſſé par un trou, qui eſt au bout du bâton, eſt roulé ſur une petite cheville S fixée au milieu du bâton; de ſorte qu'en la tournant, on augmente ou on diminue, comme on veut, la longueur du fil, & par conſéquent la diſtance de l'objectif à l'oculaire; ce qui équivaut au tuyau mobile (1579).

1607. 4°. Afin que l'Aſtronome P C puiſſe tenir le verre oculaire ferme, & le fil bien tendu, il affermit ſon bras ſur l'appui X.

1608. 5°. Enfin, pour écarter la foible lumiere qui pourroit fatiguer l'œil, on couvre l'oculaire d'un cercle de laiton, percé au milieu d'un fort petit trou.

1609. On a fait de ces téleſcopes, dont le verre objectif avoit juſqu'à 100 pieds de foyers, & qui étoient capables de groſſir beaucoup. *Huyghens*, pour éviter les tâtonnemens dans la conſtruction des téleſcopes aſtronomiques, a donné une Table des proportions des foyers des verres objectifs & oculaires, dont voici un abrégé.

1610. *Table des proportions des foyers des verres objectifs & oculaires.*

DISTANCE DU FOYER DES VERRES objectifs.	DIAMETRE de L'OUVERTURE.		DISTANCE DU FOYER DES VERRES oculaires.		RAPPORT dans lequel les diametres apparens des objets sont grossis.
Pieds.	Pouc.	Centiemes de pouce.	Pouc.	Centiemes de pouce.	
1	0	55	0	61	20
2	0	77	0	85	28
3	0	95	1	3	35
4	1	9	1	20	40
5	1	23	1	35	44
6	1	34	1	47	49
7	1	45	1	60	53
8	1	55	1	71	56
9	1	64	1	80	60
10	1	73	1	90	63
15	2	12	2	27	79
20	2	45	2	58	93
25	2	74	2	84	104
30	3	0	3	19	113
40	3	46	3	75	128
50	3	87	4	26	141
60	4	24	4	66	154
70	4	58	5	5	166
80	4	90	5	39	178
90	5	5	5	83	185
100	5	48	6	30	190

1611. Si, dans deux ou plusieurs télescopes, de grandeurs différentes, la proportion entre les foyers du verre objectif & du verre oculaire est la même, ils grossiront également les objets; d'où il sembleroit qu'on devroit conclure qu'il est inutile de faire de grands télescopes. Mais, avec un peu de réflexion, on se convaincra que cette conséquence n'est pas juste. Car plus le foyer de l'objectif est long, plus celui de l'oculaire peut être proportionnellement court, &, par conséquent, être contenu un plus grand nombre de fois dans celui de l'objectif (1600). En voici la raison : plus l'objectif est grand, plus on peut lui laisser d'ouverture ; il reçoit donc plus de rayons; il y a donc dans l'instrument plus de lumiere, ce qui permet d'employer un oculaire d'un foyer plus court. Un autre avantage des grands télescopes est que, plus l'objectif fait portion d'une grande sphere, plus il réunit exactement les rayons ; & plus, par conséquent, l'image est distincte ; ce qui est l'effet le plus important que puisse produire un télescope. S'il falloit qu'il y eût toujours la même proportion entre les foyers des objectifs & des oculaires, il s'ensuivroit que, puisqu'avec un objectif d'un pied, il faut un oculaire de 61 centiemes de pouce, avec un objectif de 100 pieds il faudroit un oculaire de

61 pouces ; & l'on voit, par la Table d'*Huyghens* (1610), qu'un d'environ 6 pouces ſuffit ; ce qui rend le pouvoir amplifiant environ 10 fois auſſi grand.

Téleſcope terreſtre ou Lunette d'approche.

1612. Le téleſcope terreſtre ou la lunette d'approche eſt, à proprement parler, le téleſcope aſtronomique (1590), auquel on a ajouté deux oculaires, afin de redreſſer l'image. Car nous venons de voir (1598) que le téleſcope aſtronomique fait voir les objets renverſés ; ce qui eſt tout-à-fait indifférent, quand on obſerve des corps ronds, tels que ſont les corps céleſtes. Mais quand on ſe ſert de cet inſtrument pour les objets terreſtres, on trouve déſagréable de les voir renverſés ; c'eſt pourquoi on a cherché le moyen de redreſſer l'image.

1613. Pour faire un téleſcope qui puiſſe remplir cette vue, il faut d'abord conſtruire l'équivalent d'un téleſcope aſtronomique (1591), moyennant le verre objectif C (*fig.* 263.), & le verre oculaire D, placé à une diſtance l'un de l'autre, qui égale la ſomme des longueurs de leurs foyers (1592), entre leſquels ſe vient former en F l'image renverſée *a b*, comme dans le téleſcope aſtronomique (*fig.* 262.). Enſuite on place, au delà du verre oculaire D (*fig.* 263.), *Fig.* 263. *Fig.* 262. *Fig.* 263.

deux autres oculaires K, L, à des distances les uns des autres, dont chacune égale la somme des longueurs des foyers des deux verres voisins. Alors les rayons divergens qui composent chaque faisceau partant du foyer F, étant devenus paralleles en traversant l'oculaire D (1598), & les faisceaux étant devenus convergens entre eux, vont se croiser en E; ensuite, continuant leur route, & traversant l'oculaire K, les rayons qui composent chaque faisceau, de paralleles qu'ils sont, deviennent convergens, & vont former en *f* une seconde image *a b* en sens contraire de la premiere, c'est-à-dire, redressée, laquelle devient l'objet immédiat de la vision, & est apperçue au foyer *f* par l'œil placé en M, comme l'image renversée *a b* (*fig.* 262.) est apperçue au foyer F par l'œil placé en E (1598). *Fig. 261.*

1614. Ce télescope ne fait pas voir les objets si clairement que le fait le télescope astronomique; parce que la lumiere a deux verres de plus à traverser, ce qui lui fait perdre de son intensité, à cause des rayons qui sont arrêtés par les parties solides des verres. C'est pourquoi on n'en fait point usage pour observer les astres, qu'on cherche à voir très-clairement, & qu'il est indifférent de voir droits ou renversés, à cause de leur figure ronde. Il faut seulement observer

que, dans ce dernier cas, tous les mouvemens ſe font en ſens contraire de celui dans lequel on les voit; de ſorte que ceux qu'on voit ſe faire de droite à gauche, ſe font réellement de gauche à droite; ceux qu'on voit ſe faire de haut en bas, ſe font réellement de bas en haut, &c.

1615. Le téleſcope terreſtre groſſit les objets dans la même proportion que le fait le téleſcope aſtronomique (1600), c'eſt-à-dire, autant de fois que le foyer du verre objectif contient de fois celui d'un des oculaires, en ſuppoſant que les trois oculaires ſont ſegmens de ſpheres égales; de ſorte qu'il groſſit préciſément de la même quantité que, ſi ayant ſupprimé les deux oculaires K, L (*fig.* 263.), l'œil ſe plaçoit en E. *Fig.* 263.

1616. Mais ſi les trois oculaires D, K, L, avoient des courbures différentes, s'ils étoient ſegmens de ſpheres inégales, il faudroit ajouter enſemble les longueurs des foyers de ces trois verres, & diviſer le produit par 3. Le quotient de la diviſion ſeroit la longueur du foyer de l'oculaire, qu'il faudroit comparer à la longueur du foyer de l'objectif, pour ſavoir combien de fois la premiere ſeroit contenue dans la ſeconde. Ce nombre de fois donneroit le degré de groſſiſſement de l'inſtrument.

1617. Il ſuit de ce que nous avons dit ci-deſſus (1612), qu'un téleſcope aſtronomique

peut aiſément être changé en téleſcope terreſtre ; en y ajoutant deux verres oculaires : & le téleſcope terreſtre, en téleſcope aſtronomique, en ſupprimant deux oculaires ; la faculté de groſſir demeurant toujours la même (1615.)

1618. La conſtruction du téleſcope terreſtre (1613), fait connoître que ſa longueur ſe trouve en ajoutant cinq fois le rayon de la ſphere, dont les oculaires ſont ſegmens, au diametre de la ſphere dont l'objectif fait partie, ſi l'objectif eſt plan-convexe (1596), ou bien au rayon de cette ſphere, ſi l'objectif eſt également convexe des deux côtés (1594.)

1619. *Huyghens* a obſervé le premier qu'une choſe qui contribue beaucoup à la netteté des images vues par le téleſcope, tant aſtronomique que terreſtre, c'eſt de placer à l'endroit F (*fig.* 262.) ou *f* (*fig.* 263.) où ſe forme l'image, au devant de l'oculaire le plus près de l'œil, un diaphragme, c'eſt-à-dire, un anneau de bois ou de métal, dont l'ouverture ſoit un peu plus petite que la largeur de l'oculaire. Ce diaphragme arrête tous les rayons irréguliérement réfractés, qui viendroient altérer la netteté de l'image.

Fig. 262. *Fig.* 263.

Lunette d'approche de nuit.

1620. On fait, depuis quelques années, en Angleterre, des lunettes d'approche deſtinées à

obſerver pendant la nuit, qui ſervent principalement ſur mer, pour ſuivre un vaiſſeau, reconnoître une côte, l'entrée d'un port, &c.

1621. Ces lunettes, dont la premiere idée paroît due au *Docteur Hoock*, ſont compoſées d'un objectif d'un grand diametre, afin qu'il puiſſe recevoir beaucoup de rayons de lumiere, & de deux ou de quatre oculaires. Ce grand nombre d'oculaires ſert principalement à diminuer la longueur de ces lunettes, ſans diminuer le pouvoir amplifiant; parce que, chacun tendant à réunir les rayons plus près (1355), en en plaçant pluſieurs à de petites diſtances les uns des autres, ils n'équivalent tous enſemble qu'à un ſeul oculaire d'un foyer plus court: moyennant quoi l'inſtrument groſſit autant, que ſi ſon objectif étoit d'un foyer plus long.

1622. Dans ces lunettes on voit les objets renverſés. Cet inconvénient eſt moindre qu'on ne le croiroit d'abord; parce que, pour l'uſage auquel elles ſont deſtinées, il ſuffit qu'elles puiſſent faire reconnoître & diſtinguer ſenſiblement les maſſes. De plus, l'habitude de s'en ſervir doit bientôt diminuer cet inconvénient, ou même le faire diſparoître.

Des Téleſcopes Catadioptriques.

1623. Nous avons vu (1574 *& ſuiv.*) que les

téleſcopes dioptriques, pour amplifier beaucoup les images, doivent être très-longs ; ce qui les rend difficiles à manier. De plus, quand on cherche à les faire groſſir beaucoup, on court le riſque de les faire manquer de clarté & de netteté. C'eſt ce qui a fait naître l'idée de conſtruire des téleſcopes de réflexion, c'eſt-à-dire, compoſés de miroirs combinés avec des verres : c'eſt ce qui leur a fait donner le nom de *catadioptriques*. Ces téleſcopes n'ont pas beſoin d'être, à beaucoup près, auſſi longs que les téleſcopes dioptriques, pour groſſir autant.

1624. On attribue ordinairement l'invention du téleſcope catadioptrique à *Newton* ; cependant il n'eſt pas le premier à qui l'idée en ſoit venue. Il ne commença à penſer à ce téleſcope, comme il l'a dit lui-même, qu'en 1666 : & dès 1663, *Jacques Grégory*, Géometre Ecoſſois, avoit donné, dans ſon *Optica promota*, la deſcription d'un téleſcope de ce genre. *Caſſegrain*, en France, avoit eu auſſi, vers le même temps, une idée à peu près ſemblable. Mais, ce qu'on aura peut-être de la peine à croire, c'eſt que la premiere idée de ce téleſcope date d'environ quinze ans auparavant, & appartient inconteſtablement au *P. Merſenne*, comme le prouve ce qu'il dit dans la *Propoſ. 7^e de ſa Catoptrique*, imprimée en 1651, où il parle de miroirs concaves combinés

pluſieurs

pluſieurs enſemble. » La même compoſition, » dit-il, peut auſſi ſervir pour faire *un miroir* à » voir de loin, & groſſir les eſpeces comme les » lunettes de longue vue «. Si le *P. Merſenne* n'a pas fait exécuter ce téleſcope, c'eſt qu'il en fut détourné par *Deſcartes*, qui lui préſenta des difficultés, qui cependant n'exiſtent pas, mais auxquelles il céda.

1625. Quoique ce ne ſoit pas *Newton* qui ait eu la premiere idée des téleſcopes catadioptriques, cependant c'eſt à lui que nous en ſommes redevables. C'eſt le ſien qui a été le premier exécuté & publié; & il en a le mieux vu tous les avantages. Ayant obſervé, moyennant ſa découverte de la décompoſition de la lumiere, qu'une lentille, quelle que ſoit ſa courbure, ne peut réunir tous les rayons à ſon foyer; & qu'il y a autant de foyers à la ſuite les uns des autres qu'il y a d'eſpeces de rayons différemment réfrangibles (1424), il renonça au projet qu'il avoit eu de perfectionner les téleſcopes dioptriques, & ſongea à en faire de catadioptriques (1427.)

1626. Il y a différentes ſortes de téleſcopes catadioptriques, qui différent entre eux par la forme, le nombre & la poſition de leurs miroirs & de leurs verres. Tels ſont le *téleſcope Newtonien*, le *téleſcope Grégorien*, le *téleſcope de Caſſegrain*, & le *téleſcope de Jacques le Maire*.

Téleſcope Newtonien.

1627. Le téleſcope Newtonien eſt compoſé d'un miroir concave ; d'un miroir plan, & d'un verre oculaire convexe. Pour conſtruire un téleſcope de cette eſpece, il faut placer dans le fond d'un tuyau D D D D (*fig.* 265), un grand miroir concave H G de métal, vis-à-vis duquel, & dans ſon axe, on place un miroir plan K I auſſi de métal, d'une figure elliptique, & incliné de 45 degrés à l'axe du téleſcope. Ce miroir plan doit être ſitué entre le grand miroir concave & ſon foyer, & à une diſtance de ce foyer qui ſoit égale à la diſtance du centre de ce petit miroir, au foyer de l'oculaire *o*, lequel eſt placé dans un petit tuyau latéral L L, dans la perpendiculaire à l'axe du grand miroir, tirée du centre du petit miroir plan. *Fig.* 265.

1628. Suppoſons maintenant un objet A B, placé vis-à-vis ce téleſcope & à une grande diſtance. Les rayons qui forment chaque faiſceau partant de chaque point de l'objet, venant de très-loin, arrivent preſque paralleles (1586) ; & les faiſceaux qui partent des extrémités de l'objet, ſe croiſent en entrant dans le téleſcope (1206) ; de ſorte que le faiſceau A G eſt celui qui vient du point A de l'objet ; & le faiſceau B H eſt celui qui vient du point B de l'objet. Ces rayons

qui iroient, après leur réflexion de deſſus le grand miroir H G, deſſiner une image renverſée *a b* de cet objet, au foyer F de ce grand miroir (1253 & 1254), ſont reçus par le petit miroir plan K I, & réfléchis vers l'oculaire *o*. Mais les miroirs plans ne changent rien à la diſpoſition des rayons de lumiere qu'ils réfléchiſſent (1223) : l'image en *c d* ſera donc renverſée, comme elle l'eût été en *a b* : & ſe trouvant au foyer *f* de l'oculaire *o*, les rayons qui forment chaque faiſceau, après les réfractions qu'ils y éprouvent en y entrant & en en ſortant, ſe trouvent à peu près paralleles (1355), tandis que les faiſceaux, venant de différens points de l'objet, convergent en O où ſe place l'œil.

1629. Ce téleſcope renverſe donc les images ; mais, comme cela eſt indifférent pour l'inſpection des aſtres, on s'en ſert avec avantage pour les obſervations aſtronomiques ; d'autant mieux que, n'ayant qu'un oculaire, il a plus de clarté que ceux qui en ont davantage (1614.)

1630. Avec le téleſcope Newtonien, l'objet eſt difficile à trouver, parce que l'œil, ſe plaçant ſur le côté, n'a pas l'objet dans la direction de ſon axe. C'eſt pourquoi on met ſur le corps du téleſcope une petite lunette dioptrique qui a beaucoup de champ, & dont l'axe eſt parallele à celui de l'inſtrument. Cette lunette ſert à

trouver l'objet qu'on veut obſerver : auſſi l'appelle-t-on un *Trouveur*.

1631. L'oculaire du téleſcope Newtonien, étant placé ſur le côté, rend cet inſtrument très-commode pour obſerver les aſtre sprès du zénith, & même tout-à-fait au zénith ; parce que, même dans le moment où l'inſtrument eſt vertical, l'obſervateur eſt dans une ſituation commode ; ce qui n'a pas lieu, lorſqu'on fait uſage d'un autre téleſcope, à l'extrémité duquel l'œil doit ſe placer.

1632. La quantité dont ce téleſcope augmente le diametre apparent de l'objet, eſt égale au nombre de fois que le foyer du grand miroir contient celui de l'oculaire. Ainſi, ſi le foyer du grand miroir eſt de 5 pieds, & que celui de l'oculaire ſoit de 2 pouces, l'inſtrument groſſit 30 fois ; c'eſt-à-dire que le diametre apparent de l'objet, vu par le téleſcope, paroît auſſi grand qu'il le paroîtroit à la vue ſimple, ſi l'objet n'étoit qu'à la trentieme partie de la diſtance à laquelle il eſt.

Téleſcope Grégorien.

1633. Le téleſcope Grégorien eſt compoſé de deux miroirs concaves, & deux verres oculaires convexes ou plan-convexes. Pour conſtruire un téleſcope de cette eſpece, il faut placer dans le

fond d'un tuyau DDDD (*fig.* 266.) un grand miroir concave H G de métal, percé d'un trou à ſon centre. Vis-à-vis du milieu de ce miroir, & vers l'autre bout du tuyau, on place un ſecond miroir concave I K de métal, parallele au grand, un peu plus large que le trou qui eſt au centre du grand miroir, & dont la concavité fait partie d'une ſphere beaucoup plus petite que celle ſur laquelle eſt formé le grand miroir. Ce petit miroir I K doit être placé au delà du foyer *b a* du grand miroir H G, à une diſtance telle que le foyer du petit miroir ſoit éloigné du foyer du grand (1224), d'une quantité que l'on trouve par cette proportion : *Le foyer du grand miroir eſt au foyer du petit miroir, comme le foyer du petit miroir eſt à l'eſpace qu'il doit y avoir entre les foyers des deux miroirs.* Suppoſons, par exemple, que le foyer du grand miroir ſoit de 20 pouces ou 240 lignes; & que le foyer du petit miroir ſoit de 3 pouces ou 36 lignes; on aura cette proportion; 240 : 36 :: 36 : 5 $\frac{1}{5}$; de ſorte que les foyers de ces deux miroirs doivent être éloignés l'un de l'autre de 5 $\frac{1}{5}$ lignes : ce qui donne la diſtance, d'un miroir à l'autre, de 23 pouces 5 $\frac{1}{5}$ lignes. A l'extrémité du tuyau DDDD, à laquelle eſt placé le grand miroir H G, & vis-à-vis le trou qui eſt au centre de ce miroir, on ajuſte un autre tuyau plus petit L M *m l*, dans

Fig. 266.

lequel on place les deux verres oculaires L *l*, M *m*. Comme les diſtances des foyers varient un peu, ſuivant que les objets ſont plus ou moins éloignés, &, par conſéquent, ſuivant que les rayons qui compoſent chaque faiſceau partant de chaque point de l'objet, ſont moins ou plus divergens (1254); il faut que le petit miroir I K ſoit porté par une tige *g* mobile, afin de pouvoir le rapprocher ou l'éloigner du grand miroir, ſelon le beſoin.

1634. On voit, par cette conſtruction, que le téleſcope Grégorien differe du Newtonien, 1°. en ce que ſon grand miroir eſt percé à ſon centre; 2°. en ce que ſon petit miroir eſt concave au lieu d'être plan; 3°. en ce que ce petit miroir eſt parallele au grand, au lieu de lui être incliné; 4°. en ce qu'il a deux oculaires au lieu d'un; 5°. en ce que ſes oculaires ſont placés à l'extrémité du tuyau, & non pas ſur le côté.

1635. Suppoſons maintenant, comme nous avons fait ci-deſſus (1628), un objet A B à une grande diſtance, & que les rayons qui en partent, ſe croiſent en entrant dans l'inſtrument. Ces rayons A G, B H, ſont réfléchis convergens au foyer du grand miroir (1254), où ils vont deſſiner l'image *a b* renverſée (1259): après quoi ils vont, en ſe croiſant de nouveau, tomber divergens ſur le petit miroir I K, qui les réfléchit

convergens vers les oculaires, parce que le point de leur divergence eſt plus éloigné de ce miroir (1633), que ne l'eſt ſon foyer des rayons paralleles (1258). Ces rayons rencontrant l'oculaire L *l*, ſont rendus encore plus convergens, & vont deſſiner en *c d* une ſeconde image en ſens contraire de la premiere *a b*, c'eſt-à-dire, redreſſée, laquelle devient l'objet immédiat de la viſion. Et comme le lieu *c d* de cette image eſt, par la conſtruction, le foyer du ſecond oculaire M *m*, les rayons qui forment chaque faiſceau partant de chaque point, en ſortent à peu près paralleles (1355); & les faiſceaux deviennent convergens entre eux : l'œil placé en O voit donc cette image amplifiée, ſuivant la grandeur de l'angle *n* O *p*.

1636. Le téleſcope Grégorien fait voir l'image dans la même ſituation que celle de l'objet; mais il la fait voir un peu moins clairement, que ne le fait le téleſcope Newtonien, parce que la lumiere a, à traverſer, deux oculaires, au lieu qu'il n'y en a qu'un dans le téleſcope Newtonien.

1637. La quantité dont le téleſcope Grégorien augmente le diametre apparent de l'objet, eſt égale au quarré du foyer du grand miroir, diviſé par le produit du foyer du petit miroir, multiplié par le foyer de l'oculaire. Suppoſons, comme ci-deſſus (1633), que le foyer du grand miroir ſoit de 20 pouces ou 240 lignes; que le

foyer du petit miroir ſoit de 3 pouces ou 36 lignes ; & que le foyer de l'oculaire ſoit de 20 lignes. Le quarré de 240 eſt 57600 ; le produit de 36 multiplié par 20, eſt 720. Si donc l'on diviſe 57600 par 720, le quotient 80 déſigne le nombre de fois que le diametre apparent de l'objet, vu par ce téleſcope, eſt augmenté ; c'eſt-à-dire que le diametre apparent de l'objet ſeroit vu, par le téleſcope, de la même grandeur qu'il le ſeroit à la vue ſimple, ſi l'objet n'étoit qu'à la quatre-vingtieme partie de la diſtance à laquelle il eſt.

Téleſcope de Caſſegrain.

1638. Le téleſcope de *Caſſegrain* eſt compoſé d'un miroir concave, d'un miroir convexe, & de deux verres oculaires convexes ou plan-convexes, ſitués reſpectivement les uns aux autres comme le ſont les miroirs & les verres dans le téleſcope Grégorien (1633).

1639. Le téleſcope de *Caſſegrain* reſſemble donc, à peu de choſe près, au téleſcope Grégorien. Il en differe ſeulement, 1°. par la forme de ſon petit miroir, qui eſt convexe, au lieu que celui du téleſcope Grégorien eſt concave ; 2°. en ce qu'il fait voir l'image renverſée (1641) ; 3°. en ce qu'à ſphéricités égales des miroirs, il eſt plus court d'une quantité égale au double de

la longueur du foyer virtuel (1250) du petit miroir convexe. En effet, on conçoit aiſément que le petit miroir étant convexe, ne peut réfléchir, vers le premier oculaire L *l* (*fig.* 266), les rayons encore convergens, qu'autant qu'il les reçoit lui-même plus convergens, puiſqu'il diminue leur convergence (1227 & 1229.) Or cela ne peut avoir lieu qu'autant que ce petit miroir eſt placé plus près du grand qu'il ne le ſeroit, s'il étoit concave, d'une quantité égale au double de la longueur de ſon foyer virtuel. *Fig.* 266.

1640. Ce petit miroir convexe, dans le téleſcope de *Caſſegrain*, doit donc être placé entre le grand miroir concave & ſon foyer, de maniere que le foyer virtuel du petit miroir convexe tombe au même point où doit ſe trouver le foyer réel du petit miroir concave dans le téleſcope Grégorien; c'eſt-à-dire, que ce foyer virtuel doit tomber au delà du foyer *a b* du grand miroir concave H G, d'une quantité que l'on trouve par cette proportion: *Le foyer réel du grand miroir concave eſt au foyer virtuel du petit miroir convexe, comme ce dernier foyer eſt à l'intervalle qu'il doit y avoir entre les foyers des deux miroirs.* D'où il ſuit (ce que nous venons de dire) que, lorſque le petit miroir eſt convexe, le téleſcope eſt plus court qu'il ne le ſeroit, ſi ce petit miroir étoit concave & de la même ſphéricité, d'une

quantité égale au double de la longueur du foyer virtuel du petit miroir convexe.

1641. Ce téleſcope renverſe l'image de l'objet ; parce que le miroir convexe, qui reçoit les rayons avant qu'ils ayent deſſiné l'image (1640), les réfléchit ſans les obliger de ſe croiſer : l'image, après la ſeconde réflexion des rayons, ſe trouve donc deſſinée dans le même ſens qu'elle l'eût été après la premiere réflexion.

1642. Le téleſcope de *Caſſegrain* groſſit autant & dans la même proportion que le Grégorien (1637.) Mais pouvant être plus court que ce dernier, en conſervant le même pouvoir amplifiant ; il peut être employé avec avantage dans l'Aſtronomie, où il eſt indifférent que les images ſoient renverſées ou non ; & où il eſt important, ſur-tout ſur mer, que l'inſtrument ſoit le plus court poſſible. Le grand téleſcope, fait par *D. Noël*, & qui eſt au Cabinet de Phyſique du Roi, à la Muette, eſt un téleſcope de cette eſpece.

Téleſcope de Jacques le Maire.

1643. Le téleſcope de *Jacques le Maire*, inventé par lui en 1728, eſt un dérivé du téleſcope Newtonien (1627) ; cependant il en diffère en ce qu'il n'eſt compoſé que d'un miroir concave, & d'un verre oculaire convexe : le

Fig. 261.

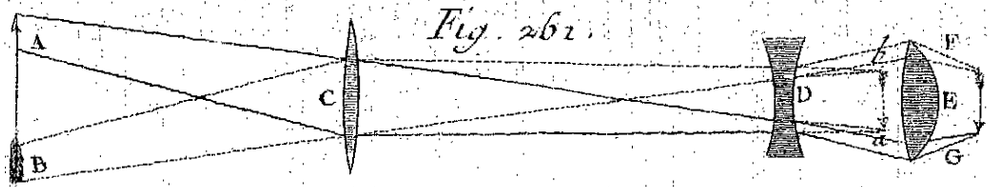


Fig. 262.

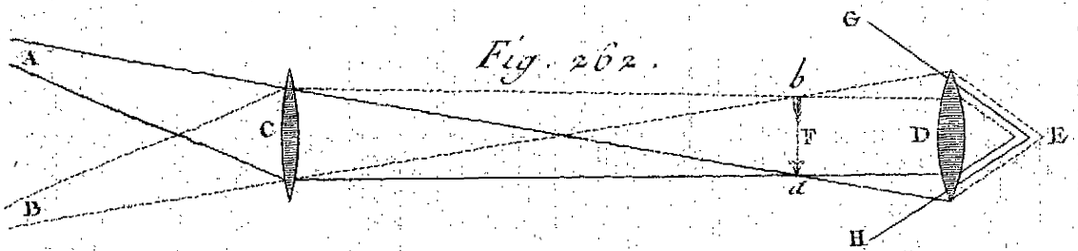


Fig. 263.

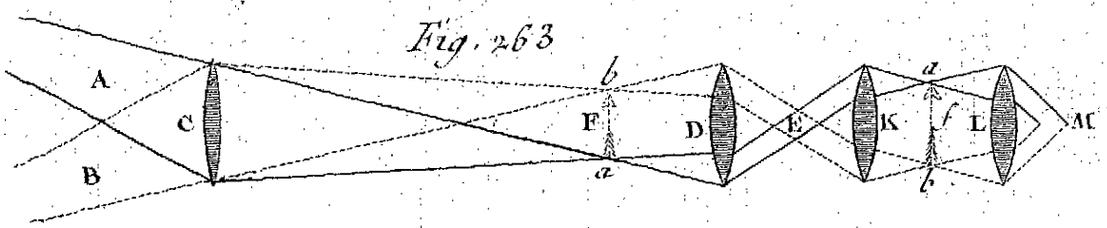


Fig. 266.

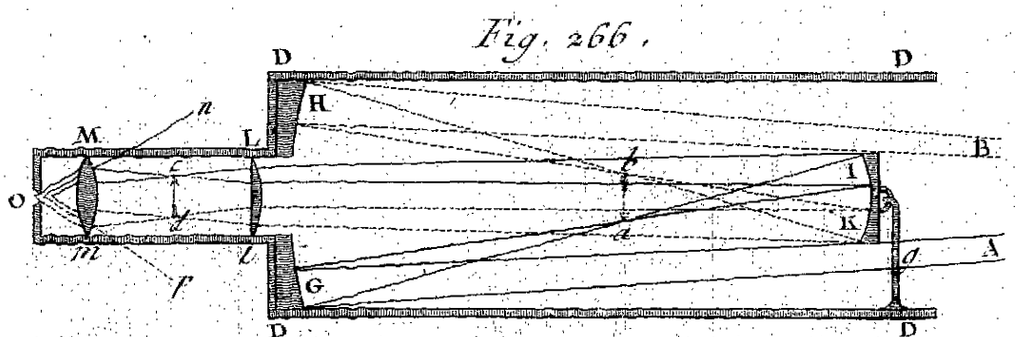


Fig. 265.

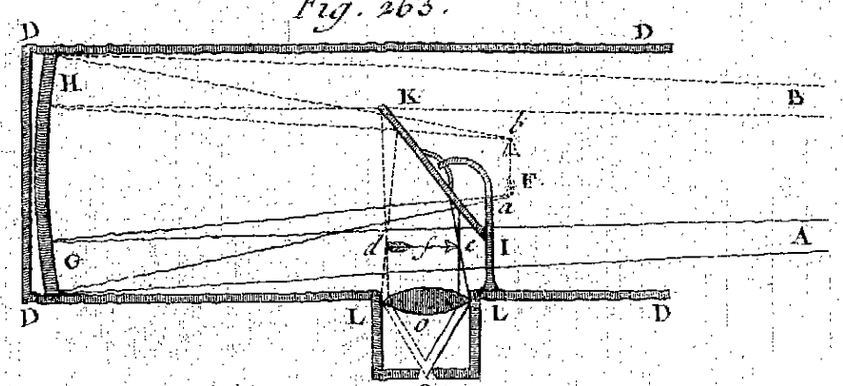
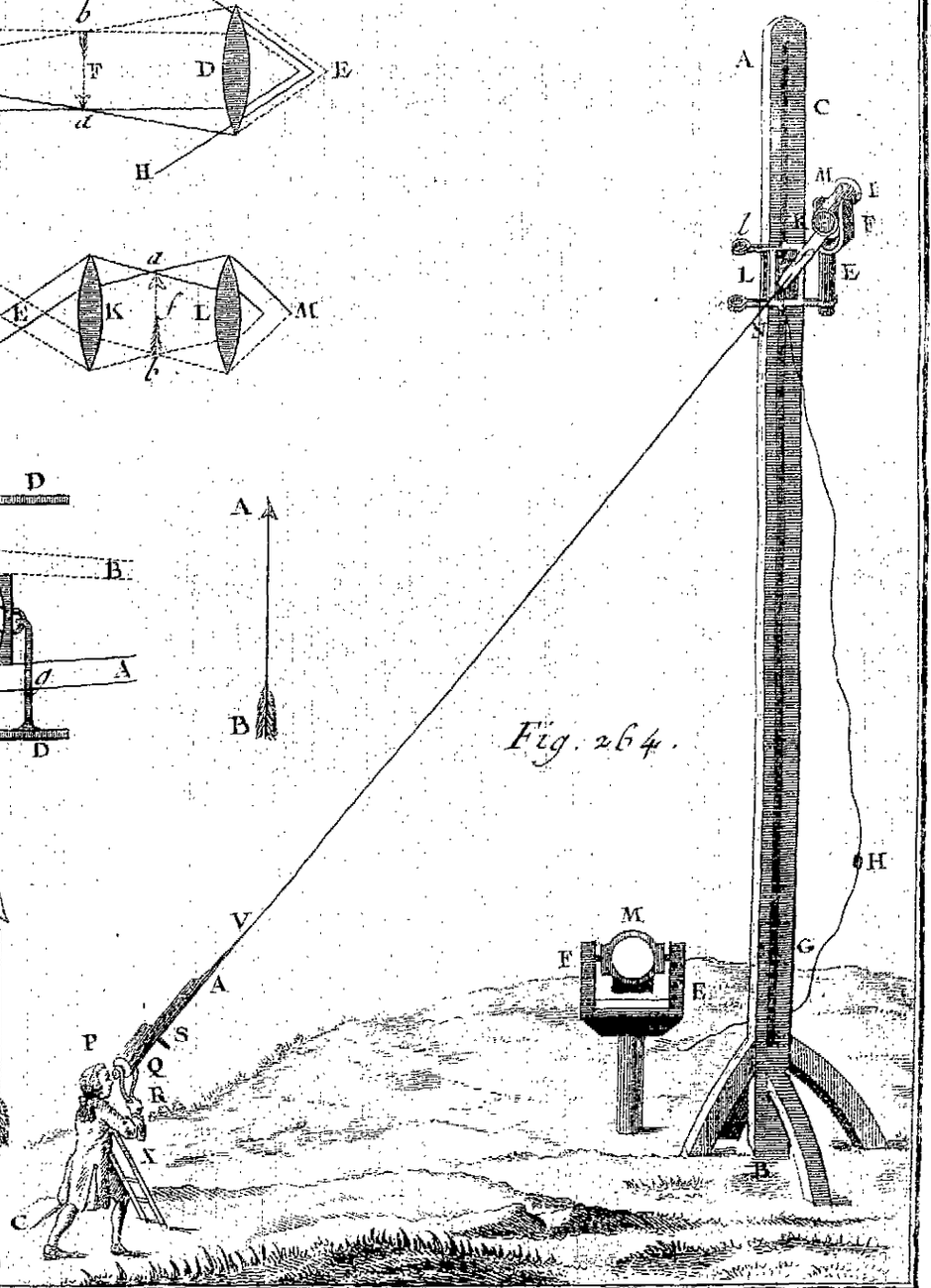




Fig. 264.



Benard Direxit

petit miroir plan y eſt ſupprimé. Pour conſtruire un téleſcope de cette eſpece, il faut placer, dans le fond d'un tuyau D D D D (*fig.* 267.), un grand miroir concave H G de métal, attaché au tuyau par une charniere vers G, & qui puiſſe s'incliner plus ou moins vers H par le moyen d'une vis I qui traverſe le fond du tuyau. A ce tuyau on ajoute la partie E F, de même épaiſſeur que le tuyau, & qui va en s'élargiſſant vers F. A l'extrémité F D de cette partie ajoutée eſt placé le petit tuyau L qui porte l'oculaire *m n*. Ce petit tuyau L eſt mobile, de même que le miroir H G, & peut, par un mouvement de côté, s'éloigner ou ſe rapprocher du corps du grand tuyau D D, afin de ſe placer convenablement aux différens degrés d'inclinaiſon qu'on peut donner au miroir H G. Il y a un grand nombre d'autres pieces, dont les unes ſont deſtinées à rendre ces mouvemens doux, exacts & commodes à exécuter, & les autres à diriger l'inſtrument vers l'objet qu'on veut obſerver. Si l'on eſt curieux de les connoître, on en trouvera la deſcription & la figure dans le Recueil des *Machines approuvées par l'Acad. Tom. 6, pag. 61.* *Fig.* 267.

1644. Suppoſons maintenant, comme nous avons fait ci-deſſus (1628), un objet A B à une grande diſtance, & que les rayons qui en par-

tent, ſe croiſent en entrant dans l'inſtrument. Ces rayons A G, B H, ſont réfléchis convergens au foyer du grand miroir (1254), & vont (à cauſe de l'inclinaiſon de ce miroir à l'axe du grand tuyau) dans la partie E F, deſſiner l'image *a b* renverſée (1259). Et comme le lieu *a b* de cette image eſt, par la conſtruction, le lieu du foyer de l'oculaire *m n*, les rayons qui forment chaque faiſceau partant de chaque point, en ſortent à peu près paralleles (1355); & les faiſceaux deviennent convergens vers O, où l'œil ſe plaçant, voit cette image amplifiée. On voit par-là qu'il faut tourner le dos à l'objet qu'on veut obſerver.

1645. Le téleſcope de *le Maire* fait, de même que celui de *Newton*, voir l'image renverſée; mais l'image eſt plus nette & deſſinée avec une plus belle lumiere, parce que ſes rayons y ſouffrent une réflexion de moins que dans le téleſcope Newtonien : ce qui permet d'y employer un oculaire d'un foyer plus court, & le fait, par conſéquent, groſſir davantage. Car ce téleſcope amplifie l'image dans la même proportion que celui de *Newton* (1632); c'eſt-à-dire qu'il augmente le diametre apparent de l'objet d'une quantité qui égale le nombre de fois que le foyer du miroir contient celui de l'oculaire.

1646. M. *Herſchell* a conſtruit, il y a quelques

années, un téleſcope de cette eſpece, dont il a tiré un grand avantage : c'eſt par ſon moyen qu'il a découvert deux Satellites à ſa planete, ainſi que deux nouveaux Satellites à Saturne (2622). Mais on voit par ce que nous avons dit ci-deſſus (1643), qu'on a eu tort de le regarder, comme on l'a fait pendant quelque temps, comme l'inventeur de ce téleſcope ; puiſque cet inſtrument avoit été inventé, exécuté & publié par *Jacques le Maire* environ cinquante-cinq ans auparavant que M. *Herſchell* en eût l'idée. Il ne faut cependant pas lui en ôter la gloire ; car les téleſcopes qu'il a conſtruits ſont de beaucoup ſupérieurs à ceux qui exiſtoient auparavant, par leur grandeur, leur pouvoir amplifiant, & la beauté de leur exécution.

Des Lunettes achromatiques.

1647. Les lunettes achromatiques ſont celles deſquelles le verre objectif ne laiſſe appercevoir aucune couleur de l'iris, quelque grand que ſoit le diametre de ſon ouverture. Il peut donc y avoir alors beaucoup de lumiere dans l'inſtrument, ce qui permet d'y employer un oculaire d'un foyer très-court, d'où réſulte une plus grande amplification de l'image (1600). Car ces lunettes ſont de vrais téleſcopes aſtronomiques (1590) ; mais de beaucoup ſupérieurs à ceux qui les ont précédés.

1648. Dans les téleſcopes dioptriques ordinaires (1574), on voit, vers les bords de l'objectif, des couleurs très-fortes qui réſultent de la ſéparation des rayons (1381), par la réfraction qu'ils éprouvent en traverſant les bords de ce verre, & qui obligent de rétrécir beaucoup ſon ouverture, afin d'avoir l'image un peu nette. Depuis quelques années on a imaginé, pour corriger ce défaut, de compoſer, de différentes ſubſtances, les objectifs de ces téleſcopes.

1649. La premiere trace de cette ingénieuſe idée ſe trouve dans un Mémoire de M. *Euler*. (*Mém. de l'Acad. de Berlin, Tom III.*) Voici ce qu'il en diſoit en 1747 : » Il eſt reconnu, » parmi les Aſtronomes, que les verres objec- » tifs dont on ſe ſert ordinairement dans les » lunettes, ont ce défaut qu'ils produiſent une » infinité de foyers, ſelon les différens degrés » de réfrangibilité des rayons (1424). Les » rayons rouges, ſouffrant la plus petite ré- » fraction en paſſant par le verre, forment leur » foyer à une plus grande diſtance du verre que » les rayons violets, dont la réfraction eſt la » plus grande (1395)..... Ce n'eſt donc pas » dans un point que les rayons rompus ſe raſ- » ſemblent, comme on le ſuppoſe en Optique; » mais le foyer ſera étendu ſur un eſpace qui

» ſera d'autant plus conſidérable, que le foyer » de l'objectif ſera plus long.... *Newton* (*Traité* » *d'Opt.*, *pag.* 114.) a déjà ſoupçonné que des » objectifs compoſés de deux verres, dont l'eſpace » intermédiaire ſeroit rempli d'eau, pouvoient » ſervir à perfectionner les lunettes par rapport » à l'aberration de ſphéricité des verres (1427); » mais il ne paroît pas qu'il eût l'idée que, » par ce même moyen, il ſeroit poſſible de » diminuer l'eſpace dans lequel les foyers des » divers rayons ſe trouvent diſperſés. Or il » m'a paru d'abord très-probable qu'une certaine » combinaiſon de différens corps tranſparens » pourroit être capable de remédier à cet in- » convénient; & je ſuis perſuadé que, *dans* » *nos yeux*, *les différentes humeurs* (1509) *s'y* » *trouvent arrangées*, *en ſorte qu'il n'en réſulte au-* » *cune diffuſion du foyer* ». C'eſt ainſi que la conſidération de ce qui ſe paſſe dans nos yeux conduiſoit M. *Euler* à chercher un moyen d'imiter la Nature, & lui faiſoit eſpérer d'y parvenir par la combinaiſon des fluides entre deux verres. On ne peut pas s'empêcher de trouver ſa réflexion raiſonnable; car nos yeux ſont vraiment achromatiques.

1650. En conſéquence M. *Euler* chercha les dimenſions des objectifs formés de verre & d'eau, de maniere à pouvoir imiter la combinaiſon qui

ſe trouve naturellement dans l'œil. Mais ſes tentatives furent inutiles : les lunettes qui furent exécutées ſur ces principes, ne réuſſirent point, parce que l'eau & le verre, relativement à leurs réfractions moyennes, ne produiſent pas des différences aſſez ſenſibles dans les réfrangibilités des couleurs.

1651. Dès que le Mémoire de M. *Euler* parut, feu M. *d'Ollond* le pere, célebre Opticien de Londres, voulut en tirer parti. Après qu'on eut diſputé quelque temps ſur cette matiere, & ſurtout après qu'en 1755, M. *Klingenſtierna* eut fait abandonner à M. *d'Ollond* quelques opinions erronées auxquelles il étoit fort attaché, cet habile Artiſte fit des tentatives qui réuſſirent. Il conçut l'eſpérance de mieux réuſſir dans ſon projet, en combinant des verres de différentes qualités pour former un objectif, qu'en y employant du verre & de l'eau, par la raiſon que nous venons de dire ci-deſſus (1650). Un verre très-blanc & fort tranſparent, appelé communément *Flint-glaſſ* ou *Criſtal d'Angleterre*, eſt celui qui, ſuivant M. *d'Ollond*, donne les iris les plus remarquables, &, par conſéquent, celui dans lequel la réfraction du rouge differe le plus de celle du violet : un verre verdâtre, connu en Angleterre ſous le nom de *Crown-glaſſ*, & qui reſſemble beaucoup en qualité à

notre

notre verre commun, eſt, au contraire, celui qui donne la moindre différence dans la réfrangibilité des rayons rouges & des violets. Ces deux ſortes de verre ſont les deux matieres dont M. *Dollond* imagina de ſe ſervir, après avoir meſuré leurs qualités réfringentes, & les avoir trouvées comme de 3 à 2.

1652. Les premieres lunettes qui furent exécutées par M. *Dollond*, eurent un très-grand ſuccès. Les Géometres s'exercerent bientôt à chercher les courbures les plus propres à corriger les aberrations de réfrangibilité. Mais comme il eſt rare de trouver pluſieurs morceaux de verre d'une denſité parfaitement égale, quoique de la même eſpece, on ne peut pas toujours employer les courbures indiquées par les Géometres : on eſt obligé de les varier. C'eſt pourquoi les Artiſtes ſont contraints de tâtonner, s'ils veulent perfectionner leurs ouvrages.

1653. Nous nous contenterons donc de rapporter ici les dimenſions de deux lunettes excellentes, d'environ 43 pouces de foyer, faites par M. *Dollond*, & qui ſont fort ſupérieures à tout ce qu'on avoit fait dans ce genre. L'objectif eſt compoſé de trois verres, dont un eſt de *Flit-glaſſ*, concave des deux côtés, placés entre deux lentilles de verre commun ou de *Crown-glaſſ*, convexes des deux côtés. Les ſix rayons des cour-

bures, à commencer par celui de la ſurface extérieure de l'objectif, ſont, dans une de ces lunettes, de 315, 450, 235, 315, 320 & 320 lignes. Dans l'autre lunette, les ſix rayons ſont de 315, 400, 238, 290, 316, 316 lignes. Cette derniere a 43 pouces 5 lignes de foyer. Ces lunettes groſſiſſent depuis 100 juſqu'à 200 fois, ſuivant les différens équipages qu'on y applique; & produiſent conſéquemment plus d'effet que les anciennes lunettes de 25 à 30 pieds.

Fig. 268. 1654. On peut voir (*fig.* 268.) la coupe tranſverſale d'un objectif de lunette achromatique, compoſé de trois verres; ſavoir d'un concave 3, 4, de *Flint-glaſſ*, placé entre deux convexes 1, 2 & 5, 6, de *Crown-glaſſ*. Les courbures étant différentes, il eſt aiſé de voir qu'il doit reſter entre chaque verre un eſpace rempli d'air.

1655. Les rayons de lumiere émanés de l'objet tombant ſur la ſurface 1, ſouffrent deux réfractions, l'une en entrant, & l'autre en ſortant de ce premier verre (1355), qui eſt de *Crown-glaſſ*, & les rayons colorés dont ils ſont compoſés (1373 & 1374), ſe ſéparent & deviennent apparens: enſuite traverſant les deux ſurfaces 3 & 4 du verre concave, qui eſt de *Flint-glaſſ*, ils ſont rompus en ſens contraire (1365), mais plus fortement qu'ils ne l'avoient été par

le premier verre, parce que le ſecond a plus de denſité (1281) & plus de courbure (1283); de ſorte que les couleurs ſont encore apparentes; mais elles ont changé de poſition, celles qui étoient en haut ſe trouvent en bas, *& vice verſâ*. Enfin ces rayons, en traverſant les deux ſurfaces 5 & 6 du troiſieme verre, qui eſt de *Crown-glaſſ*, ſont rompus de nouveau en ſens contraire de ce qu'a fait le *Flint-glaſſ*, mais d'une quantité égale à ce que le *Flint-glaſſ* avoit fait de trop; d'où il réſulte une réunion parfaite des rayons, &, par conſéquent, une ceſſation de couleur (1387 & 1487).

1656. On a fait auſſi de ces objectifs de deux verres ſeulement; l'un 1, 2 (*fig.* 269.) de *Crown-glaſſ*, & l'autre 3, 4 de *Flint-glaſſ*, dont les rayons de courbures extérieures 1 & 4 ſont beaucoup plus longs que ceux des courbures intérieures 2 & 3. Ces objectifs ſont beaucoup plus aiſés à exécuter que ceux à trois verres, mais ils ne ſont pas auſſi bons à beaucoup près, ni auſſi parfaitement achromatiques. *Fig.* 269.

1657. On a auſſi trouvé le moyen de corriger, & même d'anéantir, pour ainſi dire, les imperfections du poli des ſurfaces intérieures, en plaçant entre les verres, au lieu d'air, une ſubſtance très-tranſparente, & dont la denſité approche beaucoup plus de celle des verres que

ne le fait la denſité de l'air. La meilleure de ces ſubſtances eſt du maſtic en larmes, qui, étant bien choiſi, eſt très-tranſparent, & s'applique parfaitement bien aux verres. Nous devons cette invention à M. *Putois*, Ingénieur en inſtrumens d'optique, bréveté du Roi, ſur la préſentation qu'en a faite à Sa Majeſté l'Académie Royale des Sciences.

Des Microſcopes.

1658. Les microſcopes ſont des inſtrumens qui ſervent à faire voir très-gros des objets en eux-mêmes fort petits, par le moyen d'une ou de pluſieurs lentilles (1555) combinées enſemble; & qui, par-là, font appercevoir à la vue, d'une maniere diſtincte, des objets en eux-mêmes imperceptibles. Les microſcopes nous aident donc à voir de près, comme les téleſcopes (1574) nous aident à regarder au loin. Autant ceux-ci facilitent les progrès de l'Aſtronomie (1575), autant ceux-là ſont avantageux à l'Hiſtoire Naturelle & à la Phyſique.

1659. Il y a trois ſortes de microſcopes; ſavoir, le microſcope ſimple, le microſcope compoſé, & le microſcope ſolaire.

Microſcope ſimple.

1660. Le microſcope ſimple n'eſt compoſé

que d'une ſimple lentille (1355) très-convexe, & d'un foyer très-court. On enchaſſe cette lentille dans une lame de métal, que l'on ſoutient d'une maniere quelconque, pourvu qu'elle ſoit commode pour l'obſervateur; & l'objet eſt ordinairement porté par une pointe déliée ou ſur quelque autre ſupport. Suppoſons donc la petite lentille O (*fig.* 270.) enchaſſée dans la lame de métal EF : l'œil ſe place en O tout près de cette lentille; & l'objet *a b*, qu'on ſuppoſe très-petit, eſt placé un peu plus près de la lentille que la diſtance de ſon foyer (1357); de ſorte que les faiſceaux de rayons qui viennent des extrémités *a*, *b*, ſortent de la lentille preſque paralleles, avec ſeulement le petit degré de divergence néceſſaire, & tel qu'il ſeroit, ſi ces faiſceaux de rayons partoient de deux points A, B, beaucoup plus éloignés. L'objet paroît donc en AB (1191), & beaucoup plus grand; & la grandeur AB de l'image eſt à la grandeur *a b* de l'objet, comme la diſtance OD de la lentille à l'image eſt à la diſtance O*c* de la lentille à l'objet; c'eſt-à-dire, à peu près comme la diſtance à laquelle on verroit diſtinctement l'objet, eſt à la longueur du foyer de la lentille O. *Fig.* 270.

1661. Une lentille d'un foyer très-court forme donc un microſcope, non ſeulement parce qu'elle amplifie l'image de l'objet, mais encore

parce qu'elle la fait voir avec plus de clarté ; car le même objet vu par le même trou vide, & à la même distance, paroît presque aussi grand que quand on le regarde au travers de la lentille. *Fig.* 271. Supposons, par exemple, l'œil placé en C (*fig.* 271.), vis-à-vis & tout près d'un très-petit trou percé à jour dans la lame de métal D D, & qu'il regarde par-là un objet A B placé à une très-petite distance ; 1°. il le verra distinctement, parce que, le trou étant fort petit, l'œil ne peut recevoir de chaque point visible de l'objet, pour ainsi dire, qu'un rayon simple, & non pas un faisceau de rayons divergens (1190), qui auroient besoin d'un certain degré de réfraction pour se réunir justement sur la rétine. 2°. La grandeur apparente de cet objet sera considérablement augmentée ; car il sera apperçu sous l'angle A C B, beaucoup plus ouvert que l'angle E C F, que l'on suppose être celui sous lequel ce même objet pourroit être vu distinctement à la vue simple.

1662. Mais, si vis-à-vis du trou *c* (que l'on suppose plus grand que le trou C) on place une lentille *d d* qui ait son foyer tant soit peu plus loin que la distance *a b*, laquelle est égale à celle à laquelle l'objet A B étoit supposé placé vis-à-vis le trou C, les rayons simples *a c*, *b c*, formeront, en arrivant à la lentille, l'angle *a c b*,

égal à ACB ; mais il y aura de plus les rayons collatéraux qui, divergeant des points *a*, *b*, &c. & ſe réfractant dans la lentille, pourront entrer dans l'œil, & faire voir l'objet plus clairement. Un microſcope amplifie donc l'image, parce qu'on peut, par ſon moyen, voir diſtinctement un objet placé à une très-petite diſtance de l'œil ; & cette amplification eſt relative à la diſtance à laquelle on voit l'objet au travers de la lentille, comparée à la diſtance de l'objet vu à la vue ſimple. De ſorte que, ſi par le moyen d'un microſcope, on peut voir un objet 500 fois plus près qu'à la vue ſimple, ſon diametre ſera vu 500 fois plus grand.

1663. Il ſuit de là que plus les lentilles ſont petites & convexes, ou, ce qui eſt la même choſe, plus leur foyer eſt court, plus elles ſont capables d'amplifier les images. *Henri Barker* a calculé une Table dans laquelle eſt exprimée, en nombre, la quantité dont eſt groſſi un objet vu au travers des lentilles de microſcopes. Voici cette Table.

1664. *Table de la force des verres convexes dont on fait usage dans les Microscopes simples, selon la distance de leur foyer, calculée sur une échelle d'un pouce divisé en* 100 *parties, en supposant la vue simple à la distance de* 8 *pouces.*

FOYER de la Lentille.		AUGMENTATION du DIAMETRE de l'objet.	AUGMENTATION de la SURFACE de l'objet.	AUGMENTATION du CUBE de l'objet.
	Centièmes d'un pouce.	fois.	fois.	fois.
1/2 ou 50		16	256	4096
1/10	40	20	400	8000
3/20	30	26	676	17576
1/5	20	40	1600	64000
	15	53	2809	148877
	14	57	3249	185193
	13	62	3721	226981
	12	66	4356	287496
	11	72	5184	373248
1/10	10	80	6400	512000
	9	88	7744	681472
	8	100	10000	1000000
	7	114	12996	1481544
	6	133	17689	2352637
1/20	5	160	25600	4096000
1/25	4	200	40000	8000000
	3	266	70756	18821096
1/50	2	400	160000	64000000
	1	800	640000	512000000

1665. Si donc nous ſuppoſons une lentille dont le foyer ſoit éloigné de ſon centre de la dixieme partie d'un pouce ; comme il y a dans 8 pouces 80 dixiemes de pouces, avec cette lentille on verra cet objet 80 fois auſſi près qu'à la vue ſimple (1660) ; on le verra donc 80 fois auſſi long & 80 fois auſſi large qu'il paroît aux yeux nus. Et comme 80 multipliés par 80 produiſent 6400, la ſurface de l'objet ſera vue 6400 fois auſſi grande. Si l'on veut ſavoir combien le cube ou la ſolidité apparente de l'objet eſt augmentée, on multipliera la ſurface par le diametre, c'eſt-à-dire, 6400 par 80 ; ce qui donnera 512000 : c'eſt-là la quantité dont le volume total de l'objet ſera augmenté.

Microſcope compoſé.

1666. Pour que le microſcope ſimple puiſſe groſſir beaucoup, il faut que ſa lentille ait un foyer très-court : cela fait qu'il ne peut pas s'appliquer commodément à toutes ſortes d'objets. C'eſt pour cette raiſon qu'on a imaginé les microſcopes compoſés, qui, avec des lentilles d'un foyer plus long, produiſent preſque autant d'effet que les ſimples ; & de plus, leur champ eſt beaucoup plus grand.

1667. Le microſcope compoſé eſt un aſſemblage de pluſieurs lentilles convexes, placées

dans des tuyaux, dont une, qui ſert d'objectif, eſt d'un foyer court; & les autres, qui ſervent d'oculaires, ſont d'un foyer plus long. Voyons quelle eſt la route de la lumiere dans un de ces inſtrumens à trois verres, qui eſt celui qui eſt aujourd'hui le plus en uſage.

Fig. 272. 1668. On place l'objet A B (*fig.* 272.) un peu plus loin de la lentille objective *c* que la longueur de ſon foyer, & on l'éclaire ſuffiſamment. Les faiſceaux de rayons divergens, qui partent de tous les points viſibles (1190), tels que A *de*, B *de*, &c., & qui couvrent toute la ſurface de la lentille, après avoir ſouffert dans cette lentille les deux réfractions ordinaires, les rayons qui compoſent chacun d'eux, deviennent un peu convergens (1358), comme *dg*, *ef*, &c., tandis que les faiſceaux demeurent divergens entre eux; & ſi ces faiſceaux n'étoient arrêtés, les rayons dont ils ſont compoſés iroient, en ſe réuniſſant, former une image renverſée à la diſtance E E. Mais ces faiſceaux de lumiere étant reçus par la lentille D, de divergens qu'ils étoient, deviennent, en la traverſant, un peu convergens entre eux; & les rayons qui compoſent chaque faiſceau, devenant plus convergens qu'ils ne l'étoient, ſe croiſent plus tôt, & forment, à peu de diſtance de là, l'image renverſée *a b*. On place une ſeconde lentille oculaire F un peu plus

près de cette image que la longueur de son foyer : moyennant cet arrangement (1357), les rayons divergens qui partent des points *a*, *b*, &c. (1190) perdent, en traversant cette lentille F, presque toute leur divergence ; & les faisceaux partant de chaque point, deviennent entre eux assez convergens pour se croiser en O, où se place l'œil, & font voir l'image *a b* (qui est alors l'objet immédiat de la vision) sous l'angle *k* O *h*, incomparablement plus grand que ne seroit l'angle A O B, sous lequel l'objet seroit apperçu à la vue simple, s'il n'y avoit pas d'instrument entre lui & l'œil.

1669. Ce microscope est beaucoup plus commode que le simple. On y peut observer toutes sortes de petits objets, transparens ou opaques, colorés ou non, & avec la quantité de lumiere convenable à chacun. Si l'on est curieux de connoître toutes les pieces qui rendent son usage commode à l'observateur & pour les observations, on en trouvera la description dans mon *Dictionnaire raisonné de Physique*, au mot MICROSCOPE COMPOSÉ, *Tom. II*, *pag.* 140.

1670. Au lieu de deux oculaires seulement, on en met quelquefois un plus grand nombre. M. *Delbarre*, qui a travaillé en Hollande, & qui est actuellement à Paris, en met jusqu'à cinq. Je ne connois point de meilleur microsc-

cope que le ſien : en combinant différemment ſes oculaires, ſoit relativement aux places qu'ils occupent, ſoit relativement aux intervalles qui les ſéparent, il produit les plus grands effets, & de la maniere la plus ſatisfaiſante.

1671. L'invention du microſcope eſt poſtérieure à celle du téleſcope, qui lui-même n'a été découvert qu'environ 300 ans après l'invention des lunettes à lire (1575). Les microſcopes ne ſont connus que du commencement du dix-ſeptieme ſiecle, vers l'an 1620.

Microſcope ſolaire.

1672. Le microſcope ſolaire eſt un inſtrument de Dioptrique, par le moyen duquel on voit en grand, dans une chambre obſcure, les images de très-petits objets vivement éclairés par le ſoleil. Cet inſtrument, qui nous eſt venu de Londres en 1743, avoit été inventé peu de temps auparavant par le Docteur *Liéberkuyn*, de l'Académie Royale des Sciences de Berlin, & de la Société Royale de Londres.

1673. Pour faire uſage du microſcope ſolaire, il faut avoir une chambre bien fermée & bien obſcure, qui ait une fenêtre tournée vers le ſoleil, & au volet de laquelle il y ait un trou, propre à recevoir le porte-lumiere, dans lequel s'ajuſtent les tuyaux & autres pieces qui portent

les deux lentilles & le porte-objet dont ce microſcope eſt compoſé. Moyennant cela, on peut introduire, au beſoin, dans cette chambre obſcure un gros faiſceau de lumiere ſolaire, que l'on dirige horizontalement, par le moyen d'un miroir plan mobile, placé en dehors de la fenêtre. On trouvera la deſcription de toutes ces pieces dans mon *Dictionnaire raiſonné de Phyſique*, au mot MICROSCOPE SOLAIRE, *Tome II*, *pag.* 144.

1674. Suppoſons donc A B (*fig.* 273.) le miroir plan; & qu'au trou du volet de la fenêtre on ait placé le porte-lumiere auquel ou ait ajuſté un tuyau garni d'un verre convexe C, dont le foyer ſoit à 7 à 8 pouces de diſtance: ſoit F G le faiſceau de lumiere ſolaire, qui, tombant ſur le miroir A B, eſt réfléchi dans la direction horizontale G H, vers la lentille C, laquelle raſſemble à ſon foyer les rayons ſolaires qui compoſent ce faiſceau. Si nous ſuppoſons maintenant une petite lame de verre D, qui porte l'objet, placée dans ce jet de lumiere vive, & que l'on en approche la lentille E, de maniere que le porte-objet D en ſoit à une diſtance un peu plus grande que celle de ſon foyer (1668), les rayons de chaque faiſceau qui partent de chaque point de l'objet, après avoir traverſé la lentille E, ſont un peu convergens entre eux; & tous ces faiſceaux, s'étant croiſés dans *Fig.* 273.

la lentille E, s'en vont, en divergeant entre eux, peindre une image renverſée de cet objet, prodigieuſement amplifiée, ſur la muraille, ou ſur une toile blanche IK, élevée verticalement à 10 ou 12 pieds de diſtance, vers le fond de la chambre.

1675. Le microſcope ſolaire eſt un inſtrument très-curieux & très-intéreſſant. Il eſt très-propre à étendre les progrès de l'Hiſtoire Naturelle & de la Phyſique, par la facilité qu'il donne de voir en grand, & ſans aucune fatigue, & par pluſieurs perſonnes à la fois, des objets prodigieuſement petits. Un cheveu y paroît gros comme un manche à balai; une puce, groſſe comme un mouton, & même comme un bœuf. Un des ſpectacles qui faſſent le plus de plaiſir, c'eſt d'y voir la circulation du ſang dans la queue d'un teſtard, ou la criſtalliſation des ſels, & ſur-tout celle du muriate d'ammoniaque. Le premier de ces ſpectacles reſſemble à une carte de Géographie enluminée, & dont toutes les rivieres ſeroient animées par un véritable écoulement; & le ſecond reſſemble à une végétation miraculeuſe, par la promptitude avec laquelle elle s'exécute.

1676. On peut, par le moyen de ce microſcope, deſſiner commodément les objets, & de telle grandeur que l'on veut; car leur gran-

Fig. 267.

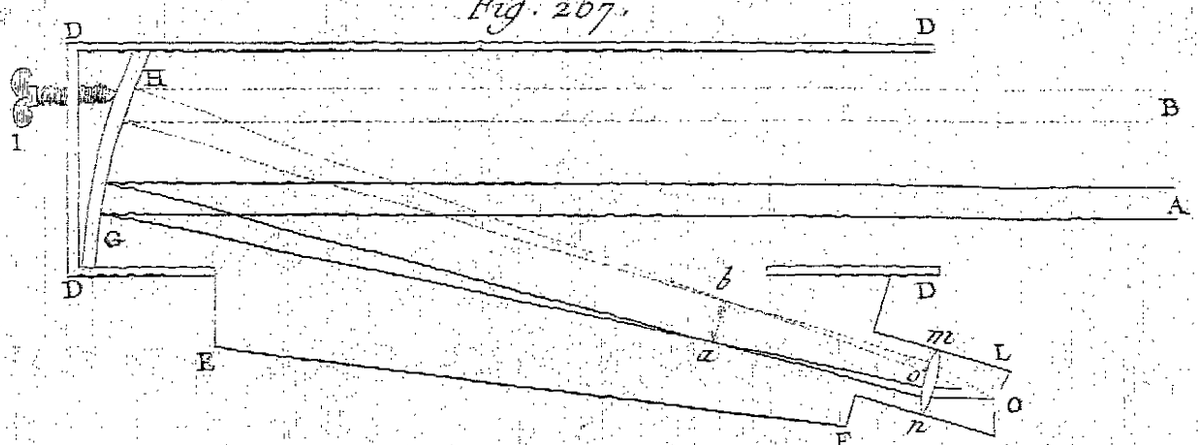


Fig. 268.

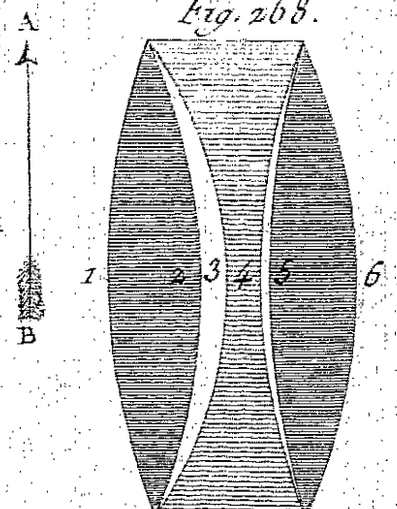


Fig. 269.

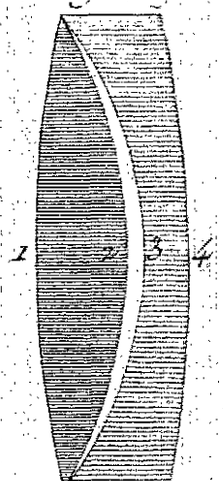


Fig. 270.

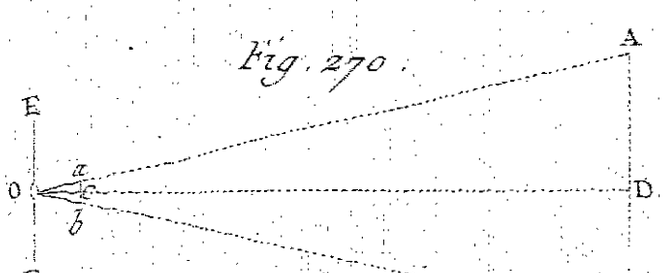
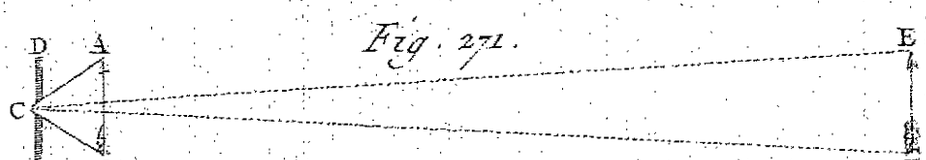


Fig. 271.



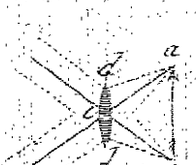


Fig. 272.

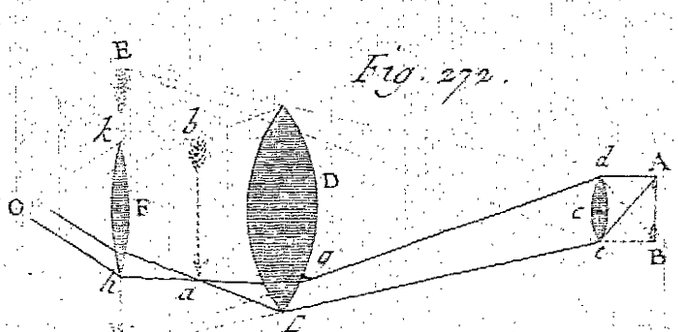
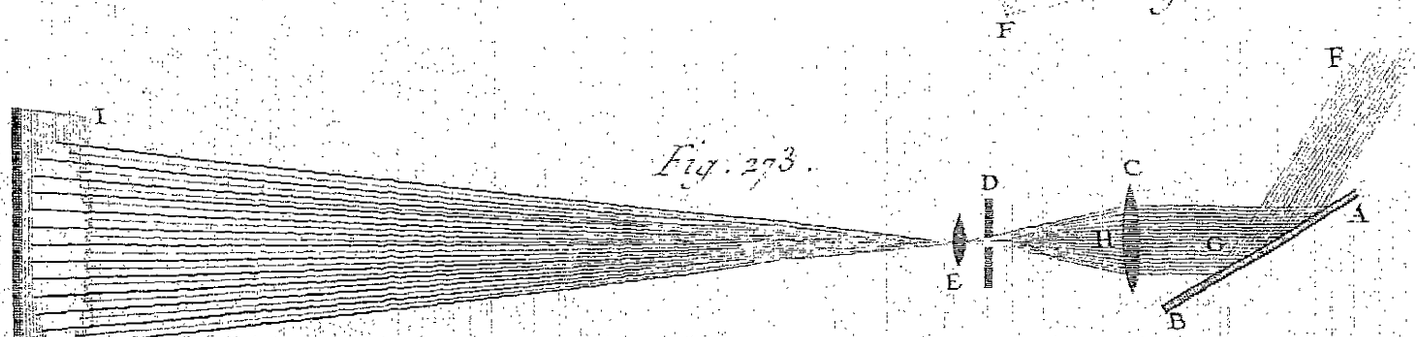


Fig. 273.



deur apparente varie à volonté : il ne faut pour cela que faire varier la distance du plan IK au microscope, & changer un peu la distance respective des deux lentilles C & E. Et comme le plan IK est transparent, puisqu'il est de toile ou de taffetas, & qu'on voit l'image de l'objet presque aussi clairement derriere que devant, on pourra la copier derriere le plan : par-là l'ombre de la main n'interceptera pas la lumiere, comme elle le feroit, si on la copioit par-devant.

1677. La lanterne magique, instrument que nous devons au P. *Kirker*, Jésuite Allemand, & qui n'est d'aucune utilité, mais seulement de pure curiosité, ressemble beaucoup, par sa construction & ses effets, au microscope solaire : la lumiere y a une marche semblable, & ses rayons vont de même peindre en grand, sur un plan blanc, des objets peints sur des lames de verre. On l'éclaire avec la lumiere d'une chandelle, ou mieux encore avec un gros jet de lumiere solaire.

Fin du Tome second.