OEUVR
DE
MARIOT

TOM II

2

OEUVRES
DE
M. MARIOTTE,
DE L'ACADÉMIE ROYALE
DES SCIENCES;

COMPRENANT

Tous les Traitez de cet Auteur, tant ceux qui avoient déja paru ſéparément, que ceux qui n'avoient pas encore été publiés;

Imprimées ſur les Exemplaires les plus exacts & les plus complets;

Revûes & corrigées de nouveau.

NOUVELLE ÉDITION.

TOME SECOND.

A LA HAYE,
Chez JEAN NEAULME,
M, DCC, XL.

TABLE DES TRAITEZ qui ſont dans ce TOME SECOND.

TRAITÉ
DU
MOUVEMENT
DES EAUX
ET DES AUTRES
CORPS FLUIDES,
DIVISÉ EN V. PARTIES

Par feu Mr. MARIOTTE,

de l'Académie Royale des Sciences;

Mis en lumière par les soins de Mr. DE LA HIRE, Lecteur & Professeur du Roi pour les Mathématiques, & de l'Académie Royale des Sciences;

Imprimé sur la plus nouvelle & la meilleure Edition, augmentée & corrigée de nouveau.

PRÉFACE.

CEux qui jusqu'à present ont écrit des Hydrauliques, nous ont donné chacun en particulier des remarques très-curieuses sur la pesanteur, sur la vitesse, & sur plusieurs autres propriétez des Eaux. Le Traité de l'Equilibre des Liqueurs de M. Pascal *est un des plus considérables, tant pour les belles découvertes qu'il a faites, que pour les propriétez singulières qu'il démontre d'une manière si claire & si convaincante, que nous ne pouvons pas douter que ce grand Génie n'eût entièrement épuisé cette matière s'il avoit examiné toutes les parties qui la composent.*

Il y avoit plusieurs années que M. Mariotte *s'appliquoit avec un soin extraordinaire à faire les expériences qui sont dans le Traité de* M. Pascal, *pour voir s'il n'auroit point négligé des circonstances particulières qui lui pussent donner lieu de remarquer quelque chose de nouveau. En effet, dans ses expériences il a fait plusieurs observations que l'on ne trouve point dans le petit Livre de* M. Pascal, *ni dans les autres qui l'ont précédé; & il se trouva ensuite insensiblement engagé dans la partie de cet Ouvrage qui a de plus grandes utilitez, comme la mesure, & ce que l'on appelle la dépense des Eaux suivant les différentes hauteurs des réservoirs, & les différens ajutages : il passe ensuite aux précautions qu'on doit prendre pour conduire les Eaux, & aiant enfin traité fort au long de la résistance des solides, il parle de la force que doivent avoir les tuyaux pour résister aux différentes charges de l'Eau.*

Il eût occasion de faire sur ces parties plusieurs expériences à Chantilly *en presence de* S. A. S. MONSEIGNEUR *le* PRINCE, *où l'abondance de l'Eau & la hauteur des réservoirs lui fournissoient tous les moïens nécessaires. Il en fit aussi plusieurs à l'Observatoire en presence de* Messrs. de l'Académie, *& les aiant mises en ordre, il en composa cet Ouvrage.*

Dans les premiers jours de la maladie dont il mourut, il me pria de vouloir prendre le soin de l'impression de ce Traité,

té, en me laissant la liberté d'y changer & d'y retrancher ce que je jugerois à propos: mais j'ai cru qu'il valoit mieux le donner au Public tel qu'il l'a composé, que d'y apporter du mien. Cependant si j'avois entrepris d'y changer quelque chose, je ne l'aurois fait qu'en suivant les sentimens de toute l'Académie, *dont il n'auroit pas manqué de prendre lui-méme les avis sur les difficultez qu'il y auroit trouvées.*

La moitié de cet Ouvrage étoit assez au net pour être imprimée; mais le reste m'a donné beaucoup de peine à rassembler sur les mémoires qui m'en ont été mis entre les mains après sa mort.

J'ai tâché, autant qu'il m'a été possible, de n'y rien laisser d'obscur ou d'embarassé dans les dernières Parties, & d'y suivre exactement l'ordre qu'il s'étoit proposé: néanmoins je n'ai osé entreprendre d'éclaircir tous les endroits difficiles, de peur de m'écarter de ses pensées, ou de me rendre peut-être moins intelligible que lui.

*J'avois aussi résolu d'ajoûter, à la fin de cet Ouvrage, des remarques que j'ai faites sur quelques endroits, qui auroient pû y servir d'explication, ou de confirmation, & entr'autres la démonstration par les principes d'*Archimède *du Probléme de* Méchanique, *où la proportion ordinaire est renversée, avec quelques observations que j'ai faites sur l'origine des Fontaines, & sur l'élévations des vapeurs; mais j'ai jugé qu'il étoit plus à propos de les donner séparément avec quelques autres Essais de* Physique, *que d'augmenter ce Volume de mes pensées particulières.*

Je n'aurois pas différé si long-tems à faire imprimer cet Ouvrage, si je n'en avois été détourné par des occupations d'une très-grande importance, que MONSEIGNEUR DE LOUVOIS *m'a fait l'honneur de me donner. Il avoit considéré lui-même que la rivière d'*Eure, *depuis sa source jusqu'à la rencontre qu'elle fait de la* Seine *vers le* Pont de l'Arche, *où remonte le flux de la Mer, ne parcouroit que* 45 *lieuës, & que des mêmes sources de cette rivière il y avoit quelques ruisseaux qui alloient avec une rapidité très-grande rencontrer la rivière d'*Huine, *& ensuite par la* Loire *jusqu'à la Mer à près de* 80 *lieuës de cette source commune; cette rapidité étant connue d'ailleurs par plusieurs moulins qui vont par-dessus: il jugea donc que la rivière d'*Eure *devoit avoir une pente très-considérable, &*

peu de tems après la mort de Monsieur Mariotte, *il m'ordonna de niveler la hauteur de cette rivière à l'égard du* Château de Versailles. *Quoique la distance entre ce Château, & l'endroit où l'on pouvoit prendre commodément la rivière, fût de plus de* 20 *lieuës, mes nivellemens faits par différens chemins & reïtérés plusieurs fois se sont trouvés parfaitement d'accord entr'eux, & m'ont fait voir que cette rivière pouvoit être facilement conduite à la hauteur du* Château de Versailles; *qu'en la prenant à* Pongoin *à* 7 *lieuës au-dessus de* Chartres, *elle étoit* 110 *pieds plus élevée que le rez de chaussée de la plus haute partie de ce* Château.

On doit sans doute préférer les Eaux courantes, qui sont conduites dans des aqueducs, à celles qui sont élevées par des machines, puisqu'elles ne sont pas sujettes à être souvent interrompues par les réparations qu'il faut faire aux conduites, & d'ailleurs l'eau pouvant venir facilement en très-grande abondance: mais comme il y a plusieurs occasions où les machines sont d'une très-grande utilité, & où l'on est même obligé de s'en servir pour l'élévation des Eaux; il auroit été à souhaiter que Monsieur Mariotte *nous eût laissé par écrit ses sentimens sur les différentes pompes & autres machines qui sont en usage, ou qui ont été seulement proposées pour cet effet, avec un examen & un calcul de ce qu'elles fournissent chacune en particulier, & quel choix l'on en doit faire suivant les différentes occasions. Il m'avoit souvent parlé de son dessein sur ce sujet, qui devoit faire une des parties de ce Traité; mais je n'en ai rien trouvé dans ses mémoires qui fût en état d'être donné au Public. Il avoit changé plusieurs fois l'ordre des parties de cet Ouvrage; mais enfin peu de jours avant sa mort, il m'en donna la division suivante, qui m'a beaucoup servi, & principalement dans les dernières Parties.*

Ce Livre étant rempli d'un très-grand nombre d'expériences, & de plusieurs régles qui en sont déduites, avec quelques observations sur ces mêmes régles; j'ai cru qu'il étoit à propos d'y ajoûter une table fort ample, afin de pouvoir trouver facilement les endroits où il est parlé de quelque matière dont on peut avoir besoin dans les occasions.

Tout ce Traité est divisé en V. Parties.

La

La PREMIE'RE PARTIE *contient trois Discours:*

Le premier *Discours traite de plusieurs propriétez des Corps fluides.*

Le second, *de l'origine des Fontaines.*

Le troisième, *des causes des Vents.*

La SECONDE PARTIE *contient trois Discours:*

Le premier, *de l'Equilibre des Corps fluides par la pesanteur.*

Le second, *de l'Equilibre des Corps fluides par le ressort.*

Le troisième, *de l'Equilibre des Corps fluides par le choc.*

La TROISIE'ME PARTIE *contient quatre Discours:*

Le premier, *des pouces & des lignes dont on mesure les Eaux courantes & jaillissantes.*

Le second, *de la mesure des Eaux jaillissantes, suivant les différentes hauteurs des réservoirs.*

Le troisième, *de la mesure des Eaux jaillissantes par des ajutoirs de différentes ouvertures.*

Le quatrième, *de la mesure des Eaux courantes.*

La QUATRIE'ME PARTIE *contient deux Discours:*

Le premier, *de la hauteur des Jets perpendiculaires.*

Le second, *de la hauteur des Jets obliques.*

La CINQUIE'ME PARTIE *contient trois Discours:*

Le premier, *des tuyaux de conduite.*

Le second, *de la résistance des solides, de la force des solides & de la force des tuyaux de conduite.*

Le troisième, *de la distribution des Eaux.*

TRAITÉ DU MOUVEMENT DES EAUX ET DES AUTRES CORPS FLUIDES.

PREMIÈRE PARTIE.

DE PLUSIEURS PROPRIÉTEZ DES CORPS FLUIDES, DE L'ORIGINE DES FONTAINES, ET DES CAUSES DES VENTS.

PREMIER DISCOURS.

De plusieurs propriétez des Corps Fluides

L'Air & la flamme sont des corps fluides. L'eau, l'huile, le mercure, & les autres liqueurs, sont des corps fluides & liquides. Tout liquide est fluide; mais tout fluide n'est pas liquide. J'appelle liquide, ce qui étant en suffisante quantité coule & s'étend au-dessous de l'air, jusques à ce que sa surface se soit mise de niveau: & parce que l'air & la flamme n'ont pas cette propriété, je ne les appelle pas liquides, mais seulement fluides. La dureté & fermeté est opposée à la fluïdité: ce qui est dur & ferme comme le fer & les pierres, se laisse traverser difficilement par les autres corps; & quand il a été traversé, ses parties séparées ne se rejoignent point: les corps fluides au contraire se laissent traverser aisément, mais ils réunissent aussi-tôt leurs parties séparées; & c'est en quoi consiste la fluidité. Par cette raison, le sable très-menu peut être appellé fluïde, mais non liquide, parce qu'il ne coule pas sur un plan peu incliné, & que quand on en remplit un vaisseau, les parties supérieures ne se mettent pas de niveau d'elles-mêmes.

L'eau

L'eau eſt encore appellée humide par quelques Philoſophes : mais c'eſt proprement ce qui eſt mouillé d'eau qu'on doit appeller humide ; & en ce ſens l'air eſt humide quand il eſt beaucoup rempli de vapeurs aqueuſes. La ſécheresſe eſt oppoſée à l'humidité ; & un linge qu'on appelle humide lorſqu'il eſt mouillé, eſt appellé ſec, quand l'eau dont il étoit mouillé, eſt évaporée.

L'eau reçoit ſucceſſivement les conſiſtances différentes de dureté & de liquidité : ſon état naturel eſt d'être glacée ; c'eſt-à-dire, que lorſqu'aucune cauſe externe n'agit ſur elle, elle demeure ferme & non liquide.

Elle devient coulante & liquide par une médiocre chaleur, & en même tems quelques-unes de ſes parties s'élévent en vapeurs, c'eſt-à-dire, en pluſieurs petites goutelettes ſéparées les unes des autres, & d'une telle petiteſſe qu'on ne peut les appercevoir chacunes à part. On en voit l'expérience quand on jette un charbon allumé dans de l'eau : car on voit d'abord une fumée épaiſſe s'en élever ; mais quand elle s'eſt beaucoup étendue en s'élevant, & que ces petites parcelles ſe ſont ſéparées les unes des autres, on n'en peut appercevoir aucune.

Les vapeurs quoiqu'épaiſſes ſont quelquefois viſibles & quelquefois inviſibles, ſuivant que leurs petites parcelles ſont plus ou moins menues, ou plus ou moins agitées. Lorſqu'elles ſont viſibles & proches de la terre, on les appelle des brouillards ; & quand elles ſont élevées en haut, on les appelle des nuées. Il s'éléve davantage de vapeurs à une grande chaleur qu'à une médiocre ; mais il ne laiſſe pas de s'en élever à une très-petite chaleur, car même il en ſort de l'eau glacée. J'ai obſervé que deux livres de glace diminuoient de poids pendant un très-grand froid d'environ deux gros par jour ; d'où l'on peut inférer, que l'eau commençant à être glacée, conſerve encore quelque peu de chaleur, de même que le plomb en conſerve encore beaucoup lorſqu'il commence à ſe durcir après avoir été fondu.

Il y a quelques parties étrangéres & hétérogènes dans l'eau, leſquelles ſe transforment en air par une grande chaleur. On l'expérimente lorſqu'on met un vaiſſeau plein d'eau ſur le feu ; car on voit ſe former au fond du vaiſſeau, & enſuite s'élever au-deſſus de l'eau pluſieurs petites bulles d'air. On ne doit point croire qu'elles procédent de la flamme qui pourroit paſſer au travers du vaiſſeau, puiſque l'huile ne pouſſe point de ces petites bulles d'air, lorſqu'on l'a laiſſée un peu de tems ſur le feu pour faire évaporer ce qu'elle a de plus aqueux, encore même qu'on augmente le feu enſuite.

Il ſe forme auſſi de ſemblables bulles dans l'eau lorſqu'elle ſe géle : & parce que cette matière hétérogène, que j'appelle matière aërienne, occupe plus de place quand elle eſt réduite en bulles d'air, elle fait effort pour s'étendre, & ne trouvant point d'iſſuë au travers de la glace, elle la fait rompre, & même les vaiſſeaux qui la contiennent,

nent, s'ils sont plus étroits au-dessus que vers le milieu.

Pour expliquer d'où vient que cette matière qui est dans l'eau, tient plus de place quand elle se remet en air, on peut supposer que l'air est un amas d'une infinité de petits filamens entortillés & mêlés l'un dans l'autre comme de petits filamens de cotton. Or si l'on trempe dans un verre à demi plein d'eau un petit amas de cotton pressé, il occupera au commencement une place selon sa grosseur, & il fera élever l'eau vers le dessus du verre considérablement; mais si l'on sépare peu à peu les petits filamens du cotton, en sorte que l'eau puisse se couler par tous leurs intervalles, alors la surface supérieure de l'eau redescendra à peu près à la même marque où elle étoit avant qu'on y eût mis le cotton.

Par cette expérience on connoîtra, que l'air se peut insinuer peu à peu dans l'eau, & y tenir beaucoup moins de place que lorsqu'il y est en petites bulles; & que lorsqu'après avoir été mêlé & comme absorbé dans l'eau, il se remet en petites bulles par le mouvement que la chaleur lui donne ou par quelques autres causes, il tient beaucoup plus de place qu'auparavant.

On connoît que l'air s'insinue dans l'eau, par l'expérience suivante. Faites bouillir de l'eau deux ou trois heures durant, & après qu'elle sera refroidie, emplissez-en une petite bouteille de verre: fermez son goulet avec le doigt, & le trempez dans un verre plein d'eau, faisant en sorte qu'il y ait de l'air gros comme une noisette au haut de la bouteille renversée; vous remarquerez que dans 24 heures cet air disparoîtra. Remettez-y de même une autre bulle d'air aussi grosse; elle entrera encore peu à peu dans l'eau, mais il faudra plus de tems pour l'absorber toute entière: on y en pourra faire entrer encore plusieurs autres de même grosseur l'une après l'autre; mais enfin quand l'eau en sera suffisamment imprégnée, il n'y en entrera plus, & une petite bulle d'air de deux lignes de diamétre se tiendra au-dessus de la bouteille plus de 15 jours sans y entrer. Cet effet se remarque encore plus sensiblement dans l'esprit de vin: car si l'on en met dans la machine du vuide un verre à demi plein, il sortira une très-grande quantité de cette matière aërienne en grosses bulles dès qu'on aura pompé une bonne partie de l'air enfermé dans le récipient, mais dans peu de tems il n'en sortira plus: & si l'on emplit une petite bouteille de cet esprit de vin dont la matière aërienne sera sortie, & qu'on y laisse entrer de l'air gros comme le pouce pour le faire demeurer au haut de la bouteille après qu'on l'aura renversée dans d'autre esprit de vin, comme il a été dit ci-dessus de l'eau bouillie, cet air s'insinuera dans l'esprit de vin en moins de deux heures; & si l'on y en remet une pareille quantité jusques à 2 ou 3 fois, il y entrera encore; mais si l'on met cette bouteille dans la même machine du vuide, cet air qui s'étoit comme dissous, & mêlé invisiblement dans l'esprit de vin, en ressortira en grosses bulles, dès qu'on aura un peu pompé l'air du récipient: ce qui fait voir manifestement que

c'est

c'eſt du véritable air qui ſort de l'eau & de pluſieurs autres liqueurs quand on les fait geler, ou bouillir, ou qu'on diminue par le moïen de la machine du vuide, le reſſort de l'air qui les preſſe ; ce que j'ai expliqué plus au long dans le Traité de la *Nature de l'Air*.

J'ai connu ce qui arrive à l'eau quand elle ſe géle, par les expériences ſuivantes :

J'ai mis pendant un très-grand froid dans un vaiſſeau cylindrique de ſept ou huit pouces de hauteur & de ſix pouces de largeur, de l'eau qui étoit déja aſſez froide, juſques à deux pouces près du bord, & je conſidérai attentivement tout le progrès de la gelée. Il ſe fit d'abord une petite congélation dans la ſurface ſupérieure de l'eau, de petites lames longuettes & crénelées aiant entre elles des intervalles non gelés, leſquels ſe gelérent auſſi peu à peu, à la réſerve d'un petit endroit vers le milieu qui n'étoit point encore gelé, quoique le reſte de la ſurface le fût déja de plus de deux lignes d'épaiſſeur. Je remarquai que dans le fond & contre les côtez du vaiſſeau il ſe faiſoit de petites bulles d'air dans la glace qui commençoit à s'y former ; quelques-unes s'élevoient en haut, & les autres demeuroient engagées dans la glace : ce qui me fit juger que ces petites bulles venant à occuper plus de place dans l'eau que quand leur matière y étoit comme diſſoute, elle pouſſoit un peu d'eau par le trou qui étoit au-deſſus, de la même manière qu'un tonneau étant plein de vin nouveau il en ſort un peu par le trou du bondon quand le vin commence à s'échauffer ; & le peu d'eau qui ſortoit par ce petit trou ſe repandant ſur ce qui en étoit proche & qui étoit déja gelé, ſe geloit auſſi, & commençoit à y former une élévation de glace : & ce trou demeurant toûjours ouvert par l'eau qui y paſſoit ſucceſſivement, étant pouſſée par les nouvelles bulles d'air qui ſe faiſoient dans la glace, laquelle continuoit à s'augmenter peu à peu vers les côtez du vaiſſeau & vers le fond ; j'obſervai que la ſurface ſupérieure de l'eau étoit déja gelée de plus d'un pouce d'épaiſſeur vers les bords du vaiſſeau, & de plus d'un pouce & demi à l'entour & proche le petit trou, avant que l'eau qui y étoit comme dans un petit canal, fût gelée : mais enfin elle ſe gela, & alors le milieu de l'eau n'étant point encore gelé, & l'eau pouſſée par les nouvelles bulles qui continuoient à ſe former pendant deux ou trois heures, ne trouvant plus d'iſſuë par le petit trou, la glace ſe rompoit tout à coup vers le haut par l'effort de cet air enfermé. Je fis une ſeconde expérience, en laquelle, après que la glace eût environ deux pouces d'épaiſſeur, je fis chauffer les bords du vaiſſeau pour faire fondre l'extérieur de la glace, & je la tirai par ce moïen toute entière hors du vaiſſeau, ſans que l'eau qui étoit encore au milieu de la glace ſe renverſât. Je mis cette glace à l'air pour achever de faire geler le reſte de l'eau, & trois ou quatre heures après elle ſe rompit, & je trouvai que dans le milieu il y avoit un vuide de la groſſeur d'un pouce & demi de diamétre, d'où étoit ſorti le

reste de l'eau qui n'étoit pas encore gelé & qui remplissoit cet espace. Je fis une troisième expérience, dans laquelle, après avoir tiré de la même manière la glace hors du vaisseau, je perçai avec une grande épingle l'endroit du petit trou qui s'étoit gelé, & où la glace étoit plus élevée d'un pouce qu'au reste, par l'eau qui s'étoit repandue près du petit trou & s'y étoit gelée; il se fit un petit jet d'eau par le trou qu'avoit fait l'épingle après que je l'eus retirée, & l'eau se gela de nouveau dans le trou. Je continuai à percer cet endroit de tems en tems jusques à ce que l'eau fût toute gelée. J'exposai ensuite cette glace à l'air froid pendant toute la nuit sans qu'elle se rompît; ce qui me fit connoître manifestement, que la rupture de la glace dans les expériences précédentes procédoit de la force du ressort des bulles d'air. Le milieu de cette glace étoit mêlé à peu près d'autant d'air que de glace, & il y avoit bien moins de bulles à proportion vers l'extérieur de la glace. Si l'on fait bouillir l'eau pour en faire sortir la matière aërienne avant que de l'exposer à la gelée, il se fera de la glace jusques à deux ou trois pouces d'épaisseur, qui n'aura point de bulles visibles, & sera parfaitement transparente & propre à faire le même effet pour brûler au soleil que les verres convexes. Voici la manière de rendre cette glace convexe. Aïez un petit vaisseau creux en demi sphére, dont le diamétre soit d'un demi pied; mettez-y un fragment de cette glace transparente, & la mettez sur un peu de feu pour en faire fondre l'extérieur; vous verserez l'eau par inclination à mesure que l'extérieur de la glace se fondra: retournez-la de l'autre côté, & la faites fondre de même jusques à ce qu'enfin elle ait pris une figure convexe des deux côtez, bien polie & uniforme: alors si le soleil luit, elle fera à peu près le même effet pour brûler du papier noirci ou de la poudre à canon, comme si c'étoit un verre convexe. Quelques-uns ont cru que l'eau bouillie se geloit plus aisément que l'autre; mais en aiant mis de l'une & de l'autre également dans deux verres égaux, & aiant fait en sorte qu'elles fussent refroidies également avant que de les exposer à la gelée, je ne pus jamais remarquer qu'elles gelassent plûtôt l'une que l'autre.

Dans les endroits des rivières où l'eau est dormante, il s'y amasse de la bouë dont il sort beaucoup d'air quand on marche dessus, ou qu'on y fourre un bâton; soit que cet air s'y forme peu à peu de la matière aërienne qui se trouve dans l'eau de la rivière, soit qu'il procéde de ce que l'eau descendant par de petits canaux au-dessous de son lit, fait élever l'air qui s'y trouve, lequel rencontrant la bouë s'y arrête. Outre la matière aërienne qui se trouve dans l'eau, il y en a une autre qui peut être appellée matière fulminante, que j'ai reconnue par plusieurs expériences comme celle que je rapporte ici. Mettez dans un petit vaisseau de cuivre ou d'étain une grosse goute d'eau, & de l'huile au-dessus jusques à un pouce de hauteur; mettez une chandelle allumée au-dessous du vaisseau à l'endroit où est la goute d'eau: vous

ver-

verrez qu'il en ſortira des petites bulles d'air pendant un certain tems, & qu'enſuite il n'en ſortira plus ou très-peu ; mais quand l'huile ſera échauffée, il ſe fera des fulminations dans la goute d'eau, qui feront ſauter une partie de l'huile en haut, & pourront ſéparer la goute d'eau en deux ou trois parties. Cet effort peu procéder de quelques parcelles de ſels ou d'autres matières inconnues diſſoutes dans l'eau, leſquelles aiant atteint un certain degré de chaleur ſe dilatent tout à coup, comme fait l'or fulminant.

L'analogie qui eſt entre l'huile & l'eau, eſt que l'huile s'affermit & ſe géle par un grand froid, mais moins fortement que l'eau ; qu'elle devient coulante à une médiocre chaleur ; qu'une grande chaleur la fait élever en fumée & en exhalaiſons ſemblables à peu près en conſiſtance aux vapeurs qui ſortent de l'eau ; & enfin, que ces fumées, du moins leurs plus ſubtiles parties, ſe changent en flamme par une très-grande chaleur.

L'air, le mercure, & l'eau, où il y a beaucoup de ſel commun diſſous, ne ſe gélent pas, ni ne deviennent pas durs au froid, non plus que l'eſprit de ſalpêtre, l'eſprit de vitriol, & les autres eaux fortes ; mais ces matières demeurent toûjours liquides & coulantes : les eaux fortes s'élévent auſſi en vapeurs par la chaleur.

Le mercure, l'eau, l'huile, le vin, l'eſprit de vin & les autres liqueurs, ſe dilatent par la chaleur, & ſe condenſent par un médiocre froid, ſans qu'il paroiſſe pourtant qu'aucun air y ſoit mêlé ou qu'il en ſorte aucunes bulles. Mettez de l'huile dans une bouteille qui ait le goulet long & étroit, & la chauffez médiocrement ; elle montera peu à peu dans le goulet, & en ſe refroidiſſant elle deſcendra juſques à la pomme ſans qu'il y paroiſſe entrer ou ſortir de l'air : & même ſi la bouteille étant toute pleine d'huile médiocrement chaude, on la renverſe en la ſoûtenant avec le doigt, & qu'on trempe le bout dans de l'eau froide juſques à la moitié du goulet, l'huile ſe refroidiſſant quittera le goulet qu'elle occupoit, & l'eau y montera ; mais ſi on chauffe de nouveau médiocrement la bouteille, l'huile redeſcendera & chaſſera l'eau ſans qu'il paroiſſe s'y former aucunes bulles d'air. Cet effet eſt très-ſenſible dans l'eſprit de vin dont on remplit les thermométres de verre ſcellés hermétiquement ; car quand il fait bien froid, l'eſprit de vin deſcend juſques à la pomme, & dans le grand chaud il monte juſques au haut du tuyau, quoiqu'il ſoit de plus de deux pieds de hauteur. J'ai vû des thermométres pleins de mercure au lieu d'eſprit de vin, qui faiſoient à peu près le même effet.

Le mercure ne s'éléve en vapeur qu'à une grande chaleur. J'ai tenu pendant deux ans une petite bouteille où il y avoit environ une livre de mercure, dans un cabinet où le ſoleil luiſoit pendant l'Eté ; j'y trouvai ſenſiblement le même poids au bout de ce tems-là : mais ſi on en met dans un aſſez grand feu, il s'éléve tout en vapeurs inviſibles, leſ-

quelles étant reçûes dans un alambic, se remettent en mercure coulant & liquide comme avant leur évaporation.

On remarque dans l'eau une espéce de viscosité, qui attache ses parties l'une à l'autre, & à quelques autres corps, comme au bois & au verre bien net, en sorte qu'une goute d'eau assez grosse demeure suspendue au verre & au bois sans tomber; & lorsqu'on en verse dans un verre bien net sans l'emplir entièrement, elle s'éléve joignant le verre au-dessus de son niveau jusques à plus d'une ligne & demi: & quoiqu'on ne puisse bien dire en quoi consiste cette viscosité, il est constant que ces effets se font toûjours; ainsi deux goutes d'eau séparées se joignent ensemble & ne font plus qu'une seule goute, aussi-tôt qu'elles viennent à se toucher tant soit peu. La même chose arrive à deux goutes de mercure, à deux goutes d'huile posées doucement sur de l'eau en les approchant l'une de l'autre; & même on voit que les petites bulles d'air qui sont au fond d'un plat plein d'eau quand il a été sur le feu, se joignent à celles qui leur sont voisines si on les pousse l'une contre l'autre avec une épingle ou autrement. J'ai vû une fois rouler le long d'une table de pierre polie, un peu de mercure de la grosseur d'un pouce: il rencontra un petit creux dans la table, où une petite partie du mercure entra, & le reste continuant de couler fut sur le point de se séparer du peu qui étoit dans le creux, ce qui les joignoit n'aiant plus qu'environ deux lignes de largeur; mais cette viscosité qui lie ensemble les parties du mercure, l'empêcha, & ce qui étoit passé, se raprocha de la partie qui étoit dans le creux, & tout le mercure s'arrêta dessus & à l'entour. Pour expliquer en quelque façon cette viscosité, on pourroit dire que chacune de ces matières ont leurs petites parties en perpétuel mouvement, & que celles de chaque espéce ont de certaines figures propres à s'acrocher & à se lier les unes aux autres, & qu'elles s'embarassent & s'acrochent nécessairement par leur mouvement dès qu'elles se touchent. Il y a une autre cause qu'on pourroit conjecturer; sçavoir, que l'air aiant une vertu de ressort réduiroit ces corps fluides au plus petit espace qu'ils peuvent occuper, qui est la figure sphérique: mais il pourroit aussi-bien réduire en un globe seul une goute de mercure & une goute d'eau, & même cette cause n'auroit point de lieu dans la machine du vuide lorsqu'on a pompé l'air qui est dessous un récipient, car ce qui en reste n'a plus de ressort considérable; & cependant les goutes d'eau & celles de mercure se joignent ensemble & prennent une rondeur dans cet air extrêmement raréfié de la même manière que dans l'air commun. Dans ces doutes on pourra se contenter de prendre pour principe d'expérience, que les fluides de même nature sont disposés à se joindre ensemble aussi-tôt qu'ils se touchent; & l'on appellera cet effet, si l'on veut, mouvement d'union. Il y a aussi de certains corps où l'eau ne s'attache point ou très-difficilement, comme la graisse, les feuilles de choux non maniées, les plumes de

cignes

cignes & canards, & elle s'y met en petites boules, ou si elle y est en grande quantité, elle se met en rondeur aux extrémitez, le reste demeurant de niveau. Le mercure ne s'attache ni au verre ni au bois ni à la pierre, & c'est ce qui lui a donné le nom de vif-argent; car lorsqu'il est en petite quantité il roule sur ces matières par sa pesanteur, jusques à ce qu'il rencontre de petits creux qui le retiennent: mais il s'attache facilement à l'étain, à l'or, & à quelques autres métaux, & même il s'y imbibe de manière qu'il en discontinue les parties, & ne compose plus qu'un corps avec elles; c'est ce que les Chymistes appellent *amalgamer*.

SECOND DISCOURS,

De l'origine des Fontaines.

LEs vapeurs aqueuses qui s'élévent des mers, des rivières, & des terres humides, étant arrivées à la moïenne région de l'air, & y aiant formé des nuées, s'y refroidissent; & elles ne peuvent pas monter plus haut, parce qu'elles rencontrent un air moins condensé que celui qui est proche de la terre, & cet air étant moins pesant qu'elles ne les sçauroit soûtenir. Ces vapeurs étant agitées par les vents se rencontrent les unes les autres & s'attachent ensemble, & de plusieurs petites goutes imperceptibles il s'en fait d'assez grosses qui commencent à peser plus que l'air qui est au-dessous, & en descendant peu à peu elles en rencontrent d'autres plus petites, d'où il arrive qu'elles se grossissent successivement, & par ce moïen elles deviennent enfin des goutes de pluie. Celles qui viennent des nuées fort hautes, sont les plus grosses, parce qu'elles ont plus d'espace pour se grossir; & *Aristote* s'est trompé quand il a soûtenu le contraire: la raison qu'il en donne, est que si l'on jette un seau d'eau par une fenêtre fort élevée, elle se divise en de plus petites goutes que si l'on ne l'avoit pas jettée de si haut: mais cette comparaison est trompeuse: car il est bien vrai qu'une goute grosse comme le pouce, tombant plus vîte par l'air qu'une fort petite, se sépare facilement en deux ou trois parties par le choc de l'air, principalement quand il fait un grand vent; & ainsi les plus grosses goutes ne sont ordinairement que d'environ trois lignes de largeur, & lorsque deux ou trois de ces goutes se joignent ensemble, elles se séparent incontinent après; mais elles ne peuvent arriver à cette grosseur de trois lignes de diamétre qu'après s'être jointes plusieurs ensemble, & on voit tomber souvent quand les brouillards s'épaississent, de très-petites goutes de pluie qu'on ne peut bien discerner que quand il y a quelque objet noir par derrière.

Puis donc que la pluie en son commencement est très-menue, il est évi-

évident qu'il faut qu'elle tombe de fort haut pour se grossir ; & c'est par cette raison que les pluies d'hiver sont ordinairement fort menues, parce que les nuës ne s'élévent alors qu'à une petite hauteur. J'ai observé que l'air étant couvert de grosses nuës, & faisant une pluie fort épaisse avec de grosses goutes au bas d'une montagne fort haute, les goutes étoient moindres à mesure que je montois au haut de la montagne, & quand je fus presque au plus haut, la pluie étoit très-menue ; j'étois alors dans un brouillard qui m'avoit paru une nuée quand j'étois au bas de la montagne.

Une seule nuée poussée par des vents impétueux peut donner de la pluie successivement par un espace de plus de cinquante lieuës ; ce qu'on a remarqué souvent par les dégâts que fait la grêle qui se forme dans une seule nuée.

Les pluies étant tombées pénétrent dans la terre par de petits canaux qu'elles y trouvent : ce qui fait que lorsqu'on creuse la terre un peu profondément on rencontre d'ordinaire de ces petits canaux, dont l'eau s'assemblant au fond de ce qu'on a creusé, fait l'eau des puits. Mais l'eau des pluies qui tombent sur les colines & sur les montagnes, aiant pénétré la surface de la terre, principalement quand elle est légére & mêlée de cailloux & de racines d'arbres, rencontre souvent de la terre glaise, ou des rochers continus le long desquels elle coule ne les pouvant pénétrer, jusques à ce qu'étant au bas de la montagne ou à une distance considérable du sommet, elle ressort à l'air & forme les fontaines : cet effet de la nature est aisé à prouver. Car premièrement, l'eau des pluies tombe toute l'année en assez grande abondance pour entretenir les fontaines & les rivières, comme on le fera voir ensuite par le calcul : secondement, on remarque tous les jours que les fontaines augmentent ou diminuent à mesure qu'il pleut ou qu'il ne pleut pas, & s'il se passe deux mois entiers sans pleuvoir considérablement, elles diminuent la plûpart de la moitié ; & si la sécheresse continue encore deux ou trois mois, la plûpart tarissent, & les autres diminuent des $\frac{2}{3}$ ou des $\frac{3}{4}$; d'où l'on peut conclure, que s'il cessoit un an entier de pleuvoir, il ne resteroit que fort peu de fontaines, dont la plûpart seroient très-petites, ou qu'elles cesseroient toutes entièrement.

Les grandes rivières, comme la *Seine*, diminuent souvent à la fin de l'Eté de plus des $\frac{5}{6}$ de la grandeur qu'elles ont après les grandes pluies, quoique la sécheresse ne dure pas trois mois de suite : & s'il y a quelques fontaines qui ne diminuent que de la moitié ou du tiers, cela procéde de ce qu'elles ont de grands réservoirs qu'elles ont creusé dans les rochers, en aiant emporté les terres & ne s'étant fait que de petites issuës ; d'où vient qu'elles ne croissent pas tant que les autres par les pluies continuelles. Quelques Philosophes apportent une autre cause de l'origine des fontaines, sçavoir qu'il s'éléve des vapeurs du profond de la terre, lesquelles rencontrant des rochers au haut des montagnes en forme

me de voûtes, s'y réduisent en eau comme dans le chapiteau d'un alambic, & que cette eau coule ensuite au pied ou dans le pênchant des montagnes. Mais cette hypothèse se peut difficilement soûtenir : car si ABC est une voûte dans une montagne DEF, il est manifeste que si les vapeurs se réduisoient en eau dans le concave de cette surface ABC, elle tomberoit perpendiculairement vers HGI & non vers L ou M, & par conséquent elle ne feroit jamais aucune fontaine : d'ailleurs, on nie qu'il y ait beaucoup de telles cavernes dans les montagnes, & on ne sçauroit les faire voir : que si on dit qu'il y a de la terre à côté & au-dessous de ABC, on répondra que les vapeurs s'échaperont à côté vers A & C, & qu'il s'en résoudra fort peu en eau ; & parce qu'on voit presque toûjours de la terre glaise où il y a des fontaines, il est très vrai-semblable que ces prétendues eaux alambiquées ne pourroient passer au travers, & par conséquent que les fontaines ne peuvent pas être produites par cette cause. TAB. XIII. Fig. 1.

Quelques Auteurs rapportent que des fontaines ont cessé de couler pour avoir donné jour à de grandes concavitez soûterraines, d'où il étoit sorti une grande quantité de vapeurs qui se résoudoient en eau dans ces cavernes : on peut répondre à cela que ces histoires sont suspectes : on ne nie pourtant pas qu'il n'y puisse avoir de telles dispositions dans le haut d'une montagne, principalement dans celles qui sont couvertes de neige ; que les vapeurs qui se condenseroient par la rencontre d'un grand lit de pierre comme dans un alambic, pourroient former quelque petit filet d'eau qui sortiroit à côté ; mais cela est très-difficile à rencontrer, & on n'en pourroit tirer de conséquence pour les autres fontaines.

On objecte encore que les pluies de l'Eté, quoique très-grandes, n'entrent dans la terre que d'environ un demi pied ; ce qu'on peut remarquer dans les jardins & dans les terres labourées : je demeure d'accord de l'expérience : mais je soûtiens que dans les terres non cultivées & dans les bois il y a plusieurs petits canaux qui sont fort près de la surface, dans lesquels l'eau de la pluie entre ; & que ces canaux sont continués jusques à une grande profondeur, comme on le voit dans les puits creusés profondement ; & que quand il pleut dix ou douze jours de suite, à la fin le dessus des terres labourées s'humecte entièrement, & le reste de l'eau passe dans les petits canaux qui sont au-dessous, & qui n'ont pas été rompus par le labourage.

On voit dans les caves de l'Observatoire Roïal de *Paris* plusieurs goutes d'eau qui tombent du haut des voûtes naturelles de pierre qui y sont. Mais il est aisé de remarquer qu'elles ne procédent pas des vapeurs ; car on les voit toûjours couler par quelques fentes ou par quelques petits trous du rocher, les autres endroits demeurant secs ou fort peu humides, & cela arrive après de grandes pluies : il y a même un endroit où est la plus grande voûte, où il distille en tout tems beaucoup de goutes d'eau ;

d'eau; mais elles procédent d'un amas d'eau qui eſt directement au-deſſus.

Il y a des carrières en pluſieurs endroits dont le haut eſt en forme de voûte, & il n'y a que vingt ou trente pieds de terre au-deſſus, où l'on peut remarquer que les petits égoûts d'eau qui s'y font, paſſent par de petites fentes entre les lits de pierre, & qu'ils procédent des pluies, parce qu'ils ne paroiſſent qu'après de grandes pluies, & qu'ils ne durent que quinze jours ou trois ſemaines après qu'il a ceſſé de pleuvoir; & on peut facilement juger que les autres écoulemens des fontaines ſe font de la même ſorte.

L'Eté de l'Année 1681, fut très-ſec en *France*; ce qui fit tarir la plûpart des puits & des fontaines en beaucoup d'endroits: & quoiqu'il fit un aſſez grand froid à la fin d'Octobre & au commencement de Novembre, les eaux continuérent à diminuer; ce qu'elles n'euſſent pas fait s'il ſe fût formé de l'eau par les vapeurs élevées des lieux ſoûterrains & condenſées par le froid de la ſurface de la terre. Il y a un creux dans les caves de l'Obſervatoire, où il y avoit toûjours de l'eau depuis l'année 1668, juſques en 1681: mais la ſéchereſſe de cette année la fit deſſécher entièrement, & il n'y en avoit pas encore une ſeule goute en Février 1682, quoiqu'il eût beaucoup plû pendant pluſieurs jours au commencement de ce mois; & l'Eté ſuivant aiant été fort pluvieux, l'eau n'y revint pourtant point au mois de Septembre, ni même pendant les deux années ſuivantes.

Si l'on jette ſur un terrain ferme, & difficile à être pénétré par l'eau, une grande quantité de pierres, de ſable & de plâtras mêlés de terre, juſques à dix ou douze pieds de hauteur; il ſe fera une petite fontaine au lieu le plus bas qui coulera toûjours, ſi ce terrain eſt de la grandeur d'un arpent ou de deux.

J'ai vû cet effet dans une place où l'on avoit amaſſé de plâtras de la hauteur d'environ trois pieds: elle contenoit en ſurface un peu moins de 500 toiſes: il arrivoit que les eaux des pluies qui tomboient ſur cette place & ſur les toits des maiſons voiſines, étoient retenues par ces plâtras, & ne paſſoient que peu à peu à travers; & ne pouvant pénétrer le pavé & le terrain ferme qui étoit au-deſſous, elles ſe rendoient enfin vers un endroit le plus bas où il ſe faiſoit un petit filet d'eau continuel.

Quelquefois les terres des montagnes ſont diſpoſées de telle ſorte que les eaux qui y entrent, peuvent reſſortir à l'air & couler entre deux terres où entre la terre & les rochers; & alors on ne peut les découvrir qu'en faiſant des tranchées à mi-côte aſſez profondes, & il arrive ſouvent qu'on ramaſſe des eaux en raiſonnable quantité par cette manière, comme on l'a pratiqué en pluſieurs endroits.

Il y a quelques fontaines qui viennent du milieu des montagnes; & elles ſe font lorſque les eaux des pluies aiant trouvé paſſage par les terres ſablonneuſes & par les fentes des rochers juſques aux deux tiers ou aux trois quarts de l'intérieur de la montagne, il s'y trouve un fond con-

continu de terre glaise très-dure, ou quelques lits de pierre continue, où l'eau s'arrête & s'amasse jusques à une hauteur considérable, laquelle faisant effort de tous côtez par sa pesanteur, fait enfin quelques ouvertures vers le bas de la montagne par quelques fentes des rochers. Ces sortes de fontaines durent plus que les autres pendant les grandes sécheresses, & peuvent être chargées de divers sels & d'autres matières qui s'y dissoudent.

On voit quelquefois des fontaines bien élevées dans le haut des montagnes, & quelques-uns soûtiennent qu'elles sont au plus haut lieu. J'ai remarqué une de ces fontaines dans une montagne à deux lieuës de *Dijon*: elle donne beaucoup d'eau: & quand on en est fort près, on ne voit qu'environ quarante pieds de hauteur de terrain au-dessous, dont la pente est très-roide; mais si l'on regarde de loin cette montagne, on la voit s'étendre par une pente assez sensible, jusques à plus de cinq cent toises de longueur & deux cent de largeur. Or en cet espace il tombe assez d'eau des pluies pour entretenir cette fontaine, comme il sera prouvé ensuite.

Il y a des lacs au-dessus de quelques montagnes qui donnent de petits ruisseaux; cela peut arriver, parce qu'il y a des terres à l'entour du lac plus élevées que le niveau de l'eau & d'une grande étenduë. Mr. *Cassini* m'a dit avoir vû en *Italie* un assez grand lac au-dessus d'une haute montagne où il y avoit deça & delà des élévations de terre de plus d'une demi lieuë de longueur, qui étoient souvent couvertes de neiges, dont les écoulemens avec celui des eaux des pluies pouvoient aisément entretenir le lac, qui doit avoir un terrain très-ferme au-dessous, ou des rochers continus; il y fait ordinairement très-froid, c'est pourquoi cette eau ne s'exhale pas considérablement.

Il y a une fontaine au *Mont-Valérien*, à deux lieuës de *Paris*, à peu près de même. Le terrain qui la produit a environ cent toises de longueur, & cinquante de largeur: elle est auprès d'une maison, environ au tiers de la hauteur de la montagne. Il y a encore plusieurs autres endroits du même côté, dans lesquels on trouve de l'eau: & on y fait de petites fontaines coulantes, en creusant la terre de sept ou huit pieds de hauteur; car si après avoir trouvé l'eau on continue l'ouverture horisontalement tirant vers le bas jusques à ce qu'on ait gagné la hauteur du terrain, on aura une petite fontaine qui ne tarira que rarement. Il y a de l'autre côté de la même montagne, tout au plus bas, une assez belle fontaine qui ne tarit point. Il y en a aussi trois ou quatre à *Mont-Martre*: la plus élevée est environ à 50 pieds au-dessous du haut de la montagne: le terrain qui produit la plus grande, n'a qu'environ 300 toises de longueur & 100 de largeur; elle ne donne aussi que très-peu d'eau, même après les grandes pluies: les deux autres n'en donnent pas chacune le quart de la grande, & ne coulent qu'après de très-grandes pluies.

La ville de *Langres* eſt ſituée à l'extrémité d'une éminence fort élevée, laquelle continue dans la même hauteur juſques à une lieuë de longueur avec une médiocre largeur. Il y a une autre montagne vis-à-vis de même hauteur & longueur à peu près, & de plus d'un quart de lieuë de largeur. Entre ces deux montagnes il y a un grand valon, où coule un aſſez grand ruiſſeau ou petite rivière qui procéde de pluſieurs fontaines qui ne ſont pas beaucoup éloignées du ſommet de ces montagnes : & il eſt aiſé de juger qu'elles ſont produites par les eaux des pluies qui tombent ſur les plaines qui ſont au haut, & qui ont un terrain fort ſpacieux; il en vient davantage de celle qui a le plus d'étenduë en largeur.

Toutes les autres fontaines ſont à peu près ſemblables à celle-là, & doivent avoir des hauteurs conſidérables au-deſſus de leur ſortie. Il y a une campagne à ſix lieuës de *Paris*, entre la valée de *Palaizeau* & celle de *Marcouſſi*, qui a plus de deux lieuës de longueur & une de largeur, où l'on voit des mares en quelques endroits, qui ne ſont ſurmontés que de cinq ou ſix pieds par les lieux les plus élevés : mais le terrain y eſt très-dur à deux où trois pieds de profondeur, particulièrement proche le château de *Bauregard*, où il y a trois ou quatre de ces mares; & ce terrain eſt tellement impénétrable à l'eau, que pour y faire une conduite d'eau, on s'eſt contenté de creuſer un petit foſſé à deux ou trois pieds de profondeur, & le remplir de pierres ſans mettre aucun ciment au fond.

On pourroit objecter qu'il ne tombe pas aſſez d'eau en toute l'année pour fournir aux grandes rivières qui ſe déchargent dans la mer.

Pour réſoudre cette difficulté, je me ſers d'une expérience qui a été faite à ma prière, il y a ſept ou huit ans à *Dijon* par un très-habile homme & très-exact dans ſes expériences. Il avoit mis vers le haut de ſa maiſon un vaiſſeau quarré qui avoit environ deux pieds de diamétre, au fond duquel il y avoit un tuyau qui portoit l'eau de la pluie qui y tomboit, dans un vaiſſeau cylindrique, où il étoit facile de la meſurer toutes les fois qu'il pleuvoit : car quand l'eau étoit dans ce vaiſſeau cylindrique, il s'en exhaloit fort peu pendant cinq ou ſix jours. Le vaiſſeau de deux pieds étoit ſoûtenu par une barre de fer qui s'avançoit de plus de ſix pieds au-delà de la fenêtre où elle étoit poſée & arrêtée, afin qu'il ne reçût que l'eau de la pluie qui tomboit immédiatement dans la largeur de ſon ouverture, & qu'il n'y entrât que celle qui y devoit tomber ſelon la proportion de ſa ſurface ſupérieure. Le réſultat de ces expériences fut, qu'en une année il pouvoit ordinairement tomber des eaux de la pluie juſques à la hauteur d'environ dix-ſept pouces. L'Auteur du livre intitulé l'*Origine des Fontaines*, aſſûre avoir fait une ſemblable expérience pendant trois années, & que l'une portant l'autre il étoit tombé de l'eau de la pluie en un an juſques à 19 pouces 2 lignes $\frac{1}{3}$ de hauteur.

Je prens moins que ces obſervations, & je ſuppoſe qu'en un an il tom-

tombe ſeulement de l'eau de la pluie juſques à 15 pouces de hauteur: ſur ce pied-là une toiſe recevroit en un an 45 pieds cubes d'eau; & ſuppoſant qu'une lieuë contienne de longueur 2300 toiſes, une lieuë quarrée contiendroit 5290000 toiſes ſuperficielles, qui multipliées par 45 donnent 238050000 pieds cubes.

Les ſources les plus éloignées de la *Seine* ſont à 60 lieuës de *Paris* à peu près: ſçavoir, celles de la rivière d'*Armanſon* & des autres rivières qui entrent dans les rivières d'*Yonne* & de la *Seine*, à les prendre depuis les ſources les plus proches de la *Loire* auprès de la *Charité*; & celles qui entrent dans la *Marne*, depuis celles qui ſont les plus proches de la *Meuſe*, au-delà de *Bar-le-Duc*. La diſtance de ces ſources les plus éloignées l'une de l'autre eſt de près de 60 lieuës. Que ſi l'on coupe la rivière de *Seine* par une ligne perpendiculaire qui paſſe à cinq ou ſix lieuës de *Paris*, du côté de *Corbeil*, on trouve des ſources vers les extrémitez de cette ligne, qui ſont diſtantes l'une de l'autre d'environ 45 lieuës. Je ſuppoſe donc, que la continence de toute cette étenduë de païs eſt de 60 lieuës de longueur revêtue, & de 50 lieuës de largeur, qui font 3000 lieuës ſuperficielles, dont le produit par 238050000 eſt 714150000000: d'où l'on voit que les terres qui fourniſſent l'eau de la *Seine* à *Paris*, reçoivent des pluies 714150000000 pieds cubes d'eau en un an.

La *Seine* au-deſſus du Pont-Royal, lorſqu'elle touche les deux quais ſans couvrir que très-peu l'extrémité du terrain de part & d'autre, a 400 pieds de largeur & cinq pieds de profondeur moïenne: elle eſt alors dans ſa moïenne grandeur: ſa viteſſe au haut de l'eau eſt telle qu'elle fait environ 150 pieds en une minute: elle en fait 250 quand les eaux ſont en leur plus grande hauteur; car un bâton qui eſt emporté par le milieu du courant, va auſſi vîte qu'un homme qui marche bien fort, lequel peut faire 15000 pieds en une heure, & par conſéquent 250 en une minute, c'eſt-à-dire, environ 4 pieds en une ſeconde. Mais parce que le fond de l'eau ne va pas ſi vîte que le milieu, ni le milieu que la ſurface ſupérieure, comme il ſera prouvé enſuite; on peut prendre pour viteſſe moïenne 100 pieds en une minute.

Le produit de 400 pieds de largeur par 5 pieds de hauteur moïenne eſt 2000: car elle a 8 ou 10 pieds en des endroits, & ſix, ou trois, ou deux, en d'autres: & le produit de 200 par 10 pieds fait 2000000 pieds cubes; & par conſéquent il paſſe, par une ſection du lit de la rivière de *Seine* au-deſſus du Pont-Royal, 200 mille pieds cubes en une minute, & 120000000 en une heure, & en 24 heures 2880000000, & en un an 1051200000000, qui n'eſt pas la 6e. partie de l'eau qui tombe en un an par les pluies & les neiges, ſçavoir 714150000000 pieds cubes. Il eſt donc manifeſte, que quand le tiers de l'eau des pluies s'éléveroit en vapeurs incontinent après être tombée, & que la moitié du reſte demeureroit dans les terres ſuperficielles pour les tenir mouillées, comme on les voit ordinairement, & dans les lieux ſoûterrains au-

dessous des grandes plaines, qu'il n'y auroit que le reste qui s'écoulât par de petits conduits pour faire les fontaines au-dessous ou au penchant des montagnes; il y en auroit assez pour produire ces fontaines, & les rivières telles qu'on les voit. Si on prend 18 pouces au lieu de 15 dans le calcul ci-dessus, on trouvera au lieu de 714150000000, 856980000000 pieds cubes, qui donneront huit fois plus d'eau que la *Seine* n'en fournit.

Pour calculer l'eau de la plus grande fontaine de *Mont-Martre*, il faut multiplier 300 toises de longueur par 100 de largeur; le produit est 30000 toises, qui donneront, à 54 pieds cubes par toise, 1620000 pieds cubes à peu près en un an. Or le terrain de cette montagne est sablonneux jusques à 2 ou 3 pieds de profondeur, & le dessous est une terre glaise; une partie de l'eau des grandes pluies coule d'abord au bas de la montagne; une partie du reste demeure dans le sable proche de la surface; le reste coule entre le sable & la glaise: & si l'on suppose que ce ne soit que la quatrième partie du total, qui est de 56700000 pintes en un an, ou 155341 en un jour; ce qui fait 6472 pintes en une heure, & 107 en une minute; ce quart seroit environ 26 pintes par minute que devroit donner cette fontaine, & c'est ce qu'elle donne à fort peu près, lorsqu'elle est plus que médiocre.

TROISIÈME DISCOURS,

De l'origine & des causes des Vents.

L'Origine des vents est beaucoup plus difficile à découvrir que celle des fontaines, parce que chaque fontaine aiant le commencement de sa production, & l'issuë de sa source en une seule montagne, un seul homme en peut observer toutes les plus considérables circonstances: mais un même vent s'étendant bien souvent par l'espace de plus de 100 lieuës, il faut nécessairement plusieurs observateurs en même-tems, pour sçavoir où il commence & où il finit, & quel espace il coupe en largeur.

J'entrepris plusieurs fois d'avoir des correspondances pour ces observations dans des étenduës de sept ou huit cent lieuës en plusieurs endroits de l'*Europe* en même tems; comme depuis *Paris* jusqu'à *Varsovie* & vers les extrémitez de l'*Italie* & de l'*Espagne*, & depuis *Londres* jusqu'à *Constantinople*, de cent lieuës en cent lieuës: mais, quoique plusieurs curieux à qui j'en avois parlé ou écrit, me l'eussent promis, & que de mon côté je fisse exactement le miennes à *Paris* & ailleurs; je n'en ai pû avoir que fort peu de correspondantes, dont je parlerai dans la suite.

Aristote & quelques autres Philosophes ont cru que les vents procédent des exhalaisons ou fumées élevées de la terre, lorsqu'elles se réflé-

chis-

chiſſent après être montées perpendiculairement juſques à la moïenne région de l'air. Cette opinion a fort peu de vrai-ſemblance : car les exhalaiſons s'élévent fort lentement; & par conſéquent leur réflexion ne peut donner qu'un foible mouvement à l'air, & ne peut produire qu'un vent très-médiocre, qui ne règneroit ordinairement que dans la moïenne région de l'air, & ne deſcendroit pas juſques à la ſurface de la terre. Il eſt vrai que s'il s'éléve en quelque lieu particulier une extraordinaire quantité d'exhalaiſons & de vapeurs, elles pourroient occuper aſſez de place dans l'air pour en repouſſer une partie en circonférence; mais ce mouvement d'air ſeul ſeroit trop foible pour produire un vent conſidérable, & qui eût une viteſſe égale à celle de la plûpart de vents. Il s'enſuivroit auſſi, ſi cette opinion étoit véritable, qu'il ne viendroit point de vents de la mer Océane vers les côtes de *France* & d'*Eſpagne*, puiſqu'il ne s'éléve point d'exhalaiſons des eaux de la mer, ou très-peu, mais ſeulement des vapeurs aqueuſes; & cependant il s'y fait ſouvent des vents d'Occident très-violens.

Monſieur *Deſcartes*, qui a voulu rendre raiſon de toutes choſes, a cru que les nuées qui étoient ſur le point de ſe réſoudre en pluie, pouvoient produire les vents en tombant d'en-haut les unes ſur les autres. Mais il n'a pas conſidéré qu'il n'y a point de nuée ſi épaiſſe qui n'ait beaucoup d'air dans les intervalles des vapeurs qui la compoſent, & que par cette raiſon l'air qui eſt entre deux nuées, peut paſſer facilement au travers à meſure qu'elles s'aprochent l'une de l'autre, ou qu'elles tombent de haut en bas vers la terre: ajoûtez à cela, que les nuées ſupérieures deſcendent ſi lentement ſur les inférieures, qu'il eſt impoſſible qu'elles donnent une grande viteſſe à l'air qui eſt entre deux, & il ne peut jamais en réſulter un mouvement d'air d'un ſeul côté qui puiſſe être porté par une eſpace tant ſoit peu conſidérable. La raiſon qu'apporte cet Auteur pour prouver que ces nuées fort élevées produiſent les tempêtes, ſçavoir que plus les corps peſans tombent de haut, plus leur chûte eſt impétueuſe, eſt un pur ſophiſme; car cela n'arrive qu'aux corps fort peſans comme les pierres & les métaux: mais à l'égard des nuées qui commencent à deſcendre quand elles ſont ſur le point de ſe rendre en petites goutes de pluies, la plus grande viteſſe qu'elles puiſſent acquérir en deſcendant, eſt de faire cinq ou ſix pieds en l'eſpace d'une ſeconde, & ces petites goutes peuvent acquérir cette viteſſe en venant ſeulement de cinquante pieds de haut. Ce même Auteur a encore tâché d'expliquer les vents par les dilatations inégales des vapeurs, & a ſoûtenu que les vapeurs ſe dilatant mille fois plus que l'air à proportion, elles doivent être les cauſes des vents, donnant pour exemple le vent des Eölipiles. Mais tous ces raiſonnemens ſont fondés ſur de fauſſes ſuppoſitions: car il n'eſt point vrai que l'eau étant extrêmement échauffée ne produiſe que des vapeurs, car elle produit auſſi beaucoup d'air & d'autres matières encore plus raréfiées, comme il a

été expliqué ci-devant; & c'eſt ce qui fait le vent des Eölipiles, & non pas les vapeurs aqueuſes que ces matières raréfiées font ſortir avec elles. Car les vapeurs, qui ne ſont autre choſe que de petites parcelles d'eau que la chaleur fait ſéparer du reſte de l'eau, ne ſe changent point en air, & n'occupent pas davantage d'eſpace pour être plus raréfiées, puiſque cette dilatation n'eſt à parler proprement qu'une ſéparation de ces petites parcelles; de la même manière que lorſqu'on jette en l'air une poignée de cendres ou de pouſſière dans une chambre, les petites parcelles de la cendre étant éparſes, n'occupent pas plus de place dans la chambre que lorſqu'elles étoient dans la main, & ne pouſſent pas l'air au dehors pour ſe faire place. Et s'il étoit vrai que les vapeurs qui compoſent une nuée, fiſſent naître des vents, la nuée demeureroit immobile, & pouſſeroit des vents de toutes parts autour d'elle; ce qui eſt contraire aux obſervations; car on voit par expérience que les vents pouſſent & emportent les nuées d'un ſeul côté, & qu'ils occupent beaucoup plus d'eſpace en largeur que les plus groſſes nuées. J'obſervai un jour étant au haut de la platte-forme de l'Obſervatoire, qu'il venoit une groſſe nuée du côté du Couchant, dont on voïoit tomber une pluie fort épaiſſe: cette pluie tomboit à 300 pas de l'Obſervatoire, qu'on ne ſentoit encore aucun vent conſidérable ſur la platte-forme. Je deſcendis avec ceux qui étoient avec moi pour éviter l'orage, qui dura ſept ou huit minutes, & lorſqu'il fut fini, je vis la nuée qui étoit paſſée, & qui étoit déja fort éloignée: mais il ne faiſoit plus de vent conſidérable ſur la platte-forme; ce qui me fit connoître manifeſtement, que c'étoit le vent qui avoit cauſé cette pluie, & que la nuée d'où tomboit la pluie, n'avoit pas produit le vent qui la pouſſoit; ce que j'explique en la manière ſuivante:

Lorſqu'il s'excite par quelque cauſe que ce ſoit, un vent aſſez grand en une partie de l'air proche de la terre, il chaſſe devant lui les vapeurs qu'il rencontre, & les amaſſe les unes contre les autres en peu de tems; car s'il ſouffle avec une viteſſe à faire 20 ou 25 pieds par ſeconde, il peut paſſer 6 ou 7 lieuës en une heure, & former une nuée de plus d'une lieuë de longueur, comme étoit celle dont je viens de parler: & enfin lorſque les petites parcelles d'eau qui compoſent les vapeurs, ſont très-preſſées par le vent, il s'en forme des goutes de pluie, comme il a été expliqué ci-devant. D'où il s'enſuit que c'eſt le vent qui fait les nuées & les pluies, & que les nuées ne font point le vent.

Voici quelques conjectures qui me paroiſſent fort vrai-ſemblables ſur les véritables cauſes des vents, leſquelles j'ai fondées ſur pluſieurs obſervations que j'ai faites ou fait faire, ou que j'ai tirées de pluſieurs relations de voïages de mer.

Je ſuppoſe que quelque viteſſe qui puiſſe être donnée à un eſpace d'air de la groſſeur d'une nuée, il ne peut continuer un mouvement ſenſible au travers du reſte de l'air immobile que juſques à un quart de lieuë au plus; ce qui eſt aiſé à prouver par expérience en pouſſant le

vent

vent d'un ſoufflet d'une extrémité d'une chambre vers l'autre.

Je ſuppoſe encore qu'il s'éléve plus de vapeurs des eaux des mers que des terres, & plus de fumées ſalpétreuſes & ſulfurées des terres découvertes, que de celles qui ſont ſous les eaux.

Cela étant ſuppoſé, je dis qu'il y a trois cauſes principales des vents, & quelques autres cauſes particulières & moins importantes. Les trois principales & générales ſont:

1°. Le mouvement de la terre de l'Occident à l'Orient, ou, ſi l'on n'admet point cette hypothèſe, celui du ciel de l'Orient à l'Occident.

2°. Les viciſſitudes des raréfactions de l'air par la chaleur du ſoleil, & de ſes condenſations lorſque le ſoleil ceſſe de l'échauffer.

3°. Les viciſſitudes des élévations de la lune vers ſon apogée, & de ſes deſcentes vers ſon périgée.

Les cauſes particulières les plus conſidérables ſont:

1°. Quelques élévations extraordinaires d'exhalaiſons & de vapeurs de la terre en certains lieux.

2°. La chûte des groſſes pluies, ou de quelques grêles groſſes & épaiſſes.

3°. Les éruptions de quantité d'exhalaiſons ſulfurées & ſalpétreuſes dans les tremblemens de terre:

4°. Les ſoudaines fontes des neiges dans les hautes montagnes.

Ces cauſes particulières fortifient les cauſes principales, ou diminuent & empêchent leurs efforts ſelon la diverſité des lieux & des tems, par pluſieurs combinaiſons. Les éruptions des exhalaiſons peuvent être fort irrégulières dans les périodes des tems, & dans leur quantité & leur force, comme on voit des irrégularitez dans les périodes des tremblemens de terre, & dans la variation de l'aiguille aimantée; & l'on peut rapporter les unes & les autres à quelques grands changemens qui ſe font de tems en tems dans l'intérieur de la terre. L'on voit auſſi que les montagnes ardentes ne font pas leurs éruptions embraſées en des intervalles de tems limités & périodiques.

Par ces cauſes tant générales que particulières, on peut expliquer tous les vents, comme on le verra dans la ſuite.

Il eſt manifeſte, que ſi la terre ſe meut autour de ſon centre d'Occident en Orient, la ſurface va beaucoup plus vîte ſous la ligne équinoxiale, qu'au 30 ou 40 degré de latitude de part & d'autre; & que cette ſurface entraine avec ſoi l'air qui en eſt proche; mais avec un peu moins de viteſſe; ce qui doit faire paroître un mouvement d'air d'Orient en Occident à ceux qui ſont ſous l'Equateur, juſques à une latitude de plus de vingt degrez de part & d'autre, puiſque ce mouvement étant plus vîte que celui de l'air qui la ſuit, ils doivent ſentir le choc de l'air qu'ils rencontrent ſuceſſivement. Et c'eſt de là que peuvent procéder ces vents qu'on appelle Alizez, qui règnent preſque toûjours entre les deux Tropiques; mais qui ont cette différence, que lorſque le ſoleil eſt au

Tro-

Tropique du Cancer, il se fait ordinairement un vent d'*Est-Nord-Est*, ou de *Nord-Est*, & que quand il est vers le Tropique du Capricorne, ce vent est ordinairement *Sud-Est*; ce qu'on explique aisément par la seconde cause, sçavoir la raréfaction de l'air excité par la chaleur du soleil: car lorsqu'il est dans les signes du Capricorne & du Sagittaire, il échauffe beaucoup l'air & les terres qui sont au-dessous; d'où il arrive que cet air étant extrêmement dilaté, & celui qui est sous les signes opposés s'étant condensé en même tems par le froid de l'hiver qui y règne alors, il se fait nécessairement un mouvement d'air du Midi vers le Septentrion, lequel se joignant au mouvement qui va d'Orient en Occident, il doit faire un vent composé des deux, sçavoir un *Sud-Est*, ou *Est-Sud-Est*: & au contraire quand le soleil est dans le Tropique du Cancer, il doit se faire un mouvement d'air du Septentrion vers l'autre Pole, qui se joignant au même mouvement de l'Orient à l'Occident, fait le vent de *Nord-Est*, ou d'*Est-Nord-Est*.

Les relations de quelques Pilotes portent, que les vents d'Occident règnent ordinairement dans la Mer Océane, depuis le 27e. degré jusques au 40e. J'explique ces vents en la manière suivante, prenant le 33e. degré de latitude pour exemple:

L'air qui est entre les deux Tropiques va un peu moins vîte vers l'Orient que la terre qui est au-dessous, puisqu'on n'y sent qu'un vent médiocre, qui ne fait pas ordinairement plus de huit ou dix pieds en une seconde; au lieu que la surface de la terre qui est sous l'Equateur, fait dans le même tems environ 1423 pieds; mais la surface de la terre au 33e. degré de latitude, ne fait que 1195 pieds; & par conséquent si l'air qui est en ce parallele, alloit aussi vîte que celui qui est sous l'Equateur, il iroit plus vîte que cette surface d'environ 228 pieds par seconde. Or si l'air du 33e. degré n'avoit son mouvement que de la terre qui est au-dessous qui l'entraine, on y sentiroit un vent d'Orient, dont la vitesse seroit d'environ 8 ou 10 pieds par seconde. Mais parce que l'air qui est depuis l'Equateur jusques au 10e. degré, entraine celui qui est à côté toûjours en diminuant jusques au 33e. degré; il peut arriver que cette diminution s'y réduise à 20 pieds par seconde, de manière qu'étant jointe à la diminution de 10 pieds par seconde en un sens contraire qui se feroit s'il n'y avoit point d'autre cause, l'air y sera poussé à faire 10 pieds par seconde, plus que la surface de la terre vers l'Orient, & qu'on y sentira un vent d'Occident, aussi grand que les vents Alizez le sont entre les deux Tropiques. Ajoûtez à cela, que les vents Alizez rencontrant les côtes de l'*Amérique* courbées en demi-lune depuis la *Cayenne* jusques au Golphe de *Mexique*, peuvent se réfléchir contre leurs hautes montagnes, & aider à produire ces vents d'Occident, & augmenter leur vitesse; & ces vents seroient perpétuels s'ils n'étoient empêchés quelquefois par une ou plusieurs des autres causes dont on a parlé ci-devant.

Il

Il y a beaucoup d'endroits entre les deux Tropiques où il se fait des vents extraordinaires qui viennent des terres vers la mer sur l'entrée de la nuit, & de la mer contre les côtes depuis que le soleil est levé jusques vers midi. On explique ces vents en la manière suivante:

Supposons une grande Isle qui soit au 15e. ou au 20e. degré de latitude, où les vents Alizez peuvent être foibles: le soleil échauffant les terres de cette Isle depuis midi jusques à 4 ou 5 heures du soir, & en même tems la mer qui en est proche; il ne se fait point de mouvement d'air sensible par cette cause: mais immédiatement après le soleil couché, l'air de la mer se condense beaucoup en se refroidissant, & les terres de l'Isle conservant long-tems leur chaleur, l'air qui est au-dessus, ne se condense que peu à peu, & beaucoup moins au commencement que celui de la mer; d'où il doit arriver qu'il se fera un vent par le mouvement de l'air de l'Isle qui coule pour remplir la place de celui qui s'est beaucoup condensé au-dessus de la mer voisine. Mais au moment que le soleil se léve, les terres de l'Isle étant refroidies par la longueur de la nuit, & l'air s'y étant beaucoup condensé, il se doit faire un reflux de l'air qui s'étoit avancé vers la mer, assez grand pour produire un petit vent venant de la mer contre les côtes.

Les vicissitudes des vents, ou leur flux & reflux, se remarquent encore, selon quelques relations, le long de la mer *Méditerranée* en de certaines saisons de l'année; car elles assûrent qu'il s'y fait un vent d'Orient le matin, & un vent d'Occident le soir. Le premier peut procéder de la dilatation de l'air qui se fait vers les païs qui sont orientaux à cette mer, sçavoir la *Natolie*, *l'Arabie*, &c. où le soleil est déja fort élevé, quand il se léve à l'égard du milieu de la *Méditerranée*; & cette dilatation peut faire sentir un vent d'Orient vers les Isles de *Malte* & de *Sicile*: mais deux ou trois heures après midi le vent d'Occident s'y doit faire sentir jusques bien avant dans la nuit, à cause de la dilatation de l'air par la chaleur du soleil, qui échauffe alors fortement les terres qui sont au-delà de cette mer en *Espagne* & en *Affrique*, & cesse d'échauffer celles qui sont vers l'Orient; d'où il arrive nécessairement qu'il se fait un reflux d'air de l'Occident vers l'Orient dans le milieu de la *Méditerranée*.

Dans le commencement de Novembre il se fait dans l'*Isle de France*, dans la *Bourgogne*, & dans la *Champagne*, des vents du *Sud* qui amènent de grandes pluies; parce qu'alors les terres vers le Pole Septentrional ne voïent plus le soleil, & l'air s'y condense beaucoup par un froid excessif: d'où il arrive que les terres de l'*Affrique* étant alors beaucoup échauffées, y poussent leur air plusieurs jours durant, & y en font amasser au-delà de l'équilibre, dont il reflue & fait un vent de *Nord-Est* assez doux à cause du vent du Midi qui y a porté un air chaud, lequel venant à refluer donne un beau tems & peu froid 3 ou 4 jours de suite; & c'est ce qu'on appelle l'*Eté de la Saint Dénis* ou *de la Saint Martin*.

On peut aisément comprendre que lorsque le soleil luit à plomb sur un grand espace de terre, l'air qui est au-dessus, s'échauffe beaucoup, & s'étend de toutes parts en circonférence, & que l'air s'y refroidissant de toutes parts en circonférence, par l'absence du soleil, il y doit venir un reflux d'air. Ce flux & reflux de l'air se voit bien souvent en petit. Monsieur *Huggens* me dit un jour qu'il avoit observé que sa chambre étant bien fermée, son barométre qui étoit un de ceux qui font baisser leur liqueur par la plus grande pesanteur de l'air, & dont les changemens de hauteur sont fort sensibles, s'étoit baissé & haussé alternativement plusieurs fois en un quart-d'heure. J'en attribuai la cause à quelque vent qui s'étoit rabattu dans la cheminée de sa chambre, lequel y aiant pressé l'air, lui avoit donné une plus grande force de ressort qui avoit fait descendre la liqueur de son barométre; & cet air condensé aiant ensuite la liberté de s'étendre par la cessation de la cause, repassoit par la cheminée, & son ressort étant diminué la liqueur du barométre remontoit; & parce que le mouvement acquis par l'air qui remontoit par le tuyau de la cheminée en faisoit sortir beaucoup plus que selon la proportion de l'équilibre, il se faisoit de nouveau une descente de l'air par le même tuyau, qui mettoit encore la condensation de l'air de la chamdre au-delà de l'équilibre; & faisoit descendre la liqueur du barométre, & ainsi de suite, en diminuant peu à peu jusques à une entière réduction à l'équilibre.

J'ai vû un semblable effet dans un fourneau où l'on faisoit de la chaux; il étoit comme une petite chambre voûtée où il y avoit dans le milieu une fenêtre quarrée d'un pied & demi de largueur, par laquelle on jettoit le bois pour entretenir le feu. Il arrivoit que le feu étant grand, l'air enfermé se dilatoit extrémement, & qu'il sortoit en partie par la fenêtre avec beaucoup de vitesse: & le feu s'étant alors diminué par le défaut de l'air, la chaleur de l'air enfermé diminuoit, & devenant par conséquent moins raréfié, il en rentroit nécessairement par la fenêtre en forme de vent qui souffloit le feu & le ralumoit; ce qui faisoit dilater l'air de nouveau par une augmentation de chaleur, & le faisoit ressortir encore par la fenêtre. Cette vicissitude faisoit une espéce de respiration semblable à celle des animaux. Ceux qui faisoient ce travail, me dirent que la même chose se faisoit dans tous leurs fourneaux à chaux, & ils me firent remarquer que les papillons & les autres animaux qui volent la nuit vers la lueur du feu, étant à un pied ou deux de la fenêtre, étoient entraînés dans le fourneau par l'air qui y rentroit avec une grande vitesse après en être sorti. Le tems de chaque respiration étoit trois ou quatre fois plus long que celui de la respiration des animaux.

J'ai remarqué par plusieurs observations, qu'à *Paris* & dans le voisinage, les vents font en 15 jours à peu près une révolution entière, soufflant successivement de toutes les parties de l'horison; & qu'aux nouvelles & pleines lunes le vent est presque toûjours *Nord* & *Nord-Est*: c'est-

c'eſt-à-dire, que s'il ſe fait un vent de *Nord* à la nouvelle lune, il paſſe à l'*Eſt* dans trois ou quatre jours, & enſuite au *Sud*, puis à l'*Ouëſt*, & ſe remet au *Nord* vers la pleine lune, d'où il repaſſe ſucceſſivement vers l'*Eſt*, le *Sud* & l'*Ouëſt*, revient à la nouvelle lune au *Nord* ou au *Nord-Eſt*. Quelques-uns de ces vents tournent quelquefois un peu en arrière, comme de l'*Ouëſt* au *Sud-Ouëſt*, & du *Nord-Eſt* au *Nord*; & alors ces vents durent ſept ou huit jours: mais ils ne font preſque jamais un tour entier. Il arrive auſſi quelquefois que le vent paſſe de l'*Ouëſt* au *Nord-Eſt*, & de l'*Eſt* au *Sud-Ouëſt*, ſans que les vents d'entre-deux ſe faſſent remarquer.

On peut expliquer ces révolutions de vents par la troiſième cauſe principale, en la manière ſuivante:

Il eſt très-vrai-ſemblable que la lune ſe levant à ſon apogée doit entraîner beaucoup d'air après elle, ſi l'on ſuppoſe qu'elle nage dans l'air, & que ſon diamétre ſoit de 5 à 6 cent lieuës, comme les Aſtronomes l'aſſûrent: car en s'élevant elle doit entraîner l'air qui lui eſt proche, celui-ci l'air qui eſt au-deſſous, juſqu'aux terres qui ſont ſous la Zone Torride; & par cette raiſon, l'air qui eſt proche des poles de part & d'autre y doit couler pour conſerver l'équilibre du reſſort; ce qui doit produire le *Nord* vers le milieu de la Zone Tempérée Septentrionale, lequel ſe joignant avec le vent d'*Eſt*, qui eſt produit par la même cauſe première, ſçavoir par le mouvement de la terre, compoſe le *Nord-Eſt*, qui règne à *Paris* ordinairement dans les nouvelles lunes.

Il ſe doit faire encore un petit vent de *Nord* par le grand mouvement de l'air entraîné par la terre, depuis la ligne équinoctiale juſques au 50 ou 60e. degré. J'ai expérimenté que faiſant tourner bien vîte une boule de plomb de deux pouces de diamétre proche d'un ſeau plein d'eau, il s'élevoit vers la boule de petites ſaletez qui étoient au fond du ſeau: & aiant ſuſpendu une boule de 8 pouces de diamétre, & la faiſant tourner médiocrement vîte, il ſe faiſoit un grand mouvement d'air à côté, & un autre fort petit de bas en haut vers le pole de la boule; ce que je connoiſſois par de petits duvets poſés ſur le haut d'un petit bâton perpendiculaire, diſtant de deux ou trois pouces de la boule, leſquels ſe mouvoient comme pour ſe lever vers elle; mais ce vent étoit très-foible. D'où l'on peut juger que l'air vers les poles ſe meut contre la terre, & peut s'étendre juſques au 50e. degré, & puis incontinent après que cette cauſe a ceſſé, & avant que le reflux de l'air élevé par la lune revienne vers les poles, le mouvement de la terre d'Occident en Orient peut faire paroître un vent d'*Eſt* ſeul, qui d'ordinaire ne dure qu'un jour ou deux: car la lune revenant à ſon périgée, pouſſe réciproquement l'air vers les poles; & il ſe fait au commencement un *Sud-Eſt* par la combinaiſon de ce mouvement d'air vers les poles, & de celui qui vient de l'Orient. Le *Sud* prédomine enſuite juſques à ce que le grand mouvement des vents d'Occident qui règnent

gnent jusques au 40e. degré, comme il a été dit, & qui peuvent quelquefois s'étendre à huit ou dix degrez plus loin, s'avançant un peu vers les climats septentrionaux, & se mêlant avec les vents du *Sud*, fassent le *Sud-Ouëst*; & le reflux du *Sud* étant cessé, le seul vent d'*Ouëst* peut régner jusques à ce que le reflux de l'air, que le *Sud* avoit poussé vers le *Nord*, joint à celui qui est entraîné par l'élévation suivante de la lune vers son apogée, & par le petit mouvement dont il a été parlé, fasse le *Nord* & le *Nord-Est*, comme à la nouvelle lune. Cette période & vicissitude des vents arrive deux fois à chaque mois lunaire. Je l'ai observé pendant plusieurs années; & quoiqu'il y arrive quelques irrégularitez par les combinaisons des causes particulières, j'ai presque toûjours trouvé que le *Nord-Est* régnoit aux nouvelles & pleines lunes, & le *Sud* & l'*Ouëst* aux quadratures: mais on doit remarquer que comme dans les rivières où le flux de la mer est poussé bien haut, le reflux commence à se faire vers leurs embouchures pendant que le flux monte encore aux endroits les plus éloignés; ainsi le *Nord* ou le *Nord-Est* ne soufflent pas à *Paris* en même tems que la lune est à son apogée, & que ce n'est qu'après qu'elle s'est beaucoup raprochée de la terre. Il est encore aisé de juger, que lorsque la lune est vers le Tropique du Capricorne dans sa plus grande latitude Australe, l'air qu'elle éléve alors ou qu'elle repousse, met beaucoup plus de tems à faire sentir son mouvement vers les païs septentrionaux, que lorsqu'elle est à sa plus grande proximité du Pole Boréal, & même que le mouvement peut être trop foible pour s'étendre jusques vers le 50e. degré de latitude Septentrionale. J'ai observé quelquefois à *Paris*, que le vent aiant été *Nord-Est* 7 ou 8 jours de suite, & que les vents du *Sud* devant souffler à leur tour, le *Nord-Est* régnoit encore par bas: mais il y avoit des nuées fort élevées qui étoient poussées en même tems par le *Sud*, mais fort foiblement; ce qui me fit juger que vers le 40e. degré de latitude le *Sud* & le *Sud-Ouëst* pouvoient être alors assez grands pour y régner seuls. Il doit arriver aussi que les élévations inégales de la lune feront des différences considérables à l'égard de ces vents, tant pour leurs forces, que pour les jours où ils doivent régner. Il est même nécessaire qu'il arrive beaucoup d'irrégularitez dans ces vents par le mêlange des causes particulières dont il a été parlé; mais ces vents doivent être moins irréguliers dans les lieux où il y a peu de montagnes, comme dans l'Isle de *France* & dans la *Champagne*, que dans les lieux fort montagneux.

Le mouvement des vents n'est jamais uniforme, non plus que le courant des rivières, & il s'y fait de la même manière des vagues & des tournoïemens qu'on appelle des tourbillons qui ont de différentes vitesses. On observe dans les grands orages, que dans une largeur d'un quart de lieuë où la plûpart des arbres ont été abattus, il y a des intervalles où il n'y en a point d'abattus, parce que le vent y a été moins violent.

On

On remarque aussi que tous les vents soufflent à reprises & par bouffées; ce qu'on reconnoît même par le son des cloches, qu'on entend s'affoiblir ou s'augmenter dans de petits intervalles de tems. En voici les causes. Supposons qu'un grand vent aiant beaucoup de largeur rencontre vers G des maisons & de petites éminences, qui le fassent réfléchir en quelques endroits, & faire des vagues non paralleles, comme A, B, C, D; il est évident que le ressort qu'elles feront par leur rencontre en B, fera aller plus vîte la vague BD, & que celle qui est dans la direction GB, choquera ensuite bien plus foiblement l'oreille en B. La même chose doit arriver en tous les autres endroits du vent. TAB. XIII. Fig. 2.

Il arrive quelquefois que lorsqu'un grand vent en rencontre à côté un autre plus foible, soit qu'il lui soit opposé ou non, il emporte l'air qui lui est le plus proche, & le fait tourner en rond avec une grande vitesse; & ce tournoïement d'air, qu'on appelle un tourbillon, s'avance avec le vent le plus fort, & enléve tout ce qu'il enveloppe qui n'a pas beaucoup de pesanteur, comme la poussière, les feuilles séches, & même des tas de foin tout entiers, qui vont quelquefois tomber à plus d'un quart de lieuë de distance. Ces tourbillons enlévent aussi quelquefois une grande quantité de l'eau de la mer, qui paroît à ceux qui la voïent de loin, comme une grande colomne d'eau.

On voit un exemple de ces vents qui vont à côté l'un de l'autre en un sens contraire, dans de certaines cheminées lorsqu'on y fait un grand feu, la chambre demeurant fermée: car l'air raréfié & la flamme qui s'élévent, font suivre une partie de l'air de la chambre; & celui qui reste étant trop dilaté par ce moïen, il faut nécessairement qu'il en revienne de haut en bas par la cheminée, lequel ramène une partie de la fumée, & la repand par la chambre; & ordinairement la fumée & l'air raréfié montent d'un côté, & l'air pesant descend par l'autre avec une partie de la fumée, ce qu'on évite en laissant la porte ou une fenêtre à demi ouverte: car l'air qui y entre, suit le mouvement de la fumée par la cheminée, & remplit suffisamment la chambre; & s'il y avoit seulement un trou d'un pouce de diamétre dans la fenêtre ou dans la porte pour laisser entrer l'air du dehors, il s'y feroit un vent si grand qu'il éteindroit les chandelles qu'on y exposeroit.

Lorsque le vent rencontre un obstacle comme une grande muraille, il change sa direction, & se rabat au-delà de cet obstacle, comme on le voit dans la figure 3e. de la Table XIII, en laquelle AB représente la muraille, & les lignes CA, GH, IL, FB, la direction du vent étant libre. Or il est évident que l'air se met en ressort entre A & B, & que ne pouvant s'étendre vers en-bas, il s'étend du côté de CA, comme jusques à DE; & l'air qui est vers R aiant peu de mouvement, celui qui est en DEM, y est poussé par celui qui est plus haut de M en N, comme on le voit arriver à l'eau, au-delà des piles des ponts où elle est fort rapide. TAB. XIII. Fig. 3.

De-là il s'ensuit, que si du côté que vient le vent, il y a une muraille plus haute qu'une cheminée, la fumée en sort difficilement, parce que le vent rabat en tourbillon après avoir passé la muraille, & entre avec force dans le tuyau de la cheminée; & quand même le mur seroit de niveau avec la cheminée, & un peu éloigné, il feroit à peu près un semblable effet, comme on le peut juger par la figure 4e. en laquelle AB marque la direction du vent, BC est le mur opposé à cette direction, DE sont deux tuyaux de cheminée à même hauteur que le mur. Le vent qui rencontre le mur, est repoussé comme en F G, & n'entre point dans la cheminée D; au contraire il entraîne avec violence la fumée qui en sort: mais le vent supérieur AB qui conserve sa violence le rencontrant en G, le fait aller en tourbillon, & lui donne le mouvement en rond G H E, & par conséquent il se rabat dans la cheminée E, & empêche la fumée d'en sortir. Que si le vent frappe obliquement la muraille qui est au-devant des cheminées, la fumée montera assez librement: car la partie du vent AB se réfléchira par le côté, & ne s'élévera point ou fort peu; & par conséquent il ne fera point de tourbillon considérable qui rabatte les fumées.

TAB. XIII. Fig. 4.

La diversité des vents qui règnent en même tems en différents endroits, procéde de plusieurs causes.

La première est, que les vents vont toûjours par un grand cercle; d'où il est aisé de juger, que si un même vent d'*Ouëst* ou *Sud-Ouëst* faisoit le tour de la terre, il paroîtroit fort différent dans les lieux fort éloignés les uns des autres.

La seconde cause est, qu'un grand vent soufflant en un endroit entraîne l'air qui est deçà & delà en le poussant un peu à côté, comme l'on voit que dans les rivières, lorsque le milieu va très-vîte, il pousse des vagues un peu obliquement vers les rivages.

La troisième cause est, lorsque dans deux endroits de la terre éloignés l'un de l'autre d'environ 100 lieuës, il se fait une grande élévation de vapeurs & d'exhalaisons qui poussent l'air en circonférence, soit en même tems, soit dans l'intervalle de quelques heures, il s'étend nécessairement deux vents contraires de l'un de ces lieux vers l'autre, lesquels s'étant rencontrés refluent des directions opposées.

La quatrième cause est la rencontre des hautes montagnes, qui font réfléchir les vents, & leur font suivre leurs directions. On en voit un exemple dans le lac de *Genéve*, qui s'étend entre deux rangs de hautes montagnes par l'espace de douze grandes lieuës depuis *Genéve* jusques à *Lauzane*: car il n'y règne presque jamais que deux vents, qui se succédent l'un à l'autre, & vont selon la direction du lac; qui pourroient même aller l'un contre l'autre vers le milieu du lac, s'il faisoit un vent à *Genéve* qui fût un peu oblique à la direction des montagnes, & un autre à *Lauzane* qui fût oblique en un autre sens, comme si E F, I H sont les vents, ABCD les montagnes; car E F se réfléchissant en F G, &

TAB. XIII. Fig. 5.

& IH en HL, ces vents seroient contraires vers MN.

La même chose arrive au port d'*Ambleteuse* proche de *Calais*, où l'*Ouëst-Sud-Ouëst* souffle environ les trois quarts de l'année, à cause que les côtes d'*Angleterre* & celles de *France*, qui leur sont opposées en cet endroit, ont cette direction; & à dix lieuës de-là il peut faire un vent de *Sud-Est* ou de *Nord*.

J'ai fait faire des observations près de la verrerie de *Cherbourg*, lesquelles m'ont fait connoître qu'il n'y règne que deux vents opposés qui se succédent alternativement, sçavoir le NE & SO; ce qui arrive par la même cause des directions de quelques montagnes.

Monsieur *Varin*, qui a fait des observations en l'Isle de la *Gorée* proche le *Cap-Verd*, m'a assuré que le vent de *Nord-Ouëst* y règne souvent au lieu des vents d'Orient; ce qui procéde de ce qu'il y a de hautes montagnes à une lieuë de distance de cette Isle du côté du *Nord-Ouëst*, qui réfléchissant vers elle les vents Alizez, *Est* ou SE, y font sentir un *Nord-Ouëst* lorsque ces mêmes vents Alizez se font sentir en même tems à dix lieuës au-delà de cette Isle en pleine mer. J'ai encore appris par plusieurs relations, que quand des vaisseaux passent le long des côtes de *Génes*, où il y a de très-hautes montagnes, dont quelques-unes ont entre elles de longues vallées, qui ont leur direction vers la mer; on sent un vent considérable qui vient des terres vers les vaisseaux quand ils sont vis-à-vis de quelqu'une de ces vallées.

J'ai connu encore de grandes diversitez de vents en même tems par les observations faites à *Varsovie* en *Pologne* par M. *Desnoyers*, & à *Abordon* en *Ecosse* par M. *Gregori*, en les comparant à celles que je faisois à *Paris* en meme tems: car souvent les vents y sont différents de ceux de *Paris* de la huitième partie de la boussole; comme si le vent est SO à *Paris*, il sera *Ouëst* à *Abordon*. Les vents sont quelquefois opposés à *Paris* & à *Varsovie*; le vent étant un jour *Sud-Ouëst* à *Paris* il étoit *Nord-Est* à *Varsovie*; ces villes sont situées à peu près OSO, & *Est-Nord-Est* à l'égard l'une de l'autre: d'où il s'ensuit que ces vents s'étoient presque rencontrés directement en quelque endroit de l'*Allemagne* proche de la *Pologne* ou de la *France*. J'ai encore remarqué cette opposition de vent en un même endroit en faisant voïage, par le moïen de beaucoup de neige qui étoit tombée la nuit; car on voïoit qu'elle avoit été poussée dans l'espace d'une lieuë par un *Sud-Est*, que dans la lieuë suivante il y avoit eu un calme, & que dans les trois ou quatre lieuës suivantes, la neige avoit été poussée par un *Nord-Ouëst*; ce que je connoissois aisément aux tiges & aux grosses branches des arbres qui n'avoient de la neige que du côté d'où le vent étoit venu.

J'ai remarqué encore un semblable effet par des observations faites en même tems à *Paris*, à *Loches*, & au Mont de *Marsan* en *Guyenne*; car un *Sud-Sud-Ouëst* aiant régné trois jours de suite en ces trois lieux qui sont dans la direction à peu près de SSO au *Nord-Nord-Est*, il se fit

un

un *Nord-Nord-Est* à *Paris*, le SSO régnant encore à *Loches* & au Mont de *Marsan* : le lendemain le *Nord-Nord-Est* étoit à *Loches* & à *Paris*, & SSO au Mont de *Marsan*; & enfin le troisième jour, le *Nord-Nord-Est* souffloit en ces trois villes : d'où je connus manifestement que les vents se repoussent quelquefois les uns les autres, & que le plus fort emporte celui qui lui est opposé. Dans les mêmes observations correspondantes, j'ai remarqué qu'un vent d'*Ouëst* violent aiant régné à *Loches*, il y faisoit en meme tems à *Paris* un *Ouëst-Sud-Ouëst*, & un *Ouëst-Nord-Est* au Mont de *Marsan*; ce qui se rapporte à la seconde cause de la diversité des vents.

J'ai reconnu souvent une grande diversité de vents en même tems dans un même lieu, lorsqu'il y avoit deux ou trois étages des nuées; ce qui se peut expliquer en supposant que les nuées élevées sont ordinairement poussées par les vents de Midi, & que les plus basses sont poussées par le Nord : car quand cela arrive en même tems, les nuées du premier & du deuxième étage doivent aller en un sens contraire, & cela n'empêche pas que des nuées beaucoup plus élevées ne puissent être poussées par un vent d'Orient qui règne toûjours quand il n'est point empêché par d'autres causes, ou par un vent d'*Ouëst* produit par la troisième cause principale, ou par quelqu'autre cause particulière.

Pour bien remarquer cette diversité de mouvement des nuées, il faut regarder la pointe de quelque clocher, ou quelque autre objet fixe fort élevé, afin de pouvoir comparer les divers mouvemens des nuées supérieures & inférieures. Car autrement on pourroit croire que deux nuées différemment éloignées de la terre, iroient selon des directions opposées, quoiqu'elles fussent portées du même côté; parce que les supérieures paroissent aller plus lentement que celles qui sont au-dessous quoiqu'elles aillent aussi vîte, & cette apparence de retardement pourroit faire juger qu'elles iroient en un sens opposé. On peut supposer que le vent d'Orient n'est proprement qu'une apparence de vent, puisque le mouvement de l'air va du même côté que la surface de la terre.

Cette contrariété des vents en un même lieu dans différentes élévations de l'air, peut procéder de ce qu'un grand vent qui est porté le long d'une vallée, & qui par conséquent a peu de largeur & d'élévation, en peut rencontrer une autre qui occupe dans l'air un espace beaucoup plus grand; & alors le vent inférieur peut forcer une partie de l'autre, sçavoir celle qui est proche de la terre, lui laissant son cours libre dans le haut de l'air où sont les nuées élevées : mais quand deux vents contraires sont également forts & de même largeur & hauteur, ils s'arrêtent l'un l'autre & font un calme à l'endroit de leur rencontre, & y aiant amassé beaucoup d'air ils le pressent & le mettent en ressort; d'où il arrive que cet air, pour se mettre en liberté, reflue de part & d'autre, & fait deux autres vents contraires qui ont leur origine en cet endroit.

S'il

S'il fait un vent de *Sud* en hiver qui vienne de loin, il peut pousser des nuées fort élevées, parce que soufflant en ligne droite selon une tangente, il s'éloigne de la terre de plus en plus en s'avançant; & enfin aiant beaucoup condensé l'air supérieur, le ressort de cet air peut faire un vent de *Nord* proche de la terre qui poussera de la pluie ou de la neige; ce que j'ai vû arriver plusieurs fois. On pourra expliquer de même tous les vents qui règnent par toute la terre par ces différentes causes, tant générales que particulières.

A l'égard des orages & des grandes tempêtes, il est difficile de les expliquer par des causes ordinaires. On remarque que lorsqu'en Eté il fait des pluies épaisses & à grosses goutes, elles sont toûjours accompagnées d'un vent très-violent qui les précéde de quelques secondes, & que sa violence cesse aussi-tôt que la nuée est passée. J'explique ces orages, dont quelques-uns sont capables de renverser des arbres & enlever les toits des maisons, en la manière suivante:

Lorsque deux vents assez larges inclinés l'un à l'autre de 15 ou de 16 degrez viennent de loin, & qu'aiant ramassé & poussé devant eux toutes les vapeurs qu'ils rencontrent, & en aiant formé chacun une nuée épaisse, ils viennent à se rencontrer; ils condensent l'air dans le lieu de leur rencontre, & le mettent en un grand ressort, & selon les régles de la percussion ils le font aller plus vîte d'un tiers à peu près que chacun d'eux. Supposant donc que ces vents aillent d'une vitesse à faire 24 pieds en une seconde, qui est la vitesse ordinaire des vents incommodes, & contre lesquels on a peine d'aller; le vent composé des deux ira avec une vitesse à faire 32 pieds en une seconde, & la nuée épaisse qu'ils poussent étant élevée d'une demi lieuë ou d'un quart de lieuë, les goutes de pluie qui s'y forment, sont grosses d'environ trois lignes de diamétre, & acquiérent leur vitesse complette à pouvoir faire 32 pieds par seconde après 100 pieds de descente, comme il a été expliqué à la fin du *Traité de la Percussion.* Chaque goute entraîne en tombant depuis la hauteur de la nuée deux ou trois fois autant d'air qu'elle est grosse; ce qui se prouve par l'expérience d'une petite balle de plomb qu'on laisse tomber dans un seau d'eau: car dès qu'elle a touché le fond, il s'en éléve deux ou trois bulles d'air aussi grosses qu'elle, lesquelles ne peuvent procéder que de l'air qui la suit jusques au fond de l'eau. Or l'on sçait que dans beaucoup de lieux on se sert de certains soufflets pour faire fondre la mine de fer dans les fourneaux par la seule chûte de l'eau; ce qui se fait ainsi: On a un tuyau de bois ou de fer blanc de 14 ou 15 pieds de hauteur & d'un pied de diamétre, qui est soudé dans une médiocre cuve renversée, dont le bas est posé sur un terrain, en sorte que pour peu d'eau qui y tombe, elle ferme les ouvertures, & l'air n'y peut plus passer: on laisse au haut du tuyau une ouverture de trois ou quatre pouces de diamétre, dans laquelle on met un entonnoir, dont le goulet est de la même grosseur; & on y fait tomber de 15, 20, ou 30 pieds de hau-

hauteur l'eau de quelque fontaine, dont la largeur en tombant eſt à peu près égale à l'ouverture de l'entonnoir, en ſorte qu'il ne peut s'y amaſſer de l'eau que de 5 ou 6 pouces de hauteur. Cette eau tombant entraîne avec elle beaucoup d'air, qui la ſuit juſques au-deſſous de l'entonnoir, & même juſques au fond de la cuve, lequel ne peut reſſortir par l'entonnoir à cauſe de la peſanteur de l'eau qui continue de tomber, & de la viteſſe de ſon mouvement: on met à côté de la cuve un tuyau qui va en étréciſſant juſques auprès du trou du fond du fourneau, où le charbon doit être ſoufflé; & l'air preſſé & enfermé dans la cuve, ne pouvant ſortir par en-haut à cauſe de la chûte impétueuſe de l'eau qui occupe le trou de l'entonnoir, ni par en-bas à cauſe de l'eau qui s'y amaſſe, & qui s'éléve d'un pied ou de deux par-deſſus les fentes qui reſtent entre la terre du fond & les douves de la cuve, il eſt contraint de ſortir avec une très-grande force par le bout du canal, de manière qu'il fait le même effet pour ſouffler le charbon, que les plus grands ſoufflets de cuir dont l'on ſe ſert ailleurs. Il doit donc arriver que l'eau qui tombe de la nuée en groſſes goutes & en grande abondance, entraînant beaucoup d'air, comme il a été prouvé, cet air ne peut remonter quand il eſt proche de la terre, à cauſe des autres goutes qui tombent avec impétuoſité: il ne peut auſſi s'étendre vers le derrière de la nuée, parce qu'il eſt ſoûtenu par le grand vent qui la chaſſe; ni même par les côtez ou fort peu, parce que le même vent preſſe la nuée par les deux côtez. Il reſte donc que tout ſon effort ſe faſſe vers le devant de la pluie, & que cet effort joint à celui du vent qui emporte la nuée, ſoit environ deux fois plus vîte que le vent qui la pouſſe, & que ce vent augmenté faſſe plus de 60 pieds en une ſeconde; alors il peut renverſer des arbres, comme on le prouvera enſuite. Il ne peut précéder la pluie que d'environ trois ou quatre cent pas pour l'ordinaire, par la raiſon qui a été dite, qu'un eſpace d'air de telle viteſſe qu'il ſoit pouſſé, ne peut continuer ſon mouvement bien loin en ligne droite ſi la cauſe de l'impulſion ceſſe. Je me ſuis confirmé dans cette hypothèſe en voïant d'un lieuë de diſtance une nuée épaiſſe d'où il tomboit de la pluie: car du côté d'où venoit le vent, les goutes tomboient preſque toutes droites: mais dans le milieu & juſques aux premières goutes, elles faiſoient un angle de plus de 45 degrez comme en la figure 6e, à laquelle A B eſt la nuée, B D le côté d'où vient le vent, & G H les goutes les plus avancées.

TAB. XII I. Fig. 6.

La même choſe doit arriver par la grêle; & même ſi elle étoit fort épaiſſe, & les grains fort gros, ils entraîneroient davantage l'air du haut en bas, & feroient une tempête encore plus impétueuſe, dont la viteſſe pourroit être de 75 pieds par ſeconde. Les grands vents qui ſe font ſans pluie, peuvent procéder de la combinaiſon de trois ou quatre cauſes, & ils viennent ordinairement du *Sud-Sud-Ouëſt*. Il peut donc arriver qu'en même tems il s'éléve une très-grande quantité de vapeurs & d'exhalaiſons dans l'*Affrique*; qu'il y faſſe très-chaud trois ou quatre

tre jours de suite; que les terres septentrionales se refroidissent; & que la lune descendant vers son périgée de son plus haut apogée, il se fasse un reflux de l'air qui a été porté par un *Nord-Est*: ces quatre causes ensemble feront un vent assez impétueux qui régnera successivement depuis l'*Affrique* jusques en *Angleterre*.

J'observai un jour une grande tempête à *Paris* venant du *Sud*, & j'appris ensuite par des relations assûrées, que deux ou trois jours auparavant il s'étoit fait un furieux orage vers les côtes d'*Alger*: cette ville est à peu près dans le même Méridien que *Paris*; si ce vent faisoit 30 pieds par seconde, il pouvoit arriver en deux jours d'*Alger* à *Paris*. Pour expliquer les ouragans qu'on sent presque tous les ans dans quelques-unes des Isles *Antilles*, il faut avoir recours à quelques autres causes: 1°. parce que ces tempêtes sont beaucoup plus violentes, & font plus de 100 pieds en une seconde: 2°. qu'elles ne durent que sept ou huit heures: 3°. qu'elles ne se font guéres souvent ailleurs, que dans quelques-unes de ces Isles: 4°. qu'elles commencent ordinairement par un *Nord-Ouëst*, qui se change successivement en d'autres vents, sçavoir l'*Ouëst*, le *Sud-Ouëst*, le *Sud*, le *Sud-Est*, le *Nord-Est*, & le *Nord*: 5°. qu'on trouve dans les mers voisines de ces Isles quantité de poissons morts, & qu'on y sent des tremblemens de terre. De toutes lesquelles circonstances on peut conjecturer, que de la terre qui est au fond de ces mers, il se fait des éruptions d'exhalaisons salpétreuses & sulfurées en plusieurs endroits successivement qui ne peuvent être remarquées, parce que les vaisseaux qui se trouveroient en ces endroits, seroient submergés: & il peut arriver que les premières éruptions s'étant faites du côté des terres du continent de l'*Amérique*, le vent qu'elles excitent du *Nord-Ouëst*, peut se réfléchir contre les côtes de la *Cayenne*, & celles qui en sont voisines; & s'y faisant en même tems de nouvelles éruptions, les premières aiant cessé, le vent doit augmenter & venir du côté de *l'Ouëst*, comme l'assûrent ceux qui en ont senti les effets; & ces éruptions de feux & d'exhalaisons salpétreuses & sulfurées doivent faire mourir quantité de poissons aux endroits où elles s'élévent. Ceux qui auront vû plusieurs de ces ouragans, & qui en auront remarqué beaucoup d'autres circonstances, pourront les expliquer avec plus de certitude.

SECONDE PARTIE.

DE L'ÉQUILIBRE DES CORPS FLUIDES.

PREMIER DISCOURS,

De l'Equilibre des Corps Fluides par la pesanteur.

Pour bien expliquer l'équilibre des corps fluides entre eux ou avec les autres corps, on peut se servir des régles suivantes:

I. RÉGLE.

UN corps ne résiste à être élevé de bas en haut, que selon qu'on l'éloigne du centre de la terre, & on peut mouvoir un corps très-pesant avec une très-petite force, si on ne lui fait point changer de distance à l'égard de ce même centre.

L'expérience s'en fait en cette sorte:

Aïez un grand baquet plein d'eau dans un lieu fermé où il ne fasse point de vent: faites nager sur la surface de l'eau le vaisseau G grand & pesant, & y attachez un très-petit fil de soie HI, & le tirez en sorte qu'il ne se rompe pas, c'est-à-dire, avec très-peu de force; le vaisseau G suivra le filet: & quoiqu'il se fasse de petites vagues dans l'eau du baquet, & qu'il faille un peu de force pour la diviser; cela n'empêchera pas que le vaisseau n'aille assez vîte quand il sera proche du point D, si on accélére peu à peu son mouvement. Il est vrai que si on vouloit donner d'abord une vitesse considérable au vaisseau G, on romproit le filet, & même une corde assez forte, presque de même que si elle étoit attachée à un corps inébranlable; parce qu'un corps fort pesant ne peut recevoir un grand mouvement tout à coup que par une très-grande force.

TAB. XIII. Fig. 7.

On confirmera encore cette vérité, si on suspend un très-grand poids à une longue corde en un lieu ouvert; car le moindre vent lui donnera du mouvement, quoiqu'il ne puisse se mouvoir sans s'éloigner un peu plus du centre de la terre que quand il est en repos. De-là on voit la raison pourquoi il est facile de soûtenir une boule comme D très-pesan-

TAB. XIII. Fig. 8.

te

te ſur un plan fort incliné, comme A B: car étant traînée ou pouſſée depuis A juſques à B, elle ne s'éléve à l'égard du centre de la terre, que de la ligne B C, qu'on ſuppoſe perpendiculaire à la ligne horiſontale A C; au lieu que ſi on l'avoit élevée perpendiculairement en même tems juſques à une hauteur égale à A B, elle auroit agi par toute ſa peſanteur, & il auroit falu une force beaucoup plus grande pour l'élever.

II. RÉGLE.

SI deux corps ſans reſſort de même matière ſe choquant horiſontalement & directement ont leurs quantitez de mouvement égales, c'eſt-à-dire, ſi leurs viteſſes ſont réciproques à leurs groſſeurs, au moment du choc ils feront équilibre: on ſuppoſe, que les corps d'une même matière ont leurs poids proportionnés aux quantitez de leurs matières.

Suivant cette régle, ſi un poids de deux livres allant avec une viteſſe de quatre degrez en rencontre directement & horiſontalement un autre de quatre livres qui ait deux degrez de viteſſe, ils s'arrêteront l'un l'autre, & feront équilibre. Mais ſi le premier de deux livres va ſix fois plus vîte qu'un autre de dix livres, il l'emportera; car le produit de 2 par 6, qui eſt douze, eſt plus grand que le produit de 10 par l'unité; on ſuppoſe que ces poids s'attachent enſemble en ſe rencontrant. De-là on prouve facilement le principe de Méchanique, qui a été mal prouvé par *Archiméde*, par *Galilée*, & par pluſieurs Auteurs; ſçavoir, que lorſqu'en une balance les poids ſont réciproques à leurs diſtances du centre de la balance, ils font équilibre. Car ſoit la balance B A C; A le centre du mouvement; A C quadruple de A B; le poids B quadruple du poids C. Je dis que l'un des poids n'emportera pas l'autre: car que le poids B, s'il eſt poſſible, emporte l'autre: or il ne peut ſe mouvoir avec quelque viteſſe que ce ſoit par l'arc B D en deſcendant, qu'il ne faſſe aller le poids C 4 fois plus vîte par l'arc C E, puiſque le demi diamétre A C eſt quadruple du demi diamétre A B, & alors les quantitez de mouvement de ces deux corps ſeroient égales, & une quantité de mouvement en auroit forcé une qui lui ſeroit égale; ce qui eſt impoſſible, puiſqu'elles doivent faire équilibre par cette ſeconde régle. Par la même raiſon le poids C ne pourra deſcendre: mais ſi on l'éloigne un peu plus du point A, il deſcendra; car alors il pourra donner à l'autre poids une moindre quantité de mouvement que celle qu'il prendra, & par conſéquent il le forcera. Et c'eſt une choſe aſſez étrange que le poids B étant de trente livres & le bras A B d'un pied, on ne pourra ſoûtenir ce poids en mettant la main deſſous, & qu'on ſoûtiendra facilement le poids d'une livre à 31 pieds du point A, ſi le poids B eſt ôté; car il n'aura que le poids d'une livre quand même on le mettroit à 100 pieds de diſtance du point A: & cependant ſi l'on met en

TAB. XIII. Fig. 9.

en même tems le petit poids à 31 pieds de distance du point A, & le gros à un pied, le petit emportera le grand; ce qui ne peut arriver que parce qu'il est disposé à donner en descendant une moindre quantité de mouvement au poids B que celle qu'il prend, & qu'ils agissent tous deux de toute la force de leurs poids par la première régle, parce qu'ils ont une même direction vers le centre de la terre.

III. RÉGLE.

Lorsque deux poids n'ont pas la même direction vers le centre de la terre, & qu'ils sont disposés en sorte que l'un ne puisse se mouvoir, qu'il ne fasse mouvoir l'autre aussi vîte; il ne faut pas estimer la force de chacun par sa simple quantité de mouvement, mais par une quantité de mouvement respective, qui se trouve en multipliant chaque poids par sa vitesse à l'égard de son approche ou de son recul du centre de la terre.

EXPLICATION.

TAB. XIII. Fig 10. A est un poids suspendu à la poulie B par EBA, qui soûtient aussi la boule CD par le moïen de deux cordelettes attachées à l'essieu de la boule, & au point E de la corde ABE. HG est une ligne horisontale. HF est perpendiculaire. EB est parallele au plan incliné GF représenté par la ligne GF. Il est manifeste que la boule est disposée à aller aussi vîte que le poids A, soit que le poids A descende, ou que la boule en descendant le fasse monter; mais lorsqu'elle aura parcouru l'espace FG en descendant obliquement; elle ne se sera approchée du centre de la terre que de la distance FH: on considere tous les points de la ligne HG de deux ou trois pieds de longueur, comme s'ils étoient également distans du centre de la terre, à cause que la différence en est insensible. Afin donc de sçavoir les forces de ces poids ou leurs quantitez respectives de mouvement, il faut multiplier le poids de la boule CD par la longueur FH, & celui de la boule A par une longueur égale à FG, puisque cette dernière boule fait autant de chemin en montant ou en descendant que la boule CD, & qu'elle va directement vers le centre de la terre. Or si FG est triple de FH, & que le poids de CD soit triple du poids A, on verra qu'il se fera équilibre entre ces poids; ce qui procéde des causes expliquées dans les deux premières régles. Que si l'on ajoûte quelque petit poids ou au poids A, ou au poids B, il descendra & fera monter l'autre faisant abstraction du frottement de la poulie & de l'essieu. On expliquera de même les équilibres qui doivent arriver quand le plan FG sera plus ou moins incliné, en y appliquant les mêmes régles, lesquelles on pourra appeller principes d'expérience ou loix de la nature.

TAB. XIII. Fig. 11. Que si les poids comme A & B, en la figure 11e, sont sur des plans dif-

différemment inclinés, comme CD, CF; DF étant supposée horisontale & CG perpendiculaire à DF; il faudra pour faire l'équilibre que le poids B soit au poids A comme la ligne CF à la ligne CD, & on le prouvera par les mêmes régles. Car si FH est prise égale à CD & qu'on tire HI parallele à CG, il est manifeste que pendant que le poids B iroit de F en H, le poids A iroit de C en D. Donc CG seroit la mesure de la vitesse du poids A à l'égard du centre de la terre, & HI celle du poids B allant de F en H en même tems. Mais comme FC à FH, ainsi CG à HI; & par la troisième régle le poids B doit être au poids A, comme CG à HI, c'est-à-dire, comme FC à CD pour faire l'équilibre. Et par conséquent ces poids ainsi disposés s'arrêteront l'un l'autre.

La même chose arrivera à des poids attachés aux extrémitez des rayons d'une rouë: c'est-à-dire, qu'afin que le poids A situé à l'extrémité du rayon KA fasse équilibre avec le poids B, la ligne AK étant horisontale & la ligne BK élevée de soixante degrez sur AKF; il faut que le poids B soit double du poids A. Car la ligne BF étant tirée perpendiculaire au rayon KB jusques à ce qu'elle rencontre la ligne AKGF, le plan BF sera élevé de 30 degrez, & la perpendiculaire BG ne sera plus que la moitié de BF. Donc le mouvement du poids B vers F se faisant au commencement selon la tangente BF, ne s'avancera vers le centre de la terre que de l'espace BG, moitié de BF: au lieu que le poids A aura sa direction selon la tangente MAH, perpendiculaire à AKF, laquelle s'éloigne directement de ce centre; & par conséquent il sera disposé à aller deux fois plus vîte à l'égard de ce même centre que le poids B. Mais comme FB, à BG, ainsi le rayon KB ou AK, à KG. Donc le poids B sera le même effet à l'égard du poids A, que s'il étoit en G; c'est-à-dire, que si AK est la mesure de la vitesse du poids A, KG sera la mesure de la vitesse du poids B. Mais AK est double de KG, comme FB est de BG. Donc le poids A sera réciproquement au poids B comme KG à KA, & par la 2e. & 3e. régle ces poids ainsi disposés feront équilibre, & l'un ne forcera pas l'autre. TAB. XIII. Fig. 12.

La même chose arrivera à des puissances qui étant attachées aux extrémitez des rayons égaux d'une rouë tireront obliquement ou directement. Car soit au point L dans la ligne BG continuée directement en L une puissance tirant par la corde LB attachée en B selon la direction BL; & une autre puissance en M, tirant selon la tangente AM par la corde AM attachée au point A. Si ces puissances sont égales, elles ne feront point équilibre: mais la puissance en M forcera l'autre, & pour faire équilibre il faudra que la puissance en L soit à la puissance en M comme la ligne AK à la ligne KG; ce qui procéde de ce que la puissance en L ne fait point venir à soi directement le point B, mais il va selon la tangente BF au commencement du mouvement, & qu'en

même

même tems la puiſſance en M va directement ſelon la tangente HAM. Or ſi l'on ſuppoſe BN indéfiniment petite dans la tangente BF, & que NQ ſoit perpendiculaire à BL, il eſt évident que le point B étant en N, le point L ſera venu en P, ſi NP eſt parellele & égale à BL; & LR & QN étant paralleles à AF, RP ſera égale à BQ, & LP à BN. Or la puiſſance attachée au point M ſe ſera avancée ſelon la direction d'effort AM d'une ligne égale à BN ou LP, & la puiſſance en L ne ſe ſera avancée en même tems ſelon la direction d'effort BL ou NP, que de la ligne RP qui n'eſt que la moitié de BN ou LP, comme BG n'eſt que la moitié de BF. Donc il faudra pour faire équilibre entre les deux puiſſances, que celle qui eſt au point L, ſoit double de celle qui eſt au point A, celle-ci tirant ſelon la tangente HAM, & l'autre ſelon la direction BL, qui fait un angle de 30 degrez avec le rayon KB, de même qu'il faut que le poids B ſoit double du poids en A, afin qu'ils faſſent équilibre.

De ces trois principes d'expérience on tire une régle générale pour toutes les forces mouvantes. Cette régle ou principe univerſel eſt tel.

PRINCIPE UNIVERSEL DE LA ME'CHANIQUE.

Lorſque deux poids ou deux autres puiſſances ſont diſpoſées en ſorte que l'une ne puiſſe ſe mouvoir qu'elle ne faſſe mouvoir l'autre, ſi l'eſpace que doit parcourir un des poids ſelon ſa direction propre & naturelle, eſt à l'eſpace que doit parcourir l'autre en même tems ſelon ſa direction propre & naturelle, réciproquement comme ce dernier poids eſt au premier; il ſe fera équilibre entre les deux poids: mais ſi l'un des poids eſt en plus grande raiſon à l'autre, il le forcera.

On peut prouver par ce principe un effet ſurprenant qu'on ne peut pas prouver facilement par d'autres hypothèſes: ſçavoir, que s'il y a plu-
TAB. XIII. Fig. 31. ſieurs bras égaux attachés à un même eſſieu A, comme AB, AC, & qu'on mettre un poids E ſur le bras AB, & un autre *b* ſur le bras AC au point F, en ſorte que les diſtances AE, AF ſoient égales, le poids en F étant rond & non attaché au point F, de manière qu'il puiſſe rouler de F en C, mais qu'il en ſoit empêché par une glace de verre G C *g* très-polie ſituée perpendiculairement; alors pour faire l'équilibre il faudra que le poids E ſoit beaucoup plus grand que le poids *b*, ſçavoir en la raiſon de AE à AH, ſi HF eſt une ligne perpendiculaire à BAGK; ce qui eſt le contraire de ce qui arrive quand le poids F eſt attaché au plan incliné AFC, car il faut alors pour l'équilibre que le poids F ſoit plus grand que le poids E en la même raiſon de EA à AH, comme il a été expliqué dans la figure précédente.

Pour prouver ce paradoxe, ſoit tirée la ligne *f b e* horiſontale paſſant par le centre de la boule *b*; il eſt évident que le point *e* eſt plus haut que

que le point d'appui F, & que *be* eſt un peu plus grande que le demi diamétre *bf*. Mais pour faire cette démonſtration, on ſuppoſe le triangle F*hd* indéfiniment petit, & le point F joint au point *e*, & que la perpendiculaire F*h* paſſe par ce point. Or la boule *b* en deſcendant ſera tourner en rond le point C par l'arc C*d*; & ſi *dg* eſt égale au diamétre de la boule, le même bras ſera en la ſituation A*hd* lorſque le diamétre de cette boule ſera arrivé en *dg*, & le point d'appui F aura décrit l'arc F*h* en même tems que le centre de la boule ſera deſcendu par un eſpace égal à *ed*. Mais, ſi à cauſe de la petiteſſe de l'arc on prend l'arc F*h* pour ſa tangente, on aura le triangle F*hd* ſemblable au triangle AHF, & *d*F ſera à F*h* comme FA ou EA à AH. Et parce que le poids E ne s'éléve qu'à proportion de la ligne F*h*, l'eſpace paſſé par la boule en deſcendant directement depuis le point F juſques à *d* ſera à l'eſpace paſſé en même tems par le poids E en remontant directement, comme AE à AH. Donc le poids E pour faire l'équilibre doit être au poids *b* comme EA à AH par le Principe univerſel. Et parce que la boule tombe encore d'un peu plus haut que le point F, ſçavoir du point *e*; il s'enſuit que les poids étant ſelon cette raiſon, le poids *b* deſcendra, & fera élever le poids E; ce que j'ai trouvé conforme à l'expérience: car aiant diſpoſé le bras AC en ſorte qu'il faiſoit un angle de 60 degrez avec le bras horiſontal AHK, j'obſervai que le poids *b* étant double du poids E, il faiſoit équilibre avec lui quand je l'avois arrêté pour l'empêcher de rouler; mais l'aiant laiſſé libre après avoir mis une glace de miroir repréſentée par CG pour l'empêcher de rouler à côté, il falut mettre le poids double en E, & le ſimple en *b* pour faire l'équilibre, & même ajoûter un petit poids en E. On prouvera par les mêmes raiſons, que ſi l'angle KAC étoit de 45 degrez, il faudroit pour faire l'équilibre, que le poids E fût le plus grand en la raiſon de la diagonale d'un quarré à ſon côté. On ne conſidére point ici que le centre de la boule F eſt un peu à côté du point d'appui.

Ces choſes étant ſuppoſées, on peut expliquer aſſez bien les équilibres des corps fluides.

Le plus léger, c'eſt-à-dire, le moins peſant, des corps fluides eſt la flamme: mais parce qu'elle s'éléve dans l'air, & qu'elle ne ſe tient pas étendue ſur quelques autres corps; elle ne peut faire d'équilibre par ſon poids, mais ſeulement par ſon choc & par ſon reſſort.

L'air qui s'étend au-deſſus de la terre & de l'eau, peut faire équilibre par ſon poids, par ſon choc, & par ſon reſſort, avec les autres corps fluides plus groſſiers, & même avec les corps fermes & durs. On prouve la peſanteur de l'air par les effets du barométre: c'eſt un tuyau étroit de verre, de deux pieds & demi ou de 3 pieds de longueur, ſcellé hermétiquement par un bout; on l'emplit de mercure ſans y laiſſer aucun air, & l'on ferme l'autre bout avec le doigt; & après avoir tourné en-haut le bout ſcellé, on trempe le doigt dans d'autre mercure mis dans

un vaiſſeau; on ôte le doigt qui ſoûtenoit le mercure du tuyau, & alors il en tombe une partie dans le vaiſſeau, & après quelques balancemens il s'arrête enfin dans le tuyau à la hauteur de 27 ou 28 pouces; car ſelon les changemens des vents & de l'air, il monte quelquefois à 28 pouces & demi, & d'autres fois ſeulement à 26 & demi, & ordinairement il s'arrête à *Paris* à 27 pouces & demi environ.

Or cette élévation de mercure ne peut être bien expliquée, qu'en ſuppoſant que la colomne d'air de même largeur que le diamétre intérieur du tuyau péſe autant que les 27 ou 28 pouces de mercure élevés dans le tuyau, en prennant cette colomne depuis la ſurface du mercure qui eſt dans le vaiſſeau, juſques à l'extrémité de la plus haute région de l'air: car ſi l'on porte le barométre au haut d'une montagne ou d'une tour fort élevée, on voit diminuer peu à peu la hauteur du mercure, & ſe réduire à 24 ou 25 pouces, comme étant alors chargé d'une moindre quantité d'air; & ſi l'on deſcend dans des caves ou dans des mines fort profondes, il ſe hauſſe peu à peu à meſure qu'on deſcend, comme étant ſucceſſivement chargé d'une plus grande quantité d'air.

On peut encore connoître le poids de l'air & l'équilibre qu'il fait avec l'eau par les mêmes régles, en ſuppoſant qu'un pouce de mercure péſe autant à peu près que 13 pouces d'eau, comme je l'ai connu par des expériences que j'en ai faites: car 28 pouces de mercure péſeront autant à peu près que 383 pouces d'eau, qui font un peu moins que 32 pieds: d'où il s'enſuit que, lorſque le poids de l'air fera monter le mercure à 28 pouces quelques lignes, il fera monter l'eau dans un tuyau de 35 ou 40 pieds juſques à 32 pieds; & que lorſqu'il ne s'éléve qu'à 27 pouces $\frac{1}{2}$, l'eau ne doit s'élever qu'à 31 pieds à peu près; ce qui s'eſt trouvé aſſez conforme à quelques expériences que j'en ai faites à l'Obſervatoire en la manière ſuivante: Je fis faire à Monſieur *Hubin*, Emailleur, un tuyau de verre de 40 pieds de hauteur, qu'il ajuſta dans du bois creuſé afin qu'il ne ſe rompît pas en le maniant; il étoit de 5 ou 6 piéces, qu'il ſouda dans la grande ſale de l'Obſervatoire; & on éleva l'un des bouts juſques au haut de la platte-forme par l'ouverture qui y eſt, qui répond perpendiculairement au noyau creux du degré de la cave: on le deſcendit enſuite peu à peu juſques dans ce noyau, & on l'arrêta en le liant en pluſieurs endroits à la rempe de fer: enſuite aiant été rempli d'eau après avoir fermé le bout d'en-bas, on appliqua au haut un bouchon de verre qui fermoit exactement le tuyau, & on y mit encore une veſſie pour le mieux ſceller: on emplit auſſi d'eau un petit vaiſſeau qui étoit au-deſſous de l'autre bout juſques à ce qu'il trempât dans l'eau, & après qu'il fut débouché, l'eau tombant deſcendit juſques à 12 pieds environ, mais il en ſortit tant de bulles d'air qu'on ne put remarquer où elle étoit remontée; enfin elle demeura à la hauteur de 29 pieds, à cauſe du reſſort de l'air des bulles qui étoient ſorties de l'eau, & montées au haut du tuyau. Deux jours après on y remit de

l'eau

l'eau qui avoit été bouillie un peu auparavant pour en faire sortir la matière aërienne; on fit l'expérience de même, & l'eau après quelques balancemens s'arrêta à 29 pieds 4 pouces environ; on la vit monter peu à peu plus haut, & s'arrêter à 30 pieds 2 pouces, sans que les autres barométres eussent changé. J'en attribuai la cause à ce que l'eau qu'on y avoit remise, étoit mêlée d'un peu de bouë, & par conséquent pesoit plus que l'eau nette; mais cette bouë descendit en peu de tems au fond du petit vaisseau, & par ce moïen l'eau devenant peu à peu plus légére, elle montoit peu à peu plus haut. Deux jours après j'observai que les barométres communs étant à 27 pouces 9 lignes, l'eau de ce grand tuyau étoit montée à 30 pieds 8 pouces; elle seroit montée un peu plus haut, s'il ne s'y fût pas élevé quelques bulles d'air qui la firent baisser: le barométre commun étant à 28 pouces, elle monta encore plus haut, & descendit ensuite quand le barométre commun revint au-dessous de 28 pouces. D'où je connus que les barométres d'eau ont des changemens proportionnés à ceux de mercure, & qu'on peut prendre 32 pieds d'eau pour la plus grande hauteur à peu près de ces barométres, lorsque l'eau dont ils sont remplis, est de celles qui sont les moins pesantes, & que la matière aërienne en est sortie.

Pour la facilité du calcul on suppose ici que le poids de l'atmosphére fait précisément équilibre avec 32 pieds d'eau douce, & que le mercure pése 14 fois davantage précisément.

On prouve encore le poids de l'air par une expérience assez curieuse. On prend une bouteille de verre A B, à laquelle on fait une ouverture de deux ou 3 lignes comme en C: on met dans le col G un tuyau de verre D E d'environ deux lignes de diamétre, & on l'y soude avec un mélange de cire & de térébentine ou avec de la poix, en sorte que l'air ne puisse passer entre-deux: ensuite on remplit la bouteille d'eau par l'ouverture C en la couchant, & meme le tuyau E D en tenant fermé le bout D: & lorsqu'on pose la bouteille en sa situation perpendiculaire, l'eau qui est dans le tuyau descend jusques en E, & il en sort autant par l'ouverture C, si l'extrémité E du tuyau est à la même hauteur que le milieu de l'ouverture C: que si le tuyau s'étend au-dessous de l'ouverture comme jusques en I, l'eau cessera de couler, le tuyau étant vuide jusques à E, & la bouteille demeurera pleine d'eau jusques à la soudure vers G: que si le bout du tuyau est un peu plus haut que le dessus de l'ouverture C comme en L, & qu'il ait deux ou trois lignes de largeur; alors on verra sortir de l'air par ce bout ouvert, & remonter au haut de la bouteille, & l'eau sortir en même tems par l'ouverture C jusques à ce qu'il n'y en ait plus au-dessus du point C. Ces effets s'expliquent en la manière suivante: TAB. XIV. Fig. 14 15

Le poids de l'air extérieur fait effort vers l'ouverture C, pour repousser l'eau qui fait effort par son poids pour sortir, & l'air qui est au-dessus du tuyau E D fait aussi un effort & agit par son poids sur l'eau

qui y eſt contenue; & ſe joignant au poids de cette eau, il doit forcer le poids de l'air qui agit vers C; ce qui fait que l'eau du tuyau deſcend juſques en E, & alors l'air fait effort d'un côté en E, & de l'autre en C, & ſoûtiennent conjointement l'eau de la bouteille depuis E & C juſques à A H, & elles la ſoûtiendroient quand même la hauteur C H ſeroit de trente pieds, le bout du tuyau étant au-deſſous du bas de l'ouverture C. Mais lorſque le tuyau ne deſcend que juſques en L, alors l'eau depuis L juſques en E jointe au poids de l'air qui péſe ſur L, force l'air en C, & l'eau coule par C pendant que l'air deſcend de D en L, & entre goute à goute dans l'eau par le bout ouvert L, & s'éléve au-deſſus de la ſurface de l'eau qui eſt au-deſſous du col de la bouteille. Si l'on penche la bouteille en ſorte que le point L & le milieu de l'ouverture C ſoient en même ligne horiſontale, on verra la moitié d'une goute d'air qui paſſera au-deſſous du point L, mais qui ne ſe ſépar era pas du reſte, ſi l'on ne rehauſſe un peu le bout L.

Lorſqu'on a laiſſé entrer de l'air dans la bouteille en ſorte que la ſurface de l'eau ſoit en N O, & qu'on échauffe cet air avec la main pour le faire dilater, on fait ſortir quelques goutes d'eau par C, quoique le bout du tuyau ſoit au-deſſous de cette ouverture, & l'eau deſcendra comme juſques en *p q*: mais ſi on laiſſe refroidir cet air, on verra pendant quelque tems entrer des goutes d'air par C, à cauſe que l'air qui étoit deſcendu juſques en P Q, ſe remet dans ſa première étenduë depuis N O juſques à A H; & n'y aiant point d'eau pour remplir l'eſpace N O P Q, il faut que l'air y vienne du dehors par l'ouverture C.

L'eau n'a point de reſſort ſenſible, & elle ne fait équilibre avec les autres matières que par ſon ſeul poids ou par ſon choc. Le premier équilibre qu'on y peut remarquer à l'égard de l'air, eſt qu'étant réduite à de très-petites goutes, elle devient plus légére que l'air, & s'éléve en vapeur, comme il a été dit ci-devant. On ne peut dire quelle petiteſſe doit avoir une petite parcelle d'eau pour faire équilibre avec l'air proche de la terre, parce que celles qui ſont un peu plus légéres que cet air, ou un peu plus peſantes, ſont inviſibles ſéparément. On peut encore difficilement trouver la cauſe de ce qu'elles s'élévent: car ce n'eſt pas le mélange de l'air, puiſqu'elles péſeroient encore plus que l'air pur; ce n'eſt pas la chaleur, parce qu'on voit des eaux très-froides jetter des vapeurs. On pourroit penſer qu'il y a de très-petits pores dans l'air, où il n'y a aucune matière peſante, dans leſquels les très-petites parcelles d'eau ſe peuvent inſinuer & y monter, & celles qui ſont un peu plus groſſes, n'y pourroient paſſer. Ces petites parcelles font enfin équilibre avec l'air à une diſtance d'une lieuë ou de deux de la terre; & elles y demeurent long-tems ſuſpendues, juſqu'à ce que pluſieurs s'étant jointes enſemble, deviennent plus peſantes; & ſi l'air devenoit très raréfié, elles pourroient tomber.

On en voit l'éxpérience dans les machines pneumatiques; car lorſqu'on

qu'on a pompé une partie de l'air, on voit troubler le récipient par la chûte des vapeurs, qui ne pouvant plus être soûtenues dans l'air à cause de la trop grande raréfaction, tombent en petites goutelettes sur le verre qui les environne. Dans les endroits où il se fait de grandes chûtes d'eau, on y voit s'éléver perpétuellement des vapeurs, qui ne sont autre chose que les parcelles de l'eau brisées par le choc; & quand une bouteille de savon vient à se rompre, une partie de l'eau dont elle est composée, tombe, & le reste qui se réduit en des goutelettes trop petites, s'éléve comme des vapeurs.

I. RÉGLE.

Pour l'Equilibre de l'Eau par son poids.

L'Eau étant dans un vaisseau ou dans plusieurs qui se communiquent, a toûjours ses parties supérieures en même niveau; c'est-à-dire, en égale distance du centre de la terre.

EXPLICATION.

Soit le tuyau recourbé A B C d'égale grosseur, dans lequel on verse de l'eau par le bout A; elle montera aussi haut dans l'autre branche du tuyau; c'est-à-dire, que si D E est une ligne horisontale, & que l'eau dans la branche A G monte jusques en D, elle sera dans l'autre jusques en E, quand on aura cessé de verser, & que l'eau demeurera en repos. TAB. XIV. Fig. 16.

Car premièrement, si les branches sont d'égale largeur & également inclinées à l'horison, tout étant égal de part & d'autre, l'eau ne pourra pas demeurer dans les hauteurs inégales A & F, parce que le poids de l'eau A G sera plus grand que celui de l'eau H F; & par conséquent en descendant il pourra prendre une plus grande quantité de mouvement qu'il n'en donnera à l'autre en montant, puisque leurs vitesses seront égales & leurs directions semblables. Donc par le Principe universel, l'eau ne pourra s'arrêter si elle n'est à une même hauteur dans ces deux branches. Que si l'on ferme avec le doigt le bout C avant que de verser de l'eau par le bout A, & qu'on emplisse d'eau la branche A G jusques à A; l'autre demeurera vuide, & il n'y montera point d'eau ou très-peu à cause de l'air qui l'occupe, si la branche A G n'est que de deux ou trois pieds de hauteur: alors si on léve le doigt, l'eau de la branche A G descendra, & une partie passera dans l'autre branche, & s'élévera comme jusques en E, pendant que de l'autre part elle descendra comme jusques en N; & derechef elle montera comme jusques en D, & descendra jusques en M; & enfin, après plusieurs balancemens elle s'arrêtera de part & d'autre à une même hauteur comme I F.

Lorſqu'en cette expérience l'eau commence à deſcendre de la branche A pour paſſer dans l'autre, elle accélére ſon mouvement, juſques à ce qu'elle ſoit en égale hauteur dans les deux branches, comme en I & F, où doit être l'équilibre, & diminue enſuite de viteſſe peu à peu, juſques à ce qu'elle ſoit aux points N & E; elle redeſcendra de même en accélérant depuis la hauteur E juſques à ce qu'elle ait paſſé le même niveau I F, & diminuera ſon mouvement juſques à ce que l'une des hauteurs ſoit en D, & l'autre en M, & ces balancemens continueront juſques à ce que l'eau ſoit arrêtée en I & F, de la même manière que le plomb d'une pendule accélére ſon mouvement juſques au point de repos, qu'il le diminue en remontant, & qu'il s'arrête enfin aprés pluſieurs balancemens.

TAB. XIV. Fig. 17. La même choſe arrivera dans un vaiſſeau ABCD, où il y aura de l'eau juſques en E F. Car ſi l'on y verſe de l'eau vers F, en ſorte qu'elle s'éléve comme juſques en G; elle ne demeurera point en cet état, lorſqu'on ceſſera de verſer de l'eau nouvelle: car le poids de l'eau G K H C, étant plus grand que celui de l'eau K I L H, L H & H C étant ſuppoſées égales, il forcera cette dernière par les mêmes raiſons, & fera éléver l'eau vers I K, & en même tems la ſurface ſupérieure G K étant en pente, l'eau coulera de G vers I; & par les mêmes raiſons l'eau E B L I s'élévera auſſi: & enfin après pluſieurs mouvemens la ſurface ſupérieure de l'eau ſe mettra de niveau. De-là on pourra expliquer ce qui arrive dans une eau dormante L M, lorſqu'on y jette une pierre comme en N: car la pierre faiſant éléver autour de ſoi l'eau en une vague circulaire, dont O & P repréſentent l'élévation, elle ne pourra demeurer en cette poſition; mais la partie O coulera vers L, & en coulant elle pouſſera & élévera l'eau voiſine R, qui pouſſera & élévera la ſuivante, de manière qu'il ſemblera que la même eau élevée en O, s'avance juſques en L.

TAB. XIV. Fig. 18.

La même choſe arrivera à la partie élevée P, & par ce moïen il ſe fera une vague circulaire qui s'éloignera du point N en s'élargiſſant toûjours juſques aux rivages L & M, s'ils ne ſont pas trop éloignés; & en s'y réfléchiſſant, il ſe fera une vague circulaire nouvelle, qui s'avancera de part & d'autre vers N, & s'agrandira toûjours en circonférence en diminuant de hauteur, juſques à ce que toute l'eau ſupérieure ſe ſoit miſe de niveau.

TAB. XIV. Fig. 19. Soit maintenant les deux branches inégales en largeur, comme en la figure A B C D; l'eau ſe mettra encore à même hauteur, comme E F dans les deux branches, & l'eau E B ne forcera point l'eau C P. Car ſoit la baſe B G, qu'on ſuppoſe quarrée, ſeize fois plus grande que la baſe C; & s'il eſt poſſible, que l'eau deſcende de E juſqu'en I, & qu'elle monte de l'autre part juſqu'en D: celle qui ſera deſcendue de E en I, ſera égale à celle qui eſt en F D; & les deux petits cylindres F D & E I auront leurs hauteurs réciproques à leurs baſes. Donc comme

me 16 à 1, ainsi la hauteur FD à EI. Or le cylindre EB étant 16 fois plus grand que le cylindre CF, il pésera 16 fois davantage. Mais l'espace passé en même tems par le petit cylindre sera aussi 16 fois plus grand que l'espace passé par le grand cylindre, & leurs directions sont les mêmes étant perpendiculaires. Donc leurs vitesses auroient été reciproques à leurs poids, & ils auroient eu une égale quantité de mouvement; ce qui est impossible: car par le Principe universel ces cylindres d'eau doivent faire équilibre, & l'un ne peut pas faire mouvoir l'autre, puisqu'ils sont disposés à prendre une égale quantité de mouvement selon la même direction.

Que si l'on verse de l'eau dans ce tuyau étroit jusques en D, elle ne pourra s'y arrêter que lorsque l'autre branche sera pleine jusques à A. Car soit la hauteur FD d'un pouce & sa base un pouce, & FC dix pouces; donc toute l'eau CD sera d'onze pouces cubes, & l'eau BE 160 pouces cubes. Si donc toute l'eau CD descend d'un pouce, l'eau EB montera de $\frac{1}{16}$ de pouce, sçavoir de la hauteur EL; & l'espace EL sera la mesure de la vitesse de l'eau BE, comme DF est celle de l'eau CD. Or 160 multipliés par $\frac{1}{16}$ donne 10 de quantité de mouvement, & 11 multiplié par 1 donne 11 : donc la quantité de mouvement de l'eau DC sera plus grande que celle de l'eau BE, ou ce qui est la même chose, la vitesse de l'eau de la petite branche aura plus grande raison à la vitesse de l'eau de la grande branche, que le poids de cette dernière au poids de l'autre; & par le Principe universel l'eau du petit tuyau descendra. On tirera les mêmes conséquences pour les autres hauteurs inégales jusqu'à ce que les deux surfaces des eaux de ces branches soient de niveau, & elles ne s'arrêteront point qu'elles ne soient à même hauteur.

On peut encore considérer l'eau en AG, comme si elle étoit divisée selon sa longueur en seize petites colomnes quarrées, chacune égale à la petite colomne quarrée CD: & parce qu'aucune de ces petites colomnes ne peut monter plus haut ni descendre plus bas que les autres, on doit juger de même de la petite colomne CD, quoiqu'elle ne leur soit pas contigue.

De-là il s'ensuit, que si on met un corps flottant sur l'eau de la branche AB, & que le poids de ce corps soit égal à celui de l'eau qui occuperoit la hauteur AE après qu'on l'auroit ôté; l'eau de la petite branche demeurera toûjours à la hauteur CD, & il se fera équilibre entre l'eau CD & l'eau BE jointe au poids du corps flottant, par les mêmes raisons ci-dessus.

Lorsque la petite branche est très-menue, comme d'une demi ligne, ou d'un tiers de ligne, l'eau y monte plus haut qu'en l'autre branche d'un pouce ou de deux; ce qui arrive aussi quand on trempe dans l'eau un tuyau de verre, dont le diamétre est moindre qu'un quart de ligne; car elle s'y éléve à la même hauteur d'un pouce ou de deux par-dessus

le

le reste de la surface de l'eau, & toute cette eau qui s'éléve au-dessus du niveau dans les tuyaux-très-menus ou dans ceux qui le sont médiocrement, comme d'une ligne ou d'une demi-ligne, est égale sensiblement à une grosse goute d'eau qui étant attachée à quelques corps demeure suspendue sans tomber.

On voit le même effet dans l'expérience de la bouteille ci-dessus: car si le tuyau est très-étroit, comme d'une demi-ligne, l'eau n'y descendra que jusques vers L environ un pouce au-dessus de E, & alors cette cause particulière d'adhésion résiste à l'effort de l'air qui est sur l'eau dans le tuyau; & plus le tuyau est étroit, plus le point L sera élevé.

Quelques-uns attribuent la cause de cet effet au poids de l'air, qui agit pleinement sur l'eau du tuyau large, & ne peut bien agir sur celle du tuyau étroit. Mais on doit rejetter cette cause. Car si l'on plonge un semblable tuyau dans du mercure, il n'y monte pas si haut que le niveau du reste du mercure, & toutesfois le poids de l'air y doit agir de même qu'à l'égard de l'eau: & meme si l'on trempe dans l'eau un de ces tuyaux étroits qui n'ait qu'un demi pouce de hauteur, l'eau y monte jusques au haut, quoiqu'alors l'air n'ait point de peine à s'y insinuer: joint à cela que si ce tuyau est gros, ou qu'il ait été laissé longtems sans être mouillé, il contracte un certain enduit où l'eau ne s'attache point; & alors l'eau ne s'y éléve pas au-dessus du niveau, quoique la cause du défaut du poids de l'air demeure la même sans changemens. Il faut donc expliquer cet effet par les mêmes causes qui font élever l'eau qui est dans un vaisseau de bois vers les bords jusques à plus d'une ligne & demi de hauteur avec une petite concavité, & qui font joindre deux goutes d'eau l'une à l'autre quand elles se touchent; desquelles causes on a parlé dans le premier Discours assez au long.

TAB. VIX. Fig. 20. On voit un effet surprenant de l'équilibre dans l'expérience suivante: Aïez un tonneau de bois large de deux ou trois pieds ABCD, plein d'eau, enfoncé par les deux bouts: faites une ouverture au fond d'enhaut comme en E, pour y mettre un tuyau d'un pouce de largeur, si bien joint avec de la poix & de la filasse ou avec quelqu'autre matière, que l'air n'y puisse entrer, & que ce tuyau étroit, sçavoir EF, ait 12 ou 15 pieds de hauteur: emplissez d'eau le tonneau par quelques trous qu'on fera au fond supérieur, & posez sur le fond sept ou huit cent livres de poids, qui le feront courber en concavité, comme AMD: Si l'on met une marque blanche au dehors du tuyau, comme au point H, & à côté un peu plus haut une régle IL, plantée dans le mur voisin, & affermie de manière qu'elle demeure immobile; en versant de l'eau ensuite peu à peu dans le tuyau étroit EF, vous verrez que quand il sera plein, le fond AMD sera élevé avec les poids de 800 livres dont il est chargé, non seulement à son premier état AED, mais même qu'il aura pris une courbure convexe, & que son élévation dans le mi-

milieu ſera autant élevée par-deſſus le point E, que le point M étoit au-deſſous auparavant; ce que l'on connoîtra parce qu'on verra élever la marque blanche H, & paſſer peu à peu plus haut que la régle IL, dont on pourra meſurer la différence. Que ſi le tuyau eſt encore plus haut, l'élévation des poids ſera encore plus grande: d'où l'on juge que le peu d'eau qui eſt dans le tuyau, a autant de force pour élever ce grand poids & courber le fond du tonneau en convexité, que ſi ce tuyau étoit de même largeur que le tonneau. Cet effet ſe prouvera par les mêmes raiſons ci-deſſus touchant l'eau de la petite branche CD, qui fait élever l'eau de la branche BA, lorſqu'elle n'eſt que juſques à E, quand même elle péſeroit 1000 fois davantage: car la viteſſe que prendra l'eau du petit tuyau FE en deſcendant, ſera à celle du fond AD avec ſes poids en s'élévant, comme la ſurface de ce fond eſt à la ſurface de ce tuyau; c'eſt-à-dire, que ſi le tuyau a un pouce de diamétre & le fond 30 pouces, la ſurface du fond ſera 900 fois plus grande que celle du haut de l'eau du tuyau. Donc ſi l'eau du tuyau deſcend d'un pouce, celle qui touche le fond ſupérieur du muid ne s'élévera que de $\frac{1}{900}$ de pouce; & par conſéquent, ſi l'eau du tuyau péſe une livre, elle fera équilibre avec 900 livres. Donc elle fera élever les 800 livres qui ſont ſur le fond avec le peu d'eau qui paſſera au-deſſus de AED; mais il faut ſuppoſer que le fond s'éléve tout entier en même tems pour la juſteſſe du calcul & du raiſonnement.

Lorſque dans un ſyphon l'une des branches eſt inclinée, & l'autre perpendiculaire, étant toutes deux à peu près de même largeur, l'eau s'y mettra auſſi de niveau. Car ſoit le ſyphon ABC poſé en ſorte que la branche AB ſoit perpendiculaire, & que CB ſoit en un plan incliné; il eſt manifeſte que le poids de l'eau qui ſera en DB, ſera au poids de celle qui ſera en EB, comme la grandeur DB eſt à la grandeur EB. Mais ſi ED eſt une ligne horiſontale, la force totale de l'eau EB pour deſcendre ſera à celle qu'elle auroit ſi elle tomboit perpendiculairement, comme la longueur EB eſt à la longueur DB. Donc elle fera équilibre à l'eau DB, dont la direction eſt perpendiculaire ſuivant le Principe univerſel: car les eſpaces paſſés en même tems par les eaux de ces deux branches ſelon leurs directions naturelles vers le centre de la terre, ſeront en raiſon réciproque de leurs poids, c'eſt-à-dire, de EB à DB, & par conſéquent l'eau EB ne forcera point l'eau BD. Le frottement plus grand dans la longue branche peut faire quelques différences, & donner un peu plus de peine pour faire mouvoir l'eau par le plan incliné EB; mais quand l'une ou l'autre des branches ſeroit plus groſſe, cela n'empêcheroit point l'équilibre par les mêmes raiſons qui ont été dites ci-deſſus. TAB. XIV. Fig. 21.

Lorſque dans les ſyphons qui ont une branche beaucoup plus groſſe que l'autre, comme en la figure 22e, on ferme le bout de la petite branche avec le doigt; & que la grande étant enſuite remplie d'eau, TAB. XIV. Fig. 22.

on léve le doigt tout à coup : le premier mouvement de toute l'eau AB est retardé par la difficulté de l'issuë en G ; mais le mouvement par FC est beaucoup plus vîte en son commencement, que quand les deux branches sont d'égale largeur. D'où il arrive que, si l'on met un peu d'eau dans la branche FC, jusques à ce qu'elle remplisse le tuyau de jonction BC; & si après avoir fermé le bout F avec le pouce, on remplit l'autre partie AB jusques à la ligne horisontale ED, & qu'on léve ensuite le pouce tout à coup; l'eau montera plus haut que D comme jusques en F; ce qui arrive parce que l'eau de la grande branche descendant, quoique lentement, fait monter très-vîte l'eau dans la petite branche; & que toute l'eau se mouvant pour arriver à l'équilibre, elle se meut encore après y être arrivée par la vitesse acquise comme dans le syphon uniforme ; ce qui fait que l'eau de la grande branche descend encore, & fait monter l'autre comme jusques à 3 ou 4 pouces au-dessus de D, d'où elle redescend, & après quelques balancemens elle s'arrête enfin à la même hauteur dans les deux branches au-dessous de EF : & quand le tuyau AB seroit tout plein avant que d'ôter le pouce, l'eau ne laisseroit par de jaillir deux ou trois pouces plus haut que F, si la branche AB est beaucoup plus large que la branche CD; car alors la descente & la montée dans cette branche large sera fort petite & presque insensible. Voici les expériences qui en ont été faites :

TAB. XIV, fig. 23. On a pris un bacquet de fer blanc ABCD avec le tuyau EF de 4 pouces de largeur, où étoit soudé le tuyau recourbé de verre FGH; on emplissoit le bacquet & le tuyau EF après avoir mis le pouce en H pour empêcher l'air de sortir du tuyau GH ; & quand on ôtoit le pouce, l'eau jaillissoit jusques en I environ trois pouces plus haut que la surface de l'eau DA : mais lorsque le tuyau de verre alloit jusques à 5 ou 6 pouces plus haut que AD, l'eau y montoit à environ 4 pouces plus haut que H, d'où elle redescendoit, & enfin se mettoit dans l'équilibre. On a fait la même expérience dans un tuyau LEF d'égale largeur par-tout; GH demeurant toûjours plus étroit que LEF; & l'eau jaillissoit plus haut que le point H, de même que quand le bacquet AD étoit au-dessous de EF. Or en ces cas l'eau commence à monter assez vîte par G, & monte encore un peu plus vîte quand l'eau LE a acquis du mouvement. Mais cette vitesse par GH commence à diminuer quand l'eau des deux branches est arrivée à l'équilibre, c'est-à-dire, à la hauteur où elle doit demeurer dans les deux branches, comme à celle de la ligne horisontale KM. Que si l'on met des liqueurs différentes dans les deux tuyaux, les plus légéres demeureront élevées dans les tuyaux plus haut que les autres selon les proportions réciproques de leurs pesanteurs, dont voici les régles.

RE'GLE

RE'GLE DE L'E'QUILIBRE DES LIQUEURS DIFFE'RENTES PAR LA PESANTEUR.

ON considére ici deux sortes de pesanteurs des corps : l'une qui procéde de la masse du corps, comme un pied cube de bois pése plus qu'un pouce cube de même matière : l'autre procéde de la densité des matières ou de quelque autre cause par laquelle un corps pése plus qu'un autre de pareil volume ; comme un pouce cube d'or pése plus qu'un pouce cube de fer. Nous appellerons pesanteur spécifique cette dernière pesanteur : ainsi la pesanteur spécifique de l'eau est plus grande que celle de l'huile : on ne considére point ici le poids de l'air dans lequel on pése les corps, quoiqu'à la rigueur on y doit avoit égard.

Soit donc dans le syphon ABC de l'eau en équilibre à la hauteur DE : qu'on verse tout doucement de l'huile dans la branche CB jusques à ce qu'elle soit à la hauteur C ; il arrivera que l'eau descendra au-dessous de E, & s'élévera au-dessus de D en l'autre branche. Soit la descente EF, & DG l'élévation, & soit tirée FH horisontale ; alors l'huile FC sera à l'eau HG réciproquement comme la pesanteur spécifique de l'eau est à celle de l'huile, car l'eau FB fera équilibre avec l'eau BH : donc l'huile FC fera équilibre avec l'eau HG. Or il est nécessaire pour faire que le tout demeure en cet état, que les parties H & F soient également pressées selon le Principe ci-dessus : donc la quantité d'huile FC pésera autant sur F que l'eau HG sur H. La même chose arrivera au mercure & à l'eau : car, si on met dans le syphon ABC du mercure jusques à la hauteur DE ; & qu'on verse doucement de l'eau par C, inclinant un peu le syphon au commencement afin que l'eau ne se mêle point avec le mercure ; & que l'eau soit élevée jusqu'en C, & le mercure jusqu'en I : l'eau descendra comme jusques à la ligne horisontale KL ; & alors l'eau KC avec le mercure KB, fera équililibre avec le mercure BI. Et comme la pesanteur spécifique du mercure est à celle de l'eau, ainsi réciproquement la hauteur KC sera à la hauteur LI ; & par ce moïen il sera facile de déterminer les pesanteurs spécifiques des liqueurs à l'égard l'une de l'autre, car si le mercure pése quatorze fois plus que l'eau, KC sera quatorze fois plus grande que LI. TAB. XIV. Fig. 24.

Aiant considéré l'équilibre des différentes liqueurs entr'elles, on peut considérer celui des corps fermes qui nagent sur l'eau, comme le bois, la cire, &c. En voici les régles.

RE'GLES DE L'E'QUILIBRE DES CORPS FERMES DONT LA PESANTEUR SPE'CIFIQUE EST MOINDRE QUE CELLE DE L'EAU.

I. RÉGLE.

TOut corps ferme plus pesant que l'air & plus léger que l'eau y étant mis, s'y enfoncera un peu & fera élever l'eau, & toute sa partie enfoncée sera au reste comme sa pesanteur spécifique à celle de l'eau.

TAB. XIV. Fig. 25. Soit, dans la figure 25e, BCDE de l'eau dont la surface supérieure soit BC, continue dans quelque vaisseau : soit AFGH un corps cubique plus léger spécifiquement que l'eau, & plus pesant que l'air ; je dis qu'il ne demeurera pas sur la superficie de l'eau : car la colomne quarrée d'eau KRLI seroit plus pressée qu'une colomne égale BEIK, puisque le poids du corps AH y seroit de plus. Donc le poids descendra, & entrera dans l'eau, mais il ne s'y cachera pas entièrement, parce qu'alors la colomne KRLI, composée de ce corps & d'eau, seroit plus légére qu'une égale colomne d'eau BEIK. Soit donc son enfoncement jusques en KR, & que l'eau qui l'environne se soit élevée jusques en BC, qui sera plus haute qu'elle n'étoit auparavant à cause que la portion KGHR du corps occupe la place d'une partie qui est obligée de s'élever : je dis que l'eau contenue en KGHR, dont le corps occupe la place, sera d'un poids égal au poids de tout le corps, c'est-à-dire, que si une quantité d'eau égale en volume à KGHR pése autant dans l'air que le corps entier AFGH, il demeurera dans cette situation ; & la portion KRGH de ce corps sera au total, comme la pesanteur spécifique de tout ce corps sera à celle de l'eau.

Ainsi, si le corps AFGH est à l'eau en pesanteur spécifique comme 3 à 4, la partie AFKR qui passera au-dessus de l'eau, sera le quart de toute sa hauteur : car s'il pesoit 12 livres dans l'air, autant d'eau péseroit 16 livres ; & par conséquent la partie KRGH péseroit 12 livres si elle étoit d'eau : elle ne pésera donc que 9 livres ; & la partie au-dessus de l'eau AFKR sera de 3 livres ; & le tout pésera 12 livers, comme l'espace d'eau occupé par la partie du poids qui y entre qui sera 16 livres dans la même raison de 3 à 4 ; & par la première régle le poids demeurera en cet état dans l'eau. Et parce que le liége est 4 fois moins pesant que l'eau, si l'on met dans de l'eau BCED un cylindre de liége AFGH, il descendra ; & si la superficie de l'eau est double de celle de la base du cylindre, l'eau ne s'élévera que de la huitième partie de la hauteur du cylindre, & le cylindre ne descendra dans l'eau que de son quart, en sorte que la partie qui restera hors de l'eau, sera les 3 quarts de tout le cylindre.

L'eau s'attache quelquefois aux corps légers, & s'éléve un peu en con-

concavité contre la partie au-dessus de K, & quelquefois il se fait un petit enfoncement au-dessous, comme il a été expliqué ci-devant; ce qui pourroit faire quelque difficulté; mais ce peu d'eau qui s'élévera au-dessus du reste de la surface de l'eau, n'y pourra faire qu'un très-petit changement, & on ne le considére point ici.

Cette propriété de l'eau de s'attacher ou de ne pas s'attacher à de certains corps, fait quelquefois paroître des effets assez surprenants. En voici des exemples:

ABC est un verre à demi plein d'eau, dont la surface supérieure est DE. S'il y a une petite bulle d'écume pleine d'air comme F, ou une petite balle creuse de verre pleine d'air plus légére que l'eau, ou quelques autres corps semblables; elle ira vers les bords E ou D, & s'y tiendra comme collée: mais au contraire, si le verre est tout plein d'eau comme en AC, alors la petite balle K ne pourra approcher du bord; si on l'y pousse, elle reviendra vers le milieu en K. Mais il y a d'autres petits corps légers qui font des effets tout contraires. Prenez une petite balle de cire non mouillée, & la posez doucement sur l'eau en F, quand le verre n'est pas plein, elle fuira les bords; & si on la met en K vers le milieu quand le verre est plein, elle ira se précipiter vers C jusques à ce qu'elle touche le bord du verre. On peut expliquer ces effets en cette sorte: TAB. XIV. Fig 26.

AB est la surface de l'eau quand le verre n'est pas plein. CD est le bord du verre où l'eau fait une petite élévation comme *e f g*. E est la boule de cire, qui étant grasse & posée doucement sur l'eau y fait un petit creux HIK, à cause que l'eau ne s'y attache pas; & la balle entre au-dessous de la surface de l'eau AHKB jusques à ce que la partie qui est au-dessous avec l'air qui est compris au-dessous de la ligne horisontale ponctuée, pése autant que l'eau qui y étoit contenue dans l'espace compris de cette ligne ponctuée HK, & de la ligne courbe HIK. Or si l'on fait avancer cette balle jusques vers *g*, lorsque le point K de l'extrémité de la concavité HIK veut s'aprocher plus près du bord du verre que le point *g*, alors l'eau qui est en *e f* n'étant plus soûtenue par celle qui est au point *g*, descend, & repousse la boule jusques à ce que le point K soit joint au point *g*, la courbure *efg* demeurant en son premier état. TAB. XIV. Fig. 27.

Mais si ce verre est tout plein & que l'eau passe par-dessus les bords sans ce renverser, comme il se peut faire aisément, & comme on le voit en la figure 28e, où l'eau fait une convexité depuis L jusques au bord du verre B; alors quand la boule E se sera avancée jusques à ce que la section HIK rencontre la convexité LB, comme en *p*, ce point *p* sera plus bas que le point H de l'autre côté de la balle; & par ce moïen la balle se trouvera dans un penchant qui sera encore plus grand quand la même section s'aprochera plus près de B, & cette pente deviendra toûjours plus roide jusques à ce que la balle touche le ver- TAB. XIV. Fig 28.

re au point B, comme on le voit en la même figure de l'autre côté du verre.

TAB. XIV. Fig. 29. Par ces mêmes raisons, lorsque deux de ces balles sont mises assez près l'une de l'autre, elles se joignent. Car soit la ligne A C D E F B le niveau de la surface de l'eau; C *ae* E, D *eb* F, les deux creux que font les balles; & le point *e* l'intersection des creux: il est évident que le point *e* sera plus bas que le niveau de l'eau A C F B, & que par conséquent il y aura une pente de part & d'autre; ce qui fera que les balles couleront jusques à ce qu'elles se rencontrent, comme on le voit en cette même figure. Que si l'une des balles est mouillée, en sorte que l'eau s'y puisse attacher, elles se repousseront l'une l'autre; ce qui se TAB. XIV. Fig. 30. prouve de même: car dans la balle mouillée B, en la figure 30e, il se fait une élévation de l'eau comme C B & B D, & dans l'autre E un creux comme F G H; & si on les pousse l'une contre l'autre, l'eau s'élévera davantage vers C entre les deux balles & en une plus grande quantité; ce qui fera que les balles seront repoussées en arrière l'une de l'autre.

Que si les deux balles de la figure précédente sont mouillées, elles s'aprocheront à cause de la concavité qui reste entr'elles; & elles se joindront par la même cause que deux goutes d'eau se joignent & ne TAB. XIV. Fig. 31. font plus qu'une seule goute. Car les deux élévations d'eau B C, C D, dans la figure 31e, sont comme deux demi goutes qui doivent se joindre en se touchant tant soit peu.

C'est par la même raison que deux balles mouillées se joignent & qu'elles s'approchent des bords du verre quand il n'est pas plein; car il s'y fait une semblable élévation d'eau: & quand il est plein & que l'eau passe plus haut que les bords, la balle mouillée en est repoussée de la même manière qu'elle est repoussée par une balle non mouillée; car s'aprochant du bord du verre C, la petite élévation d'eau A B fait TAB. XV. Fig. 32. hausser plus haut celle qui est entre B & C, & alors toute l'élévation est plus forte que la seule D F qui n'est que concave; & par conséquent la boule sera repoussée du côté de D; ce qui est conforme à l'expérience.

Cette difficulté qu'a l'eau de s'attacher à la cire, fait que quelquefois des corps plus pesans que l'eau ne coulent pas au fond; comme si TAB. XV. Fig. 33. le petit cylindre E K est de bouis ou de quelque autre bois plus pesant que l'eau, & qu'il soit frottée de suif, ou enduit de quelque verni qui empêche l'eau de s'y attacher, il demeurera suspendu & fera un enfoncement dans l'eau comme F G H K I L M. Car, l'espace d'air G F L M qui est au-dessous du niveau A F M B, n'aiant point de poids, le fond O P ne sera pas plus chargé que C O qui lui est égal, & même on peut pousser un peu avec le doigt en en-bas le petit cylindre, sans qu'il aille au fond, pourvû que les courbures F G, M L, soient moindres qu'une ligne & demi: car pouvant être de 2 lignes sans que l'eau coule sur G L, il y aura plus d'air au-dessus; & dès qu'on ôtera le doigt, le

le cylindre remontera, non pas à cause que l'air le retire à soi; mais parce que les colomnes d'eau qui sont à côté, dont les bases sont égales à PO, pésent plus & font remonter le cylindre GL. On peut mettre par ces mêmes raisons une petite aiguille sur de l'eau calme sans qu'elle enfonce, si elle est un peu grasse & seiche; mais dès qu'elle sera mouillée, l'eau s'y attachera, & il ne s'y fera point d'enfoncement où l'air se puisse loger, & elle ira au fond.

On peut s'étonner pourquoi la glace va au-dessus de l'eau; car il semble qu'étant plus froide que l'eau coulante, elle doit être plus condensée & par conséquent plus pesante. Mais il faut remarquer que la glace est toûjours mêlée de quelques bulles d'air, comme il a été expliqué dans la première Partie; & c'est ce mélange qui la rend plus légére: & encore qu'en quelques endroits de la glace ce mélange ne soit pas visible à cause de la petitesse des parcelles d'air, on peut croire qu'il y en a toûjours quelque peu, & que ce peu étant joint à la glace, dont la condensation à l'égard de l'eau n'est pas fort considérable, peut faire un composé moins pesant que l'eau.

La même chose arrive au plomb, à la graisse, à la cire, & à quelques autres matières semblables: car ces matières étant fondues soûtiennent les parties qui ne le sont pas encore; ce qui procéde de ce qu'il se fait toûjours quelques intervalles vuides entre les parties de ces corps quand ils commencent à se durcir. Si l'on coupe une balle de plomb par le milieu, on y trouve vers le centre un vuide considérable. La graisse en se congélant devient opaque à cause des petits intervalles vuides qui s'y font, qui empêchent la lumière de continuer en ligne droite par les diverses réfractions & réflexions qu'elle y souffre.

Application de cette Régle.

SI l'on enferme un vaisseau vuide ABCD dans l'eau FEIL contenue dans quelque vaisseau GLIH, tenant ce vaisseau vuide en sorte qu'il soit droit, & qu'il ne puisse pas se renverser; il faut autant de force pour en tenir une partie arrêtée à une certaine profondeur au-dessous de la surface de l'eau EF, comme celle qu'il faudroit pour soûtenir en l'air un poids M qui étant mis dans le fond du vaisseau ABCD, le pourroit tenir en cette situation, lequel poids avec celui du vaisseau vuide doit être égal au poids de l'eau qui occuperoit l'espace NODC, comme il a été expliqué ci-devant. TAB. XV. Fig. 34.

On peut appliquer cet effet à la glace qui se forme dans les rivières autour des pilotis qui soûtiennent les ponts, pour juger si, la rivière venant à s'enfler, la glace qui est attachée aux pilotis les peut soulever & renverser le pont. Car supposant que la glace ait un pied d'épaisseur, & qu'elle pése avec l'air dont elle est remplie moins d'un douziéme que l'eau; on fera aisément le calcul pour sçavoir quelle pesanteur peut l'empêcher

pêcher de s'élever au-dessus de l'eau: comme si elle a 400 pieds de surface, ce sera 400 pieds cubes, dont chacun ne pésera que 64 livres au lieu des 70 pour le pied cube d'eau; & le produit de 6 différence de 64 à 70, étant multiplié par 400, est 2400 livres. Or si le poids des pilotis du pont est plus grand que 2400, la glace n'arrachera pas les pilotis; car il y aura encore de plus la résistance que font les pilotis par leur frottement contre le terrain ferme où ils sont engagés, pour être arrachés.

TAB. XV. Fig. 35. Si la glace n'étoit que du côté d'en-haut, & qu'elle fut extrêmement longue comme AB, elle pourroit servir de levier, comme on le voit en la figure, en faisant son appui sur le dernier pilotis CD pour arracher les pilotis EF & GH: mais il ne faudroit prendre la portion de sa force que depuis la moitié de la distance AB, à cause que chaque partie de la glace AB n'agit que selon sa distance jusques au point d'appui D. Que s'il y a aussi de la glace de l'autre côté & de la même longueur, alors elle emploïera tout son effort. Mais, comme ordinairement les ponts ont beaucoup de pesanteur, ils sont plûtôt emportés par le choc continuel des grands glaçons qui peu à peu les ébranlent, & les déracinent en les heurtant par en-haut, que par le soulévement de la glace qui n'y peut pas faire un grand effort.

Si l'on met un corps fort léger dans des liqueurs différentes en pesanteur spécifique, la partie enfoncée dans l'une sera à la partie enfoncée dans l'autre, comme la pesanteur spécifique de l'une est à la pesanteur spécifique de l'autre.

Par ces mêmes raisons les vaisseaux & les bateaux chargés de marchandises doivent s'enfoncer dans l'eau jusques à ce que l'eau dont ils occupent la place au-dessous du niveau, pése autant que le vaisseau avec tout ce qui est dedans. D'où il est arrivé quelquefois que des vaisseaux entrant de la mer dans des rivières couloient à fond; parce que l'eau douce étant plus légére que celle de la mer, l'espace de l'eau douce égal à celui qu'occupoit le Vaisseau entier étoit moins pesant que le poids du vaisseau, & que dans la mer ce poids du vaisseau étoit moins pesant.

II. RÉGLE.

Les corps plus légers que l'eau étant retenus par force au fond de l'eau, & étant ensuite laissés en liberté, s'élèvent au-dessus de l'eau en la manière suivante:

TAB. XV. Fig. 36. ABCD est l'eau contenue dans le vaisseau; EFGH est le corps dont la pesanteur spécifique est moindre que celle de l'eau. Or la colomme KIGH pése moins qu'une colomne d'eau de même volume IHBD, & par conséquent l'eau proche du point H, entre H & D, est plus chargée que celle qui est entre G & H, & par conséquent elle s'in-

s'insinuera & coulera sous le corps GH, & le poussera en haut. Les autres parties de l'eau qui sont au fond à la même profondeur que le dessous de ce corps, feront le même effet pour le pousser en haut; & comme il rencontrera plus haut de semblables dispositions, il sera toûjours élevé jusques à ce qu'une partie soit au-dessus de l'eau; & parce qu'il s'élévera avec vitesse, il passera un peu plus haut que l'endroit où il doit s'arrêter; mais il redescendra un peu plus bas que cet endroit, & enfin après quelques autres balancemens il s'arrêtera dans le lieu de son équilibre selon les régles précédentes.

Que s'il y avoit un trou dans le fond du vaisseau, comme L, par où l'eau coulât, le corps F H ne s'éléveroit point: car la même eau qui devroit pousser ce corps en haut, descend par l'ouverture, & l'entraîne de son côté par sa viscosité; & étant pressé par-dessus par la colomne d'eau KEIF, il demeurera toûjours au fond de l'eau jusques à ce qu'elle soit toute écoulée.

Il est évident par ce qui a été dit ci-dessus, que si A B C D est un vaisseau plein d'eau aiant une ouverture en E, l'eau qui est à côté comme en F, étant poussée par toute l'eau supérieure, sera pressée vers l'ouverture avec plus de force que celle qui est au-dessus perpendiculairement comme en I. Si le point G est plus éloigné du point E que le point F, on en verra l'expérience en y laissant tomber un petit morceau de papier tortillé, & mouillé, ou quelqu'autre petit corps un peu plus pesant que l'eau, comme des fragmens de scieures de bois: car dès qu'on ôtera le doigt qui soûtenoit l'eau en E, l'eau coulant sera suivie du papier en F; ce qui fera connoître que les parties de l'eau proche de ce petit corps y sont poussées de même que les autres parties qui sont les plus proches de l'ouverture, & qui sont comprises dans une demi sphére comme QHILN; celles qui seront les plus proches, comme en M ou F, iront succéder à celles qui coulent plus vîte que les plus éloignées, comme H ou L, & beaucoup plus que celles qui sont comme en G ou plus haut en O. On en fera l'expérience en laissant tomber de petites parcelles de quelques matières dans l'eau avant que d'ôter le doigt: car on verra que celles qui seront en H ou L, & qui tomboient perpendiculairement, seront détournées pour aller par les rayons de la demi sphére HE & LE avec une plus grande vitesse que de semblables petits corps qui seront en O ou en G. La même chose arrivera si l'ouverture est comme en P au lieu d'être en E: car les petits corps qui seront dans la demi sphére KRS, y couleront dès qu'on aura ôté le doigt; c'est par cette raison que si on perce un tonneau de vin à un doigt au-dessus de la lie, & que le trou soit assez grand, les parties de la lie les plus proches monteront pour y passer, & rendront le vin trouble. Lorsque les ouvertures E ou P sont fort petites, la demi sphére ne s'étend pas si loin que quand elles sont grandes.

TAB. XV. Fig. 37.

III. RÉGLE.

LEs corps dont la pesanteur spécifique est plus grande que celle de l'eau, tomberont au fond.

EXPLICATION.

TAB. XV. Fig. 38. SOit A le corps plus pesant que l'eau: il descendra de la même manière dans l'eau que dans l'air, sinon qu'il descendra moins vîte: l'eau B qui sera immédiatement au-dessous, sera poussée en-bas par ce corps, qui choquant l'autre plus bas la poussera à côté vers C & D en circonférence, & toute l'eau du vaisseau sera mise en mouvement; & quand le corps sera descendu comme en B, il se fera d'autres tourbillons pour remplir la place qu'il quittera jusques à ce qu'il touche le fond.

IV. RÉGLE.

LEs corps dont la pesanteur spécifique est plus grande que celle de l'eau, perdent dans l'eau autant de leurs poids qu'en a l'eau dont ils occupent la place.

EXPLICATION.

TAB. XV. Fig. 39. SUspendez le corps AB dans l'eau par la corde CD: supposé qu'on en ait ôté intérieurement la partie E, en sorte que le reste pése autant que l'eau qui rempliroit tout l'espace AB si ce corps étoit ôté; il est évident qu'il fera alors équilibre avec autant d'eau située à côté, & par conséquent qu'il ne péseroit rien sur la corde CD, non plus que si on la trempoit dans l'eau sans le corps. Donc si l'on entend que la partie E y soit remise, tout le corps ne pésera sur CD qu'autant que pése la partie E; d'où il s'ensuit ce qui avoit été proposé. De-là on peut trouver le moïen d'examiner la pesanteur spécifique de tous les corps qui pésent plus que l'eau, tant à l'égard de l'eau que des autres corps. Car soit, par exemple, le corps AB d'or; il faudra le peser dans l'eau avec une balance l'attachant à l'un des bassins par une cordelette, & mettant un poids d'égale pesanteur dans l'autre bassin; on le laissera tremper ensuite entièrement dans l'eau, & s'il faut ôter $\frac{1}{18}$ du poids qui lui faisoit équilibre dans l'air pour continuer l'équilibre lorsqu'il est dans l'eau, on connoîtra que la pesanteur spécifique de l'or est à celle de l'eau comme 18 à 1; & si le corps est de plomb, & qu'il faille ôter $\frac{1}{11}$ du poids qui lui faisoit équilibre dans l'eau, on connoîtra que la pesanteur spécifique de l'eau à l'égard du plomb est comme 1 à 11, & ensuite que celle de l'or à l'égard du plomb est comme 18 à 11. De-là on

on pourra connoître si une piéce d'or est fausse sans l'altérer : car si dans une semblable expérience elle perd dans l'eau $\frac{1}{12}$ ou $\frac{1}{14}$ de son poids, on jugera qu'il y a d'autres métaux mêlés en assez grande quantité, comme le tiers ou la moitié, & qu'elle est fausse; mais si elle ne perdoit que $\frac{1}{17}$, on pourroit la prendre pour bonne, parce qu'il y auroit très-peu de mêlange. Que si l'on suspend dans un seau avec une corde un grand corps cylindrique de verre ou de métail, en sorte qu'il le remplisse à peu près sans toucher le bord ni le fond, & qu'on y verse de l'eau pour remplir les vuides jusques à la hauteur du corps cylindrique; alors celui qui supportoit le seau facilement avant qu'on y eût mis l'eau, aura de la peine à le supporter, car il pésera autant que s'il étoit plein jusques à la hauteur de ce corps après qu'il seroit ôté; & celui qui soûtenoit la corde, sera déchargé d'autant de poids que seroit le poids de l'eau dont le corps cylindrique occupe la place: la raison est, qu'alors ce corps suivroit les mêmes régles que les corps qui sont soûtenus dans l'eau, dont le poids diminue du poids d'un pareil volume d'eau que celui qu'ils occupent; & par conséquent celui qui soûtiendroit la corde, se sentiroit déchargé d'un poids égal au poids de l'eau d'un pareil volume que le corps cylindrique, & l'autre qui auroit la main sous ce seau, outre le poids du seau soûtiendroit autant de poids que celui dont l'autre se sentiroit déchargé, & encore celui du peu d'eau qu'on y auroit versée.

Quelquefois les corps plus légers que l'eau vont au fond par une cause assez facile à expliquer: en voici une expérience. Aïez un verre cylindrique de 7 ou 8 pouces de hauteur & de trois ou quatre de largeur, comme ABCD, qui ait une ouverture E au milieu du fond, d'environ 3 lignes: emplissez le verre d'eau tenant le doigt sous E, & mettez au-dessus de l'eau une petite balle de cire F qui puisse passer par l'ouverture E: & lorsque l'eau sera calme & arrêtée, ôtez le doigt, & laissez couler l'eau, la cire descendra de même que la surface de l'eau, & passera par E avec la dernière eau. Mais si vous donnez un grand mouvement circulaire à l'eau, soit en la versant de travers contre les bords du verre ou autrement; lorsque vous ôterez le doigt de l'ouverture, vous verrez descendre la balle incontinent après que l'eau aura commencé à couler, & faire un vuide dans le milieu de l'eau où l'air s'insinue comme depuis H jusques à E; & ce vuide ne se remplit point que toute l'eau ne soit écoulée, & l'on voit toûjours comme une colomne d'air torse depuis le haut de l'eau jusques à l'ouverture E. TAB. XV. Fig. 40.

Cet effet s'explique en cette manière: L'eau qui est dans la demi sphére CILMD est poussée vers E, lorsque l'eau est calme & sans mouvement considérable, comme il a été prouvé; & elle succéde à celle qui sort avant que celle qui est vers H, y soit descendue: mais lorsque l'eau a un grand mouvement circulaire, les parties latérales vers M & I ou *r* & *s* ne peuvent arriver vers E qu'après 4 ou 5 tours en spi-

rale, & même elles ſont portées vers les bords du verre à cauſe qu'elles ſont pouſſées ſelon les tangentes des cercles qu'elles décrivent: d'où il arrive que la colomne entière FE y tombe d'abord, & y paſſe toute avec la petite balle de cire qui eſt au-deſſus; & parce que l'eau qui eſt à côté de cette colomne qui s'eſt écoulée, ne peut pas remplir ſa place aſſez vîte à cauſe de ſon mouvement circulaire qui n'y a pas ſa direction, il eſt néceſſaire que l'air ſupérieur par ſon poids & ſon reſſort s'y inſinue, & y demeure toûjours juſques à la fin de l'écoulement.

Il arrive quelquefois que la petite balle n'eſt pas directement ſur la colomne, & alors elle eſt portée un peu à côté entre deux eaux; même ſi elle revient vers le milieu, la colomne d'air la repouſſe par ſon reſſort juſques vers les bords du verre: mais enfin elle entre dans la colomne vuide, & paſſe enſuite par l'ouverture en tournoïant très-vite avant que la moitié de l'eau ſoit écoulée.

C'eſt par les mêmes raiſons, que s'il y a une grande ouverture ſous le fond d'une eau profonde, ſoit d'une rivière ou de la mer, par où l'eau s'écoule vers des lieux éloignés plus bas, comme on dit que la mer *Caſpienne* s'écoule dans le *Pont-Euxin*, l'eau entraîne les vaiſſeaux qui paſſent par-deſſus ce gouffre: car l'eau y tombant de biais prend toûjours ſon mouvement tournoïant, & fait le même effet à l'égard des vaiſſeaux qui paſſent par-deſſus, que l'eau tournant dans le verre ABCD à l'égard de la balle de cire. On dit auſſi qu'il y a dans quelque mer proche de la *Suède* un ſemblable tournoïement d'eau où les vaiſſeaux s'abaiſſent, & qu'on en a vû quelquefois les débris en un endroit d'une mer voiſine qui eſt plus baſſe. Il eſt aiſé de juger que l'eau emploïe plus de tems à s'écouler par l'ouverture E quand elle tourne en rond, que quand elle ne tourne point, puiſqu'au premier cas l'air occupe une partie de cette ouverture.

SECOND DISCOURS,

De l'Equilibre des corps fluides par le reſſort.

L'Air & la flamme agiſſent par leur reſſort pour faire équilibre avec les autres corps. Le reſſort de l'air ſe manifeſte par pluſieurs expériences; ſoit dans les barométres, où il ſe dilate beaucoup; ſoit dans les arquebuſes à vent, où il ſe condenſe extrêmement: mais il eſt très-difficile de bien expliquer ces dilatations & ces condenſations. Pour en donner quelque idée, on peut conſidérer toute l'étenduë de l'air de bas en haut, comme un grand amas d'éponges ou de balles de cotton, dont les plus hautes auroient leur étenduë naturelle: mais celles du deſſous étant preſſées par le poids des ſupérieures ſe réduiroient à une très-petite épaiſſeur, & elles reprendroient leur première dilatation, lorſqu'el-

qu'elles feroient déchargées du poids des autres. Suivant cette hypothèfe on peut dire que l'air d'ici bas fait équilibre par fon reffort avec le poids de tout le refte de l'air dont il eft chargé : en forte que fi cet air fupérieur devenoit plus pefant, ou qu'on y en mit davantage, l'air inférieur fe condenferoit un peu plus qu'il n'eft ; & fi le fupérieur devenoit moins pefant, ou s'il avoit moins d'étenduë, l'inférieur fe dilateroit davantage. On peut comparer auffi le reffort de l'air à un reffort d'acier qui fe preffe, & fe ferre davantage quand on le charge d'un plus grand poids, & qui fe reléve & s'étend quand on ôte une partie du poids : & comme on peut dire qu'un reffort d'acier étant preffé & réduit à une certaine figure par un poids, fait équilibre dans cet état avec ce poids ; on peut dire de même que l'air d'ici bas condenfé comme il eft, fait équilibre par fon reffort avec tout le poids de l'atmofphére.

Plufieurs expériences font voir que la condenfation de l'air fe fait felon la proportion des poids dont il eft chargé : en voici une affez facile. Prenez un tuyau de verre recourbé A B C, fermé au bout C, & ouvert à l'autre : verfez-y un peu de mercure jufques à la hauteur horifontale D E, afin que l'air enfermé C E ne foit ni moins ni plus dilaté que celui qui eft dans l'autre branche ; car fi le vif-argent étoit un peu plus haut dans une des branches que dans l'autre, l'air y feroit moins preffé. Il faut que la hauteur E C foit médiocre, comme de 12 pouces, telle qu'on l'a fuppofée en cette figure ; & l'autre D A, tant grande qu'on pourra. Le mercure étant donc de part & d'autre à la même hauteur vers D & E, & n'y aiant plus de communication de l'air E C avec celui de D A ; verfez par le bout A avec un petit entonnoir de verre, du mercure nouveau, prenant garde de ne point faire entrer d'air dans l'efpace C E : vous remarquerez, que le mercure montera peu à peu vers C, & condenfera l'air qui étoit en C E ; & que fi E F eft de fix pouces, F G étant une ligne horifontale, le mercure fera monté dans l'autre branche jufques en H, fi ce point eft diftant de 28 pouces du point G, & que les barométres foient alors à la hauteur de 28 pouces dans le lieu de l'obfervation ; car s'ils n'étoient qu'à 27 & demi, auffi G H ne feroit que de 27 pouces & demi. Or en cet état l'air en F C eft preffé par le poids de l'atmofphére qu'on fuppofe égal à celui de 28 pouces de mercure, & encore des 28 pouces qui font en l'efpace G H ; & par conféquent il eft chargé d'un poids double de celui dont eft chargé l'air, qui eft dans le lieu où fe fait l'expérience, & qui eft femblable à celui qui étoit en E C avant qu'il fût condenfé par le poids du mercure G H. On verra donc manifeftement dans cette expérience, que l'air E C aura fuivi en fa condenfation la proportion des poids. On trouvera la même proportion dans les autres expériences en faifant le calcul en cette forte : Il faut prendre pour premier terme la fomme du poids de l'atmofphére & du mercure qui fera monté

TAB. XV. Fig. 41.

plus haut que le bas de l'air dans la branche EC; pour second terme, le poids de l'atmosphére, c'est-à-dire, 28 pouces de mercure; pour troisième, la distance EC; & le quatrième proportionnel sera l'espace ou hauteur où se réduira l'air enfermé dans le tuyau EC: comme si l'air étoit seulement réduit à l'espace IC de 8 pouces, on trouveroit que le mercure seroit en l'autre tuyau seulement 14 pouces plus haut que la ligne horisontale IL. Or ces 14 pouces avec les 28 de l'atmosphére sont 42: il faut donc dire suivant cette régle, comme 42 pouces est à 28 pouces, ainsi l'étenduë de l'air EC est à l'étenduë IC. Que si on vouloit réduire ce même air en l'espace MC de 3 pouces, qui est le quart de EC; il faudroit mettre 84 pouces de mercure dans la branche DA au-dessus de la ligne horisontale MN, & on trouveroit cette proportion par le calcul suivant: Comme MC 3 pouces est à ME 9 pouces, ainsi 28 pouces, poids de l'atmosphére, est à 84: car en changeant, 84 sera à 28 comme 9 à 3; & en composant, 84 plus 28, c'est-à-dire 112, sera à 28 comme 9 plus 3, c'est-à-dire EC 12, à 3. Et si l'on veut sçavoir quelle hauteur de tuyau il faudroit pour réduire cet air en l'espace OC d'un pouce, il faut dire, comme OC un pouce est à OE 11 pouces, ainsi 28 pouces de mercure, poids de l'atmosphére, à 308; & 308 sera la hauteur verticale qu'il faut donner au mercure au-dessus du point O ou P: par où l'on connoîtra que pour faire cette expérience il faut que la branche DA soit plus haute que 308 pouces, c'est-à-dire, qu'il faut qu'elle soit d'environ 320 pouces, afin qu'il reste un espace au-dessus du mercure pour empêcher qu'il ne verse.

TAB. XV. Fig. 24. La même chose arrivera si la branche EC est beaucoup plus large ou beaucoup moindre que la branche DA. Car si l'on y verse du mercure jusques à ce qu'il monte à la hauteur GF, GH hauteur du mercure dans l'autre branche sera de 28 pouces: car comme le mercure DG fait l'équilibre avec le mercure EF, quoiqu'en beaucoup plus grande quantité, comme il a été prouvé ci-devant à l'égard de l'eau, aussi le ressort de l'air en FC sera équilibre avec le mercure GH, puisqu'il le soûtiendroit si GH étoit de même largeur que FC; & par conséquent il fait autant d'effet que si la branche EC étoit aussi haute que l'autre, & qu'il y eût du mercure jusques à la même hauteur H: j'en ai fait les expériences suivantes: Aiant fait verser du mercure jusques à L, qui étoit le tiers de EC, il s'en trouva 14 pouces moins $\frac{1}{3}$ au-dessus de IL dans l'autre branche; & il s'y en trouva 27 pouces $\frac{1}{2}$ au-dessus de GF, quand l'espace EF moitié de EC en fut plein; & y en aiant fait mettre jusques à 44 pouces $\frac{1}{2}$ au-dessus de NM, MC se trouva de trois parties $\frac{1}{3}$ un peu plus de telles parties que EC en contenoit 10; ce qui fait toûjours la même proportion, car les barométres étoient alors à 27 pouces $\frac{1}{2}$. Par de semblables raisons si la branche EC étoit beaucoup plus étroite que l'autre, l'air qui y seroit enfermé, se-

feroit de ſemblables équilibres par ſon reſſort avec le mercure de l'autre branche. On verra les mêmes proportions lorſque l'air ſera plus raréfié que celui du lieu où ſe fait l'expérience; ce qu'on éprouvera en cette ſorte:

Aïez un barométre AB de telle grandeur que vous voudrez, comme, par exemple, de 38 pouces; faites-y une marque à un point comme Z, à un pouce au-deſſus du bout ouvert B, afin que ce bout étant plongé dans le mercure du petit vaiſſeau CDE juſques à cette marque, il reſte 37 pouces au-deſſus. Empliſſez le tuyau de mercure, & y laiſſez 9 pouces d'air, afin que quand le tuyau ſera renverſé, comme on le voit en la figure, & ſoûtenu avec le doigt, il y ait 9 pouces d'air au haut du tuyau. Alors ſi vous trempez le doigt avec le bout du tuyau dans le mercure du petit vaiſſeau, & que vous ôtiez enſuite le doigt, le mercure deſcendra & s'arrêtera après quelques balancemens à 21 pouces; ce qui doit arriver pour conſerver la proportion des poids & des condenſations expliquées ci-devant; & on peut le prouver en cette ſorte: TAB. XV. Fig. 43.

DÉMONSTRATION.

SOit le tuyau AB de 38 pouces; ZB d'un pouce; AH de l'air enfermé au-deſſus du mercure HB de telle étenduë qu'on voudra, ſoûtenu avec le doigt en B. Je dis premièrement, que ſi on ôte le doigt, le mercure deſcendra: car d'autant que l'air AH eſt condenſé de la même manière que celui du lieu où ſe fait l'expérience, il doit faire par ſon reſſort équilibre avec tout le poids de l'atmoſphère, comme il a été éprouvé; & étant joint avec le poids du mercure en ZH, ces deux puiſſances enſemble ſurpaſſeront le poids de l'atmoſphére, & il faudra de néceſſité que l'air AH ſe dilate, & qu'une partie du mercure deſcende: mais il ne deſcendra pas entièrement; car s'il deſcendoit entièrement, l'air AH ſe dilateroit beaucoup, & en cet état il ne pourroit plus faire équilibre avec le poids de l'atmoſphére: d'où il ſuit qu'une partie du mercure doit demeurer dans le tuyau. Je dis encore, que ſi AH eſt de 9 pouces, qu'il ſe dilatera & repouſſera le mercure, en ſorte qu'il demeurera élevé de 16 pouces au-deſſus de la ſurface ſupérieure du mercure FZG. Soit cette élévation ZL: or alors il y aura équilibre entre le poids de toute la colomne d'air de l'atmoſphére, & le reſſort de l'air dilaté AL joint au poids des 16 pouces de mercure ZL; & parce que le complément de 16 à 28 eſt 12, l'air dilaté AL ſera équilibre par ſon reſſort au poids de 12 pouces de mercure qui reſtent pour le poids de l'atmoſphére au-delà des 16 pouces: mais comme 28 à 12, ainſi AL de 21 pouces eſt à 9. D'où il ſuit que le mercure doit demeurer à 16 pouces d'élévation au-deſſus de la marque Z, lorſqu'on laiſſe 9 pouces d'air dans le tuyau au-deſſus du mercure, à cauſe que l'air ſe condenſe à proportion des poids dont il eſt char-

chargé. Que si le mercure dans une autre expérience se mettoit à 21 pouces, on pourra juger suivant la même régle, que puisque ces 21 pouces de mercure font équilibre avec les $\frac{3}{4}$ du poids de l'air, le quart restant qui doit valoir 7 pouces, sera soûtenu par le ressort de l'air raréfié qui est renfermé dans le tuyau, selon la distinction de l'équilibre des ressorts. Or 28 pouces de mercure, poids entier de l'atmosphére, est à 7 pouces comme 16 pouces d'air dilaté est à 4 pouces d'air; d'où l'on jugera qu'il faut laisser 4 pouces d'air dans le tuyau au-dessus du mercure, afin qu'il se mette à 21 pouces, & que l'air se dilate à 16 pouces. Que si on veut réduire le mercure à 14 pouces, qui est la moitié du poids de l'atmosphére dans le même tuyau au-dessus de la marque Z, il faut considérer qu'il restera 23 pouces jusques à A, & que l'air dilaté de 25 pouces doit faire équilibre par son ressort à la moitié restante du poids de l'atmosphére. Il faudra donc dire, que comme 28 est à 14, supplément de 14 à 28, ainsi 23 d'air dilaté qui remplit le tuyau au-dessus des 14 pouces, est à $11\frac{1}{2}$: ce qui fera connoître qu'il faut laisser 11 pouces & demi d'air au-dessus du mercure dans le tuyau de 38 pouces avec l'expérience; & il paroîtra manifestement que le ressort de l'air enfermé ne faisant alors équilibre qu'avec la moitié du poids de l'air de l'atmosphére, puisque les 14 pouces de mercure font équilibre avec le reste, il se sera raréfié en proportion double. Et par toutes ces expériences on pourra juger en se servant de la régle expliquée ci-devant, quelle quantité d'air il faudra laisser dans un tuyau grand ou petit, afin que le mercure s'y mette à telle hauteur qu'on voudra. Car quand le tuyau seroit seulement de six pouces au-dessus de la marque Z, on trouvera les mêmes proportions en faisant le calcul de même: comme, par exemple, si 2 pouces est la hauteur donnée du mercure, & qu'on ait trouvé que comme 28 est à 26, complément de 2 à 28, ainsi 4 espace de l'air dilaté au-dessus des deux pouces de mercure est à $3\frac{1}{7}$; 3 pouces $\frac{5}{7}$ sera la quantité d'air qu'il faudra laisser dans le tuyau, afin que le mercure se mette à deux pouces de hauteur dans un tuyau de 7 pouces, plongé d'un pouce dans le mercure du vaisseau.

Que si la quantité de l'air enfermé dans le tuyau étoit donnée, & qu'on voulût sçavoir à quelle hauteur demeureroit le mercure après l'expérience, on pourra se servir du calcul algébrique, en y appliquant les mêmes régles, comme je l'ai enseigné dans l'*Essai de Logique*, & dans le Traité de la *Nature de l'air*.

On trouvera de semblables équilibres du ressort de l'air dans les tuyaux pleins d'eau & d'air, en supposant que le plus grand poids de l'atmosphére est égal au poids de 31 pieds d'eau; ce qu'on a trouvé par expérience: car le barométre étant à 27 pouces 8 lignes, le barométre d'eau étoit à 31 pieds 1 pouce; & étant à 28 pouces, l'autre étoit à 31 pieds 4 pouces; & s'il eût été à 28 pouces 7 lignes, comme il s'y met quelquefois, l'eau auroit été à 32 pieds. Si le tuyau est de 40 pieds, & qu'on

qu'on veuille réduire l'eau à 16 pieds, il faudra mettre 12 pieds d'air au-dessus de l'eau; car l'air se dilatant au double, & occupant 24 pieds, il fera équilibre par son ressort avec la moitié du poids de l'atmosphére, & les 16 pieds d'eau qui restent, feront équilibre avec l'autre moitié. On suppose qu'une petite partie du tuyau étant plongée dans l'eau où on le trempe, pour faire l'expérience de même que celle du mercure, il en reste 40 pieds au-dessus.

De-là on voit manifestement, que si on plonge dans de l'eau fort profonde une bouteille renversée pleine d'air, aiant des poids autour de son goulet suffisant pour la faire aller au fond, lorsqu'on la descendra peu à peu, l'eau y entrera & montera peu à peu dans le goulet; & que quand elle sera descendue à 32 pieds de profondeur, l'eau qui y entrera, réduira l'air à la moitié de l'étenduë qu'il avoit dans la bouteille avant que de la plonger; ce que j'ai expliqué plus amplement dans l'Essai de la *Nature de l'air*.

On voit encore l'erreur de ceux qui croïent que dans une pompe on peut faire monter l'eau jusques à 32 pieds en l'atirant avec un piston, puisque selon le jeu du piston on ne peut l'élever qu'à une certaine hauteur déterminée. Car soit, par exemple, un corps ou tuyau de pompe uniforme de 20 pieds, aiant au-dessus de 20 pieds un piston de même largeur, & qui ne puisse être élevé & baissé que de l'espace d'un pied; je dis que s'il y a une soupape au bas de la pompe, & qu'on fasse jouer le piston, l'eau ne pourra pas s'élever jusques à 12 pieds. Car, qu'elle soit élevée s'il est posible à 11 pieds, ou qu'on verse sur la soupape de l'eau jusques à 11 pieds de hauteur, & qu'on raccommode le piston; il restera 9 pieds d'air jusques au piston; & cet air qui se raréfiera en élevant le piston d'un pied, ne pourra être raréfié que comme 9 à 10; & parce que 21, complément de 11 pieds à 32, qui est le poids de l'atmosphére, est à 32, comme 9 à 13 $\frac{5}{7}$, il faudroit pour soûtenir l'eau à 11 pieds, que le piston s'élevât à 4 pieds $\frac{5}{7}$ pour faire l'équilibre entre le poids de l'atmosphére, & le ressort diminué de l'air enfermé joint au poids des 11 pieds d'eau; comme il a été expliqué ci-devant. D'où il s'ensuit que par l'élévation du piston à un pied seulement, la soupape ne s'ouvrira point, & l'eau ne montera pas plus haut que les 11 pieds.

Pour donner des régles de ces élévations d'eau dans les pompes, on se servira du calcul algébrique en cette manière: On appellera A la hauteur où doit monter l'eau dans le tuyau de pompe par le jeu du piston, faisant abstraction du poids de la soupape. Soit le tuyau de pompe au-dessus de la surface de l'eau qu'on veut élever de 12 pieds, & supposé qu'on la veuille élever jusques à ces 12 pieds par un seul coup de piston, on fera cette analogie: Comme 20, complément de 12 pieds à 32, est à 32, ainsi 12 pieds d'air ordinaire à un 4e. proportionnel; ce 4e. proportionnel sera 19 $\frac{1}{5}$; ce qui fera voir qu'il faudroit que le tuyau de pompe fût assez grand pour élever le piston jusques à 19 pieds $\frac{1}{5}$ au-

dessus de douze pieds pour faire monter l'eau jusques à 12 pieds par un seul coup de piston. Mais si le jeu du piston étoit limité à 2 pieds, on dira: Comme 32—A est à 32, ainsi 12—A est à 14—A; le premier terme est le complément de la hauteur inconnue où montera l'eau, à 32 pieds d'eau qui est le poids de l'atmosphére; le 3e. terme est les 12 pieds moins cette hauteur; & le 4e. est les 2 pieds où le piston s'éléve joint aux 12 pieds moins la même hauteur. Or le produit de 14—A par 32—A est 448 —46 A + A A, & le produit des deux termes du milieu est 384—32 A; l'équation étant réduite il y aura égalité entre A A & 14 A—64; & parce qu'on ne peut ôter de 49 quarré de 7 moitié des racines, 64, c'est une marque qu'en continuant de pomper on fera monter à plusieurs fois l'eau jusques au piston; & pour sçavoir combien elle montera au premier coup, il faut supposer que le piston soit élevé de deux pieds: il y aura donc un tuyau uniforme de 14 pieds. Et suivant ce qui a été dit dans l'Essai de *Logique*, & le Traité de la *Nature de l'air*, on fera ce calcul: L'air enfermé étoit de 12 pieds; 12 pieds + A est à A, comme 32 à 2—A; l'équation étant réduite, on trouvera que A A sera égal à 24—42 A, & enfin que la valeur de la racine sera un peu moins de $\frac{4}{7}$, laquelle ôtée de 2 restera 1 $\frac{3}{7}$ un peu plus; & par conséquent l'eau ne montera par le premier coup de piston, qu'à 1 pied $\frac{3}{7}$ un peu plus.

Si on avoit supposé le jeu du piston d'un pied, on sçauroit par le même calcul jusques où l'eau s'éléveroit par le premier coup de piston. Et si l'on veut sçavoir jusques où elle peut s'élever après plusieurs coups, il faut dire: Comme 32—A est à 32, ainsi 12—A est à 13—A; l'équation étant réduite on trouvera 13 A 32 égal à A A: le quarré de 6 $\frac{1}{2}$ moitié des racines est 42 $\frac{1}{4}$, dont ôtant 32 reste 10 $\frac{1}{4}$, dont la racine est 3 & $\frac{5}{24}$ un peu moins; ôtez-la de 6 $\frac{1}{2}$, reste 3 & $\frac{7}{24}$; ajoûtez-la à 6 $\frac{1}{2}$, ce sera 9 $\frac{17}{24}$, & ces nombres 3 $\frac{7}{24}$ & $\frac{17}{24}$ seroient les 2 racines; ce qui fera voir que jamais l'eau ne peut monter quand le tuyau est vuide, qu'à trois pieds & $\frac{7}{24}$ un peu plus, encore qu'on fasse jouer le piston tant qu'on voudra: mais que si l'on avoit rempli le tuyau jusques à 9 pieds $\frac{18}{24}$, on acheveroit de faire monter l'eau jusques à 12 pieds par plusieurs coups de piston.

Supposons maintenant que le tuyau jusques au piston soit 14 pieds, & que le jeu du piston soit de 2 pieds; 32—A sera à 32 comme 14—A à 16—A. Pour trouver facilement l'équation, il faut multiplier 32 par deux, différence de 14 & de 16; le produit est 64 pour le nombre absolu, & 16 A sera le nombre des racines, & A A sera égal à 16 A—64; le quarré de la moitié des racines est 64, dont ôtant 64, reste zero, dont la racine est zero, qui ôté & ajoûté à 8, fait toûjours 8; ce qui marque qu'il n'y a qu'une racine & que l'eau ne peut monter qu'à 8 pieds: mais que si peu qu'on fasse jouer le piston plus haut que les deux pieds, l'eau montera jusques à 14 pieds. L'analogie est facile:

car

car le piſton étant monté à 2 pieds, le tuyau ſera de 16 pieds, & l'eau étant à huit pieds, il reſtera 6 pieds d'air : mais 32 eſt à 24, complément de 8 pieds à 32, comme 8 pieds d'air dilaté à 6 pieds d'air commun; donc l'eau ne montera pas plus haut que les 8 pieds ſi le piſton ne joue que de 2 pieds.

De-là on voit que pour faire monter de l'eau par aſpiration à une hauteur conſidérable comme de 20 pieds, il faut diminuer le tuyau de pompe de largeur, & donner un jeu ſuffiſant au piſton : car ſuppoſé, que la ſurface du piſton ſoit 4 fois plus large que la baſe du tuyau, un pied d'élévation du piſton en vaudra 4 ſi le piſton n'étoit pas plus large; ſi donc le jeu eſt d'un pied & demi, ce ſera de même que ſi on l'élevoit à 6 pieds étant de même largeur. Or les 4 termes de l'équation étant de 32—A, 32, 20—A, 26—A; il y aura 6 fois 32, ſçavoir 192 pour un terme de l'équation, & l'autre 26 A, ſuivant ce qui vient d'être dit : ce ſera donc A A égal à 26 A moins 192; le quarré de la moitié des racines eſt 169 moindre que 192; & par conſéquent en pompant longtems, on fera monter l'eau juſques à 20 pieds.

Si dans l'exemple ci-deſſus on prend les 8 pieds pour le plus haut terme de l'eau : quand le tuyau eſt de 14 pieds & le jeu du piſton 2 pieds, il eſt aiſé de prouver que ſi l'on ſuppoſe 9 pieds d'eau ſur la ſoupape, elle achevera de monter par le jeu du piſton à 2 pieds; car il reſtera 5 pieds d'air. Or il y a moindre raiſon de 5 à 7 que de 27, complément de 5 à 32, à 32; & par conſéquent l'eau montera plus haut que les 9 pieds. La proportion ſera toûjours plus inégale en prenant 10 pieds ou 11 pieds, & ſi l'on prend 7 pieds au lieu de 8 pieds, l'eau montera encore; car il reſtera 7 pieds d'air : or 25, complément de 7 à 32, eſt à 32 comme 7 à $8\frac{24}{25}$. Donc ſi le piſton va juſques à 2 pieds, il fera monter l'eau plus haut que les 7 pieds. Elle montera encore plus aiſément ſi on n'en verſe que juſques à 6 pieds; car il y aura 8 pieds d'air : or 26 complément eſt à 32 comme 8 à $9\frac{22}{26}$. Donc ſi au lieu de $6\frac{22}{26}$ qui fait l'équilibre, le piſton va juſques à 10 pieds, il fera encore mieux monter l'eau que quand elle étoit à 7 pieds, & encore mieux quand elle ſera à 5 pieds &c. Si on vouloit ſçavoir quel jeu de piſton ſeroit néceſſaire pour faire monter l'eau à 30 pieds, il faut prendre un nombre un peu plus grand que la moitié de 30, comme 16, où ſera à peu près la plus grande difficulté d'élever l'eau : le complément eſt 16 : le reſte de l'air eſt 14 : comme ſeize à 32 ainſi 14 à 28 : il faudra donc que le piſton s'éléve de 14 pieds, ou que ſi le tuyau a 2 pouces de diamétre, celui du piſton ſoit de 7 pouces $\frac{1}{2}$; car le quarré de $7\frac{1}{2}$ eſt $56\frac{1}{4}$, qui eſt un peu plus que 14 fois 4 quarré de 2 pouces, & alors il ſuffira que le jeu du piſton ſoit d'un pied : mais comme à 18 pieds l'élévation eſt encore plus difficile, il faudra 8 pouces de diamétre au piſton, afin que ſon jeu étant d'un pied, il éléve l'eau plus haut que les 18 pieds. On explique facilement par la même force du reſſort de l'air l'expérience ſuivante, qui eſt aſſez curieuſe :

TAB. XV. Fig. 44.

Aïez un tuyau AG fermé par en-bas, large d'environ 12 ou 15 lignes, mais un peu plus étroit vers A, afin qu'on le puisse fermer exactement avec le pouce; emplissez-le d'eau, & y mettez quelque petite figure de verre ou de cuivre, creuse au dedans, & percée comme en D d'un petit trou à mettre une épingle, afin que l'air & l'eau y puissent entrer, & que sa pesanteur à l'égard de l'eau soit si bien proportionnée, que si on ajoûte un petit poids, elle aille au fond, & que si on l'ôte, elle nage au dedans comme de la cire. Appliquez le doigt sur le bout ouvert A & le pressez bien fort; la petite figure descendra jusques en B ou plus bas & jusques au fond: relevez le pouce, elle remontera; & si étant remontée comme en E ou C, on remet le pouce, elle recommencera à descendre. La cause de ces effets est, que lorsqu'on presse l'eau avec le pouce, on presse aussi l'air qui est dans la figure, & on le condense quoiqu'on ne condense pas l'eau; & par conséquent on fait entrer un peu d'eau dans la figure par le petit trou D; ce qui fait que sa pesanteur spécifique est alors plus grande que celle de l'eau, & elle descend: mais lorsqu'on léve le pouce, l'air enfermé repousse l'eau par ce même trou par la vertu de son ressort qui est mis en liberté; & reprenant sa dilatation, la figure avec l'eau & l'air enfermé reprend sa première disposition & remonte. Que si on léve le pouce bien vîte, une petite partie de l'air sortira soudainement avec l'eau par le petit trou; & l'un & l'autre fera par son choc contre l'eau du tuyau pirouetter la figure. Il arrive quelquefois qu'il sort trop d'air de la figure, & qu'étant au fond elle ne peut remonter quoiqu'on ait levé le pouce: alors il faut plonger le pouce bien avant dans le tuyau, & le retirer en sorte qu'il remplisse le canal exactement, afin qu'il n'y entre point d'air extérieur en la place du pouce; & il arrivera que l'air de la figure étant alors beaucoup moins pressé se dilate beaucoup plus qu'à l'ordinaire, & fait sortir plus d'eau par la petite figure; ce qui la rendra plus légére & la fera monter en haut, pourvû qu'on tienne toûjours le pouce dans le tuyau sans l'ôter entièrement. Quelquefois le poids de la figure & de l'air qui y est enfermé, est si bien proportionné à la pesanteur spécifique de l'eau, qu'en mettant le pouce en A, la figure descend comme jusques en F, & en relevant le pouce elle remonte: mais si on la fait descendre comme jusques en B, & qu'on léve le pouce, elle acheve de descendre; ce qui procéde de ce que le poids de l'eau AC ne presse pas assez l'air de la petite figure pour y faire entrer de l'eau suffisante pour la rendre d'une pesanteur spécifique égale à celle de l'eau, & que le poids de l'eau AB presse assez l'air pour cet effet; ce qui la fait descendre jusques au fond, où le poids de l'eau étant encore plus grand, fait condenser l'air de la petite figure plus qu'auparavant, & y fait entrer un peu plus d'eau; d'où il arrive qu'on à plus de peine à la faire remonter. De-là on voit l'erreur de ceux qui croïent que l'eau & l'air ne pésent rien sur les corps qui sont au-dessus, & le ju-

jugent ainsi parce que nous ne sentons point le poids de l'air. Mais il faut considérer que notre corps est disposé naturellement pour la pression de l'air telle qu'elle est ici-bas; c'est pourquoi nous n'en souffrons aucune incommodité. Mais si nous étions transportés en un air deux fois plus raréfié, la matière aërienne qui seroit dans notre sang & dans les autres parties de notre corps qui sont fort chaudes, se remettroit en air, & feroit des bouillonnemens qui enfleroient notre corps, & nous seroient très-incommodes. On en voit l'expérience quand on enferme un oiseau dans la machine du vuide; car quand on a réduit l'air à une dilatation double ou triple de celle qu'il a près de la terre, l'oiseau meurt en peu de tems, à cause que son sang chaud n'étant plus pressé par le ressort ordinaire de l'air, jette quantité de bulles de même que l'eau chaude qu'on y enferme en même tems. Que si au contraire on étoit dans un air qui fût doublement condensé, on en souffriroit beaucoup, quoiqu'on eût de la peine à ressentir son pressement; parce que si d'un côté il pressoit la poitrine pour empêcher la respiration, d'autre côté l'air qui y entreroit par la respiration aiant un ressort, empêcheroit l'action de l'air externe. D'où il s'ensuit, que ceux qui vont 7 ou 8 pieds sous l'eau, n'en doivent ressentir aucun poids sensible, parce qu'elle les presse également de tous côtez, & que le poids de l'atmosphére étant égal au poids de 32 pieds d'eau, ces huit pieds ajoûtés n'augmentent la pression que d'environ $\frac{1}{4}$; ce qui ne peut être bien sensible. Quelques-uns objectent contre ces raisonnemens & ces effets du ressort de l'air, que lorsqu'on se sert d'un tuyau percé par les deux bouts pour faire les expériences de l'air enfermé au-dessus du mercure, & que quelqu'un ferme le bout supérieur du tuyau avec le doigt pour empêcher la communication de l'air avec celui qui est enfermé; il arrive que lorsqu'on fait l'expérience, il semble à celui qui ferme le bout supérieur, que son doigt soit comme sucé & attiré par le mercure qui descend, & même il en reçoit de la douleur comme d'un pincement. D'où ils concluent que l'air dilaté dans le tuyau ne fait pas effort pour soûtenir une partie de l'air de l'atmosphére, puisqu'il appuïeroit contre ce doigt & le repousseroit plûtôt que de l'attirer. Pour satisfaire à cette difficulté, il faut considérer que lorsqu'on enferme quelques cors, comme une pomme ridée, dans les machines du vuide, & qu'on a pompé une grande partie de l'air qui y étoit enfermé, ces corps s'enflent & se dilatent; & que si on y avoit enfermé la moitié du doigt par le moïen d'une vessie coupée par les deux bouts ou par quelqu'autre moïen, cette partie du doigt s'enfleroit extrêmement, & on y sentiroit beaucoup de douleur. D'où il suit que la partie du doigt qui ferme le bout supérieur du tuyau du barométre, étant contigue à de l'air beaucoup dilaté, & le reste étant pressé par tout le poids de l'atmosphére, cette petite partie doit s'enfler, & faire une grande convexité vers l'intérieur du tuyau; ce qui ne se peut faire sans douleur; & plus l'air sera raré-

raréfié dans le tuyau, plus cette enflure & cette douleur sera sensible; & le foible repoussement de cet air raréfié ne sera pas suffisant pour empêcher cette enflure du bout du doigt, puisque le reste qui est dans l'air libre, sera beaucoup plus pressé.

On peut encore objecter, que quand il y a 28 pouces de mercure suspendu dans le tuyau, si on le souléve sans le mettre hors du mercure, le vaisseau en sent un poids égal à celui du mercure enfermé; ce qui ne devroit point être s'il faisoit équilibre avec le poids de l'atmosphére. On répond à cette difficulté, en disant que l'air supérieur qui est au-dessus du tuyau, n'a point alors d'autre air qui lui fasse équilibre; car celui qui devroit le soûtenir au-dessous du tuyau, soûtient le mercure qui y est: donc on doit soûtenir tout le poids de l'air supérieur qui pése 28 pouces de mercure; & si le tuyau n'étoit que de quatorze pouces, & que le mercure y demeurât jusques au haut, alors on ne sentiroit que quatorze pouces de mercure de poids, parce que l'air qui s'appuïe sur le mercure du petit vaisseau, soûtiendroit ces 14 pouces, & feroit encore effort de 14 pouces vers le haut du tuyau intérieurement; ainsi il feroit équilibre avec la moitié du poids supérieur de l'air, & la main soûtiendroit le reste.

La flamme peut faire aussi équilibre par son ressort avec les autres corps: mais comme il n'y a que la flamme de la poudre à canon qui puisse souffrir d'être comprimée sans s'éteindre, & que cette flamme dure très-peu de tems, il est difficile de faire des expériences de son équilibre; & la force de son ressort est si grande, qu'on n'a pu encore trouver de poids si grand qu'elle ne surmonte, puisqu'elle peut renverser des bastions entiers & même des montagnes.

Pour entendre comme se fait un si grand effort, on peut supposer qu'il y ait une certaine quantité de poudre allumée qui remplisse un tuyau assez large situé perpendiculairement, & qu'un grand poids dont la largeur occupe & remplit précisément celle du tuyau en pressant la flamme de cette poudre, la fasse resserrer jusques à ce qu'étant réduite à un petit espace il se fasse équilibre entre ce poids & le ressort de la flamme, sans qu'elle s'éteigne; ce qu'on peut concevoir se faire pendant l'espace d'une seconde: & en cet état le ressort de cette flamme feroit équilibre avec le poids, en sorte que si le poids étoit augmenté, cette même flamme se réduiroit à un plus petit espace, supposé qu'elle ne s'éteignît point; & son ressort, qui seroit alors plus fort, feroit encore équilibre avec ce plus grand poids. Or si on conçoit qu'en ce moment il s'allume quelque quantité de nouvelle poudre, le ressort de la flamme sera augmenté, & le poids ne pouvant plus faire équilibre sera poussé en haut, & étant une fois en mouvement la continuation de l'extension du ressort de la flamme qui se développera & s'étendra de plus en plus, accélérera son mouvement de plus en plus, & enfin le poussera jusques bien haut dans l'air.

Cela

Cela ſuppoſé, il eſt aiſé de concevoir que ſi l'on met 10 ou 12 milliers de poudre dans une mine, & que toute cette poudre étant allumée puiſſe occuper une eſpace de 200 pieds de hauteur & de 100 pieds de largeur, il arrivera qu'il s'en allumera au commencement une petite quantité qui ne ſera pas ſuffiſante pour enlever tout le baſtion: mais parce que cette flamme a la propriété de ne point s'étouffer pour être preſſée, il s'en allumera 30 ou 40 fois davantage que ce qu'en pourroit tenir la chambre de la mine ſi elle étoit découverte; & alors ſi ſon reſſort eſt aſſez fort, elle commencera à élever la terre qui eſt au-deſſus, laquelle étant une fois en mouvement, & le reſte de la poudre continuant à s'enflammer & rempliſſant l'eſpace que la terre a quitté en commençant à s'élever, en ſorte que ſon reſſort ſoit encore plus fort que le poids de la terre qui eſt déja en mouvement, elle accélérera ſa viteſſe de plus en plus, & pouſſera enfin le baſtion en haut & à côté, ou du moins une partie, juſqu'à ce que toute la flamme ait acquis l'étenduë qui lui eſt naturelle dans l'air libre.

Un peu de poudre fait de ſemblables effets dans les canons; car elle s'allume ſucceſſivement, quoiqu'en très-peu de tems, ſans pouſſer le boulet, juſques à ce que le reſſort de la flamme preſſée ſurmonte la réſiſtance du boulet: & lorſqu'elle a commencé à l'émouvoir, le reſte de la poudre qui s'allume promptement, augmente ſon reſſort & accélére la viteſſe du boulet juſques à le pouſſer à 7 ou 800 toiſes.

De-là on voit qu'un canon de 20 pieds doit porter ſon boulet plus loin qu'un de 10 pieds, parce que la poudre a plus de tems pour s'allumer & augmenter ſon reſſort pendant que le boulet parcourt ces eſpaces.

On voit auſſi que ſi un gros de poudre allumée a la force d'ébranler un boulet qui ne ſoit pas bien joint au canon, il ne ſera pas pouſſé ſi loin que s'il étoit bien bouré & preſſé avec du liége ou autre choſe qui l'empêchât d'être mis en mouvement juſques à ce qu'il y eût 2 ou 3 gros de poudre allumée: car en ce dernier cas le commencement de ſon mouvement ſeroit plus vîte & ſon accélération plus grande.

Par la même raiſon la poudre étant bien fine & facile à être enflammée pouſſera le boulet plus loin que ſi elle eſt groſſière, parce qu'il s'en allume davantage pendant que le boulet eſt dans le canon.

TROISIÈME DISCOURS,

De l'Equilibre des corps fluides par le choc.

LA flamme peut faire équilibre par ſon choc avec des poids. On peut en meſurer la force, ſi en la faiſant ſortir par un tuyau aſſez large on la fait choquer contre les aîles d'une rouë ſituée horiſontalement,

ment, pourvû que ces aîles ſoient toutes ſituées obliquement en un même ſens comme celles des moulins à vent. On ſe ſert en pluſieurs lieux de la flamme qui monte dans les cheminées, pour faire tourner quelques petites machines auprès du feu : plus le feu eſt grand, plus le mouvement de la flamme eſt vîte ; mais ce mouvement ne peut être augmenté beaucoup par l'art, & ſon choc n'a pas beaucoup de force. Une fuſée volante s'éléve par le choc de ſa flamme contre l'air ; mais ſi elle péſe trop, elle ne peut s'élever : ainſi on peut meſurer ſon équilibre. La flamme du tonnerre, qui va fort vîte, fait des efforts très-conſidérables ; car elle renverſe des tours & des rochers. La viteſſe de la flamme augmente auſſi la force de brûler, comme on le remarque ſouvent dans les incendies quand le vent eſt très-grand. On en voit auſſi des effets très-ſenſibles quand les Emailleurs ſoufflent le feu de leurs lampes contre du verre ou contre les métaux pour les fondre. Mais parce que la flamme ne ſe gouverne pas facilement pour demeurer dans une même viteſſe ou dans une même largeur, & qu'il coûteroit trop pour l'entretenir, on s'en ſert très-rarement dans les machines ; c'eſt pourquoi il n'eſt point néceſſaire d'examiner ici ſa force, ni de la comparer avec celles des autres corps fluides.

L'air & l'eau ſont emploïés dans les machines pour les faire mouvoir par leur choc. On peut connoître l'équilibre qu'ils font entre eux & avec les corps fermes qu'ils choquent, par les régles ſuivantes.

I. RÉGLE.

LEs jets d'eau ne choquent pas par l'effort de toutes leurs parties comme les corps fermes.

EXPLICATION.

TAB. XV. Fig. 45. AB eſt un jet d'eau ſortant du cylindre CD, & EF eſt un cylindre de bois. Il eſt manifeſte que les parties qui compoſent EF, étant liées & unies enſemble, elles font toutes enſemble leur effort en choquant un corps par l'extrémité F. Mais un jet d'eau comme AB, étant porté ſelon la direction A*d*B, ne peut agir que par ſes premières parties : car l'eau étant fluide & comme compoſée d'une infinité de petits corpuſcules qui gliſſent les uns ſur les autres, comme feroient de très-petits grains de ſable ; il n'y a que les premiers vers B, qui puiſſent faire le premier effort ſur les corps qu'ils rencontrent, & ils ſe réfléchiſſent ou s'écartent avant que les autres qui ſont comme en *d*, aient choqué à leur tour. Pour bien entendre ceci, il faut conſidérer que la viteſſe qu'a l'eau à la ſortie d'une petite ouverture faite au bas d'un tuyau fort large, eſt bien différente de la viteſſe de celle qui ſort par un tuyau d'égale largeur par-tout ; d'autant qu'en ce dernier cas elle commence à ſor-

ſortir avec une viteſſe très-petite & pareille à celle d'un cylindre de glace qu'on laiſſeroit tomber. Car ſoit un tuyau uniformément large A B, plein d'eau ſoûtenue en B avec le doigt; il eſt évident que la même viteſſe que prend l'eau B à la ſortie, eſt égale à celle en A, & que tout le cylindre d'eau tombe tout d'une piéce, comme s'il étoit ſolide: & par conſéquent il ſuit les mêmes régles à l'égard de la viteſſe de la chûte, qu'un cylindre de glace de même volume; à ſçavoir, que commençant par une viteſſe très-petite, elle s'augmenteroit en deſcendant ſelon les nombres impairs 1, 3, 5, 7, &c. c'eſt-à-dire, que ſi en un quart de ſeconde elle deſcendoit d'un pied, le quart ſuivant elle deſcendroit de trois pieds, dans le troiſième de cinq pieds, &c. D'où il s'enſuit, que l'eau qui étoit en A, étant arrivée en B, ſortira bien plus vîte que celle qui ſort la première. TAB. XV. Fig. 46.

Galilée a parlé bien au long de l'accélération de la viteſſe des corps qui tombent dans l'air libre. Voici comme je la conçois: S'il y a quelque corps très-léger qui choque un corps 100 fois plus peſant, il lui donnera la 100e. partie de ſa viteſſe, & le choquant une 2e. fois, il lui en donnera encore une autre 100e: en ſorte que ſi le corps choquant avoit 101 degrez de viteſſe, le corps choqué en prendra un degré au premier choc, & ſa quantité de mouvement ſera 100; & étant choqué une ſeconde fois avec la même viteſſe de 101 degrez par le corps léger, il en recevra un nouveau degré de viteſſe, lequel joint au premier fera deux degrez; le 3e. choc lui ajoûtera encore un degré, & ainſi de ſuite, comme il a été prouvé dans le *Traité du choc des Corps*. La même choſe arrivera ſi quelque puiſſance foible tire à ſoi un corps très-peſant, le tirant par repriſes. Or, ſoit que les corps ſoient tirés, ou pouſſés par une matière fluide très-légére, il doit arriver que ſi au premier moment de ſon effort il paſſe une ligne par une viteſſe uniforme, au 2e. choc & au 2e. moment il en paſſera 2, au 3e. moment 3, &c.

Or ſi l'on prend pluſieurs nombres de ſuite, commençant à l'unité, comme 1, 2, 3, 4, &c. juſques à 20, & qu'on compte 20 momens; la ſomme de cette progreſſion ſera 210: & ſi on compte 40 momens, ſelon la même progreſſion juſques à 40; la ſomme de ces derniers nombres ſera 820, qui eſt quadruple à peu près de 210, ſomme des 20 premiers nombres: mais à l'infini cette dernière ſomme ſera quadruple de la première préciſément, parce que la proportion du défaut diminue toûjours; ce que *Galilée* a auſſi conclu dans ſon Traité de l'accélération du mouvement des corps qui tombent. Mais ſi le mouvement ſe fait au travers d'un corps fluide fort peſant, l'accélération ſera bien-tôt arrêtée, & le corps tombant réduit à une viteſſe uniforme; comme auſſi ſi c'eſt un corps fort léger qui tombe par l'air libre, ainſi qu'il a été prouvé dans le *Traité de la Percuſſion*.

On peut juger encore de la lenteur de la ſortie des premières goutes d'eau, lorſque les tuyaux ſont uniformément larges, par l'expérien-

ce ſuivante: Aïez un tuyau recourbé de 2 ou 3 pieds de hauteur comme C D G d'égale largeur par-tout; verſez de l'eau par C, juſques à ce qu'elle coule par G: fermez le bout G, & achevez d'emplir le tuyau juſques à C: mettez enſuite l'autre doigt ſur ce bout, & ouvrez le bout G; l'eau ne coulera point ſi le tuyau n'a que 3 ou 4 lignes de largeur: levez le doigt qui ferme le bout C, & le remettez très-promptement; l'eau ne jaillira par G qu'à 4 ou 5 lignes de hauteur: au lieu que ſi le tuyau C D eſt beaucoup plus large que l'ouverture G, par exemple, s'il a 9 lignes de largeur, & l'extrémité 2 ou 3 lignes, & que vous ouvriez & refermiez avec la même promptitude la petite ouverture en G; les goutes d'eau qui ſortiront par G, jailliront juſques à fort près de la hauteur C. Vous connoîtrez encore la même lenteur de l'eau à ſa première ſortie du tuyau, comme A B en la figure 51, 52, & ſon accélération, ſi vous empliſſez d'eau ce tuyau, & ſi la ſoûtenant avec un doigt, vous ſoûtenez auſſi une petite pierre avec un autre doigt de la même main: car en tirant la main tout-à-coup vous verrez deſcendre la pierre & le bas de l'eau avec une même viteſſe juſques à 12 ou 15 pieds.

TAB. XV. Fig. 47.

On fait encore une expérience fort curieuſe pour la preuve de cette régle, en la manière qui s'enſuit:

TAB. XV. Fig. 50.

Aïez un long tuyau de 8 ou 10 pieds de hauteur, comme M N en la figure 50e, le plus poli & le plus égal en dedans qu'on pourra, plein d'eau, laquelle on ſoûtiendra avec le doigt, & on la laiſſera couler tout-à-coup ſur l'extrémité de la régle Q R près du point R, laquelle régle ſervant de balance doit être horiſontale & appuïée par l'autre bout ſur un ſoûtien comme O V, & le point R doit être éloigné ſeulement de 5 ou 6 lignes de la baſe du tuyau par où l'eau coule, c'eſt-à-dire, une ligne de plus que l'épaiſſeur du doigt qui ſoûtient l'eau: alors, ſi à l'autre extrémité Q il y a un poids Q plus petit d'un quart ou d'un cinquième que le poids de toute l'eau du cylindre, ce poids Q ne s'élévera point au commencement de la chûte de l'eau quoiqu'il ſemble que toute l'eau péſe ſur R, mais ſeulement lorſque le tuyau ſera preſque vuide; ce qui fait voir que ce ſont ſeulement les premières parties de l'eau qui font l'impreſſion, & que lorſqu'elles ſortent très-lentement, comme elles font au commencement de leur chûte, elles ne peuvent élever qu'un poids bien moindre que le poids de tout le cylindre; mais que lorſqu'elles ont acquis une grande viteſſe en tombant depuis la hauteur M, celles qui reſtent, élévent par leur grand choc ce que les premières ne pouvoient élever par leur petit choc au commencement de leur chûte. Que ſi on éléve le même tuyau deux ou trois pieds au-deſſus de R, & qu'on y laiſſe de l'eau au fond ſeulement d'un pouce de hauteur; ſi le tuyau a ſept ou huit lignes de largeur, elle fera moins d'impreſſion en tombant ſur R pour élever un poids en Q, qu'une boulette de cire ou de bois moins peſante de la moitié tombant de pareille

reille hauteur; ce qui fait voir que la boulette fait son impression par toutes ses parties, & l'eau d'un pouce de hauteur seulement par les plus proches de sa première surface qui choque la balance, & qui sont un peu aidées par les plus éloignées qui coulent à côté: car quoique l'eau n'agisse pas en choquant par toutes ses parties, & qu'il soit difficile de déterminer jusques à quelle hauteur de l'eau on les doit prendre; il est pourtant très-vrai-semblable, que les premières qui tombent, agissent le plus, & celles qui sont un peu plus haut jusques à deux ou 3 lignes, un peu moins, & même jusques à 5 ou 6 lignes, comme il arriveroit à 5 ou 6 petits grains de sable contigus, AEFDB tombant sur la régle GH d'une certaine hauteur, n'étant pas tous en la même ligne perpendiculaire: les deux D & B ne laisseroient pas de contribuer un peu au choc du premier, quoiqu'ils ne le fissent pas de tout leur poids & de toute leur vitesse, n'étant pas dans la même ligne de direction; les plus hauts AEF y contribuent aussi un peu, & feroient que la régle seroit choquée plus fortement que s'il n'y avoit que les seuls B & D. TAB. XVI. Fig. 48.

Or, l'eau étant composée d'une infinité de petits corpuscules contigus beaucoup plus petits que de très-petits grains de sable, qui roulent & qui glissent facilement les uns contre les autres; un petit cylindre d'eau comme GH choquera un peu plus fort qu'un moindre LH, puisqu'il y aura plus de petits corpuscules posés directement les uns sur les autres en la hauteur GH, qu'en la moindre LH. (Voïez vis-à-vis de la *Fig.* 48.)

II. RÈGLE.

L'Eau qui jaillit au-dessous d'un réservoir par quelque ouverture ronde, fait équilibre par son choc avec un poids égal au poids du cylindre d'eau qui a pour base cette ouverture, & pour hauteur celle qui est depuis le centre de l'ouverture jusques à la hauteur de la surface supérieure de l'eau.

On démontre cette proposition, & en même tems la force du choc de l'air en cette sorte: ABCD est un cylindre creux, dont les deux bases AD & BC sont de bois, & le reste de cuir, soûtenu & étendu par plusieurs cerceaux de bois ou de fil de fer FE, HI, LM, en sorte qu'on puisse faire abaisser la base AD fort près de la base BC qu'on suppose inébranlable. N est une ouverture faite dans la base BC, par où l'air enfermé dans le cylindre peut sortir. Ce cylindre est chargé d'un poids P posé sur la surface AD, & l'on ajuste au-dessous de ce cylindre une balance comme celle de la figure 50e marquée 1, en sorte que la régle QR étant située horisontalement, le point R qui est proche de son extrémité, soit fort près de l'ouverture N, & directement au-dessous de son centre. Cela étant, je dis que si l'on met un poids Q sur l'autre extrémité de la balance, dont l'essieu CD est supposé tourner facilement sur les points C & D, & que l'air que le poids P en des- TAB. XVI. Fig. 49.

cendant fait ſortir avec violence par l'ouverture N, choquant l'extrémité de la balance vers R, faſſe équilibre avec le poids Q ſuppoſé également diſtant de l'eſſieu CD; ce poids ſera au poids P en même raiſon que la ſurface de l'ouverture N eſt à la ſurface entière de la baſe BC: car ſi par le moïen d'un ſoufflet dont le tuyau ait ſon ouverture égale à l'ouverture N, on pouſſe de l'air contre cette ouverture avec une force égale à celle de l'air que le poids P fait ſortir; il ſe fera équilibre entre ces deux forces, & le poids P ne deſcendra point, parce qu'il ne ſortira point d'air par l'ouverture; & alors l'air pouſſé par le ſoufflet remplifſant cette ouverture ſoûtiendra ſa part du poids P, comme les autres parties de la baſe BC ſoûtiennent le reſte de ce poids; & la partie que l'air pouſſé ſoûtiendra, ſera au poids entier P dans la proportion de l'ouverture N à la largeur entière de la baſe BC. Donc réciproquement l'air ſortant par cette ouverture après qu'on aura ôté le ſoufflet, fera équilibre par ſon choc avec un poids qui ſera au poids P comme l'ouverture N eſt à la baſe BC. Que ſi l'on ferme l'ouverture N, & qu'on en ouvre une autre de même largeur tout auprès de la baſe AD, comme au point K; l'air en ſortira avec la même viteſſe que par l'ouverture N, ſi la baſe AD eſt chargée du même poids P, & fera équilibre avec un même poids par ſon choc.

Que ſi le cylindre eſt chargé ſucceſſivement de divers poids pour faire deſcendre plus ou moins vîte la ſurface AD, l'air qui ſortira par l'ouverture N, fera équilibre par ſon choc avec des poids qui ſeront l'un à l'autre en même raiſon que les poids qui chargent ſucceſſivement la baſe AD. La raiſon eſt, que la proportion du grand poids P au petit qui fait équilibre, eſt toûjours la même que celle de la baſe BC à l'ouverture N; d'où il s'enſuit, que les petits poids ſeront l'un à l'autre en même proportion que les grands poids qu'on mettra de ſuite ſur la ſurface AD. Que ſi l'on emplit d'eau le même cylindre, le jet qui ſe fera par l'ouverture K par l'effort du poids P, fera le même effet que l'air; c'eſt-à-dire, qu'il fera équilibre par ſon choc avec un poids qui ſera au poids P comme l'ouverture K à toute la baſe BC; parce qu'alors le poids de l'eau enfermée ne contribuera rien de ſenſible à la force du jet, puiſqu'elle eſt preſque toute au-deſſous: & que ſi un jet d'eau de même largeur & de même viteſſe choquoit directement en K celui qui ſort par cette ouverture, il l'arrêteroit & feroit équilibre avec lui, & ſoûtiendroit une partie du poids P ſelon la proportion de l'ouverture K à la ſurface BC. D'où il s'enſuit un paradoxe aſſez ſurprenant, ſçavoir, que l'air & l'eau qui ſortent ſucceſſivement par la même ouverture K, quelque poids qu'on mette ſur la baſe AD, élévent les mêmes poids par leur choc, quoique l'eau ſoit d'une matière beaucoup plus denſe & plus peſante que celle de l'air: mais il arrive auſſi en recompenſe que l'air ſort beaucoup plus vîte que l'eau; car on a trouvé par pluſieurs expériences, que quand le cylindre eſt plein d'air, il ſe vui-

de

de en un tems environ 24 fois moindre que quand il eſt plein d'eau.

Par exemple, ſi l'air ſe vuide en 2 ſecondes, l'eau ne ſe vuidera qu'en 48 ſecondes; d'où l'on peut conclure, qu'afin qu'un jet d'air faſſe le même effet par ſon choc qu'un jet d'eau de pareille largeur, il faut que ſa viteſſe ſoit environ 24 fois plus grande que celle de l'eau.

Or le même effet doit arriver, ſi ABCD eſt un vaiſſeau cylindrique plein d'eau, & découvert par le haut: car l'eau qui doit jaillir par l'ouverture N, étant arrêtée par un autre jet qui la rencontre directement au point N, ce jet ſoûtiendra une partie de l'eau de tout le cylindre, ſçavoir le cylindre qui a pour baſe l'ouverture N, & le reſte de la baſe ſoûtiendra le reſte de l'eau. Donc ce jet étant ôté, le jet qui ſortira par l'ouverture N, ſera équilibre par ſon choc à un poids qui ſera égal au poids de ce petit cylindre qui a pour baſe l'ouverture N & la hauteur égale à AB, ſi le cylindre ABCD eſt tout rempli.

III. RÉGLE.

Les jets d'eau égaux en largeur, qui ſortent par de petites ouvertures faites au bas de pluſieurs tuyaux pleins d'eau de différentes hauteurs, font équilibre avec des poids qui ſont l'un à l'autre en raiſon des hauteurs des tuyaux.

EXPLICATION.

SOit un grand tuyau AB & un plus petit CD, percés aux points E & F d'ouvertures égales. Il a été montré ci-devant, que l'eau jailliſſant par l'ouverture E ſera équilibre avec un poids égal au poids du cylindre d'eau EG, & que le jet qui ſort par F, ſera équilibre avec un poids égal au poids du cylindre d'eau FH: or ces petits cylindres aiant des baſes égales par l'hypothèſe, auront leurs poids en raiſon de leurs hauteurs; d'où il s'enſuit que les poids avec leſquels ces jets feront équilibre, ſeront entr'eux comme les hauteurs AB, CD. Par conſéquent il eſt évident que la première viteſſe d'un jet en ſortant doit être telle que la première goute d'eau qui ſort, ſoit diſpoſée à s'élever auſſi haut que la ſurface ſupérieure de l'eau. Car, ſuppoſé que l'eau fût dans le large cylindre ABCD en AD, & qu'il y eût un cylindre de glace de la largeur de l'ouverture F, qui n'allât que depuis F juſques en G, & qui fût ſuſpendu depuis ce point directement ſur l'ouverture F à une demi ligne ou environ de diſtance, & qu'on laiſſât aller l'eau tout-à-coup; elle feroit monter plus haut par ſon choc le cylindre FG, puiſqu'elle peut faire équilibre avec un cylindre de même largeur & de la hauteur FE. Donc ſi l'eau ne jailliſſoit que juſques en G depuis le point F, elle ne pourroit demeurer à cette élévation, puiſque la force de l'eau ſuivante la pouſſeroit plus haut, ſi elle étoit ferme comme un cylin-

TAB. XV. Fig. 46.

TAB. XVI. Fig. 50. marquée 2.

cylindre de glace; d'où l'on peut juger que la première goute s'éléveroit jusques à AE sans la résistance de l'air & quelques autres empêchemens: joint à cela que l'eau qui sort par F, se portant en haut pour faire l'équilibre avec l'eau AD, la première goute qui s'éléve, doit avoir la force de monter jusques à la hauteur de l'eau supérieure du réservoir, si on fait abstraction de la résistance de l'air; comme on l'a expliqué dans le premier Discours, où l'on a fait voir qu'en s'élevant à l'équilibre, elle jaillit même plus haut que l'eau supérieure par la vitesse acquise par le grand mouvement que le jet prend pour s'élever à la hauteur de l'eau supérieure.

Aiant rempli d'eau le réservoir ABCD de 16 pouces de hauteur au-dessus de l'ouverture du jet en F, jusques à ce qu'elle passât par-dessus les bords environ d'une ligne; (car, comme il a été dit, elle ne coule point par-dessus les bords qu'elle ne soit environ à une ligne & demi ou deux lignes au-dessus, particulièrement si les bords du réservoir sont frottés de graisse;) on a mis par-dessus une régle OL en situation horisontale, qui étoit par conséquent environ une ligne plus basse que la surface supérieure de l'eau; & l'on a remarqué que laissant jaillir l'eau un peu obliquement par l'ouverture F, & entretenant le tuyau ABCD toûjours plein à une ligne au-dessus du bas de la régle, le haut du jet alloit jusqu'à la régle; ce qu'on connoissoit par un peu d'eau qui s'y attachoit, qui auroit eu encore assez de force pour s'élever un peu plus haut comme d'un quart de ligne. Mais lorsque l'eau n'étoit qu'à fleur du réservoir & ne passoit point les bords, il ne s'attachoit point d'eau à la régle, parce que l'air résistoit un peu à la force du jet.

Que si le tuyau étoit de deux pieds de hauteur, il s'en faloit un peu moins de deux lignes que le jet n'allât jusques à la régle. Mais lorsque le réservoir étoit de moindre hauteur, comme de 7 ou 8 pouces, & que les ouvertures étoient de 3 ou 4 lignes de diamétre; les jets s'élevoient toûjours sensiblement aussi haut que la surface de l'eau, parce que le peu d'air qu'ils avoient à passer, ne pouvoit diminuer sensiblement leur force.

Or par la doctrine de *Galilée*, une goute d'eau que s'est élevée à une hauteur de 2 ou 3 pieds, lorsqu'en retombant elle est parvenue au même point d'où elle avoit commencé à s'élever, elle doit reprendre à ce point la même vitesse qui l'avoit fait élever. D'où il s'ensuit qu'on peut prendre pour une régle ou loi de la nature, que l'eau qui jaillit au bas d'un réservoir par une petite ouverture, a la même vitesse qu'une grosse goute d'eau auroit acquise en tombant depuis la hauteur de la surface de l'eau du réservoir jusques à l'ouverture de l'ajustoir, faisant abstraction de la résistance de l'air.

CON-

CONSÉQUENCE.

IL s'ensuit que les vitesses de l'eau qui sort au-dessous des réservoirs qui sont de hauteurs inégales, sont l'une à l'autre en raison sous-doublée de ces hauteurs: car puisque la vitesse de chaque jet les doit faire élever à la hauteur de leur réservoir, & que par ce que *Galilée* a démontré, les corps qui se meuvent avec des vitesses différentes, s'élévent à des hauteurs qui sont l'une à l'autre en raison doublée de ces vitesses; il s'ensuit que les vitesses sont l'une à l'autre en raison sous-doublée des hauteurs.

IV. RÉGLE.

LEs jets d'eau d'égale largeur qui ont des vitesses inégales, soûtiennent par leur choc des poids qui sont l'un à l'autre en raison doublée de ces vitesses.

EXPLICATION.

D'Autant que l'eau peut être considérée comme composée d'une infinité de petites parcelles imperceptibles, il doit arriver que lorsqu'elles vont deux fois plus vîte, il y en a deux fois autant qui choquent en même tems; & par cette raison le jet qui va deux fois plus vîte qu'un autre, fait deux fois autant d'effort par la seule quantité des petits corps qui choquent: & parce qu'il va deux fois plus vîte, il fait encore deux fois autant d'effort par son mouvement; & par conséquent les deux efforts ensemble doivent faire un effet quadruple, & de même à l'égard des autres proportions. On prouve encore cette régle en cette manière: AB est un cylindre quatre fois plus haut que le cylindre CD; l'ouverture E est égale à l'ouverture F; les deux cylindres sont pleins d'eau. Or d'autant que le jet sortant par E doit soûtenir un poids égal au poids du petit cylindre d'eau GE, & que le jet par F doit soûtenir un poids égal au poids du petit cylindre HF, & que le petit cylindre GE est quadruple du petit cylindre HF; il s'ensuit que les poids élevés seront comme 4 à 1. Mais par la conséquence de la régle précédente, la vitesse du jet par F, est à celle du jet par E en raison sous-doublée de la hauteur FH à la hauteur EG, & par conséquent elle sera comme 1 à 2. Donc une vitesse double d'un jet de même largeur soûtiendra un poids quadruple, & ainsi à l'égard des autres proportions. De-là il s'ensuit, qu'un jet d'air qui va 24 fois plus vîte qu'un autre, soûtiendra un poids 576 fois plus grand, puisque 576 est le quarré de 24; & parce qu'un jet d'eau qui va 24 fois moins vîte, soûtient le même poids, on peut juger que l'air est 576 fois plus raréfié que l'eau, puisqu'allant avec même vitesse, le jet d'eau soû-

TAB. XV. Fig. 46.

ſoûtient un poids 576 fois plus grand.

On peut connoître par expérience la force du choc de l'air avec la machine de la figure 51, 52, auſſi-bien qu'avec celle de la 2e. régle. ABCD eſt un vaiſſeau cylindrique de fer blanc, bien ſoudé, ouvert en CD, & renverſé dans un autre cylindre EFGH, au fond duquel il y a un petit tuyau bien ſoudé LI, qui entre dans le cylindre renverſé, & paſſe un peu au-deſſus de l'eau NK qui eſt dans le cylindre EH. On charge ſucceſſivement de pluſieurs poids différens la baſe ſupérieure AB pour faire deſcendre ce cylindre, & en même tems faire ſortir l'air avec violence par le tuyau IL, au bas duquel on ajuſte une balance comme celle de la figure 50, chargée à un des bouts de différens poids pour éprouver la force du choc de cet air. Les expériences ſe trouveront conformes à la démonſtration ci-deſſus, ſçavoir que ſi l'on ſouffle de l'air avec un ſoufflet dans le tuyau LI, de telle force qu'il empêche le poids M & le cylindre AD de deſcendre, alors cet air pouſſé fait le même effet que ſi on mettoit le pouce au point L pour empêcher l'air de ſortir. Et comme en cet état le pouce porteroit ſa part du poids M joint à celui du cylindre AD; & le reſte ſeroit ſoûtenu par le reſte de la baſe GH; & que cette partie ſeroit à tout le poids ſoûtenu en raiſon de la baſe GH à la hauteur de CD, à l'ouverture L, en ſorte que ſi tout le poids étoit de cent livres, & que la baſe GH fût 100 fois plus grande que l'ouverture L, l'air ſoufflé dans le tuyau ſoûtiendroit la 100e. partie de tout les poids. Donc réciproquement ſi on ôtoit le ſoufflet, l'air qui ſortira avec la même viteſſe que le vent du ſoufflet qui l'empêchoit de ſortir, fera équilibre avec un poids égal à cette 100e. partie.

TAB. XVI. Fig. 51, 52.

Il ſuit de ces raiſonnemens, que ſi deux cylindres pleins d'air de même hauteur aiant leurs baſes inégales, ſont chargés par des poids étant diſpoſés comme le cylindre ABCD, & aiant les ouvertures égales par où l'air doit ſortir; les poids que l'air ſortant élévera, ſeront l'un à l'autre en raiſon réciproque de leurs baſes. Car ſoient ces deux cylindres ABCD, *abcd*, mis chacun dans un autre cylindre plein d'eau, comme il vient d'être expliqué; & ſoient égaux les deux poids M & *m* poſés ſur les cylindres inégaux; & les poids élevés ſoient P & *p*, ſçavoir P par M, & *p* par *m*. D'autant que la baſe GH eſt à l'ouverture L comme le poids M au poids P élevé par l'air qui ſort par L, & que l'ouverture *l* égale à L eſt à la baſe *h g* comme le poids *p* élevé par l'air qui ſort par *l* au poids M ou *m*; en raiſon égale la proportion étant troublée, la baſe GH ſera à la baſe *h g* comme le poids *p* au poids P. Que ſi les poids qui chargent les cylindres, ſont proportionnés à leurs baſes, ils éléveront des poids égaux par le choc de l'air qu'ils feront ſortir par des ouvertures égales: comme ſi la baſe GH eſt 24 & la baſe *g h* 12, & que le poids M ſoit 12 livres & le poids *m* 6 livres; l'ouverture L étant 4, de même que *l*, les poids

TAB. XVI. Fig. 51, 52.

P &

P & *p* ſeront chacun de 2 livres, dont la preuve eſt facile.

CONSÉQUENCE

De la première démonſtration.

IL s'enſuit que le tems de l'écoulement de l'air du grand cylindre ſera au tems de l'écoulement de l'air du petit cylindre, lorſqu'ils ſeront chargés de poids égaux, en la raiſon compoſée de celle de la baſe GH à celle de la baſe *g h*, & de la ſous-doublée de la même baſe GH à la même baſe *g h*; car ſi les viteſſes étoient égales, ces tems ſeroient entr'eux comme les baſes. Mais les poids élevés étant en raiſon réciproque des baſes, & les viteſſes étant par la troiſième régle en raiſon ſous-doublée des poids élevés, les viteſſes ſeront réciproquement en raiſon ſous-doublée des baſes, c'eſt-à-dire, que la viteſſe par *l* ſera à la viteſſe par L en raiſon ſous-doublée de la baſe GH à la baſe *g h*: & par conſéquent le tems de l'écoulement de l'air du grand cylindre ſera au tems de l'écoulement de l'air du petit cylindre en la raiſon compoſée de celle de la baſe GH à la baſe *g h*, & de la ſous-doublée des mêmes baſes l'une à l'autre; ce qui s'eſt trouvé conforme à l'expérience. Car un cylindre de 8 pouces 7 lignes de diamétre de baſe, & un autre de 5 pouces 6 lignes étant chargés chacun de 44 onces, le grand s'eſt vuidé en 47 demi ſecondes, & le petit en 12. Or les baſes GH & *g h* ſont entr'elles comme les quarrez de leurs diamétres GH & *g h*; & 74 pouces, qui eſt à peu près le quarré de GH de 8 pouces 7 lignes, eſt à 30, qui eſt à peu près le quarré de *g h* de 5 pouces 6 lignes, comme 47 à 19 à peu près; & comme 74 à 47 moïenne proportionnelle entre 74 & 30, ainſi 19 à 12: d'où l'on voit que 47 eſt à 12 en la raiſon compoſée de celle de la baſe GH à celle de la baſe *g h*, & de la raiſon ſous-doublée de la même baſe GH à la même baſe *g h*.

V. RÉGLE.

LEs jets d'eau de même viteſſe & de différentes ouvertures ſoûtiennent des poids par leur choc qui ſont l'un à l'autre en raiſon doublée des diamétres des ouvertures.

Soient deux ſurfaces AB, CD, percées de deux ouvertures E & F; & que les deux jets d'eau EN, FM, paſſent par ces ouvertures. Il eſt évident que la ſurface de l'ouverture E eſt à la ſurface de l'ouverture F en raiſon doublée du diamétre GH au diamétre KL: & les viteſſes étant ſuppoſées égales, ſi le diamétre GH eſt double du diamétre KL, il y aura 4 fois autant de petits corpuſcules d'eau pour choquer, dans la baſe GH que dans la baſe KL; ils feront donc un effet quadruple; & ſi les ſurfaces des jets ſont réciproques aux hau- TAB. XVI. Fig. 53.

teurs des réſervoirs, ils feront équilibre avec des points égaux.

Pour ſçavoir la force des eaux coulantes lorſqu'elles choquent des aîles de moulin ou de quelque autre machine, il faut ſçavoir leur viteſſe & la comparer à celle des eaux qui jailliſſent au bas d'un réſervoir. Il eſt encore néceſſaire de ſçavoir la peſanteur ſpécifique de l'eau à l'égard des autres corps. Voici les obſervations que j'en ai faites:

On a fait faire un vaiſſeau de cuivre quarré en tous ſens, d'un demi pied de hauteur & de largeur dans œuvre, lequel par conſéquent contenoit la 8e. partie d'un pied cube; on le mit dans le baſſin d'une balance, & de l'autre côté ſon poids au juſte; on l'emplit d'eau enſuite avec un très-grand ſoin, par une petit ouverture faite vers un angle de la platine de deſſus: on a trouvé par pluſieurs expériences que cette eau peſoit 8 livres $\frac{1}{4}$, & par conſéquent que le pied cube d'eau devoit peſer 70 livres. Le muid de *Paris* contient 8 pieds cubes: en chaque pied cube 36 pintes, quand elles ſont meſurées au juſte & que l'eau ne paſſe pas les bords; mais quand elle paſſe les bords, le plus qu'il ſe peut ſans verſer, il ne contient que 35 pintes: chacune de ces dernières pintes péſe 2 livres, & les autres 2 livres moins 7 gros. Le muid de *Paris* contient 288 pintes de ces dernières, & 280 des autres: de-là on connoît qu'un cylindre d'eau dont la baſe a un pied de diamétre & un pied de hauteur, ne péſe que 55 livres, parce que la proportion du cercle au quarré qui lui eſt circonſcrit, eſt à peu près comme 11 à 14. Or comme 14 à 11, ainſi 70 livres ſont à 55 livres: de-là on ſçait qu'un cylindre d'un pied de hauteur & d'un pouce de baſe péſe 6 onces un gros à fort peu près; car la 144e. partie de 55 livres eſt 6 onces & $\frac{1}{9}$, & un gros eſt $\frac{1}{8}$; ſur quoi on a fait les expériences ſuivantes:

Aiant attaché un petit bateau à un autre fort grand, qui étoit immobile dans le milieu du cours de la rivière où elle étoit fort rapide, on meſuroit le long du petit bateau une diſtance de 15 pieds ſelon ſa longueur: on jettoit enſuite un petit morceau de bois, ou quelque brin d'herbe à deux ou trois pieds du petit bateau, vis-à-vis l'endroit où étoit la première marque des 15 pieds; & l'on comptoit par les battemens d'un pendule à demi ſecondes, en combien de tems il paſſoit juſques à l'autre marque: ſi c'étoit en dix demi ſecondes, on concluoit qu'en cet endroit l'eau de la rivière alloit d'une viteſſe à faire 3 pieds en une ſeconde. Enſuite on ſe ſervit d'un tourniquet où il y avoit deux régles qui traverſoient l'eſſieu, en ſorte que les plans où elles étoient, ſe coupoient à angles droits. On avoit élevé vers l'extrémité de l'une de ces régles un petit ais quarré, de ſix pouces de largeur, fort délié, qu'on faiſoit tremper perpendiculairement dans l'eau courante juſques à ce qu'elle paſſât 2 ou 3 pouces au-deſſus; & en même tems on mettoit à l'extrémité de l'autre régle qui étoit en une ſituation horiſontale, un poids à pareille diſtance de l'eſſieu que le milieu de l'ais, & on l'augmentoit ou diminuoit juſques à ce qu'il fît équilibre avec le choc de

l'eau

l'eau contre le petit ais ou palette. On fit plusieurs de ces expériences à l'endroit où l'eau étoit la plus rapide, & en d'autres endroits où elle alloit moins vîte; & l'on trouvoit toûjours à fort peu près les mêmes proportions correspondantes à la force de l'eau qui sort du bas d'un tuyau de 12 pieds de hauteur. Voici la manière d'en faire le calcul:

Aiant trouvé que l'eau la plus rapide faisoit 3 pieds $\frac{1}{4}$ en une seconde, & qu'elle soûtenoit alors par le choc de la palette 3 livres $\frac{3}{4}$, on disoit: Le jet du bas d'un réservoir qui a 12 pieds de hauteur, a une vitesse, à sa sortie, pour faire 24 pieds en une seconde selon la doctrine de *Galilée*, & qui a été expliquée ci-devant; cette vitesse est donc environ 7 fois & $\frac{1}{2}$ plus grande que celle de la rivière. Le quarré de $7\frac{1}{2}$ est $56\frac{1}{4}$; & par conséquent, si ce jet est de même largeur que la palette, il doit soûtenir un poids environ 56 fois plus grand. Or 12 pieds cubes d'eau pésent 840 livres dont le quart est 210 livres, qu'on prend à cause que la palette n'est que d'un demi pied, & qu'une colomne d'eau dont la base a un demi pied quarré & 12 pieds de hauteur, pése 210 livres; & si l'on divise 210 par 56, le quotient sera environ 3 livres $\frac{3}{4}$, qui est le poids qui a été trouvé dans l'expérience.

J'ai trouvé de même la force de l'eau coulante dans plusieurs autres endroits de la rivière, & même dans l'aqueduc d'*Arcueil*. Je fis une expérience au bord de la rivière, où l'eau courante faisoit un pied & $\frac{1}{4}$ en une seconde, & elle faisoit équilibre avec 9 onces de poids: pour la comparer à la vitesse de 3 pieds $\frac{1}{4}$, il faut prendre le quarré de $1\frac{1}{4}$ qui est $\frac{25}{16}$, contenu environ 6 fois $\frac{3}{4}$ dans le quarré de 3 $\frac{1}{4}$ qui est $10\frac{9}{16}$; car le produit de $6\frac{3}{4}$ par $\frac{25}{16}$ est 9 & $\frac{22}{64}$, qui valent un peu plus de 60 onces, qui font 3 livres $\frac{3}{4}$.

Les rouës des moulins qui sont sur la *Seine à Paris* entre le pont-neuf & le pont-au-change, n'ont à leurs extrémitez que la moitié de la vitesse de l'eau courante qui les choque; ce qui revient à la même chose que lorsqu'un poids en mouvement en rencontre un autre immobile de même pesanteur, & qu'il s'y attache, car étant joints ensemble, ils n'ont incontinent après le choc que la moitié de la vitesse de celui qui a choqué. Et ainsi on peut supposer que la résistance du frottement de l'essieu de la rouë, de celui de la meule & du grain qu'elle brise, joint au poids de la rouë & de ses palettes, vaut autant à peu près que la résistance d'un poids égal à celui de l'eau qui choque; & par conséquent elles doivent retarder de moitié à peu près la vitesse de l'eau qui les choque. On remarque la même proportion dans la rouë de la pompe de la Samaritaine.

Il faut ici considérer que l'eau d'une rivière ne va pas également vîte à sa surface, & dans les autres parties; car l'eau proche du fond est beaucoup retardée par la rencontre des pierres, des herbes, & des autres inégalitez.

Voici les expériences que j'ai faites de ces vitesses différentes:

J'ai mis dans une petite rivière coulante uniformément des boules de cire attachées à un fil d'un pied de longeur : l'une étoit chargée de petites pierres dans le milieu pour rendre sa pesanteur spécifique un peu plus grande que celle de l'eau, en sorte que quand les 2 boules étoient dans l'eau, la plus pesante faisoit bander le fil, & enfoncer la plus légére plus qu'elle n'auroit fait toute seule, & par ce moïen sa partie supérieure étoit presque à fleur-d'eau, afin que le vent n'eût point de prise sur elle. J'ai toûjours remarqué que la boule d'en-bas demeuroit en arrière, principalement aux endroits où il y avoit quelques herbes au fond de l'eau près desquelles la boule inférieure passoit ; car cette rivière n'avoit qu'environ 3 pieds de profondeur. Mais lorsqu'on mettoit ces mêmes boules en un endroit où l'eau rencontrant quelque obstacle s'élevoit un peu, & ensuite prenoit un cours plus rapide, comme on le remarque sous les ponts ; la boule inférieure devançoit la supérieure : ce qui faisoit voir que l'eau du milieu alloit alors plus vîte que celle de la surface ; & cela procéde de ce que l'eau s'élevant un peu plus haut par l'obstacle, elle acquiert une plus grande vitesse en coulant par une pente plus roide, & ce mouvement violent fait qu'elle se plonge & passe au-dessous de celle de la surface : comme si A B C D est le cours de l'eau supérieure, & que par un obstacle vers B elle s'éléve jusques à la ligne ponctuée E F, elle coulera plus vîte par la pente roide E F C ; & par la vitesse qu'elle aura acquise en C, elle continuera sa direction au-dessous de C D, comme en G H ; & par conséquent elle ira plus vîte en G & H qu'en I & D. Et c'est de-là que procéde que dans les médiocres rivières il y a toûjours de grandes fosses un peu au-dessous des ponts ; on en voit l'expérience en tous les ponts de la chaussée de *Nogent* sur *Seine* : car l'eau qui s'est élevée par la rencontre des piles du pont, prend une plus grande vitesse, & passe avec violence au-dessous de la supérieure jusques au fond, où elle emporte le sable & l'entraîne un peu plus bas où il s'amasse. Mais lorsque l'eau est en son lit & en sa course ordinaire & médiocre, la supérieure doit aller plus vîte que celle qui est un pied au-dessous : car soit A B une ligne horisontale, & C B la pente du fond de la rivière, D E l'eau qui est à un demi pied de la supérieure F G, l'une & l'autre parrallele à C B. Or parce que l'eau est visqueuse, & que ces parties contigues sont un peu liées ensemble, l'eau D E emportera celle qui est immédiatament au-dessus avec sa même vitesse à fort peu près ; & ensuite celle qui est en F G, qui se mouvant aussi d'elle-même à cause de sa pente, va un peu plus vîte que l'eau D E : ce qu'on pourra mieux comprendre si l'on suppose que F L soit un ais nageant sur l'eau, & dont le dessus soit en une pente parallele à C B, aiant une balle fort ronde au-dessus ; car cet ais emporté par l'eau emporteroit la balle, qui rouleroit d'elle-même le long de l'ais jusques en G, & par conséquent sa vitesse seroit plus grande que celle de l'ais.

TAB. XVI. Fig. 54.

TAB. XVI. Fig. 55.

J'ai

J'ai encore remarqué ſouvent des herbes que l'eau emmenoit, & je voïois manifeſtement que celles qui étoient entre deux eaux près du fond, plus avancées que celles qui étoient près de la ſurface, étoient bien-tôt paſſées & laiſſées en arrière par les ſupérieures; & ſi je jettois dans le même courant une poignée de groſſes ſcieures de bois qui alloient au fond plûtôt les unes que les autres, je voïois toûjours les ſupérieures précéder les autres par ordre à proportion qu'elles étoient plus ou moins éloignées du fond. Deſquelles expériences il paroît, que dans les rivières qui coulent librement, l'eau ſupérieure va plus vîte que celle du milieu, & celle du milieu plus vîte que celle qui eſt proche du fond; & que dans celles qui ſont contraintes de paſſer en un lieu étroit, étant retenues des deux côtez, celle du milieu va plus vîte que celle de la ſurface, s'il n'y a que trois ou quatre pieds de profondeur.

Voici comme on peut calculer la force des rouës des moulins de la *Seine*:

Je ſuppoſe qu'il a deux rouës à un ſeul eſſieu, qu'elles ont 5 pieds de demi diamétre, & que les ais, qu'on appelle des aubes qui ſervent de palettes, ont deux pieds de hauteur dans l'eau & 5 pieds de longueur. Je ſuppoſe auſſi que la viteſſe de l'eau qui choque les palettes, eſt de 4 pieds par ſeconde; ce qui eſt aſſez ordinaire: car elle s'éléve un peu par la rencontre du bateau qui porte le moulin, & par conſéquent elle va, vis-à-vis du milieu du bateau, plus vîte que ſi elle n'avoit pas été arrêtée. Or comme il a été dit ci-devant, un réſervoir de 12 pieds de hauteur faiſant jaillir au-deſſous de 12 pieds un jet quarré de demi pied de largeur, peut ſoûtenir 210 livres; ſa viteſſe qui eſt de 24 pieds par ſeconde eſt 6 fois plus grande que celle qui choque les rouës du moulin. Donc cette eau qui choque une palette de demi pied, ne doit ſoûtenir que la 36e. partie de 210 livres, par la première régle; donc elle ſoûtiendra 5 livres & $\frac{1}{6}$. Le pied quarré ſoûtiendra le quadruple, ſçavoir 23 livres $\frac{1}{3}$. Et parce que les palettes d'une rouë ont 10 pieds ſuperficiels, elles ſupporteront 233 livres $\frac{1}{3}$. L'autre rouë aura la même force. Donc les deux ſoûtiendront 466 livres $\frac{2}{3}$ miſes en une régle horiſontale à la même diſtance de l'axe, que le milieu des palettes à 4 pieds.

La force du choc du vent contre les aîles d'un moulin à vent ſe trouve en cette ſorte:

Aïez un tourniquet cylindrique ſemblable à celui dont il eſt parlé dans les expériences précédentes. AB, dans la figure 56e, repréſente ſon axe. GH eſt une régle horiſontale qui traverſe l'axe du cylindre à angles droits. IL eſt une autre régle poſée perpendiculairement ſur GH. MNOP eſt encore une régle perpendiculaire poſée obliquement ſous un angle de 45 degrez, à l'égard de la régle GR. Or ſi l'on ſuppoſe un jet d'eau qui choque directement la régle IL vers le point Q, & qui faſſe tourner le cylindre ſelon l'ordre des lettres *abcd*; il agira de toute ſa force pour ſoûtenir le poids R. Mais ſi un autre jet TAB. XVI. Fig. 56.

d'eau égal choque directement la régle M O au point S, que l'on suppose autant éloigné de l'axe que le point Q; il ne pourra soûtenir le poids R, parce que sa direction ne sera pas parallele à la direction de l'extrémité de la régle I L; & il ne pourra soûtenir qu'un poids qui sera au poids R, comme le côté d'un quarré à sa diagonale. Et si le même jet est parallele à l'axe A B, & qu'il choque au même point S; il faudra encore diminuer le poids R dans la même proportion pour faire l'équilibre, parce que ce jet choquera obliquement cette régle sous un angle de 45 degrez, & alors le poids R n'aura plus que la moitié de son poids: car si A B C D est un quarré, la 1e. raison sera comme de A C à A B, & la seconde comme de A B à A E moitié de A C, comme il a été expliqué plus au long dans le *Traité de la Percussion*, à la fin de la 13e. Proposition de la 2e. Partie. Or le vent qui choque les aîles d'un moulin à vent, les choque obliquement; & s'il rencontroit chaque aîle sous un angle de 45 degrez, il ne lui resteroit de sa force que selon la proportion de la diagonale d'un quarré à son côté par cette seule cause. Mais si cette aîle qui est oblique à l'axe, l'étoit selon le même angle, cette seconde cause diminueroit encore la force du vent selon la même proportion, comme il a été dit du jet d'eau; & la diminution totale par ces deux causes seroit de la moitié de la force du vent quand il choque directement cette régle, comme I L dans la figure 56e, disposée à se mouvoir au commencement selon sa direction, de manière que si sa force totale étoit 80, elle seroit réduite à 40 par ces deux causes. Mais à cause que l'aîle dont l'obliquité est de 45 degrez, reçoit une moindre largeur de vent que quand elle est opposée directement; il reçoit encore une 3e. diminution selon la même raison de A C à A B, & la diminution totale sera comme A C à E F, ou à peu près comme 80 à 28 ¼. Que si l'obliquité de l'aîle est N O, & que l'angle de A B & N O soit de 60 degrez; alors la 1e. cause seule diminuera de moitié la force du vent & la réduira de 80 à 40, & les deux autres ensemble la réduiront de 40 à 31 à peu près: d'où l'on jugera qu'il vaut mieux que les aîles des moulins à vent aient cette obliquité, que celle de 45.

TAB. XVI. Fig. 57.

TAB. XVI. Fig. 57.

TAB. XVI Fig. 56.

Pour sçavoir la force d'un vent qui choqueroit directement la voile d'un vaisseau, il faut sçavoir la vitesse du vent: on la trouve en lui laissant emporter une plûme très-légére de duvet depuis un endroit stable, & comptant le tems qu'elle met à parcourir un certain espace comme de 30 ou 40 pieds. Or supposant que le vent fasse 24 pieds en une seconde, comme il fait quand il est assez violent à l'ordinaire, mais pourtant bien moins que dans les grandes tempêtes & ouragans, il ira aussi vîte qu'un jet d'eau qui sort d'une ouverture à 12 pieds au-dessous d'un réservoir; & parce que le vent doit aller 24 fois plus vîte que l'eau pour faire le même effet, il ne fera pas plus que l'eau de pareille largeur qui ne fait qu'un pied en une seconde, ou que le jet qui en fait 24, si la largeur

geur du vent est 24 fois plus grande en diamétre, ou 576 fois en surface. Or un jet d'eau de demi pied en quarré venant d'un réservoir de 12 pieds de hauteur, peut soûtenir, comme il a été dit ci-devant, un poids égal au poids d'une colomne quarrée d'eau qui a pour base un quarré d'un demi pied, & pour hauteur 12 pieds; & d'autant qu'un demi pied cube pése 8 livres $\frac{1}{4}$, si on double cette hauteur, ce sera 17 livres $\frac{1}{2}$ pour une colomne quarrée d'un pied de hauteur & d'un demi pied de largeur; & si elle est de 11 pieds de hauteur, ce sera 210 livres, qui seront soûtenues par un jet d'un demi pied en quarré. Afin donc que le vent qui va aussi vîte, soûtienne le même poids de 210 livres, il faut que la voile qu'il choque, soit 24 fois plus large & plus longue qu'un demi pied, c'est-à-dire, qu'il faut qu'elle ait 12 pieds tant de largeur que de longueur, ou 6 pieds de largeur & 24 pieds de hauteur; & alors le vent qui fera 24 pieds en une seconde, soûtiendra 210 livres posées sur une régle horisontale attachée au même axe que la voile quarrée de 12 pieds, dans la même distance de l'axe, que le milieu de la longueur de la voile qui doit être en une situation perpendiculaire: mais si le vent ne fait que 12 pieds en une seconde, il ne supportera que 52 livres $\frac{1}{2}$, qui est le quart de 210 livres.

Si l'on en veut faire l'expérience en petit, il faut se servir du tourniquet de la figure 56e, & prendre une voile d'un pied de largeur & de hauteur, qui aiant sa surface d'un pied ne supportera que la 144e. partie de 52 livres $\frac{1}{2}$, sçavoir 5 onces $\frac{1}{6}$, si ce poids est à la même distance de l'axe que le milieu de cette petite voile; mais il faudra choisir le vent qui pourra faire 12 pieds par seconde. TAB. XVI. Fig. 56.

Par cette manière on calculera aisément les différentes forces des eaux & des vents par leur choc.

Pour comparer la force des moulins à vent à celle des moulins de la *Seine* dont j'ai parlé, je suppose que chacune des 4 aîles ait 30 pieds de hauteur & 6 pieds de largeur; ce sont 180 pieds. Si le vent ne fait que 12 pieds en une seconde, il soûtient 5 onces $\frac{2}{3}$ de livre en choquant une aîle d'un pied de surface. S'il en choque une de 180 pieds en surface, il soûtiendra 66 livres à peu près: mais il en faut ôter les $\frac{1}{3}$ à cause de la triple obliquité du choc, comme il a été prouvé: si l'obliquité est de 30 degrez, il restera donc 29 livres, & les 4 aîles soûtiendront 100 livres. Mais la distance de l'essieu au milieu de l'aîle est de 20 pieds, & celle du milieu des palettes jusques à leur axe n'est que de 4 pieds. Donc par cette cause les moulins à vent augmenteront leur force du quintuple, & si la rouë dentée de chacun est de 2 pieds de diamétre, la force du moulin à vent sera de 10 fois 100, & celle des moulins à eau de 2 fois 466 livres, quand le vent fait 12 pieds par seconde, & le courant de l'eau 4 pieds. On fera de semblables calculs pour les moindres ou plus grandes vitesses d'eau & de vents, & pour les plus grandes ou moindres aîles.

Quel-

Quelques-uns ont entrepris de faire des moulins horiſontaux qui tournaſſent à tous vents; j'en ai vû de trois ſortes:

TAB. XVI. Fig. 58. Les premiers avoient leurs aîles concaves & convexes ſelon un angle de 45 degrez, comme on le voit en la figure 58e. AB eſt le haut du concave, & CD le haut du convexe. Le vent ſoufflant contre les deux n'agira pas de même; car il gliſſera de part & d'autre depuis l'arrête CD, le long des plans CL & CN, & n'agira que comme 8 à 5 $\frac{2}{3}$: au lieu que rencontrant le concave & ne pouvant gliſſer, il agira par toute ſa force, comme s'il y avoit une toile tendue ſur EQHF, & ainſi il agira de toute la force de ſon choc & comme de 8: & y aiant 6 aîles ſemblables, il y en auroit toûjours 3 qui recevroient un peu moins d'un tiers plus d'impulſion que les trois autres; ce qui feroit néceſſairement tourner les rouës, mais avec peu de force, en ſorte qu'elles ne pourroient tourner qu'à vuide; ou bien il les faudroit démeſurément grandes, & elles ne pourroient ſe ſoûtenir, & ſeroient en danger d'être emportées par un vent impétueux. Pour les perfectionner il faudroit que l'angle EAQ fût de 30 degrez, & alors la proportion de la force du vent ſeroit dans le concave à l'égard du convexe, comme de 4 à 1, comme il a été expliqué dans les regles de la chûte des corps à la fin du *Traité de la Percuſſion.* On pourroit encore faire les faces CN, CL, & BE, BQ, mobiles, afin qu'elles ſe ſerraſſent un peu en l'aîle CD, & qu'elles s'ouvriſſent en l'autre; ce qui augmenteroit encore la proportion: il faudroit auſſi mettre ces 6 aîles deux à deux l'une ſur l'autre, afin qu'elles reçûſſent mieux le vent; & alors ces moulins pourroient faire à peu près le même effet que ceux dont on a parlé.

La ſeconde manière avoit la largeur de ſes aîles en une ſituation verticale; mais la toile qui les revêtoit, étoit dans des chaſſis mobiles, qui d'un côté s'appuïoient entièrement contre les extrémitez des bois ou perches qui les environnoient quand le vent ſouffloit contre; & ainſi elles en recevoient tout l'effort: mais de l'autre côté elles cédoient au vent, tournant ſur des pivôts & n'aiant point d'arrêt; & par ce moïen une partie du vent paſſoit entre les ouvertures qu'il faiſoit; ce qui donnoit beaucoup moins de force que de l'autre côté; & la rouë tournoit néceſſairement, mais elle tournoit foiblement, même à vuide: & lorſque des moulins à vent ordinaires tournoient par un vent médiocre, celui-ci ne tournoit point ou tournoit très-lentement, à cauſe qu'il ne reſtoit pas un quart de force de plus dans le côté où le vent choquoit entierement, que de l'autre; ce qui procédoit de ce que les bois & les traverſes en recevoient autant d'un côté que d'autre, & les chaſſis, du côté qu'ils s'ouvroient, ne laiſſoient pas de tomber un peu par leurs poids, & d'être rencontrés par le vent qui les ſoûtenoit, ne s'élevant jamais à la hauteur horiſontale: mais ils s'ouvroient ſeulement à demi, un peu plus ou moins; c'eſt pourquoi ils étoient inutiles la plûpart du tems, & ne pouvoient moudre qu'à des vents violens.

La

La troisième manière étoit de faire couvrir la moitié du nombre des aîles par une demi circonférence cylindrique de fer blanc ou d'autre matière légére, qui étoit dirigée droit au vent par une grande girouette fort éloignée du centre de la machine; & par ce moïen il y en avoit seulement trois d'un côté qui recevoient l'impression du vent sans être empêchées par les trois de l'autre côté: mais on ne pouvoit faire en grand cette machine, à cause de l'énorme grandeur qu'il eût falu donner à la demi circonférence cylindrique, & qui l'eût mise au hazard d'être emportée par un vent médiocrement violent.

J'ai vû aussi un modéle des moulins à vent horisontaux, qui sont, à ce qu'on dit, en usage dans la *Chine*. Ils sont faits comme une lanterne. Il y a plusieurs aîles, qui tournent sur des pivôts vers le centre & le point opposé vers le haut, & ils rencontrent des chevilles qui les arrêtent en de certaines situations pour recevoir le vent le plus directement qu'il se peut; & quand ces aîles ont fait un demi tour par la révolution de la machine, elles tournent & vont au vent comme les girouettes, & n'en reçoivent que très-peu d'impression pour ne pas nuire à celles qui sont de l'autre côté où le vent les rencontre directement ou à peu près; & enfin il n'y en a point de l'autre côté qui ne reçoive le vent très-obliquement, & par ce moïen le vent agit toûjours presque deux fois plus d'un côté que d'autre; ce qui fait faire un effet suffisant à toute la machine, dont l'essieu est planté dans le milieu de la meule qui est au-dessous; c'est pourquoi il n'est pas nécessaire d'y appliquer des rouës & des lanternes comme aux autres moulins, par le frottement desquelles la force est diminuée.

On peut, par la même méthode ci-dessus, calculer la vitesse du vent qui est nécessaire pour renverser des arbres ou des piliers qui seroient posés de bout sans rien soûtenir. En voici des exemples:

Soit un quadre de bois A B C D comme ceux d'un chassis de papier, d'un pied de largeur, dont le poids soit d'une livre un quart ou 20 onces avec son papier collé, exposé directement au vent, & posé perpendiculairement sur un plan horisontal, & aiant les quatre petits bâtons quarrez d'un pouce de largeur. Donc un vent de 12 pieds par seconde en le choquant soûtiendra 6 onces à peu près, comme il a été montré ci-dessus. Et parce qu'il n'a d'épaisseur que 12 lignes, la demi épaisseur où est son centre de gravité, ne sera que de 6 lignes; car on ne considére point le poids du papier. Et parce que la distance de son centre de pesanteur jusques à l'appui est 6 pouces, le vent agira en levier comme 6 pouces à 6 lignes, ou comme 12 à 1; & E F étant l'axe du mouvement, la proportion de la force du vent contre le poids du quadre de 20 onces sera comme 72 onces, produit de 6 onces par 12, à 20 onces. Il faut donc un moindre vent pour faire équilibre. Et si on le prend de 6 pieds par seconde, il n'aura que le quart de 72 onces, sçavoir 18 onces; & si 36 quarré de 6 donne 18, 40 donnera TAB. XVI. Fig. 59.

20 onces; la racine quarrée de 40 eſt un peu plus de 6 $\frac{1}{3}$. Il faudra donc un vent qui faſſe 6 pieds $\frac{1}{3}$ en une ſeconde pour renverſer ce quadre de chaſſis. J'en ai fait l'expérience au haut de l'Obſervatoire & dans la Samaritaine.

On calculera de même la force qu'il faut pour rompre une branche d'arbre de demi pied d'épaiſſeur, aiant 15 pieds de tige & 30 pieds de branches rameaux & feuilles. Ce ſera 900 pieds ſuperficiels que le vent choquera. La réſiſtance abſolue du bas de la branche pour être rompue, la tirant de haut en bas, ſera de 207360: car la réſiſtance abſolue d'un bâton de 3 lignes a été trouvée de 350 livres. A B eſt la tige de la branche, D F E B le tour de ſes branches & feuilles, & C le centre. La diſtance A C eſt 30 pieds. La proportion de 30 pieds au tiers de l'épaiſſeur vers A, qui n'eſt que de 2 pouces, eſt de 180 à 1. Diviſant 207360 par 180, le quotient ſera de 1152. Il faudra donc la valeur de 1152 livres pour rompre la branche en A. Il y a 900 pieds de ſuperficie dans les feuilles & rameaux de l'arbre, & parce que 2 pieds ſuperficiels choqués par un vent de 12 pieds par ſeconde ſoûtiennent $\frac{3}{4}$ de livre, ils ſoûtiendront 450 fois $\frac{3}{4}$, c'eſt-à-dire, 337 livres à peu près, qui eſt un nombre beaucoup moindre que 1152. Soit donc comme 337 à 1152 ainſi 144 quarré de 12 eſt à 492 $\frac{84}{337}$, dont la racine quarrée eſt 22 $\frac{1}{4}$ à peu près. Il faudroit donc que le vent fit 22 pieds $\frac{1}{4}$ en une ſeconde pour rompre une telle branche d'arbre.

TAB. XVI Fig. 60.

Le choc du vent contre les voiles d'un vaiſſeau pour le faire pencher ou pour le renverſer, ſuit les mêmes régles & celles de l'équilibre: car, ſi l'on poſe ſur le vaiſſeau A B C, dont le centre de peſanteur eſt dans la ligne D B, un poids au point C, il ſe penchera, & le centre de gravité commun ſera en la ligne *b* D; ce qui ſera dans l'eau, ſera équilibre à ſoi-même, & le poids C au reſte du vaiſſeau E A qui ſera de l'autre part au-deſſus de l'eau. Or la voile D étant choquée fait le même effet qu'un grand poids; & on peut comparer leurs efforts comme ci-devant, ſelon que le vent ſera grand & que la voile ſera élevée au-deſſus du vaiſſeau; & en ſe ſervant de la manière ci-devant expliquée, on pourra connoître quelle viteſſe de vent peut renverſer un vaiſſeau, ſi l'on ſçait le poids du vaiſſeau & de ce qui eſt dedans, ſa largeur, la grandeur de ſes voiles, l'obliquité ou la direction du choc en comparant ſa force à celle d'un poids comme C: mais il faut conſidérer que le vaiſſeau ne tourne pas par le vent, comme s'il y avoit un eſſieu au point B qui tournât ſur 2 pivôts immobiles, & qu'il ne ſe renverſe pas ſi aiſément, qu'il feroit: mais auſſi en roulant il peut prendre une continuation de mouvement, qui étant jointe à une grande & ſoudaine bouffée de vent, le peut porter beaucoup au-delà de l'équilibre & le renverſer.

TAB. XVII. Fig. 61.

Lorſqu'on n'a qu'une certaine quantité d'eau pour emploïer à quelque choc, on peut augmenter ſa force en la faiſant jaillir au-deſſous d'une plus grande hauteur.

AB

AB eſt le deſſus d'une rivière retenue. CD eſt une ouverture d'un pied quarré par où l'eau doit ſortir. Soit E le milieu de l'ouverture, & la hauteur BE de 3 pieds. Il a été démontré que le choc de l'eau par CD ſoûtiendra le poids d'un ſolide d'eau aiant pour baſe le quarré de CD, & la hauteur EB de 3 pieds; ce poids ſera donc de trois fois 70 livres ou de 210 livres. Soit maintenant l'eau retenue en ſorte que ſa hauteur ſoit de 12 pieds juſques en F, qui eſt le milieu de l'ouverture quarrée GH; le jet par F ira deux fois plus vîte que par E. Si l'on fait donc, que comme la diagonale d'un quarré eſt à ſon côté, ainſi CD ſoit à GH, la ſurface de cette ouverture ſera la moitié de celle de CD; & il y paſſera autant d'eau en même tems, parce qu'elle ira deux fois plus vîte; & le poids qu'elle ſoûtiendra par ſon choc, ſera égal au poids du ſolide qui aura pour baſe le quarré de GH & pour hauteur FB. Mais ce dernier ſolide aiant ſa hauteur quadruple du premier, & ſa baſe ſeulement moindre de la moitié, il péſera deux fois autant; & le jet par GH ſoûtiendra un poids double de celui qui eſt ſoûtenu par le jet CD. D'où l'on voit que pour faire tourner un moulin qui manqueroit d'eau, & n'en auroit que la moitié de l'ordinaire, en lui donnant une profondeur quadruple, la même eau le feroit tourner, & feroit autant d'effet que s'il avoit deux fois autant d'eau. TAB. XVII. Fig. 62.

TROISIÈME PARTIE.

DE LA MESURE DES EAUX COURANTES ET JAILLISSANTES.

PREMIER DISCOURS,

Des Pouces, & Lignes d'eau, dont on exprime la meſure des Eaux courantes & jailliſſantes.

LEs Fonteniers meſurent la quantité d'eau que donnent les fontaines, par les pouces & les lignes circulaires, que contiennent ſuperficiellement les ouvertures qu'elles rempliſſent en coulant très-lentement: mais ils n'ont pas bien déterminé quelle eſt la quantité d'eau que donnent ces pouces

pouces & lignes circulaires en un certain tems, ni quelle doit être l'élévation de l'eau par-dessus ces ouvertures pour fournir cet écoulement; ce qui est pourtant nécessaire pour sçavoir ce que c'est qu'un pouce d'eau: car si l'eau se tenoit à 6 lignes par-dessus une ouverture circulaire d'un pouce, elle donneroit beaucoup plus d'eau par ce pouce, que si elle ne le surpassoit que d'une ligne; parce que, comme il a été montré ci-devant dans la deuxième Partie, une plus grande hauteur d'eau fait aller les jets plus vîte, & les écoulemens des eaux par une même ouverture se font selon la proportion des vitesses qu'elles ont en sortant; ce qui se prouve en cette sorte:

TAB. XVII. Fig. 63. AB est un bacquet plein d'eau. CEDB est un des côtez du bacquet, où il y a une ouverture I. GH est un cylindre de bois ou de glace, qui passe par ce trou avec une vitesse uniforme.

Or si l'on suppose qu'en une seconde il s'avance de l'espace GH, il est manifeste qu'en ce tems il passera entièrement & précisément l'ouverture I, s'il commence à y entrer par le bout H; & que s'il va deux fois plus lentement, il lui faudra emploïer deux secondes pour la passer entièrement; & par conséquent il n'en passera que la moitié en une seconde, & de même à l'égard des autres proportions.

On peut tirer la même conséquence à l'égard des jets d'eau; sçavoir, qu'il passera deux fois autant d'eau en même tems par l'ouverture I, quand elle va deux fois plus vîte; & que si en une minute elle donne 10 pintes en passant par cette ouverture avec une certaine vitesse, elle en donnera 30 dans le même tems si elle va trois fois plus vîte.

Cela étant supposé, il est évident que s'il y a deux ouvertures rondes égales en un réservoir, l'une à un pied au-dessous de la surface supérieure de l'eau, & l'autre à 4 pieds; il sortira par cette dernière deux fois autant d'eau en même tems, puisqu'il a été prouvé que l'eau sortira par cette dernière deux fois plus vîte que par l'autre.

De-là on voit que pour déterminer la quantité d'eau qui doit passer par l'ouverture d'un pouce, située perpendiculairement, il faut nécessairement déterminer à quelle hauteur doit être la surface de l'eau qui fournit l'écoulement au-dessus du pouce circulaire.

Voici quelques expériences qui ont été faites pour déterminer cette hauteur, & la quantité d'eau qui en sort en un certain tems.

PREMIÈRE EXPÉRIENCE.

TAB. XVII. Fig. 64. ON s'est servi d'un bacquet de fer blanc MB, long de deux pieds & large de 10 pouces, percé en C d'une ouverture quarrée d'environ 16 lignes de largeur, où l'on avoit appliqué une petite platine de cuivre percée très-exactement d'une figure circulaire d'un pouce de diamétre. Ce bacquet étant situé de manière que cette ouverture d'un pouce étoit verticale, on l'emplissoit d'eau jusques par-dessus l'ouver-

ture,

ture, la fermant avec la main; & on y laissoit couler de l'eau d'un muid F G qui en étoit fort proche, en telle quantité, que passant toute par l'ouverture circulaire C, la surface supérieure de l'eau du bacquet demeuroit toûjours environ à une ligne plus haut que l'ouverture.

Pour faire cette expérience bien juste, on avoit fait une ouverure à côté dans le bacquet, comme en L, un peu plus élevé que l'ouverture circulaire C, pour servir de décharge à l'eau surabondante, dont on diminuoit la hauteur comme on vouloit, par le moïen d'une petite platine de fer blanc qu'on y appliquoit avec une matière fort visqueuse faite de cire & de térebentine. On avoit aussi appliqué une autre petite lame de fer blanc M à deux pouces à côté de l'ouverture C, & à une ligne plus haut moins $\frac{1}{4}$: elle étoit parallele à l'eau du bacquet, en sorte que quand l'eau s'étendoit un peu par-dessus, comme d'un quart de ligne d'épaisseur, on étoit assûré que la surface supérieure étoit à fort peu près plus haute d'une ligne que le haut de l'ouverture C; & sans cette invention il seroit fort difficile de s'en assûrer, parce que l'eau fait ordinairement une petite élévation concave d'environ deux lignes de hauteur le long des corps qu'elle touche quand ils en sont humectés; ce qui empêche de pouvoir bien remarquer la hauteur de la surface de l'eau à l'égard de l'ouverture C. Il y avoit aussi dans le bacquet une traverse D E pour recevoir le choc de l'eau qui tomboit du muid dans le réservoir, afin qu'elle ne fît point de vagues; & cette traverse étoit distante d'environ 3 pouces du fond du bacquet, & étoit percée de plusieurs trous, afin que l'eau y passât librement. Cela étant bien disposé, on fermoit l'ouverture avec la main ou autrement, & on emplissoit le bacquet jusques à ce que l'eau passât 3 ou 4 lignes par-dessus la petite lame M, & ensuite on laissoit couler l'eau en même tems par l'ouverture & par le muid; & si l'eau du bacquet demeuroit à cette hauteur de 3 ou 4 lignes, ou qu'elle montât encore plus haut, on baissoit un peu le déchargeoir L, jusques à ce que l'on vît demeurer très-peu d'eau sur la petite lame M, comme d'un quart de ligne d'épaisseur, & qu'elle demeurât sensiblement en cet état un peu de tems. Alors on poussoit tout à coup un vaisseau N pour recevoir l'eau qui couloit par l'ouverture circulaire C, & après l'y avoir laissé 30 secondes précisément, on le tiroit tout à coup, & on mesuroit ensuite la quantité d'eau qui étoit dedans.

Pour marquer le tems de l'écoulement, on se servoit d'un pendule de fil très-délié, chargé à son extrémité d'une balle de plomb de 8 lignes de diamétre. La longueur du fil étoit de 3 pieds & 8 lignes jusques au centre de la balle depuis le point de suspension. Ce pendule emploïoit une seconde à chaque battement, & on s'en assûroit en le comparant à une pendule ou horloge très-juste qui marquoit les secondes. On a réïteré plusieurs fois la même expérience, & on a trouvé qu'il passoit en 60 secondes par cette ouverture d'un pouce, lorsque la

ſurface ſupérieure de l'eau du bacquet étoit 7 lignes plus haute que le centre de l'ouverture, environ 13 pintes $\frac{1}{8}$ meſure de *Paris*, chaque pinte peſant deux livres moins 7 gros.

Dans les païs proche de la Ligne le pendule doit être plus court, à cauſe que le mouvement de la ſurface de la terre en ces endroits eſt plus grand qu'en *France*. Mr. *Richer* & Mr. *Varin* en ont fait des obſervations; le premier à la *Cayenne*, où il l'a trouvé plus court de 1 ligne $\frac{1}{4}$: & l'autre en l'Iſle de *Gorée* proche le *Cap-Verd*, où il le faloit ſeulement de trois pieds 6 lignes $\frac{1}{2}$. On démontre cet effet en cette ſorte: ABC repréſente un méridien paſſant par les poles B, C; AEF eſt la Ligne équinoxiale; GHMN eſt le parallele de *Paris*. Si l'on ſuppoſe le mouvement de la terre d'Occident en Orient, une pierre qui ſeroit en A, s'écarteroit de la terre par une tangente; & parce que le point A iroit auſſi vîte, ſi le mouvement vers le centre K ne ſurmontoit pas ce mouvement, elle s'éloigneroit de la terre ſelon la ligne AI: mais ce mouvement vers le centre étant plus fort, la pierre ne s'éléve pas; mais elle ne laiſſe pas de perdre une partie de ſa tendance au mouvement vers K. La même choſe arrivera à une pierre qui ſera au point G, mais ſa tendance au mouvement par la tangente ſera beaucoup moins forte, parce que le point A ſe meut beaucoup plus vîte que le point G. Donc il retardera moins une pierre qui tombe de G vers K centre de la terre, & même la ſituation oblique du petit cercle GM à l'égard de la ligne GK, peut encore un peu diminuer de ce retardement vers le centre: car GL, ligne oblique à KG, étant égale à GO, le point L ſera moins éloigné de K que le point O; par ces deux cauſes la pierre étant lâchée en I, deſcendra moins vîte vers A, que la pierre en L ne deſcendra vers G. Donc le mouvement du poids d'un pendule ſera plus lent vers A que vers G, & par conſéquent pour les faire iſocrones, il faut que le fil du pendule ſoit plus court vers A que vers G.

TAB. XVII. Fig. 65.

Il eſt manifeſte qu'on ne peut trouver préciſément la même quantité d'eau dans toutes les expériences, & qu'on y trouvera toûjours quelque petite différence par pluſieurs cauſes: ſçavoir, qu'il eſt difficile de commencer à compter les ſecondes au même moment que l'eau commence à couler; qu'on ne peut retirer le vaiſſeau préciſément quand la 30e. ſeconde finit; que l'ouverture par où l'eau coule, n'eſt pas parfaitement perpendiculaire, ou qu'elle n'eſt pas exactement d'un pouce; ou que le fil du pendule ſe peut un peu allonger ou accourcir pendant l'expérience; ou enfin que la hauteur de l'eau eſt un peu plus ou un peu moins haute qu'une ligne à l'endroit de la petite lame M; toutes leſquelles choſes empêchent l'exactitude préciſe: mais entre le plus & le moins on a trouvé cette meſure de 13 pintes $\frac{1}{8}$. Si on veut ſçavoir l'eau que donnent des ouvertures circulaires plus petites, comme de 6 lignes de diamétre ou de 4 lignes; il les faut placer en ſorte que leurs cen-

centres ſoient à 7 lignes au-deſſous de la ſurface de l'eau du bacquet: car ſi le plus haut de chaque ouverture étoit placé à une ligne de diſtance de la ſurface, elles donneroient beaucoup moins d'eau que ſelon la proportion de leurs grandeurs; mais ſi on les diſpoſe en ſorte que le centre de leurs ouvertures ſoit à même diſtance de la ſuperficie de l'eau, elles donneront de l'eau à peu près ſelon la proportion. Voici les expériences qui en ont été faites.

II. EXPÉRIENCE.

ON a fait couler pluſieurs fois l'eau du même bacquet par une ouverture de 6 lignes, dont le centre étoit toûjours à 7 lignes de diſtance de la ſurface de l'eau pendant l'écoulement; & on a trouvé entre le plus & le moins 15 demi ſeptiers en une minute, quoique la ſurface de cette ouverture ne ſoit que le quart de celle d'un pouce circulaire, & que ſelon cette proportion il n'en dût ſortir pendant une minute que le quart de 13 pintes $\frac{1}{2}$ ſelon la 4e. régle de l'équilibre par le choc. Cette différence procéde de pluſieurs cauſes:

1°. Qu'encore que l'eau du bacquet ſoit à une ligne de hauteur par-deſſus l'ouverture d'un pouce, elle n'y reſte joignant cette ouverture que d'environ un tiers de ligne pendant ſon écoulement; ce que l'on connoît aiſément par une particulière réflexion de lumière qui ſe fait en cet endroit où l'eau ſe baiſſe plus que dans le reſte du bacquet: & ce baiſſement ſe fait à cauſe que l'eau qui ſuccéde à celle qui coule, doit venir des parties voiſines, comme il a été expliqué ci-devant, & qu'y en aiant trop peu par le haut proche le trou, il faut qu'elle s'abbaiſſe preſque toute pour paſſer; ce qui diminue de la force de la preſſion de l'eau, & retarde la viteſſe de l'écoulement.

2°. Que venant peu d'eau par en-haut, il faut en recompenſe qu'il en vienne de bien loin pour ſuccéder à celle qui coule; ce qui retarde encore ſa viteſſe. Mais la même choſe n'arrive pas au trou de 6 lignes, parce que ne devant donner que le quart autant d'eau que le pouce, & ſon ouverture étant ſurmontée de 4 lignes d'épaiſſeur d'eau, il ne s'y fait point d'enfoncement ſenſible; & par conſéquent l'eau eſt preſſée par ces 4 lignes entières, outre que l'eau qui doit ſuccéder à celle qui coule, ne vient pas de ſi loin que quand l'ouverture eſt d'un pouce; & afin que le deſſus de l'eau qui eſt directement au-deſſus de l'ouverture d'un pouce, fût 7 lignes plus haut que ſon centre, il faudroit que dans le reſte du bacquet elle fût à 8 lignes de hauteur à peu près.

Il y a encore une autre cauſe, qui eſt, que les viteſſes des écoulemens étant en raiſon ſous-doublée des hauteurs des eaux, ainſi qu'il a été dit; s'il y a un bacquet comme AB, percé au fond d'une ouverture horiſontale, comme *abcd*, & d'une autre verticale *efgh*, égales entr'elles; & que l'eau ſoit élevée dans le bacquet à la hauteur préci- TAB. XVII. Fig. 66.

ſe

se *ef*; il ne doit sortir par cette ouverture verticale que les $\frac{2}{3}$ d'autant d'eau qu'il en sortira par celle qui est au fond du bacquet en même tems, si on entretient l'eau à la hauteur *ef*; ce qui se prouve en cette sorte:

L'eau qui sort par le bas de l'ouverture verticale *eh*, a sa vitesse à l'égard de celle qui sort par L I en raison sous-doublée de la hauteur *eg* à la hauteur *e*L, & de même à l'égard de toutes les divisions horisontales qu'on peut faire dans le quarré *efgh*, à inégales distances: d'où il suit, que si la vitesse de l'eau de la 1e. division vers le haut est 1 ou R. 1, celle de la 2e. sera R. 2, celle de la 3e. R. 3, &c. ce qui est dans la même proportion que les ordonnées d'une parabole. Soit donc ACD une parabole, dont la base C D soit celle du rectangle C D P Q; & soit divisé l'axe A B en plusieurs parties égales par les lignes E F, G H I L, M N, &c. paralleles à B D: ces lignes seront les ordonnées. Or par la propriété de cette figure les quarrez des ordonnées sont entr'eux comme les segmens de l'axe qui leur correspondent, A E, A G, A I, A M, &c. & ces segmens sont entr'eux comme les nombres de suite 1, 2, 3, 4, &c. Donc ces quarrez seront aussi entr'eux comme 1, 2, 3, 4, &c. & par conséquent les lignes O E F, R G H, S I L, T M N, seront entr'elles comme R. 1, R. 2, R. 3, R. 4, &c. Or si on prend toutes les ordonnées qu'on peut tirer paralleles à B D infinies en nombre pour la parabole, elles seront aux lignes infinies qui composent le rectangle C D A, comme la parabole est au rectangle. Mais le triangle C A D, qui est la moitié du rectangle P Q C D, est les $\frac{2}{3}$ de la parabole, comme il a été prouvé par *Archimède*. Donc si le triangle est 3, le rectangle sera 6, & la parabole 4; donc elle est les $\frac{2}{3}$ du rectangle.

TAB. XVII. Fig. 67.

Ceux qui ne sçavent pas les propriétez de la parabole, pourront connoître par le calcul cette vérité à peu près, en prenant la suite de ces ordonnées en nombres, en tirant leurs racines quarrées, par le dixme, comme en la table suivante, où le premier rang vaut les nombres entiers, le second les dixièmes, le troisième les centièmes, &c.

Vaut.	*Nomb.*	*Dix.*	*Cent.*	*Mil.*
R. 1	1.			
R. 2	1.	4.	1.	4.
R. 3	1.	7.	3.	2.
R. 4	2.			
R. 5	2.	2.	3.	6.
R. 6	2.	4.	4.	9.
R. 7	2.	6.	4.	5.
R. 8	2.	8.	2.	8.
R. 9	3.			
R. 10	3.	1.	6.	2.

R. 11

Vaut	*Nomb.*	*Dix.*	*Cent.*	*Mil.*
R. 11	3.	3.	1.	6.
R. 12	3.	4.	6.	2.
R. 13	3.	6.	0.	5.
R. 14	3.	7.	4.	3.
R. 15	3.	8.	7.	2.
R. 16	4.			
R. 17	4.	1.	2.	3.
R. 18	4.	2.	4.	2.
R. 19	4.	3.	5.	8.
R. 20	4.	4.	7.	2.
R. 21	4.	5.	8.	2.
R. 22	4.	6.	9.	1.
R. 23	4.	7.	9.	2.
R. 24	4.	8.	9.	9.

Or si l'on ne prend la somme que des 12 premiers nombres, elle est un peu plus grande que 29 ; & 12 fois le douzième nombre, sçavoir 3, $\frac{4}{10}$, $\frac{6}{100}$, $\frac{2}{1000}$, donne un produit un peu plus grand que 41 $\frac{1}{2}$; & par conséquent cette somme, qui est la parabole, est plus grande que les $\frac{2}{3}$ de ce produit qui est le rectangle. Mais si on prend celle des 24 nombres, on trouvera un peu plus de 79 pour la parabole ; & le produit du dernier 4, $\frac{8}{10}$, $\frac{9}{100}$, $\frac{9}{1000}$, par 24, est un peu plus que 117, dont les $\frac{2}{3}$ sont 78 ; & ainsi la somme de ces 24 nombres ne différe des $\frac{2}{3}$ de ce produit que de l'unité à peu près, & on en approche plus que quand on ne prend que les 12 premiers nombres; & si l'on continue à augmenter la table par un plus grand nombre de divisions, la différence de cette somme & de ce produit diminuera toûjours, & l'on pourra juger qu'elle arriveroit enfin au $\frac{2}{3}$ précisément.

On voit aussi, que si on prend les 6 nombres du milieu des 12, ils surpasseront ensemble la somme des 3 premiers & des 3 derniers ; & que la somme des 6 premiers & des 6 derniers des 24, sera moindre que la somme des 12 du milieu: ce qui doit arriver nécessairement, & on en fait la démonstration en cette sorte:

Les extrêmes des quarrez des nombres qui sont en progression arithmétique, sont plus grands que ceux des nombres du milieu : comme les quarrez de 2 & de 8, qui font 68, sont plus grands que 52, somme des quarrez de 4 & de 6; & l'excès est 16, produit du quarré de la différence par le nombre de la progression. Or, puisque les quarrez des ordonnées de la parabole sont en progression arithmétique, & que les extrêmes ensemble sont égaux à ceux du milieu; il s'ensuit que leurs racines ne sont pas en progression arithmétique, & que les premières & les dernières ensemble sont moindres que celle du milieu: car si elles étoient égales, ces quarrez extrêmes seroient plus grands.

Et parce que les écoulemens des eaux suivent leurs vitesses, il s'ensuit que s'il y a 8 divisions au quarré ABCD, les 4 du milieu qui sont le rectangle EFGH, donneront plus d'eau que les 4 extrêmes, qui sont les deux rectangles AH, FD; & que LMNO, qui est la moitié de ce rectangle & le quart du grand quarré, donnera plus du quart de toute l'eau que donne le grand quarré.

TAB. XVII. Fig. 68.

Il arrive donc par cette cause & par celle de la difficulté de l'écoulement, qu'une ouverture quarrée de 6 lignes aiant l'eau 4 lignes au-dessus, donne plus que le quart de celle que donne un pouce quarré surmonté seulement d'une ligne d'eau proche l'ouverture. Il est vrai qu'il y a un peu moins de frottement à proportion contre les bords du grand trou, que du petit; ce qui donne un peu d'avantage au grand: mais les autres choses étant plus considérables, il doit toûjours sortir plus d'eau à proportion par les moindres trous jusques à 2 lignes de diamétre, que par les plus grands; ce que j'ai trouvé conforme aux expériences.

La même chose doit arriver à peu près, & par les mêmes causes, aux ouvertures circulaires; c'est-à-dire, que si l'on prend dans le grand cercle ABCD, le petit intérieur & concentrique EF, dont le diametre EF soit égal à la moitié de AC, & par conséquent la surface égale au quart de celle du grand cercle; il passera par cette ouverture un peu plus du quart de celle qui passera par l'ouverture entière ABCD: ce qu'on a trouvé conforme à toutes les expériences dans les petites élévations de l'eau au-dessus des ouvertures; le grand cercle aiant donné toûjours à peu près 13 pintes en une minute, & le petit 15 demi septiers, comme il a été dit.

TAB. XVII. Fig. 69.

Il arrive encore, que si la petite ouverture par où passe l'eau, est située horisontalement au fond du bacquet, en sorte que l'eau coule perpendiculairement de haut en bas, il en coulera plus en même tems que si dans un autre bacquet l'ouverture étoit verticale, & le jet horisontal, quoique la surface de l'eau fût autant élevée par-dessus le centre de cette dernière, que par-dessus l'autre; ce qui procéde de ce que l'eau sortant de haut en bas, elle accélére sa vitesse, & à cause de sa viscosité elle entraîne plus vîte les parties qui lui sont contigues, & même celles qui sont proches de l'ouverture au dedans du réservoir. Et il en sortira encore moins d'une pareille ouverture, si elle est disposée à faire jaillir l'eau perpendiculairement de bas en haut par l'ouverture C, parce que l'eau va plus vîte en D qu'en E, & ainsi celle du dessous est toûjours un peu retardée.

TAB. XVII. Fig. 70.

On a trouvé par plusieurs expériences, que s'il sortoit 15 pintes en un certain tems par un jet de 4 lignes d'ouverture qui couloit de haut en bas, il n'en sortoit que 14 à peu près lorsqu'on le faisoit jaillir perpendiculairement de bas en haut, quoique surmonté d'une pareille hauteur d'eau; & cela arrive particulièrement dans les médiocres hauteurs des

des réſervoirs : car s'ils ſont de 20 ou 30 pieds, la différence eſt bien moins ſenſible, à cauſe que l'eau ſort ſi vîte de haut en bas en ſon commencement, qu'il ne ſe fait point d'accélération conſidérable dans l'eau du jet qui eſt au-deſſous de l'ouverture ; parce qu'une goute d'eau tombant n'acquiert guéres plus de viteſſe que celle de l'eau qui ſort par un trou quand la ſurface de l'eau du réſervoir eſt à 30 pieds au-deſſus, comme il a été expliqué à la fin du *Traité du choc des Corps*.

Par toutes ces raiſons & ces expériences, on voit qu'il eſt difficile de déterminer ce que c'eſt qu'un pouce d'eau : & parce que les dépenſes des jets d'eau ſe font ordinairement par de grandes hauteurs de réſervoirs & par de médiocres ouvertures d'ajutages, on doit plûtôt ſe régler par les expériences des médiocres ouvertures, comme de 6 lignes ou de 4 lignes, que par celles d'un pouce entier. J'ai pris un milieu entre les expériences de ces ouvertures différentes, tant pour la facilité du calcul, que pour avoir une meſure certaine, & ôter toute difficulté.

J'appelle ici un pouce d'eau, l'eau qui coulant pendant l'eſpace d'une minute donne 14 pintes, meſure de *Paris*, de celles qui paſſent un peu les bords, & qui péſent deux livres chacune. L'ouverture d'un pouce donnera cette quantité ſi l'eau eſt une ligne au-deſſus de l'ouverture ; mais il faudra qu'elle ſoit deux lignes plus haut dans le reſte du bacquet, afin qu'elle ſoit préciſément une ligne plus haut au-deſſus de l'ouverture. Pour les ouvertures de 6 lignes & au-deſſous, il ſuffira que l'eau du bacquet ſoit 7 lignes au-deſſus des centres.

Cette meſure ainſi déterminée eſt très-commode pour le calcul, parce que dans l'eſpace d'une heure le pouce donnera 3 muids de *Paris*, & en 24 heures 72 muids. Ceux qui ignorent la meſure de *Paris* & qui connoiſſent la livre, pourront faire aiſément ces calculs : au lieu que ſi l'on prenoit pour le pouce 13 pintes & $\frac{5}{8}$ de celles qui péſent 2 livres moins 7 gros, il ne donneroit que 66 muids plus $\frac{63}{72}$ en 24 heures, & ces fractions donneroient beaucoup de peine, quand on voudroit connoître les différentes dépenſes d'eau par des différens ajutages mis au-deſſous de différentes hauteurs de réſervoirs. Pour confirmer cette régle, on a fait l'expérience ſuivante.

III. EXPÉRIENCE.

ON a pris un vaiſſeau quarré en tout ſens, contenant un pied cube juſques au 12e. pouce ; mais la dernière diviſion étoit de deux lignes au-deſſous du haut du vaiſſeau. On y fit couler de l'eau par le moïen d'un bacquet, où il y avoit une ouverture d'un pouce circulaire, comme on l'a décrit ci-devant : la petite lame M (fig. 64.) étoit 2 lignes $\frac{1}{4}$ plus haut que le deſſus de l'ouverture, en ſorte que joignant le deſſus de cette ouverture, la ſurface de l'eau demeuroit une ligne plus haut, quand elle étoit 2 lignes plus haut dans le reſte du bacquet. Ce pied

cube fut rempli jusques au 12e. pouce inclus par l'eau coulante, dans l'espace de deux minutes & demi: d'où il s'ensuit, que l'ouverture circulaire ainsi disposée donna 14 pintes, ou 28 livres d'eau, en une minute, puisqu'elle donna 35 pintes en 2 minutes & demi.

On sçaura facilement par ce moïen les pouces d'eau que donne une médiocre fontaine, ou un ruisseau coulant: car il ne faut qu'en recevoir l'eau dans quelque vaisseau, ou dans quelque lieu qu'on puisse mesurer & qui tienne l'eau, en comptant quel nombre on voudra de minutes ou de secondes: par exemple, si l'on a reçû dans le vaisseau 7 pintes en 30 secondes, on dira que cette eau coulante est d'un pouce; si elle a donné 21 pintes, on dira qu'elle est de 3 pouces; & ainsi dans les autres proportions.

SECOND DISCOURS,

De la mesure des Eaux jaillissantes selon les différentes hauteurs des réservoirs.

IL a été prouvé que les quantitez d'eau qui sortent par des ouvertures égales faites au-dessous des réservoirs de différentes hauteurs, sont entr'elles en raison sous-doublée des hauteurs; mais pour confirmer cette régle par les expériences, j'en ai fait plusieurs avec une grande exactitude, dont voici les principales.

I. EXPÉRIENCE.

Pour la dépense des eaux jaillissantes au-dessous de différentes hauteurs de réservoirs.

UNe ouverture de 6 lignes aiant son centre à 39 lignes au-dessous de la surface de l'eau du bacquet, a donné en une minute 8 pintes $\frac{6}{7}$ de celles qui ne pésent que 2 livres moins 7 gros; l'eau couloit horisontalement, comme en l'expérience ci-dessus, où la même ouverture avoit son centre 7 lignes au-dessous de la surface de l'eau du bacquet, & donnoit 15 demi septiers en une minute. Pour comparer ces deux expériences selon la régle, il faut prendre le nombre moïen proportionnel entre 7 & 39, qui est $16\frac{1}{2}$ à peu près; & aux trois nombres, 7, $16\frac{1}{2}$, & 15, trouver le 4e. proportionnel, qui est $35\frac{3}{7}$ à peu près: 35 demi septiers $\frac{3}{7}$, font 8 pintes $\frac{6}{7}$; & par conséquent ces dépenses d'eau ont été selon la raison sous-doublée des hauteurs des réservoirs.

II. EX-

II. EXPÉRIENCE.

UN tuyau aiant sa hauteur de 16 pouces a donné par une ouverture de 3 lignes un peu foibles appliquée au fond par où l'eau couloit perpendiculairement, 2 pintes & demi & environ 2 cueillerées, en 30 secondes, entretenant toûjours l'eau à cette hauteur de 16 pouces. On a mis au fond d'un autre tuyau la même plaque où étoit cette ouverture de 3 lignes: ce deuxième tuyau avoit la hauteur de son eau à 64 pouces, qui est une hauteur quadruple de la première de 16 pouces; & par conséquent il devoit donner le double de deux pintes ½ & 2 cueillerées, en entretenant toûjours l'eau à cette hauteur de 64 pouces; ce qu'on a prouvé par expérience; car il est sorti de ce tuyau 5 pintes & environ 4 ou 5 cueillerées d'eau dans le même tems de 30 secondes. Cette expérience a été faite avec grand soin & réïtérée jusqu'à trois fois. On en a fait encore quelques autres pour les eaux qui jaillissent de bas en haut jusques à 5 ou 6 pieds de hauteur, & on a toûjours trouvé la même raison sous-doublée des hauteurs des réservoirs. On pourra donc prendre pour véritable la régle suivante.

RÉGLE.

Pour la mesure des eaux jaillissantes.

LEs jets d'eau qui sortent par des ouvertures égales au-dessous de différentes élévations de réservoirs, dépensent de l'eau à l'égard l'un de l'autre, selon la raison sous-doublée des hauteurs des surfaces supérieures de l'eau des réservoirs. Pour pouvoir trouver aisément par le calcul toutes les quantitez d'eau que donnent les réservoirs, de quelques hauteurs qu'ils soient, j'ai choisi une hauteur médiocre à laquelle on peut rapporter aisément toutes les autres: cette hauteur est 13 pieds; & j'ai trouvé par plusieurs expériences très-exactes qu'une ouverture ronde de 3 lignes de diamétre étant à 13 pieds au-dessous de la surface supérieure de l'eau d'un large tuyau, donnoit un pouce, c'est-a-dire, qu'il en sortoit pendant le tems d'une minute 14 pintes, mesure de *Paris*, de celles qui pésent 2 livres, & dont les 35 font le pied cube.

Les expériences ont été faites en cette manière: Le tuyau étoit recourbé par en-bas, & avoit un réservoir C, qui tenoit environ 20 pintes: le trou de 3 lignes étoit au point G; son diamétre étoit tel que les deux pointes d'un compas dont l'ouverture étoit de 3 lignes justes, entroient dedans précisément sans s'appuïer sur les bords, & sans laisser d'intervalle vuide: D E G F est une ligne horisontale où étoit l'ouverture G: il y avoit 13 pieds depuis D jusques à C où étoit la surface de l'eau dans le réservoir: on avoit mesuré 24 pintes dans trois vais- TAB. XVII. Fig. 71.

ſeaux, & l'on s'accordoit à les verſer de manière que l'eau demeuroit toûjours à une marque B faite à côté du réſervoir à la hauteur C; & lorſqu'en verſant l'eau baiſſoit de quelque ligne, on en verſoit un peu plus vîte juſques à ce qu'elle paſſât la marque d'autant de lignes à peu près. On tenoit l'ouverture G fermée avec le pouce, & l'on mettoit en mouvement le pendule à ſecondes: celui qui tenoit l'ouverture fermée commençoit à l'ouvrir au commencement d'une ſeconde, & comptoit les ſecondes de ſuite en diſant 0, 1, 2, 3, &c: ceux qui verſoit l'eau prenoient garde, que lorſqu'on commençoit à compter, l'eau fût préciſément à la hauteur de la marque, & ils achevoient de verſer leurs 14 pintes entre 0, & la 60e. ſeconde. Je fis cette expérience d'une autre manière, pour éviter le doute de l'inégalité de l'eau qu'on verſoit: On mit 7 pintes dans le réſervoir depuis une marque comme H juſques à une autre comme L en égale diſtance du point B; on tenoit l'ouverture fermée juſques à ce qu'on commençât à compter les ſecondes, & on obſervoit que le haut de l'eau étoit au point L.

Il eſt aiſé de juger que pendant cet écoulement il ſortoit ſenſiblement autant d'eau que ſi elle fût toûjours demeurée à la hauteur médiocre B de 13 pieds, parce que ſi elle alloit plus vîte étant en L, elle alloit auſſi moins vîte étant en H dans la même proportion.

Les expériences que j'ai faites à de grandes hauteurs, comme 35 pieds, donnoient environ un 17e. ou un 18e. moins que ſelon la raiſon ſous-doublée de 13 pieds à ces hauteurs; & celles que j'ai faites à des hauteurs de 6 ou 7 pieds, donnoient un peu plus; ce qui procéde du frottement plus grand ou moindre contre les bords de l'ouverture de 3 lignes, & de la moindre ou plus grande réſiſtance de l'air: mais comme ces différences ſont peu conſidérables, on peut faire les calculs préciſément ſelon la régle de la raiſon ſous-doublée. Voici une table des quantitez d'eau que donnent les réſervoirs de différentes hauteurs juſques à 52 pieds par un ajutoir de 3 lignes de diamétre.

Table des dépenſes d'eau à différentes élévations de réſervoirs ſur trois lignes de diamétre d'ajutoir pendant une minute.

Hauteurs des réſervoirs.	Dépenſe d'eau.
6 pieds	9 pintes $\frac{1}{2}$.
9 pieds	11 pintes $\frac{2}{3}$
13 pieds	14 pintes
18 pieds	16 pintes $\frac{1}{2}$
25 pieds	19 pintes $\frac{1}{3}$
30 pieds	21 pintes $\frac{1}{3}$
40 pieds	24 pintes $\frac{1}{2}$
52 pieds	28 pintes

Voi-

Voici comme on en fait les calculs. Soit 2 pieds la hauteur du réservoir; le produit de 2 par 13 est 26, dont la racine est 5 $\frac{1}{10}$ à peu près; comme 13 à 5 $\frac{1}{10}$, ainsi 14 pintes à 5 $\frac{1}{2}$ à peu près: d'où l'on conclut qu'un réservoir de 2 pieds de hauteur par 3 lignes donnera 5 pintes & $\frac{1}{2}$ en une minute.

Si la hauteur étoit 45 pieds, on prendroit la racine quarrée de 585, produit de 13 par 45; cette racine est 24 $\frac{1}{10}$ à peu près; donc comme 13 à 24 $\frac{1}{10}$ ainsi 14 à 26 à peu près: d'où l'on connoîtroit qu'un réservoir de 45 pieds donneroit 26 pintes en une minute par une ouverture de 3 lignes.

Lorsqu'on applique un long tuyau étroit à un large réservoir, & que ce tuyau est perpendiculaire, il donne plus d'eau que si le tuyau n'y étoit pas, & qu'il y eût seulement au bas du réservoir une ouverture égale à l'ouverture du tuyau. Voici quelques expériences que j'en ai faites:

ABCD est un réservoir d'un pied de largeur & de hauteur. On met à l'ouverture E un tuyau de verre de 3 pieds, large de 3 lignes en-haut & de 3 lignes $\frac{1}{2}$ en-bas vers F. S'il n'y eût eu qu'un trou de 3 lignes en E sans tuyau, il eût donné en 60 secondes un peu moins de 4 pintes selon les régles ci-dessus; & s'il eût été large également par-tout comme AB, la hauteur GE étant de 4 pieds & l'ouverture E étant de 3 lignes, il eût donné environ 8 pintes $\frac{1}{2}$ par les mêmes régles: mais le tuyau y étant, il n'a donné environ que selon la moïenne proportionnelle entre 4 pintes & 8 pintes $\frac{1}{2}$. La cause de ce qu'il donne plus que par 3 lignes en F, procéde de l'accélération qui se fait de l'eau coulante par le tuyau qui augmenteroit selon les nombres impairs, s'il n'y avoit que le tuyau; mais elle est retenue par celle qui est dans le réservoir qui diminue cette accélération, parce qu'elle ne peut s'en séparer; mais aussi celle du tuyau fait suivre plus vîte celle qui est dans le réservoir, qu'elle ne feroit, si le tuyau n'y étoit pas ajuté, & par ce moïen il se fait une vitesse moïenne d'écoulement qui change selon la longueur & la largeur des petits tuyaux. TAB. XVII. Fig. 72.

J'ai remarqué dans ces expériences, que le tuyau étant inégalement large aux deux extrémitez, comme en celui-ci, qui étoit de 3 lignes à un bout, & de 3 $\frac{1}{2}$ à un autre, il donnoit toûjours la même quantité, quelque bout, qu'on mît dans le trou E; ce qui procédoit de ce que toute l'eau se vuidoit toûjours en même tems, demeurant tout rempli d'un bout à l'autre.

J'ai fait une autre expérience semblable. On avoit soudé un tuyau de 6 pieds de longueur & d'un pouce de largeur à l'ouverture E d'un pied cube, qui aiant été rempli d'eau avec le tuyau s'est vuidé en 37 secondes; & aiant coupé le tuyau par le milieu H, il se vuida en 45; & le coupant par le haut E', il se vuida en 95: d'où l'on voit que la longueur du tuyau donne plus d'accélération.

Un

Un autre bacquet dont l'eau étoit à 4 pouces au-dessus du trou E de 4 lignes où est le tuyau EF, a donné, lorsqu'il étoit de 2 pieds de hauteur, 12 mesures $\frac{1}{2}$ de celles dont il n'eût donné que $8\frac{1}{2}$ par la hauteur de 4 pouces; & si le bacquet eût été jusques à F, il en eût donné jusques à $18\frac{1}{2}$: ainsi c'est un moïen proportionnel qui procéde de l'accélération de l'eau qui remplit toûjours le tuyau, & fait descendre plus vîte l'eau par E, mais non pas si vîte que si le bacquet avoit 28 pouces de hauteur: on a trouvé ces $8\frac{1}{2}$, le même tuyau n'aiant qu'un pouce de hauteur, parce qu'il se faisoit peu d'accélération. Un autre tuyau de 4 pieds fit presque le même effet; il avoit 4 lignes à un bout & $4\frac{1}{2}$ à l'autre: on le mit au trou E selon les deux positions; & il donna la même quantité d'eau, sinon qu'il sembloit que les 4 lignes étant en E & les $4\frac{1}{2}$ en F, il en sortît 3 ou 4 cueillerées davantage.

TAB. XVII. Fig. 72. 73.

Mais aiant appliqué un tuyau étroit de 2 pieds & demi de longueur & $\frac{5}{4}$ de lignes d'ouverture, il n'en est pas sorti $\frac{1}{8}$ davantage, quand le tuyau étoit de sa longueur, que quand il étoit seulement d'un pouce; ce qui procéde du frottement le long du tuyau étroit qui empêche l'eau d'accélérer sa vitesse en tombant.

TROISIÈME DISCOURS,

De la mesure des Eaux jaillissantes par des ajutoirs de différentes ouvertures.

ON a vû dans le 3e. Discours de la 2e. Partie, que les eaux qui jaillissoient avec des vitesses égales par de différentes ouvertures, faisoient équilibre par leur choc avec des poids qui étoient l'un à l'autre en raison doublée des diamétres des ouvertures. On doit dire la même chose à l'égard de la dépense de l'eau qui sort par des ajutoirs différens au-dessous des réservoirs d'égales hauteurs, sçavoir qu'ils dépensent de l'eau selon la raison doublée des diamétres des ouvertures: on en fait la démonstration en cette sorte.

DÉMONSTRATION.

TAB. XVII. Fig. 74.

AB est un plan percé d'une ouverture ronde *ef*. CD est un autre plan percé d'une autre ouverture *gh* plus petite. IL est un cylindre passant entiérement par l'ouverture *ef* en un certain tems, comme de 2 secondes selon une vitesse uniforme. MN un autre cylindre de même longueur, mais dont la base est plus petite, laquelle passe aussi entiérement par l'ouverture *gh* dans le même tems de deux secondes. Il est manifeste que si le diamétre *ef* du cylindre IL, qui est le même

que

que celui de l'ouverture, eſt double du diamétre *gh*; le grand cylindre ſera quadruple de l'autre, puiſqu'ils ſont l'un à l'autre comme leurs baſes, dont chacune eſt ſuppoſée égale à l'ouverture par où ils paſſent. Or puiſqu'ils vont de même viteſſe, quand la moitié du grand cylindre ſera paſſée, la moitié du petit le ſera auſſi, & ce qui ſera paſſé de l'un & de l'autre, ſera toûjours dans la même proportion de 4 à 1. Donc ſi on ſuppoſe que ces cylindres ſoient des jets d'eau qui aillent de même viteſſe, il paſſera toûjours en même tems 4 fois autant d'eau par la grande ouverture que par la petite, qui eſt la raiſon doublée des diamétres des ouvertures, & de même à l'égard des autres proportions. Pour confirmer cette régle, on a fait les expériences ſuivantes.

I. EXPÉRIENCE.

UN réſervoir, aiant 12 pieds 4 pouces d'élévation, a donné par une ouverture de 3 lignes bien meſurées 14 pintes en 61 ſecondes $\frac{1}{2}$, en l'entretenant plein; & par un trou de 6 lignes bien meſurées, il a donné la même quantité en 15 ſecondes $\frac{1}{2}$: c'eſt à peu près ſelon la proportion doublée des diamétres; car il en eût donné 56 pintes $\frac{1}{2}$ environ dans le tems de 62 ſecondes.

II. EXPÉRIENCE.

UN réſervoir de 24 pieds 5 pouces de hauteur a donné par la même ouverture de 3 lignes 14 pintes en 44 ſecondes $\frac{1}{2}$, & une autre fois en 45; & l'ouverture de 6 lignes les a données en 11 & $\frac{1}{4}$ à peu près; & aiant réïteré l'expérience, elle les a données en 11 ſecondes préciſément. Par ces deux expériences & par pluſieurs autres ſemblables qu'on a faites dans de médiocres hauteurs depuis 5 pieds juſques à 27, on a trouvé que les différentes ouvertures donnoient toûjours de l'eau ſenſiblement & à fort peu près ſelon les proportions de leurs ſurfaces, & qu'on peut ſuivre cette régle.

RÉGLE.

Pour la dépenſe des eaux jailliſſantes.

LEs jets d'eau par différentes ouvertures miſes au-deſſous de réſervoirs d'égales hauteurs donnent de l'eau ſelon la raiſon des ouvertures, ou ſelon la raiſon doublée des diamétres des ouvertures.

Table des dépenses d'eau pendant une minute par différens ajutoirs ronds, l'eau du réservoir étant à 13 pieds de hauteur.

Diamétres.	*Dépenses.*
Par l'ajutoir de 1 ligne	1 pinte & $\frac{10}{11}$.
par 2 lignes	6 pintes. $\frac{2}{9}$.
par 3 lignes	14 pintes.
par 4 lignes	25 pintes à peu près.
par 5 lignes	39 pintes.
par 6 lignes	56 pintes.
par 7 lignes	76 $\frac{1}{4}$.
par 8 lignes	110 $\frac{2}{3}$.
par 9 lignes	126
par 12 lignes	224 pintes.

Si l'on veut se servir du calcul des pouces, on trouvera que l'ouverture de 3 lignes donnera un pouce, celle de 6 lignes 4 pouces, & celle de 12 lignes 16 pouces.

Il y a quelquefois des causes qui empêchent l'exactitude de ces régles de manière que fort souvent les grandes ouvertures donnent un peu plus à proportion que les plus petites, & quelquefois elles donnent moins. De même les plus grandes hauteurs donnent quelquefois un peu plus que selon la raison sous-doublée, & quelquefois elles donnent un peu moins. J'en ai fait les expériences suivantes.

III. EXPÉRIENCE.

JE pris un tuyau de demi pied de diamétre & d'environ 6 pieds de hauteur, aiant un tambour ou réservoir au haut qui contenoit environ 12 pintes; je mis au fond la même plaque percée d'une ouverture de 12 lignes qui avoit servi aux premières expériences, & une autre de 4 lignes dans le même fond; l'ouverture de 12 lignes étoit distante d'environ un pouce du bord de la base, & celle de 4 lignes aussi à un pouce; on mettoit un grand bacquet au-dessous où il y avoit une séparation qui le divisoit inégalement, on l'ajustoit en sorte que l'eau qui couloit par les 4 lignes, entroit en la petite séparation, & celle qui couloit par le pouce dans l'autre; le tuyau étant plein, on laissoit couler en même tems les 2 ouvertures, & on retiroit le bacquet tout à coup, en sorte que les 2 ouvertures cessoient d'y couler sensiblement en un même moment: on a toûjours trouvé que le grand trou, qui selon la 2e. régle devoit donner 9 fois autant que le petit, n'en donnoit que 8 fois autant, & 8 fois & quelque peu davantage dans d'autres expériences. La cause de cet effet est la même que celle dont on a parlé ci-devant, sçavoir que l'eau ne coule pas si facilement par la grande ouverture que par

par la petite : car la grande devant donner 9 fois autant d'eau, il faut que celle qui doit succéder à celle qui coule, vienne de près d'un pied de circonférence, & la distance d'un côté du tuyau n'étoit que d'un pouce, & la plus éloignée seulement de 4 pouces ; ce qui retardoit l'écoulement, l'eau supérieure ne pouvant venir aussi vîte qu'il eût été nécessaire : au lieu que dans la petite ouverture il suffisoit d'une distance d'un pouce de tous côtez pour fournir assez vîte à l'écoulement ; & cette defférence faisoit ce 9e. de différence dans les quantitez des eaux écoulées, comme dans l'expérience du pouce dont le centre étoit plus bas que la surface de l'eau de 7 lignes qui ne donnoit que 13 pintes $\frac{3}{8}$, au lieu que le trou de 6 lignes donnoit le quart de 15 pintes, son centre étant à la même distance de 7 lignes de la surface supérieure de l'eau.

IV. EXPÉRIENCE.

POur ôter cette difficulté de l'écoulement, on fit plusieurs expériences dans un tonneau, dont le fond étoit assez large pour placer l'ouverture de 12 lignes à un pied du bord le plus proche, & on mit la petite ouverture à plus d'un pied de distance de la grande. L'expérience aiant été faite avec le même bacquet où il y avoit une séparation, on trouva toûjours que la grande ouverture donnoit moins que 9 fois plus que la petite ; car il s'en manquoit quelquefois $\frac{1}{18}$, quelquefois $\frac{1}{20}$, c'est-à-dire, que si la petite avoit donné chopine, la grande donnoit 8 chopines & demi ou 8 chopines & ^{3}. On mesura exactement de nouveau les 2 ouvertures, & on trouva que celle de 12 lignes étoit tant soit peu plus forte à proportion que celle de 4 lignes ; du moins on étoit assûré qu'elle n'étoit pas plus foible, & par conséquent que le défaut de la quantité d'eau qu'elle devoit donner, ne procédoit pas de cette cause. Dans les expériences qu'on fait séparément avec des ouvertures différentes, les grandes ouvertures donnent ordinairement plus à proportion que les petites. Il y a trois causes qui peuvent contribuer à cet effet :

La première, qu'il y a plus de frottement à proportion dans les petites ouvertures que dans les grandes ; car les circonférences des ouvertures différentes ne sont l'une à l'autre que selon la raison des diamétres, au lieu que les eaux qu'elles donnent, sont en raison doublée des mêmes diamétres : or si l'on suppose que l'eau par sa viscosité s'attache un peu aux bords des ouvertures, il faudra retrancher par cette raison une petite partie de la largeur des diamétres ; par exemple, à une ouverture de 3 lignes on peut retrancher $\frac{1}{10}$ de ligne ; c'est pourquoi à une ouverture de 6 lignes, quoique le quarré de 6 soit quadruple du quarré de 3, & que les ouvertures rondes soient entr'elles comme les quarrez, dont les côtez sont égaux aux diamétres des cercles, néanmoins la circonférence de l'ouverture qui a 6 lignes de diamétre, sera seulement double de celle qui a trois lignes ; c'est pourquoi il ne faudra retrancher qu'un

cinquième ou deux dixièmes pour cet empêchement. D'où l'on voit que les jets de plus grande ouverture ne ſont pas ſi fort retardés & empêchés que les petits, & donnent plus d'eau à proportion de leurs diamétres.

La ſeconde cauſe eſt qu'un petit filet d'eau trouve plus de réſiſtance dans l'air à ſa ſortie, qu'un gros jet, comme il arrive aux petites balles de plomb qui ne vont pas ſi loin que les groſſes, quoiqu'elles ſortent d'un même mouſquet en même tems.

La troiſième cauſe eſt le choc plus grand de l'eau qu'on verſe pour entretenir l'écoulement des plus grandes ouvertures. Car pour entretenir un réſervoir plein, dont l'eau ne ſort que par 4 lignes, il ſuffit de verſer l'eau tout doucement avec un petit vaiſſeau: mais lorſque le jet eſt de 12 lignes de largeur, il faut verſer l'eau à plein ſeau, & avec une grande viteſſe; ce qui donne une impulſion à l'eau qui la fait aller plus vîte que s'il n'y avoit que le ſeul poids qui la pouſſât. On en a fait l'expérience en mettant horiſontalement une ouverture d'un pouce de hauteur & de 4 de longueur: car elle donne en 36 ſecondes ½ une quantité d'eau qu'elle ne devoit donner que dans le quart de 154 ſecondes, ſçavoir en 38½; ce qui procédoit de ce qu'on verſoit avec grande force l'eau pour entretenir celle qui ſortoit, & même quand on n'entretiendroit pas les réſervoirs pleins, l'eau deſcend bien plus vîte par un tuyau de 3 ou 4 pouces de largeur quand le jet eſt gros, que quand il eſt petit; ce qui augmente néceſſairement la viteſſe de la ſortie. Ces trois cauſes jointes enſemble ſont quelquefois un peu plus fortes que la ſeule difficulté de l'écoulement, & quelquefois elles ne ſont que l'égaler, lorſqu'on fait les expériences ſéparément par de différentes ouvertures.

Voici quelques expériences que j'en ai faites avec une ouverture de 3 lignes & une de 6 lignes.

I. EXPÉRIENCE.

L'Ouverture de 3 lignes, aiant ſon réſervoir à 5 pieds & demi de hauteur, a donné 14 pintes de 2 livres de poids en 93 ſecondes; & l'ouverture de 6 lignes les a données en 23 ſecondes au lieu de 23 ⅚.

II. EXPÉRIENCE.

UN réſervoir, étant à 24 pieds & un peu plus, a donné par l'ouverture de 3 lignes 14 pintes en 44 ſecondes & demi; & par 6 lignes en 11 ſecondes en entretenant la hauteur de l'eau dans le réſervoir.

III. EX-

III. EXPÉRIENCE.

DE la hauteur de 12 pieds $\frac{1}{3}$ le trou de 3 lignes a donné 14 pintes médiocres en 61 secondes $\frac{1}{2}$, en l'entretenant plein ; & par le trou de 6 lignes, il les a données en 15 $\frac{1}{2}$.

IV. EXPÉRIENCE.

ON mit une marque dans le tambour ou réservoir qui étoit au haut du tuyau plus haut que celle qui marquoit les 12 pieds 4 pouces, & une autre plus bas en égale distance, afin que laissant écouler l'eau depuis la marque supérieure jusques à l'inférieure, cela fît le même effet que si on l'avoit entretenu plein à 12 pieds 4 pouces : il entroit 13 pintes $\frac{1}{2}$ dans le réservoir depuis la marque inférieure jusques à la supérieure ; elles s'écoulérent par 3 lignes en 58 secondes, & par 6 lignes en 15 au lieu de 14 $\frac{1}{2}$.

V. EXPÉRIENCE.

LE réservoir étant à 24 pieds 3 pouces, & à la marque du milieu, a donné par les 3 lignes 14 pintes en 44 secondes $\frac{1}{2}$, & par les 6 lignes en 12 $\frac{1}{2}$ à peu près ; & en laissant écouler les 13 pintes $\frac{1}{4}$ depuis la marque supérieure, il s'est emploïé 42 secondes par les 3 lignes & 10 $\frac{1}{2}$ par les 6 lignes : cette dernière expérience rend les proportions égales aussi-bien que la 2e.

On a trouvé à peu près de même en un réservoir de 35 pieds.

Par ces différentes expériences on voit que l'on peut suivre la 2e. régle sans craindre aucune erreur considérable, & que les causes contrariées font toûjours une compensation assez juste quand on fait les expériences.

A l'égard de la raison sous-doublée des hauteurs des réservoirs, il y a deux causes qui la diminuent, & deux qui l'augmentent.

Celles qui la diminuent, sont que l'air résiste plus à proportion à une grande vitesse qu'à une petite, & que le frottement est plus grand contre les bords de l'ajutage.

Celles qui l'augmentent, sont les mêmes qui font quelquefois que les grandes ouvertures donnent plus d'eau à proportion que les petites, sçavoir, qu'il faut verser l'eau avec plus de force pour entretenir les réservoirs pleins dans une grande hauteur que dans une petite, & que l'eau descend plus vîte quand on la laisse écouler.

Ces causes se compensent assez justement l'une par l'autre : mais il arrive plus ordinairement qu'il y a un peu moins qu'à la raison sous-doublée dans les grandes hauteurs : mais quand on fait les expériences dans

un même fond de réſervoir en même tems, les grandes ouvertures donnent toûjours moins à proportion que les plus petites.

TAB. XVIII. Fig. 75. *Toricelli* a démontré dans un petit Traité qu'il a fait du Mouvement des Eaux, que s'il y a un réſervoir A B C D percé au fond en E d'une petite ouverture comme de 4 à 5 lignes, & que l'eau étant juſques à la ligne A B, elle puiſſe s'écouler en 10 minutes ſans y rien ajoûter; elle paſſera des eſpaces inégaux en deſcendant dans des tems égaux, en ſorte que ſi l'on diviſe la ligne B C en 100 parties égales, elle deſcendra pendant la première minute de 19 de ces parties, pendant la 2e. de 17, pendant la 3e. de 15, &c. & ainſi de ſuite ſelon les nombres impairs juſqu'à l'unité, tellement que la dernière partie ſe vuidera en la dernière des 10 minutes. La raiſon de cet effet eſt fondée ſur la première régle expliquée ci-deſſus, que les viteſſes des eaux coulantes ſont en raiſon ſous-doublée des hauteurs, & par conſéquent qu'elles ſont entre elles comme les ordonnées d'une parabole A B C, commençant par la plus grande A B, & finiſſant au point C; ce qui fait que les eſpaces paſſés en même tems par la ſurface de l'eau A B ſont comme les nombres impairs de ſuite commençant par le plus grand.

De-la on tire une conſéquence, que ſi on méſure la quantité d'eau qui eſt contenue dans le réſervoir juſques à la ligne A B, & qu'elle s'écoule en 10 minutes; il en ſortira deux fois autant dans le même tems, ſi on entretient toûjours le réſervoir plein juſques à la hauteur A B: ce qui procéde de ce que ſi une goute d'eau étoit tombée dans un certain tems depuis B juſques à C, & qu'elle continuât ſa viteſſe acquiſe au point C ſans l'augmenter ni diminuer, elle paſſeroit dans le même tems un eſpace double de B C. Or l'eau qui ſort au commencement par l'ouverture E, a une viteſſe égale à celle que la goute tombant auroit acquiſe au point C, & toute l'eau qui ſort, a toûjours la même viteſſe ſi ce réſervoir demeure plein; c'eſt pourquoi il en ſortira deux fois autant dans les 10 minutes, qu'il en ſort en la laiſſant écouler ſans y rien ajoûter, & dans 5 minutes autant qu'il en contient.

TAB. XVIII. Fig 76. 77. Mais la même choſe n'arrive pas quand ce tuyau n'eſt que d'un demi pied de largeur & de 2 ou 3 pieds de hauteur, comme le tuyau A B C D, aiant l'ouverture K de 6 lignes: car la viteſſe de l'eau qui deſcend pendant l'écoulement, donne une impulſion à celle qui ſort, laquelle jointe au poids de l'eau la fait aller plus vîte qu'elle ne fait quand elle deſcend très-lentement, ce tuyau étant fort large. J'ai trouvé pluſieurs fois que ſi l'eau s'écouloit entiérement d'un tel réſervoir en 4 minutes, qu'il s'en manquoit, quand on l'entretenoit plein, qu'il n'en ſortît autant pendant 2 minutes; & ſi ce tuyau contenoit 24 pintes, & qu'elles s'écouláſſent en 4 minutes, il n'en ſortoit que 20 pintes en l'entretenant plein pendant l'eſpace de 2 minutes, & pour en donner 24, il faloit 2 minutes & 24 ſecondes: ce défaut provient auſſi de ce que le jet eſt plus retardé par le frottement & par la réſiſtance de l'air à pro-

por-

portion quand il eſt vîte, que quand il eſt foible, comme on l'a expliqué ci-devant, & ainſi il eſt toûjours également retardé par ces deux cauſes, quand le tuyau eſt entretenu plein ; mais il l'eſt bien moins quand l'eau n'eſt qu'à la hauteur L M, encore moins quand elle eſt deſcendue juſqu'à F G. Il eſt vrai que s'il ſe fait un tournoïement dans l'eau, comme il arrive ſouvent, alors l'écoulement ſera retardé, & pourra recompenſer l'effet de l'accélération : ce tournoïement ſe fait lorſque le trou n'eſt pas dans un même plan, & que l'eau coulante ſort un peu de travers en un endroit.

Dans la dernière expérience que j'ai faite ſur cette matière, l'eau avoit 10 pouces de hauteur au-deſſus d'une ouverture de 4 lignes qui étoit coulée ſur le fond intérieur du ſeau : on avoit poſé à côté de l'ouverture à la même hauteur un bâton où l'on avoit pris 10 pouces qu'on avoit diviſés en 36 parties : la première auprès de l'ouverture avoit une de ces parties, la ſeconde 3, la troiſième 5, la quatrième 7, la cinquième 9, & la ſixième 11. La première diviſion d'en-haut s'écoula en 39 ſecondes ; les 2 ſuivantes de même ; la 4e. n'emploïoit environ que 36 ſecondes, & chacune des deux autres encore moins, quoique l'eau fît alors un tournoïement ; ce qui arrivoit par l'accélération de la viteſſe de l'eau, quand elle étoit ſortie de l'ouverture. La même proportion s'obſerve encore bien moins quand l'ouverture eſt fort grande à proportion de la hauteur, comme ſi elle a ſon diamétre égal à la 4e. ou 5e. partie de celui de la baſe du cylindre A B C D ; car l'eau coulera en grande abondance, & par conſéquent elle accélérera beaucoup ſa viteſſe en deſcendant, & choquera ſi fort celle qui ſort, qu'encore qu'alors ſon poids ſoit moindre que lorſqu'elle étoit en A B, cette impulſion ſurpaſſera ce défaut, & il ſortira plus d'eau par l'ouverture K quand la ſurface ſupérieure ſera arrivée en H I ou L M, que quand elle étoit en A B. Cette vérité ſe connoîtra aiſément, ſi l'on conſidére que lorſque le tuyau eſt tout ouvert, l'eau ſupérieure deſcend en des tems égaux ſelon les nombres impairs de ſuite 11, 9, 7, 5, 3, 1, &c ; & que lorſque le tuyau eſt fort large, & l'ouverture fort petite, elle deſcend ſelon les nombres 7, 9, 7, 5, 3. Et il ſuit néceſſairement qu'on peut proportionner les hauteurs, les largeurs, & les ouvertures du tuyau, de telle ſorte qu'il ſe fera un temperament de viteſſe tel qu'on voudra dans les écoulemens, c'eſt-à-dire, qu'on pourra faire paſſer les 2 moitiez en deux tems égaux, & que la 3e. partie vers le bas ſe vuidera en un tems 3 fois moindre que le reſte, & ainſi des autres parties : mais lorſque l'eau ſera beaucoup deſcendue comme en F G, elle n'accélérera plus, mais elle diminuera toûjours de viteſſe ; car alors la preſſion ſera diminuée de plus de moitié, & l'accélération ceſſera néceſſairement de beaucoup, & alors elle ira toûjours en diminuant juſques à la fin. On a expérimenté dans un tuyau de verre de 5 pieds de hauteur, de 10 lignes de largeur, & de 2 lignes d'ouverture, diviſé en 5 parties, que la première ſe paſſoit

en

en 7 mesures de tems, la 2e. en 6, la 3e. en 6, & la 4e. en 7, à peu près, & le reste toûjours en diminuant; d'où il s'ensuit, que dans un tel tuyau il y a deux endroits différens, l'un vers le haut, & l'autre vers le milieu du tuyau, où l'eau descend avec la même vitesse. On voit de-là qu'il est impossible que l'eau descende uniformément tout le long des vaisseaux cylindriques quels que soient les largeurs & les hauteurs, & les ouvertures ou ajutages: car si le poids qu'elle a en HI joint à l'impulsion de sa vitesse, la fait sortir avec une certaine vitesse par K, l'impulsion de la même vitesse, si elle la conservoit, joint au poids qu'elle a en LM, qui sera la moindre, la fera sortir moins vîte; & par conséquent l'eau supérieure descendra moins vîte en LM qu'en HI. D'où il s'ensuit, que si dès le commencement l'eau supérieure diminue de vitesse, elle diminuera toûjours jusques à la fin.

De-là on pourra juger en combien de tems un muid ou autre vaisseau pourra se vuider en le laissant écouler par une certaine ouverture. Car soit ABCD un muid de *Paris*, posé debout, aiant une ouverture de 4 lignes en E. La hauteur ordinaire du vin entre les fonds, qui est de 30 pouces ou 2 pieds & demi, par 13 pieds, fait $32\frac{1}{2}$, dont la racine est 5 & $\frac{12}{17}$ à fort peu près; & comme 13 à $5\frac{12}{17}$, ainsi 14 à $6\frac{1}{6}$ à fort peu près, Donc, si l'ouverture E étoit de 3 lignes, il en sortiroit, le muid étant entretenu plein, 6 pintes & $\frac{1}{6}$ en une minute; mais étant de 4 lignes, les surfaces de ces ouvertures sont comme 9 à 16; donc comme 9 à 16 ainsi $6\frac{1}{6}$ à $10\frac{25}{27}$, c'est-à-dire, à 11 un peu moins. Et si 11 pintes me viennent d'une minute, quel tems me donneront 280? on trouvera environ 25 minutes & demi en entretenant toûjours le vaisseau plein d'eau; donc, par ce qui a été dit ci-dessus, il faudra le double de ce tems, sçavoir 51 minutes pour le laisser écouler. Puisque l'ouverture sera très-petite à proportion de la largeur, les renflemens AGD & BFC n'apporteront point de différence considérable à ce calcul.

TAB. XVIII. Fig. 78.

Il est bon de résoudre ici un problême assez curieux, que *Toricelli* n'a pas entrepris de résoudre; quoiqu'il l'ait proposé. Ce problême est de trouver un vaisseau de telle figure qu'étant percé au fond d'une petite ouverture, l'eau supérieure passe en descendant des hauteurs égales en des tems égaux. Si dans la figure conoïdale BL est à BN, comme le quarré quarré de LM est au quarré quarré de NO; & BN à BH, comme le quarré quarré de NO au quarré quarré de HK, & ainsi de suite: l'eau descendra depuis ADC uniformément jusques à l'ouverture, qui est en B. Car, soit BP la moïenne proportionnelle entre BD & BH. D'autant que les quarrez quarrez de KH & de DC sont entr'eux comme les hauteurs BH, BD, les quarrez de HK, DC, seront en raison sous-doublée de BH, à BD, ou comme les hauteurs BP, BD. Mais la vitesse de l'eau qui sort en B par la charge de la hauteur BD, est à la vitesse de celle qui sort par la charge de la hau-

TAB. XVIII. Fig. 79.

hauteur BH en raiſon ſous-doublée de BD à BH, c'eſt-à-dire, comme BD à BP. Donc la viteſſe de l'eau deſcendante de H eſt à la viteſſe de l'eau deſcendante de D, comme le quarré de HK au quarré de DC. Mais la ſurface circulaire de l'eau en H eſt à la ſurface circulaire de l'eau en D, comme le quarré de HK au quarré de DC. Donc elles couleront & deſcendront auſſi vîte l'un que l'autre. Et ſi la ſurface ADC s'écoule en une ſeconde, la ſurface GHK s'écoulera auſſi en une ſeconde, puiſque les quantitez ſont comme les viteſſes. La même choſe arrivera aux autres ſurfaces en E, en F, &c. Mais il faut que l'ouverture en B ſoit très-petite, afin qu'il ne ſe faſſe point d'accélération conſidérable, & que l'eau ne ſorte par l'ouverture B ſenſiblement, que ſelon la proportion de ſon poids. Un tel vaiſſeau peut ſervir de clepſidre ou horloge d'eau.

EXPLICATION EN NOMBRES.

SOit DB 16 & BI l'unité: le quarré quarré de IR ſera l'unité, ſi le quarré quarré de DC eſt 16, & par conſéquent DC ſera 2 ſi IR eſt 1. Soit BH moïenne proportionnelle entre BI & BD qui ſera par conſéquent 4: la viteſſe par le poids DB eſt 16: mais le cercle ou la ſurface IR ſera 1, & le cercle DC ſera 4: donc ces quantitez ſeront comme leurs viteſſes; & par conſéquent dans le même tems les ſurfaces, ou les cercles DC & IR, s'écouleront; & s'il faut une ſeconde de tems pour écouler la ſurface IR, il en coulera le quadruple en même tems par une viteſſe quadruple, c'eſt-à-dire, la ſurface DC, puiſqu'elle eſt quadruple de l'autre. La même proportion ſe trouvera dans toutes les autres ſurfaces, qui compoſent toute l'eau, ou dans les ſolides qui ont une épaiſſeur indéfiniment petite. On ſuppoſe dans toutes ces expériences qu'il ne ſe faſſe point de tournoïement dans l'eau, ni de petit creux, comme dans les entonnoirs qui ſe vuident.

RÉGLE.

S'Il y a deux tuyaux AB & CD d'égale hauteur, & de largeur inégale, quelle que ſoit cette inégalité; & que l'eau ſorte de leurs fonds par des ouvertures égales; il ne ſortira pas davantage d'eau du tuyau étroit que du large en même tems en les entretenant pleins, pourvû que le tuyau le moins large ait ſon diamétre environ 4 fois auſſi grand que l'ouverture par où ſort l'eau, & que l'eau n'ait point de mouvement circulaire dans les tuyaux: car l'eau ſortant par les ouvertures égales élévera des poids égaux par ce qui a été dit ci-deſſus; elle ira donc auſſi vîte en l'un qu'en l'autre, & par conſéquent il en ſortira auſſi autant d'eau en même tems. TAB. XVIII. Fig. 80.

S'il y a donc un réſervoir de 100 pieds de diamétre, & un d'un pied,

qui ſoient d'égale hauteur, & percés au fond où à côté d'ouvertures égales à même hauteur des ſurfaces de l'eau, il en ſortira autant de l'un que de l'autre en même tems.

On fait ici une queſtion, ſçavoir, ſi l'on a deux tuyaux d'un pouce de largeur, & inégaux en hauteur, par exemple, l'un de 5 pieds, & l'autre de 10, & qu'on les empliſſe d'eau, s'ils donneront autant d'eau l'un que l'autre en même tems. On répond qu'ils en donnent ſenſiblement autant l'un que l'autre, parce que l'eau dans tous les deux tombe également vîte, comme deux cylindres inégaux de même matière dans le commencement de leur chûte; parce que l'air réſiſte très-peu à l'un & à l'autre, & ils s'accélérent ſenſiblement de même ſelon les nombres impairs: donc s'il ſort 6 pieds d'eau en un certain tems de l'un, il en ſortira autant de l'autre. Que ſi l'on retreſſit le grand tuyau juſques à 4 lignes à ſa baſe, il donnera plus d'eau dans le premier quart de ſeconde, qui s'il étoit tout ouvert. En voici le calcul:

Le produit de 13 par 52 eſt 676, dont la racine eſt 26; comme 13 à 26, ainſi 14 pintes à 28; donc en une minute ce trou donnera 28 pintes, ou 56 livres; & par une ouverture de 4 lignes, 99 livres $\frac{1}{2}$; & en une ſeconde, environ 26 onces & demi; & en un quart de ſeconde, 6 onces $\frac{1}{2}$: mais en un quart de ſeconde le cylindre d'eau ne deſcend que de trois quarts de pied, qui ſur une largeur d'un pouce ne vaut qu'un peu plus de 4 onces; donc en un quart de ſeconde il eſt ſorti du grand cylindre 2 onces $\frac{1}{2}$ plus d'eau par l'ouverture de 4 lignes, que du petit cylindre tout ouvert.

QUATRIÈME DISCOURS,

De la meſures des Eaux courantes dans un aqueduc, ou dans une rivière.

POur meſurer les eaux courantes dans la conduite d'un aqueduc, ou celles d'une rivière, qu'on ne peut pas recevoir dans un vaiſſeau, on ſe ſervira de la méthode ſuivante:

On mettra ſur l'eau une boule de cire chargée d'un peu de matière plus peſante, en ſorte qu'il ne paſſe que fort peu de la cire au-deſſus de la ſurface de l'eau de peur du vent; & après avoir meſuré une longueur de 15 ou 20 pieds de l'aqueduc, on reconnoîtra avec un pendule à demi-ſecondes en combien de tems la boule de cire emportée par le cours de l'eau paſſera cette diſtance. Enſuite on multipliera la largeur de l'aqueduc par la hauteur de l'eau, & le produit par l'eſpace qu'aura parcouru la cire; le dernier produit, qui eſt ſolide, marquera toute l'eau qui aura paſſé pendant le tems qu'on aura remarqué, par une ſection de l'aque-

l'aqueduc. Pour faire cette opération avec justesse, il faut que le lit de l'aqueduc ait la même pente que la superficie de l'eau qui y passe, & de plus l'on suppose que l'eau coule également vîte au fond, au-dessus, aux côtez.

EXEMPLE.

ON suppose un aqueduc qui ait deux pieds de largeur, & que l'eau y soit haute d'un pied, & qu'en 20 secondes de tems la cire ait fait 30 pieds; ce sera un pied & demi par seconde. Mais, parce que l'eau va plus lentement au fond qu'au-dessus, il ne faut prendre que 20 pieds; ce sera donc un pied par seconde: le produit d'un pied de hauteur par deux pieds de largeur est 2, qui multiplié par 20 de longueur donne 40 pieds cubes, ou 40 fois 35 pintes d'eau, qui font 1400 pintes en 20 secondes: & si 20 secondes donnent 1400, 60 secondes en donneront trois fois autant, sçavoir 4200 pintes: & divisant 4200 par 14, qui est le nombre des pintes qu'un pouce d'eau donne en une minute ou en 60 secondes, on trouvera le quotient de 300, qui sera le nombre des pouces que donnera l'eau de l'aqueduc.

On calculera facilement par cette manière le nombre des pouces que donne la rivière de *Seine*; car puisqu'il passe par-dessous le pont-rouge en une minute 200000 pieds cubes d'eau, si on multiplie 35, qui est le nombre des pintes que contient un pied cube, par 200000, on aura 7000000 pintes, qui étant divisées par 14 donnent 500000, qui est le nombre des pouces que donne la rivière de *Seine* quand elle est dans sa médiocre hauteur.

Si l'on veut calculer de grandes ouvertures, comme une toise quarrée, il faut considérer la hauteur de la surface de l'eau au-dessus du milieu de la toise; soit, par exemple, 5 pieds, il y aura donc 8 pieds jusques au milieu de la toise. Le produit de 8 par 13 est 104, dont la racine quarrée est 10 & $\frac{1}{7}$ à peu près; comme 13 à $10\frac{1}{7}$, ainsi 14 à 11 à fort peu près; & parce qu'un pouce rond est 16 fois plus grand qu'un rond de 3 lignes, un pouce surmonté de 8 pieds donnera 16 fois 11 pintes, ou 176 pintes, qui divisées par 14 donnent 12 pouces $\frac{4}{7}$ pour un pouce de diamétre d'ouverture. Une ouverture ronde d'un pied de diamétre donne 144 fois davantage; le produit de $12\frac{4}{7}$ par 144 est 1810; le pied rond donnera donc 1810 pouces. La toise ronde contient 36 fois un rond d'un pied, le produit de 36 par 1810 est 65160; comme 11 à 14 ainsi 65160 à 82930; donc la toise quarrée surmontée de 5 pieds donnera 82930 pouces.

De-là on connoîtra que si l'on avoit retenu la rivière de *Seine* quand elle est dans sa grandeur un peu plus que médiocre, & qu'elle s'élevât jusques à 8 pieds au-dessus d'une ouverture quarrée de 10 pieds & de 18 pieds de largeur, elle y passeroit toute: car il y auroit jusques au centre

du cercle qui auroit 10 pieds de diamétre, 13 pieds depuis la surface de l'eau retenue, & elle donneroit par 3 lignes de diamétre d'ouverture un pouce; par un pouce de diamétre elle donneroit 16 pouces; par un pied 144 fois 16 pouces, qui font 2304 pouces; & multipliant ce nombre par 100 quarré de 10 pieds, qui est la largeur de l'ouverture, on auroit 230400; & selon la proportion du cercle au quarré circonscrit, qui est de 11 à 14, on trouveroit 293236 pouces quarrez à peu près; & y ajoûtant 8 pieds en longueur, on auroit plus de 500000 pouces, qui est ce que donne la rivière de *Seine* étant médiocre, comme il a été dit ci-devant; & par conséquent elle passeroit toute par une ouverture quarrée qui auroit 18 pieds de largeur & 10 de hauteur.

Si l'eau coule par un aqueduc, ou par un canal de rivière, selon une petite pente uniforme, elle acquerra dans un médiocre espace une vitesse qu'elle n'augmentera plus: car le frottement des bords & du fond du canal, & le renversement des parties de l'eau du dessus au dessous, & la résistance de l'air aux petites vagues qui sont en la surface, lui font perdre une partie de sa vitesse; & par conséquent elle ne peut accélérer son mouvement que jusques à une certaine vitesse qu'elle acquiert en peu de tems; d'où il s'ensuit, que si une rivière a coulé par un assez long espace dans une certaine pente, & qu'elle coule ensuite par une pente moins roide, c'est-à-dire, par un plan moins incliné, elle diminuera de vitesse; car puisqu'elle aura acquis dans la première pente toute la vitesse qu'elle y peut avoir, qu'elle n'auroit pu acquerir dans une moindre, il s'ensuit qu'elle diminuera de vitesse peu à peu dans cette pente qui est moindre, jusques à ce qu'elle soit réduite à la vitesse qu'elle y peut acquerir.

QUATRIÈME PARTIE.

DE LA

HAUTEUR DES JETS.

PREMIER DISCOURS,

De la hauteur des Jets perpendiculaires.

ON a fait voir ci-devant que les jets devoient monter à la hauteur des réservoirs: mais que le frottement aux bords des ajutages, & la résistance de l'air, faisoient, que dans les jets fort élevés il s'en faloit beaucoup que la hauteur du jet n'arrivât à celle du réservoir. Pour

Pour bien expliquer les régles qu'on doit suivre pour calculer les hauteurs des jets, selon les hauteurs de l'eau des réservoirs, il faut considérer les régles suivantes.

PREMIÈRE RÉGLE.

Lorsque les tuyaux qui fournissent l'eau, sont suffisamment larges, plus l'ajutage est large, plus il pousse loin son jet.

On en fait facilement l'expérience, si l'on a un muid debout plein d'eau, & qu'on le perce à côté vers le fond inférieur de 5 ou 6 ouvertures différentes à même hauteur horisontale, comme d'une ligne, de 2 lignes, de 4 lignes, de 6 lignes, de 10, de 12, &c. car on verra toûjours que la plus large ouverture poussera l'eau plus loin, pourvû que les ouvertures soient à même distance de la superficie de l'eau. La même chose arrivera dans des tuyaux de 3 ou 4 pouces de largeur, pourvû que l'ouverture n'excéde pas un pouce de diamétre.

La cause de cet effet est assez aisée à expliquer, si l'on considére ce qui doit arriver à des boules de bois de différens calibres. Car puisqu'elles sont l'une à l'autre en raison triplée de leurs diamétres, leurs poids seront aussi en même raison, comme aussi leur force pour surmonter la résistance de l'air: & par conséquent si l'on jette avec la même vitesse une boule de deux lignes de diamétre, & une autre de 4, cette dernière ira plus loin. On en voit l'expérience lorsqu'on met dans une même arme à feu de la poudre de plomb, de la dragée, & des balles; car quoiqu'elles sortent avec la même vitesse, les dragées vont beaucoup plus loin que la poudre de plomb, & les balles beaucoup plus loin que les dragées; & par la même raison un boulet de canon ira plus loin qu'une petite balle de même métail poussée de même force. Il est vrai que si le réservoir n'est qu'à 2 ou 3 pieds, un jet par 8 lignes ne sera pas sensiblement différent d'un jet par 10 ou 12 lignes, & un par 4 lignes ira sensiblement aussi haut qu'un de 6 lignes: mais la différence sera très-considérable aux jets de 30, 50, & 60 pieds de hauteur, & au-delà.

II. RÉGLE.

Les jets diminuent de la hauteur du réservoir selon la raison doublée des hauteurs où ils s'élévent.

Soit ABC un réservoir ou tuyau jaillissant par l'ajutage D, & soit la hauteur de l'eau dans le tuyau successivement A & E. Je dis que si la ligne EH est le défaut du petit jet jusques à E, & GA le défaut du grand jet jusques à A, AG sera à EH en raison doublée de DH à DG. TAB. XVIII. Fig. 81.

Car soit supposé que le poids de l'air soit au poids de l'eau comme 1 à 600, ou pour la facilité du calcul comme 1 à 60, & qu'une seule

goute ou parcelle d'air soit rencontrée tout auprès de la sortie de l'ajutage par la première goute d'eau du jet, & qu'ensuite elle monte librement comme dans le vuide ; il est évident par ce qui a été démontré dans les régles des mouvemens des corps qui se choquent, que la goute d'eau perdra $\frac{1}{61}$ de sa vitesse, si cette vitesse est exprimée par 61. Soit donc DE 61, & DH 60, & que la goute soit retardée de $\frac{1}{61}$, à sçavoir EH. Soit maintenant la hauteur DA, la vitesse de la goute sera à sa première vitesse en raison sous-doublée de DE à DA, & cette goute par la rencontre d'une petite parcelle d'air perdra encore la 61e. partie de sa vitesse, & perdra une partie proportionnelle à HE selon la raison de DE à DA. Soit AL cette diminution, DE sera à DH, comme DA à DL. Mais comme on a supposé une parcelle d'air pour l'espace DE, il y aura autant de parcelles d'air par l'espace DA, à proportion que DA ou DG est plus grand que DE ou DH; & chaque parcelle diminuant sensiblement la hauteur de la goute d'eau dans la même proportion, ce sera une seconde raison égale à la première; & par conséquent AL étant à AG comme DE à DA, ou HE à AL, AG sera le défaut de hauteur de l'élévation de la goute d'eau : mais parce qu'il y a plusieurs parcelles d'air entre D & E, chacune desquelles retarde le mouvement de la goute dans les mêmes proportions, le mouvement de la goute dans l'espace DE sera beaucoup plus retardé que par la rencontre d'une seule parcelle comme on l'a supposé. Mais on peut considérer tous ces espaces d'air comme si ce n'étoit qu'une seule parcelle, & l'espace de l'air DA est aussi dans la même proportion que DA à DE, & par conséquent il faut ajoûter une seconde raison égale à la première; d'où il s'ensuit que si AL est à AG en raison doublée de DE à DA, GA sera le défaut du jet au-dessous de la hauteur de l'eau du réservoir DA, si EH est celui de la hauteur DE; ce qu'il faloit prouver.

EXEMPLE.

SOit DA quadruple de DE, la vitesse du jet de l'eau pressée par DA sera double de celle du jet de l'eau pressée par DE. Si l'on prend donc comme ci-dessus la hauteur DE pour 61, la hauteur DH sera 60: & comme la vitesse du grand jet est double, & qu'il doit s'élever à une hauteur quadruple, il perdra par la rencontre d'autant d'air qu'il y en a en DE, 4 fois autant de hauteur que HE; c'est-à-dire, qu'au lieu que le jet devoit s'élever à DA 244, il ne s'élévera qu'à DL 240. Mais l'espace EA étant divisé en 3 parties égales, chacune sera égale à DE, & si la première fait perdre la hauteur AL, la deuxième en fera perdre autant en la même proportion que les différentes parties de DE en font perdre au premier jet: car en quelque partie du jet que ce soit, la vitesse du grand est toûjours double de celle du petit; car il y a

tou-

toûjours un eſpace quadruple de celui de l'autre à paſſer; il perdra donc encore outre la première partie trois autres égales L M, M N, N G: & A L étant poſée 4, A G ſera 16; & par conſéquent le défaut A G ſera au défaut E H en raiſon doublée de D E à D A, & ſi E H eſt d'un pouce, G A ſera de 16 pouces.

Le frottement change un peu ces meſures, & la complication des eſpaces de l'air qui réſiſte: car dans les grands jets il s'en faudra beaucoup que l'eſpace de l'air paſſé ſoit en la raiſon des hauteurs des réſervoirs; ce qui doit un peu diminuer du défaut, & c'eſt la hauteur des jets qu'il faut conſidérer; & ainſi ſi H D eſt 60, D G ſera 240, le petit réſervoir étant à 61 pieds, & le grand étant à 256 pieds.

Sur cette ſuppoſition il ſera facile de calculer les hauteurs des jets à toutes les hauteurs des réſervoirs une ſeule étant connue, comme celle d'un réſervoir de 5 pieds, laquelle, comme il a été trouvé par pluſieurs expériences, manque d'un pouce. Si donc on prend qu'un jet de 5 pieds, dont l'eau qui le fournit, n'eſt point ſerrée & coule facilement dans les tuyaux, doit avoir la ſurface de l'eau ſupérieure de ſon réſervoir à 5 pieds un pouce, un jet de 10 pieds aura la hauteur de ſon réſervoir à 10 pieds 4 pouces; celui de 15 pieds à 15 pieds 9 pouces, celui de 20 pieds à 20 pieds 16 pouces, & ainſi de ſuite ſelon les quarrez de ſuite. On ne fait point le calcul en diminuant les hauteurs des réſervoirs: car ſi l'on avoit pris un réſervoir de 100 pieds, il en faudroit diminuer 400 pouces, c'eſt-à-dire, 33 pieds $\frac{1}{3}$; un de 200 pieds auroit de diminution environ 133 pieds; & un de 400 pieds le quadruple de 133 pieds, ſçavoir 532, & par conſéquent il ne jailliroit point du tout; ce qui eſt impoſſible: car les jets juſques à cette hauteur doivent toûjours augmenter; mais il faut prendre que le jet de 200 pieds de hauteur aura ſon réſervoir à 333 pieds, & un jet de 400 pieds à 932 pieds.

Pour toutes les différentes hauteurs on ſe ſervira de la table ſuivante.

Hauteurs du Jet.	*Hauteur du Réſervoir.*	
5 pieds.	5 pieds.	1 pouce.
10.	10.	4.
15.	15.	9.
20.	20.	16.
25.	25.	25.
30.	30.	36 ou 33 pieds.
35.	35.	49.
40.	40.	64.
45.	45.	81.
50.	50.	100.
55.	55.	121.
60.	60.	144 ou 72 pieds.
65.	65.	169.

Hau-

Hauteur du Jet.	*Hauteur du Réservoir.*	
70 pieds.	70 pieds.	196 pouces.
75.	75.	225.
80.	80.	256.
85.	85.	289.
90.	90.	324 ou 117 pieds.
95.	95.	361.
100.	100.	400.

Ainsi le jet de 30 pieds aura 33 pieds de réservoir; celui de 60 pieds 72 pieds; celui de 90 pieds 117 pieds; celui de 100 pieds 133 pieds $\frac{2}{3}$; celui de 120 pieds 168 pieds: il ne faut point de table plus longue, car il n'est pas ordinaire de faire une hauteur de réservoir de 168 pieds; & un jet de 120 pieds se dissiperoit par sa violence en petites goutes imperceptibles, comme celles d'un brouillard; les tuyaux pourroient se rompre; & lorsque les tuyaux sont étroits, ou que le trou du robinet qu'on tourne pour faire passer l'eau, est beaucoup plus étroit que le reste du tuyau, les petits jets défaillent beaucoup plus que selon ces mesures; & alors il sort beaucoup moins d'eau qu'à proportion des hauteurs des réservoirs

On calculera alors la dépense de l'eau selon les hauteurs des réservoirs, auxquelles conviennent les hauteurs des jets; comme si un réservoir de de 30 pieds ne donne un jet que de 20 pieds par le défaut de l'empêchement de sa conduite ou d'autres choses, alors il faudra calculer la dépense de l'eau, comme si le réservoir étoit à 21 pieds 4 pouces avec une largeur de conduite suffisante.

Pour connoître les diminutions des hauteurs plus que selon la régle quand les trous sont petits, j'ai fait les expériences suivantes:

Le jet par une ligne à un tuyau de 4 pieds & demi manquoit de près de 6 pouces.

A un tuyau de 14 pieds il manquoit de 3 pieds.

A un de 27 il manquoit d'environ 8 pieds; ce qui montre que les jets étroits ne jaillissent pas à leur véritable hauteur.

Pour connoître sans calcul la hauteur des jets avant même que d'en faire aucune expérience, il faut avoir une balle de plomb & une de bois, chacune de 5 lignes de diamétre, & les jetter avec même force en haut: si celle de plomb s'éléve à 27 pieds, & celle de bois à 24 pieds $\frac{1}{2}$, ce sera une marque qu'un réservoir de 27 pieds ne fera son jet que de 24 pieds $\frac{1}{2}$ par un trou de 5 lignes; car encore que la balle de bois soit plus légére que l'eau, le plomb est aussi un peu retardé par l'air: & si l'on jette le même plomb avec une petite balle de bois d'une ligne, & que le plomb aille à 14 pieds, & la petite balle à 11; ce sera une marque qu'un jet par une ligne à un réservoir de 14 pieds ne montera qu'à 11 pieds.

Pour confirmer cette régle on a fait les autres expériences suivantes:

On

On a pris un tuyau de 3 pouces de largeur, au haut duquel on avoit soudé un tambour d'un pied de diamétre. La figure du tuyau étoit comme en la figure ABCD; la partie d'en-bas étoit recourbée. On mit le réservoir AB à différentes hauteurs pour faire différentes expériences. TAB. XVIII. Fig. 82.

L'eau du réservoir étant à 24 pieds 5 pouces plus haut que l'ouverture D, le jet est monté à 22 pieds 10 pouces; l'ouverture de l'ajutage étoit de 6 lignes; le quarré de 22 $\frac{5}{6}$ est 521 $\frac{13}{36}$. C'est pourquoi nous faisons que comme 25 quarré de 5, est 521 $\frac{13}{36}$, ainsi 1 pouce de hauteur de réservoir par-dessus 5 pieds, est un peu moins de 21 pouces, qui doivent être ajoûtés aux 22 pieds 10 pouces pour avoir la hauteur du réservoir suivant les mesures de la table précédente; ce qui fait 24 pieds & près de 7 pouces; ce qui s'accorde assez bien avec l'expérience.

Le jet de 4 lignes à la même hauteur de réservoir n'est monté qu'à 22 pieds 8 pouces $\frac{1}{2}$, & n'a été plus bas que d'un pouce ou 1 pouce & demi, que celui dont l'ajutage étoit de 6 lignes: mais celui de 3 lignes a été plus bas que celui de 6 lignes de près de 8 pouces, & n'a été qu'à 22 pieds 2 pouces.

Un réservoir de 12 pieds $\frac{1}{3}$ a fait sauter le jet de 6 lignes à 12 pieds; c'est un peu plus que selon la régle.

Un autre réservoir à 5 pieds $\frac{1}{2}$ de hauteur dans une conduite fort large, les ajutages étant de 3 lignes, de 4 lignes, & de 6 lignes, les jets ont jailli à peu près à 25 lignes au-dessous de la surface de l'eau du réservoir, & celui de 3 lignes ne différoit de celui de 6 lignes que d'une ligne à peu près. Par le calcul le quarré de 5 $\frac{1}{2}$ est 30 $\frac{1}{4}$, & par la régle 25 pieds est à 1 pouce, comme 30 $\frac{1}{4}$ à 1 $\frac{1}{5}$ un peu plus; ce qui donneroit la hauteur du réservoir seulement moindre d'une demi ligne, que par l'expérience; ce qu'il n'est pas possible d'observer.

Les petits jets dans les petites hauteurs perdent fort peu par le choc de l'air, & ne sont guéres moins hauts que ceux de 6 lignes, pourvû que les tuyaux soient suffisamment larges: le surplus de la longueur n'augmente point la hauteur du jet, ni la quantité de l'écoulement, ou de la dépense de l'eau lorsqu'on entretient les tuyaux pleins; car le jet qui peut soûtenir l'eau qui doit sortir, est toûjours d'égale force, & supporte des poids selon la grandeur de l'ouverture de l'ajutage.

Le réservoir étant de 26 pieds 1 pouce, le trou de 6 lignes a jailli à 24 pieds 2 ou 3 pouces; & par la régle, le quarré de 24 $\frac{1}{4}$ étant 588 $\frac{1}{16}$, comme 25 est à 588 $\frac{1}{16}$, ainsi 1 pouce à 23 pouces $\frac{1}{2}$ à peu près, qui doivent être ajoûtés à 24 pieds 2 pouces pour faire la hauteur du réservoir, qui sera donc de 26 pieds 1 pouce $\frac{1}{2}$, comme l'expérience le fait voir.

La même hauteur de réservoir avec un ajutage de 10 lignes a fait jaillir le jet à 23 pieds 9 pouces, & par un ajutage de 3 lignes il a jailli

à 22 pieds. Dans la première de ces expériences le défaut de la hauteur procéde de ce que l'ajutage étoit trop large pour une conduite de 3 pouces, & que l'eau y allant fort vîte avoit beaucoup de frottement; & dans la seconde c'étoit la petitesse du jet, qui aiant beaucoup d'air à traverser étoit considérablement retardé, & sa hauteur diminuée, comme il a été expliqué en la première & seconde considération.

L'eau du réservoir étant à 35 pieds de hauteur moins un demi pouce, par un ajutage de 6 lignes, le jet est allé à 31 pieds 8 ou 9 pouces; & par la régle, le quarré de 31 pieds ½ étant 1002 à peu près, 25 est à 1002, comme 1 à 40 pouces à peu près, c'est-à-dire, 3 pieds 4 pouces, qui étant ajoûtés à 31 pieds 8 pouces, font 35 pieds: ainsi cette expérience est conforme à la régle.

Pour le même réservoir l'ajutage de 3 lignes a jailli à 28 pieds; celui de 4 lignes jusques à 30 pieds; & un de 15 lignes à 27 pieds seulement: par les mêmes raisons qui ont été dites; sçavoir qu'en cette dernière expérience la conduite du tuyau n'étoit pas assez large pour la grosseur du jet & pour la dépense de l'eau; & dans les deux premières, que la hauteur étant grande, l'air résistoit trop au petit jet de 3 & 4 lignes.

J'ai fait encore des expériences avec un réservoir de 50 pieds de hauteur, & les jets ont suivi les mêmes régles: l'ajutage de 6 ou 7 lignes faisoit les jets les plus hauts.

Lorsqu'il y a un large réservoir, comme d'un pied, au haut d'un tuyau de 50 ou 60 pieds de hauteur, & de 3 pouces de largeur; il arrive que lorsqu'on laisse aller un jet de 9 ou 10 lignes, il ne monte pas si haut qu'il devroit faire suivant cette hauteur de réservoir: car l'eau du réservoir ne peut pas venir assez vîte des côtez qui sont éloignés du trou, pour entrer dans le tuyau; & il s'y fait ordinairement une espéce d'entonnoir en tournoïant à cause de la trop grande dépense de l'eau qui se fait par l'ajutage joint au frottement dans le tuyau, comme il a été expliqué ci-devant. De-là il arrive un effet assez surprenant, qui est que lorsque le jet est allé d'abord à une hauteur comme de 45 pieds, il diminue, & ne va qu'à 44 pieds, & ensuite il remonte à 46, ou à 47; ce qui arrive dès que l'air peut entrer par l'ouverture du tambour: car alors, outre l'accélération de l'eau qui va plus vîte, la hauteur du jet se fait selon la hauteur de l'eau depuis le fond du tambour, & elle n'est plus retenue par l'eau supérieure; cette raison est confirmée par l'expérience suivante.

TAB. XVIII. Fig. 83 On fit faire un réservoir de 6 pieds de hauteur comme ABCD, & à un pied au-dessous plus haut on souda une platine en dedans, représentée par EF, percée d'une ouverture de 8 lignes de diamétre en G. On y versoit de l'eau jusques à ce qu'elle commençât à couler par l'ajutage D, & l'on fermoit cette ouverture achevant de remplir le réservoir. Pour avoir plûtôt fait, il faut faire un petit trou au-dessous de F comme

me en K, afin que l'eau entrant dans le réſervoir par l'ouverture G, l'air puiſſe en ſortir facilement, & le fermer enſuite quand le tuyau ſera plein juſques à EF pour pouvoir achever de remplir le réſervoir juſques en AB. Ce réſervoir étant plein, on laiſſoit couler l'ouverture D, & le jet montoit au commencement comme juſques en I, & diminuoit peu à peu juſques à ce que l'eau fût au-deſſous de la platine; alors l'eau s'élevoit juſques vers K.

La cauſe de cet effet eſt la même que celle du plus grand écoulement de l'eau, lorſqu'on met un tuyau étroit à l'ouverture d'un large réſervoir: car alors l'eau coule par le cylindre d'eau GLMD, de même que ſi c'étoit un tuyau, le reſte de l'eau n'aiant point de mouvement conſidérable à cauſe de la platine: mais lorſque l'eau eſt au-deſſous de G, & que l'air commence à y paſſer, toute l'eau EFM eſt libre pour agir ſur D, & il doit jaillir juſques près de F. L'effet ſera encore plus merveilleux ſi le trou D eſt de 6 ou 7 lignes, & le trou G de 3 ou 4; car le jet n'ira pas d'abord plus haut qu'en N, & décroîtra comme juſques en O, & l'eau étant au-deſſous de G, il remontera juſques près de F.

De même s'il y a un ſyphon, comme ABDC, qui faſſe couler l'eau d'un ſeau EF dont la ſurface eſt IK, par BHDC, elle jaillira par un petit trou comme juſques en H; & ſi le ſyphon étoit moins long, le jet s'éléveroit moins haut depuis ſon ouverture en C: mais lorſqu'il n'y aura plus d'eau dans le ſeau au-deſſus de A, le tuyau ſe vuidera depuis A juſques vers B, & lorſque le haut de l'eau ſera en B, elle jaillira juſques en I ſi le ſyphon eſt de 5 ou 6 lignes de largeur, & l'ouverture C petite comme de deux lignes, parce qu'alors la viteſſe ſe fait par la hauteur CB, & au commencement elle ne ſe faiſoit que par la hauteur CK, & diminuoit toûjours juſques à ce que l'eau du ſeau fût au-deſſous de A. TAB. XVIII. Fig. 84.

Il ſemble que c'eſt le poids de l'eau qui fait faire au jet l'élévation pour ſe réduire à l'équilibre, & que ſi l'on preſſoit l'eau qui eſt proche de l'ajutage par un poids égal à celui de l'eau du tuyau, le jet iroit auſſi haut. Voici une expérience que j'en ai faite pour le prouver:

ABC eſt un tuyau de verre d'un pouce & demi de largeur, & ſa hauteur DA eſt d'un pied; l'ajutage ou l'ouverture C eſt de 2 lignes ½: on verſe du mercure par A juſques à ce que le fond EF en ſoit rempli: on met enſuite de l'eau doucement en l'eſpace CF; après, on ferme l'ouverture C avec le pouce, & l'on achéve de remplir de mercure le tuyau juſques en A. Lorſqu'on léve le pouces de deſſus l'ouverture C, l'eau CF s'éléve juſques à 12 ou 13 pieds à peu près. La cauſe de cette grande élévation eſt la peſanteur ſpécifique du poids du mercure, qui eſt à celle de l'eau comme 14 à 1. Par conſéquent un pied de mercure en DA péſera autant que 14 pieds d'eau, qui ſeroient dans un plus grand tuyau, & feront le même effort pour faire jaillir l'eau par C. Et TAB. XVIII. Fig. 85.

parce qu'un réservoir de 14 pieds fait jaillir l'eau à 13 pieds environ, un pied de mercure doit faire le même effet. Il n'importe pas que le tuyau soit large ou étroit, pourvû qu'il soit proportionné à l'ouverture C.

Il s'ensuivra de semblables effets par des poids posés sur une seringue, au lieu du poids de l'eau ou du vif argent.

TAB. XVIII. Fig. 86. Soit, par exemple, ABCD une seringue de 3 pouces de largeur, aiant à sa sortie une ouverture de 4 lignes en E, le piston est FG, qui a une platine HI au-dessous de son manche, auquel elle est attachée, afin que la seringue puisse se soûtenir droite, le piston étant dedans; il y a de l'eau depuis le haut du piston L jusqu'en E. MN, OP, sont deux bâtons attachés au corps de la seringue, d'où l'on suspend deux poids égaux Q & R avec deux cordes de part & d'autre de la seringue. Je dis que si ces deux poids pésent 20 livres, le jet jaillira par E aussi haut, que si un réservoir, qui auroit communication avec l'ouverture E, & dont le tuyau qui renfermeroit l'eau, seroit égal en grosseur au corps de la seringue ABCD, étoit assez haut pour contenir de l'eau pesant 20 livres. Or le tuyau étant large de 3 pouces, il aura 9 pouces de surface, dont chacun pése 6 onces & $\frac{1}{8}$; c'est donc 55 onces, ou 3 livres 7 onces sur chaque pied de hauteur; & si le réservoir étoit de 6 pieds, ce seroit 20 livres 10 onces: donc le jet iroit environ à 6 pieds supposant que le frottement du piston ne fût que de la valeur de 10 onces: ainsi si les deux poids étoient de 40 livres, ils feroient jaillir l'eau à 12 pieds à peu près; & s'ils étoient de 100 livres, elle jailliroit comme si le tuyau étoit de 30 pieds de hauteur.

TAB. XVIII. Fig. 87. Mais si l'on fait un tambour de cuivre GKPH, dont la platine supérieure soit bien épaisse pour soûtenir un grand effort, & qu'on y mette un cylindre creux IL; le tambour étant rempli d'eau jusqu'à MN, qu'il y ait une ouverture O pour y seringuer de l'air par le moïen d'une soupape qui sera en dedans; aiant fermé le trou Z lorsque l'air sera condensé 4 fois, son effort sera égal à 4 fois 32 pieds d'eau; & si le tambour étoit d'un pied de diamétre, chaque pied d'eau de hauteur péseroit 55 livres; ce seroit donc 128 fois 55 livres, ou 7040 livres; il faudroit donc la force de 7040 livres pour condenser l'air 4 fois: mais si l'ouverture O étoit d'un quart de pouce, & la base HP d'un pied, la proportion seroit comme 1 à 2304, & la force de 4 livres feroit entrer de l'air jusques à 4 fois ce nombre, c'est-à-dire, jusques à porter le poids de 9216 livres; il porteroit donc autant de poids que celui de 128 pieds d'eau, & par conséquent lorsqu'on ouvriroit l'ouverture Z, le jet iroit à près de 100 pieds.

Que si le tambour étoit plus large, l'air qui seroit entre MN & GK, ne seroit pas plus difficile à condenser par l'ouverture O, comme il a été prouvé dans le *Traité de la Percussion*, & il ne laisseroit pas de faire le même effort pour jaillir jusques à 128 pieds de hauteur qu'un tuyau de toute la largeur plein d'eau.

J'ai

J'ai fait encore l'expérience suivante: J'ai pris deux seringues inégales, l'une avoit 2 pouces $\frac{1}{4}$ de diamétre, & l'autre 3 $\frac{1}{4}$. Dans celle de 2 pouces $\frac{1}{4}$, cinq livres de poids faisoient descendre le piston à vuide; & aiant empli toute la seringue, & poussant le piston avec une force qui valoit à peu près 12 livres, j'ai fait élever l'eau par un trou de 8 lignes à 4 pieds à peu près. Or un pied de hauteur du tuyau de la seringue vaut à peu prés 32 onces ou 2 livres, & 4 pieds valent environ 8 livres. Si donc l'effort étoit de 13 livres, ôtant 5 livres pour le frottement du piston, il restoit 8 livres pour le poids équivalant de l'eau d'un réservoir de 4 pieds de haut un peu plus, & de 2 pouces & $\frac{1}{4}$ de diamétre; l'autre seringue donna les mêmes choses à proportion.

Si l'on pousse le piston A B K I dans son corps de pompe C D F E, qui soit retressi plus haut, comme on le voit en la figure I H, le grand frottement de l'eau le long du tuyau étroit, G I H, arrête considérablement la force de l'impulsion pour y faire passer l'eau contenue en A B E F; & elle y passeroit mieux si cette conduite n'alloit que jusques en I, & beaucoup mieux si la conduite étoit plus large que le corps de pompe où le piston joue comme L M N O: ce qu'il faudra considérer quand on éléve de l'eau par des pompes à des grandes hauteurs. TAB. XVIII. Fig. 88.

Enfin on peut pousser un jet bien haut selon la méthode suivante: Aïez un vaisseau A B C cylindrique, de cuivre, rond par le haut, de deux pieds de hauteur & de 8 pouces de largeur, posé & attaché ferme sur un plan de bois ou de fer &c. Aïez à côté une seringue ou corps de pompe D E F avec son piston N Q, & une soupape au bas, comme on fait ordinairement dans les pompes; & que le piston en descendant avec la force d'un homme ou de deux, fasse par compression entrer l'eau dans le vaisseau par le tuyau G H garni de sa soupape en H, comme il a été enseigné au commencement de ce Traité. Mettez à côté du cylindre creux ou vaisseau un autre tuyau I L recourbé vers le haut, où il y ait un ajutage de 12 lignes à son extrémité L: si l'on ajuste encore aux deux côtez du vaisseau deux autres pompes semblables à celle-ci, on y pourra faire entrer une très-grande quantité d'eau. Les pistons pourront être attachés à des extrémitez de levier comme N pour avoir plus de force, étant attaché à l'appui en O. Lorsqu'on fera jouer les pistons par le moïen des leviers, l'eau entrera dans le vaisseau A B C, & passera au commencement dans le tuyau I L avec une médiocre force; mais en continuant, on poussera tant d'eau, qu'elle ne pourra pas sortir toute par l'ajutage L: alors elle s'élévera comme jusques en P, & condensera l'air enfermé dans le haut du vaisseau; & si l'on pousse encore l'eau avec plus de force, elle montera plus haut, comme en R, condensant l'air de plus en plus; & quand il le sera 8 fois plus qu'à l'ordinaire, il pressera l'eau R S H I pour la faire sortir par I L, comme s'il y avoit 7 fois 32 pieds d'eau au-dessus de H I, c'est-à- TAB. XIX. Fig. 89.

à-dire, 224 pieds; ce qui feroit un jet d'eau par l'ajutage L de plus de 120 pieds de hauteur. Mais il faut que les trois pompes puiſſent fournir aſſez d'eau; car l'ajutage L de 12 lignes en dépenſera plus de 64 pouces.

TAB. XIX. Fig. 90

L'air ſe condenſant à proportion des poids dont il eſt chargé, ſi l'on fait une machine AB compoſée d'un coffre EFGH plein d'eau juſques à la ligne IL un peu au-deſſous de EF, & un tuyau MN, qui ſoit bien ſoudé en M & en O avec les deux platines EF, GH, qui ſont le deſſus & le deſſous du coffre, afin que l'air n'y entre point; le coffre EG ſervira de réſervoir. Il faut qu'il y ait encore un autre coffre égal au premier, comme CDTK, plein d'air, auquel le tuyau MN ſoit bien ſoudé. Lorſqu'on verſera de l'eau par M, elle deſcendra par N juſques à KT: & étant montée juſques en PQ, l'air contenu dans l'eſpace QPCD, & dans le tuyau XY bien ſoudé aux deux coffres, ne pourra pas ſortir par A, & ſe condenſera peu à peu juſques à ce qu'il ſe faſſe équilibre entre le poids de l'eau en MN, & le reſſort de l'air enfermé. Par exemple, ſi l'eau s'eſt élevée juſques en RS, l'air contenu en l'eſpace CDSR, dans le tuyau XY, & dans l'eſpace EIFL, ſera condenſé par le poids de l'eau MS, & preſſera l'eau IHGL: alors ſi l'on ouvre l'ajutage A, dont le tuyau deſcend près de HG vers V, l'eau jaillira de la hauteur AZ égale à la hauteur MS, parce que l'air preſſé par la hauteur de l'eau MS, fait le même effort ſur l'eau IG, que ſi le tuyau MS plein d'eau étoit au deſſus de l'eau IL, & l'eau qui tombera du jet paſſant par M, rentrera dans le coffre inférieur; & par ce moïen le jet durera juſques à ce que toute l'eau qui eſt depuis l'extrémité V du tuyau AV juſques à l'extrémité Y du tuyau XY, ſoit ſortie en jailliſſant. Cette machine porte le nom de *Heron*; il l'a décrite dans ſon Traité intitulé *de ſpiralibus*, ſuivant le traduction de *Commandin*.

On peut faire jaillir cette eau beaucoup plus haut en augmentant la hauteur du tuyau MN.

La beauté des jets d'eau conſiſte en leur uniformité & tranſparence au ſortir de l'ajutage ſans s'écarter que bien peu au plus haut du jet. On a cherché pluſieurs manières pour faire les ajutages, dont il y en a qu'on doit préférer aux autres pour pluſieurs raiſons. Les plus mauvais ſont ceux qui ſont en cylindre: car ils arrêtent beaucoup la hauteur du jet; les coniques l'arrêtent moins. Mais la meilleure manière c'eſt de percer la platine horiſontale qui ferme l'extrémité du tuyau de la conduite, d'une ouverture lice & polie; prenant garde que la platine ſoit parfaitement plane, polie & uniforme. Voici quelques expériences que j'en ai faites. Aiant un tuyau de fer blanc ABC de 15 pieds de hauteur, & l'aiant percé en D d'un trou de 3 lignes; le jet étoit parfaitement beau, & alloit à 14 pieds: mais le tuyau aiant été fait plus haut juſques à 27 pieds, & y aiant fait une ouverture de 6 lignes;

TAB. XIX. Fig. 91

gnes; le jet n'alla qu'à 12 pieds en s'écartant beaucoup, & se séparant en plusieurs goutes; ce qui procédoit de ce que l'eau qui entretenoit le jet, étoit poussée de travers avec force, comme on le voit en la figure 92e. qui représente une portion du tuyau BC. Car l'eau ED & FD qui vient par les côtez, a une grande vitesse de travers, qui la porte en DL & en DM; & GD est portée en DN, & HD en DO; ce qui écarte le jet, parce que le peu d'eau qui vient directement de P en D, ne suffit pas pour redresser le jet. TAB. XIX. Fig. 92.

Pour éviter ce défaut je fis mettre en D un ajutage d'un pouce de longueur, & d'un pouce de largeur, comme on voit dans la figure 93e, où BCD représente la partie BCD de la 91e. figure: on perça d'une ouverture de 6 lignes le petit tuyau montant DQ en Q; alors le jet fut plus beau, & s'éleva à 3 ou 4 pieds plus haut. TAB. XIX. Fig. 93.

Je fis faire ensuite l'extrémité de la conduite selon la figure courbe ILMNOP dans la 94e. figure; & dans la platine QP, je fis mettre un ajutage semblable à la figure 95e; il étoit un peu en cône; mais il y avoit une platine intérieure représentée par EQ, qui laissoit une ouverture d'un pouce au milieu; & la platine supérieure AIB étoit percée en I au milieu d'une ouverture de 6 lignes; ce qui étoit fait afin qu'il n'y eût point de frottement qu'au bord de la platine EQ en dedans, car il n'y en pouvoit avoir que très-peu en EA & BQ. Mais cela réussit très-mal: car le jet alla moins haut, & s'écarta plus qu'il n'avoit fait par un simple ajutage en cône; ce qui pouvoit venir des mouvemens différens de l'eau, qui aiant passé par QE choquoit avec violence la platine AB à côté de son ouverture, & se réfléchissant elle empêchoit le reste de l'eau de sortir droit. Enfin je fis mettre une platine bien polie en PQ dans la 94e. figure percée d'une ouverture de 6 lignes bien ronde & polie: alors le jet fut très-beau, & s'éleva à 32 pieds, le réservoir étant à 35 pieds 5 pouces, au lieu que les autres jets ne s'élevoient qu'à 27 ou 28 pieds; ce qui arrive parce que l'eau prend la direction de son mouvement depuis R, & qu'il en vient peu latéralement des côtez Y & Z, qui ne laissent pas de contribuer à la direction du jet, la platine étant très-polie, & tout étant égal de part & d'autre, & arrêtant également le mouvement latéral l'une de l'autre. Or le jet par cet ajutage s'élevoit jusques à 22 pieds sans se séparer sinon en retombant, & s'arrêtoit fort peu au haut quand il alloit à 32 pieds, & beaucoup moins que par les autres ajutages. J'ai vû une platine percée d'un trou de 4 lignes & de 6 ou 7 petits alentour, qui faisoient une espéce de gerbe dont tous les jets étoient très-beaux & transparens, & celui du milieu s'élevoit à 18 pieds. TAB. XIX. Fig. 94. TAB. XIX. Fig. 95.

Les jets s'élargissent nécessairement à mesure qu'ils s'élévent, dont la raison est, qu'ils diminuent peu à peu de vitesse, & parce que c'est la même eau qui par sa viscosité se tient unie sans se séparer, il faut qu'elle occupe plus de place à l'endroit où elle va moins vîte selon la proportion de la vitesse à la vitesse.

Par

Par la même raiſon l'eau qui s'écoule par un trou de 5 ou 6 lignes, lorſqu'elle n'eſt dans le réſervoir qu'à la hauteur de 3 ou 4 pouces, va toûjours en s'étréciſſant juſques à ſe réduire en goutes quand le filet d'eau eſt devenu trop petit: car il ne doit y avoir qu'une même quantité d'eau dans tous les eſpaces qu'elle parcourt en tombant, leſquels en des tems égaux ſont entr'eux comme les nombres impairs de ſuite; d'où l'on voit que le filet de l'eau deviendroit à la fin plus délié qu'un cheveu: mais avant que d'en venir juſqu'à ce point, elle ſe ſépare & ſe diviſe en goutes, qui accélérent toûjours leur mouvement juſques à ce qu'elles aient acquis leur plus grande viteſſe.

Il ne faut pas régler la dépenſe de l'eau par la hauteur des jets, mais par la viteſſe de ſa ſortie par l'ajutage. Or dans les ajutages d'une ligne, les jets ne vont pas ſi haut à la même hauteur de réſervoir que ceux de 5 ou 6 lignes, & cependant ils donnent de l'eau ſenſiblement dans la proportion de leurs ouvertures, comme l'on a vû. Pour connoître les cauſes de ces effets différens, il faut conſidérer, que les petits globes ſont aux grands en raiſon triplée de leurs diamétres: mais ils ſont retardés dans leur mouvement par l'air ſelon les ſurfaces de leurs grands cercles, & ils forcent cette réſiſtance de l'air ſelon les différences de leurs poids, comme il a été expliqué ci-devant. D'où il arrive que ſi l'on tire un mouſquet chargé de balles & de menues dragées de plomb, les balles iront bien plus loin que les menues dragées, quoiqu'elles ſortent du mouſquet avec les mêmes viteſſes comme nous l'avons expliqué. La même choſe ſe doit entendre des petits ajutages & des grands, qui ont une même hauteur de réſervoir: car quoiqu'à la ſortie des ajutages ils aillent à fort peu près auſſi vîte l'un que l'autre, lorſqu'ils paſſent beaucoup d'air, les petits jets ſont retardés depuis leur ſortie juſques à leur plus grande hauteur beaucoup plus à proportion que les gros jets: & par conſéquent les gros iront beaucoup plus haut que les petits; mais ils ne donneront pas plus d'eau à proportion, ou du moins guéres plus, puiſqu'elle ne doit s'eſtimer que par la viteſſe qu'ont les jets à leur première ſortie de l'ajutage, qui eſt à fort peu près égale dans les petits ajutages & dans les grands.

Lorſqu'on a un jet d'eau entretenu par une quantité ſuffiſante d'eau, & qu'on perce le tuyau de la conduite par une ouverture égale à celle de l'ajutage pour ſe ſervir de l'eau qui en ſort, on trouvera la diminution du premier jet en cette ſorte:

TAB. XIX. Fig. 96 Soit ABCD un réſervoir à 13 pieds de hauteur par-deſſus l'ajutage H de 6 lignes d'ouverture; le jet doit être d'environ 12 pieds $\frac{1}{2}$, ſi la conduite eſt de 3 pouces de largeur. On fait un trou en I de 6 lignes, d'où ſort l'eau IL; le jet HM dépenſe 4 pouces d'eau par les régles qui ont été données; & parce qu'il en doit ſortir autant à fort peu près par le trou I, la conduite eſt trop étroite pour donner la même hauteur à deux jets égaux à HM; c'eſt pourquoi auſſi-tôt qu'on laiſſera cou-

couler l'eau I L, le jet H M diminuera un peu : & à cause que les deux trous H & I donnent 8 pouces à peu près, & que l'eau N O, qui fournit l'eau au réservoir, n'est que de 4 pouces par supposition ; le réservoir se vuidera peu à peu s'il est bien spacieux, & fort vîte s'il ne contient qu'un demi muid ou 100 pintes. Il faut donc que l'eau descende dans le tuyau jusques à ce que le jet H M ne donne que 2 pouces : car alors le trou I donnant aussi 2 pouces, toute l'eau N O sera emploïée. Or 13 pieds est à sa moitié 6 $\frac{1}{2}$, comme 6 $\frac{1}{2}$ à 3 $\frac{1}{4}$. Donc la hauteur de l'eau étant P Q de 3 pieds $\frac{1}{4}$ au-dessus de H, le jet ne pourra être que 3 pieds 2 pouces quelques lignes selon les régles ci-dessus : & par conséquent on verra décroître le jet H M jusques à ce qu'il n'ait plus que 3 pieds 2 pouces quelques lignes, & l'eau N O entretiendra la hauteur de l'eau à la hauteur Q P.

Que si l'on referme le trou I, le jet par H commencera à croître jusques à ce qu'il aille en H M, & à même tems l'eau de la conduite s'élévera au-dessus de P jusques à ce qu'elle soit dans le réservoir A H à sa première hauteur. On se réglera de même dans les autres cas semblables.

Si les hauteurs des réservoirs étoient extrêmement grandes, les jets se dissiperoient par la rencontre & par le choc violent de l'air, & au lieu d'aller plus haut que les jets de quelques réservoirs moins hauts, ils iroient beaucoup moins haut.

J'en ai fait les expériences suivantes :

On mit dans une arbalête un petit tuyau d'un pouce de largeur & de 8 pouces de longueur, attaché fortement dans la coche de la corde de l'arbalête ; & l'aiant bandée, on la leva perpendiculairement, & on emplit d'eau le petit tuyau : l'eau étant poussée par la force de l'arbalête sortit, & rencontrant l'air avec violence s'écarta beaucoup : ceux qui étoient à côté ne virent pas monter le jet ; mais ils virent tomber plusieurs petites goutes à plus de 20 pieds à la ronde de celui qui tenoit l'arbalête, lequel assûra avoir vû monter l'eau jusques à 30 pieds environ : or cette vitesse convenoit à un réservoir de plus de 600 pieds, & le jet devoit être de 300 pieds selon les régles.

AUTRE EXPÉRIENCE.

J'Ai fait charger plusieurs fois un pistolet de 4 pouces de hauteur d'eau au lieu de balle, & tirant cette eau de 20 pieds contre une porte en élevant le pistolet selon un angle de 45 degrez à peu près pour empêcher l'eau de tomber, il n'y en alla pas une goute. Je le fis tirer une seconde fois de 10 pieds, & il arriva la même chose ; & quand celui qui avoit tiré s'avançoit, & levoit le visage en haut, il sentoit tomber de petites goutes. Enfin on le tira de 7 pieds contre un papier mis au haut d'une porte ; alors le papier fut tout mouillé, & l'on trou-

va que l'eau s'étoit écartée jusques à 2 pieds de diamétre : & l'aiant tiré encore une autre fois de 8 pieds de distance, le papier ne fut pas mouillé. Si l'on calcule cette eau comme un cylindre de 5 lignes de largeur & de 4 pouces de hauteur, & qu'on divise le produit par une surface de 2 pieds de largeur, on trouvera que son épaisseur ne sera qu'environ $\frac{1}{70}$ de ligne; car le solide du quarré de 5 par 48 est 1200, & le solide du quarré de 288 lignes par $\frac{1}{70}$ est un peu moindre que 1200 lignes cubiques, & le cylindre étroit est de 943 lignes cubiques, & celui de deux pieds de diamétre pour sa base est de 931 : il arrive donc que l'eau étant réduite encore à une plus petite épaisseur comme quand on la tire de 10 pieds de distance, elle se sépare en petites goutes, dont quelques-unes s'élévent en vapeurs, & les autres retombent; mais elles sont imperceptibles.

On voit le même effet quand une bouteille de savon se rompe; car les particules de son eau, qui sont trop menues, s'élévent en vapeurs visibles, & le reste tombe. Un filet d'eau par un trou d'une demi ligne au-dessous de 100 pieds de hauteur, rencontrant la main en jaillissant de travers, se mettoit aussi en vapeurs.

On pourroit objecter que si l'on tiroit de l'eau dans un canon, qui eût un pied de calibre, l'eau iroit plus loin que 10 pieds; on en demeure d'accord : mais elle n'ira pas à 100 pieds, comme on peut le prouver, & l'expérimenter.

Or cette vitesse est si grande qu'aucun réservoir accessible n'en peut donner une pareille. Car puisque la première vitesse de l'eau qui en sortiroit, feroit 1000 pieds en une seconde, comme fait le son; supposons que le réservoir soit à 10000 pieds de hauteur, & que la vitesse d'un globe d'eau d'un pied fasse en tombant 13 pieds en une seconde, elle fera 26 pieds horisontalement : le produit de 13 par 10000 est 130000, dont la racine quarrée est environ 360 : comme 13 à 360, ainsi une seconde à 28 à peu près. Si l'on suppose donc qu'un globe d'eau d'un pied accélére selon les nombres impairs de suite; ce qu'il ne fait pourtant que jusques à une médiocre distance; il tombera de 10000 pieds en 28 secondes, & fera 20000 pieds horisontalement par une vitesse uniforme égale à la vitesse acquise en 28 secondes, & en une seconde environ 714 pieds, qui est une vitesse moindre que la vitesse produite par la poudre à canon dans le canon. Mais comme il n'y a point de lieu accessible de 10000 pieds de hauteur, on ne peut voir l'effet de ces jets d'eau; outre que cette hauteur de 10000 pieds donneroit par 1 pied d'ouverture 64512 pouces à peu près, qui feroient une rivière trop considérable pour être sur une si grande hauteur.

Il faut donc croire que les plus grands jets ne doivent pas aller à 300 pieds : car le réservoir étant à 600 pieds, il faudroit qu'il fût d'environ 6 pouces de diamétre, & la conduite devroit être de 20 pouces de largeur, & il donneroit 16128 pouces, qui est encore une trop grande quan-

quantité d'eau; & ainsi il faut se réduire à 100 pieds de hauteur, & à 12 ou 15 lignes d'ajutage: car, quand même il iroit à 150 pieds, il ne paroîtroit guéres plus haut à la vûë quand on en seroit à 20 pieds de distance.

SECOND DISCOURS,

De la hauteur des Jets obliques, & de leurs amplitudes.

LEs jets qui jaillissent horisontalement, ou obliquement comme dans la figure suivante, décrivent une ligne courbe, qui est une parabole, ou une demi-parabole, dont *Torricelli* a donné la démonstration après *Galilée*: mais il faut faire abstraction de la résistance de l'air. Toutefois, si les jets sont foibles, la ligne courbe sera sensiblement parabolique, à cause que l'air résiste à une petite vitesse, & que l'accélération de vitesse de la goute qui tombe, ou la diminution de celle qui jaillit, se fait sensiblement selon les nombres impairs. Et même dans les vitesses médiocres des jets, leur courbure approche fort de la parabole; parce que si d'un côté la direction horisontale est retardée peu à peu, & ne va pas d'un mouvement uniforme, aussi l'accélération ne va pas à la fin de la chûte selon les nombres impairs, mais elle retarde par la résistance de l'air, comme on l'a expliqué ci-devant; & ainsi l'un des défauts recompense l'autre, comme on le voit en la figure 97e, où la véritable parabole est ABC, si en 3 petits intervalles de tems égaux le mobile parcourt horisontalement les 3 espaces égaux AE, EG, GD, & qu'il parcourre en descendant AI au premier tems; IM, qui contient trois fois AI au second tems; & au troisième MN, qui contient 5 fois AI. Mais si le choc de l'air fait que le mobile n'aille qu'en H au lieu d'aller en D, en ces trois tems aussi le choc de l'air l'empêchera de descendre dans les tems jusques en N, & il n'ira qu'environ en K: & tirant la parallele KL, qui coupera HF en L un peu au-dedans de la courbe ABC; la ligne courbe AOL, qui sera décrite par ce mouvement retardé en proportion (ce qui n'est pourtant pas vrai dans la rigueur) sera une autre parabole intérieure à la première ABC. De cette propriété des corps qui sont mûs dans l'air, nous déduisons les problêmes suivans. TAB. XIX. Fig. 97.

PROBLÈME.

E*Tant donnée la hauteur médiocre d'un réservoir, & le jet étant oblique, trouver où il touchera le plan horisontal.*

 Soit

TAB. XIX. Fig. 98.

Soit AB le tuyau du réservoir; C l'ajutage; CD une ligne parallele à AB; DEC un demi cercle, dont H est le centre. *Galilée* & *Torricelli* ont démontré, que si la direction du jet au sortir de l'ajutage est par la ligne CE, qui fasse l'angle DCE avec la perperdiculaire DC de 45 degrez, aiant continué HE perpendiculaire à DC jusques en F, en sorte que EF soit égale au demi-diamétre du cercle HE; le point F sera le sommet de la parabole CFG décrite par le jet, comme on le voit en la figure; CE sera la tangente de cette parabole au point C; & CG l'amplitude de la parabole double de HF ou CD.

Que si l'on donne une autre direction au jet, comme CL, il faut abaisser la perpendiculaire LM sur CD; & MLN étant double de ML, le point N sera le sommet de la parabole que décrira ce jet, dont CR sera l'amplitude égale à deux fois MN; & de même à l'égard de toutes les autres directions. D'où il suit, que si l'angle LCE est égal à l'angle ECO, le jet par la direction CO ira aussi loin que le jet par la direction CL; & QOP étant égale & parallele à MLN, P sera le sommet de la parabole de ce jet; & qu'elles se rencontreront toutes deux dans la ligne horisontale CG au point R, puisque leur amplitude CR, quadruple de ML ou double de MN, sera commune à toutes deux.

Les jets des bombes pleines de poudre suivent les mêmes régles. D'où il s'ensuit, que si l'on a trouvé par expérience qu'une bombe, dont la direction est élevée de 45 degrez, va jusques à 500 toises de longueur; elle ira perpendiculairement jusques à 250 toises: car si CG est 500 toises, & que la bombe ait décrit la parabole CFG; elle ne s'élévera qu'à la hauteur CD, laquelle est le diamétre du demi cercle, qui par conséquent sera 250 toises, moitié de l'amplitude CG de la parabole CFG. Mais il faut considérer que la résistance de l'air change un peu ces mesures: car s'il y a plus d'air à passer par CFG que par CD, la bombe ira un peu plus près du point D à proportion que du point G; & par la même raison, si la direction de la bombe étoit CL, & qu'elle tombât au point R, elle iroit un peu plus loin par la direction CO, parce qu'il y a plus d'air à passer dans la parabole CNR que dans la parabole CPR. Voici les expériences que j'en ai faites avec de l'eau, qui doit être plus retardée par l'air, qu'une balle de fer, ou qu'une bombe.

Dans la figure précédente supposons ABC un tuyau de 6 pieds de hauteur depuis la surface de l'eau à la hauteur de D dans le réservoir jusqu'à l'ajutage C; la direction du jet CFG étoit de 45 degrez sur l'horison; & par ce que l'on vient de dire, CG qui étoit l'amplitude de la parabole, devoit être de 10 pieds: mais le jet s'écartoit vers la fin, & celui qui approchoit le plus près de 10 pieds, étoit de 9 pieds 10 pouces; & par conséquent ce jet ne manquoit que de $\frac{1}{60}$, c'est-à-dire, deux sur 120. Mais aiant fait des expériences sur de plus grandes hauteurs, le

le jet diminuoit plus de son amplitude à proportion par la plus grande résistance de l'air, & cette diminution se doit faire à proportion de celle des hauteurs des jets: & ainsi il faudra prendre le double de la hauteur perpendiculaire des jets pour sçavoir l'amplitude du jet parabolique à l'élévation de 45 degrez.

Les jets de vif-argent font de même, mais leur extrémité s'écarte plus qu'aux jets d'eau, dont la cause est que le mercure supérieur BF glisse sur l'inférieur CED par sa rencontre, & au contraire le mercure qui est vers E, descend par sa pesanteur, & par le choc de celui qui est plus haut: c'est ce qui fait que les goutes de vif-argent sont fort séparées les unes des autres entre D & F, & de haut en bas; mais elles ne s'écartent point en largeur. Et si l'on met l'œil dans le plan de la direction du jet, il ne paroîtra que comme un filet de la même largeur par-tout, laquelle il a à la sortie de l'ajutage, parce que ne s'écartant point à la sortie, les goutes les plus proches de l'œil couvrent toutes les autres qui sont au-dessous dans toute l'étenduë du jet. TAB. XIX. Fig. 99.

Pour prouver par expérience que les matières les plus pesantes font leurs paraboles plus grandes, j'ai suspendu une balle d'acier à un fil de 42 pouces ou 3 pieds ½ de longueur, & l'aiant élevée par un arc de 50 degrez, je la laissai aller; elle revint, après être montée de l'autre côté, à 49 degrez 45 minutes: l'arc des 15 minutes qui manquoient, étoit de la largeur de 6 lignes, & par conséquent il ne perdoit qu'une ligne & demi à peu près en tombant jusques au point de repos. Je mis ensuite une boulette de cire de même grosseur chargée d'un petit poids, en sorte que sa pesanteur spécifique étoit comme celle de l'eau; & l'aiant élevée à 50 degrez, elle revint à 4 pouces près au 2e. battement: elle perdoit donc 8 fois autant par la résistance de l'air, que celle d'acier; ce qui est à peu près selon les proportions de la pesanteur spécifique de l'eau à l'acier.

Lorsqu'en un tuyau les ouvertures sont plus hautes les unes que les autres, & que les jets sont horisontaux, on peut sçavoir la longueur des jets sur un plan horisontal par les mêmes régles en cette manière:

Soit ABCD un vaisseau cylindrique, ou d'une autre forme, percé en F & en G, l'eau étant toûjours entretenue à la hauteur de AB; HI est un plan horisontal; & l'on veut sçavoir où les jets F & G tomberont sur le plan HI. On suppose que le côté du tuyau BFGH, où sont percés les trous F & G, est à plomb: sur la ligne BH pour diamétre aiant décrit le demi cercle BLKH, soient menées les perpendiculaires FL & GK à la ligne BH jusques au demi cercle en L & K; & aiant fait HI double de GK, & HM double de FL, les jets décriront les demi paraboles GI & FM, comme il a été dit ci-devant. D'où il s'ensuit, que si N est le centre du demi cercle, le jet qui jaillira par N, ira le plus loin de tous, puisque la ligne NO qui est le demi diamétre, est la plus grande de toutes les ordonnées comme GK, FL. Et si TAB. XX Fig. 100.

l'on prend des hauteurs égales au-dessus & au-dessous de N, les jets tomberont au même point sur la ligne horisontale HI.

Si l'on veut sçavoir, dans un vaisseau ou dans un réservoir ABCD, à quelle hauteur y est l'eau, il y faut percer un trou en quelque endroit comme en G, & aiant marqué quelque point I où passe le jet, soit tirée la ligne IH de niveau par le point I, & par le point G la ligne GH perpendiculaire à IH. Aiant coupé HI en deux également, dont l'une des moitiez soit GK, soit trouvée la ligne GB troisième proportionnelle continue après GH & GK; cette ligne GB est la hauteur de l'eau dans le réservoir au-dessus de l'ouverture G: ce qui n'est que la converse de la précédente proposition, comme il est aisé de voir, si l'on suppose que la hauteur du réservoir soit HB au-dessus du plan horisontal HI, & l'ouverture du jet soit en G; car selon les élémens de Géométrie, à cause du demi cercle, les trois lignes GH, GK, & GB, sont en proportion continue; ce qui convient à ce que *Galilée* a démontré dans sa 5e. proportion du mouvement des corps poussés & jettés, où il dit que les moitiez des amplitudes des paraboles des jets sont moïennes proportionnelles entre la hauteur de la demi parabole, & la hauteur de la liqueur depuis l'ouverture du jet.

CINQUIÈME PARTIE.

DE LA

CONDUITE DES EAUX,

ET DE LA

RÉSISTANCE DES TUYAUX.

PREMIER DISCOURS,

Des Tuyaux de conduite.

TAB. XX. Fig. 101.

Lorsque la conduite de l'eau qui fournit les jets, passe par un long tuyau fort étroit, la vitesse de l'eau y est arrêtée par le frottement; ce dont on a fait l'expérience en cette sorte:

ABCD est un tuyau de 6 pouces de diamétre & de 6 pieds de hauteur; le tuyau CE a 3 pouces de largeur, & le tuyau GF un pouce. On avoit fait aux points

points H, I, L, trois ouvertures ; celle qui étoit en H avoit 2 lignes ; celle en I 4 lignes ; & la dernière en L en avoit 8. Dans l'autre branche F G les ouvertures K, N, M, étoient disposées de même selon la grosseur des ouvertures à l'égard de la proximité du tuyau A B C D. Le tuyau A D étant plein, on laissoit aller successivement les 3 ouvertures H, I, L : les autres demeurant toûjours fermées, le jet par L s'élevoit le plus haut ; celui par I ensuite ; & celui par H jaillissoit le moins haut des trois. De l'autre côté, la grande ouverture M jaillissoit le moins haut, celle en N un peu plus haut, & la petite K le plus haut des trois. La raison de ces effets ne sera pas difficile à connoître, si l'on considére, qu'il sort beaucoup d'eau par les ouvertures L & M, & que pour l'entretenir il faut que l'eau aille beaucoup plus vîte par le tuyau étroit que par le large ; ce qui y cause un frottement considérable, qui retarde la vitesse de l'eau, & l'empêche de couler assez vîte pour fournir l'ajutage. Mais dans les ouvertures H & K, comme la vitesse par les tuyaux est 16 fois moindre que quand l'eau sort par L & M, le frottement dans le tuyau étroit est peu considérable, & ne retarde pas sensiblement le jet K plus que le jet H, & ils montent à peu près aussi-haut l'un que l'autre : il s'ensuit aussi que si l'on diminue les deux trous I & N, par exemple, chacun d'une ligne, alors le jet par I montera moins haut qu'il ne faisoit, & celui par N plus haut ; parce qu'il y aura moins de frottement dans le canal F G qui surpasse le défaut de la résistance de l'air, & dans le canal C E cette diminution de frottement ne sera pas considérable, mais la résistance de l'air le sera un peu plus qu'au jet de 4 lignes : c'est ce qui a trompé plusieurs personnes qui ont fait leurs expériences dans des tuyaux étroits, comme F G, & ils ont conclu, aussi-bien que la plûpart des Fonteniers, que l'eau alloit plus haut par des ajutages étroits, que par des larges ; ce qui est contre la raison & l'expérience, sinon quand la conduite est trop étroite.

Il arrive la même chose quand les ajutages sont longs de 6 à 7 pouces, ou même de 2 à 3 : car le jet sera plus haut par une simple ouverture dans la platine qui sera d'une ligne, ou d'une demi ligne d'épaisseur. L'on en fera l'expérience facilement, si l'on a un tuyau de 6 ou 7 pouces de largeur A B C D, & que dans le tuyau E F suffisamment large on ait fait des ouvertures égales en G & en H ; la première aiant un ajutage G I, & l'autre n'aiant que l'épaisseur du métail : car l'on verra que le jet par H ira beaucoup plus haut que par G I, & que plus on diminuera la hauteur de G I, plus son jet approchera de celui par H. D'où il suit que les ajutages longs que l'on met ordinairement à la gueule des dauphins dans les fontaines, sont fort défectueux, & quand même l'ajutage seroit un peu en cône, le jet ne laisse pas d'en être retardé. En voici une expérience : un tuyau de verre d'un pied de hauteur & d'un pouce de largeur, aiant son ouverture de deux lignes & demi, n'a sauté qu'à 10 pouces & ½ quand il y avoit un petit cône ; mais

TAB. XX. Fig. 102.

l'aiant

l'aiant fait ſans cône, il a ſauté juſques à 11 pouces & ½.

Pour régler la largeur des tuyaux de conduite des eaux ſelon la hauteur des réſervoirs & la grandeur des ajutages, j'ai fait les obſervations ſuivantes:

Il y a à *Chantilly* une conduite de tuyau faite avec des piéces de bois de chêne percées; les ouvertures ſont de 5 pouces de diamétre. La hauteur de l'eau du réſervoir eſt à 18 pieds; & la conduite en pente juſques à un canal horiſontale eſt de près de 104 toiſes. Le canal aiant été mis à ſec, on perça un des corps par le deſſus, & on y mit un ajutage de 10 lignes; l'eau étant retenue par en-bas, le jet alla juſques à 15 pieds: ainſi il y avoit quelque petit empêchement dans la longue conduite & dans l'ajutage; car ſuivant les régles il devoit jaillir juſques à 17 pieds à peu près. On mit un autre ajutage à 80 toiſes plus bas dans la même conduite qu'on fit jaillir tout ſeul, & il n'alla qu'à 14 pieds à peu près; ce que l'on peut attribuer au défaut de l'ajutage qui étoit plus mal fait que l'autre. On laiſſa aller enſuite les deux ajutages enſemble, & le jet d'en-haut n'alla qu'à 12 pieds, & l'autre qu'à 11; ce qui fit connoître qu'une conduite de 5 pouces de largeur n'eſt pas ſuffiſante pour un ajutage de 14 ou 15 lignes à cette hauteur de réſervoir, ou pour deux de 10 lignes chacun. On referma les trous, & on laiſſa jaillir le jet ordinaire, qui eſt à côté du canal & élevé de 2 ou 3 pieds plus haut à la même diſtance du réſervoir que le dernier trou; le réſervoir n'avoit que 16 pieds de hauteur à peu près au-deſſus de l'ajutage, qui étoit en cône, & de 12 lignes de diamétre; il jailliſſoit d'environ 14 pieds, au lieu de 15 pieds un peu plus ſelon les régles; ce qui provenoit ſans doute de l'ajutage fait en cône, comme il a été démontré.

J'ai fait d'autres expériences avec le même tuyau de 50 pieds, dont il a été parlé avec ſon tambour au-deſſus, qui avoit un pied. On y attacha en-bas une conduite horiſontale de même largeur de 3 pouces, & de 40 pieds de longueur, & l'on mit à l'extrémité un ajutage de 6 lignes, & le jet jaillit auſſi-haut que quand il n'étoit qu'à un pied du tuyau montant: le jet fit auſſi les mêmes effets, à ſçavoir qu'après avoir jailli d'abord à une certaine hauteur, il diminua peu à peu d'environ un pied, & l'eau étant arrivée au bas du tambour, le jet s'éleva de nouveau, & alla un peu plus haut qu'au commencement: & ainſi une conduite horiſontale de 40 pieds de longueur, & de 3 pouces de largeur, ne diminua point un jet de 6 lignes d'ajutage.

On a trouvé auſſi par expérience qu'un ajutage de 7 lignes n'a point jailli moins haut que celui de 6 lignes à 35 pieds de réſervoir avec une conduite de 3 pouces, & ainſi que le tuyau de 3 pouces pouvoit avoir 52 pieds de hauteur pour un ajutage de 6 lignes. On peut donc prendre pour fondement, qu'un réſervoir de 52 pieds doit avoir un tuyau de conduite de 3 pouces de diamétre quand l'ajutage eſt de 6 lignes, & que

que le jet montera à toute la hauteur qu'il doit avoir.

Pour comparer la largeur de cette conduite à celle que doivent avoir les réſervoirs, & les largeurs des ajutages, on fera cette régle de proportion:

Comme le nombre des pouces que donnent les jets, eſt
au nombre des pouces d'un autre jet;
ainſi le quarré du diamétre de la conduite du premier, eſt
au quarré du diamétre du tuyau de conduite de l'autre.

Cette régle eſt fondée ſur ce qu'il faut que la viteſſe de l'eau coulante ſoit égale dans les deux conduites, afin qu'il n'y ait pas plus de frottement en l'une qu'en l'autre. Or ſi le nombre des pouces eſt quadruple, il faut que la ſurface du diamétre de la conduite ſoit quatre fois plus grande, afin que la viteſſe dans les tuyaux ſoit égale.

Suivant cette régle, ſi l'on veut ſçavoir quelle largeur de conduite il faut donner pour avoir un jet de 100 pieds par 12 lignes d'ajutage, il faut prendre 52 pieds de hauteur, qui par un ajutage de 6 lignes aiant le tuyau de conduite de 3 pouces de diamétre, donne 8 pouces: & parce que, ſuivant la table des hauteurs des jets, le réſervoir de 100 pieds de jet doit être à 133 pieds $\frac{1}{3}$; on dira que comme 52 eſt à 133, ainſi 64 quarré de 8 eſt à 170: & la racine quarrée de 170 étant 13 à peu près, l'on voit que le réſervoir de 133 pieds par 6 lignes donnera 13 pouces, & par 12 lignes d'ajutage 52 pouces d'eau: donc comme 8 à 52, ainſi 9 quarré de 3, qui eſt le diamétre de la conduite, doit être à 58 $\frac{1}{2}$ dont la racine quarrée eſt 7 $\frac{2}{3}$ à peu près, qui ſera le diamétre de la conduite que l'on cherche; mais pour plus grande ſûreté on peut lui donner 8 pouces.

Lorſque les ajutages ſont inégaux, & les hauteurs des réſervoirs égales, il n'y a qu'à faire les diamétres des conduites en même raiſon entr'elles, que les diamétres des ajutages: car alors les frottemens ſeront égaux, & l'eau ira plus vîte dans l'un des tuyaux qu'en l'autre. En voici un exemple:

Un tuyau de 13 pieds de hauteur donne 1 pouce par 3 lignes: donc par 6 lignes il donnera 4 pouces; & par conſéquent ſi la conduite demeure de même largeur, l'eau ira 4 fois plus vîte, & auroit quatre fois autant de frottement: il faut donc pour la faire aller auſſi vîte, que le quarré du diamétre de ſa conduite ſoit quatre fois plus grand; & pour lors la racine de ce quarré ſera à la racine de l'autre comme 6 à 3.

Il arrive un effet aſſez ſurprenant dans la conduite de quelques tuyaux de *Chantilly*. Ces tuyaux, qui ſont de bois, pouſſés & mis l'un dans l'autre, paſſant par un petit étang, & enſuite par un long canal; d'où il arrive que ſi l'on ferme tout à coup l'entrée du réſervoir, & que l'eau ne coule plus dans le tuyau de conduite, ce jet de 14 pieds ne ceſſe pas tout-à-fait, mais il continue à jaillir à plus de deux pieds ſans diſcontinuation. Suppoſant que l'entrée du réſervoir fût bien fermée, l'on pourroit attribuer cet effet à ce que, l'eau s'écoulant avec grande vi-

teſſe, le poids de celle de l'étang & du canal fait un peu entr'ouvrir les corps des tuyaux qui entrent l'un dans l'autre, & il ſe fait une petite aſpiration d'eau, de même qu'il ſe fait une expiration d'air aſſez ſenſible quand ce tuyau de conduite étant vuide, on y fait entrer tout à coup l'eau du réſervoir: car alors l'air étant preſſé force les tuyaux, & fait un peu de jour entre ceux qui ſont emboités l'un dans l'autre. Or l'aſpiration qui ſe fait d'un peu d'eau de l'étang & du canal, eſt aſſez grande pour fournir ce jet de 2 pieds.

Il arrive encore au même jet un autre effet extraordinaire, qui eſt, que ſi l'on met la main ſur l'ajutage, & qu'on l'y tienne pendant 10 ou 12 ſecondes, l'eau ne jaillit point d'abord qu'on ôte la main, & commence peu à peu à s'élever à 3 pouces, puis à 1 pied, & enfin à 2 ſucceſſivement dans un tems conſidérable. J'ai vû le même effet dans une eau qui couloit horiſontalement par un tuyau de cuivre: car l'aiant fermé avec la main dans la penſée que cette eau étant retenue un peu de tems, elle feroit un plus grand effort, & jailliroit plus loin, je fus ſurpris qu'il ne coula pas preſque d'eau d'abord; mais enfin peu à peu elle reprit ſa force ordinaire. Voici comme j'explique cet effet:

Dans le canal de *Chantilly*, qui a une pente très-petite juſques à 80 toiſes du jet, l'eau y couleroit très-lentement ſi elle n'étoit pouſſée par l'eau ſupérieure dont la pente eſt plus roide. Or ſi l'on ſuppoſe que
TAB. XX. Fig. 103. ABCD ſoit la pente roide, & que le canal ne ſoit qu'à demi plein, comme depuis CD juſques à FG; l'eau y coulera aſſez vîte, & pouſſera avec la même impreſſion celle qui eſt en GHDE; & par le mouvement qu'elle aura acquis dans ce chemin, elle ſera portée aſſez vîte juſqu'à l'entrée de l'ajutage IL qu'elle remplira entiérement; & étant choquée par celle qui ſuccéde, elle s'élévera juſques à 2 pieds: mais lorſqu'on la retient, on arrête ſon mouvement, & même elle reflue vers BGD en s'élevant vers le haut du tuyau proche de C; ce qui fait que cette eau étant dans ſon mouvement, & ſa moindre hauteur en B étant moindre que la hauteur du point L, elle ne peut faire d'effort pour couler ou pour jaillir, qu'après que le mouvement commence à ſe faire enſuite du premier écoulement qui eſt très-lent.

Il faut éviter de faire les tuyaux de conduite coudés à angles droits: car l'eau dans ſon mouvement heurtant contre la partie du tuyau qui lui eſt oppoſée, le met en danger de créver, & elle eſt retardée conſidérablement par cette rencontre.

Si l'on veut que l'eau jailliſſante conſerve ſa force par pluſieurs années, il faut tenir les conduites un peu plus larges que ſelon le calcul qui en a été fait: car il s'y amaſſe de la bouë & des ordures qui retardent un peu l'écoulement; & même il y a des eaux qui emportent avec elles des atomes pierreux, qui venant à s'attacher enſemble, forment des pierres qui bouchent la conduite. J'en ai fait l'obſervation dans l'aqueduc d'*Arcueil*, & l'on voit proche de l'Obſerva-

toire

toire dans le grand regard où se fait la séparation des eaux, un bassin qui à un gros jet au milieu d'un demi pied de hauteur : la circonférence de ce bassin est de cuivre, où l'on a fait plusieurs ouvertures circulaires d'un pouce de diamétre pour faire connoître la quantité d'eau qu'il y a dans l'aqueduc : mais peu à peu il s'est amassé dans ces ouvertures une matière pierreuse, qui les a enfin bouchées entièrement sans que l'eau y puisse plus passer ; ce qui est assez surprenant, car il semble que l'eau coulante devroit emporter les ordures qui s'y pourroient amasser. Cela se fait de la même manière qu'il s'amasse de la neige à côté ou sur les branches des buissons quand il fait brouillard pendant un grand froid : car le vent portant de petites parcelles ou atomes de vapeurs glacées, les introduit dans quelques pores de ces branches ; & les premières retiennent & accrochent celles qui suivent ; & enfin il s'y en fait un amas de 2 ou 3 pouces de hauteur. De même l'eau chariant de petits atomes de pierre dont elle se charge en passant par les terres, en fiche quelques-uns dans les pores du métail, & un autre qui suit, se joint au premier selon sa disposition & sa figure. Il en passe beaucoup qui ne s'y attachent pas : mais par une suite d'années il s'y en amasse enfin assez pour boucher entièrement les ouvertures ; comme si c'étoit une seule pierre assez dure, en sorte que l'on est obligé tous les 50 ans environ de relever tous les tuyaux & de les refaire à neuf.

Lorsque la conduite de l'eau dans un tuyau large se subdivise en plusieurs conduites pour faire plusieurs jets, il faut considérer tous les pouces d'eau que doivent donner ensemble tous ces jets pour déterminer la largeur du grand tuyau de conduite, & il les faut réduire ensuite par le calcul à une seule ouverture de jet.

EXEMPLE.

LA principale conduite d'une eau se divise en six tuyaux, dont il y en a deux qui ont chacun 3 lignes de diamétre d'ajutage, deux autres qui en ont chacun 5, un qui en a 6, & un autre qui en a 8 ; la hauteur du réservoir est supposée à 52 pieds. Donc, si les conduites sont suffisamment larges, & qu'il y ait assez d'eau dans le réservoir pour fournir à toute la dépense ; les ajutages de 3 lignes donneront 2 pouces chacun selon les régles & les tables qu'on a données ci-dessus ; ceux de 5 lignes donneront chacun 5 pouces $\frac{4}{6}$; celui de 6 lignes donnera 8 pouces ; celui de 8 lignes donnera 14 pouces & $\frac{2}{3}$: la somme de la dépense d'eau de tous ces jets sera donc de 37 pouces $\frac{2}{3}$. C'est pourquoi, suivant la régle précédente, pour 52 pieds de hauteur de réservoir le diamétre de l'ajutage doit être au diamétre du tuyau de conduite comme 6 lignes à 3 pouces, ou bien comme 1 à 6 qui est la même raison.

Mais comme dans cet exemple, nous n'avons que la dépense de l'eau qui est de 37 pouces & $\frac{2}{3}$ à la hauteur de 52 pieds de réservoir ; il faut

chercher quel feroit le diamétre de l'ajutage qui fourniroit cette quantité d'eau; ce qui fe fait par la régle de la mefure des eaux jaillifſantes de la feconde Partie; & l'on trouve 13 lignes à très-peu près. On fera donc comme 1 eſt à 6, ainſi 13 à 78 lignes de diamétre du tuyau de conduite de toute l'eau, ou bien 6 pouces ½: & chacune des conduites pour 3 lignes de diamétre d'ajutage auront 1 pouce ½ de largeur; car par la régle précédente les diamétres des tuyaux de conduite ſont entr'eux en même raiſon que les diamétres des ajutages, la hauteur du réſervoir étant la même: chacune de celles qui portent des ajutages de 5 lignes, auront 2 pouces ½: pour celles de l'ajutage de 6 lignes, elle aura 3 pouces de diamétre; & celle de 8 lignes aura 4 pouces. Et ſi l'eau du réſervoir peut donner ou fournir 37 pouces, ces jets iront continuellement. On remarquera que le jet de 8 lignes d'ajutage ira le plus haut de tous: & pour ſçavoir ſa hauteur, on trouvera dans la table de la 2e. régle du premier Diſcours de la quatrième Partie, qu'un jet de 50 pieds doit avoir pour la hauteur de ſon réſervoir 58 pieds 4 pouces; c'eſt pourquoi le jet eſt entre 45 & 50 pieds & fort proche de 45: & ſi l'on fait le calcul par la régle pour le jet de 46 pieds de hauteur, on trouvera 52 pieds ½ pouce pour la hauteur du réſervoir; d'où l'on peut conclure que le jet n'arrivera pas tout-à-fait à 46 pieds, quoique le réſervoir ſoit de 52 pieds de hauteur.

SECOND DISCOURS,

De la force des Tuyaux de conduite, & de l'épaiſſeur qu'ils doivent avoir ſuivant leur matière & la hauteur des réſervoirs.

LOrſque les réſervoirs ſont fort élevés, ou qu'on fait une conduite d'eau depuis quelque lieu fort haut, les tuyaux de conduite ſont ſouvent en danger de ſe rompre, principalement ſi la conduite ſe fait par des vallées profondes; & ce ſeroit une choſe très-fâcheuſe, ſi après avoir fait beaucoup de dépenſe, quelques tuyaux venoient à créver, ſoit par le défaut de la ſoudure ou de la foibleſſe des tuyaux: il faut auſſi éviter d'emploïer trop de plomb ou de cuivre pour donner de grandes épaiſſeurs aux tuyaux lorſque des épaiſſeurs médiocres ſuffiſent. Voici ce qu'on pourra obſerver ſur cette matière:

Les corps ſolides & fermes réſiſtent à être rompus par les petits liens & embaras de leurs particules qui ſont entrelacées les unes dans les autres: il y a des matières faciles à rompre, comme la glace; d'autres qui ſe rompent difficilement, comme le fer, le marbre, &c.

On appelle la réſiſtance abſolue d'un ſolide à être rompu, lorſqu'on le

le tire pour le déchirer ou rompre : ainsi si l'on suspend un cylindre de bois AB par des cordes à une poutre par le moïen d'une grosse tête A, & qu'on attache vers sa base B des cordes qui suspendent un poids C de 1000 livres, qui puisse rompre ce cylindre vers D ou plus haut ou plus bas en détachant & séparant ses parties entrelacées ; on dira que sa résistance absolue est de 1000 livres. Par la même manière on sçaura la résistance absolue d'une petite bande de papier, si l'on fait deux anneaux aux extrémitez en repliant les bouts & les collant à la bande, & passant dans ces anneaux vers I & L deux bâtons GH, MN : car aiant suspendu au bâton MN le poids O par les cordelettes K & Z, si cette bandelette se rompt comme en P par ce poids précisément lorsqu'il sera de 4 livres, on dira que la résistance absolue de cette bandelette est de 4 livres.

TAB. XX. Fig. 104.

TAB. XX. Fig. 105.

Galilée a fait un Traité de la résistance des solides, où il donne la même définition de la résistance absolue, & il explique à sa manière la force que doit avoir un poids lorsqu'il est suspendu à l'extrémité d'un solide fiché dans un mur. Comme si le mur est AB & le solide CDEF, & que le poids G soit suspendu en F par la corde FG, il dit que la longueur FD est comme le bras d'un levier, & que l'épaisseur CD est comme le contre-levier, en sorte que si on vouloit séparer une partie qui est en C, & que sa résistance absolue fût de 10 livres, il faudroit que le poids G fût seulement de 2 livres, si la longueur FD étoit 5 fois plus grande que DC. Mais en considérant une autre partie comme I également distante de C & D, il ne faudroit qu'une livre en G, parce que le levier FD seroit alors 10 fois plus grand que le contre-levier DI. Et parce qu'il suppose que la rupture se fait en même tems dans toutes les parties de CD, dont les unes sont entre D & I & les autres entre I & C, il prétend qu'il faut considérer l'augmentation de la force du poids selon la raison de FD à la moïenne distance DI ; ce qui pourtant répugne à plusieurs expériences que j'ai faites avec des solides de bois & de verre, où j'ai trouvé qu'il faloit prendre la raison de FD à une ligne moindre que DI, comme le quart de DC ou le tiers &c. & non de FD à la moitié de DC. Pour trouver cette proportion & refuter celle de *Galilée*, je fais les raisonnemens qui suivent :

TAB. XX. Fig. 106.

Je suppose premièrement, que le bois, le fer, & les autres corps solides ont des fibres & des parties rameuses entrelacées les unes dans les autres, & qui ne peuvent se séparer que par une certaine force, & qu'elles font toutes ensemble la fermeté & résistance de ces corps à être rompus quand on les tire perpendiculairement de haut en bas selon leur longueur.

2. Que ces parties peuvent s'étendre plus ou moins par de différens poids : & qu'enfin il y a une extension qu'elles ne peuvent souffrir sans se rompre, en sorte, que s'il faut qu'un solide de bois soit étendu de deux lignes pour être rompu, & qu'un poids de 500 livres puisse faire

cette extenſion; un poids de 125 livres ne le fera étendre que d'environ une demi ligne; un de 250 livres, que d'environ une ligne &c; & qu'ainſi chaque extenſion fera équilibre avec un certain poids.

TAB. XX. Fig. 107. Cela étant ſuppoſé, ſoit conſidérée la balance A C B tournant ſur l'appui C, chargée à ſon extrémité B d'un poids F faiſant équilibre avec les 3 poids égaux, G, H, I. La diſtance B C eſt à C E comme 12 à 1. C D eſt double de C E, & C A double de C D. Or ſi le poids G eſt de 12 livres, il faudra un poids en F de 4 livres pour le ſoûtenir, puiſque la diſtance B C eſt triple de C A; il ne faudra que 2 livres en F pour ſoûtenir le poids H, & une livre ſeulement pour ſoûtenir le poids I: & par ce moïen un poids de 7 livres en F fera équilibre avec ces 3 poids chacun de 12 livres en G, H, & I. Si donç on ajoûte un petit poids en F, les 3 poids s'éléveront; & quoiqu'ils s'élévent inégalement, chacun agira par une peſanteur de 12 livres ſelon leur diſtance du poids C: mais il n'en eſt pas de même des parties d'un ſolide qui ſe rompt tranſverſalement, & pour le faire voir:

TAB. XX. Fig. 108. Suppoſons que F C ſoit de 12 pieds, C A de quatre, C E de 2, & C B d'un pied; & que le ſolide A D C N ſoit joint au ſolide A C P Q inébranlable, par les 3 cordelettes égales & également fortes D I, G L, H M, un peu tendues, qui paſſent au travers des petits trous dans le ſolide A C P Q, & nouées par-deſſus l'autre, comme on le voit en la figure. Soit encore ſuppoſé qu'afin que chaque cordelette ſoit prête à ſe rompre, il faille qu'elle ſoit étendue de 2 lignes plus qu'elle n'eſt; & qu'un poids R ſuſpendu en F de 4 livres, puiſſe être aſſez fort pour réduire la cordelette I D à cette extenſion de 2 lignes; & qu'y ajoûtant un très-petit poids, elle doive ſe rompre: il eſt évident qu'il faudra deux livres en R pour étendre de 2 lignes la cordelette L G étant ſeule, & une livre ſeulement pour étendre de même la cordelette H M, ſi le centre du mouvement eſt en C. Mais parce que lorſque la cordelette D I eſt étendue de 2 lignes, la cordelette G L n'eſt étendue que d'une ligne, & la cordelette H M d'une demi ligne, quand on les tire toutes enſemble; il s'enſuit par la 2e. Suppoſition, qu'un poids d'environ une livre fera alors équilibre avec la tenſion de la cordelette G L qui n'eſt que d'une ligne, & qu'il ne faudra que 4 onces pour faire équilibre avec la tenſion de la cordelette H M, quoique la réſiſtance totale de cette dernière ſoit d'une livre; & par conſéquent pour réduire les trois cordelettes en cet état, il ſuffira que le poids R ſoit de 5 livres $\frac{1}{4}$, & que ſi on y ajoûte un très-petit poids, la cordelette D I ſe rompra & preſque en un même moment les deux autres, parce qu'elles réſiſtent beaucoup moins que les trois enſemble.

TAB. XX. Fig. 109. Appliquons maintenant ces raiſonnemens au ſolide A B C D fiché perpendiculairement dans le mur E A D O, & ſuppoſons que ſi on le tiroit de haut en bas perpendiculairement, il falut 600 livres pour le rompre: je dis que ſi A D eſt diviſé en trois parties égales par les points

G & H

G & H, & que CD soit à DH comme 60 à l'unité, il suffira que le poids L soit de 10 livres pour rompre le solide; au lieu que selon *Galilée* il faudroit qu'il fût de 15 livres, puisque CD est à DI moitié de DA comme 60 à un & demi ou 40 à l'unité, & que 600 est le produit de 15 par 40.

Pour prouver cette proposition, supposons, comme il a été expliqué ci-devant, que la fibre vers A se doive étendre de 16 parties très-petites pour être rompue, & qu'il faille une pareille extension pour rompre les fibres vers G, I, & H: il est évident que ces dernières ne résisteront pas de toute leur force pour empêcher la rupture de la fibre vers A, & que si elles résistent à proportion de leur distance du point D, & s'il faut 16 livres en L pour rompre la fibre en A, il en faudroit seulement 12 pour rompre la fibre en G, 8 pour rompre la fibre en I, & 4 pour rompre la fibre en H. Mais parce que quand la fibre en A se rompt, la fibre en G ne sera étendue que de 12 parties, celle en I que de 8, & celle en H que de 4, cela fait encore une autre raison semblable au lieu de 12 livres pour rompre la fibre vers G, il ne faudra que 9 livres, sçavoir les $\frac{3}{4}$ de 12, & 4 livres pour rompre la fibre vers H. Or 12 est moïen proportionnel entre 16 & 9, & 4 entre 16 & 1: & par conséquent ces nombres 1, 4, 9, 16, étant quarrez; si l'on conçoit que la longueur A D soit divisée à l'infini, les résistances de toutes les fibres seront en la proportion des quarrez de suite depuis l'unité. Mais si on prend tels nombres de quarrez qu'on voudra de suite commençant à l'unité, trois fois leur somme moins le nombre triangulaire, qui correspond au dernier terme de la progression, sera égal au produit du plus grand quarré par le nombre de la progression commençant à zero; & ce nombre triangle excédant sera à ce dernier produit selon la progression à l'infini $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{16}$, &c. Donc cet excès à l'infini sera comme rien, & par conséquent tous les quarrez à l'infini ne feront ensemble que le tiers d'autant de quarrez égaux au plus grand en y ajoûtant un pour le premier terme zero de la progression, de même que si l'on prend une progression de suite, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, &c. la somme de tous ces nombres est la moitié du produit du plus grand par le nombre des termes de la progression.

Pour prouver par induction cette propriété des quarrez de suite, prenons l'unité, qui est le premier quarré; le triple de l'unité est 3; l'unité multipliée par les nombres des termes de la progression, 0, 1, est 2, qui est moindre que 3 du premier nombre triangulaire 1 qui est $\frac{1}{2}$ du nombre 2; 1 & 4 ensemble font 5; trois fois 5 est 15; le produit par la progression 0, 1, 2, est 12 moindre que 15 de 3 qui est le second nombre triangulaire & qui est $\frac{1}{4}$ de 12; 55 est la somme des 5 premiers quarrez; 3 fois 55 est 165; le plus grand quarré 25 multiplié par les 6 termes de la progression 0, 1, 2, 3, 4, 5, est 150 moindre que 165 de 15 qui est $\frac{1}{10}$ de 150.

Pour

TAB. XX. Fig. 110. Pour ſçavoir ſi l'expérience ſeroit conforme à ce raiſonnement, je fis tourner au Tour deux morceaux de bois fort ſec. L'un d'eux, repréſenté par AB, avoit à ſes extrémitez deux petites boules, & le reſte CD étoit uniformément épais de trois lignes : l'autre EF étoit en toute ſa longueur épais de 3 lignes. Je mis le bout de ce dernier juſques au point G dans un petit trou fait dans une poutre, & il le rempliſſoit exactement ; & j'attachai à l'autre bout un poids de ſix livres en F. La diſtance GF étoit de 4 pouces ou 48 lignes, & par conſéquent elle étoit 48 fois plus grande que le tiers de l'épaiſſeur du bâton cylindrique GF, puiſque ce tiers n'étoit que d'une ligne ; & ſelon *Galilée* la proportion du poids étoit augmentée 32 fois : mais le bâton ſe courba un peu, & la diſtance ne fut plus que comme 30 à 1 à peu près, & le poids I de ſix livres ſuſpendu au point F fit rompre le bâton au point G. Or ſi la force de ce poids n'eût été augmentée que de 30 fois, il ne devoit faire qu'un effort de 180 livres, qui eſt le produit de 30 par 6. Je ſuſpendis enſuite le bâton AB, par quatre cordelettes attachées à une petite corde qui faiſoit deux tours autour du col D, & étoit retenue par la boule BD, & j'accommodai de même quatre autres cordelettes à la boule CA pour ſuſpendre un poids de 180 livres qui devoit rompre le bâton AB le tirant en bas perpendiculairement, ſi la régle de *Galilée* eût été véritable ; mais il ne ſe rompit pas. L'expérience ſe fit en preſence de Mrs. de *Carcavy*, de *Roberval*, & *Huygens*. Je fis ajoûter des poids de 10 ou 12 livres les uns après les autres ; & enfin quand il y en eût en tout environ 330 livres, il ſe rompit au point H. Or ſi l'on prend la proportion de 47 à 1 (qui eſt le tiers de l'épaiſſeur) à cauſe que le bâton ſe courba un peu avant que de ſe rompre, le produit de 47 par 6 eſt 282 au lieu de 330. Mais il y a apparence que ſi on y eût ſeulement mis 300 livres, & qu'on les y eût laiſſées quelque tems comme on laiſſa les 6 livres en I ; il ſe fût rompu de même. Mais enfin la proportion fut beaucoup plus grande que de 30 à 1, & il ne manqua qu'environ $\frac{1}{7}$ qu'elle ne fût comme 47 à 1 ; ce qui put arriver à cauſe que le bâton GF étoit peut-être plus foible vers le point G ou un peu plus épais. On recommença l'expérience en laiſſant une grande épaiſſeur aux deux bouts du bâton EF, laiſſant ſeulement deux pouces de G vers F afin que cette partie ſe courbât fort peu. Je me ſervis enſuite de quelques canons de verre ſolide de $\frac{3}{4}$ de ligne d'épaiſſeur, & je trouvois toûjours à peu près qu'il faloit prendre la proportion de la longueur du cylindre de verre au tiers de ſon épaiſſeur : & dans une expérience où, ſelon *Galilée*, il n'eût falu que 30 livres pour rompre la petite verge de verre ſituée perpendiculairement de haut en bas, il y en falut ſuſpendre 50 ; le Sieur *Hubin* ajuſtoit de petites boules de verre aux deux bouts du cylindre pour le ſuſpendre.

On peut objecter que dans le bois ou le verre ou les métaux, il n'y

a

à rien qui s'étende avant la fraction. Je demeure d'accord que l'extension du verre n'est pas sensible: mais celle des métaux se reconnoît aisément, en ce que les cordes de clavessin, de quelque métail qu'elles soient, s'étendent sensiblement; d'où il s'ensuit qu'un cylindre d'un pouce d'épaisseur doit s'étendre aussi, mais il faudroit un poids de plus de 2000 livres pour l'étendre sensiblement; car puisqu'une boule de verre & d'acier s'enfonce par le choc, & se remet en sa première figure, elle peut aussi s'étendre. Si on laisse tomber un cylindre de bois sec d'un pouce d'épaisseur sur une pierre platte, il rebondit, & par conséquent il a ressort, & ses parties souffrent extension & pressement: & parce que l'expérience fait voir qu'un petit bâton qu'on plie pour le rompre, se resserrant vers la concavité de sa courbure, s'étend nécessairement vers la convexité avant que de se rompre; de-là on peut conclure qu'il faut un effort pour faire la compression vers la concavité.

Cela étant supposé, si ABCD est un bâton quarré fiché dans un mur, on peut concevoir que depuis D jusqu'à I, qui est la moitié de l'épaisseur AD, les parties se pressent par le poids L; celle qui sont proches de D, davantage que celles vers I; & que depuis I jusques à A elles s'étendent, comme il a été expliqué; & l'on pourra appliquer le même raisonnement des cordelettes à la partie IA: d'où il s'ensuivra que comme la longueur IF est au tiers de l'épaisseur IA, ainsi sera augmentée la force du poids L pour rompre le solide. Et comme il faut plus de force pour presser les parties vers D que vers H, si on suppose que cette force diminue selon la suite des nombres jusques à l'unité, il faudra encore la même proportion de la longueur IF au tiers de la largeur DI pour faire ce pressement. Et comme il est très-vrai-semblable que ces pressemens résistent autant que les extensions, & qu'il faut un même poids pour les faire; ces extensions & ces compressions partageront la force du poids L: ajoûtant le tiers de l'épaisseur IA au tiers de l'épaisseur ID, le tout sera égal au tiers de toute l'épaisseur AD; d'où il s'ensuivra la même chose que si toutes les parties s'étendoient. Donc pour réduire l'extension vers le point A à la rupture, il faut que le poids L soit un peu plus de 10 livres pour rompre le solide ABCD, si la longueur CD est au tiers de l'épaisseur AD, comme 1 à 30, & qu'il faille un peu plus de 300 livres pour le rompre en le tirant de bas en haut: car la même chose doit arriver pour l'effort du poids, que si les parties entre ID s'étendoient comme les supérieures. TAB. XX. Fig. III.

J'ai expérimenté, avec le Sieur *Hubin*, qu'un fil de verre d'un quart de ligne d'épaisseur & long de 4 pieds, s'étendoit de $\frac{1}{3}$ de ligne sans se rompre, & en le laissant retourner de lui-même, il reprenoit sa première extension. On en fit étendre trois de même grosseur, qui se rompirent étant étendus jusqu'à une ligne & demi. Pour le connoître, il y avoit aux deux bouts de chaque fil une boule de verre de 2 ou 3 lignes. On engageoit une de ces boules entre deux cloux à crochet en-

foncés vers l'extrémité d'une table jusques à leur moitié, en sorte qu'en les poussant très-fort, on ne les faisoit point branler sensiblement; & par conséquent le gros bout du filet, étant bien engagé par le bas des cloux, ne se pouvoit approcher vers l'autre bout de la table. Il y avoit 3 petits trous d'épingle pour faire discerner l'allongement. Le fil portoit sur la table en sa longueur; mais en le tirant médiocrement il n'y portoit plus. Le gros bout qu'on tiroit, touchoit la table; on remarquoit qu'il touchoit par son extrémité le premier trou d'épingle en le tirant avec la main médiocrement; & en le tirant plus fort, il alloit jusqu'au 2e. trou; & en le tirant encore plus, il alloit jusques au 3e.; & en relachant un peu de l'effort, il revenoit au 2e. ou au 1r. trou. Pour bien faire il eût falu qu'un des bouts eût été poussé à force en tournant dans un trou d'un morceau de fer, & que l'autre eût été attaché à 2 ou trois petites cordelettes, qui étant jointes ensemble n'en eussent fait qu'une, qu'on auroit entortillée autour d'une cheville d'un luth ou d'un autre instrument pour étendre le filet en tournant peu à peu. On auroit fait des marques pour connoître l'allongement, & même on pourroit faire sonner le fil de verre comme une corde d'épinette.

Cela étant supposé, voici les expériences que j'ai faites pour la résistance des solides; ces régles peuvent beaucoup servir aux Architectes pour les poutres, pour les saillies, &c.

Un canon de verre de $\frac{1}{3}$ de ligne d'épaisseur s'est rompu par son propre poids à 6 pieds de saillie.

Un cylindre de marbre noir de 5 lignes de diamétre a soûtenu horisontalement 190 livres, c'est-à-dire, 10 $\frac{1}{2}$ à 48 lignes de distance. Le quarré de $\frac{5}{2}$ est $\frac{25}{4}$: son produit par un pied de longueur ou 144 lignes est $\frac{3600}{4}$ ou 400 lignes, dont 6 pieds péseront 2400 lignes cubiques. Comme 14 à 11, ainsi 2400 à 1886 lignes; & parce qu'un pouce cubique ou 1728 lignes pésent 2 onces 1 gros, 1886 lignes péseroient environ 2 onces 3 gros.

La moitié de la longueur de 6 pieds est 36 pouces ou 432 lignes. Comme le tiers de $\frac{1}{3}$ de ligne, sçavoir $\frac{1}{9}$, est à 432, ainsi 2 onces $\frac{1}{3}$ à 1814, qui divisés par 16 onces donnent 113 livres 6 onces, qui seroit le poids que supporteroit perpendiculairement ce cylindre de verre de $\frac{1}{3}$ de ligne.

Une verge de verre d'une ligne $\frac{1}{4}$ d'épaisseur & longue de 11 pouces, étant posée sur deux régles distantes de 9 pouces l'une de l'autre & larges & épaisses d'un pouce, & étant chargée à son milieu d'une livre $\frac{1}{4}$ mise dans un godet de fer blanc suspendu par une cordelette, s'est rompue dans le milieu. Une semblable verge posée de même, mais serrée par ses deux bouts entre les deux régles, & deux petits morceaux de bois plats de même largeur que les régles, s'est rompue par trois livres & une once, suspendues à son milieu: la rupture s'est faite aux deux bouts joignant les régles, & même l'un des bouts a été rompu à 3 lignes

gnes en dedans plus loin que l'appui. Ainſi on peut prendre pour régle, que les deux extrémitez proches de l'appui ſe rompent en ce dernier cas; par conſéquent il faut deux fois autant de force que quand les extrémitez ſont libres & qu'elle ſe rompt au milieu.

Une ſemblable verge poſée en ſon milieu ſur le trenchant d'un couteau, (on avoit mis de la cire d'Eſpagne vers les bouts pour empêcher de couler les cordelettes qui ſoûtenoient les poids & pour marquer leur diſtance qui étoit de 2 pouces) il n'a falu qu'une livre & demi & environ 3 onces pour la rompre, c'eſt-à-dire, qu'on avoit mis dans deux godets ces poids, ſçavoir en chacun une livre moins 2 onces & demi: elle s'eſt rompue à trois lignes du couteau; il y avoit une marque blanche pour marquer le milieu de la verge.

Une lame d'épée poſée par le bout dans un trou obliquement de bas en haut a ſupporté 68 livres; & une petite lame de fer blanc en a ſupporté 80.

Il eſt manifeſte que ſi un ſolide A B ſe rompt par un poids L ſuſpendu à ſon milieu E, étant appuïé par les extrémitez ſur les 2 régles G & F, il doit ſe rompre de même, ſi l'appui eſt en E & les deux puiſſances en A & B égales entr'elles & enſemble à la force du poids L, puiſque c'eſt toûjours le même effort qui ſe fait en E. *Galilée* a démontré que le même poids qui rompt en E, rompra le ſolide de même épaiſſeur fiché dans un mur juſques au point A, ſi la longueur eſt égale à A E. D'où il s'enſuit ce que j'ai trouvé par expérience, ſçavoir qu'un verre plat A B de 12 pouces de longueur poſé & appuïé par ſes extrémitez & portant à faux de 9 pouces, s'étant rompu par le poids d'une livre 10 onces & 5 gros, s'eſt rompu par 3 livres 5 onces 4 gros, lorſque ſes extrémitez furent ſerrées entre les appuis & des bois plats par des cordelettes, parce qu'alors ils doivent ſe rompre en A & B joignant les appuis; & parce que les deux réſiſtoient par leurs deux extrémitez deux fois autant que le ſeul E A en ſon extrémité A, il y falut mettre le double de poids en L. TAB. XXI. Fig. 112.

Le même Auteur a encore démontré, que ſi les appuis ſont en double diſtance, la moitié du poids qui étoit en E, ſuffira pour rompre le ſolide: dont la raiſon eſt, que le levier devient 2 fois plus long, & le poids par conſéquent a 2 fois plus de force, le contre-levier ne changeant point. Mais ſi le ſolide eſt 2 fois plus épais, il faudra quadrupler le poids, parce que d'un côté il y a 2 fois plus de parties à détacher, & auſſi la force du levier diminue de moitié; ce qui fait que le poids doit être quadruple, & généralement les poids doivent être en raiſon doublée des épaiſſeurs.

De-là on réſoud un Théorême fort ſurprenant, ſçavoir: que ſi on a un quarré plat, de bois ou de verre ou d'autre matière fragile, poſé ſur un quadre, en ſorte que ſes extrémitez y ſoient ſerrées fortement, comme on ſerre les quarrez de verre ſur un quadre de chaſſis; le même

poids distribué dans toute son étenduë qui le rompra, rompra tout autre quarré de même épaisseur de quelque largeur qu'il soit.

DÉMONSTRATION.

TAB. XXI. Fig. 113. ABCD est le quadre qui tient serré le quarré de verre. EF est un autre quadre plus petit, tenant serré un autre quarré de verre de même épaisseur : je dis qu'il soûtiendra un même poids distribué. Car soit une petite bande QH posée sur le petit quarré, & pour la facilité de la démonstration soit la bande IL en l'autre quadre double en longueur de QH, & de même largeur & épaisseur. Il est évident par ce qu'en a démontré *Galilée*, que si on met un poids au milieu de QH précisément suffisant pour le rompre, la moitié de ce poids posé au milieu de IL, la rompra. Mais si on double la largeur de IL, & que la bande soit MNKS, il faudra le poids entier pour le rompre : car le levier demeurera le même, mais il y aura 2 fois autant de parties à détacher ; & si l'on distribue le 1r. poids le long de QH, il le faudra doubler pour rompre la bande QH, comme il a été prouvé par le même Auteur. Donc il faudra aussi doubler le poids pour rompre MS double de IL. Mais si l'on ajoûte en croix une autre bande OP dans le petit quadre, il faudra doubler le poids ; ce que j'ai confirmé par expérience : car une simple bande s'étant rompue par 2 livres & demi un peu moins, étant en croix il falut 4 livres 11 onces un peu plus, qui est un peu moins que le double ; ce qui peut proceder de ce que le quarré du milieu n'étoit pas double. Si donc on met une autre bande en croix GR de même largeur que IN, elle portera le même poids que la croix POQH ; & si on continue de faire plus larges ces croix selon les mêmes proportions, celle de la grande supportera toûjours un même poids distribué ; & enfin on peut continuer jusques à ce qu'il ne reste que quatre quarrez très-petits aux angles de chaque quadre. D'où l'on doit conclure, que si on achéve ces deux quadres, le même effet suivra toûjours & de même dans toutes les autres proportions : car si le quarré du milieu du petit fait que la croix ne porte pas un poids double de celui que porte la bande, aussi le quarré du grand fera le même effet.

Ces régles servent pour les solides dont les matières sont fragiles, comme le bois sec, le verre, le marbe, l'acier, &c.

Mais pour les matières souples & pliantes qui se rompent par la seule traction, comme le papier, le fer blanc, les cordes, &c ; il faut d'autres régles, dont voici les principales.

RÉGLE

Pour les solides qui sont souples.

LEs bandes de papier, de fer blanc, & d'autre matière semblable, se rompent également, soit qu'elles soient longues ou courtes.

EXPLICATION.

BC est une bande de papier, colée; ou de fer blanc, clouée sur les deux appuis EG, FH; & n'étant point portée dans la longueur CB. On met un petit bâton IL au milieu sur la bande, & on y attache aux extrémitez qui passent un peu au-delà du papier, des cordelettes pour porter le poids P; car si l'on mettoit une cordelette sur la bande de papier, elle la plisseroit ou la couperoit. La bande étant de papier de 6 lignes de largeur s'est rompue par le poids de 4 livres. TAB. XXI. Fig. 114.

Une semblable bande se rompoit de même lorsque les appuis étoient moins éloignés de moitié; & lorsqu'étant entortillée par les extrémitez autour de deux petits cylindres GH, MN, on attachoit un poids au cylindre d'en-bas par le moïen de 2 cordelettes, comme on le voit en cette figure; la bande se rompoit aussi par un poids de 4 livres. TAB. XXI. Fig. 115.

Quelques-uns objectent que les cordes KZ portent une partie du poids, & que sa pesanteur n'est pas emploïée à rompre la bande IL. Mais il est évident que la bande porte tout ce qui est au-dessous d'elle, soit que les cordes s'étendent ou non; & pour le prouver, j'ai fait l'expérience suivante:

Un fil de cuivre tourné en vis, soûtenu par la main en A, & aiant le poids C suspendu au bout B, s'étendoit d'une certaine manière par ce poids plus ou moins selon qu'il étoit plus ou moins pesant: mais toutes les distances des spires étoient parfaitement égales, & lorsqu'on tenoit à la main l'endroit D, les distances demeuroient les mêmes sans aucun changement; ce qui faisoit connoître manifestement que l'extension des spires supérieures, lorsque la suspension étoit en A, n'amoindrissoit de rien la force du poids à l'égard des spires inférieures. La même chose arrive à une corde longue qui supporte un poids: car toutes les parties en souffrent la même extension sans que les supérieures diminuent l'extension des inférieures, ni les inférieures celle des supérieures; & une longue corde & une courte supportent toûjours le même poids, si ce n'est qu'il arrive que dans une longue corde il se peut trouver quelque défaut où elle se rompra plûtôt qu'en une moindre. TAB. XXI. Fig. 116.

La même chose arrive à des bandes de fer blanc: car en une longue il y aura peut-être un défaut qui ne sera pas en une courte; & si l'on

en avoit pris la partie qui ne s'eſt pas rompue, elle ſupporteroit un plus grand poids, parce que le défaut en ſeroit ôté. J'en ai fait pluſieurs expériences.

Une bande de fer blanc de 3 lignes $\frac{1}{4}$ de largeur a ſupporté 100 livres ſans ſe rompre, & s'eſt rompue par 130 ou 128; & étant tirée de bas en haut, elle ne s'eſt pas rompue à 120 livres, mais elle s'eſt rompue à 123 par un endroit où il y avoit quelque paille: on jugera qu'elle auroit ſupporté davantage ſi on l'eût tirée bien droit & qu'il n'y eût point eu de défaut.

Une bande de fer blanc de 4 lignes $\frac{1}{2}$ de largeur portant à faux de 5 pouces dans le petit quadre, ne s'eſt point rompue par 180 livres; on n'a pas achevé de la rompre en y mettant d'autres poids.

Une bande de papier de 6 lignes de largeur étant collée par ſes 2 extrémitez ſur 2 traverſes oppoſées d'un quadre de chaſſis de 5 pouces dans œuvre, s'eſt rompue par 4 livres 3 quarts, & il a falu ajoûter 4 onces pour en rompre une égale tirée de haut en bas. Deux autres auſſi de 6 lignes ſe ſont rompues par 4 livres en les tenant $\frac{1}{4}$ de minute avec le poids auſſi-bien dans le grand quadre que dans le petit.

Une autre bande de papier de la meme force, de 6 lignes $\frac{1}{2}$ de large, s'eſt rompue par 4 livres: elle étoit poſée ſur le même chaſſis de meme en l'un qu'en l'autre: il y avoit 3 cordes qui portoient un petit godet, & une autre corde paſſant par deſſous, qui étoit ſoûtenue plus haut par un petit bâton; on mettoit dans le godet peu à peu des poids juſques à ce que la bande ſe rompît. On a collé du papier dans le grand quadre de 9 pouces dans œuvre & dans le petit de 5 pouces dans œuvre de même que quand on fait des chaſſis: on a poſé au milieu du grand papier un rond de cuir de 3 pouces 4 lignes, & ſur le milieu de ce cuir un poids de plomb de 4 livres qui n'avoit que 2 pouces & demi de largeur par ſa baſe qui poſoit ſur le cuir; on entaſſa pluſieurs poids ſur ce premier, & le papier ne ſe rompit qu'à 42 livres.

L'autre papier ſur le petit quadre ſe rompit à 34 livres, mais ſon petit cuir n'avoit qu'un pouce $\frac{1}{2}$ de largeur, ſur lequel on mit le même premier poids.

Pour comparer ces expériences entr'elles & avec les bandes de papier, la largeur du cuir qui poſoit dans le grand chaſſis étant de 3 pouces, & la baſe du poids de 2 pouces $\frac{1}{2}$, ainſi le cuir ne portoit pas bien ferme à ſes bords, & l'on peut prendre que la largeur de la bande qu'occupoit le diamétre étoit 5 fois plus grande que celle de la bande de 6 lignes qui avoit ſupporté quatre livres, & prenant une autre bande en croix CD de même largeur, ſi la première AB ſoûtenoit 20 livres pour être quintuple de 4 livres, les deux en ſoûtenoient 40, les 2 livres de plus étoient ſoûtenues par les 4 bandes diagonales, ER, GF, qui ſouffrent fort peu par les raiſons qui ont été dites ci-deſſus, à l'égard des cordelettes, parce qu'elles ſont plus longues que les autres, & ne s'é-

TAB. XXI. Fig. 117.

s'étendent pas de toute l'étenduë propre à les faire rompre. Dans le petit chassis la bande AB n'étoit que 3 fois ½ plus large que la bande de 6 lignes; elle devoit donc soûtenir 14 livres, & les deux en croix 28 livres: les 6 livres restantes étoient pour les 4 bandes diagonales: & quoique ce soit plus à proportion que dans le grand, cela arrive par l'inégalité de la matière qui a sa résistance absolue moindre en un endroit qu'en un autre. Que si les bases des poids eussent été égales dans les deux quarrez de papier, ils eussent dû porter le même poids; la rupture se fit en tous les deux, entre le poids & le quadre de bois.

Après avoir fait plusieurs expériences semblables, j'en ai fait plusieurs sur des tuyaux pleins d'eau. Je fis faire un tuyau de 50 pieds, dont il a été parlé ci-dessus; & l'aiant soudé dans le tambour cylindrique d'un pied fermé de tous les côtez, on posa le tambour sur 3 appuis à ses extrémitez. Les bases étoient des platines de cuivre d'une ligne d'épaisseur, & le tour étoit de fer blanc. Le tuyau, montant de 3 pouces de largeur, étoit soudé dans un trou fait au milieu de la platine supérieure; & la surface cylindrique de fer blanc étoit soudée avec les platines en cette manière:

AB représente le diamétre de la platine supérieure; les petits quarrez C & D, l'épaisseur d'un fil de fer qui régnoit tout autour du fer blanc qui faisoit la caisse, joignant la platine, & servoit à l'y mieux souder. EF est le tuyau de fer blanc de 50 pieds de hauteur. La platine inférieure étoit soudée de même avec la caisse de fer blanc que la supérieure. On fit emplir d'eau le tambour & le tuyau. Quand elle fut tout au haut, les platines se courbérent en convexité par le poids de l'eau: & comme elles agissoient en levier dont l'extrémité étoit G, & le contre-levier la largeur de la soudure, sur l'extrémité du fer blanc & sur la largeur du fil de fer; la soudure se détacha par cet effort, les parties les plus proches de G se séparant les premières: l'espace désoudé fut de 4 pouces, par où toute l'eau s'écoula; on la résouda de nouveau, & la platine d'en-bas se désouda aussi dans l'expérience. Je fis refaire un autre tambour, où le fer blanc, étant rabattu sur les platines, les enfermoit en dedans & y étoit bien soudé. On augmenta ensuite le tuyau montant EF, jusques à ce qu'il eût 100 pieds de hauteur, & il demeura plein d'eau assez long-tems avant que de se rompre: mais enfin une des soudures de la caisse s'entrouvrit par le bas comme depuis S jusques à R, & se déchira de travers depuis R jusques à T. Les platines s'étoient courbées de plus d'un pouce; mais leur soudure avec le fer blanc ne se rompit point, parce qu'agissant en levier comme en la première expérience, même plus fortement à cause du plus grand effort d'eau, la partie soudée du fer blanc s'élevoit avec elle, & par ce moïen ne se pouvoit désouder. On avoit tenu long-tems ce tuyau plein jusques à 80 & 90 pieds; mais rien ne se rompit: & parce que l'eau de 100 pieds agissoit sur cette caisse de fer blanc comme si le

TAB. XXI. Fig. 118.

tuyau

tuyau eût été d'un pied de large jusques à cette hauteur, comme il a été prouvé dans le Discours de l'équilibre ; on peut tenir pour certain qu'un tuyau de fer blanc de 80 pieds, & d'un pied de largeur, ne se rompra point étant plein d'eau.

Je fis ensuite mettre un tambour de plomb au lieu du tambour de fer blanc : son épaisseur étoit de 2 lignes & demi : il avoit un pied de largeur & 18 pouces de hauteur ; mais il étoit renflé comme un baril jusques à la rencontre des platines de plomb plattes, de 8 pouces de largeur, & de la même épaisseur de 2 lignes & demi. Les soudures avançoient d'un demi pouce sur les platines, & sur ce qui avoit été rabattu qui joignoit les platines, en sorte qu'elles avoient un pouce de largeur & plus ; elles étoient hautes de plus de 8 lignes. On emplit d'eau le tuyau de 100 pieds de hauteur, & les deux platines se courbérent en rond de plus d'un pouce $\frac{1}{2}$: mais rien ne se rompit ; car la soudure s'éleva aussi avec le reste, & l'épaisseur du plomb étoit trop grande. Il y a du plomb poreux qui auroit laissé passer quelques petits filets d'eau, comme j'en ai vû une fois l'expérience en un tambour d'un pied & demi, & de l'épaisseur de deux lignes, quoique le tuyau montant ne fût que de 15 pieds. Enfin pour achever l'expérience, je fis ratisser avec un couteau, & limer le tambour dans son milieu d'environ 6 pouces de hauteur & 4 pouces de large : & quand son épaisseur fut réduite à une ligne un peu moins dans le milieu de ce qui étoit limé, alors le plomb s'enfla en cet endroit, & il s'y fit une fente de trois pouces de hauteur par où toute l'eau s'écoula. On peut donc en sûreté se servir d'un tuyau de 100 pieds, large de 12 pouces, & d'épaisseur de 2 lignes, ou même une ligne & demi si le plomb est bon. Voici comme on peut expliquer la résistance du tambour de fer blanc. Il le faut considérer comme une bande de fer blanc d'un pied de largeur qui doit se rompre en se déchirant. Or cette bande est 24 fois plus large que celle de 3 lignes qui supportoit 120 livres ; elle doit donc supporter 445 fois davantage à peu près, & parce que l'eau du tuyau pesoit alors 5500 livres : car il la faut considérer comme si elle étoit de la largeur d'un poids jusques au haut de 100 pieds : & un pied cylindrique d'eau pése 55 livres, qui multipliées par 100 donnent 5500 : 45 fois 120 fait 5400, & par conséquent le rapport est assez juste : & si la soudure eût été bonne par-tout, le tambour auroit encore pu porter 100 livres ou 2 pieds d'eau plus haut. Il faut considérer qu'il ne faut pas faire état de ce que le poids est distribué par-tout quoique ce soit en déchirant. Si l'on veut sçavoir la proportion de la résistance des autres tuyaux, voici les régles qu'on peut suivre : on suppose que les platines sont assez fortes.

I. RE'.

I. RÉGLE.

SI la hauteur du réſervoir eſt double, il y aura deux fois autant de poids d'eau, & par conſéquent il faudra deux fois autant d'épaiſſeur de métail dans le tuyau afin qu'il y ait deux fois autant de parties à ſéparer. Si le diamétre du tuyau eſt 2 fois plus large, il faudra 2 fois plus d'épaiſſeur: car les mêmes parties du fer blanc ne ſeront pas plus chargées, & elles ſont ſeulement doubles.

II. RÉGLE.

SI les platines ſont les moins fortes, & que la rupture s'y doive faire en les ſuppoſant de fer de fonte, ou d'une autre matière aigre & caſſante; lorſque les tuyaux auront 4 fois autant de hauteur, il faudra doubler ſeulement l'épaiſſeur du métail, comme il a été prouvé ci-devant: car alors la platine ſe rompt en levier: & le contre-levier devient deux fois plus grand, & il y a deux fois autant de parties à ſéparer. La même choſe arrivera ſi le diamétre eſt double: car il y aura 4 fois autant de poids; il faudra donc doubler ſeulement l'épaiſſeur. D'ailleurs ces platines différentes peuvent ſupporter le même poids; mais le poids étant quadruple, il faut doubler l'épaiſſeur: & ſi la hauteur & la largeur du tuyau ſont enſemble plus grandes, il faudra faire le calcul de la hauteur & enſuite celui de la largeur, comme en l'exemple ci-deſſus; il faudra doubler l'épaiſſeur par la hauteur quadruple, & doubler celle-ci par la ſurface quadruple de la baſe, dont il faudra quadrupler l'épaiſſeur de la platine: mais quand c'eſt du fer blanc ou du cuivre fort ſouple, ſi le réſervoir eſt 4 fois plus haut, il aura 4 fois plus de poids; il faudra donc 4 fois plus d'épaiſſeur; & ſi le diamétre eſt double, il y aura encore 4 fois plus de poids, & il faudra encore quadrupler l'épaiſſeur; ce qui fera 16 épaiſſeurs: ainſi ſi une demi ligne d'épaiſſeur de cuivre peut ſupporter 60 pieds de hauteur & 4 pouces de largeur de tuyau, ſi la hauteur eſt 240 pieds, & la largeur de 8 pouces, il faudra 8 lignes d'épaiſſeur de cuivre.

Il vaut toûjours mieux faire les tuyaux un peu plus épais que ſelon le calcul: car il arrive ſouvent qu'il y a des défauts dans la matière. On a vû des conduites de fer de fonte de 4 pouces de diamétre & de 3 lignes d'épaiſſeur, où il ſe trouvoit beaucoup de tuyaux de ceux qu'on joint enſemble pour compoſer la conduite, qui ſe rompoient, parce qu'en les jettant il s'y étoit fait des vuides, & la matière étoit défectueuſe en ces endroits: on a vû auſſi ſuinter de l'eau par leurs pores au commencement; mais enfin les pores ſe fermoient par les petites ſaletez que l'eau charrie, & ils étoient de bon ſervice dans la ſuite.

TROISIÈME DISCOURS,

De la distribution des Eaux.

POur partager l'eau en divers jets, & sçavoir combien on en donnera à chacun; ce qui peut aussi servir à la distribution qu'on fait à plusieurs Particuliers de l'eau d'une source; il faut avoir une jauge dont les ouvertures soient quarrées, & non rondes.

TAB. XXI. Fig. 119. Comme AB est le haut du vaisseau qui sert de jauge, & CD la hauteur de l'eau; il faudra placer les trous quarrez environ deux lignes au-dessous de la surface CD selon une ligne droite horisontale EN. Or si l'on a divisé cette jauge en plusieurs quarrez d'un pouce en tous sens, comme EFPH &c. ils donneront plus d'un pouce: car si les circulaires donnent 14 pintes en une minute, les quarrez en donneront une quantité qui sera à 14 comme 14 à 11, laquelle proportion de 14 à 11 est à peu près celle du quarré au cercle qui a même largeur. Si donc un pouce rond donne 14 pintes en une minute, un pouce quarré donnera un peu moins de 18 pintes: car 11 est à 14, comme 14 à 17 $\frac{2}{11}$. Il faudra donc diviser EF en 14 parties égales; & si ER contient 11 de ces parties, le quarré long ERSH sera à fort peu près égal à un pouce circulaire, & il donnera un pouce, c'est-à-dire, 14 pintes en une minute, si l'eau du baquet qui sert de jauge, demeure à la hauteur CD. On fera plusieurs ouvertures de suite égales à FRSH sous la même ligne EN, comme RLTS, LMVT, &c; & si l'on veut donner un demi pouce, il faudra diviser un de ces quarrez longs, comme OQIG par la moitié par la ligne XY; & chaque moitié donnera un demi pouce, c'est-à-dire, 7 pintes en une minute; & en toutes les autres divisions de même, en prenant le tiers comme IKZQ, ou le quart, &c. Il y aura encore cet avantage, que si les eaux qui fournissent l'écoulement, diminuent, & qu'en coulant elles ne remplissent que le tiers ou la moitié ou les deux tiers de la hauteur des ouvertures de la jauge, tous les Particuliers perdront à proportion; ce qu'on ne peut faire quand les trous sont ronds; & s'il y a un peu plus de frottement à proportion dans les petites ouvertures que dans les grandes, cela sera recompensé en ce que l'eau succéde mieux à un petit écoulement qu'à un grand. Si on veut donner 3 ou 4 pouces, on prendra 3 ou 4 ouvertures entières, égales chacunes à ERSH, comme EHVM pour trois: mais il faudra un peu séparer les ouvertures, quand on ne donne qu'un pouce à chaque Particulier; car leurs eaux se confondroient s'il n'y avoit que 2 ou 3 lignes entre elles: il faut que l'entrée de chaque tuyau soit assez large pour recevoir l'eau de chaque division.

Voici comme on peut distribuer une source dans une ville à plusieurs Particuliers: Je

Je suppose que la fontaine donne 40 pouces d'eau en Eté, & 50 pouces en Hiver, & 45 dans les autres tems : il faut faire plusieurs réservoirs, comme FGHI, où l'eau se décharge.

Dans le premier, qui sera le plus grand, on laissera élever l'eau jusqu'à une hauteur comme AB, où l'on fera un passage à l'eau pour couler plus loin ; & on fera les trous par où l'on veut faire la première distribution, comme en C, D, E, un pied au-dessous de AB : ces trois trous pourront être assez grands ensemble pour laisser passer 20 pouces, & les 25 pouces restans passeront par dessus AB. Il est évident que, quand l'eau sera la plus forte, l'élévation de l'eau courante sera plus grande au-dessus de AB ; & quand elle sera moins forte, qu'elle sera moindre, mais ce ne sera que d'un pouce au plus : tellement que, quand l'eau qui entre dans le réservoir, sera de 50 pouces, il en passera environ 20 pouces & demi par les 3 ouvertures ; & qu'il n'en passera que 19 & demi à peu près, quand elle ne donnera que 40 pouces. On fera de même à l'égard de l'eau qui passera par dessus AB, & de celle qui passera par les trous ; & on leur fera de petits réservoirs en d'autres quartiers de la ville, où l'on distribuera aux Particuliers les 25 pouces & les 20 pouces, observant toûjours de faire les trous 12 pouces ou du moins 10 pouces au-dessous de AB. Enfin il arrivera que dans les grandes eaux il restera 5 ou 6 pouces d'eau, qu'on donnera au public en quelque endroit peu fréquenté pour quelques usages, & cette eau ne durera que pendant les grandes eaux ; ce qu'on observera aussi dans les autres conduites comme C, D, E : car il y aura toûjours quelques restes qui seront au profit de la ville, soit pour faire des viviers ou autres amas d'eau qui se conservent long-tems, sans qu'il y entre de nouvelle, & qui se répareront de tems en tems : le reste sera également distribué sur le pied de 45 pouces, sinon qu'ils auront quelquefois un peu moins, quelquefois un peu plus.

TAB. XXI. Fig. 120.

Frontinus, Auteur Romain, a parlé de ces conduites d'eau d'une autre manière. Il appelle *Quinaria* ce que nous appellons Pouce ; mais son *Quinaria* étoit un peu plus petit. Il semble que la façon d'appliquer ce qu'il appelle *Calice*, au bas duquel il y avoit un petit tuyau de la grandeur de son *Quinaria*, ne pouvoit pas être juste ; & il vaut mieux conduire jusqu'à un quartier de la ville 10 pouces, s'il ne faut que dix pouces aux Particuliers qui y sont, & les faire décharger dans un réservoir long, où l'on appliquera une jauge comme ci-dessus, donnant un pouce ou un demi pouce, suivant l'acquisition : & quand il y a des Particuliers qui n'en veulent qu'une ligne, qui est la 144e. partie d'un pouce, ou deux lignes qui est la 72e. du pouce ; alors il faudra faire la jauge autrement que celle ci-dessus. En un petit réservoir séparé où l'on fera passer l'eau de 5 lignes par dessus les ouvertures, & aiant fait un trou quarré de quatre lignes de largeur, on en ôtera $\frac{1}{14}$ de la largeur, laissant la hauteur de 4 lignes qui donnera la neuvième partie d'un pouce,

ce, c'eſt-à-dire, 16 lignes; la moitié de cette largeur donnera 8 lignes, & le quart 4 lignes: ou bien on fera paſſer l'eau 6 lignes & demi par deſſus une ouverture d'une ligne en quarré, dont on ôtera $\frac{3}{14}$, afin de faire la valeur d'une ligne ronde préciſe, qui donnera $\frac{1}{14}$ de 14 pintes en une minute, & 144 pintes en 24 heures de celles dont il faut 36 pour un pied cube : ſi on double la largeur, ce ſera 2 lignes, qui donneront un muid en 24 heures, & douze pintes en une heure, & 3 pintes en un quart-d'heure; & pour être plus aſſûré qu'on ne donne pas plus ou moins que deux lignes, il faudra compter le tems dans lequel cette ouverture emplit un demi ſeptier, & ſi c'eſt en 75 ſecondes, la meſure ſera juſte : il faudra conduire ce peu d'eau dans des canaux d'un pouce au moins, car ils pourroient ſe boucher s'ils étoient plus petits; & même de 10 ans en 10 ans il faudra prendre garde ſi les jauges ne s'empliſſent pas de quelque matière pierreuſe qui diminue les ouvertures, & en ce cas on les refera de nouveau.

Lorſque les tuyaux de conduite ne ſont pas aſſez larges, il s'y amaſſe dans les endroits les plus bas un limon très-fin, que les eaux les plus claires charrient très-ſouvent avec elles, qui venant à ſe durcir bouche entièrement le tuyau : c'eſt pourquoi il ſeroit à propos dans ces endroits les plus bas d'y faire des ouvertures de tems en tems pour y faire couler l'eau avec violence, qui entraînera avec elle ce limon, pourvû qu'il ne ſoit pas encore pétrifié.

Il arrive encore que ſi l'on eſt obligé de faire paſſer un tuyau par deſſus quelque éminence, il faut faire ſouder à la partie la plus élévée du tuyau de conduite un autre petit tuyau que l'on appelle une ventouſe: ce tuyau a un robinet à une médiocre hauteur par deſſus le tuyau de conduite; on l'ouvre de tems en tems pour faire ſortir l'air, qui étant entraîné avec l'eau s'amaſſe dans la partie ſupérieure du tuyau, & qui étant comprimé par l'eau qui le preſſe, s'échappe par bouillons, & donne des coups ſi violens contre le tuyau de conduite, qu'il y fait très-ſouvent des ouvertures, s'il n'eſt pas aſſez fort pour réſiſter, & enfin il le caſſe s'il eſt d'une matière fragile.

FIN.

TABLE

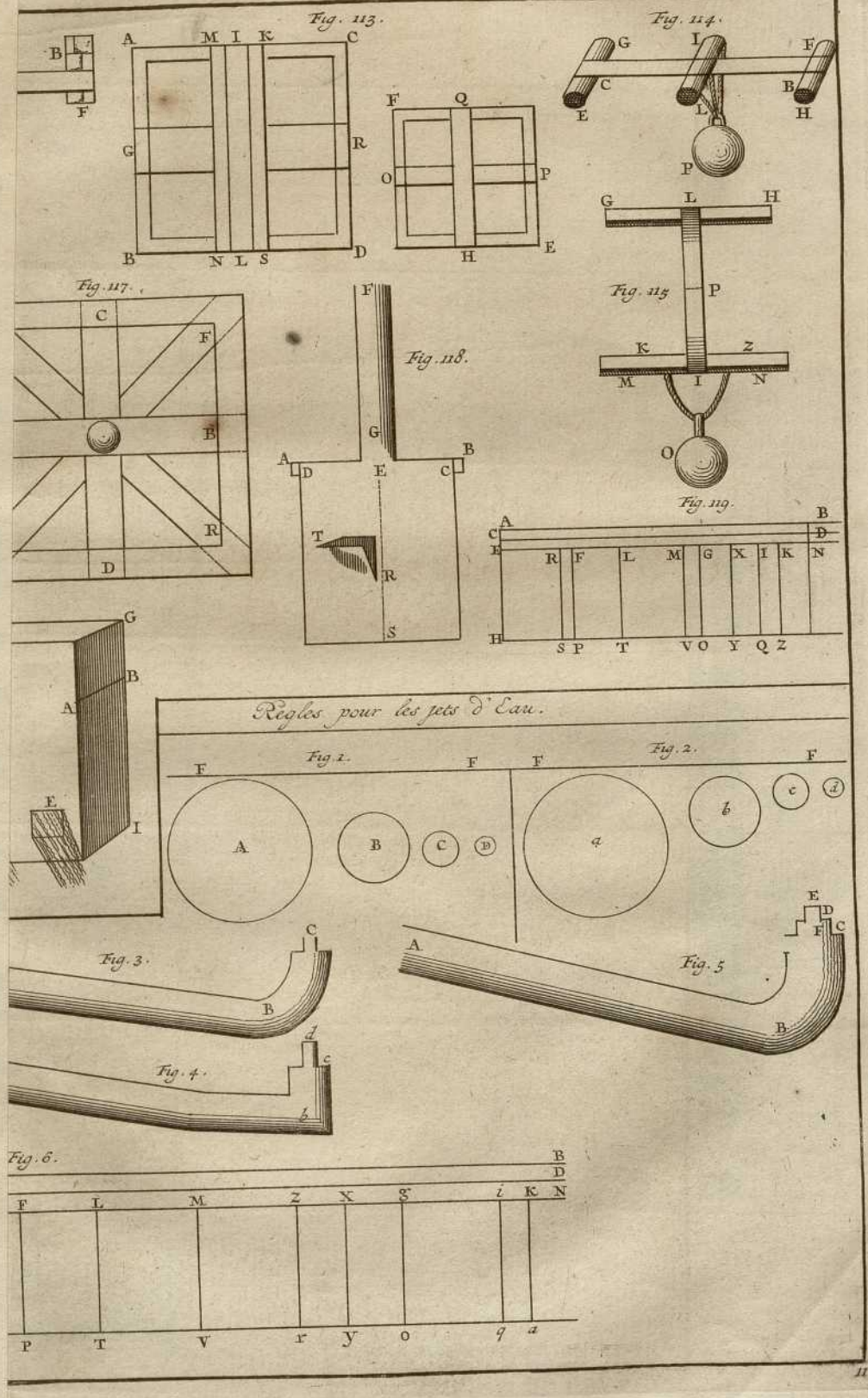


Fig. 113.
Fig. 114.
Fig. 115.
Fig. 116.
Fig. 117.
Fig. 118.
Fig. 119.
Regles pour les jets d'Eau.
Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5
Fig. 6.

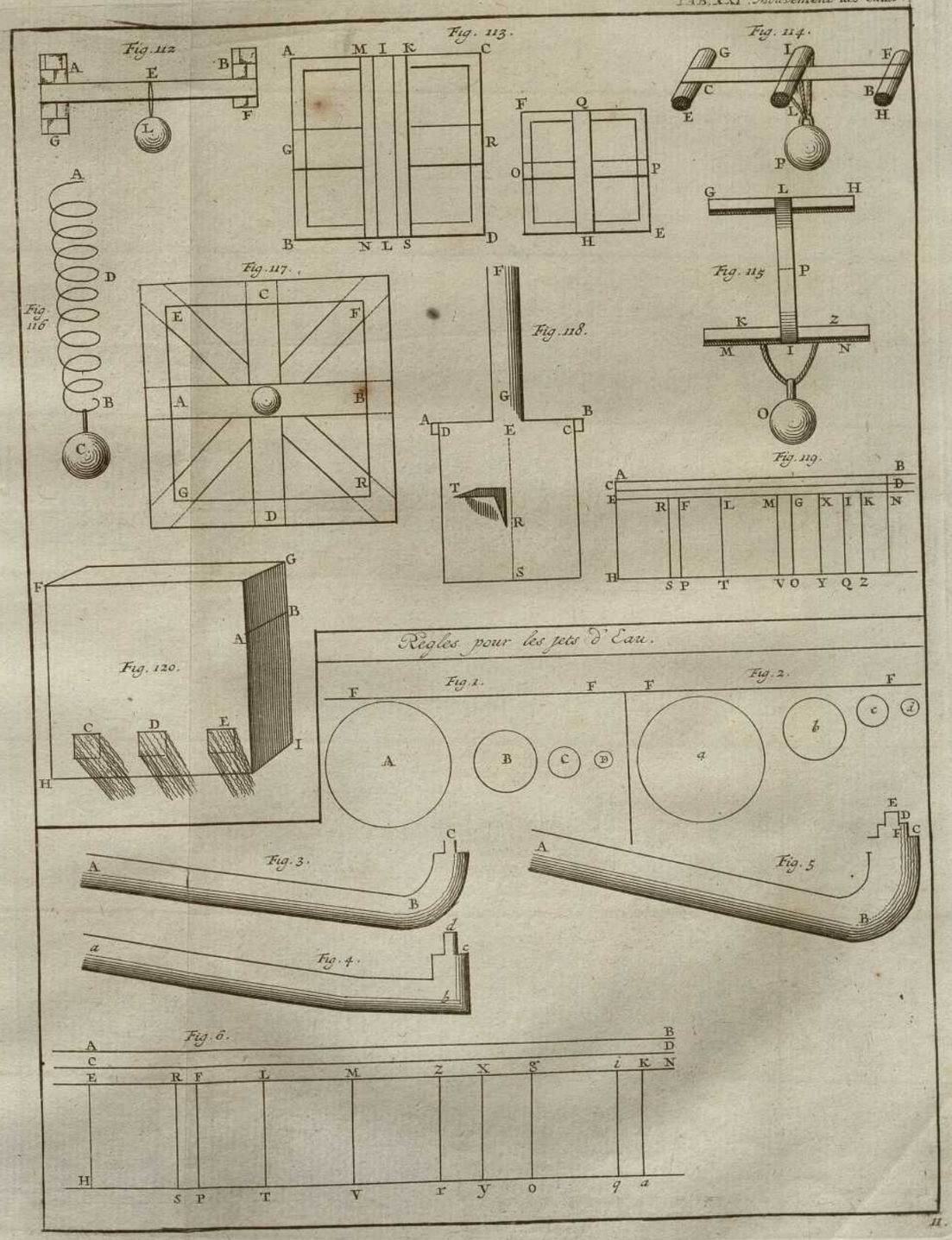


Fig. 112
Fig. 113.
Fig. 114.
Fig. 115
Fig. 116
Fig. 117.
Fig. 118.
Fig. 119.
Fig. 120.
Regles pour les jets d'Eau.
Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5
Fig. 6.

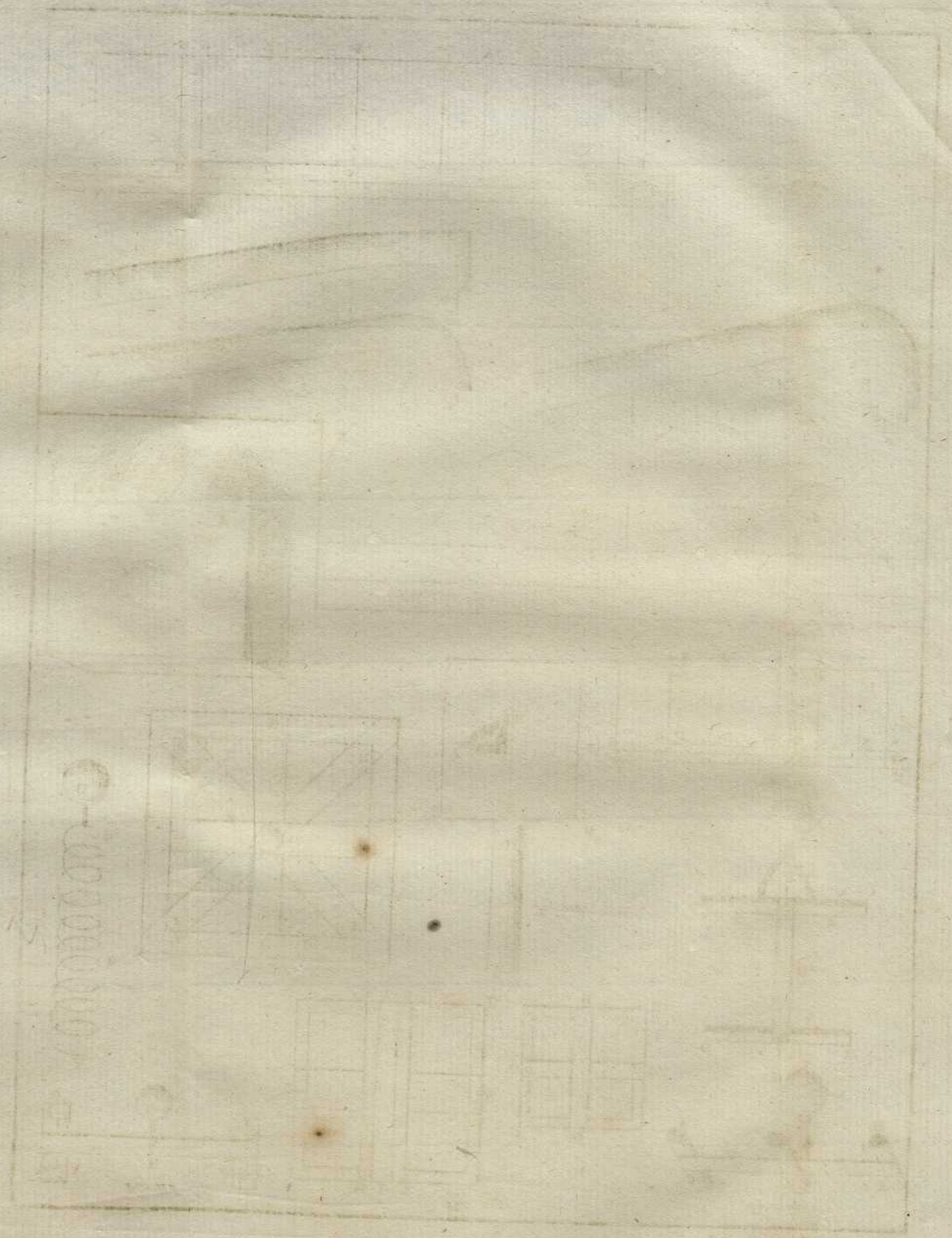


TABLE
DES
PRINCIPALES MATIÈRES
CONTENUES DANS CE TRAITÉ.

PREMIÈRE PARTIE.

De plusieurs propriétez des Corps fluides, de l'origine des Fontaines, & des causes des Vents.

I. DISCOURS.

II. DISCOURS.

III. DISCOURS.

SECONDE PARTIE.

De l'équilibre des Corps fluides.

I. DISCOURS.

II. DISCOURS.

III. DISCOURS.

TROISIÈME PARTIE.

De la mesure des Eaux courantes & jaillissantes.

I. DISCOURS.

II. DISCOURS.

III. DISCOURS.

IV. DISCOURS.

QUATRIÈME PARTIE.

De la hauteur des Jets.

I. DISCOURS.

Ex-

II. DISCOURS.

CINQUIÈME PARTIE.

De la conduite des eaux, & de la résistance des tuyaux.

I. DISCOURS.

II. DISCOURS.

III. DISCOURS.

FIN.

RÉGLES
POUR LES
JETS D'EAU.

Par Mr. MARIOTTE,

de l'Académie Roïale des Sciences.

AVERTISSEMENT.

CEs Régles des Jets d'eau de Mr. Mariotte *sont tirées en partie de son Traité du* Mouvement des Eaux, *& étoient un Extrait pour l'usage, avec quelques remarques particulières qu'il avoit faites dans le dessein de les présenter à Mr.* de Louvois, *comme on le voit à la fin de la Préface du Recueil de* Divers Ouvrages de Mathématique & de Physique par Mrs. de L'Académie Roïale des Sciences, imprimé à Paris 1693. in folio. *C'est sur l'édition qu'on en trouve dans ledit Recueil, où on les avoit jugé dignes d'être insérées, que je les ai fait imprimer ici, pour donner un volume complet de tout ce qui a paru de notre Auteur.*

RÉGLES POUR LES JETS D'EAU.

DE LA DE'PENSE DE L'EAU QUI SE FAIT PAR DIFFE'RENS AJUTAGES, SELON LES DIVERSES E'LE'VATIONS DES RE'SERVOIRS.

UN pied cube d'eau pése 70 livres, & contient 36 pintes, mesure de *Paris*, lorsqu'elles sont mesurées juste: mais, si l'eau passe les bords de la mesure, comme il se peut faire sans qu'elle se repande, la pinte d'eau pésera alors 2 livres, & 35 feront le pied cube. Le muid de *Paris* contient 280 de ces dernières pintes, & 288 des autres.

Un pouce d'eau est l'eau qui coule par une ouverture circulaire d'un pouce de diamétre posée verticalement en un des côtez d'un baquet, lorsque la surface de l'eau qui fournit à l'écoulement, demeure toûjours au-dessus de l'ouverture à la distance d'une ligne, c'est-à-dire, à 7 lignes au-dessus de son centre, sans s'élever plus haut, ni s'abaisser au-dessous. Il passe en une minute de tems par cette ouverture 28 livres d'eau en 14 pintes pesant chacune deux livres.

Il est vrai qu'à l'endroit de l'ouverture & immédiatement au-dessus, l'eau est plus basse qu'au reste du baquet, où elle doit être élevée d'une ligne plus haut; car, si elle n'étoit qu'à la même hauteur, l'extrémité de la surface de l'eau ne passeroit pas le bord supérieur de l'ouverture en coulant, & elle ne donneroit alors en une minute qu'environ 13 pintes & $\frac{1}{8}$.

Si l'on veut sçavoir ce que donnent des ouvertures circulaires plus petites, comme d'un demi pouce de diamétre, ou d'un quart de pouce; il les faut placer en sorte que leurs centres soient à 7 lignes de la surface de l'eau qui est au-dessus du trou d'un pouce, laquelle est marquée par la ligne F F, comme on le voit dans la 1e. figure, où les centres A B C D des différentes ouvertures sont tous dans une ligne parallele à F F, & non pas comme dans la seconde, où leurs bords supérieurs sont à égales distances de la même ligne F F. Or, si l'ouverture B est de 6 lignes de diamétre, sa surface ne sera que le quart de celle d'un pouce, & elle ne devroit donner que le quart de 14 pintes dans TAB. XXI. Fig. 1, 2.

le même tems d'une minute; & cependant elle donne le quart de 15 pintes, quoique toute la surface de l'eau du baquet ne soit pas plus haute qu'une ligne au-dessus de l'ouverture d'un pouce; ce qui provient de plusieurs causes qui sont expliquées dans mon Traité du *Mouvement des Eaux*. La principale est, que l'eau ne baisse pas sensiblement au-dessus de ces petits trous, & qu'elle y est de même qu'au reste de la surface: au lieu qu'à l'ouverture d'un pouce, pour faire que le centre soit à 7 lignes au-dessous, il faut que le reste de la superficie de l'eau soit environ à 8 lignes au-dessus de ce centre; car il faut 4 fois autant d'eau pour fournir à l'écoulement de l'ouverture de 12 lignes, qu'à celle de 6 lignes. D'où il arrive que l'eau qui doit succéder à celle qui passe par la grande ouverture, vient de plus loin, & par conséquent elle ne succéde pas avec tant de facilité, & même il n'y en a qu'à une ligne au-dessus, au lieu qu'il y en a quatre lignes au-dessus de la petite ouverture; ce qui facilite la succession de son écoulement. D'ailleurs, les expériences exactes de ces écoulemens sont très-difficiles à faire, & l'on se peut tromper dans la grandeur des ouvertures, dans la hauteur de l'eau du réservoir, & dans le tems de l'écoulement. De plus, les jets d'eau qui jaillissent horisontalement, donnent un peu plus d'eau que ceux qui vont de bas en haut, & un peu moins que ceux qui coulent de haut en bas.

Pour bien déterminer un pouce d'eau, & faciliter les différens calculs selon les différentes ouvertures & dispositions des ajutages, on peut supposer qu'un pouce d'eau donne 14 pintes ou 28 livres d'eau en une minute: & c'est sur ce pied que j'ai fait les calculs suivans:

Si on a un pendule de 3 pieds 8 lignes & demi depuis le point de suspension jusques au centre de la petite balle, il fera une seconde à chaque battement, & une minute en 60 battemens.

Si l'on veut sçavoir sans jauge ce que donne d'eau une médiocre fontaine, il en faut recevoir l'eau dans quelque grand vaisseau; & si en une demi minute ou 30 secondes elle donne 7 pintes, on dira qu'elle donne un pouce d'eau; si elle donne 21 pintes, qu'elle en donne 3 pouces, &c.

Suivant cette détermination, un pouce d'eau donnera 3 muids de *Paris* en une heure, & 72 en 24 heures. Une ligne est la 144e. partie d'un pouce, & elle donne un demi muid en 24 heures; deux ouvertures d'une ligne donneront un muid; & une ouverture de 3 lignes de diamétre, qui font 9 lignes superficielles, donnera 4 muids & demi en 24 heures.

On a trouvé par plusieurs expériences, qu'un réservoir aiant 13 pieds de hauteur au-dessus de l'ouverture d'un ajutage de 3 lignes, donnoit un pouce d'eau, c'est-à-dire, 14 pintes en une minute, jaillissant de bas en haut. C'est ce qu'on prendra pour fondement de la dépense des autres jets d'eau.

Lorsque

Lorſque les réſervoirs ſont à même hauteur, & les ajutages différens, ils dépenſent de l'eau ſelon la proportion des ouvertures par où l'eau ſort, ou des quarrez de leurs diamétres. Ainſi, ſi un réſervoir de 12 pieds a un ajutage de 6 lignes de diamétre, il donnera 4 pouces; & ſi ſon ouverture eſt d'un pouce de diamétre, le jet de bas en haut donnera 16 pouces, pourvû que les tuyaux qui portent l'eau, ſoient d'une largeur ſuffiſante, ſelon les régles qui ſeront données ci-après. Pour calculer ces dépenſes d'eau, il faut prendre le quarré de 3, qui eſt 9; & ſi l'ajutage nouveau a 5 lignes de diamétre, il faut faire cette régle de trois: ſi 9, quarré de 3, donne 14 pintes, combien 25, quarré de 5? On trouvera que le 4e. nombre ſera 38 $\frac{8}{9}$, & ainſi des autres ajutages. En voici une Table.

Table des dépenſes d'eau pendant une minute par différens ajutages ronds, l'eau du réſervoir étant à 12 pieds de hauteur.

Par l'ajutage d'une ligne de diamétre	1 pinte $\frac{1}{2}$ & $\frac{1}{18}$.
Par 2 lignes	6 pintes $\frac{8}{9}$.
Par 3 lignes	14 pintes.
Par 4 lignes	25 pintes à peu près.
Par 5 lignes	39 pintes à peu près.
Par 6 lignes	56 pintes.
Par 7 lignes	76 pintes $\frac{1}{4}$.
Par 8 lignes	110 pintes $\frac{2}{3}$.
Par 9 lignes	126 pintes.

Si on diviſe ces nombres par 14, le quotient donnera les pouces d'eau: ainſi 126 pintes diviſées par 14 font 9 pouces. On peut objecter, que dans quelques expériences, les grandes ouvertures donnent plus d'eau à proportion que les petites; mais cela arrive par des cauſes étrangéres, & bien ſouvent les grandes ouvertures donnent moins à proportion. Voici les expériences que j'en ai faites: J'ai pris un tuyau de 6 pieds de hauteur, & de 6 pouces de diamétre, au fond duquel j'ajuſtai une ouverture de 4 lignes, & une de 12: étant tout plein, on laiſſa aller en même tems les deux ajutages juſques à ce que le tuyau fût vuide à demi; on recevoit en deux vaiſſeaux différens l'eau qui couloit par les deux ouvertures; & au lieu que la grande devoit donner 9 fois autant que la petite, elle n'en donnoit que 8 à peu près.

Lorſque les hauteurs des eaux des réſervoirs ſont différentes, les plus hautes donnent plus que les moins hautes ſelon la raiſon ſous-doublée des hauteurs, c'eſt-à-dire, comme la moindre hauteur à la moïenne proportionnelle entre elle & la plus grande.

Suivant cette régle, ſi la ſurface de l'eau du réſervoir le moins haut eſt de 3 pieds d'élévation, & l'ajutage de 3 lignes, il faut prendre 6 qui eſt le nombre moïen proportionel entre 3 & 12; & parce que 6 eſt à 3 com-

3 comme 14 pintes à 7, on jugera que le réſervoir de 3 pieds d'élévation donnera un demi pouce, c'eſt-à-dire, 7 pintes en une minute par une ouverture de 3 lignes. Si la hauteur étoit de 4 pieds, il faut prendre 48, produit de 4 par 12, dont la racine eſt 7 à peu près: & comme 12 à 7, ainſi 14 à $8\frac{1}{6}$; ce qui fera connoître que ce jet d'eau donnera 8 pintes & $\frac{1}{6}$ en une minute à fort peu près.

Table des dépenſes d'eau à différentes élévations de réſervoirs, ſur 3 lignes d'ajutages en une minute.

A 6 pieds	10 pintes un peu moins.
A 8	$11\frac{1}{2}$ un peu moins.
A 9	$12\frac{1}{6}$ un peu moins.
A 10	$12\frac{1}{6}$ un peu moins.
A 12	14.
A 15	$15\frac{2}{3}$ un peu moins.
A 18	17'
A 20	$18\frac{1}{12}$
A 25	$20\frac{1}{6}$
A 30	$22\frac{1}{6}$
A 35	24 un peu moins.
A 40	$25\frac{2}{3}$
A 45	$27\frac{1}{6}$
A 48	2 pouces ou 28 pintes.

Lorſque les réſervoirs ont plus de 50 pieds de hauteur, les ajutages de trois lignes ſont trop étroits, & la dépenſe de l'eau devient ſenſiblement moindre que ſelon la proportion ſous-doublée de 12 à 60 ou à 80 &c. tant à cauſe du plus grand frottement à proportion, que de la plus grande réſiſtance de l'air.

Lorſque par le défaut de largeur ſuffiſante des tuyaux de la conduite ou par d'autres empêchemens, l'eau ne jaillit pas ſi haut qu'elle devroit; il faut calculer la dépenſe de l'eau ſelon la hauteur du réſervoir qui convient au jet, ſelon la table ſuivante: comme, ſi un réſervoir de 45 pieds ne faiſoit ſon jet qu'à 20 pieds, il faudra faire le calcul de la dépenſe de l'eau, comme ſi le réſervoir étoit à 21 pieds 4 pouces. Les ajutages d'une ligne & demi ne vont pas ſi haut que ceux de 4 ou 5 lignes à une hauteur de réſervoir de 8, 10 ou 12 pieds, &c. mais il ne faut pas laiſſer de calculer la dépenſe d'eau ſuivant la hauteur des réſervoirs, quand la conduite de l'eau eſt libre. Quelquefois, en faiſant des expériences, on trouve que les tuyaux étant fort inégaux, les plus grands donnent de l'eau en plus grande raiſon que la ſous-doublée. Mais cela procéde de ce que pour entretenir un jet qui dépenſe beaucoup d'eau, il faut verſer l'eau avec une grande viteſſe; ce qui choque l'eau du réſervoir, & lui donne une impulſion qui fait aller plus vîte l'eau à

la

ſa ſortie de l'ajutage qu'elle ne feroit par le ſeul poids.

DE LA HAUTEUR DES JETS.

LA réſiſtance de l'air empêche que les jets ne s'élévent juſqu'à la hauteur des réſervoirs; & plus il y a d'air à traverſer, plus la différence eſt conſidérable. Voici une régle qu'on peut ſuivre pour ſçavoir la diminution des jets juſqu'à la hauteur du réſervoir.

Aïez une balle de plomb d'un pouce de diamétre ou environ, & une balle de bois aiant ſon diamétre à peu près comme celui de l'ouverture, & dont la peſanteur ſoit fort peu moindre que celle de l'eau, en ſorte que nageant par deſſus elle ſoit preſque toute cachée: jettez les avec une même force en haut, de manière que la balle de plomb aille juſqu'à la hauteur du réſervoir, ou fort près; remarquez juſqu'où ira la balle de bois, ce ſera la hauteur du jet à peu près.

L'autre régle par le calcul eſt que les différences des hauteurs des réſervoirs & des hauteurs des jets augmentent en raiſon doublée de leur hauteur, c'eſt-à-dire, en la proportion des quarrez de leur hauteur: comme, ſi le premier jet eſt de 5 pieds, & que ſon réſervoir ſoit plus haut d'un pouce, un jet de 10 pieds aura ſon réſervoir plus haut de 4 pouces; car 5 eſt à 10 comme 1 à 2, & le quarré de 2 eſt 4: donc, comme 1 eſt à 4, ainſi 1 pouce à 4 pouces. On ſuppoſe que les tuyaux ſoient ſuffiſamment larges ſelon les régles qui en ſeront données.

Table des différentes hauteurs des jets.

Hauteurs des Jets.	*Hauteurs des Réſervoirs.*	
5 pieds	5 pieds	1 pouce.
10	10	4
15	15	9
20	21	4
25	22	1
30	33	0
35	39	1
40	45	4
45	51	9
50	58	4
55	65	1
60	72	0
65	79	1
70	86	4
75	93	9
80	101	4
85	109	1

Hauteurs des Jets.	*Hauteurs des Réservoirs.*	
90 pieds	117 pieds	0 pouce.
95	125	1
100	135	4

Le frottement contre les bords des ajutages diminue un peu de cette proportion dans les grandes hauteurs: c'eſt pourquoi il eſt néceſſaire qu'à ces grandes hauteurs les ajutages ſoient d'une ouverture de 10 ou 12 lignes; car s'ils étoient de deux ou 3 lignes, ils iroient beaucoup moins haut que ſelon cette table; outre que l'air réſiſte beaucoup plus à un petit corps qu'à un plus grand, comme on en voit l'exemple dans les armes à feu, qui pouſſent bien plus loin une groſſe balle qu'une très-petite, comme de la menue dragée ou de la poudre de plomb. Si un tuyau élevé de 136 pieds éléve ſon jet à 100 pieds l'ajutage étant de 12 lignes; on ne doit pas tirer la même conſéquence, qu'un tuyau de 344 pieds, par un même ajutage, éléve ſon jet à 200 pieds; quoique la hauteur de 344 pieds excéde 200 pieds de 144 quadruple de 36 pieds: dans la viteſſe de ces jets l'air réſiſte ſi fortement, que l'eau ſe réduit par le choc en parcelles imperceptibles qui ne peuvent aller bien haut. J'ai expérimenté qu'il faut auſſi que les tuyaux aient une largeur conſidérable juſques à l'ajutage, & d'autant plus grande que l'ajutage eſt plus large. Voici les régles de ces grandeurs:

Un réſervoir de 5 pieds, aiant un ajutage de 6 lignes, doit avoir le tuyau le plus proche de l'ajutage, environ de 2 pouces. La meilleure figure pour la conduite des tuyaux juſques à l'ajutage doit être ſemblable à la troiſiéme figure ABC; c'eſt-à-dire, que la courbure en B ne doit pas être en angles droits, comme en la 4e. figure *abcd*; & dans les médiocres hauteurs juſques à 10 ou 12 pieds, il ne faut point de tuyau long à la ſortie, comme *cd*, car le frottement retarderoit le jet très-conſidérablement; mais il ſuffit de l'épaiſſeur du métail, comme en la première figure. Si le réſervoir eſt de 21 pieds 4 pouces de hauteur & l'ouverture de l'ajutage de 6 lignes, le jet n'ira pas à 20 pieds, ſi le tuyau de la conduite n'eſt que de 2 pouces, parce que le frottement ſera trop grand dans le tuyau étroit, où l'eau coulera deux fois plus vîte que lorſque le réſervoir n'eſt qu'à 5 pieds de hauteur, & par conſéquent il faut le tenir plus large, afin que l'eau y aille à peu près de même viteſſe: il faut donc au lieu de 2 pouces, qu'il ait 2 pouces $\frac{1}{4}$ à peu près; parce que les viteſſes étant en raiſon ſous-doublée des hauteurs, la viteſſe de ce dernier jet ſera double de l'autre, & par conſéquent le quarré du diamétre de la largeur de ſon tuyau doit être double de l'autre à peu près. C'eſt ſur cette régle qu'eſt fondée la table ſuivante.

TAB. XXI. Fig. 3, 4.

Table

Table des largeurs des tuyaux & des différens ajutages selon la hauteur des réservoirs.

Hauteur des Réservoirs.	*Largeur des Ajutages.*	*Largeur des tuyaux.*
A 5 pieds	3, ou 4, ou 5, ou 6 lignes.	22 lignes.
A 10	4 5 6 lignes	25 lignes.
A 15	5 6 lignes	2 pouces $\frac{1}{4}$.
A 20	6 lignes	2 p. $\frac{1}{2}$.
A 25	6	2 p. $\frac{3}{4}$.
A 30	6	3 p.
A 40	7 8 lignes	4 p. $\frac{1}{4}$.
A 50	8 10 lignes	5 p. $\frac{1}{2}$.
A 60	10 12 lignes	5 p. $\frac{3}{4}$ ou 6.
A 80	12 14 lignes	6 p. $\frac{1}{2}$ ou 7.
A100	12 14 15.	7 p. ou 8.

Si le jet de l'eau a 12 lignes d'ajutage, & que le réservoir soit à 84 pieds de hauteur; le jet sera de 65 pieds à peu près. Si les moindres tuyaux près de l'ajutage sont de 7 ou 8 pouces, il donnera 40 pouces à peu près; & par un ajutage de 14 lignes il donnera 54 pouces, qui font 3888 muids en 24 heures: & si le réservoir a 50 pieds en quarré, il faudra qu'il ait environ 13 pieds de hauteur, afin qu'il puisse fournir le jet 24 heures; & pour l'entretenir seulement 12 heures, il suffira qu'il ait 50 pieds en quarré & 10 pieds de hauteur pour contenir 1944 muids. Si les jets d'eau ne vont pas continuellement, & qu'on mette des robinets dans les tuyaux de la conduite, pour arrêter le cours de l'eau quand on veut, il faut que leurs ouvertures soient à peu près de la largeur des tuyaux; car si elles étoient beaucoup plus petites, elles diminueroient la hauteur du jet par le frottement. On peut tenir les tuyaux plus larges en ces endroits, & ajuster les robinets en sorte que leurs ouvertures soient aussi larges que le reste des tuyaux.

Lorsque les réservoirs sont fort élevés, & les tuyaux du bas larges de 5 ou 6 pouces, ils sont en danger de se rompre par le poids de l'eau; & plus ils sont étroits, moins ils se rompent, si les tuyaux sont de même épaisseur. Voici les régles que l'on peut suivre: Supposé qu'un réservoir de 30 pieds ne rompe ou ne désoude point un tuyau de cuivre d'un quart de ligne d'épaisseur, & qu'étant de moindre épaisseur, comme d'un cinquième de ligne, il le puisse rompre. Lorsqu'on élargira les tuyaux sans hausser le réservoir, il faut augmenter l'épaisseur selon la raison des diamétres: car d'un côté, le poids de l'eau est en raison doublée des diamétres; c'est pourquoi, si le diamétre est double, le poids de l'eau sera quadruple, & la circonférence soudée sera double; ce qui rend la résistance double. Donc il ne reste que la simple

raiſon des diamétres, ſi on ſuppoſe que l'eau par ſon poids faſſe ſéparer & détacher les parties du métail & de la ſoudure, comme les parties d'un bâton qu'on tireroit perpendiculairement. Ainſi, ſi le tuyau eſt de 6 pouces ſur 30 pieds de hauteur, il faut que le métail du tuyau ait une demi ligne d'épaiſſeur; s'il eſt d'un pied de largeur, il lui faudra donner une ligne.

Lorſque les réſervoirs ſont plus hauts, les largeurs des tuyaux demeurant les mêmes, il faut augmenter l'épaiſſeur du métail à proportion des hauteurs: ainſi, à un réſervoir de 60 pieds, le tuyau étant de 3 pouces de largeur, le même doit avoir une demi ligne d'épaiſſeur; & à un de 120 pieds, il doit avoir une ligne.

Si les tuyaux ſont plus hauts & plus larges, il faut conſidérer les deux proportions. Ainſi, ſi le tuyau a 60 pieds de hauteur, & que ſa largeur ſoit de 8 pouces, il faudra prendre une demi ligne à cauſe de la hauteur de 60 pieds; & à l'égard de la largeur, il faut faire cette régle de trois: comme trois pouces ſont à 8 pouces, ainſi une demi ligne à $\frac{4}{3}$; ce qui fera voir que le métail devra alors avoir une ligne & un tiers d'épaiſſeur.

Si on ſuppoſe que les ſoudures ſoient plus difficiles à ſéparer, que les parties du métail, on peut conſidérer la platine de la figure troiſième, où eſt l'ajutage comme la plus foible partie, & comme devant ſe rompre en ſon milieu ou proche des bords de la ſoudure. Et parce qu'une régle de bois appuïée par les deux bouts peut ſoûtenir dans ſon milieu un poids double de celui qu'elle ſoûtiendroit ſi elle étoit deux fois plus longue; & que ſi le poids eſt diſtribué le long d'une régle en pluſieurs petites parties égales, elle en peut ſoûtenir, ſans ſe rompre, deux fois autant que ſi tout le poids étoit au milieu: il s'enſuit que ſi la platine étoit quarrée, & qu'elle pût être chargée d'une eau de 20 pieds de hauteur ſans qu'elle ſe rompît; elle ne pourroit ſoûtenir que la moité du même poids, ſi elle étoit deux fois auſſi longue ſans augmenter ſa largeur; mais alors elle ſeroit chargée de deux fois autant d'eau, & par conſéquent elle n'en pourroit ſoûtenir que le quart; donc ſelon la doctrine de *Galilée*, il faudroit doubler ſon épaiſſeur pour la rendre aſſez forte. La même choſe arriveroit ſi elle étoit quarrée: car d'un côté, le poids de l'eau ſeroit double, mais ſa réſiſtance ſeroit auſſi doublée; & étant ronde, elle réſiſteroit auſſi à proportion.

Donc, aux tuyaux dont les diamétres ſont différens, & les hauteurs égales, il faut augmenter l'épaiſſeur du métail de la platine où eſt l'ajutage ſelon la raiſon des diamétres, ſi la platine eſt la plus foible partie.

Lorſque les conduites des eaux ſont fort longues, comme de 1000 toiſes, le long frottement diminue la hauteur des jets & la dépenſe de l'eau, principalement ſi les tuyaux ſont trop étroits. Voici les régles qu'on peut ſuivre:

Si vous avez un réſervoir de 80 pieds, & de l'eau ſuffiſante pour faire

ſix

ſix jets de 9 lignes chacun, il faudra prendre le quarré de 9, qui eſt 81: ſon produit par 6 donne 486, dont la racine quarrée eſt environ 22; ce qui fait connoître que les ſix jets de 9 lignes de diamétre donnent autant qu'un ſeul de 22 lignes. Et parce qu'un jet de 22 lignes de diamètre donne beaucoup plus que celui d'un pouce; ſçavoir, en la proportion de 484 à 144, quarrez de 22 & de 12; il faut auſſi que la largeur du tuyau ſoit en la même proportion à l'égard des 7 pouces qui conviennent à la hauteur de 80 pieds. Donc, comme 12 à 22, ainſi 7 à 12 $\frac{5}{6}$ à peu près; ce qui fera voir que le grand tuyau juſques aux diſtributions doit avoir 13 pouces de largeur, & chaque tuyau des ſix diſtributions 7 pouces; & en ce cas le jet ira à plus de 60 pieds, & ſi on donne 14 pouces de largeur au grand tuyau, le jet ira à 65 pieds, nonobſtant le long chemin de la conduite. On fera les autres calculs ſuivant ces régles:

Dans les jets fort hauts & fort gros, il faut diſpoſer les derniers tuyaux & leurs ajutages à peu près ſelon la figure 5e. ABCD: car, ſuppoſé que le tuyau ABC ait 7 pouces de largeur, il faudra le retrécir de moitié, & donner à FD 3 ou 4 pouces de hauteur, & faire un ſecond retréciſſement juſques à la largeur de l'ajutage: & ſi ſon ouverture eſt d'un pouce de largeur, & qu'il doive jaillir à 50 ou 60 pieds, il ſuffira que la hauteur de l'ajutage ſoit de 6 lignes à angles droits pour diriger le jet; & s'il n'alloit qu'a 50 pieds, il ſuffiroit qu'il fût de 3 ou 4 lignes: car plus DE ſera haut, plus la hauteur du jet diminuera, & plus l'ajutage ſera poli, plus le jet ſera beau. TAB. XXI. Fig. 5.

Pour partager l'eau en divers jets & ſçavoir combien on en donnera à chacun; ce qui peut auſſi ſervir à la diſtribution qu'on fait à pluſieurs Particuliers, de l'eau d'une ſource; il faut avoir une jauge, dont les ouvertures ſoient quarrées & non rondes. Comme, ſi AB, en la figure 6e, eſt le haut du vaiſſeau qui ſert de jauge, & CD la hauteur de l'eau; il faudra placer les trous quarrez environ deux lignes au-deſſous de la ſurface CD, ſelon une ligne droite horiſontale EN. Or ſi on la diviſe en pluſieurs quarrez d'un pouce de hauteur, comme EFPH, ils donneront plus d'un pouce: car, ſi les circulaires donnent 14 pintes en une minute, les quarrez en donneront une quantité qui ſera à 14 comme 14 à 11, laquelle proportion de 14 à 11 eſt à peu près celle du quarré au cercle qui a même largeur. Si donc un pouce rond donne 14 pintes en une minute, un pouce quarré donnera un peu moins de 18 pintes; car 11 eſt à 14 comme 14 pintes à 17 $\frac{2}{11}$. Il faudra donc diviſer EF en 14 parties égales; & ſi ER contient 11 de ces parties, le quarré long ERSH ſera à fort peu près égal à un pouce circulaire, & il donnera un pouce, c'eſt-à-dire, 14 pintes en une minute, ſi l'eau du baquet qui ſert de jauge, demeure à la hauteur CD. On fera pluſieurs figures de ſuite égales à ERSH ſous la même ligne, comme RLTS, LMVT, &c. Si on veut donner un demi pouce, il faudra diviſer TAB. XXI. Fig. 6.

un de ses quarrez longs, comme *zrog*, par la moitié par la ligne XY; & elle donnera un demi pouce, c'est-à-dire, 7 pintes en une minute, & en toutes les autres divisions de même, en prenant le tiers comme *ikaq*, ou le quart, &c. Il y aura encore cet avantage, que si les eaux qui fournissent l'écoulement, diminuent, & qu'en coulant elles ne remplissent que le tiers, ou la moitié, ou les deux tiers de la hauteur des ouvertures de la jauge, tous les Particuliers perdront à proportion; ce qu'on ne peut faire quand les trous sont ronds; & s'il y a un peu plus de frottement, à proportion, dans les petites ouvertures que dans les grandes, cela sera recompensé, en ce que l'eau succéde mieux à un petit écoulement qu'à un grand. Si on veut donner 3 ou 4 pouces, on prendra 3 ou 4 ouvertures entières, égales chacune à ERSH, comme EMVH, pour 3 pouces.

Ces régles peuvent servir à toutes les autres difficultez qu'on pourra avoir touchant les jets d'eau. Comme, si on a un réservoir ou une source élevée de 40 pieds au-dessus de l'ajutage qui puisse fournir 20 pouces, & qu'on la veuille toute emploïer en un seul jet, il faudra regarder la Table, & on trouvera qu'un ajutage de 3 lignes, aiant son réservoir à 40 pieds, donne 25 pintes $\frac{2}{3}$ en une minute: ensuite on fera cette régle de trois, si 25 pintes $\frac{2}{3}$ me viennent de 9 quarré de 3, que me donneront 280 pintes que 20 pouces donnent en une minute? on trouvera 98 $\frac{2}{11}$ pour le quotient, dont la racine quarrée est 10 à peu près; ce qui fera connoître que l'ajutage doit être de 10 lignes de diamétre à fort peu près, & que ce jet, qui s'élévera environ à 35 pieds, emploïera les 20 pouces coulant continuellement. Mais, si on se contente que le jet aille seulement le jour 12 heures de suite, on pourra laisser remplir pendant la nuit un grand réservoir qui contienne 720 muids, & on aura assez d'eau pour un jet de 14 lignes, ou pour deux d'environ 10 lignes, chacun pour 12 heures de suite.

F I N.

NOU-

NOUVELLE DÉCOUVERTE TOUCHANT LA VUË,

contenue en plusieurs Lettres écrites

Par Messrs. MARIOTTE, PECQUET & PERRAULT,

de l'Académie Roïale des Sciences.

Nouvelle Edition, revûe & corrigée.

LETTRE
DE
MONSIEUR MARIOTTE
A
MONSIEUR PECQUET.

MONSIEUR,

Pour ce qui eſt de mon obſervation touchant le défaut de viſion, qui arrive quand la peinture d'un objet tombe juſtement ſur le Nerf-optique; je vous dirai qu'il y a long-tems que la curioſité de ſçavoir ſi la viſion étoit plus ou moins forte à l'endroit du Nerf-optique, me fit faire une remarque curieuſe, à laquelle je ne m'attendois pas. Je tenois pour certain que la viſion ſe faiſoit par la reception des rayons qui font la peinture des objets au fond de l'œil, & que cette peinture étoit dans une ſituation renverſée & oppoſée à celle des objets qu'elle repréſente. J'avois d'ailleurs ſouvent obſervé par l'Anatomie tant des hommes que des animaux, que jamais le Nerf-optique ne répond juſtement au milieu du fond de l'œil, c'eſt-à-dire, à l'endroit où ſe fait la peinture des objets qu'on regarde directement; & que dans l'homme il eſt un peu plus haut, & à côté tirant vers le Nez. Pour faire donc tomber les rayons d'un objet ſur le Nerf-optique de mon œil, & éprouver ce qui en arriveroit, j'attachai ſur un fond obſcur, environ à la hauteur de mes yeux, un petit rond de papier blanc, pour me ſervir de point de vûë fixe; & cependant j'en fis tenir un autre à côté vers ma droite, à la diſtance d'environ deux pieds, mais un peu plus bas que le premier, afin qu'il pût donner ſur le Nerf-optique de mon œil droit, pendant que je tiendrois le gauche fermé. Je me plaçai vis-à-vis du premier papier, & m'en éloignai peu à peu, tenant toûjours mon œil droit arrêté deſſus; & lorſque je fus à la diſtance d'environ neuf pieds, le ſecond papier qui étoit grand de près de quatre pouces, me diſparut entièrement. Cependant je ne pouvois pas attribuer cela à l'obliquité de cet objet, d'autant que je remarquois d'autres

tres objets qui étoient encore plus à côté; de ſorte que j'euſſe pu croire, qu'on me l'avoit ſubtilement ôté, ſi je ne l'euſſe retrouvé en remuant tant ſoit peu mon œil. Mais auſſi-tôt que je venois à regarder fixement mon premier papier, cet autre qui étoit à droite, diſparoiſſoit à l'inſtant; & pour le retrouver ſans remuer l'œil, il faloit un peu changer de place. Je fis enſuite la même expérience en d'autres diſtances, éloignant ou approchant les papiers l'un de l'autre à proportion. Je la fis encore avec l'œil gauche, en tenant le droit fermé, après avoir fait porter le papier à la gauche de mon point de vûë: de ſorte que par la ſituation des parties de l'œil, il n'y a pas lieu de douter que ce ne ſoit ſur le Nerf-optique que ſe fait ce défaut de viſion. Et c'eſt une choſe très-ſurprenante, que lorſque par cette manière on perd de vûë un rond de papier noir attaché ſur un fond blanc, on n'apperçoit aucun ombrage ou obſcurité à l'endroit où eſt le papier noir, mais le fond paroît blanc en toute ſon étenduë.

Je communiquai la découverte de ce défaut de viſion à pluſieurs de mes Amis, à qui la même choſe arriva, mais non pas toûjours ſi préciſément à même diſtance; & j'attribuai cette diverſité à la différente ſituation de leur Nerf-optique. Le R. P. de Billy fut un des premiers à qui je fis part de cette expérience. Vous l'avez faite vous-même dans la Bibliothéque du Roi, où je la fis voir à Meſſieurs de votre Aſſemblée; & vous remarquâtes comme moi cette diverſité, y en aiant eu quelques-uns, qui dans les diſtances que j'ai dites, perdirent de vûë un papier grand de huit pouces, & d'autres qui ne ceſſérent de le voir, que lorſqu'il fut un peu plus petit; ce qui ne peut venir que des différentes groſſeurs du Nerf-optique en différens yeux.

Cette expérience ainſi confirmée m'a depuis donné lieu de douter que la viſion ſe fît dans la Rétine comme je l'avois cru ſuivant l'opinion la plus commune, & m'a fait conjecturer, que c'étoit plûtôt dans cette autre membrane qu'on voit au fond de l'œil au travers de la Rétine, & qu'on appelle Choroïde: car ſi c'étoit dans la Rétine, il ſemble que la viſion ſe devroit faire par-tout, où cette Rétine ſe rencontre; & comme elle couvre tout le nerf, auſſi-bien que le reſte du fond de l'œil, il n'y auroit pas de raiſon pourquoi il ne ſe feroit point de viſion à l'endroit du Nerf-optique où elle eſt: au contraire, ſi c'eſt dans la Choroïde, on verra clairement que la raiſon pour laquelle la viſion ne ſe fait point à l'endroit du Nerf-optique, eſt parce que cette membrane part des bords de ce nerf, & n'en couvre point le milieu, comme elle fait le reſte du fond de l'œil.

Vous ſçavez les autres raiſons que j'ai déduites dans un écrit, que j'ai laiſſé dans votre Aſſemblée, & que vous pouvez revoir, leſquelles me font conclure plûtôt en faveur de la Choroïde, que de la Rétine. Vous me ferez plaiſir de m'en dire librement votre ſentiment, comme n'étant pas de ceux qui veulent donner des conjectures pour des démonſ-

trations. Je continue à faire des recherches ſur cette matière; ſi je rencontre quelque choſe digne de vous, je vous le ferai ſçavoir, &c.

A Dijon, ce .....1668.

RÉPONSE DE MONSIEUR PECQUET A LA LETTRE DE MONSIEUR MARIOTTE.

MONSIEUR,

J'ai reçû avec beaucoup de joie la lettre que vous m'avez fait l'honneur de m'écrire au ſujet de votre obſervation, touchant le défaut de viſion qui arrive quand la peinture d'un objet tombe juſtement ſur le Nerf-optique. J'en ai fait part à nos Curieux, qui en ont été très-ſatisfaits. Chacun s'eſt étonné de voir que perſonne avant vous ne ſe ſoit apperçû de ce défaut de viſion, que tout le monde expérimente depuis que vous en avez donné la connoiſſance: car lorſque nous regardons une étoile, nous en perdons ſouvent de vûë une autre qui eſt à côté, & nous perdons même la lune toute entière, qui nous diſparoîtroit encore, quand elle ſeroit de beaucoup plus grande qu'elle n'eſt. Le hazard fait quelquefois trouver ce qu'on ne cherchoit point; je lui ſuis redevable de beaucoup de nouveautez. Mais il y a peu de gens qui en trouvent, comme vous, en les cherchant: il faut avoir pour cela un génie comme le vôtre, & des yeux auſſi clair-voïans que vous en avez.

J'ai lû vos ſentimens touchant la Choroïde. J'ai examiné les raiſons qui vous portent à croire que cette membrane eſt *le principal organe de la Viſion.* J'ai même relû l'écrit que vous laiſſâtes, avant votre départ, en la Bibliothéque du Roi: & je n'ai rien trouvé qui m'ait paru aſſez convaincant pour abandonner le parti de la Rétine. Et puiſque vous voulez que je vous en diſe librement ma penſée, je vous prie de la recevoir, comme un effet de ma ſincérité, & du déſir que j'ai de rechercher la vérité.

Pour

Pour ôter à la Rétine l'avantage qu'on lui donne ordinairement d'être le principal organe de la vision, vous dites dans votre écrit, *qu'elle est transparente, & qu'elle ne reçoit que très-peu d'impression de la lumière, non plus que les corps diaphanes, tels que sont l'air & l'eau: & qu'au contraire, les corps noirs & opaques, comme est la Choroïde, sont facilement échauffés par la lumière.*

Je demeure d'accord que la Rétine a quelque transparence. On voit au travers de cette membrane les couleurs de la Choroïde, quand elle lui est contigue: mais il n'y a point de comparaison à faire avec l'air ni avec l'eau; la transparence de la Rétine étant presque semblable à celle du papier huilé, & un peu moindre que celle de la corne qui sert aux lanternes. Elle est blanche, & sa blancheur la rend assez opaque pour arrêter les espéces des objets autant qu'il est nécessaire pour la vision, qui ne se pourroit pas faire assez distinctement dans la Choroïde au travers de la Rétine: car s'il faloit que les espéces passassent jusqu'à la Choroïde, l'opacité de la Rétine seroit aussi nuisible à la vision, que s'il se rencontroit une semblable opacité dans la Cornée, dans le Cristallin, ou dans les autres humeurs de l'œil, que la nature a fait diaphanes, pour laisser passer les espéces jusqu'à l'organe de la vûë.

Il est aisé de remarquer l'opacité de la Rétine. Il faut avoir un œil bien frais, couper doucement la Sclérotique & la Choroïde, les lever adroitement, & laisser la Rétine étendue sur l'humeur vitrée; & alors on ne voit pas bien au travers de cette membrane. L'opacité de la Rétine se reconnoît encore, quand on la plonge dans l'eau, car elle s'y voit toute blanche, & presque sans transparence.

La noirceur de la Choroïde, que vous jugez nécessaire pour la vision, ne se rencontre pas également en toutes sortes d'yeux. On la trouve à la vérité aux yeux des hommes; mais le degré de noirceur y est différent, suivant la diversité des individus. Il en est de même des yeux des oiseaux, & de quelques autres animaux, où cette noirceur se rencontre; mais aux yeux des lions, des chameaux, des ours, des bœufs, des cerfs, des brebis, des chiens, des chats, & de beaucoup d'autres animaux, nous voïons souvent des couleurs aussi vives que celles de la nacre-de-perle & de l'iris, qui forment une manière de tapis dans le fond de la Choroïde, au lieu le plus exposé aux rayons visuels. Et quand nous ratissons doucement ces couleurs avec un scalpel, nous découvrons une substance blanche, dont cette partie est enduite de telle sorte, qu'elle ne peut permettre aux espéces des objets de passer jusqu'au noir de la Choroïde, afin d'y faire l'impression que vous demandez pour y produire la vision: & il semble que ce noir n'a point d'usage plus considérable que celui d'empêcher que la lumière n'entre dans l'œil par un autre endroit que par le trou de l'Uvée antérieure, c'est-à-dire, par la Prunelle. Car si cette noirceur n'étoit pas en la Choroïde, comme un rideau derrière toute la Sclérotique; la lu-

lumière entreroit au travers de cette Sclérotique, comme au travers d'un parchemin, & allant jusqu'au fond de l'œil effacer les espéces des objets, empêcheroit par ce moïen la vision de se faire.

Les poissons ont aussi au fond de la Choroïde une couleur fort éclatante, mais d'une autre sorte. Elle paroît comme font les brillans d'argenterie, ou le luste des perles orientales.

Cette variété de couleurs ne se rencontre point dans la Rétine. Elle garde en toutes sortes d'yeux sa blancheur & son opacité; & c'est ce qui me persuade qu'elle est plus propre à la vision que n'est la Choroïde: car l'uniformité & l'indifférence qu'elle a pour toutes les couleurs, lui donne la facilité de recevoir l'impression de leurs différences; ce que ne peut faire cette multitude de couleurs qui se trouve au fond de la Choroïde, laquelle se mêlant avec celles qui viennent des objets, ne pourroit porter au sens de la vûë qu'une très-grande confusion.

Quand vous dites que les corps noirs reçoivent beaucoup plus d'impression de la lumière que les blancs; cela se doit entendre lorsque cette lumière est reçûe immédiatement sur un corps noir, & sans qu'il y ait aucun milieu qui puisse affoiblir ses rayons. Le papier noir exposé au foyer d'un miroir-ardant, est brûlé presqu'en un moment. Le blanc ne se brûle que difficilement, si la lumière n'y rencontre quelque noirceur, ou quelque ordure, & quand le papier noir est appliqué derrière le blanc, il ne reçoit qu'une légére impression de chaleur qui ne le brûle pas. Mais il ne s'agit pas ici de cette impression de chaleur, ni de toutes les autres impressions que la lumière peut produire: il s'agit seulement de celle qui se fait en la représentation distincte des objets, qui n'a pas besoin de chaleur, mais seulement d'une lumière moderée pour l'éclairer; ce qui ne se peut pas si bien faire sur la Choroïde, que sur la Rétine qui fait obstacle à la Choroïde, & qui n'en a aucun devant elle, quand la Cornée & les humeurs de l'œil ne sont point altérées.

Vous ajoûtez dans votre écrit, *Que la Rétine ne pénétre point dans le cerveau, comme fait la Choroïde, qui enveloppe le Nerf-optique au-delà de l'œil, & l'accompagne jusqu'au milieu du cerveau.*

Ce discours m'a un peu surpris: car la Rétine, comme vous sçavez, prend son origine de toute l'extrémité du Nerf-optique qui aboutit au fond de l'œil, de même qu'une fleur vient de toute l'extrémité de sa tige. Elle est composée de filamens fort déliés, qui ne peuvent venir que de ceux du nerf. Ces filamens paroissent aisément dans l'eau, quand on y plonge cette membrane; car ils sont plus opaques que l'eau & que la Tunique muqueuse dont ils sont enveloppés, laquelle disparoît dans l'eau. Ce sont ces filamens qui lui ont fait donner le nom de Rétine, s'il en faut croire les Anatomistes. Elle a des veines & des artéres qui se glissent entre ces filamens, & qui ne sont couvertes que de la Tunique muqueuse, qui les tient liées ensemble. Et d'autant que

cette

cette Tunique muqueuſe eſt tranſparente, elle n'empêche point de voir ces vaiſſeaux quand ils ſont pleins de ſang, comme s'ils n'étoient revêtus que de leur propre membrane.

De cette compoſition & de cette origine de la Rétine, il eſt aiſé de juger quelle continuïté elle doit avoir avec le cerveau; puiſque par le moïen du Nerf-optique, dont on peut dire qu'elle eſt une production, elle tire ſa première origine de la principale partie du cerveau, qui eſt cette tubéroſité qui fait le haut de la moëlle de l'épine, d'où partent les principaux nerfs qui ſervent à nos ſens.

La Choroïde n'a pas cet avantage. Elle eſt compoſée à la vérité de la Pie-mére, & cette Pie-mére lui peut bien donner un ſentiment de douleur, qui eſt commun à toutes les membranes; mais non pas celui de la vûë, qui demande une autre impreſſion que celle qui fait la douleur. La membrane que la Pie-mére donne à la Choroïde, doit être diaphane, comme cette Pie-mére l'eſt au-delà de l'œil, & dans le cerveau; & elle doit par conſéquent laiſſer paſſer les rayons viſuels juſqu'aux vaiſſeaux qui l'enveloppent, & qui font la noirceur qu'on voit en la Choroïde à cauſe du ſang qu'ils contiennent. Mais ces vaiſſeaux qui viennent du cœur, n'ont aucune aptitude pour la viſion, qui ne ſe peut faire ſans communication avec le cerveau. Ces vaiſſeaux prennent leur origine des artéres Carotides & de la Jugulaire interne; & paſſant au travers de la Sclérotique, qu'ils percent en divers endroits, ils la tiennent attachée & comme couſue avec la Choroïde, qu'ils rendent opaque, & qu'ils font reſſembler au *Chorium*, ou au *Placenta* du *Fœtus*; d'où les Anatomiſtes lui ont donné le nom de Choroïde. Parmi ces veines & ces artéres il y a auſſi quelques filamens de nerfs qui viennent des moteurs de l'œil; mais ils ne ſont pas pour ſervir à la viſion: de ſorte que je ne vois encore rien dans la Choroïde, qui lui donne autant de communication avec le cerveau, qu'en a la Rétine, laquelle ne prend ſon origine que du Nerf-optique.

Vous jugez bien par ce diſcours, que je n'ai pas de peine à croire que la Choroïde eſt rendue opaque par les vaiſſeaux qui l'environnent; parce que ces vaiſſeaux ſont au-dedans de la Sclérotique, comme un rideau fort noir qui arrête la lumière, & l'empêche de paſſer juſqu'à cette membrane déliée, qui fait ce que vous appellez Choroïde. Je ne nie pas non plus, que cette noirceur ne pût recevoir l'impreſſion de la lumière, ſi la meilleure partie des eſpéces n'étoit arrêtée par l'opacité de la Rétine, qui eſt ſuffiſante pour retenir l'image des objets; comme nous voïons qu'elle fait quand nous regardons dans un œil recent, au haut duquel on a fait ouverture, afin d'obſerver ce qui ſe paſſe au dedans. Car nous voïons au travers des humeurs, que l'image des objets ſe peint diſtinctement ſur la ſurface antérieure de la Rétine. Nous le voïons encore mieux, quand cette ouverture eſt faite au fond de l'œil à l'oppoſite de la Prunelle, & qu'on a ſeulement laiſſé

la

la Rétine étendue ſur les humeurs: car cet œil étant appliqué au trou d'une chambre obſcure, nous voïons les images des objets arrêtées ſur la Rétine, comme nous les voïons ſur un papier huilé. Et c'eſt ce qui m'a empêché juſqu'à preſent d'abandonner ſon parti pour prendre celui de la Choroïde, juſqu'à ce que je ſois convaincu par de meilleures raiſons. Mais paſſons aux autres argumens dont vous vous ſervez dans votre écrit

Vous dites, *Qu'il eſt néceſſaire, pour faire la viſion diſtincte, que les rayons qui viennent à l'œil de chaque point de l'objet, s'uniſſent en un point ſur l'organe; & que la Rétine étant épaiſſe d'une demi ligne, ſi les rayons s'uniſſent en ſa ſurface contigue à l'humeur vitrée, ils s'entrecouperont, & tomberont en divers points, ſur ſon autre ſurface, laquelle eſt contigue à la Choroïde; & s'ils s'uniſſent ſur cette autre ſurface, ils auront paſſé par divers points de l'autre. Que s'ils s'uniſſent entre ces deux ſurfaces, au-dedans de l'épaiſſeur de la Rétine, ils tomberont en divers points ſur les deux ſurfaces; & en toutes ces manières il ſe fera une viſion confuſe: au lieu que la Choroïde étant fort déliée & opaque, elle peut recevoir en un point les rayons d'un même point lumineux.*

Je conviens avec vous, *Qu'il eſt néceſſaire pour faire la viſion diſtincte, que les rayons qui viennent à l'œil de chaque point de l'objet, s'uniſſent en un point ſur l'organe.* Mais vous devez auſſi convenir avec moi, que ce point n'eſt pas un point Mathématique, mais un point Phyſique, qui a de la grandeur, & même une grandeur conſidérable, puiſque dans la plus petite partie d'un objet que nos yeux puiſſent voir, nous en découvrons beaucoup d'autres avec le microſcope, & nous pouvons dire alors, que nous voïons l'objet beaucoup plus diſtinctement qu'auparavant, quoiqu'il ne nous parût aucunement coufus. D'où il eſt évident, que ſi ce point tombe ſur la Rétine, il couvrira autant d'eſpace en la ſurface de cette membrane, qu'il ſera gros; & que s'il tombe dans l'épaiſſeur de la Rétine, il occupera du moins toute cette épaiſſeur, principalement dans l'œil de l'homme, où la Rétine n'eſt guéres plus épaiſſe qu'une feuille de papier commun, dont il faut près de vingt épaiſſeurs pour faire une ligne. Car quand vous dites que la Rétine *eſt épaiſſe d'une demi-ligne*, je ne penſe pas que vous entendiez parler de celle des yeux de l'homme; & je ne ſçai pas même en quels animaux elle a tant d'épaiſſeur, puiſque les bœufs, les chevaux, les cerfs, les lions, les ours, les ſangliers, les pourceaux, les brebis, les chiens, & les autres grands animaux, qui ſont venus juſqu'à preſent à ma connoiſſance, n'ont pas la Rétine plus épaiſſe que trois ou quatre feuilles de papier, qui ne font pas un quart de ligne. Ainſi je ne void pas que tout votre diſcours puiſſe juſques ici donner atteinte à l'opinion de ceux qui tiennent que la Rétine eſt le principal organe de la vûë.

Mais quand je vous accorderois que la Rétine auroit autant d'épaiſ-

ſeur que vous lui en donnez; cette épaiſſeur ne ſerviroit qu'à la rendre plus blanche & plus opaque, & à laiſſer moins de rayons juſqu'à la Choroïde, qui deviendroit par ce moïen moins propre à être l'organe de la vûë.

Vous ajoûtez, *Que la Choroïde étant fort déliée & opaque, elle peut recevoir en un point les rayons d'un même point lumineux.* Je n'en douterois nullement, quand même elle ſeroit fort épaiſſe, ſi la Rétine, qui a beaucoup d'opacité, ne lui faiſoit point d'obſtacle: mais je ſuis convaincu que cette opacité de la Rétine peut arrêter l'image des objets, & les empêcher de paſſer, ſi ce n'eſt peut-être très-foiblement, juſqu'à la Choroïde; & je ne puis m'en départir que vous n'aïez démontré le contraire. Mais venons au plus fort de vos raiſonnemens, qui eſt fondé ſur le défaut de viſion, qui arrive en l'expérience que vous nous avez fait voir.

Il s'enſuit, dites-vous, *de cette expérience, que puiſque la viſion ſe fait par-tout où eſt la Choroïde, & qu'il ne ſe fait point de viſion où la Choroïde n'eſt pas, quoique la Rétine y ſoit, cette Choroïde eſt le principal organe de la viſion, & non pas la Rétine.*

Je ſçai que la Choroïde n'eſt point étendue ſur l'extrémité du Nerf-optique. Elle eſt percée au fond de l'œil pour y laiſſer entrer ce nerf, afin de donner la naiſſance à la Rétine, qui n'eſt qu'un épanchement des filamens qui lui viennent du nerf, enveloppés d'une membrane muqueuſe, laquelle eſt arroſée par des vaiſſeaux qui lui viennent auſſi du même nerf ou de ſa circonférence.

Je conçois au ſortir du nerf l'épanchement de ces filamens, comme celui des fibres qui ſortent de la tige d'une plante, & s'étendent de toutes parts pour former une fleur au bout de cette tige: & je conçois au milieu de l'épanchement de ces filamens un point qui doit être le centre de cet épanchement; de même qu'au milieu d'une houpe à poudrer qui eſt renverſée, & dont les fils ſont épars de tous côtez, il y a un point qui eſt le centre de tous ces fils.

Cet épanchement des filamens qui compoſent la Rétine, ſe peut concevoir en deux manières. La première eſt en s'imaginant que tous les filamens qui ſont les plus proches du centre du Nerf-optique, vont aboutir préciſément à ſa circonférence, après l'avoir également couverte en s'épanchant de tous côtez, ſans qu'aucun de ces filamens aboutiſſe dans l'étenduë du nerf, avant que d'être arrivé à ſa circonférence; & que les autres filamens du Nerf-optique vont aboutir plus loin dans toute l'étenduë de la Rétine, à proportion qu'ils ſont éloignés du centre du nerf, quand ils en ſortent; & qu'ainſi toute la ſurface interne de la Rétine eſt compoſée de l'aboutiſſement de tous ces filamens, à la réſerve de l'étenduë de cette extrémité du nerf où n'aboutit aucun filament. Cela étant conçû de la ſorte, ſi l'on ſuppoſe, comme font quelques-uns de nos Philoſophes modernes, que la viſion

ne se fait que lorsque les rayons visuels tombent sur l'extrémité de quelqu'un de ces filamens; on pourra rendre raison de votre expérience. Car toute l'étenduë de cette extrémité du nerf n'aiant aucun aboutissement des filamens depuis son centre jusqu'à sa circonférence, ne recevra l'impression des rayons visuels nécessaire à la vision, que sur cette circonférence; ce qui sera cause qu'on ne verra point l'objet dont les espéces tomberont au dedans de la même circonférence. Mais d'autant que cet aboutissement des filamens de la Rétine est peut-être un effet de l'imagination aussi-tôt que de la nature, n'y aiant pas trop de raison de ne faire aboutir aucun filament entre le centre du nerf & sa circonférence & même dans le milieu du centre; je ne void pas assez de certitude en cette opinion, pour être obligé de la suivre.

L'autre manière de concevoir l'épanchement des filamens de la Rétine est de se les imaginer allant tous aboutir aux extrémitez de cette tunique, comme font les fibres de la plante aux extrémitez de sa fleur, ou comme les fils d'une houpe renversée aux extrémitez de l'étenduë de cette houpe: auquel cas il faut de nécessité qu'on s'imagine au milieu de ces filamens un point d'où ils commencent de s'écarter, & qu'on y conçoive quelque profondeur semblable à celle qu'on voit au milieu de la houpe. Et si l'on considére de quelle façon les rayons visuels tombent à l'endroit de ce point & aux environs, lorsqu'on fait votre expérience; on trouvera qu'ils y tombent d'une autre manière qu'aux endroits de ces mêmes filamens où la vision se fait: car ceux-ci sont frappés directement, & ceux qui sont aux environs du point à l'endroit le plus profond, ne sont point du tout frappés, ou ils le sont si obliquement, que cela pourroit causer le défaut de vision, principalement quand l'objet n'est pas trop lumineux; car ceux qui le sont, comme est une chandelle lorsqu'on la voit éloignée de quatre ou cinq pas, ne se perdent pas si absolument qu'on n'en apperçoive la lumière.

Mais il y a encore à l'endroit du Nerf-optique une chose, qui pourroit bien causer cette perte d'objet. Ce sont les vaisseaux de la Rétine, dont les troncs sont assez gros pour faire obstacle à la vision.

Ces vaisseaux, qui ne sont que des rameaux de veines & d'artéres, tirent leur origine du cœur; & n'aiant point de communication avec le cerveau, n'y peuvent pas porter les espéces des objets. Si donc les rayons visuels qui partent d'un objet, tombent sur ces vaisseaux à l'endroit de leur tronc; il est constant que l'impression qu'ils y feront, ne produira point de vision, & que la peinture de cet objet y sera défectueuse, comme il arrive sur le papier blanc dans une chambre obscure, quand il y a en ce papier quelque tache noire ou quelque trou d'une grandeur considérable; car plus cette noirceur ou ce trou sont sensibles, plus ils dérobent à nos yeux de l'image des objets.

Il n'en est pas de même à l'égard des petits rameaux qui partent de

ces

ces troncs, pour se repandre dans la Rétine. Car quand ils se rencontreroient, comme il arrive souvent, à l'endroit du fond de l'œil où se fait la vision distincte, ils ne rendroient point l'image de l'objet défectueuse, parce qu'ils sont si petits, qu'ils ne sont pas sensibles. C'est ainsi que dans nos miroirs, quand ils manquent de plomb ou d'étain en quelque endroit assez grand pour s'en appercevoir, l'image que nous y voïons, paroît trouée; ce qui n'arrive pas quand il n'y a qu'un petit trou, comme pourroit être celui que feroit la pointe d'une aiguille.

Je sçai bien que l'impression d'une image qui se fait dans l'œil sur la Rétine, ou sur le papier blanc dans une chambre obscure, est bien différente de celle que nous voïons dans nos miroirs. Car l'image se peint sur la surface de la Rétine & du papier, comme si c'étoit un véritable tableau qu'on voit toûjours au même endroit, de quelque part qu'on le regarde: mais l'image ne se peint point du tout sur la surface de nos miroirs; elle se peint seulement dans nos yeux, & paroît aussi éloignée derrière la glace, que l'objet qui envoie son image sur cette glace, en est éloigné en effet. D'où il est aisé de juger que les miroirs ne reçoivent point d'impression des rayons visuels, d'autant que ces rayons ne s'y arrêtent pas, mais seulement s'y réfléchissent, & que l'objet ne s'y voit que par ces rayons réfléchis, qui en portent l'image dans les yeux.

Ainsi toutes les fois que l'espéce d'un objet tombera sur les troncs des vaisseaux de la Rétine, elle s'y perdra sans doute, à proportion que ces troncs seront gros: & cette perte fera dans le total de l'image un défaut, qui paroîtra plus ou moins distant du papier que vous établissez pour le point fixe de votre expérience, suivant que ces troncs des vaisseaux seront plus ou moins éloignés de l'axe des rayons, qui tombe au fond de l'œil, à l'endroit où la vision se fait le mieux; étant certain qu'en toutes sortes d'yeux, ils ne sont pas toûjours également distans de cet axe: car souvent ces vaisseaux entrent dans la Rétine par le centre du nerf, quelquefois par la circonférence, & quelquefois aussi par l'espace qui est entre le centre & la circonférence. Et ce pourroit bien être la raison pour laquelle nous remarquons qu'il faut éloigner plus ou moins le papier qu'on perd de vûë, suivant la diversité des personnes qui font cette expérience: car les uns perdent ce papier à la distance de deux pieds, les autres à moins de deux pieds, & les autres à une distance plus grande; les uns le perdent un peu plus haut, & les autres un peu plus bas, selon que les troncs des vaisseaux sont situés à l'égard du Nerf-optique; & les uns en perdent davantage que les autres, selon que les vaisseaux sont plus ou moins gros, car leur grosseur est aussi différente que les tempéramens des individus. Et parce qu'il est difficile de déterminer précisément le lieu où l'objet se perd dans toutes sortes d'yeux, nous avons sujet de croire

que cette perte ne se fait pas toûjours sur l'étenduë du nerf où est la Rétine, mais qu'elle se fait quelquefois hors de cette étenduë où la Choroïde se trouve. Car les troncs des vaisseaux de la Rétine sont assez gros & assez longs pour s'étendre au-deça ou au-delà du nerf, & cacher par ce moïen quelque partie de la Choroïde, à proportion de leur grandeur; & en ce cas il sera vrai de dire que la vision ne se fait point en tous les endroits où la Choroïde se trouve, quoiqu'ils soient exposés à la lumière; ce qui pourroit bien donner une atteinte à votre opinion: car vous ne pouvez pas douter que ces troncs n'empêchent alors les espéces des objets qui tomberont dessus, d'aller jusqu'à la Choroïde, & que l'image ne soit défectueuse en cet endroit, d'autant que ces espéces ne pourront faire impression sur l'organe de la vision au travers de ces vaisseaux.

Voilà, Monsieur, les principales raisons de mes doutes touchant cet organe de la vision. Je vous avoue que votre expérience m'auroit déja déterminé en faveur de la Choroïde, si ces vaisseaux de la Rétine, & l'opacité de cette membrane ne me tenoient encore en suspens. Car je ne puis quitter l'opinion commune, pour en embrasser une autre qui n'est point démontrée, & qui demeure problématique. J'espére que vous me donnerez de nouvelles lumières qui me convaincront facilement, aiant toute l'inclination possible de suivre vos sentimens, auxquels je déférerai toûjours avec respect.

Une belle découverte comme la vôtre ne pouvoit pas manquer d'être bien-tôt confirmée; car comme le secret de votre expérience est de faire que la peinture d'un objet tombe justement sur le Nerf-optique, ou aux environs de ce nerf; M. Picard s'est avisé d'une manière par laquelle on perd un objet en tenant les deux yeux ouverts, à cause qu'on fait tomber l'image ou la peinture de cet objet sur les deux Nerfs-optiques en même tems; & voici comment:

TAB. XXII. Il faut attacher contre une muraille un rond de papier blanc A de la grandeur d'un pouce ou deux, & à côté de ce papier faire deux marques B C sur la muraille, l'une à droite & l'autre à gauche, chacune éloignée d'environ deux pieds; puis se placer directement devant le papier à la distance de neuf pieds ou environ, & mettre le bout de son doigt vis-à-vis de ses deux yeux, comme en D, en sorte qu'il cache à l'œil droit la marque gauche faite à côté du papier, & à l'œil gauche la marque droite. Si l'on demeure ferme en cette posture & que l'on regade fixement des deux yeux le bout de son doigt, le papier qu n'en est nullement couvert, disparoîtra entièrement; ce qui doit être d'autant plus surprenant, que sans la rencontre particulière des nerfs-optiques E F où il ne se fait point de vision, & sur lesquels les rayons A E, A F, tombent quand on perd de vûë le papier A, le papier paroîtroit double, comme on éprouvera toutes les fois que le doigt ne sera pas placé comme il faut, ou que la vûë se portera tant

soit

ſoit peu à côté, dont la raiſon vous eſt aſſez connue ſans qu'il ſoit beſion de l'expliquer ici.

L'application de cette manière à la vôtre eſt facile: car quand on regarde fixement des deux yeux le bout de ſon doigt qu'on a poſé au devant des marques, c'eſt tout de même que ſi on pointoit chaque œil en particulier à l'endroit qu'il faut regarder pour perdre le papier; de ſorte qu'on fait avec les deux yeux la même choſe que ce que vous faites avec un, en tenant l'autre fermé, &c.

SECONDE LETTRE
DE
MONSIEUR MARIOTTE
A
MONSIEUR PECQUET,

POUR MONTRER QUE LA CHOROIDE EST LE PRINCIPAL ORGANE DE LA VUE.

MONSIEUR,

J'ai vû dans votre réponſe les raiſons qui vous empêchent de croire que la Choroïde eſt le principal organe de la vûë; mais je ne les ai pas trouvées aſſez fortes, pour m'obliger à rendre cet avantage à la Rétine, quoiqu'elles aient beaucoup de ſubtilité & de vrai-ſemblance.

Vous dites dans votre première objection, que *ſi on lève la Sclérotique & la Choroïde d'un œil bien frais, & qu'on laiſſe la Rétine étendue ſur l'humeur vitrée, alors on ne voit pas bien au travers de cette membrane*; d'où vous concluez qu'elle n'a pas aſſez de tranſparence pour laiſſer paſſer ſur la Choroïde une lumière ſuffiſante pour la viſion. Je ne demeure pas d'accord de cette conſéquence, puiſqu'il peut y avoir beaucoup de différence entre la Rétine d'un animal mort expoſée à l'air, & celle d'un animal vivant exactement enfermée entre l'humeur vitrée & la Choroïde. Les diverſes diſpoſitions changent ordinairement les qualitez des choſes: la graiſſe, qui eſt tranſparente étant fondue, devient opaque en ſe refroidiſſant; & la Cornée d'un œil qu'on tient quelques heu-

res dans un air chaud, devient trouble, & peu à peu entièrement opaque. Mais, afin que vous puissiez être persuadé que la Choroïde est suffisamment éclairée dans un animal vivant, il faut prendre un œil encore tout chaud d'un bœuf fraichement tué, & le couper en deux, un peu au-dessous du Cristallin, en sorte qu'une bonne partie de l'humeur vitrée demeure étendue sur la Rétine: alors vous verrez distinctement les diverses couleurs de la Choroïde, la base du Nerf-optique, les troncs de petits vaisseaux qui en sortent, & leur épanchement dans l'épaisseur de la Rétine, avec tant de netteté, que vous ne pourrez même discerner s'il y a une Rétine au-delà de l'humeur vitrée. D'où vous pourrez juger, que la lumière que les objets envoient sur la Choroïde, est plus que suffisante pour y produire la vision, puisque venant à vos yeux par réflexion, & par un second passage au travers de la Rétine & de l'humeur vitrée de l'œil coupé, elle est encore assez forte pour vous faire voir clairement & distinctement la même Choroïde.

Ce n'est pas que je nie que la Rétine n'ait quelque blancheur dans un animal vivant, & qu'elle ne soit un peu moins transparente que les autres humeurs; principalement dans la partie contigue à la Choroïde: & la nature l'a pu faire ainsi, pour adoucir l'éclat des grandes lumières, & empêcher l'éblouissement; de même qu'elle a étendu sur notre peau un épiderme insensible, pour enpêcher qu'elle ne fût trop facilement blessée par les corps qui nous touchent, & par l'excès du chaud & du froid. Mais, quand je nierois absolument que la Rétine eût aucune opacité dans un animal vivant, votre expérience ne me convaincroit pas, puisqu'elle ne se fait que sur une Rétine, dont les parties les plus subtiles & les plus transparentes sont évaporées: & je donnerois pour exemple un papier blanc, au travers duquel, lorsqu'il est mouillé, on voit assez distinctement les objets qui lui sont contigus; & qui reprend sa première opacité, lorsqu'il est un peu de tems exposé à l'air. Et si cet exemple ne suffisoit, j'alléguerois le petit Cristallin qui se trouve au milieu du Cristallin de beaucoup d'animaux, & qui en est comme le noyau, lequel étant aussi transparent que les autres humeurs de l'œil dans un animal vivant, devient, deux ou trois jours après sa mort, blanc & opaque, quoiqu'il soit encore enfermé dans l'œil, & que le Cristallin extérieur demeure encore trasparent.

Votre seconde expérience pour prouver l'opacité de la Rétine, qui est de la plonger dans l'eau, est encore extrêmement trompeuse. Car vous ne doutez pas que l'Hyaloïde, qui enveloppe l'humeur vitrée, ne soit parfaitement transparente; & toutefois, si vous mettez dans de l'eau une partie de l'humeur vitrée, les parties de l'Hyaloïde qui y sont attachées, y paroîtront blanchâtres & troubles comme de la toile d'araignée, quoique l'humeur vitrée conserve sa transparence. Ce n'est donc pas une bonne épreuve pour sçavoir si la Rétine est opaque dans un animal vivant, que de la plonger dans l'eau; & à quelque épreuve

que

que vous puissiez la mettre, après qu'elle a été exposée à l'air, vous n'en pourrez tirer aucune conséquence pour prouver qu'elle est opaque dans son état naturel: car le Cristallin-même devient un peu trouble dans l'eau; & si on l'y laisse quelque tems, ou qu'on l'expose à la gelée, il devient blanc & opaque comme de la neige.

Ainsi, pour résoudre notre différent, & sçavoir avec certitude si la lumière des objets passe presque toute entière jusques à la Choroïde; ou si elle est presque toute arrêtée par la Rétine; il est nécessaire d'apporter des observations faites sur la Rétine & sur la Choroïde, lorsqu'elles sont en leur état naturel, comme est l'observation suivante:

Mettez de nuit une chandelle allumée fort près de vos yeux, & faites qu'un chien éloigné de huit ou dix pas vous regarde: alors vous verrez dans ses yeux une lumière assez éclatante, que je soûtiens proceder de la réflexion de la lumière de la chandelle, dont l'image est peinte sur la Choroïde du chien, laquelle aiant beaucoup de blancheur fait cette réflexion très-forte; car si elle procedoit du Cristallin, ou de la Rétine, on verroit les mêmes apparences dans les yeux des hommes & dans ceux des oiseaux, & des autres animaux, qui ont la Choroïde noire.

Il est donc manifeste, par cette expérience, que les rayons lumineux passent avec beaucoup de force jusques sur la Choroïde, & que la Rétine en reçoit fort peu d'impression; & voici comme se fait cette apparence: La petite peinture de la chandelle, qui est sur la Choroïde, où est le foyer du Cristallin & des autres humeurs ensemble, envoie des rayons au travers de ces humeurs, qui se réunissent réciproquement vers la chandelle; & par conséquent les yeux qui en sont proches, doivent voir le Cristallin du chien fort illuminé. Les Opticiens en sçavent la démonstration; & ceux qui ne sçavent pas l'Optique, pourront voir un effet entièrement semblable par une expérience très-facile.

Il faut placer une bouteille sphérique de verre pleine d'eau très-claire, à huit ou dix pas d'une chandelle, & mettre un papier blanc derrière la bouteille environ à la distance de son demi diamétre, en sorte que la lumière de la chandelle qui a passé à travers la bouteille, soit réunie en un petit espace sur le papier: alors ceux qui auront les yeux proches de la chandelle, verront la bouteille pleine de lumière, & cette lumière disparoîtra, si l'on approche ou recule le papier de la bouteille: & si l'on met une bougie allumée au lieu du papier, & qu'on tienne l'œil en la place de la chandelle après l'avoir ôtée, on verra encore la bouteille plus illuminée qu'auparavant; & l'on pourra juger facilement que la lumière qui paroît dans l'œil du chien, procéde d'une cause semblable. Vous pourrez vous confirmer en cette pensée, si vous mettez la chandelle à côté, en sorte que votre visage en soit fort éclairé, & qu'elle ne luise point sur le chien; car vous verrez alors beaucoup de lumière dans ses yeux: mais si vous mettez quelque corps opaque de-

devant votre visage pour le couvrir de la chandelle, cette lumière disparoîtra; ce qui vous fera connoître manifestement, qu'elle procéde de l'image de votre visage qui paroît dans ses yeux, & que c'est sur la Choroïde qu'elle est peinte, par la raison que j'ai dite ci-dessus. On peut faire la même expérience dans les yeux de plusieurs autres animaux, & particulièrement dans ceux des chats, où cette lumière paroît bleuâtre; ce qui fait voir qu'elle procéde de leur Choroïde, qui a beaucoup de cette couleur; mais cette couleur, ni aucune autre qui soit dans la Choroïde, ne cause point de confusion au sens de la vûë, puisque les sens ne reçoivent point d'impression de leurs propres organes.

Le reste de cette première objection n'a presque point d'autre fondement, qu'une interprétation contraire à ma pensée, que vous donnez à quelques mots de mon écrit. Car, lorsque j'ai dit que les corps noirs & opaques reçoivent beaucoup d'impression de la lumière, je n'ai pas entendu les opaques & noirs tout ensemble; il m'eût suffi de dire les corps noirs, puisque tous les corps noirs sont opaques. Mais ma pensée a été, & est encore sur ce sujet, que les corps transparens, comme l'air, l'eau, & la Rétine dans un animal vivant, reçoivent peu d'impression de la lumière, & que les opaques en reçoivent beaucoup; mais que les noirs en reçoivent plus que les autres opaques, & l'air & l'eau un peu moins que la Rétine. Je ne crois pas aussi que la noirceur soit absolument nécessaire dans la Choroïde pour la vision, mais seulement pour une plus forte vision, ni que la peinture des objets y doive être exprimée; car il suffit que les rayons de chaque point des objets s'y réunissent en un point distinct & séparé, selon qu'ils s'entre-répondent. Et vous demeurerez facilement d'accord, que comme une loupe de verre fort convexe fait paroître l'image du soleil réunie sur du papier blanc avec beaucoup d'éclat & de lumière, & sur du papier noir fort obscurement, quoique le papier noir, où le feu se prend d'abord, en reçoive beaucoup plus d'impression que le blanc: ainsi les rayons des objets illuminés, se réunissant par le moïen du Cristallin sur une Choroïde blanchâtre, y forment une peinture visible, & une très-obscure sur une Choroïde noire; mais aussi l'impression est bien plus forte dans la noire que dans la blanche. Et c'est la cause pourquoi les hommes & les oiseaux voïent mieux & plus distinctement que la plûpart des autres animaux: car leur Choroïde étant noire, & par conséquent très-sensible à la lumière, ils étrécissent beaucoup leur Prunelle; ce qui fait que les rayons qui y passent de chaque point des objets, sont tous fort proches de l'axe du Cristallin, & se réunissent plus exactement dans un point que dans les yeux de la plûpart des animaux qui ont la Choroïde blanchâtre vers l'axe de la vûë, & par conséquent moins sensible à la lumière, & qui tiennent en recompense la Prunelle de leurs yeux fort dilatée, lorsqu'ils ont besoin d'une grande lumière;

ce

ce qui empêche leur vision d'être distincte, à cause que les rayons qui tombent sur l'extrémité du Cristallin, coupent l'axe trop près en leur réfraction. Il est vrai que pour suppléer en quelque façon à ce défaut, ils ont un petit Cristallin au milieu du grand; & ce petit Cristallin étant d'une consistence plus épaisse que celle du grand, sa réfraction est aussi plus forte, & fait que les rayons qui viennent d'un point hors de l'œil, & tombent sur le Cristallin près de l'axe de la vûë, se rompent davantage en passant par ce petit Cristallin, & par ce moïen se réünissent mieux au fond de l'œil avec les rayons qui tombent sur l'extrémité du grand Cristallin; ce qui rend leur vision moins confuse, quoiqu'elle ne soit jamais si distincte que celle des hommes & des oiseaux, qui n'ont qu'un Cristallin. Les poissons ont aussi un double Cristallin; car autrement leur vision seroit encore plus confuse que celle des animaux qui vivent dans l'air: parce que leur Cristallin étant sphérique, les rayons coupent l'axe plus inégalement que s'il étoit lenticulaire; & s'il n'étoit sphérique, son foyer se feroit très-loin, à cause que la réfraction des rayons qui passent de l'eau dans le Cristallin, est très-petite.

La difficulté de votre seconde objection vient encore d'une équivoque, & consiste à sçavoir ce qu'on doit dire avoir une plus grande continuïté & communication avec le cerveau. Mon hypothèse est, que les nerfs sont tous revêtus de la Pie-mére, qui enveloppe toute la moelle de l'épine, & ont avec elle une même continuïté de fibres, en sorte que pour peu que les nerfs soient émûs, l'impression en est portée jusques au cerveau par la continuïté de ces fibres. Et soit que leur tissure soit différente dans les nerfs des divers sens, ou que les nerfs contiennent quelques liqueurs spiritueuses, qui déterminent leurs sensations par quelques différences qu'elles ont entre elles: il est certain que les nerfs de la vûë, de quelque façon qu'ils soient émûs, représentent des couleurs & des lumières; ceux de l'ouïe, des sons; & ceux du tact, des douleurs, &c. Or la Choroïde est un épanchement & une dilatation de la Pie-mére, qui enveloppe intérieurement le Nerf-optique; & qui vient par une continuïté de fibres de la tubérosité de la moelle de l'épine qui est dans le cerveau: d'où il s'ensuit, que pour peu que la Choroïde soit touchée, l'impression se peut facilement communiquer dans le cerveau. Et afin qu'on puisse dire la même chose de la Rétine, il faudroit qu'il y eût un petit canal dans le Nerf-optique, par où la Rétine en sa propre substance s'étendît jusques à cette tubérosité par une continuïté de fibres; ce qui ne se voit pas; & vous êtes contraint de dire *qu'il y a de petits filamens de ce Nerf qui ont cette continuïté.* Mais s'il y avoit de ces filamens, ils s'épancheroient dans la Rétine, comme d'un centre à une circonférence, & seroient bien plus pressés vers le Nerf-optique; ce qu'on n'a point encore remarqué; & avec quelque microscope qu'on regarde la Rétine, on n'y découvre jamais aucuns filamens, mais elle paroît d'une consistence uniforme comme l'humeur

vitrée, & doit être considérée comme une quatrième humeur coulée & passée au travers des pores du Nerf-optique, sans en contenir aucun filament. Il est vrai qu'en faisant passer une épingle par l'épaisseur de la Rétine, on rencontre souvent des filamens : mais, si on les regarde au travers d'une loupe de verre fort convexe, on découvre qu'ils aboutissent aux petits vaisseaux des veines & des artéres qui sont dans la Rétine; & infailliblement, s'il y avoit de petits nerfs, on les rencontreroit de même, & ils arrêteroient l'épingle, puisqu'ils seroient aussi fermes que les petites artéres. Et quand vous dites qu'on distingue ces filamens dans l'eau, parce que le reste de la Rétine disparoît, cela repugne à l'expérience, & à ce que vous avez dit auparavant, qu'on voit dans l'eau la Rétine toute blanche & sans transparence; & c'est à vous & à ceux de votre opinion de trouver d'assez bons microscopes pour faire voir ces filamens; autrement, on les doit tenir pour une chose inventée à plaisir.

Vous apportez ensuite deux expériences, dont la première est, que si l'on fait une ouverture au haut de l'œil, on peut découvrir la peinture des objets sur la surface antérieure de la Rétine. Mais, si par le haut de l'œil vous entendez la Cornée, ou le blanc de l'œil qui lui est contigu; l'humeur aqueuse s'écoulera par l'ouverture que vous y ferez, & la Cornée fera des rides, qui empêcheront la peinture d'être distincte: outre que celui qui regardera par cette ouverture, empêchera que les rayons des objets ne passent dans l'œil, de manière qu'il n'y pourra voir que sa propre image. Que si vous entendez qu'on ôte la Cornée entièrement, le même inconvénient arrivera, & même il n'y aura plus assez de distance entre le Cristallin & la Rétine pour y faire la peinture distincte. Enfin, je ne crois pas qu'on puisse venir à bout de cette expérience, & encore moins de discerner si c'est en la surface antérieure de la Rétine, ou en la postérieure que se forme cette peinture, puisqu'elle a moins d'une demi ligne d'épaisseur; & il y a lieu de croire que vous vous êtes fié au rapport d'autrui de cette expérience, ou que vous avez cru que les images qui paroissent dans les yeux, sont peintes sur la Rétine, au lieu qu'elles procédent de la réflexion qui se fait sur l'extérieur de la Cornée.

La seconde de vos expériences est véritable & facile à faire; mais, selon votre opinion, elle seroit impossible. Car puisque vous soûtenez que c'est dans la partie antérieure de la Rétine qu'on voit la peinture, & qu'ailleurs vous avez dit qu'on ne voit pas bien au travers de cette membrane; il s'ensuit que vous ne pourrez voir cette peinture à travers l'épaisseur de la Rétine: mais parce que je crois qu'il reste encore assez de transparence dans la partie de la Rétine, qui n'est pas exposée à l'air, je ne doute point que la peinture ne puisse être vûe sur la partie postérieure. Car quand même la Rétine seroit ôtée & qu'il ne resteroit que l'humeur vitrée, on ne laisseroit pas de voir une peinture

ture renversée des fenétres vers la circonférence de l'humeur vitrée, en tenant cet œil dans le fond d'une chambre ; de la même façon qu'on voit cette peinture dans le foyer d'une bouteille sphérique de verre pleine d'eau, quoiqu'il semble qu'on la voïe sur la surface extérieure du verre ; c'est ce qui détruit entièrement la conséquence que vous en voulez tirer.

Dans la troisième de vos objections vous citez ce que j'ai dit, un peu autrement que je ne l'ai dit. Car j'ai mis dans mon écrit que la Rétine avoit environ une demi ligne d'épaisseur, & non pas une demi ligne précisément, qui est une marque que je ne l'avois pas mesurée exactement. Mais quand elle n'auroit qu'un quart de ligne, & encore moins, il suffit qu'elle en ait assez pour l'effet que je lui attribue, & pour un autre dont j'ai aussi parlé dans mon écrit, qui est, que les rayons d'un même point lumineux qui ne s'uniroient pas précisément en un même point dans l'axe, sont redressés par la concavité de la Rétine, les plus éloignés de l'axe, davantage que ceux qui en sont les plus proches ; ce qui fait qu'ils se réünissent mieux en un même point sur la Choroïde ; lequel point je tiens avec vous être un point Physique, puisque le point objectif i est aussi : mais je soûtiens qu'il est plus petit qu'aucun qui puisse être perceptible à la vûë. Car nous distinguons les diverses parties des objets très-petits, comme les extrémitez de largeur des petites artéres de la Rétine, qui n'ont pas la huitième partie de son épaisseur ; & ce qui représente cette petite largeur dans l'organe de la vûë, ne lui est pas égal, comme vous le prétendez : mais il doit être vingt-cinq ou trente fois plus petit, c'est-à-sçavoir, en la proportion de la distance de l'objet au centre de la vûë, & de la distance de ce centre jusques à l'organe de la vûë ; & par conséquent l'épaisseur de la Rétine n'est pas propre pour cette petitesse.

Vous voïez donc, Monsieur, que jusques ici vos objections ne peuvent donner aucune atteinte à mon opinion, & que la transparence de la Rétine est assez bien établie. Venons maintenant à la preuve que je tire du défaut de vision sur la base du Nerf-optique.

Il faut premièrement demeurer d'accord, que dans cette expérience presque tous les hommes perdent de vûë un rond de papier blanc tout entier, dont le diamétre est la neuvième ou dixième partie de sa distance jusqu'à l'œil. Or le triangle visuel dont le diamétre de ce papier est la base, & le sommet le centre de la vûë, est proportionnel au triangle, dont la base est le diamétre de la peinture de ce papier sur le fond de l'œil, & le sommet le même centre de la vûë ; lequel centre étant éloigné de six ou sept lignes de la base du Nerf-optique, dont la largeur est environ de trois quarts de ligne, cette base sera aussi environ la neuvième ou dixième partie de sa distance, jusques au centre de la vûë. Et par les principes de l'Optique, l'image du rond de papier tombant sur la base du nerf, la couvrira précisément ; & puisqu'alors

le papier disparoît entièrement, il s'ensuit que toute la base du Nerf-optique est insensible à la lumière. D'où je conclus, que la Choroïde est le principal organe de la vûë, puisque son absence cause le défaut de vision; & que la Rétine ne l'est pas, puisqu'elle se trouve en cet endroit, & qu'elle y paroît disposée de même qu'au reste du fond de l'œil.

Pour éluder la force de cet argument, vous apportez d'autres causes de ce défaut de vision : les deux premières sont presque semblables; mais il me semble que vous les supposez sans fondement. Car, comme il a été dit ci-dessus, on ne voit point de filamens de nerfs sortir de la base du Nerf-optique; & même ils ne seroient pas propres pour la vision, puisqu'ils laisseroient dans quelques parties de la Rétine de trop grands intervalles vuides ; & il faut que chaque point des objets rencontre un point sensible dans l'organe de la vûë, pour y réünir ses rayons; ce qui se trouve dans la Choroïde, qui est un épanchement de la partie sensible du nerf en une membrane continue. D'ailleurs, les causes du défaut de la vision ne se peuvent trouver dans ces hypothèses. Car dans la première, quelle raison pourroit-on donner de ce qu'il n'y auroit point d'extrémitez de ces filamens à l'opposite du Nerf-optique, puisqu'il ne faudroit qu'une simple continuation directe de quelques-unes de ses fibres, jusques à la partie antérieure de la Rétine? Et pour la seconde, qui est votre opinion particulière, je demeure bien d'accord que le vuide de votre houpe renversée pourroit causer le défaut de vision vers le centre de la base du nerf: mais je ne vois pas pourquoi ces filamens, qui, selon vous, couvrent le reste de la base, seroient en cet endroit insensibles à la lumière; puisqu'il n'est pas nécessaire pour la vision, que les rayons tombent directement sur l'organe de la vûë, & qu'il suffit que ceux d'un même point lumineux s'y réünissent en un point; étant facile de juger qu'il n'y a qu'un seul rayon de ceux qui concourent à un point, soit sur la Rétine, soit sur la Choroïde, qui puisse y tomber directement. Mais je ne m'étend pas davantage sur ce sujet, puisque je crois que cette houpe renversée, & ces filamens qui la composent, ne sont qu'une chose sans fondement, & que vous ne sçauriez faire voir.

L'autre cause que vous apportez, est le tronc des vaisseaux qui sortent de la base du nerf: mais vous ne pouvez pas nier qu'ils ne soient très-petits, & qu'on a de la peine à discerner les petits trous par où ils passent, lorsqu'on coupe le nerf plus haut que son insertion dans l'œil; & parce que souvent ils sortent de la base par deux petits trous différens, le diamétre de chacun desquels n'occupe pas la huitième partie de celui de la base; il s'ensuit que si le reste de la base du nerf étoit sensible à la lumière, on ne perdroit de vûë en une distance de dix pieds, qu'un papier de deux pouces de diamétre tout au plus, & quelquefois en fixant un œil sur un petit papier, il en disparoîtroit deux

autres

autres très-petits, séparés l'un de l'autre, sans perdre de vûë ce qui seroit entre-deux; ce qui repugne à l'expérience. Ainsi les causes que vous alléguez de ce défaut de vision, étant ou sans fondement, ou insuffisantes; il s'ensuit que celle que je donne, subsiste toûjours, du moins à votre égard: & pour la confirmer encore davantage, j'ajoûterai ici quelques observations & quelques raisonnemens qui ne sont ni dans ma lettre, ni dans mon écrit.

La première observation, qui est fort commune, est que la Prunelle se dilate à l'ombre, & s'étrécit à la vûë d'une grande lumière; & il est difficile de trouver la cause de ce mouvement involontaire, qu'en supposant que la Choroïde est sensible à la lumière: car alors il est aisé de juger qu'étant blessée par une vision trop forte, elle peut dilater, ou resserrer ses fibres, qui sont continues avec celles de l'Uvée antérieure, en sorte qu'elle étrécisse son ouverture; & que n'étant point blessée, elle se relâche: au lieu que si l'on suppose que la Rétine est l'organe de la vûë, il est difficile d'expliquer comme se fait cet étrécissement.

La seconde est, que si l'on tient la main entre une bouteille sphérique de verre plein d'eau, & une chandelle mise au foyer de la bouteille, on sentira plus de chaleur que si on la tient dans le foyer réciproque, c'est-à-dire, à l'endroit où les rayons qui ont passé au travers de la bouteille, font paroître une grande image renversée de la flamme de la chandelle sur une surface blanche opposée. Car j'en tire cette conséquence, que l'image de la chandelle qui est peinte sur la Choroïde d'un chien, comme je vous ai prouvé, fait beaucoup plus d'impression sur la Rétine du chien, que sur celle de celui qui la regarde & qui la voit fort éclatante. D'où je conclus, que si la Rétine étoit l'organe de la vûë, le chien ne verroit pas les objets médiocrement illuminés qui seroient à l'entour de la chandelle, quand même ils en seroient éloignés de trois ou quatre pieds, puisqu'ils recevroient beaucoup plus d'impression de cette réflexion, que de ces objets, & qu'une grande sensation en efface une moindre; ce qui repugne à l'expérience; & il n'est pas vrai-semblable qu'il y ait un tel défaut dans la vision des animaux.

La troisième est, que les yeux des oiseaux sont disposés, en sorte que le Nerf-optique, après son insertion dans l'œil, se recourbe sur la concavité de la Sclérotique; & le long de cette courbure naît la Choroïde qui la couvre, ne laissant qu'une raye blanche au milieu, d'où naît la Rétine, qui s'étend sur la Choroïde dans le fond de l'œil: mais elle est couverte joignant cette raye blanche d'une petite membrane noire, contigue, ou collée à l'Hyaloïde, longue d'environ six lignes, & large de cinq, dans les yeux des grands oiseaux; laquelle membrane procéde aussi de la Pie-mére, qui enveloppe intérieurement le Nerf-optique, & est comme une appendice de la Choroïde. Il y a

quelques oiseaux, comme l'autruche, dont le Nerf-optique se dilate au fond de l'œil en une membrane épaisse de figure ovale, des extrémitez de laquelle naissent la Choroïde & la Rétine; mais la petite membrane noire, qui naît aussi des mêmes extrémitez, couvre entièrement cette ovale, & s'étend un peu sur la Rétine: & si l'on considére l'endroit où est cette membrane noire en toutes sortes d'oiseaux, on trouvera qu'il est un peu à côté de l'axe, & que les rayons des objets que les oiseaux regardent avec les deux yeux, tombent dessus précisément. Ce qu'on jugera facilement, si l'on remarque que les oiseaux n'ont pas les axes de leurs yeux paralleles, quand ils les tournent vers un même objet, mais un peu écartés; ce qui fait que les rayons de cet objet tombent obliquement sur leurs Cornées, & que, selon les régles de la réfraction, ils se rompent à côté des mêmes axes dans le fond de leurs yeux. Or, puisque la Rétine n'est point en cet endroit, ou qu'elle y est couverte par cette membrane noire qui arrête la lumière, & que personne ne doute que les oiseaux ne soient plus clair-voïans que les autres animaux; vous devez avouer que la Rétine n'est pas le principal organe de la vûë, & qu'il faut donner cet avantage à la Choroïde. Pour ce qui est de l'expérience de M. *Picard*, je la trouve fort bien inventée; mais elle est difficile, à cause du grand effort qu'il faut faire, pour fixer les deux yeux à un point qui n'en est éloigné que de quatre pouces au plus. En voici une autre, qui fait beaucoup moins de peine, & qui n'est pas moins surprenante: Attachez sur un fond obscur deux petits ronds de papier blanc à même hauteur, & à trois pieds l'un de l'autre: placez-vous vis-à-vis, à une distance de douze à treize pieds; & tenez votre pouce élevé devant vos yeux à une distance d'environ huit pouces, en sorte qu'il couvre à votre œil droit le papier qui est vers votre gauche, & à votre œil gauche le papier qui est vers votre droite: alors, si vous regardez votre pouce fixement avec les deux yeux, vous perdrez de vûë les deux papiers; ce qui procéde de ce que les yeux étant ainsi disposés, chacun d'eux reçoit sur son Nerf-optique l'image de l'un des papiers, & le pouce lui couvre l'autre.

On peut faire la même expérience avec deux chandelles allumées, observant les mêmes distances. Que si elles sont plus éloignées l'une de l'autre, il faut aussi s'en éloigner à proportion; c'est-à-dire, que si leur distance est de six pieds, il faut être éloigné de vingt-cinq pieds, & dans les autres distances à proportion: mais il faut que le pouce demeure toûjours dans la même situation à peu près; car si on le tenoit à un pied de distance des yeux, ou davantage, on verroit quatre chandelles au lieu de deux.

LET-

LETTRE
DE
MONSIEUR PERRAULT,
A
MONSIEUR MARIOTTE.

MONSIEUR,

J'ai été ſurpris de la nouveauté de votre merveilleuſe obſervation touchant la perte que l'on fait d'un objet lorſqu'il eſt en une certaine diſtance, & en ſituation convenable pour cela à l'égard de l'œil; mais je n'ai pu encore entrer dans les ſentimens que vous avez ſur la cauſe de cet accident, ni approuver les conſéquences que vous en tirez, pour perſuader que la Choroïde doit être reputée le principal organe de la viſion, & non la Rétine, ainſi qu'on le croit communément. Monſieur *Pecquet* m'aiant communiqué les raiſons qu'il vouloit oppoſer aux vôtres, dans un écrit qu'il vous adreſſe ſur ce ſujet, je l'ai fait ſouvenir d'une remarque que nous avons ſouvent faite enſemble dans les yeux de la plûpart des animaux, où la Rétine, en pluſieurs endroits, & apparemment au lieu où ſe fait la viſion des objets qu'on regarde directement, ſe voit traverſée par des vaiſſeaux remplis de ſang, qui étant des corps opaques d'une grandeur conſidérable, & interpoſés entre les objets & la Choroïde, devroient empêcher la vûë, ſi la Choroïde en étoit le véritable organe. Je ne ſçai ſi l'amour que chacun a pour ſes penſées, me trompe dans cette rencontre; mais je ne crois pas que l'on vous puiſſe faire une plus forte objection contre l'uſage que vous donnez à la Choroïde, ni trouver un argument plus convaincant, pour faire attribuer cet uſage à la Rétine. Le déſir que j'ai d'en avoir la ſolution, m'a porté à vous écrire en particulier ſur ce ſujet, voïant que Mr. *Pecquet*, qui demeure d'accord du fait, comme lui étant connu, de même qu'à tout le reſte de notre Compagnie, par pluſieurs expériences, n'a pas tiré les conſéquences dont ce fait fournit un fondement ſi raiſonnable contre votre opinion; & j'ai cru qu'il étoit néceſſaire de vous expliquer plus diſtinctement mes ſentimens qu'il n'a fait.

Ma

Ma pensée est, que pour la vision les espéces sont reçûes sur la surface antérieure de la Rétine qui est contigue à la surface de l'humeur vitrée; que cette surface ne sert à la vision que comme étant indivisible; que le reste du corps de cette membrane, qui a une épaisseur considérable, n'est nécessaire que pour rendre cette surface plus égale, ainsi que l'expérience fait voir aux enduits des murailles, qui ne peuvent avoir une surface bien unie, s'ils ne sont épais, suivant la remarque de *Vitruve*, qui les compare aux miroirs de métail, qui ne peuvent être polis quand ils sont minces; & qu'enfin la Choroïde étant enduite, comme elle est, d'une substance inégale, semblable à de la bouë noirâtre, mal détrempée, & qui ne peut avoir une surface polie, elle n'est point capable de recevoir l'impression des rayons qui partent des objets, autant qu'il est nécessaire.

Car il faut demeurer d'accord, que la polissure & l'exacte égalité de la surface de la membrane qui doit etre reputée l'organe de la vision, est une condition sans laquelle on ne peut concevoir que la vision se puisse faire. Vous sçavez que pour cette action il est nécessaire que de tous les points de l'objet il se forme des cones, aiant leur base à la Cornée, & que de la surface postérieure du Cristallin il parte autant de cones, aiant chacun un axe qui tombe sur la surface de l'organe perpendiculairement, ou à peu près. Car il faut supposer que la vision se faisant par le sentiment de l'impression que les objets font sur l'organe, l'organe doit être comme frappé par les espéces, & qu'il n'est frappé que foiblement par les rayons qui tombent obliquement. Or l'endroit de l'œil où se fait l'impression d'un grand objet, est si petit & si étroit, que dans un espace qui semble n'etre qu'un point, il faut qu'une infinité de points de l'objet soient reçûs: de sorte que l'espace, qui par exemple n'est pas plus grand que la tête d'une épingle, peut recevoir l'impression d'un objet beaucoup plus grand que la lune, supposé que toutes les parties qui composent cet espace de l'organe, fassent un champ capable de recevoir assez directement toutes les extrémitez des cones, qui ont leur base au Cristallin: au lieu que si cet espace est raboteux & inégal, il ne recevra l'impression que d'une si petite partie de l'objet, que l'on peut dire qu'il ne sera vû qu'imparfaitement.

Cette même raison fait qu'on ne peut pas dire que les vaisseaux qui sont dans la Rétine, sont trop petits pour faire que leur interposition empêchât la vûë de quelque objet: car quand ils ne seroient pas plus gros qu'un cheveu, c'est beaucoup plus qu'il ne faut pour recevoir l'impression d'une infinité de pointes des cones, par lesquelles est formée la représentation d'un objet d'une grandeur considérable, principalement s'il est éloigné. Or il n'y a que l'égalité de la surface de l'organe qui puisse faire qu'il y ait ce nombre suffisant de parties capables de recevoir l'impression des rayons; & il y a apparence que le défaut de cette égalité, qui vient ou des maladies, ou de la vieillesse, ou d'une

d'une mauvaise disposition naturelle, est une des causes de la foiblesse de la vûë; & qu'en ceux qui ne voient pas bien distinctement les objets éloignés, on peut autant accuser le manque de cette polissure de la Rétine, que la foiblesse des esprits visuels, ou la disposition peu commode du Cristallin. Car il est aisé de concevoir que l'image des choses éloignées ne pouvant être reçûe que sur une très-petite portion de l'organe, il n'est pas possible, si la surface de cet organe est inégale, qu'il reçoive comme il faut un assez grand nombre de rayons, pour avoir l'impression de toutes les particularitez de cette image; & qu'au contraire toutes ces particularitez sont aisément reçûes sur une plus grande portion, ainsi qu'il arrive quand l'objet est proche.

Cela étant ainsi, il faut remarquer que les rameaux des vaisseaux qui sont dans la Rétine, ne sont point capables de causer aucune inégalité dans sa surface; parce que ces vaisseaux se glissant dans son épaisseur, ils sont recouverts par sa dernière surface, qui conserve aisément sa polissure, à cause de la disposition de sa substance, qui se trouve fort commode pour produire cette égalité: car elle a une mollesse & une viscosité glaireuse, par laquelle elle prend la forme de la surface de l'humeur vitrée, qui communique la polissure que tous les corps liquides & homogènes ont ordinairement à leur surface; ce qu'elle fait encore par le moïen de la membrane qui l'environne, dont la polissure & l'égalité la fait appeller vitrée avec beaucoup de raison.

Il faut demeurer d'accord que cette égalité manque à la Choroïde & que ce défaut la rend mal-propre à recevoir l'impression des espéces. Mais elle en a encore un autre bien considérable, qui consiste dans la nature de sa substance, qui est tout-à-fait dénuée des qualitez nécessaires à un organe, tel que doit être celui de la vision: car cette action se faisant par un attouchement incomparablement plus délicat que n'est celui de tous les autres sens, son organe a dû aussi être pourvû d'une délicatesse qui le rendît perméable aux esprits les plus subtils, & obéïssant aux impressions les plus légéres. La Rétine a toutes ces qualitez en un souverain degré, puisqu'elle n'est autre chose que la substance du cerveau, la plus molle & la plus délicate de toutes les parties du corps, qui aiant été endurcie pour former le Nerf-optique, à qui cette fermeté étoit nécessaire pour passer par un assez long chemin, & pénétrer les os du crane, reprend sa première délicatesse, & même en acquiert encore une plus exquise, lorsque le Nerf-optique devient comme fondu, dissout, & étendu dans tout le fond de l'œil.

Or la Choroïde n'a aucune de ces qualitez; & si elle est une production de la Pie-mére, qui à la vérité est une membrane fort délicate & fort subtile dans tous les autres endroits du cerveau, elle perd cette qualité dans l'œil, où elle est sans comparaison plus dure & plus épaisse qu'ailleurs; & outre cela elle a une substance & un usage qui la rend tout-à-fait incapable de la sensibilité subtile que la vision requiert. Les

Anatomiſtes ont appellé cette membrane Choroïde, parce qu'elle eſt remplie d'un grand nombre de vaiſſeaux, comme la membrane qui enveloppe le *fœtus*, appellée *Chorion*. Mais cela lui eſt commun avec beaucoup d'autres membranes; & je crois qu'elle mérite encore mieux ce nom par la raiſon de ſon uſage, qui eſt pareil à celui de cette membrane de l'arrière-faix, que la nature a deſtinée pour préparer le ſang que la mere envoïe pour la nourriture de l'enfant. Car la diſſection fait connoître qu'une grande quantité de vaiſſeaux iſſus des rameaux de ceux qui ſont diſperſés dans les muſcles couchés ſur le globe de l'œil, percent la membrane Sclérotique en pluſieurs endroits, pour entrer & ſe repandre dans la Choroïde, dans laquelle il y a grande apparence que le ſang, dont les parties internes de l'œil doivent être nourries, laiſſe ce qu'il a de groſſier & d'opaque, parce que ces parties étant admirablement nettes & tranſparentes, elles ne pourroient ſe nourrir que d'une ſubſtance, qui, comme elle, fût claire & tranſparente. C'eſt ce qui fait que la Choroïde eſt noircie & ſalie de la craſſe, & des parties terreſtres du ſang, qui, d'autant plus qu'elles la rendent mal-propre à recevoir l'impreſſion des eſpéces & l'influence des eſprits, lui donnent une plus grande opacité, qui n'eſt pas d'une petite utilité pour la viſion.

Les réflexions que j'ai faites ſur toutes ces choſes, me font croire que la partie glaireuſe de la Rétine, qui, ainſi que j'ai dit, eſt comme une diſſolution de la ſubſtance du Nerf-optique, eſt l'organe immédiat de la viſion, & que les filets qui y ſont entremêlés, & qui la font appeller Rétine, ne contribuent à cette action que par le moïen de cette partie glaireuſe; en ſorte qu'ils ſervent plûtôt à la diſtribution des eſprits, & aux autres commerces que les ſens ont avec le cerveau, qu'à recevoir immédiatement l'impreſſion des rayons, ainſi que quelques-uns eſtiment: du moins leur opinion repugne à mon ſyſtême, qui établit l'égalité parfaitement uniforme d'une ſurface pour un organe propre à la viſion, & que les parties d'une membrane qui n'eſt ni continue, ni égale, ſeroient incapables de recevoir l'impreſſion de tous les points des objets, dont il y en auroit néceſſairement beaucoup qui tomberoient ſur les intervalles qui devroient être entre ces extrémitez des filets, & ce qui ſe perdroit dans ces intervalles, devroit faire perdre une grande partie des objets, ſuivant les hypothèſes que j'ai expliquées.

On peut ajoûter encore d'autres choſes, pour faire voir que la Choroïde ne peut être l'organe de la viſion; comme de dire qu'elle n'a aucun commerce avec le Nerf-optique, qu'elle eſt recouverte à l'endroit où ſe fait la viſion directe par une autre membrane que nous appellons le Tapis, qui eſt ſéparable de la Choroïde, & qui n'en a pas toûjours la noirceur, mais qui eſt ordinairement teinte & diverſifiée de certaines couleurs moïennes & douces; telles que ſont le verd, le bleu, le doré, l'argenté, la nacre-de-perle, &c. D'où il paroît que la couleur n'eſt point une condition néceſſaire à la viſion, & dont on peut encore

tirer

tirer d'autres conséquences peu favorables à l'usage que vous donnez à la Choroïde, & que je ne doute point que Monsieur *Pecquet* ne fasse valoir dans la lettre qu'il vous écrit. Je me contente seulement des raisons & des faits que j'ai avancés. Car je crois, Monsieur, que si ces choses me sont accordées, ainsi que je crois qu'il est raisonnable, je n'aurai pas beaucoup de peine à rendre la raison de votre phénomène, sans ôter à la Rétine l'office dont elle est en possession : car, supposé que l'égalité d'une surface soit nécessaire à l'organe de la vision, il n'est pas difficile de concevoir que l'endroit où la Rétine naît du Nerf-optique, y soit mal-propre, puisqu'en cet endroit elle ne peut avoir la polissure qu'elle a dans le reste du dedans de l'œil ; parce que toutes les fibres qui se distribuent dans la Rétine, sont ramassées en cet endroit, & ne sont point cette substance homogène, qui est si commode à l'égalité de la surface dont il s'agit. Car cette partie du Nerf-optique, qui fait comme un fagot de fibres serrées dans le trou dont la Choroïde est percée à l'endroit du Nerf-optique, doit être moins propre à cette égalité que ne sont les extrémitez des fibres éfilées & dissoutes à peu près comme les fils de la toile le sont quand on en fait du papier, qui est une substance bien égale & bien polie, si on la compare avec de la toile.

On peut encore ajoûter, que cet endroit où le Nerf-optique n'est pas encore dilaté pour se mêler dans la Rétine, est une partie tout-à-fait différente de la Rétine ; soit que l'on conçoive que tous les esprits dispersés dans la Rétine doivent passer avec plus d'impétuosité par ce petit endroit, & y être ramassés ; ou que toutes les fibres, dont les extrémitez repandent dans la partie dissoute les esprits visuels, y sont resserrées. Car si l'expansion des fibres, la dilatation des esprits, & leur tranquillité est propre à la vision dans tout le reste de la Rétine, il est raisonnable de conclure que ce resserrement des fibres vers l'entrée du Nerf-optique, & le mouvement précipité des esprits, n'y est pas favorable.

Enfin cet endroit de la Rétine peut aussi être rendu mal-propre à la vision, comme vous l'estimez, par le défaut de la Choroïde qui est percée ; mais il ne s'ensuit pas de là que la Choroïde serve autrement à la vision que comme un des organes qui y contribuent quelque chose, sçavoir, en fermant toutes les avenuës à la lumière, & l'empêchant d'entrer par autre part que par la Prunelle : car il y a quelque raison de croire que la substance diaphane des paupières, des muscles, des glandes de l'œil, & des autres parties qui sont entre la Choroïde & l'orbite, peuvent par derrière donner quelque entrée à la lumière, jusqu'à l'endroit où ce défaut de la Choroïde se rencontre. Aussi semble-t-il que dans la nécessité qu'il y avoit de percer la Choroïde, pour donner passage dans l'œil au Nerf-optique, la nature ait eu soin d'étrécir cette ouverture autant qu'il étoit possible, puisqu'il se trouve qu'elle

fait toûjours un trou beaucoup plus étroit qu'il ne faudroit pour le Nerf-optique, qui se resserre en cet endroit pour se rélargir ensuite, en donnant naissance à la Rétine. Or ce trou par lequel la Rétine est en quelque façon illuminée, la prive de la principale disposition qu'elle doit avoir pour la vision, qui est d'être capable de l'altération par le moïen de laquelle la vision se fait: car la Rétine étant ainsi déja illuminée par derrière, n'est pas capable d'être illuminée par devant que très-foiblement par les rayons visuels; de même qu'une chambre qui a déja une fenêtre ouverte, n'est illuminée que foiblement lorsqu'on en ouvre une seconde, si l'on compare cette illumination à celle qu'elle reçoit par l'ouverture de la première, qui trouvant la chambre absolument obscure, y cause un changement bien notable par la première introduction de la lumière.

Ainsi vous voïez, Monsieur, que quand le défaut d'une partie de la Choroïde au droit du Nerf-optique contribueroit à empêcher la vision, cela ne prouveroit pas que cette membrane fût autre chose qu'un organe nécessaire à la perfection de cette action; ainsi qu'il y a plusieurs autres organes, comme la Pupille, le Ligament Ciliaire, le Cristallin, & les autres humeurs de l'œil, dont les dispositions convenables aident à la vision, mais qui n'en peuvent être reputés l'organe principal, comme la Rétine, &c.

RÉPONSE
DE
MONSIEUR MARIOTTE
A LA LETTRE DE
MONSIEUR PERRAULT.

MONSIEUR,

Je n'ai pas entrepris une petite affaire lorsque je me suis engagé à défendre les droits de la Choroïde, & je n'ose presque m'en promettre un heureux succès. Ceux qui n'ont pas une connoissance exacte de l'Anatomie de l'œil, & des régles de l'Optique, ne pourront comprendre ni mes raisonnemens, ni les faits que je suppose; & les Sçavans, par-

particulièrement les Sectateurs de la nouvelle Philosophie, étant prévenus, comme ils sont, en faveur de la Rétine, chercheront toûjours quelque nouvelle difficulté à m'opposer.

Tout ce que j'ai pu dire, ou écrire sur ce sujet jusques ici, n'a persuadé que fort peu de personnes; & la nouveauté, qui est ordinairement si bien reçûe, ne m'a pas été favorable en cette rencontre. Je ne me rebûte pas pourtant; je trouve ma cause trop bonne pour l'abandonner; & quoique vrai-semblablement j'aie épuisé tout ce que je sçavois sur cette matière dans ma seconde lettre à Monsieur *Pecquet*, il me reste encore plusieurs raisons assez bonnes pour opposer à celles que vous emploïez pout combattre mon opinion. J'avoue, Monsieur, que la plûpart de vos objections sont très-fortes, & très-ingénieusement inventées: mais je ne les trouve pas convaincantes; & je crois pouvoir aisément les résoudre, & vous éclaircir suffisamment de vos doutes.

Toutes les difficultez que vous me faites, peuvent se réduire à trois principales.

La *première*, que les vaisseaux remplis de sang qui sont dans la Rétine, empêcheroient la vision, si la Choroïde en étoit le véritable organe.

La *seconde*, que la Choroïde n'est pas propre à cet usage pour plusieurs raisons, dont les principales sont: qu'elle est raboteuse, & inégale; qu'elle est trop dure, & trop épaisse; que les vaisseaux pleins de sang qui s'y repandent, y laissent une crasse & une noirceur qui l'empêche de bien recevoir l'impression de la lumière; & que cette membrane n'a point de commerce avec le Nerf-optique.

La *troisième*, que la Rétine est très-propre pour être le principal organe de la vision, & que supposant cette vérité, il est facile d'expliquer le défaut de vision qui se fait sur la base du Nerf-optique, par l'une ou l'autre des deux causes que vous apportez.

Pour suivre le même ordre, je diviserai ma réponse en trois parties.

Dans la *première*, je ferai voir que les vaisseaux de la Rétine, & leur disposition, fournissent des preuves très-fortes pour établir mon opinion, bien loin de la détruire.

La *deuxième* contiendra plusieurs raisons & expériences pour prouver que la Choroïde est très-propre pour l'usage que je lui attribue, dont les plus considérables sont: qu'elle est très-polie, & égale, & nullement raboteuse; qu'elle n'est ni dure, ni épaisse, mais souple & déliée, à fort peu près comme la Pie-mére dans le cerveau; que les vaisseaux pleins de sang dont elle est traversée, aident à la vision, bien loin de lui nuire; que la noirceur qu'ils y laissent, & dont elle est enduite & pénétrée, est nécessaire pour la rendre suffisamment sensible aux impressions de la lumière; & qu'elle a une parfaite communication avec le Nerf-optique, & avec le cerveau.

Dans la *troisième* & dernière, je tâcherai de faire connoître que la Rétine

tine n'eſt pas propre pour l'uſage que vous lui attribuez, & que les deux cauſes que vous donnez du défaut de viſion qu'on obſerve dans mon expérience, ne ſont point dans la nature, & n'ont nulle exiſtence réelle; & que ſi elles avoient quelque exiſtence, elles cauſeroient le même défaut dans les autres parties de la Rétine, & ſupprimeroient entièrement la viſion.

Je crains ici, Monſieur, que ceux qui mépriſent la Philoſophie, ne trouvent un ſujet de raillerie dans la diverſité de nos aſſertions, qui ſont ſi manifeſtement oppoſées; & je ne puis déviner moi-même d'où peut proceder qu'en une choſe de cette nature nous puiſſions avoir des vûës ſi différentes. Eſt-ce que nous avons manqué d'exactitude & de préciſion dans nos obſervations? Eſt-ce que les yeux des hommes & des animaux ſur leſquels nous les avons faites, avoient des diſpoſitions & des ſtructures différentes; ou plûtôt que l'amour de nos inventions & des opinions dont nous ſommes prévenus, nous faſcine l'eſprit & les yeux, pour nous empêcher de faire des réflexions ſur ce qui eſt contraire à nos hypothèſes, & pour nous faire appercevoir les choſes autrement qu'elles ne ſont? Mais quelles que puiſſent être les cauſes de cette contrariété de ſentimens, je vais tâcher de vous expliquer les miens, & de ſatisfaire à ce que j'ai promis.

Pour réſoudre votre première difficulté, je ſuppoſe trois choſes, que je ne doute point que vous ne m'accordiez, puiſqu'elles vous ſont très-connues.

La *première* eſt, que lorſque quelque endroit de l'organe de la viſion a reçû l'impreſſion d'un objet lumineux ou illuminé, cette impreſſion continue encore quelques momens: on en voit l'expérience lorſqu'on tourne en rond aſſez vîte un carbon ardent; car il paroît ſemblable à un cercle de feu, à cauſe que la ſeconde impreſſion de la lumière ſe fait avant que la première ſoit effacée.

La *ſeconde* eſt, que les fibres de l'organe de la viſion étant ébranlées par la réception de quelques rayons qui s'y réüniſſent, les fibres contigues, où il ne tombe aucun rayon, ne laiſſent pas d'en être ébranlées, & de donner une fauſſe apparence de lumière, qui amplifie la grandeur apparente du corps lumineux: c'eſt par cette raiſon que la flamme d'une chandelle un peu éloignée paroît la nuit beaucoup plus grande qu'elle ne devroit paroître.

Ma *troiſième* ſuppoſition eſt, que les yeux ſont extrêmement mobiles, & que ce qui nous fait voir ſi-tôt le détail exact d'un objet entier, eſt la promptitude avec laquelle nos yeux en parcourent toutes les parties par la vûë directe, comme on le connoît quand on lit: car encore qu'on apperçoive en même tems toutes les lignes d'une page par la vûë oblique, on ne peut les lire qu'en parcourant ſucceſſivement avec la vûë directe tous les mots, & preſque toutes les lettres de chaque mot; d'où il arrive que l'habitude que nos yeux ont à ce

mou-

mouvement, nous empêche de les fixer facilement pendant un tems considérable à un point déterminé.

Ces choses étant accordées, examinons votre première objection. Vous dites, Monsieur, que les vaisseaux de la Rétine empêcheroient la vision, si la Choroïde en étoit le vérirable organe, & qu'ils ne peuvent l'empêcher en la surface antérieure de la Rétine; & vous croïez que cette proposition est un argument convaincant pour détruire mon opinion.

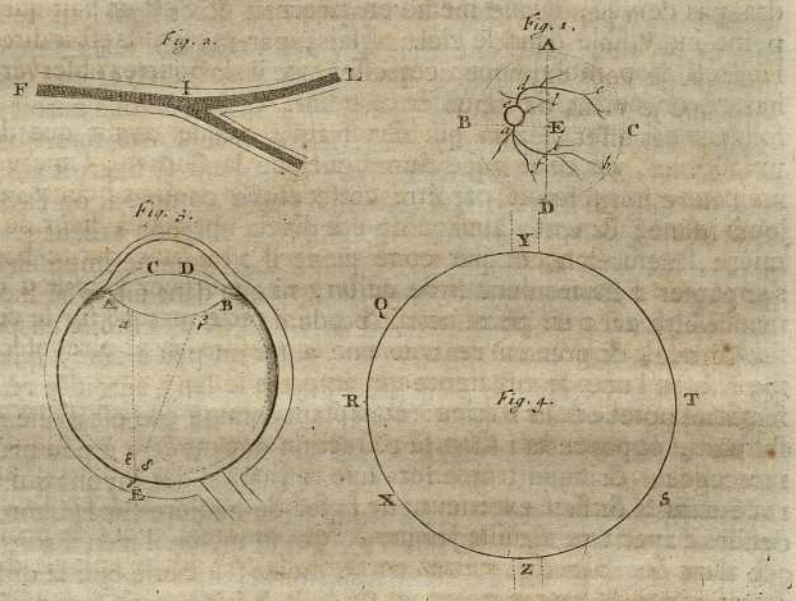
Mais si vous entendez que ces vaisseaux causeroient seulement quelques défauts de vision peu considérables, je me sers de votre assertion contre vous-même: car je soûtiens qu'il y a de ces vaisseaux qui causent des défauts de vision; & parce qu'ils ne peuvent faire cet effet en la surface antérieure de la Rétine, puisqu'ils sont placés au-dessous selon votre hypothèse, il s'ensuit que cette surface n'est pas le véritable organe de la vision comme vous le prétendez.

Que si vous entendez que ces vaisseaux feroient un préjudice notable à la vision, ou la supprimeroient entièrement, voici quelles sont mes pensées sur ce sujet. Je dis premièrement, que ces vaisseaux ne peuvent causer aucun défaut de vision sur la Choroïde quand on regarde les objets avec les deux yeux, parce qu'alors ils ne peuvent nuire ni à la vision directe, ni à la vision oblique: ils ne peuvent nuire à la vision directe, parce qu'il n'y a point de ces vaisseaux en l'endroit où l'axe de la vûë perce la Rétine, ni dans un espace considérable à l'entour: ils ne peuvent aussi nuire à la vision oblique, parce que les rayons d'un même point lumineux ne tombent pas sur les mêmes endroits dans chacun des yeux; & c'est par la même raison que lorsqu'on a les deux yeux ouverts, on ne s'apperçoit pas du défaut de vision qui se fait sur les bases des Nerfs-optiques. Je dis encore, que les vaisseaux de la Rétine qui sont proches de l'axe de la vûë, ne peuvent causer aucun défaut sensible de vision dans un seul œil, pour plusieurs raisons, dont les plus importantes sont: que ces vaisseaux sont transparens, & nullement opaques; que les petits filets de sang qui y coulent, n'ont pas plus d'épaisseur qu'un cheveu, c'est-à-dire, que la vingt-quatrième partie d'une ligne; & qu'étant situés la plûpart en la surface de la Rétine contigue à la membrane de l'humeur vitrée, ils sont trop éloignés de la Choroïde pour intercepter tous les rayons qui partent d'un point lumineux, & ils en laissent assez passer pour faire appercevoir les plus petits objets, s'ils sont suffisamment éclairés. Et à l'égard des vaisseaux qui sont plus éloignés de l'axe de la vûë, je demeure d'accord qu'il y en a quelques-uns dont les filets de sang sont assez gros pour causer quelque défaut de vision, particulièrement à leur sortie de la base du Nerf-optique, & dans les angles de leurs ramification: mais ces défauts de vision étant beaucoup moins considérables que celui qui se fait sur la base du Nerf-optique, puisque la lar-

largeur de cette base est sept ou huit fois plus grande que l'épaisseur des plus gros filets de sang de ces vaisseaux, il s'ensuit qu'il est très-difficile de s'en appercevoir; & on sera persuadé de cette difficulté, si l'on considére qu'avant mon observation on ne s'étoit point apperçû de celui qui se fait sur cette base; & c'est pour ce sujet que je n'ai point parlé de ces petits défauts dans ma seconde lettre à Monsieur *Pecquet*. On peut pourtant les remarquer, & c'est un fait que je dois établir aussi-bien que les autres que j'ai avancés, c'est-à-dire, qu'il faut que je vous explique de quelle sorte vous pourrez observer tous les faits que je viens de supposer.

Pour cet effet aïez un œil bien frais, auquel avant que de l'ôter de l'orbite, on ait marqué deux lignes sur la Cornée, l'une verticale, & l'autre horisontale, se coupant à angles droits au centre de cette membrane; & après avoir coupé le Nerf-optique à fleur de la Choroïde, mesurez la circonférence de l'œil avec une petite bandelette de papier d'environ une ligne de largeur; marquez le milieu de cette bandelette avec un point noir, & posez cette marque sur le centre de la Cornée, & prenant de nouveau la mesure de la circonférence de l'œil selon l'une de ces lignes tracées, vous marquerez sur la Sclérotique le point où les extrémitez de la bandelette se rencontreront dans la partie opposée à la Cornée; faites la même chose à l'égard de l'autre ligne, & vous trouverez à fort peu près le point de l'axe de la vûë dans la surface extérieure de la Sclérotique; percez l'œil en cet endroit avec une aiguille jusques à deux ou trois lignes de profondeur, & aiant ôté l'aiguille, mettez en sa place une petite épingle d'environ trois lignes de longueur, ou un petit clou à tête plate; coupez ensuite l'œil par la moitié, de la manière que je l'ai expliqué dans ma seconde lettre à Monsieur *Pecquet*, & vous verrez distinctement qu'il n'y aura aucun filet de sang dans l'endroit où le petit clou aura percé la Rétine, ni dans un espace assez considérable à l'entour (dans les yeux des bœufs cet espace répond à l'ouverture oblongue de l'Uvée, & est à peu près d'une même figure & d'une même grandeur) vous verrez aussi la disposition des vaisseaux de la Rétine, à peu près comme ils sont représentés en la figure 1e. à la page suivante, en laquelle le cercle ABCD représente la Rétine dans le fond de l'œil; le petit cercle *a e*, la base du Nerf-optique; AEC, BED, les projections de deux lignes qu'on suppose se couper à angles droits au point E, & représenter les sections des plans qui passeroient par les deux lignes tirées sur la Cornée; E, le point où l'axe de la vûë perce la Rétine; *edc*, *afb*, deux des plus larges vaisseaux de la Rétine, dont les troncs sortent presque toûjours du milieu de la base du nerf; *dl*, *fi*, deux petits rameaux de ceux qui sont les plus proches du point E: il est vrai que ces choses peuvent n'être pas précisément de même en toutes sortes d'yeux; mais la différence en étant peu considérable, on ne laiſ-

laiſſera pas d'en tirer les mêmes conſéquences. Il faudra lever enſuite l'humeur vitrée de deſſus la Rétine, & vous remarquerez que le ſang de ſes petits vaiſſeaux eſt d'un rouge très-vif; ce qui marque ſuffiſamment que les membranes qui le contiennent, ſont diaphanes & tranſparentes; car ſi elles étoient opaques, le ſang y paroîtroit livide comme dans



les veines des autres parties du corps. Mais, pour être plus aſſûré de cette tranſparence, levez-en quelques filamens avec une aiguille; ce qui eſt facile, car ils ſont la plûpart à fleur de la Rétine: mettez un petit carton par deſſous; & quand ils y ſeront joints, coupez-en les extrémitez, & regardez ce qui ſera ſur le carton avec un bon microſcope: ces petits vaiſſeaux coupés vous paroîtront à peu près comme la figure marquée 2, en laquelle la ligne noire F I L repréſente le filet de ſang, & tout le reſte eſt l'épaiſſeur de la membrane, qui vous paroîtra fort tranſparente, & beaucoup plus large que le filet de ſang.

Conſidérez maintenant la figure de l'œil marquée 3, en laquelle A B repréſente le criſtallin, C D l'ouverture de l'uvée, $\alpha\beta\gamma$ un cone de lumière produit d'un ſeul point d'un corps lumineux, $\delta\varepsilon$ une partie de la ſurface antérieure de la rétine proche de l'axe, qui ſert de baſe au petit cone $\delta\varepsilon\gamma$ partie du grand $\alpha\beta\gamma$. Or C D ouverture de l'uvée eſt ordinairement de $\frac{4}{3}$ de ligne, & $\alpha\beta$ eſt à peu près de même largeur; $\beta\gamma$ eſt environ de ſix lignes $\frac{2}{3}$ ou $\frac{20}{3}$, & $\gamma\varepsilon$ d'un tiers de ligne: mais comme $\beta\gamma$ $\frac{20}{3}$ eſt à $\alpha\delta$ $\frac{4}{3}$, ainſi $\delta\gamma$ $\frac{1}{3}$ eſt à $\delta\varepsilon$: Donc $\delta\varepsilon$ ſera environ $\frac{1}{15}$ de ligne. Mais, j'ai ſuppoſé que les petits filets de ſang

des plus petits vaisseaux n'avoient que la vingt-quatrième partie d'une ligne de largeur. Donc δε sera à l'épaisseur de ce petit filet de sang, comme vingt-quatre à quinze; & par conséquent s'il se rencontre un petit vaisseau dans l'espace δε, une partie considérable de ce cone de lumière passera deçà & delà du petit filet de sang jusques à la Choroïde; & si ce cone de lumière est produit par une étoile, on ne la perdra pas de vûë, quand même on pourroit fixer l'œil long-tems à un point indivisible dans le ciel. Mais, par ma troisième supposition, l'œil est trop mobile pour cet effet, & il doit arriver que quand par hazard on auroit fixé l'œil à ce point, & que l'étoile auroit été vûe foiblement, l'impression qui seroit restée de la vûë immédiatement précédente, & celle qui suivroit lorsque l'œil se fixeroit ailleurs un moment après, feroit paroître cette étoile comme si on l'avoit toûjours vûe également, ainsi qu'il a été dit du charbon ardent en la première supposition; & par conséquent il est comme impossible qu'on s'apperçoive de ces défauts de vision, ni que dans une vûë médiocrement oblique il paroisse qu'on ait perdu de vûë une étoile un peu considérable, lorsqu'on en regarde une autre un peu à côté, quand même la membrane transparente qui enferme le sang, auroit la réfraction semblable à celle de la Rétine: mais étant comme elle est d'une matière sulfurée, & par cette raison sa réfraction devant être à peu près comme celle du Cristallin, il se fera une réfraction des rayons qui tomberont dessus, & ils feront un petit foyer de lumière sur la Choroïde au-dessous du petit vaisseau au point γ, quand même il n'en seroit éloigné que d'un quart de ligne, ou encore moins; à cause que la différence de réfraction de ces membranes & de la Rétine étant fort petite, les rayons qui se rompent vers les extrémitez des petits vaisseaux, passent à côté des petits filets de sang. Ceux qui sçavent les régles de l'Optique, comprendront facilement cette raison, & ceux qui ne les sçavent point, pourront connoître la vérité de l'effet par l'expérience suivante:

Il faut avoir un tuyau de verre fort menu, comme d'une ligne, & l'emplir d'encre, en le trempant dedans; & après l'avoir essuïé en dehors, il faut l'exposer au soleil, & mettre un petit papier fort près au-dessous; & on verra que le petit tuyau fera ombre de toute sa largeur sur le papier. Mais, si on met dans de l'eau très-claire le tuyau avec le papier, & qu'il soit exposé de la même manière au soleil, on verra une petite lumière réünie sur le papier, directement au-dessous du tuyau; & on pourra juger la même chose à l'égard des petits vaisseaux de la Rétine: d'où il est facile de connoître, que lorsque la lune est vûe obliquement, on ne peut s'appercevoir d'aucun défaut de vision au sujet de ces vaisseaux, parce que la lune étant plus large de beaucoup qu'une étoile, sa lumière doit faire un foyer considérable passant par les membranes transparentes de ces vaisseaux; & la lumière

de

de ce foyer, aussi-bien que celle qui passe à côté de ces membranes sur la Choroïde, ébranle les fibres des nerfs voisins, où il ne tombe point de lumière de la lune sur la Choroïde, qui est d'environ $\frac{1}{16}$ de ligne, si la concavité du fond de l'œil est d'une sphére de sept lignes de rayon; & quand même les fibres des nerfs voisins ne seroient point ébranlées, on ne laisseroit pas de la voir, parce que cette lumière n'étant pas encore réünie, lorsqu'elle traverse la surface antérieure de la Rétine où sont les vaisseaux, elle y occupe un espace plus grand que la seizième partie d'une ligne. Par les mêmes raisons on ne verra point de défaut de vision à l'égard d'un grand papier qu'on voit obliquement, ou d'un autre objet d'une grandeur considérable; & par conséquent il n'y a point d'endroit dans la Choroïde au fond de l'œil où il ne se fasse quelque vision. Pour l'observation des pertes des petits objets par l'interposition des plus gros filets de sang, voici comme je la fais:

Je prens un cercle de papier d'un pied de diamétre, représenté par le cercle QRXT dans la figure quatrième, que j'applique contre un fond obscur: je mets environ à deux pieds de distance à droite un petit papier fort blanc & fort éclairé d'un demi pouce de diamétre; & je m'éloigne de ces papiers de dix pieds plus ou moins, jusques à ce que fixant l'œil droit sur le plus proche bord du grand rond de papier, je perde de vûë le petit, & que le fixant aussi à l'autre bord opposé, il me disparoisse aussi: il ne faut pas que le petit papier soit à même hauteur que le centre du grand, mais il doit être environ quatre pouces plus bas; enfin j'augmente ou je diminue ces distances, & je tâtone jusques à ce que promenant mon œil sur la circonférence du grand papier, je perde toûjours le petit, & que regardant un peu à côté, comme vers les points Q, R, S, T, je le revoïe; & alors je m'apperçois que vers les endroits marqués Y & Z, au-dessus & au-dessous du diamétre vertical de ce cercle, il y a un espace grand d'environ trois pouces, & de trois ou quatre lignes de largeur, où fixant l'œil, je perds encore le petit papier; ce que je ne peux attribuer qu'aux deux troncs des vaisseaux *afb*, *edc*, (Fig. 1e.) qui au sortir de la base du Nerf-optique couvrent un espace de la Choroïde assez large, & en sont assez proches pour causer en cet endroit un défaut de vision. Et pour m'appercevoir des défauts de vision qui se font par l'interposition des gros vaisseaux *afb*, *edc*, dans quelques autres endroits plus éloignés de la base du nerf, je me sers de deux ou trois bandelettes de papier, larges d'un demi pouce, & longues d'un pied, marquées en travers de plusieurs grosses rayes noires; je les applique sur le même fond entre le grand & le petit papier environ deux pieds plus haut à une distance de trois ou quatre pouces l'une de l'autre, & dans une situation verticale; & alors étant assis à la même distance qu'auparavant, & aiant la tête appuïée fermement, je parcours avec le même œil les rayes noires de ces papiers, & les intervalles blancs, & je rencon-

tre presque toûjours quelque point, où fixant l'œil je perds de vûë le petit papier; ce qui arrive à ce que je crois, lorsque ses rayons tombent sur les angles des ramifications de ces gros vaisseaux *ab*, *ec*, ou dans leurs autres parties qui ont une largeur suffisante. J'ai fait plus de vingt fois cette expérience, & je puis vous assûrer y avoir presque toûjours réussi. Mais, parce que lorsqu'on fixe trop long-tems un œil sur quelque point, la vûë se trouble un peu, & on perd souvent de vûë un petit objet qui est beaucoup à côté, pour m'assûrer que la perte que je faisois du petit papier, ne procedoit pas de cette cause, je fermois l'œil un peu de tems, le tenant toûjours dans la même situation; & l'ouvrant tout à coup, je le fixois au point que j'avois remarqué, & souvent le petit papier me disparoissoit; & le fixant ensuite un peu plus haut, ou un peu plus bas, je le revoïois; ce qui m'a suffisamment assûré qu'il se fait quelques défauts de vision par l'interposition des vaisseaux de la Rétine. Mais cette expérience est très-difficile, & je crois que peu de personnes auront la patience de la faire, & de s'accoutumer à fixer assez long-tems un œil à un point déterminé; ce qui est nécessaire: car si on ne l'y fixe qu'un moment, on croira avoir toûjours vû le petit papier, suivant ce qui a été dit ci-dessus. Par ces expériences & par ces raisonnemens vous pouvez connoître que les vaisseaux de la Rétine me fournissent une preuve très-forte contre votre systême: & puisque la nature a affecté de ne point placer de ces vaisseaux vers l'endroit où se fait la vision directe, que ceux qu'elle a placés près de cet endroit, sont très-peu larges, qu'ils ont tous leurs membranes transparentes, qu'ils sont éloignés de la Choroïde le plus qu'il a été possible, & que toutes ces précautions sont nécessaires pour empêcher des défauts considérables en la vision, si la Choroïde en est le principal organe; il faut croire que cette membrane a été destinée pour cet usage, & c'en est une preuve très-forte, & qui pourroit suffire, quand même il n'y auroit point d'autres raisons plus convaincantes.

La plûpart des faits que vous posez, pour soûtenir que la Choroïde n'est pas propre pour être l'organe de la vision, & les conséquences que vous tirez de ceux dont je demeure d'accord, me semblent avoir peu d'exactitude. Mais sans m'arrêter à les considérer en détail, je me contenterai de dire ici les propriétez que j'ai remarquées en cette membrane, & que vous pourrez remarquer comme moi, si vous les observez avec la même méthode.

Après avoir levé doucement la Rétine de dessus la Choroïde d'un œil demi coupé, soit d'un homme, ou d'un oiseau; j'expose le concave de cette dernière membrane à quelques objets terminés par des lignes droites, comme des clochers, des tours, des cheminées, &c. & j'y vois toutes les extrémitez de ces objets, & tous leurs linéamens exactement représentés sans se confondre avec le bleu de l'air, en sorte qu'il

qu'il n'y a point de miroir concave qui puiſſe les repréſenter mieux : or c'eſt ce qui n'arriveroit pas, ſi la Choroïde étoit raboteuſe & inégale, comme vous le penſez. Il eſt vrai que ſi je la frotte avec le doigt, je briſe un enduit noir ou petite pellicule qui la couvre, qui eſt beaucoup plus délicate que l'épiderme de la peau de la main, & je ſalis par la noirceur de cet enduit une humidité aqueuſe & claire que la Rétine y laiſſe ; & alors il paroît ſur mon doigt de petits fragmens noirâtres, mêlés avec une partie de cette humidité qui s'y attache, qui eſt ce que vous appellez une bouë noirâtre mal détrempée. Mais vous n'en pouvez tirer aucune conſéquence contre la poliſſure & l'égalité de la Choroïde, lorſqu'elle eſt en ſon état naturel, non plus que ſi vous aviez frotté le vif-argent qui eſt derrière un miroir, & qu'en s'attachant à votre doigt il vous parût inégal comme du ſable, ou de la poudre groſſière, vous ne pourriez conclure que ſa ſurface qui touche le verre, ne fut très-polie & très-égale avant que vous y euſſiez touché : & je m'étonne que vous puiſſiez douter de cette égalité de la Choroïde, puiſque le même raiſonnement que vous emploïez pour prouver que la ſurface antérieure de la Rétine eſt polie & égale, peut ſervir auſſi pour prouver la même choſe à l'égard de la Choroïde ; car la concavité de la Sclérotique étant polie, & la ſurface convexe de l'humeur vitrée l'étant auſſi, il eſt difficile que la Rétine & la Choroïde, qui ſont preſſées & ſerrées entre ces deux ſurfaces, ne s'accommodent à leurs figures. On peut connoître auſſi avec la ſimple vûë la poliſſure de la Choroïde ; mais elle paroît mieux dans les yeux des animaux à quatre pieds, à cauſe qu'une grande partie de cette membrane y eſt d'une couleur blanchâtre, qui la fait mieux diſcerner. Je ne détermine point ſi la viſion ſe fait ſur cette première ſurface de la Choroïde, que vous appellez le Tapis, ou ſi ce Tapis ne ſert que d'épiderme ; car il eſt croïable que les fibres de la Pie-mére s'y étendent auſſi-bien que dans le reſte de la Choroïde, puiſque ſa partie noire & ſa partie blanchâtre ont une même continuïté de fibres.

Après avoir examiné cette première ſurface, je léve la membrane entière, & je remarque que dans les yeux des hommes elle eſt mince & déliée comme une feuille de papier fin, c'eſt-à-dire, à peu près comme la Pie-mére dans le cerveau. Je remarque auſſi, que dans la partie contigue à la Sclérotique, il y entre pluſieurs petits vaiſſeaux remplis de ſang : mais ces petits vaiſſeaux s'y entrelaſſent ſi bien avec les parties nerveuſes, qu'il eſt difficile de les diſtinguer ; & par cette raiſon ils ne peuvent non plus empêcher l'impreſſion de la lumière ſur cette membrane, que les vaiſſeaux qui s'étendent & ſe repandent dans la peau de la main, n'empêchent pas que le feu ne produiſe en toutes ſes parties le ſentiment de la chaleur, & que la pointe d'une aiguille n'y faſſe ſentir ſa piquûre en quelque endroit qu'on l'y applique, ſans que l'épiderme inſenſible qui la couvre, ni les petits vaiſſeaux pleins de

ſang, ou d'autre liqueur, qui y ſont repandus, puiſſent nuire à ces ſentimens; & même il arrive quelquefois qu'un des doigts de la main devient pâle & décoloré, & alors il n'a pas le ſentiment ſi vif que les autres, comme ſi le ſang contribuoit au ſentiment en échauffant les nerfs, ou par quelque autre propriété. A l'égard de la noirceur qui paroît dans la Choroïde, elle eſt abſolument néceſſaire pour une viſion exquiſe, comme je l'ai prouvé dans ma ſeconde lettre à Monſieur *Pecquet*: & vous ſçavez auſſi-bien que moi, que ſi on expoſe du marbre blanc & du marbre noir au ſoleil en Eté, le noir deviendra beaucoup plus chaud que le blanc; & que lorſqu'on ne peut allumer du papier blanc au ſoleil avec un verre convexe, on n'a qu'à le frotter d'encre, ou le ſalir avec du ſuc de quelque herbe, ou de quelque autre choſe, pour y faire voir le feu preſqu'en un moment.

J'avois fait deſſein de montrer ici que la Choroïde a plus de communication avec le Nerf-optique, & enſuite avec le cerveau, que la Rétine; mais parce que vous pourrez voir les raiſons que j'en donne dans ma ſeconde lettre à Monſieur *Pecquet*, j'ai cru que ce ſeroit une choſe inutile de les repéter. Il me ſuffit de dire, que ſi par le Nerf-optique vous entendez ſa moelle, l'objection que vous me faites qu'il n'a point de commerce avec la Choroïde, eſt une pétition de principe, puiſque je ſoûtiens que cette partie du Nerf-optique eſt inſenſible à la lumière.

Je ne m'arrêterai pas auſſi à redire les raiſons qui ſont dans la même lettre, pour montrer que la Rétine n'eſt pas propre pour être l'organe de la viſion. J'ajoûterai ſeulement, que ſa première ſurface étant conſidérée comme indiviſible, eſt un être Mathématique, qui ne peut produire ni recevoir aucun effet naturel; & qu'étant conſidérée comme aiant quelque épaiſſeur, les petits vaiſſeaux remplis de ſang qui s'y rencontrent, y cauſeroient des défauts conſidérables de viſion, parce que les cones de lumière s'y termineroient, outre que ſa molleſſe la rend mal-propre à tranſmettre au cerveau les impreſſions de la lumière, au lieu que la Choroïde eſt très-bien diſpoſée pour cet effet. On en voit l'expérience dans une longue piéce de bois, ou dans une longue corde tendue: car la corde & la piéce de bois tranſmettent facilement de l'une de leurs extrémitez à l'autre l'impreſſion du choc qu'elles reçoivent; ce que ne pourroit faire que très-foiblement un long amas d'une matière ſemblable à la mucoſité dans les organes des autres ſens, qui ont tous beaucoup de rapport à la Choroïde; ce qui doit faire juger que toutes les ſenſations ſe font par le moïen des membranes qui procédent de la Pie-mére, deſquelles les nerfs ſont revêtus, & que la moelle du nerf ne ſert qu'à contenir les eſprits, ou les ſubtiles liqueurs, qui ſervent aux mouvemens, & à quelques autres uſages.

Il ne me reſte donc plus, Monſieur, qu'à parler des deux cauſes

que

que vous apportez du défaut de vision qui se fait sur la base du nerf.

La première est presque semblable à l'une de celles que donne Monsieur *Pecquet*, sinon qu'au lieu d'une houpe de petites fibres qu'il fait sortir de la base du nerf, vous la couvrez d'un fagot de fibres serrées. Mais cette hypothèse est contraire aux observations ; car ces fibres n'ont jamais été apperçûes de personne. J'ai manié & pressé entre mes doigts plusieurs Rétines de plusieurs sortes d'animaux : je les ai regardées avec d'excellens microscopes, & je n'y ai jamais pu remarquer qu'une mucosité uniforme, sans autres filamens que ceux des petites veines & artéres ; & c'est en conséquence de ces observations que je nie l'existence de la première cause que vous donnez du défaut de vision qu'on remarque dans mon expérience.

Je nie aussi l'existence de la seconde, c'est-à-dire, que je soûtiens qu'il ne passe dans l'œil aucune lumière sensible par derrière au travers des Nerfs-optiques. La raison est, que la lumière qui a fait plusieurs réflexions, est plus foible que la lumière directe : or si je couvre exactement mes deux yeux avec mes deux mains, & que je les tienne fermés en même tems, j'apperçois une obscurité aussi entière en me tournant vers un objet fort éclairé, qu'en me tournant vers un lieu très-obscur. Cependant la chair des mains & les paupières ne sont pas plus épaisses, & sont aussi transparentes que les muscles de l'œil, & que les fibres & les enveloppes du Nerf-optique ; & par conséquent la lumière devroit passer directement avec autant de facilité à travers les mains, & à travers les paupières, qu'à travers les muscles de l'œil, & ensuite par réflexion à travers le Nerf-optique : d'où je conclus qu'il ne peut passer par derrière aucune lumière sensible à travers la base de ce nerf.

Il m'est encore facile de prouver que si ces causes étoient véritables, c'est-à-dire, s'il y avoit un faisceau de fibres qui étoupât la base du Nerf-optique, ou s'il y passoit une lumière considérable par derrière ; ces choses supprimeroient aussi-bien la vision dans le reste de la surface antérieure de la Rétine, que dans le petit cercle qui répond directement à cette base : car puisque cette petite surface circulaire n'est pas moins polie que celle où passe l'axe de la vûë, puisqu'elles sont également contigues à l'humeur vitrée ; l'impression que l'une reçoit de la lumière, ne s'étendroit pas plus facilement que celle que reçoit l'autre à travers ce faisceau de fibres, pour se communiquer au cerveau ; & le mouvement précipité des esprits visuels, que vous supposez en cet endroit, n'empêcheroit guéres moins leur tranquillité vers l'axe de la vûë, que vers la partie qui est directement exposée à ces fibres serrées. Il m'est encore impossible de comprendre comme il se pourroit faire que la lumière qui passeroit par derrière par l'ouverture que laisse la Choroïde, ne pût faire son impression que précisément

ment ſur la partie de la ſurface de la Rétine qui lui correſpond, puiſqu'y entrant par réflexion, elle s'étendroit obliquement de tous côtez. On en voit l'expérience lorſqu'on laiſſe entrer par un très-petit trou dans une chambre fermée la lumière qui ſe réfléchit ſur quelque maiſon oppoſée: car ſi on met un papier blanc vis-à-vis de ce petit trou, à deux ou trois pieds de diſtance; on verra des images obſcures des diverſes parties de la maiſon ſur les parties du papier qui ſont à côté, auſſi-bien que ſur celle qui lui eſt directement & préciſément oppoſée. On pourra remarquer auſſi, que les objets qu'on ne pouvoit diſtinguer dans la chambre avec cette foible lumière, ſeront facilement diſtingués quand on ouvrira les fenêtres; ce qui détruit entièrement votre ſeconde cauſe. &c.

FIN.

TRAI-

TRAITÉ
DU
NIVELLEMENT,
AVEC
LA DESCRIPTION DE QUELQUES NIVEAUX
nouvellement inventés

Par Mr. MARIOTTE,

de l'Académie Roïale des Sciences.

Imprimé sur la dernière & la plus complette Edition, augmentée & corrigée de nouveau.

TRAITÉ DU NIVELLEMENT.

DÉFINITIONS.

I.

DEux points ſont dits être de niveau entr'eux, lorſqu'ils ſont également diſtans du centre de la terre; & un rectangle eſt dit être de niveau, ou poſé horiſontalement, lorſqu'une ligne tirée du centre de la terre au point où s'entrecoupent les diagonales du rectangle, eſt perpendiculaire au plan du rectangle; & ce point ſera dit point d'attouchement.

II.

Lorſqu'un plan touche une ſphére qui a pour centre le centre de la terre, chaque point pris dans ce plan eſt dit être dans un même plan de niveau avec le point d'attouchement.

III.

Un point eſt dit avoir ſon apparence dans le plan du niveau, lorſqu'il paroît dans ce plan; ſoit qu'il y ſoit réellement, ou que les réfractions l'y faſſent paroître.

SUPPOSITIONS.

I.

Si l'on verſe de l'eau au point d'attouchement d'une ſurface horiſontale d'un corps auquel l'eau ne s'attache pas facilement, elle ſe mettra de niveau; c'eſt-à-dire, que lorſqu'elle ſera calme & arrêtée, tous les points pris en ſa ſurface ſupérieure ſeront également diſtans du centre de la terre, hormis vers ſes extrémitez, où elle prendra une figure courbe fort convexe. Comme, ſi la ligne mixte ABCD eſt la ſection d'un plan & d'une ſurface d'eau étendue ſur une ſurface plane horiſontale; tous les points pris en la partie BC ſeront de niveau entr'eux: mais les extrémitez AB, CD, auront une courbure convexe; & la plus grande épaiſſeur que puiſſe prendre l'eau verſée ſur cette ſurface, ſera d'environ une ligne & demi, qui eſt la huitième partie d'un pouce; & la courbure AB, ou CD, n'excédera pas un pouce. Que ſi l'on verſe davantage d'eau, & qu'elle s'étende comme juſques en L & en M, tous les points que l'on prendra en GBECH, ſeront auſſi de niveau entr'eux, & GL & HM prendront une courbure ſemblable à cel-

TAB. XXII. Fig. 1.

celle de AB. Que si la surface où l'eau est versée, est de bois, ou de quelque autre matière où l'eau s'attache, l'eau s'étendra d'elle-même peu à peu, quoiqu'on n'y en verse point de nouvelle, & diminuera d'épaisseur; ce qu'on évitera, si on met de la cire aux extrémitez M & L, ou quelque autre matière séche & grasse: mais GBECH, étant partie d'une circonférence d'un grand cercle dont le rayon est le demi diamétre de la terre, sera prise pour une ligne droite, lorsqu'elle n'excéde pas cinq ou six pieds puisqu'il n'y peut avoir aucune sensible différence entre cette ligne courbe & sa tangente au point E, supposé également distant de G & H.

II.

Si l'on met de l'eau dans un vaisseau de bois, comme ABCD, la ligne EF étant dans la surface de l'eau, lorsque l'eau aura humecté peu à peu les parties vers G & I, elle prendra vers ses extrémitez E & F une courbure concave comme GH, IL; mais le reste HL aura toutes ses parties de niveau entr'elles, & EH, ou FL, n'excédera pas un pouce. TAB. XXII. Fig. 2.

III.

Si un plan est incliné à un plan de niveau au point d'attouchement, l'eau qu'on versera sur ce plan, coulera vers le plan de niveau. AB représente le plan de niveau, & DC le plan incliné; C est le point commun des deux sections: l'eau coulera de D vers C, si elle est en quantité suffisante. Ces trois suppositions se prouvent facilement par l'expérience. TAB. XXII. Fig. 3.

IV.

Les points qui sont dans un même plan de niveau également distans du point d'attouchement, sont de niveau entr'eux; mais ceux qui en sont inégalement distans, sont inégalement distans du centre de la terre, & ne sont pas de niveau entr'eux.

LEMME.

Si l'on verse de l'eau ou une autre liqueur à l'extrémité d'un parallélogramme de niveau d'une telle matière qu'elle ne s'y attache point, elle coulera vers le point d'attouchement. Soit BEGNDC la commune section d'un parallélogramme de niveau & d'un grand cercle de la terre HGI, dont A est le centre & G le point d'attouchement: & du centre A soit décrit le cercle FED, de l'intervalle AD; & le cercle NO, de l'intervalle AN; & LDM & PNQ soient les touchantes aux points D & N. Or DC étant inclinée à LDM au point D, l'eau coulera de C en D, par la troisième supposition; & de D en N, par la même supposition; & ensuite vers G point d'attouchement de la ligne BC & du cercle HGI, puisqu'on peut décrire toûjours d'autres cercles entre NO & GI, qui seront coupés par la ligne TAB. XXII. Fig. 4.

GC; & par conséquent elle sera toûjours inclinée aux touchantes en ce point, & l'eau coulera jusques au point G, qui est le plus près du centre A: mais si on verse l'eau fort près de G en petite quantité, & qu'elle s'attache à la matière; cet attachement pourra surpasser son impulsion du côté de G, & l'empêcher de couler au commencement qu'elle sera versée.

DESCRIPTION DU NIVEAU,

ou instrument pour niveller.

TAB. XXII. Fig. 7. CE niveau est un petit canal de bois d'une seule piéce, représenté en la 7e. figure. AB, largeur du niveau, est de 4 ou 5 pouces; sa longueur BC est depuis 2 pieds jusques à 5 ou 6; sa hauteur AD, de 2 ou 3 pouces; son épaisseur par en-bas, EF, est d'un demi pouce; & IL, épaisseur des côtez, est d'environ 3 lignes, afin qu'il reste environ 4 pouces pour la largeur de la surface OG, sur laquelle on doit verser de l'eau pour niveller. Cette surface doit être enduite de cire près de ses extrémitez selon toute sa largeur, & de la longueur d'environ 4 ou 5 pouces, comme depuis H jusques à M & de N jusques à P, en sorte que si un plan perpendiculaire à cette surface la coupe par le milieu en sa longueur, la section de la cire & de la surface TAB. XXII. Fig 8. soit comme en la figure 8e, où ABEFCD est la section de la surface sur laquelle on verse l'eau; la hauteur & la longueur de la cire est représentée par les triangles BGE, CHF; sa figure solide est comme le coin IL en la 5e. figure; AB ou CD, distance des extrémitez du niveau jusques à la cire, est de 4 ou 5 pouces; & BG ou CH est d'une ligne de hauteur, afin que l'eau étant versée sur le niveau jusques à ce qu'elle s'étende en M & N, sa surface supérieure, représentée par la ligne ponctuée OP, soit plus élevée que les points G & H, puisque par la première supposition elle aura plus d'une ligne de hauteur.

Or si l'on verse de l'eau doucement dans le milieu de ce niveau posé à peu près horisontalement, elle s'étendra peu à peu vers les extrémitez; & si l'on voit qu'elle coule plus d'un côté que de l'autre, il faudra élever l'extrémité la plus basse avec de petits coins de bois, & faire en sorte que l'eau aille de part & d'autre jusques sur la cire, à peu près en égale distance de GB & CH; & parce que l'eau ne s'attache pas facilement à la cire, elle s'y arrêtera sans couler plus loin, & rien n'empêchera que l'on ne voïe tout le long de sa surface supérieure qui sera de niveau, à la réserve de ses extrémitez vers M & N, & joignant les côtez du niveau, par la première & seconde supposition. Il n'est pas nécessaire d'observer précisément toutes les mesures ci-dessus, & l'on y peut un peu ajoûter ou diminuer.

USA-

USAGE DE CE NIVEAU.

SI l'on veut trouver deux points de niveau éloignés l'un de l'autre d'environ 200 pieds, il faut placer le niveau au milieu de la distance; & après l'avoir tourné du côté des points à niveller, en sorte qu'un plan passant par ces points coupe le niveau selon la longueur, on y versera l'eau, comme il a été dit ci-dessus; puis on taillera une petite bande de papier ou de carton blanc, qui ait les angles droits & les côtez opposés paralleles, longue d'environ 12 pouces, & large de deux, comme ABCD, près du milieu de laquelle on tirera deux lignes noires paralleles à AB, comme FE, GH, distantes de 2 ou 3 pouces l'une de l'autre, & on les grossira jusques à la largeur d'environ 2 ou 3 lignes; après on fera porter ce papier vers l'un des points qu'on voudra niveller, & le faisant tenir perpendiculairement à l'horison, en sorte que les lignes FE, GH, qu'on appellera les signes, soient à peu près horisontales, on le fera hausser & baisser, jusques à ce que tenant l'œil environ à un demi pied de distance du niveau, & un peu plus haut que la surface de l'eau, l'on voïe dans l'eau l'image du signe supérieur, & non celle du signe inférieur, & que les trois signes noirs qui paroîtront, sçavoir les deux du papier & l'image du supérieur, soient apparemment en égales distances entr'eux; ce que l'on observera facilement, si l'œil étant suffisamment baissé, on fait baisser le papier, au cas que le troisième signe, qui est l'image du supérieur, paroisse trop éloigné de celui du milieu, ou qu'on le fasse hausser s'il en paroît trop proche; & lorsqu'on les jugera tous trois en distances égales, le milieu de la largeur du signe inférieur sera dans un même plan de niveau avec le milieu de la surface de l'eau, & si l'on marque contre un mur, ou ailleurs un point de même hauteur que ce milieu du signe inférieur, ce sera un des points requis: l'on fera de même de l'autre part, & l'on aura deux points distans entr'eux de 200 pieds, également distans du centre de la terre. TAB. XXII. Fig. 6.

DÉMONSTRATION.

AB est une ligne de commune section d'un plan vertical, & de la surface horisontale de l'eau qui est dans le niveau; la ligne CD, perpendiculaire à l'horison, est la section de la bande de papier où sont les signes par le même plan vertical; E & C sont des points dans le milieu des signes. Or si l'on suppose que la ligne AB comme droite soit continuée en E, & que l'œil soit en F; un rayon de C, tombant sur l'eau en G, se réfléchira en F, si l'angle CGE est égal à FGA, & le point C sera vû par réflexion au point D, & DE sera égal à CE par les principes d'Optique. Que si l'œil est reculé en L, ou abaissé TAB. XXIII. Fig. 9.

en H, il verra l'image du point C en D selon la ligne LHID; & plus l'œil sera proche de l'eau, ou éloigné de CD, plus le point d'intersection du rayon visuel & de la ligne AE s'approchera du point A: comme, s'il est en M, ce point sera N dans la surface de l'eau qui est dans le niveau, & ED paroîtra toûjours égale à EC; & par conséquent le point E, qui est au milieu du signe inférieur, sera dans le même plan horisontal que la ligne AB, ou que le plan touchant la ligne AB au point N, qui dans une distance comme de cent pieds, peut être pris pour une même chose, puisque la différence n'est pas $\frac{1}{27}$ de ligne, supposant le demi diamétre de la terre de 20000000 pieds, laquelle différence est insensible. Mais quand par quelque cause naturelle inconnue, le point E paroîtroit plus haut que le juste niveau, le point à niveller de l'autre part paroîtra aussi plus haut; si plus bas, l'autre paroîtra aussi plus bas dans les mêmes proportions: donc ils seront toûjours dans un même plan de niveau; & étant également distans du point N, ils seront également distans du centre de la terre par la quatrième supposition.

Ceux qui n'entendent pas les démonstrations, & qui ont quelquefois remarqué, que lorsqu'une eau dormante bat contre un mur de pierre de taille, les jointures des pierres paroissent aussi enfoncées sous l'eau qu'elles sont élevées au-dessus, soit qu'on en soit loin ou près, & à quelque distance que les yeux soient de l'eau, pourront connoître la certitude & la justesse de ce nivellement, & que l'image du point C doit toûjours paroître autant au-dessous de la ligne AE, qu'il est élevé au-dessus.

Que si l'on objecte qu'on ne peut juger précisément quand le point E est également distant de D & C; l'on répond que l'excès, ou le défaut, s'il y en a, sera moindre qu'une demi ligne dans une distance de 100 pieds: car si dans une même bande de papier blanc on met trois lignes paralleles A, B, C, en égales distances d'un pouce, & trois autres D, E, F, en inégales distances, dont la différence soit d'une ligne; l'on connoîtra facilement la distance inégale EF. De même, si ABE est une ligne de niveau de 100 pieds, & AB, section de l'eau du niveau, une ligne de 2 ou 3 pieds; & qu'on éléve la ligne CD d'une demi ligne, en sorte que le point E soit comme en F: le point C sera aussi élevé d'une demi ligne comme en G; & l'image du point F paroîtra comme en H, EH étant d'une demi ligne; & HI étant égale à GF, l'image du point G paroîtra en I. Donc FI excédera FG d'une ligne entière, lequel excès est facilement discerné d'une distance de 100 pieds: donc l'erreur sera toûjours moindre que FE égale à une demi ligne; & dans les autres distances à proportion, si on augmente la largeur des signes & leurs intervalles à proportion des distances. On peut encore objecter que les lignes EC & ED étant vûes du point M, l'angle EMC sera plus grand que l'angle EMD; ce qui doit faire paroître EC plus

TAB. XXIII. Fig. 10.

TAB. XXIII. Fig. 11.

TAB. XXIII. Fig. 9.

plus grand que ED. A cela on répond que cette différence d'angle eſt inſenſible, & que puiſque l'œil en M ne doit être élevé qu'environ une ligne au-deſſus de la ſurface de l'eau AB, cette élévation n'empêche pas qu'on ne juge à fort peu près de l'égalité de ces lignes. Lorſqu'on fait pluſieurs nivellemens de ſuite, il faut à chaque fois verſer l'eau du niveau par un des bouts, qu'on eſſuïera enſuite exactement avec un linge; car autrement l'eau couleroit hors du niveau, quand on y en verſeroit pour faire un ſecond nivellement.

Lorſque les diſtances excédent 30 toiſes, il faut ſe ſervir au lieu de papier d'un petit ais long de 3 ou 4 pieds, & large de 4 ou 5 pouces, ſur lequel, ſi le fond eſt noir, on collera, ou on attachera deux bandes de papier blanc larges d'un demi pouce, & d'un intervalle de 4 ou 5 pouces pour ſervir de ſignes; & on obſervera que ces ſignes ſoient plus éloignés des extrémitez de l'ais qu'ils ne ſont entr'eux, pour faire bien diſcerner l'image du ſigne ſupérieur: ces ſignes ſeront paralleles les uns aux autres, & on tirera une ligne noire dans le milieu de l'inférieur, pour marquer le vrai endroit du niveau; il y aura un manche au haut de l'ais pour le tenir plus commodément perpendiculaire à l'horiſon. Il faut augmenter la largeur & la diſtance des ſignes, lorſque les diſtances des points à niveller ſont plus grandes. Que ſi ces diſtances excédent 400 toiſes, il faudra ſe ſervir d'une perche, au haut & vers le bas de laquelle on ſuſpendra deux petits ais larges de huit ou dix pouces, & longs d'environ 2 pieds, éloignés l'un de l'autre de 8 ou 10 pieds, pour ſervir de ſignes; leſquels ais ſeront blancs ou noirs ſelon le fond qui ſera par derrière; & on augmentera la grandeur de ces ais & leurs intervalles, juſques à ce qu'on puiſſe diſcerner la réflexion du ſigne ſupérieur.

On ſe perfectionnera par l'uſage dans la facilité de ſe ſervir de ce niveau; & pour vérifier ſon exactitude, on choiſira une eau dormante d'environ 60 ou 80 toiſes de longueur; & après avoir élevé le niveau ſur le bord de l'eau, en ſorte qu'un pendule mis à l'extrémité du niveau trempe dans l'eau, on meſurera la hauteur depuis l'eau dormante juſques à la ſurface ſupérieure de l'eau du niveau marquée par un point à l'extrémité du niveau, comme le point X dans la figure ſeptième: après on poſera un bâton vers l'autre bord de cette eau dormante, en le plantant perpendiculairement ou à peu près; & on fera couler l'ais avec les ſignes blancs ou noirs le long du bâton, juſques à ce qu'on ait trouvé le point de niveau, comme il a été enſeigné ci-deſſus: enſuite on meſurera avec le pendule la diſtance du milieu du ſigne inférieur juſqu'à l'eau, & ſi on la trouve à peu près égale à la première meſure, on ſera aſſûré de la bonté du niveau.

On peut auſſi, faute d'eau dormante, vérifier cette juſteſſe en prenant trois points éloignés l'un de l'autre de 100 ou 120 toiſes. Car, ſi on nivelle le premier & le deuxième, puis après le deuxième & le troi-

troisième, & enfin le troisième & le premier; & qu'on trouve le même premier point en ce dernier nivellement à 7 ou 8 lignes près; on sera assûré de la bonté du niveau, & du nivellement, du moins si on fait plusieurs semblables expériences: car encore que le nivellement ne fût pas juste, il pourroit arriver que, si dans les deux premiers nivellemens on avoit pris trop haut de 3 ou 4 pieds, on prendroit trop bas de 3 ou 4 pieds au dernier, & par ce moïen l'une des erreurs recompenseroit l'autre. On connoîtra par ces mêmes expériences les défauts des autres niveaux.

Le défaut ordinaire des niveaux qui sont le plus en usage, est, qu'ils ne déterminent pas un point certain; soit qu'on regarde par des fentes, ou par de petits trous, ou le long d'une surface plane; ou qu'on se serve de deux filets tendus horisontalement: lequel défaut procéde de ce que la prunelle de l'œil a quelque largeur, & que l'on ne peut discerner lorsque son centre est en une même ligne droite avec deux points visibles.

Le Chorobate décrit par Vitruve en son *huitième Livre*, *Chapitre sixième*, a encore un autre défaut, qui est, qu'on ne peut juger précisément quand la surface de l'eau est le long de la ligne qui y est marquée; parce que l'eau faisant une concavité près de cette ligne par la seconde supposition, on ne peut reconnoître l'extrémité supérieure de cette concavité. D'ailleurs, supposant, comme il fait, la longueur du Chorobate de 20 pieds, il sera difficile de l'empêcher de se courber par son poids, s'il est peu épais; & s'il l'est beaucoup, il sera incommode à transporter d'un lieu à un autre, & il ne laissera pas de se courber un peu, même la chaleur du soleil lui fera perdre sa rectitude: en tous lesquels cas il sera sujet à de grandes erreurs, sans celle qui doit arriver lorsque les points de mire, c'est-à-dire, les fentes, ou les petits trous au travers desquels on regarde les objets à niveller, ne sont pas en une ligne parallele à la surface de l'eau. La double équière dont on se sert ordinairement, semblable à la lettre T, & qui est le même Chorobate décrit par *Vitruve*, lorsqu'au lieu d'eau on se sert d'un pendule, a aussi de grands défauts; car il est très-difficile de faire en sorte que la ligne qui est tracée le long de la régle où doit battre le fil du pendule, soit précisément à angles droits sur l'autre régle. Il est encore plus difficile de mettre cette ligne parfaitement perpendiculaire à l'horison; car cela consiste en un point indivisible, de la même sorte qu'on ne peut faire tenir debout une épée par sa pointe sur un miroir bien uni: & quand par hazard on auroit mis cette ligne à plomb, on ne la pourroit connoître qu'à peu près, parce qu'il est impossible de discerner si le centre de l'œil, le fil du pendule, & cette ligne, ou le point qui sera marqué vers son extremité inférieure, sont en un même plan; & s'ils ne sont pas en un même plan, il se fera parallaxe; ce qui empêchera de connoître la juste position de cette ligne. Il y aura encore

du

du doute si les points de mire sont dans un même plan parallele au plan de la régle horisontale: outre que le plomb est presque toûjours en mouvement, tant à cause du vent, que par celui qu'on lui donne en l'ajustant, qui ne s'arrête de long-tems; & si le plan de l'autre régle n'est pas perpendiculaire à l'horison, il arrivera, ou que le fil du pendule s'en éloignera trop, ou qu'il s'appuïera contre, & s'arrêtera ailleurs que dans son vrai point, & souvent les vibrations se feront de travers ou en ovale, tant parce que le fil est tors, que par d'autres causes: toutes lesquelles choses empêcheront de connoître la juste situation de ce niveau, quelque exactitude qu'on y puisse apporter; & si on est peu exact, le nivellement sera fort défectueux.

On trouvera de semblables défauts, à peu près, dans les autres niveaux qui sont en usage. Et il est facile de juger, qu'ils doivent être beaucoup au-dessous de la justesse & de la certitude de celui qui est décrit ci-dessus: parce que l'eau se met toûjours d'elle-même en un parfait niveau; que l'angle de réflexion est toûjours égal à celui d'incidence; & qu'on ne manque jamais à discerner, à fort peu près, si les distances de trois lignes paralleles peu éloignées l'une de l'autre, sont égales entr'elles ou non. Que si on ne veut rien donner à l'estime, & qu'on veuille niveller dans une parfaite précision; on ajoûtera à ce niveau des lunettes d'approche, comme il sera enseigné ci-après.

Lorsqu'on nivelle à la campagne, il fait ordinairement du vent, qui fait rider le haut de l'eau du niveau, de manière qu'on ne peut pas discerner nettement l'image du signe supérieur. Pour remédier à ce défaut, il faut couvrir le niveau avec un autre canal un peu plus large & plus long, & creux d'environ un pouce; & par ce moïen l'eau demeurera calme, & sans rides, si le vent est foible, & qu'il vienne de travers, ou par derrière. On attachera aussi à l'extrémité de cette couverture qui passe au-delà du niveau, une feuille de carton, ou autre chose semblable, du côté que vient le vent, s'il est un peu fort, afin qu'il ne se rabatte pas dans le canal. Que si le vent enfiloit directement le canal, on pourra mettre une glace de miroir bien fine un peu au-delà de la cire, à travers de laquelle on verra les objets très-distinctement, & on attachera un petit quarré de carton au haut de la couverture, qui descendra un peu plus bas que le haut du verre; ce qui mettra suffisamment l'eau du niveau à couvert. Mais, parce que les surfaces de ces glaces de miroir sont rarement bien planes & paralleles, il faudra les éprouver en un lieu où il ne fasse point de vent, & les mettre en sorte qu'on voïe au travers la même égalité de distance des signes entr'eux, qu'on voïoit sans le verre. Pour faire cette épreuve juste, il faut faire une renure au fond & aux côtez du niveau un peu au-delà de la cire, pour y mettre un petit quadre de fer blanc ou d'autre matière qui portera le verre, qui doit être rond, & qu'on tournera de tous côtez, jusques à ce qu'il fasse un bon effet; & on mar-

quera cette ſituation, pour le mettre toûjours de même, ou pour l'y affermir. Mais ſi on ne veut pas ſe ſervir de verre dans le doute qu'il pourroit cauſer de l'erreur, on ne nivellera pas droit à l'objet d'où vient le vent, mais on nivellera un autre objet à côté, & enſuite on fera un ſecond nivellement vers l'endroit à niveller; & par ce moïen le vent ne pourra nuire, pourvû qu'il ſoit foible: mais s'il eſt médiocre, il faudra, avant que de mettre l'eau dans le niveau, le poſer ſur un ais plus long d'environ 2 pieds, & de 12 ou 15 pouces de largeur; & après avoir tout préparé comme il eſt dit ci-deſſus, on couvrira l'ais & le niveau d'une couverture de bois léger, ſemblable à une caiſſe ſans couvercle, un peu moins longue & large que l'ais, & d'environ un pied de hauteur. On y fera une ouverture quarrée de 3 ou 4 pouces à chaque extrémité, pour pouvoir regarder le long de l'eau les objets à niveller: on pourra même ajuſter quelque petite piéce de cuir ou de toile à l'ouverture du côté de l'œil, qui ſe ſerrera comme une bourſe à l'entour d'un petit tuyau d'environ un pouce de largeur, de manière que l'œil, s'appliquant à ce tuyau pour regarder le long de l'eau, il ne puiſſe entrer de vent de ce côté-là. On fera, ſi l'on veut, cette couverture de toile un peu épaiſſe, qu'on ſoûtiendra au-deſſus du niveau, par le moïen de pluſieurs petits bâtons plantés ſur les bords de l'ais, & élevés perpendiculairement; & par le moïen de ces couvertures le niveau ſera ſuffiſamment à l'abri du vent, pourvû que le vent ne ſoit que médiocre, ou un peu plus que médiocre: car s'il eſt grand & violent, il eſt difficile d'empêcher qu'il ne donne quelque mouvement à l'eau, & il ne faut pas alors entreprendre de niveller.

On peut mettre du vif-argent dans le niveau au lieu d'eau, après l'avoir paſſé au travers d'un linge, ou d'une peau de chamois pour en ôter la craſſe: mais au lieu de cire, il faudra coller ſur le fond du niveau un petit filet de bois d'une ligne de hauteur, pour empêcher le vif-argent de couler; & on aura cet avantage, que le vent ne fera pas ſi facilement rider ſa ſurface, & qu'il repréſentera mieux l'image du ſigne ſupérieur; & pour empêcher qu'il ne ſe perde en coulant hors du niveau, (car il faut être bien exact pour l'empêcher,) on ſuſpendra vers ſes extrémitez de petits vaiſſeaux de bois pour le recevoir.

Dans les grandes diſtances, comme de 1000 toiſes & au-delà, l'extrémité de la tangente qui eſt dans le plan de niveau, eſt ſenſiblement plus éloignée du centre de la terre que le point où elle touche le milieu de l'eau du niveau, comme on peut voir par la 4e. figure, où G D eſt la tangente, & G le point d'attouchement. Pour calculer cette différence, qui n'eſt autre choſe que R D, différence du rayon A R, & de la ſécante A D; il faut réduire en pieds le demi diamétre de la terre, & à ſon quarré ajoûter le quarré de la diſtance à niveller réduite auſſi en pieds, & de la ſomme tirer la racine quarrée, de laquelle étant ôté le demi diamétre de la terre, le reſte ſera cette différence préciſément.

TAB. XXII. Fig. 4.

ment. Pour abréger ce calcul, après avoir trouvé le quarré de la distance nivellée, il faut le diviser par 40000000 pieds, qu'on suppose être le diamétre entier de la terre, & le quotient sera la différence réquise à fort peu près; comme, si la distance est de 5000 pieds, son quarré est 25000000, lequel étant divisé par 40000000, donne pour quotient $\frac{5}{8}$ de pied ou 90 lignes, qui est la différence réquise.

Ce calcul est fondé sur la 36. du troisième d'*Euclide*, excepté qu'on ne considére pas le petit quarré de $\frac{5}{8}$, sçavoir $\frac{25}{64}$, comme de peu d'importance à l'égard de 25000000.

Il faut remarquer que si on augmente la distance des points à niveller par intervalles égaux, comme 500 pieds, 1000 pieds, 1500 pieds, 2000 pieds, &c. jusques à 5 ou 6 lieuës, les différences des sécantes & du rayon augmenteront à fort peu près comme les quarrez des nombres de suite 1, 2, 3, 4, &c. ce qu'on peu connoître dans les tables des sinus. Comme, si la distance de 5000 pieds donne de différence une ligne, celle de 100 pieds donnera 4 lignes, celle de 1500 pieds 9 lignes, &c. Et parce que la grandeur du diamétre de la terre est environ 40000000 pieds, une lieuë donnera 5 pieds 8 pouces quelques lignes, 2 lieuës le quadruple de ces 5 pieds 8 pouces, &c. ce que plusieurs qui se mêlent de niveller, ne considérent nullement.

Il est encore nécessaire de sçavoir que dans les grandes distances un même objet paroît de différentes hauteurs par les réfractions, & change presqu'à toutes les heures du jour; c'est-à-dire, que s'il est le matin au lever du soleil en une même ligne droite avec un objet peu éloigné, il paroîtra plus bas une heure après le soleil levé, & encore plus bas quand l'air sera plus échauffé; & plus les matinées seront fraîches & l'air serrain, plus les objets éloignés paroîtront élevés; & quelquefois les objets qui sont à une distance d'environ 500 pas, paroîtront s'élever, & en même tems ceux qui sont beaucoup éloignés, s'abaisser, principalement lorsque le soleil luit, comme on a reconnu par plusieurs observations faites en divers lieux, & en diverses saisons, même à l'égard des objets moins élevés que l'observateur, ou d'égale élévation; & on a remarqué quelquefois, qu'un objet qui avoit paru à midi plus bas que le plan de niveau, paroissoit le lendemain matin plus de 20 pieds plus haut que ce plan, en une distance d'environ 2 lieuës. D'où il s'ensuit que le plus sûr moïen pour bien niveller de grandes distances, est de faire le nivellement à plusieurs fois: comme, si AB est d'une distance d'une lieuë à niveller, il faudra niveller plusieurs de ses parties de suite, comme AC, puis CD, puis DE, & ensuite EF, FG, GH, & enfin HB. Que s'il y a des vallées entre-deux, ou des eaux, ou des bois qui empêchent ces petits nivellemens, & que l'on soit obligé de niveller à une fois, ou que par curiosité on veuille niveller des objets à une distance d'une ou deux lieuës, ou davantage, il faut qu'il y ait un nivelleur à chaque extrémité, comme en A & B, & TAB. XXIII. Fig. 12. TAB. XXIII. Fig. 13.

& qu'ils nivellent de l'un à l'autre en même tems lorſque le ſoleil eſt couvert de nuées; & s'ils trouvent la même différence excédante, ou défaillante, les deux lieux ſeront de niveau entr'eux, comme auſſi ſi on les trouve réciproquement dans le plan de niveau: mais ſi l'une des différences eſt en-deſſus, & l'autre en-deſſous, comme ſi B paroît au nivelleur en A plus haut que le niveau, & A plus bas que le niveau au nivelleur en B; il faut ajoûter les deux différences enſemble, ſoit qu'elles ſoient égales, ou inégales, & la moitié de la ſomme ſera la différence du niveau des deux lieux A & B: que ſi toutes deux ſont plus hautes, ou plus baſſes, inégalement, la moitié de leur différence ſera la vraie différence de niveau, quelle que ſoit la grandeur de la terre, & quelle que puiſſe être la réfraction au tems du nivellement, laquelle on ſuppoſe être réciproque, ou la même aux deux nivelleurs en A & B, lorſque le tems eſt ſombre, & que le ſoleil n'éclaire aucun des objets à niveller, ni ce qui eſt entre-deux.

DÉMONSTRATION.

TAB. XXIII. Fig. 14. A & C ſont ſuppoſés être de niveau entr'eux: A & B ſont les points à niveller: & CB étant perpendiculaire à AC, & parallele & égale à AE, ſoit continuée AE de part & d'autre en F & H, en ſorte que EF ſoit égale à AE, & AH à CG ajoûtée directement à CB. Or, ſi la réfraction éléve autant l'apparence des objets éloignés, que la tangente s'éléve par deſſus ces objets; C paroîtra au nivelleur en A dans le plan de niveau, & B lui paroîtra au-deſſous de ce plan de la diſtance CB, qui eſt la véritable; & par la même raiſon E, qui eſt de niveau avec B, paroîtra au nivelleur en B dans le plan de niveau, & A lui paroîtra plus haut de ſa vraie hauteur EA ou BC. Donc la ſomme de ces deux différences, dont l'une eſt en-deſſous & l'autre en-deſſus, ſera égale à deux fois BC, & par conſéquent la moitié ſera BC, vraie différence de niveau des deux points A & B. Que ſi la réfraction éléve moins, par exemple, de deux pieds; B paroîtra plus bas de deux pieds que la diſtance CB au nivelleur en A, & par conſéquent la différence de niveau ſera CB plus deux pieds en-deſſous: mais en recompenſe A paroîtra au nivelleur en B deux pieds moins haut que la diſtance EA. Donc la ſomme de ces deux différences de niveau ſera double de BC. Le même arrivera ſi la réfraction éléve plus l'apparence de C que la tangente ne s'éléve par deſſus. Car, ſoit l'excès BD de trois pieds; donc B paroîtra au nivelleur en A moins bas de trois pieds que la diſtance CB: mais en recompenſe A paroîtra au nivelleur en B plus haut de trois pieds que la diſtance EA ou BC; donc la ſomme de ces différences apparentes ſera toûjours double de BC. Que ſi la réfraction éléve tant, que B paroiſſe auſſi haut que le niveau; alors, ſi AEF eſt double de AE, F paroîtra auſſi au nivelleur en B dans le plan de

de niveau, & A paroîtra plus haut que B de toute la distance F A double de B C. Et si la réfraction éléve encore plus, en sorte que B C étant continué en G, paroisse plus haut que le niveau A C, de la distance C G, A paroîtra d'autant plus haut; & si A H est égale à C G, A paroîtra au nivelleur en B au-dessus de son plan de niveau de toute la distance F H; donc, si suivant la régle ci-dessus on ôte C G, c'est-à-dire, A H de F H, (car les différences apparentes de niveau seront toutes deux en-dessus,) le reste sera encore F A double de B C. Que si la réfraction est si petite, & la distance A B si grande, que A paroisse de niveau au nivelleur en B, ou même au-dessous du niveau, on prouvera par les mêmes raisons, qu'au premier cas B paroîtra au nivelleur en A au-dessous de son plan de niveau d'une distance double de B C; & qu'au deuxième cas, si on ôte la différence apparente du point A de l'autre différence, à cause qu'elles seront toutes deux en-dessous, le reste sera encore double de B C, & par conséquent en tous ces cas la moitié B C, suivant la régle ci-dessus, sera la vraie différence de niveau; ce qui étoit à prouver. Si donc B est trouvé, par exemple, 4 pieds plus bas que A au nivelleur étant en A, & A plus haut de 18 pieds que B au nivelleur en B; il faut de la somme 22 prendre la moitié 11, & ce sera la vraie différence de niveau B C. Mais, si à cause de la grande réfraction B paroît plus haut de 2 pieds que A au nivelleur en A, & A plus haut de 20 pieds que B au nivelleur en B, faisant l'observation en même tems, comme il a été enseigné ci-dessus; 9 pieds, moitié de leur différence 18, sera B C différence réelle de niveau des deux points A & B. On fera un semblable calcul, si les différences sont toutes deux en-dessous, & l'on prouvera facilement que lorsque A & B sont en même niveau, on trouvera toûjours les mêmes différences de même part.

Mais, parce qu'on a de la peine à discerner les objets qui doivent servir de signes, quand ils sont éloignés d'une ou deux lieuës, & même de 200 ou 300 toises; & que les signes devant être alors beaucoup éloignés l'un de l'autre; il est plus difficile de bien discerner l'égalité de leurs distances que quand ils sont à cinq ou six pouces: on pourra se servir d'une lunette d'approche, par le moïen de laquelle on déterminera parfaitement le point de niveau dans ces distances éloignées; ce qu'on fera en cette sorte:

Il faut donner à l'objectif le plus qu'on pourra de largeur horisontale, afin que les images des objets réfléchis sur l'eau du niveau, soient plus visibles, & peu de verticale; & au lieu de 2 signes blancs, il en faut mettre 3 d'égale largeur, en égales distances, dont l'inférieur ait quelques traits noirs de haut en bas, & n'occupe pas toute la largeur de l'ais, pour le distinguer des autres. On mettra l'objectif de la lunette fort près de la cire, en sorte que son centre soit élevé environ une ligne plus haut que la surface de l'eau: il y aura un petit creux au bout du

canal, à un demi pouce de la cire, pour loger l'extrémité de la lunette; & on fera ce creux en talut, & long de 5 ou 6 pouces, pour la mettre facilement, en l'avançant, ou reculant, en la situation la plus commode pour discerner l'image du signe supérieur. La lunette étant bien ajustée, si on regarde les 3 signes à travers, & qu'on fasse hausser & baisser l'ais jusqu'à ce que l'image du signe supérieur couvre précisément à l'œil le signe inférieur marqué de petits traits noirs, la ligne tracée dans le milieu du deuxième signe sera dans le plan de niveau, ou du moins y aura son apparence; ce qui se prouve en cette sorte:

TAB. XXIII. Fig. 15. Soient C & D deux points également éloignés du point E, & NO la section perpendiculaire de l'objectif de la lunette passant par son centre P, lequel centre, comme il a été dit, doit être élevé plus haut que la surface supérieure de l'eau AB: soit tirée la droite DB, & continuée jusques à ce qu'elle rencontre NO un peu plus haut que P, comme en R. Il est manifeste que les rayons du point D, qui est le signe inférieur, tomberont tous sur l'objectif au-dessus de R, comme le rayon DS; & que si on tire DAQ coupant NO en Q, les rayons réfléchis du point C sur AB tomberont entre R & Q sur l'objectif: car un rayon comme CM, se réfléchissant en MP, P sera en la ligne droite DMP, par les régles de la Catoptrique: donc tous les rayons réfléchis feront le même effet sur la lunette, que s'ils venoient du point D; & par conséquent l'image du point C & le point D ne paroîtront à l'œil qu'un même point, & se couvriront l'un l'autre précisément, quoique leurs rayons tombent en divers endroits de la lunette; ce qui n'arrivera que lorsque le point E sera dans le plan de niveau qui touche la surface de l'eau; ce qui étoit à prouver.

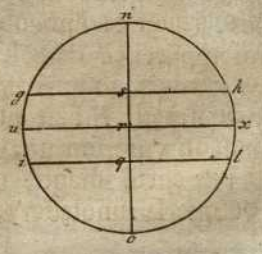
Il est aisé à juger que plus le niveau sera long, & les points C & D distans du point E, plus il tombera de rayons réfléchis du point C sur l'objectif, & moins de ceux du point D; ce qui servira à régler l'ouverture de l'objectif & la situation de la lunette selon sa grandeur & celle du niveau.

Il faut remarquer que, si l'oculaire de la lunette est convexe, le signe inférieur paroîtra le plus haut des trois; & si l'image du supérieur paroît encore plus haute, il faudra faire baisser l'ais; & si elle paroît plus basse, il le faudra faire élever. Pour éviter la confusion des signes, on pourra ôter celui du milieu; & lorsque l'image du supérieur paroîtra couvrir l'inférieur, le milieu entre les deux signes sera dans le plan de niveau: on pourra marquer ce milieu par une ligne parallele aux signes.

Lorsque le signe supérieur est beaucoup éloigné de l'inférieur, on distingue mieux son image; & il n'est pas nécessaire de voir en même tems ce signe, mais il suffit qu'on voïe son image couvrir le signe inférieur. Que si l'on ne voit pas cette image, c'est une marque que le signe n'est pas assez élevé, ou que la lunette n'est pas bien placée.

Pour

Pour bien entendre ces choses, il faut supposer que la ligne E A soit continuée jusques à la rencontre de la ligne N O, qui représente le diamétre vertical de l'objectif de la lunette; & considérer les deux triangles semblables C B E, R B T: car si B E est de deux cens pieds, & E C d'un demi pied, E C ne sera que $\frac{1}{400}$ de la distance B E; & si l'eau B A est de cinq pieds, c'est-à-dire, de sept cens vingt lignes, & A T de quatre-vingts lignes, la toute B T sera de huit cens lignes, & par conséquent T R sera de deux lignes, parce qu'elle doit être $\frac{1}{400}$ de la longueur B T; & si on tire le rayon C A, & que la réflexion soit au point Q, T Q sera $\frac{1}{5}$ de ligne, & par conséquent Q R aura deux lignes de longueur moins $\frac{1}{5}$. D'où il s'ensuit, que si on met l'œil au lieu de l'objectif de la lunette, & que la prunelle, c'est-à-dire, l'ouverture de l'uvée par où la lumière passe dans l'œil, ne soit pas plus grande qu'une ligne & demi; on verra presque aussi clairement l'image du point C par réflexion, que directement, parce que quand la lumière tombe sur l'eau fort obliquement, elle se réfléchit presque toute entière: mais si la prunelle de celui que nivelle, est de deux lignes de largeur, ou plus, il ne verra pas si clairement ce point par réflexion; & à plus forte raison, si la hauteur E C étoit beaucoup moindre que six pouces, & l'eau du niveau moins longue que cinq pieds. Les signes-mêmes se confondent quand ils sont trop proches l'un de l'autre: car deux signes blancs sur un fond noir distans entre eux d'environ un pouce, ne paroîtront que comme un seul signe, si on les regarde d'une distance de plus de vingt toises. Ceux qui ont l'ouverture de la prunelle plus large que deux lignes, trouveront par expérience, que si le niveau n'est que de deux pieds & demi de longueur, & que les deux signes blancs soient seulement à deux ou trois pouces l'un de l'autre, & éloignés du niveau de deux cens pieds, ils ne pourront que très-difficilement discerner l'image du signe supérieur, & encore moins si les signes sont noirs sur un fond blanc; parce que les rayons réfléchis de chaque point de ce signe n'occuperont, selon le calcul ci-dessus, qu'environ le quart du diamétre vertical de la prunelle; ce qui ne suffit pas pour faire une impression assez forte sur les nerfs de la vision; & c'est par cette raison qu'on ne voit pas par réflexion les objets qui sont fort peu élevés au-dessus de l'eau du niveau. Le même défaut arrivera si on se sert d'une lunette d'approche: car, si *n o*, dans cette figure, représente le diamétre de l'ob-



jectif

TAB. XXIII. Fig. 15. jectif NO de la figure quinzième, & le cercle *ngoh* l'objectif entier, dont le seul espace *gilh* soit découvert; la partie de la ligne verticale *sq* où tomberont tous les rayons réfléchis du signe supérieur, sera moindre qu'une demi ligne; & quoique l'ouverture ait toute sa largeur horisontale *urx*, comme on le voit en la figure, l'image du signe supérieur paroîtra fort foiblement, ou point du tout. Mais si EC est de cinq ou six pouces, & AB de quatre ou cinq pieds, on la discernera fort bien, pourvû que *qr* soit d'environ deux lignes, & *ux* d'un pouce, ou plus, si la lunette est de deux ou trois pieds de longueur: car en faisant descendre l'objectif peu à peu le long du talut, qui doit être à l'extrémité du niveau, comme il a été dit, il arrivera enfin que tous les rayons réfléchis du signe supérieur tomberont sur l'espace *uilx* de deux lignes de hauteur, & le rempliront presque entièrement; ce qui suffira pour faire voir clairement son image; & parce qu'alors les rayons directs du signe inférieur tomberont sur l'espace *uxhg*, qu'on suppose aussi de deux lignes de hauteur, il sera vû un peu mieux que cette image; ce qui est nécessaire, afin de les pouvoir distinguer.

Il est évident que si on baisse un peu plus l'objectif le long du talut, il restera moins d'ouverture pour les rayons du signe inférieur, & qu'il pourra paroître moins clair que l'image du supérieur; & que si on le hausse un peu plus, on aura de la peine à discerner cette image. En tous ces nivellemens, il faut avoir soin de bien couvrir l'eau du niveau, afin qu'il n'y tombe point de saletez, car elles nuiroient beaucoup à la réflexion des rayons.

On peut se servir aussi de lunettes, si on veut, dans les médiocres distances: car on déterminera plus précisément le vrai niveau, & on ne donnera rien à l'estime. Que si on vouloit niveller à de grandes distances, ou que l'on n'eût pas de signes qui pussent être haussés & baissés; il faudra ajuster à l'extrémité d'un petit tuyau, qu'on mettra dans celui qui porte l'oculaire convexe, trois petits filets ou cheveux en égale distance, & paralleles entr'eux, éloignés l'un de l'autre d'environ deux lignes, & faire en sorte qu'ils soient placés dans le foyer intérieur de l'oculaire, paralleles à l'horison. Ensuite on choisira un objet fort visible plus haut que le niveau, comme le bord de l'horison sensible, ou le sommet d'un arbre, ou une partie remarquable de quelque autre chose élevée, pour servir de signe supérieur: & si en regardant par la lunette on voit ce signe & son image dans l'eau converts par les deux filets extrêmes, le point d'un objet qui sera couvert par le filet du milieu, aura son apparence dans le plan de niveau; mais il faut que la lunette demeure immobile après avoir été bien placée, afin qu'on puisse faire ce discernement. Il faut aussi qu'on puisse, par le moïen d'une petite machine, ou autrement, approcher ou reculer également les filets extrêmes de celui du milieu, afin que leur distance soit juste, pour couvrir précisément l'objet qu'on prend pour signe supérieur, & son image.

On

On peut toutefois, pour éviter la peine de remuer les filets, juger par l'estime, si les filets extrêmes sont également éloignés du bord de l'horison & de son image; ce qui sera le même à peu près, que s'ils les couvroient précisément.

Il arrive souvent que les objets qui sont au-dessous du niveau, sont fort clairs; ce qui empêche de discerner l'image du signe supérieur. Mais on évitera ce défaut, si on baisse l'objectif de la lunette le long du talut, jusqu'à ce que la ligne *urx* soit presqu'à fleur de l'eau du niveau; parce qu'alors l'ouverture *gilh* ne recevra point de rayons des objets qui seront vers le point D, & au-dessus, jusques à ceux qui seront fort près du point E. On apprendra par l'usage la façon la plus commode pour se bien servir des lunettes, & de quelle grandeur elles devront être; mais lorsqu'on les emploïe, il ne faut point se servir de verre pour empêcher le vent, car il pourroit faire de fausses réfractions. TAB. XXIII. Fig. 15.

REGLES QU'IL FAUT OBSERVER POUR LES DIFFERENS LIEUX A NIVELLER.

SI on veut mettre de niveau une allée de jardin ou une longue gallerie, il faut placer le niveau au milieu de la longueur sur quelque ais un peu élevé, & trouver deux points en même niveau aux deux extrémitez, comme il a été enseigné. Ensuite on prendra la distance depuis le point X (qui marque au bout du niveau, en la figure 7e, la hauteur de la surface de l'eau) jusques à un piquet au-dessous, qui soit à la hauteur où l'on veut élever l'allée; à laquelle distance on en prendra d'égales, depuis les deux points trouvés de niveau jusques à des piquets qu'on plantera au-dessous. On mettra encore de la même manière d'autres piquets entre-deux, si l'allée est bien longue; & par le moïen de ces piquets on mettra tout le reste de niveau. Que si c'est une table qu'on veuille poser de niveau, la meilleure façon est de verser de l'eau doucement au milieu, jusques à ce qu'elle paroisse couler également de tous côtez; & alors elle sera de niveau, du moins à fort peu près: car il sera tout aussi difficile de la mettre dans un parfait niveau, que de faire tenir une épée debout par sa pointe sur une glace de miroir. TAB. XXII. Fig. 7.

Si on veut niveller deçà & delà d'une éminence à la campagne, il faut avoir une pique ou une grande régle, ou deux tuyaux de fer blanc, qui entrent l'un dans l'autre comme ceux des grandes lunettes d'approche, & mettre au haut les signes; & après avoir placé le niveau au haut de l'éminence, on fera éloigner celui qui portera les signes, plus

ou moins ſelon que la pente ſera roide, juſques à ce qu'on connoiſſe, en obſervant ce qui a été dit ci-deſſus, que le milieu du ſigne inférieur, lorſqu'il n'y en a que deux, ſoit à la même hauteur que l'eau du niveau: alors on meſurera la diſtance depuis le point X juſques à une pierre qu'on mettra au-deſſous, & on ira prendre la même diſtance depuis la pierre où eſt poſée la pique ou le tuyau; & le ſurplus, juſques à la ligne qui ſera tracée au milieu du ſecond ſigne, ſera la différence de niveau de ces deux premières ſtations. On écrira cette différence & celles des autres ſtations, juſques au point réquis à niveller. On fera de même de l'autre part de l'éminence; & ajoûtant enſemble toutes les différences des ſtations de chaque côté, on connoîtra par la différence des deux ſommes la différence de niveau des deux points. On peut hauſſer & baiſſer l'ais où ſeront les ſignes, par le moïen d'une petite poulie attachée au haut de la grande régle, ou par quelques autres moïens qu'on trouvera les plus commodes.

Pour mettre de niveau quelque grande ſalle, il faut ſe ſervir de la figure 6e, collée ſur un petit ais, qu'on élévera ou baiſſera peu à peu, juſques à ce qu'on ait trouvé un point à même hauteur que l'eau du niveau placé au milieu de la ſalle. On trouvera un autre point de même de l'autre part, & on prendra une meſure égale depuis ces deux points juſqu'à 2 pavez qu'on ajuſtera au-deſſous. On placera encore 2 ou 3 autres pavez en d'autres endroits à même hauteur, après avoir tourné le niveau vers les autres côtez de la ſalle; ce qui ſuffira pour ajuſter le reſte. On peut même poſer le milieu du niveau, & l'affermir ſur un genou de bois ou de cuivre, par le moïen duquel on le tournera en rond toûjours à même hauteur; & on prendra par ce moïen tant de points qu'on voudra à même niveau.

TAB. XXII. Fig. 6.

Si on veut niveller une pente de montagne très-roide, il faut avoir un canal étroit, & long de 15 ou 16 pieds, & le mettre de niveau par le moïen de l'eau qu'on y verſera, l'appuïant pour le faire tenir horiſontalement. On prendra la hauteur depuis le pied de la montagne juſques à ce canal. Enſuite on poſera le bâton qui ſert à meſurer, à l'endroit de la pente où l'un des bouts du canal étoit poſé; & on poſera le canal plus loin, & plus haut, le mettant encore de niveau, & meſurant de même; & ainſi on ira, comme par degrez, juſques au haut de la montagne, ou juſques à ce que la pente ne ſoit plus ſi roide, & qu'on puiſſe emploïer l'autre niveau. Au lieu de canal, on peut ſe ſervir d'une longue régle, & y appliquer un petit niveau de bois au milieu, ſemblable à ceux dont ſe ſervent les Maçons & les Charpentiers, pour connoître quand elle ſera poſée horiſontalement.

Lorſque par curioſité on veut niveller dans la dernière exactitude poſſible, à une ſeule fois, deux tours, ou deux montagnes, ou choſes ſemblables, éloignées l'une de l'autre d'une ou deux lieuës; il faut qu'il y ait un nivelleur en chaque endroit, & que chacun d'eux ait 2

ou 3

ou 3 signes blancs, de grandeurs & de distances suffisantes, qu'on fera couler sur un fond noir, soit de toile peinte, ou de telle autre matière qu'on trouvera plus commode. Ils choisiront un tems que le soleil soit couvert de nuées, & que l'air ne soit pas trop froid, ou trop chaud, & qu'il ne soit pas trop rempli d'exhalaisons ondoïantes. Il faut aussi qu'ils conviennent des signes qu'ils se feront pour niveller en même tems, & pour sçavoir quand il faudra hausser ou baisser les signes qui marquent le niveau, lesquels ils verront respectivement par le moïen de bonnes lunettes d'approche de 6 ou 7 pieds de longueur: & après avoir remarqué à peu près où chacun d'eux doit poser son niveau, & qu'ensuite ils auront fait hausser ou baisser leurs signes jusques à ce qu'ils soient bien placés, ils se feront connoître respectivement de combien de pieds la surface de l'eau de leurs niveaux sera plus haute ou plus basse que la ligne tirée dans le signe du milieu qui est de leur côté, & ils s'ajusteront ensuite de manière qu'ils puissent trouver chacun la même différence; ce qui sera facile en observant les régles ci-dessus. Comme, si l'un se trouve 8 pieds plus haut que le niveau de l'autre, & que l'autre ne trouve que 4 pieds, il faudra que ce dernier hausse son niveau de 2 pieds, ou que l'autre baisse le sien d'autant, & ils trouveront en nivellant de nouveau une même différence de 6 pieds. Si on pratique bien cette méthode, on pourra s'assûrer que l'eau des deux niveaux est également distante du centre de la terre, & que les points qu'on marquera à cette hauteur, seront de niveau entr'eux; & on pourra avoir le plaisir de remarquer à diverses heures du jour de combien chacun de ces lieux qu'on aura marqués, paroîtra élevé, ou abaissé par les différentes réfractions, ou même s'il n'y aura point de petites différences entre les deux niveaux, lorsque le soleil luira, à cause que les réfractions sont alors fort irrégulières, & qu'un même rayon peut être rompu plusieurs fois en divers sens avant que d'arriver à l'œil. Comme, si l'objet est en A, & l'œil au-dessus d'une tour en B, & une éminence de terre entre-deux en E où luise le soleil, le rayon AD se pourra rompre en DG, rencontrant un air plus épais en D qu'en A; & s'il rencontre vers le point G un air fort chaud à cause des exhalaisons qui s'élévent au-dessus de E, il pourra remonter vers F, & derechef descendre vers B; & ce rayon FB, étant continué directement vers C, fera paroître l'objet A en C, au lieu que l'œil étant en F le pourroit voir en H par la ligne FGH. Mais il est fort vrai-semblable, que lorsque le soleil ne luit point, & que deux objets sont en même hauteur, c'est-à-dire, en même niveau, comme A & B en la figure 13e, l'œil en B verra l'objet en A aussi élevé par la réfraction, comme l'œil en A verra l'objet en B; ce qu'il faudra vérifier par plusieurs expériences. Les plus assûrées seront celles qu'on fera par le moïen d'un lac, ou d'un grand étang: car ils serviront, lorsque l'eau est calme, à prendre deux points éloignés l'un de l'autre de 2000 ou

TAB. XXIII. Fig. 16.

TAB. XXIII. Fig. 13.

3000 toiſes, & également diſtans du centre de la terre; & on pourra obſerver ſi quelquefois, lorſque le ſoleil luit, & qu'il fait très-grand chaud, la réfraction n'abaiſſe pas l'objet au lieu de l'élever; & ſi lorſque le ciel eſt couvert de nuées, les deux points paroiſſent aux deux nivelleurs en même tems toûjours également élevés.

On peut ſe ſervir d'un autre inſtrument très-exact pour niveller. Il faut avoir un petit vaiſſeau beaucoup plus long que large, qu'on remplira d'eau juſques à une hauteur ſuffiſante; & dans ce vaiſſeau on poſera un petit bateau de fer blanc ou de cuivre, qui ſoit de même longueur & largeur à peu près que le vaiſſeau. Au haut de ce petit bateau, vers les extrémitez, on ajoûtera des verres de lunette, ſans ſe mettre en peine ſi l'axe de la lunette eſt préciſément parallele à la ſurface de l'eau. Enſuite on partagera en deux également la diſtance à niveller; & on placera la petite machine, empêchant que le vent ne faſſe mouvoir le petit bateau; & lorſqu'il ſera arrêté, on remarquera vers un des lieux à niveller, le point où répondra le fil qu'on aura placé au centre du foyer de l'oculaire; puis on tournera le vaiſſeau avec ſon petit bateau flottant, par quelque moïen facile, & on attendra que la lunette ſoit arrêtée preſqu'à la même ſituation que dans la première obſervation. On remarquera de même un point vers l'autre lieu; ce qu'on pourra faire encore 2 ou 3 fois en retournant la machine: & ſi l'on voit toûjours les mêmes points de part & d'autre, on ſera très-aſſûré que ces 2 points ſeront également éloignés du centre de la terre, puiſque le bateau demeure toûjours enfoncé de même. Ce niveau n'eſt ſujet à aucune erreur, ſi ce n'eſt que le lieu où il eſt placé, ne ſoit pas également éloigné des deux points à niveller. Mais quand il y auroit 3 ou 4 toiſes de différence, ſur une diſtance de 2000 toiſes, l'erreur ſera peu conſidérable. Comme, ſi en la figure 17e, CA eſt la machine; CB une diſtance de 1000 toiſes; D le point plus haut de 20 pieds que le vrai niveau CB; CE l'autre diſtance de 1004 toiſes: on trouvera par le calcul, que l'erreur ſera moindre que d'un pouce, & dans les autres diſtances à proportion. On n'emploïera cette façon de niveller qu'en des nivellemens bien importans, & en des lieux fermés, comme en de longues galleries, afin qu'il n'y faſſe point de vent: & on fera l'obſervation pendant que le ſoleil eſt couvert de nuées, pour éviter les inégalitez des réfractions; ou, ſi c'eſt à la campagne, on peut ſe couvrir d'une tente, & faire en ſorte que la machine ne ſoit point agitée par le vent.

TAB. XXIII. Fig. 17.

On peut auſſi, avec ce niveau, connoître dans une plaine, ſi 2 tours ou 2 montagnes ſont auſſi hautes l'une que l'autre, en élevant le bout de la lunette juſques à ce que le fil qui eſt au centre du foyer de l'oculaire, réponde au ſommet de l'une des tours ou montagnes; & enſuite tournant la machine vers l'autre, on verra facilement ſi elle eſt plus haute, ou plus baſſe: mais il faut avoir trouvé par la Trigonométrie

ou

ou autrement, qu'on eſt également éloigné, ou à peu près, des deux points qu'on nivelle, & tourner deux ou trois fois la machine, pour voir ſi on rencontrera toûjours les mêmes points.

Si on peut ſe mettre au milieu de la diſtance des 2 points à niveller, & qu'on veuille ſe ſervir de ce niveau pour niveller un point éloigné; on trouvera deçà & delà du niveau, en diſtances égales, 2 points qu'on marquera par 2 lignes horiſontales: enſuite on ſe reculera 50 ou 60 pas au-delà de la ligne la plus éloignée du point à niveller, & avec une lunette on cherchera à voir ces 2 lignes comme une ſeule ligne, en hauſſant ou baiſſant la lunette ſelon qu'il ſera néceſſaire; & un point éloigné qui ſera couvert à la vûë par ces 2 lignes, ſera dans un même plan de niveau avec elles, ou du moins y aura ſon apparence.

Lorſqu'on veut ſçavoir la différence de niveau de 2 ſommets de montagnes, ou d'autres objets éloignés l'un de l'autre de 5 ou 6 lieuës, & diſpoſés en ſorte qu'ils bornent l'horiſon ſenſible l'un de l'autre, & que les rayons viſuels qui vont de l'un à l'autre, raſent quelques éminences couvertes de bois, ou qui ſont de difficile accès; ce qui empêche de ſe pouvoir ſervir des niveaux ci-deſſus; il faut avoir en chaque lieu un quart de cercle comme ceux avec leſquels les Aſtronomes prennent les hauteurs des aſtres par le moïen des lunettes d'approche qui ſervent de pinules; & après les avoir rectifiés comme il ſera enſeigné ci-après, on prendra reſpectivement la différence de hauteur apparente de ces objets à l'égard de la tangente horiſontale, ſoit qu'ils ſoient vûs au-deſſus, ou au-deſſous de cette tangente; & après qu'on aura ſçû au plus près qu'on pourra, la diſtance de ces 2 objets, par la Trigonométrie, ou autrement, on calculera cette différence de hauteur par la Trigonométrie. Comme, ſi l'un de ces objets paroiſſoit élevé par deſſus le plan horiſontal de l'autre de 12 minutes, & que leur diſtance fût de 12000 toiſes; on cherchera par les tables des ſinus, le ſinus de 12 minutes, qu'on trouvera être 349, le rayon entier étant 100000; & aux trois nombres 100000, 12000, & 349, on trouvera le 4e. proportionel 41 $\frac{44}{50}$ toiſes, qui ſera l'élévation de cet objet au-deſſus de la tangente. On fera de même pour l'autre objet; & par le calcul enſeigné ci-deſſus on connoîtra la vraie différence de niveau des 2 objets entre eux comme: ſi l'autre étoit trouvé plus bas de 30 toiſes que la tangente horiſontale, on prendra la moitié de 71 $\frac{44}{50}$ toiſes, ſomme des deux différences; & cette moitié, ſçavoir 35 $\frac{47}{50}$ toiſes, ſera la vraie différence de niveau des 2 objets, du moins à peu près, ſi on ſçait bien prendre les hauteurs: car ſi on eſt très-exact, & que le quart de cercle ſoit bien diviſé & rectifié, l'erreur ſera peu conſidérable; mais on ne pourra jamais être aſſûré que ce nivellement ſoit dans une parfaite juſteſſe.

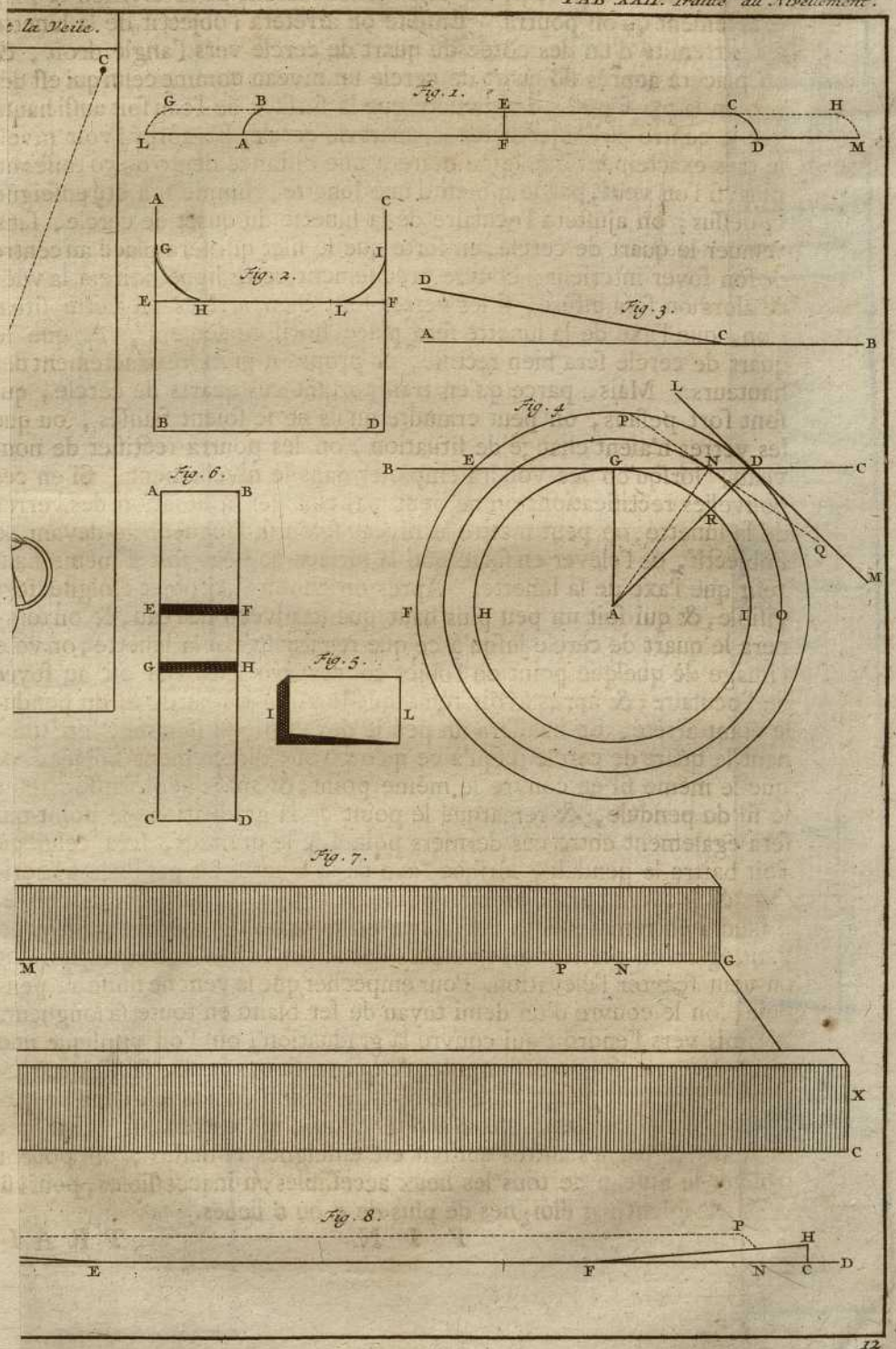
Pour bien rectifier un quart de cercle à lunettes, on fera ce qui s'enſuit: La diviſion des degrez & minutes, &c. étant bien faite, on fe-

ra battre le fil du pendule ſur le commencement de la diviſion le plus exactement qu'on pourra. Enſuite on arrêtera l'objectif de la lunette à l'extrémité d'un des côtez du quart de cercle vers l'angle droit, & on placera auprès du quart de cercle un niveau comme celui qui eſt décrit en la 7e. figure, de manière que la ſurface de l'eau ſoit auſſi haute que le centre de l'objectif ſur le quart de cercle. Et après avoir nivellé très-exactement une ligne noire à une diſtance de 40 ou 50 toiſes ou plus, ſi l'on veut, par le moïen d'une lunette, comme il a été enſeigné ci-deſſus; on ajuſtera l'oculaire de la lunette du quart de cercle, ſans remuer le quart de cercle, en ſorte que le filet qui ſera placé au centre de ſon foyer intérieur, couvre préciſément cette ligne noire à la vûë; & alors on ſera aſſûré, ſi les verres ſont bien arrêtés en cette ſituation, que l'axe de la lunette ſera placé horiſontalement, & que le quart de cercle ſera bien rectifié, & propre à prendre exactement des hauteurs. Mais, parce qu'en tranſportant ces quarts de cercle, qui ſont fort peſans, on peut craindre qu'ils ne ſe ſoient fauſſés, ou que les verres n'aient changé de ſituation; on les pourra rectifier de nouveau, lorſqu'on les voudra emploïer dans le nivellement. Si en ces nouvelles rectifications on ne veut pas changer la ſituation des verres de la lunette, on peut mettre le niveau ſelon ſa longueur au-devant de l'objectif, & l'élever en ſorte que la ſurface de l'eau ſoit à même hauteur que l'axe de la lunette. Après on choiſira un objet éloigné fort viſible, & qui ſoit un peu plus haut que le niveau de l'eau, & on tournera le quart de cercle juſqu'à ce que regardant par la lunette, on voïe l'image de quelque point de l'objet couvert par le fil qui eſt au foyer de l'oculaire; & après avoir remarqué le point où bat le fil du pendule étant arrêté, on hauſſera un peu le devant de la lunette, en tournant le quart de cercle juſqu'à ce qu'on voïe directement l'objet, & que le même fil en couvre le même point; & après avoir laiſſé arrêter le fil du pendule, & remarqué le point de la graduation, le point qui ſera également entre ces derniers points & le premier, ſera celui où doit battre le pendule, lorſque l'axe de la lunette eſt parallele à l'horiſon: & ſi ce n'eſt pas le premier point de la diviſion du quart de cercle, il faudra en remarquer la différence en minutes & ſecondes, afin qu'on y ait égard en prenant les hauteurs des aſtres ou des autres objets dont on veut ſçavoir l'élévation. Pour empêcher que le vent ne nuiſe au pendule, on le couvre d'un demi tuyau de fer blanc en toute ſa longueur, horſmis vers l'endroit qui couvre la graduation, où l'on applique une glace de verre fort tranſparente, & qui ne fait point de fauſſes réfractions. On peut même faire tremper le plomb du pendule dans un petit vaiſſeau plein d'eau, afin d'arrêter plûtôt ſes battemens. Par ces moïens, & par les autres qui ont été enſeignés ci-deſſus, on pourra trouver le niveau de tous les lieux acceſſibles ou inacceſſibles, pourvû qu'ils ne ſoient pas éloignés de plus de 5 ou 6 lieuës.

TAB. XXII. Fig. 7.

FIN.

TRAI-


la Veüe.
C
Fig. 1.
G B E C H
L A F D M
Fig. 2.
A C
G I
E H L F
B D
Fig. 3.
D
A C B
Fig. 4
L
P
B E G N D C
R
Q
M
F H A I O
Fig. 6.
A B
E F
G H
C D
Fig. 5.
I L
Fig. 7.
M P N G
X
C
Fig. 8.
P H
E F N C D

Decouverte touchant la Veile.

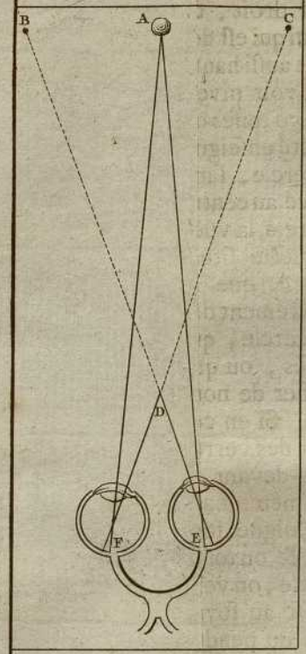


Fig. 1.

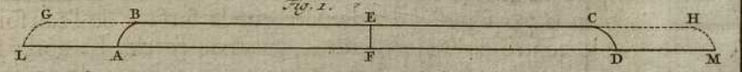


Fig. 2.

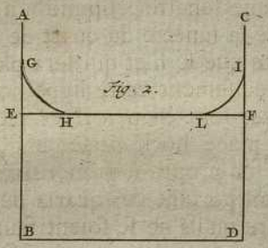


Fig. 3.

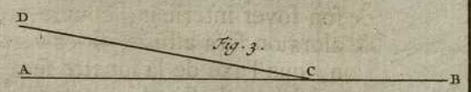


Fig. 4.

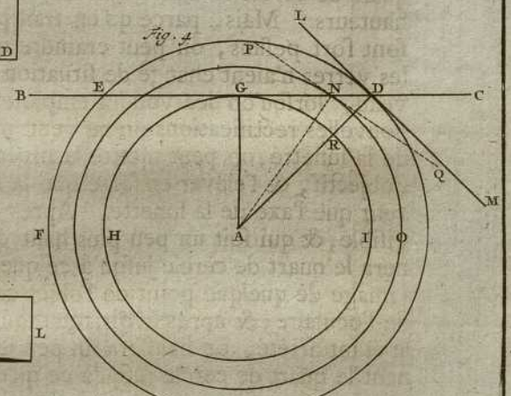


Fig. 6.

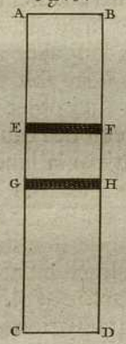


Fig. 5.

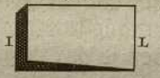


Fig. 7.

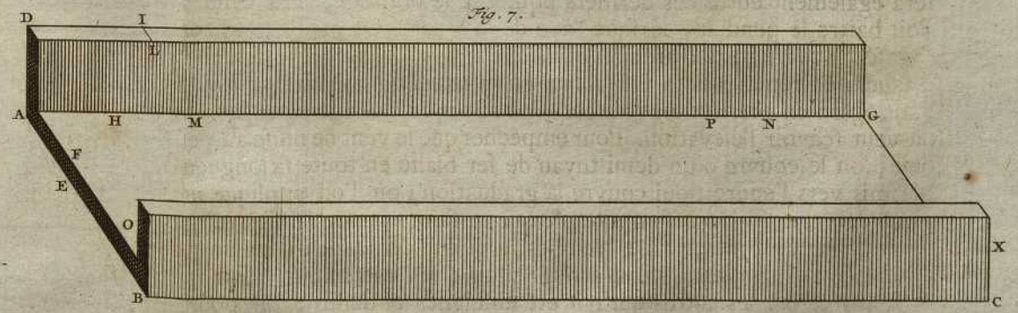
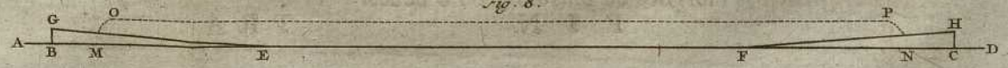
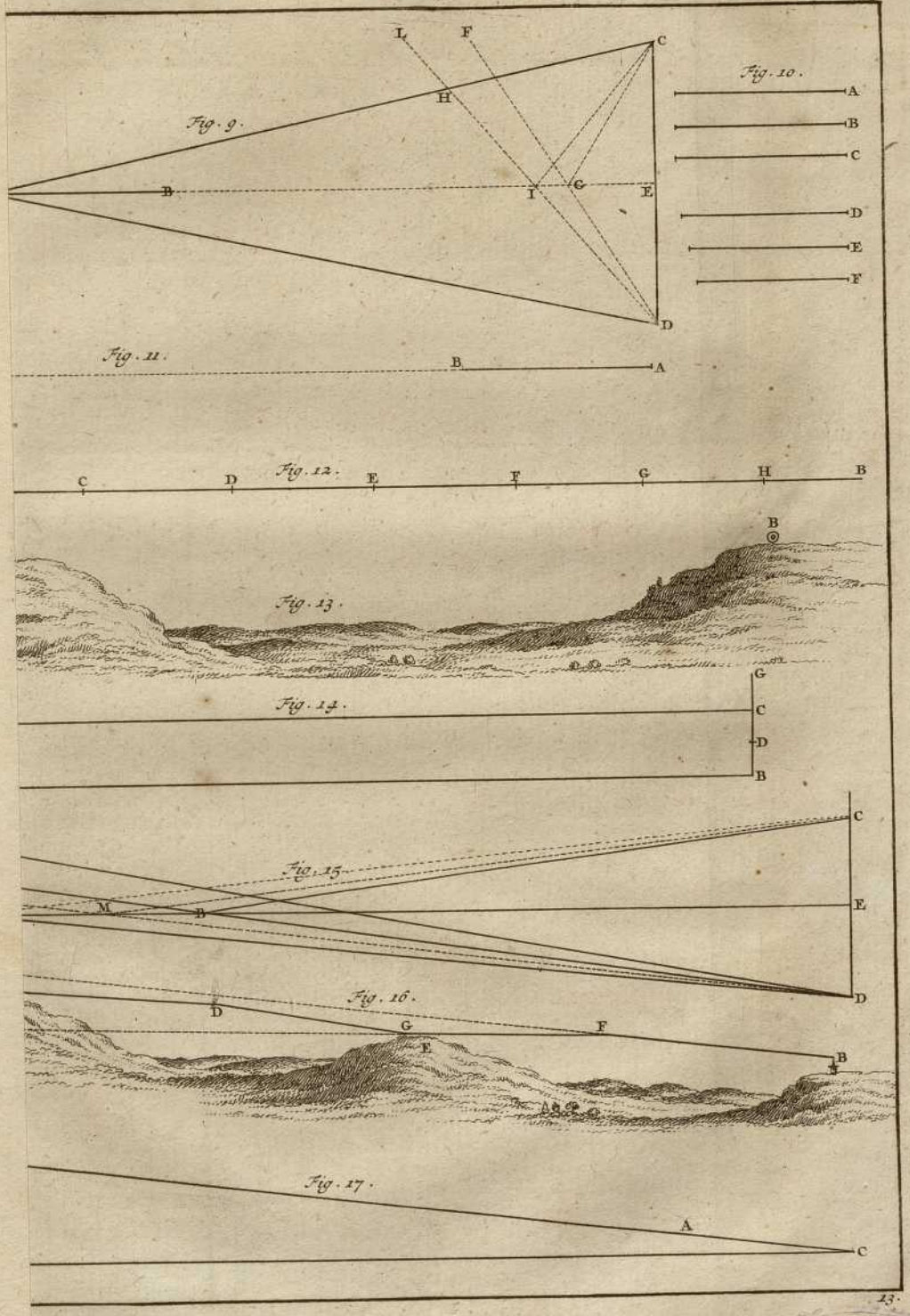
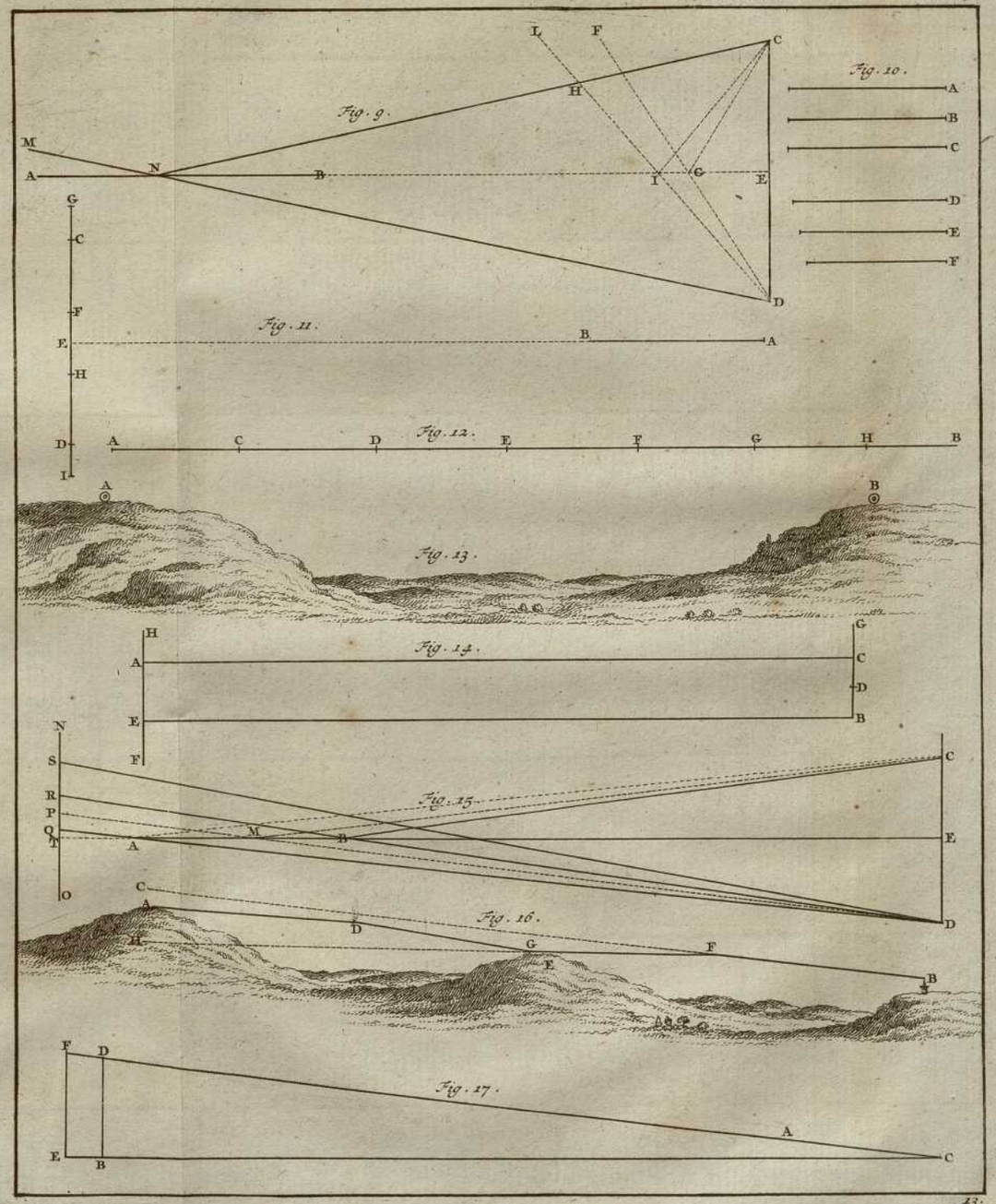
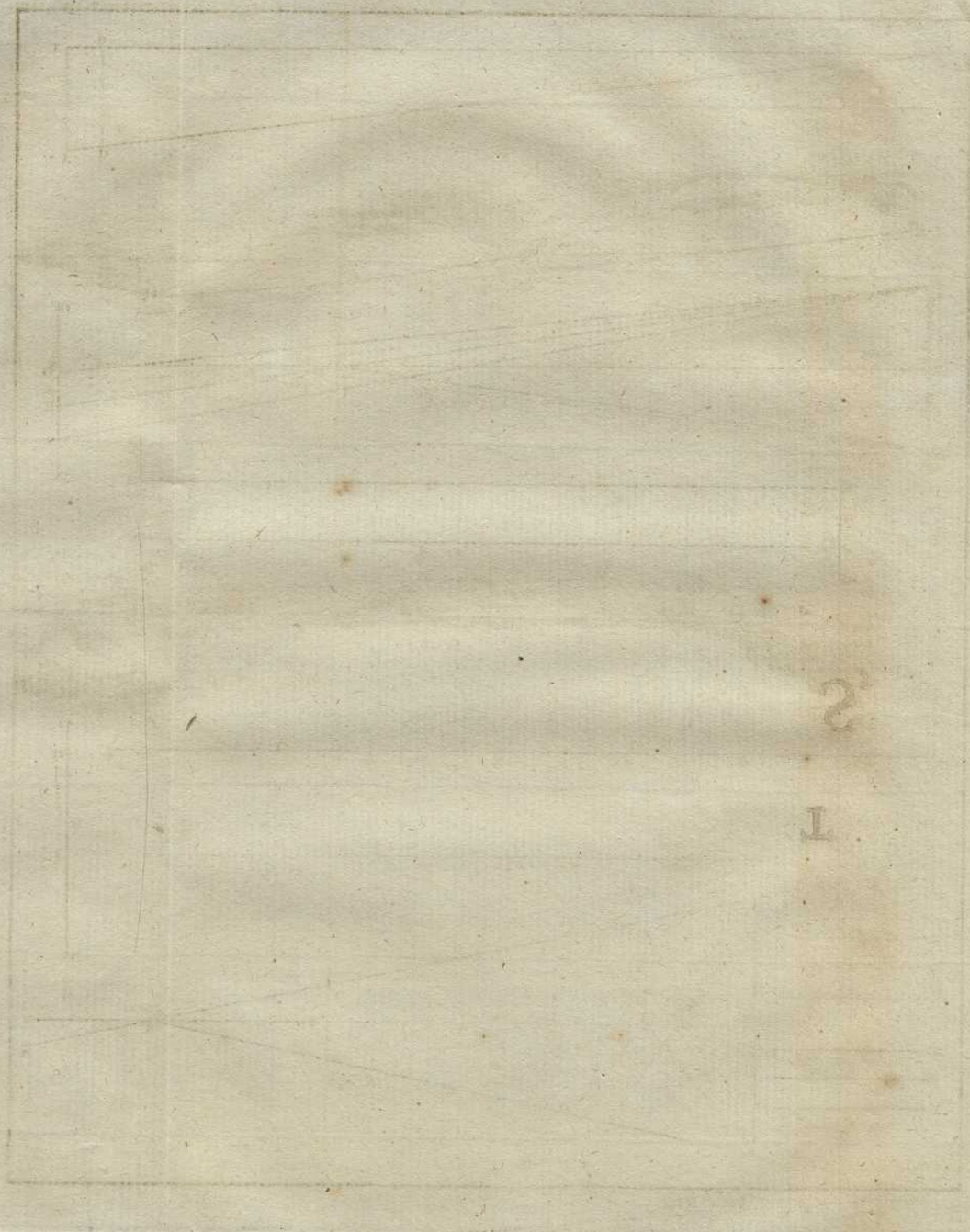


Fig. 8.









TRAITÉ
DU
MOUVEMENT
DES
PENDULES,

Par Mr. MARIOTTE,

de l'Académie Roïale des Sciences;

Imprimé pour la première fois sur le Manuscrit original de l'Auteur.

LETTRE
DE
MONSIEUR MARIOTTE,

Ecrite de Dijon le 1. *Février* 1668,

à

MONSIEUR HUYGENS,

Touchant le Traité qui suit.

J'Ai cru que vous aggréeriez que je vous fisse part de quelques démonstrations que j'ai trouvées sur le Mouvement des Pendules & des choses pesantes qui tombent vers le Centre. J'avois fait autrefois quelques petits Ecrits pour rendre raison pourquoi les cordes de Lut impriment leur mouvement dans celles qui leur sont en unisson & en octave, lesquels je lus dans l'Assemblée. Mais vous m'avertîtes que Galilée *avoit dit la même chose; ce qui m'a donné la curiosité de le lire depuis quelque tems; & j'ai trouvé en effet que ses pensées étoient tellement conformes aux miennes sur ce sujet, que vous pouviez croire avec beaucoup de raison que j'avois emprunté de lui ce que j'en avois écrit. Mais, pour ce qui est du Mouvement des Pendules & des choses pesantes, quoique mes Propositions soient les mêmes que les siennes, il y a pourtant une différence toute entière entre les façons de démontrer & l'ordre & suite des Propositions, comme vous le pourrez juger facilement, s'il vous plaît de lire l'Ecrit ci-joint. Car vous verrez, que dans ma première Proposition je donne, ou crois donner, la vraie cause de l'accélération du mouvement, au lieu que* Galilée *se contente de la supposer & d'en faire une définition; que dans ma* 5e. *je prouve ce qu'il prend pour Principe, & qu'il demande lui être accordé au commencement de son Traité; & que dans ma* 8e.

je

je donne la proportion du tems par le côté du quarré, avec le tems par les 2 côtez de l'octogone, & par celui des 3 côtez du dodécagone; ce qu'il n'a pas fait. Je fais une abstraction, aussi-bien que lui, de la résistance de l'air: car en la supposant je me suis encore rencontré dans ses mêmes sentimens auparavant que de l'avoir lû, & je crois que les poids qui tombent, augmentent leur vitesse jusques à un certain point, passé lequel elles vont d'un mouvement égal; & voici comme je détermine ou commence cette égalité. Je suppose qu'un vent soufflant de bas en haut puisse soûtenir une boule de liége en l'air: alors, si le vent cesse, cette boule tombant augmentera sa vitesse jusques à ce qu'elle soit égale à celle du vent qui la soûtenoit, & ensuite elle continuera sa descente avec une vitesse uniforme, puisque la résistance de l'air lui ôtera précisément sa puissance naturelle de descendre, & il ne lui restera que la puissance acquise. Je n'ai pas fait mes démonstrations bien exactes, ni dans toute leur étenduë; parce que je sçai que vous les suppléerez facilement, & que j'aurois été trop long. C'est par cette même considération que je ne montre pas la façon dont j'ai calculé les nombres énoncés en ma 8e. Proposition, & que la Conclusion est sans démonstration. Et parce que je crains que cette lettre ne soit aussi trop longue, & qu'elle ne vous soit ennuïeuse; je la finis en vous assûrant de mes très-humbles respects, & que je suis &c.

DU MOUVEMENT DES PENDULES.

PREMIER PRINCIPE NATUREL.

UN même poids fait le commencement de sa descente avec une même vitesse en quelque lieu accessible de l'air qu'on le laisse tomber.

Ce Principe se prouve par expérience, & doit être admis comme on admet dans les Méchaniques, que les cordes des balances sont paralleles à cause de la grande distance de la surface de la terre à son centre, quelle que soit la cause du mouvement vers le centre.

SECOND PRINCIPE NATUREL.

SI un corps est porté d'une vitesse uniforme par un petit espace, par quelque cause que ce soit; cette cause cessant, il continuera son mouvement de même part avec la même vitesse par un espace égal au premier, s'il n'est point empêché par une autre cause.

Ce principe est accordé par *Descartes* & *Galilée*; & il est facile de le prouver par expérience. Nous appellerons cette puissance par laquelle le corps continue son mouvement, acquise.

I. PROPOSITION.

IL est impossible, qu'un poids qu'on laisse tomber, continue sa descente avec une vitesse uniforme; mais il acquiert, à chaque moment égal de tems, un nouveau degré égal de vitesse.

TAB. XXIV. Fig. 1. Soit A B une ligne perpendiculaire à un plan horisontal, divisée en plusieurs petites parties égales aux points C, D, E, F, G, H, I, V; & qu'aiant laissé tomber un poids du point de repos A, il descende d'une vitesse uniforme, s'il se peut, jusques au point C, par sa puissance naturelle de descendre vers le centre de la terre, en un certain tems que nous appellerons un moment. Donc, par le 2e. principe naturel, il continuera sa descente avec la même vitesse par l'espace C D, & dans le second moment de tems égal au premier il arriveroit au point D par sa puissance acquise, encore que la puissance naturelle de descendre l'eût abandonné au point C. Mais, parce qu'il la conserve toûjours égale en quelque lieu qu'il soit de la ligne A B, par le premier principe; dans ce second moment de tems il parcourra par cette puissance un autre petit espace égal à A C. Donc par ces deux puissances ensemble il passera

les

les deux petits espaces CD, DE, au second moment. Et par les mêmes raisons, dans le troisième moment il ira de E en G par la puissance acquise, puisqu'au moment précédent il est descendu de C en E; & par la puissance naturelle qui ne le quitte point, il descendra encore en ce moment un espace égal à AC, par le premier principe. Donc dans ce troisième moment il parviendra au point H, & ainsi de suite; c'est-à-dire, que si au premier moment il passe l'espace AC, au second il passera le double de AC, au troisième le triple, au quatrième le quadruple, &c. Donc sa vitesse augmentera à proportion des tems de sa descente: & si on entend que la ligne AB soit divisée en de plus petites parties à l'infini, & le tems aussi à l'infini; cette accélération de mouvement sera enfin uniforme, & la vitesse augmentera à proportion des tems; ce qui étoit à prouver.

II. PROPOSITION.

Soit AB *une perpendiculaire, qu'un poids ait passée dans un certain tems tombant du point de repos* A; *& que ce poids, étant arrivé au point* B, *change de direction & remonte vers le point* A, *commençant son mouvement de bas en haut selon la vitesse acquise au point* B: *je dis qu'il remontera jusques au point* A, *& que le tems de sa montée sera égal à celui de sa descente.* TAB. XXIV. Fig. 2.

Car, soit supposé le tems de sa descente être divisé en 10 momens égaux, & la ligne AB en 55 parties égales entre elles, & que le poids passe la première au premier moment par une vitesse uniforme. Donc, par ce qui a été dit en la précédente, au dixième moment il passera en descendant 10 de ces petites parties. Mais en remontant au onzième moment avec la même vitesse il passera aussi 10 de ces petites parties par la puissance acquise, par le 2e. principe; & par la puissance naturelle, il en descendroit une dans ce même onzième moment qui sera le premier de la montée. Donc par les 2 puissances ensemble le poids ne remontera que 9 parties; c'est-à-dire, que si B *g* est égale à 10 de ces parties, & *g*H à une, le poids ne montera en ce premier moment que jusques au point H; & dans le second moment devant parcourir 9 de ces parties par la puissance acquise; il n'en parcourra que 8, à cause que la puissance naturelle de descendre lui en ôtera une en ce second moment, & ainsi des autres espaces. Donc la progression des espaces ou petites parties égales de sa montée au 1er, 2e, 3e, 4e. moment, &c. sera 9, 8, 7, 6, 5, &c. & au lieu d'en passer 2 au neuvième moment, il n'en passera qu'une; & enfin devant monter une de ces petites parties au dixième moment par la puissance acquise, & en descendre une par la puissance naturelle dans le même dixième moment, ces deux puissances s'effaceront précisément l'une l'autre, & le dernier terme de la montée sera au neuvième moment. Donc le tems de la montée du poids étant de 9 momens, & celui de sa descente de 10, la différence sera $\frac{1}{10}$. Et la descente étant de 55 parties telles que B *g* en

eſt 10, la montée ne ſera que de 45, c'eſt-à-dire, environ $\frac{1}{5}$ moins que la deſcente. Mais ſi le tems eſt ſuppoſé diviſé en 100 momens & la ligne AB en 5050 parties égales, & que le poids au premier moment paſſe par une viteſſe uniforme une de ces parties en deſcendant, il parcourra les 5050 parties dans les 100 momens. Mais, par ce que nous venons de dire, le tems de la montée défaudra d'un de ces 100 momens, & l'eſpace défaudra de 100 de ces petites parties, c'eſt-à-dire, environ $\frac{1}{50}$ de toute la ligne AB. Que ſi cette diviſion de tems & d'eſpace eſt continuée à l'infini, ces défauts diminueront toûjours, & enfin la différence des tems ſera moindre qu'aucun moment de tems donné, & celle des eſpaces moindre qu'aucune grandeur donnée, c'eſt-à-dire, comme rien. Donc le poids remontera juſques au point où il a commencé ſa deſcente &c. ce qui étoit à prouver.

Il s'enſuit de cette propoſition, que ſi on jette en l'air perpendiculairement un poids, comme une balle de plomb, le tems de ſa montée depuis le point où il quitte la main juſques au point de repos, & celui de ſa deſcente juſques au point où il a quitté la main, ſeront égaux, & que la viteſſe de la balle diminuera uniformément en montant juſques à ſon repos à proportion des tems de la montée.

III. PROPOSITION.

TAB. XXIV. Fig. 3. *Soit* AB *une ligne perpendiculaire, qu'un poids ait paſſée en deſcendant du point de repos* A, *comme il a été démontré dans les propoſitions précédentes; & qu'au même tems quelque autre mobile parcoure la ligne* CD *égale à* AB, *par une viteſſe uniforme: je dis que cette viteſſe ſera à la moitié de la viteſſe acquiſe par le poids au point* B.

Car ſoit ſuppoſé le tems de la deſcente par AB être diviſé en 100 momens égaux, & la ligne AB en 5050 parties égales, & que le poids paſſe la première au premier moment par un mouvement uniforme: par ce qui a été dit en la 1e. propoſition le poids parcourra au cinquantième moment 50 de ces parties, & 100 au centième; & l'agrégé de toutes ces parties ſera 5050, nombre égal à 50 avec le produit de 50 par 100. Mais, ſi pendant chacun de ces momens l'autre mobile parcourt en la ligne CD 50 de ces parties par une viteſſe uniforme, cette viteſſe ſera égale à la moitié de la viteſſe acquiſe par le mouvement accéléré au point B de la ligne AB, puiſqu'au dernier moment de la deſcente le poids a parcouru 100 de ces parties; & l'agrégé des parties parcourues dans les 100 momens par cette viteſſe uniforme ſera égal au même produit de 100 par 50, c'eſt-à-dire, 5000; & la différence des eſpaces paſſés par ces deux mobiles en même tems ſera 50, qui eſt $\frac{1}{100}$ de tout l'eſpace paſſé par le mouvement uniforme. Mais, ſi le tems eſt ſuppoſé être diviſé en 100 momens, & la ligne AB en 500500 petites parties égales &c. on montrera, par les mêmes raiſons, que les eſpaces parcourus par le mouvement accéléré & par l'uniforme ſeront différens de $\frac{1}{1000}$. Et ſi on diviſe le tems & la ligne

AB

AB en de plus petites parties, cette différence diminuera toûjours. Donc si elles sont divisées à l'infini, cette différence sera enfin comme rien; & les deux mobiles, dont l'un descend par un mouvement accéléré jusques au point B, & l'autre se meut par une vitesse uniforme égale à la moitié de celle acquise au point B, passeront en tems égaux les 2 lignes égales, AB, CD. Donc &c. ce qui étoit à prouver.

IV. PROPOSITION.

SI un poids passe en descendant des espaces inégaux en divers tems, les espaces passés seront l'un à l'autre en raison doublée des tems de leur descente.

Soit la ligne AB, dont la partie AC soit passée par un poids descendant du point de repos A dans le tems DE, & toute la ligne AB dans le tems DF: je dis que comme le quarré de DE est au quarré de DF, ainsi l'espace AC est à l'espace AB. Car, soit supposé, comme dans les propositions précédentes, le tems DE être divisé en 10 momens égaux, & l'espace AC en 55 parties égales, dont le poids en passe une avec une vitesse uniforme au premier moment: donc, par la 1e. proposition, il en passera 10 au dixième. Et si DF est double de DE, le tems DF sera composé de 20 de ces momens, & au vingtième moment il parcourra 20 petites parties égales à celles de AC: donc l'agrégé de toutes les parties passées dans le tems DF sera égal au produit de 10 par 20 avec 10, & celui des parties passées dans le tems DE sera égal à 5 avec le produit de 5 par 10. Or, ces produits sont nombres semblables: donc ils sont l'un à l'autre en raison doublée de leurs côtez homologues, sçavoir 10 & 20, ou DE, DF. Mais, d'autant que le nombre 10 ajoûté au premier produit n'est pas au nombre 5 ajoûté au dernier en raison doublée de 10 à 20, mais en la simple raison de DE à DF, l'agrégé des parties passées dans le tems DE sera moindre que le quadruple des parties de AC, & la différence sera 10, sçavoir $\frac{1}{21}$ de toute la ligne passée dans le tems DF. Mais, si on suppose les tems & les espaces être divisés à l'infini, la proportion de cette différence diminuera toûjours, comme il a été montré ci-dessus; & enfin sera comme rien: donc AB passé dans le tems DF sera quadruple de AC, lorsque l'accélération du mouvement sera uniforme. On fera la même preuve, si DF est supposé triple ou quadruple de DE, ou en quelque autre raison. Donc &c. ce qui étoit à prouver. TAB. XXIV. Fig. 4, 5.

Il s'ensuit, si on prend A*g* moïenne proportionelle entre AC, AB, que comme AC à A*g*, ainsi le tems par AC au tems par AB.

V. PROPOSITION.

SOit BC une ligne horisontale, CA perpendiculaire à BC, & AB inclinée: je dis que si on laisse tomber un même poids du point A, le tems de sa descente par AB sera au tems de sa descente par AC comme AB est à AC. TAB. XXIV. Fig. 6.

Car, d'autant que la pesanteur totale du poids est à sa pesanteur sur

la ligne inclinée AB comme AC à AB, & que la pesanteur n'est autre chose qu'une puissance de descendre selon une certaine vitesse : il s'ensuit que si on entend que le poids descende avec une vitesse uniforme un très-petit espace comme AE en la ligne AB pendant un certain moment de tems, & que dans le même moment un autre poids égal parcoure d'une vitesse uniforme l'espace AF dans la ligne AB; il s'ensuit, dis-je, que comme le poids en AB est à son poids total par AC, ainsi AF sera à AE. Si donc on entend AC être divisée en plusieurs parties égales à AE, & qu'il y ait en AB un égal nombre de parties dont chacune soit égale à AF, & que l'agrégé de ces parties soit AD; AD sera à AC comme AF à AE, c'est-à-dire, comme le poids en AB à son poids total, ou comme AC à AB; &, par ce qui a été dit dans les précédentes, le tems par AD sera égal au tems par AC, puisqu'en autant de momens infiniment petits que l'espace AC sera parcouru, AD le sera aussi. Mais, par la 4e. proposition ou sa suite, comme AB à AC moïenne proportionelle entre AB & AD, ainsi le tems par AB au tems par AD; & le tems par AD est égal au tems par AC, comme AB à AC. Je dis encore, que la vitesse acquise au point B est égale à la vitesse acquise au point C: car, par la 1e. proposition, comme le tems par AD au tems par AB, c'est-à-dire, comme AD à AC, ainsi la vitesse en D à la vitesse en B. Mais aussi, comme nous venons de montrer, la vitesse en D est à la vitesse en C comme AD à AC, ou AF à AE; car la vitesse en C est autant multiple de celle en E comme celle en D de celle en F: donc la vitesse en D a même raison aux vitesses en C & en B: donc ces dernières sont égales; ce qu'il faloit prouver.

VI. PROPOSITION.

TAB. XXIV. Fig. 7. *Soit* ABD *un demi cercle ;* BD, CD *deux inscrites ; & soit* AD *le diamétre perpendiculaire à la tangente horisontale* AE: *je dis que des poids égaux, descendans de* B *en* D *& de* C *en* D, *auront les tems de leur descente égaux.*

Car soient tirées les lignes AB & DBE: donc les triangles EDA, ADB, seront équiangles; & par conséquent comme ED à DA, ainsi DA & DB: donc, par la suite de la 4e. proposition, comme ED à AD, ainsi le tems par ED au tems BD du repos en B. Mais, par la précédente, comme ED à DA, ainsi le tems par ED au tems par AD: donc le tems par ED a même raison au tems par BD & au tems par AD: donc ces deux derniers tems seront égaux. On prouvera de même que le tems par CD est égal au tems par AD: donc les tems par BD & par CD seront égaux; ce qui étoit à prouver.

VII. PROPOSITION.

TAB. XXIV. Fig. 8 *Soit* AB *perpendiculaire à l'horison*; AC, BD, *perpendiculaires à* AB; *&* AE *le quart de la ligne; & soit* FED *quelconque ligne entre les deux paralleles* AC, BD: *je dis que le tems par* FE, EB, *sera égal au tems par* AE, ED;

ED: *mais si* AE *est moindre que le quart de* AB, *le tems par* AE, ED, *sera plus grand que par* FE, EB: *mais si* AE *est plus que le quart, le tems par* FE, EB, *sera le plus grand.*

Car, étant prises F*g* & AH moïennes proportionelles entre FE, FD, & AE, AB; le tems par EB du repos en A ou en F sera EH par la 4e. & 5e. propositions, & celui par ED sera E*g*. Or au premier cas, AE sera égale à EH, & FE à E*g*: donc FE, EH, tems par FED, sera égal à AE*g* tems par AED. Au second cas, *g*E sera plus grande que EF, & HE que EA; & à cause de la similitude des triangles AFE & EBD, *g*E sera à EF comme HE à EA: donc *g*E, EA, ensemble la plus grande & la plus petite, seront plus grandes que HE, EF ensemble: donc le tems par AED sera plus grand que par FEB. Et au troisième cas, par de semblables raisons FE & EH seront ensemble plus grands que AE & E*g*; & par conséquent le tems par FE, EB, sera le plus grand; ce qui étoit à prouver.

On prouvera le même si les deux lignes AEB, FED, sont toutes deux inclinées: & l'on peut conclure par ce qui est dit au troisième cas, qu'un poids commençant sa descente par une ligne perpendiculaire ou peu inclinée, & la finissant par une beaucoup inclinée, fait le tems plus court que s'il commençoit & finissoit au contraire, si la perpendiculaire & l'inclinée sont égales, & même quand la perpendiculaire & l'inclinée seroient un peu plus grandes que l'inclinée & la perpendiculaire.

VIII. PROPOSITION.

SOit ABC *un quart de cercle dont le centre soit* A, *&* AC *perpendiculaire à l'horison;* BC *côté du quarré inscrit dans le cercle;* BD, DE, EC, *trois côtez du dodécagone; &* BF, FC, *deux côtez de l'octogone: je dis que le tems par* BF, FC, *de suite, sera plus court que par* BC. TAB. XXIV. Fig. 9.

Car, étant tirée FH perpendiculaire à BC, BH moitié de BC est plus inclinée que BF: mais HC est moins inclinée que FC, & les deux BF, FC ne sont à BC que comme 27 à 25 à peu près. Donc, par ce qui a été dit à la fin de la précédente, le tems par BFC sera vrai-semblablement plus court que par BC; & par les mêmes raisons le tems par les trois côtez BD, DE, EC, sera encore plus court; & si on réduit en nombres ces tems, on trouvera que si le tems par BC est 100000, celui par BFC sera 93758, & celui par BDEC 93072 à peu près. D'où l'on peut conclure, que le tems par quatre soûtendantes de suite sera encore plus court; & enfin que par la circonférence BC il sera le plus court de tous, & pourroit être au tems par BC comme 93 à 100, ou 13 à 14 à peu près.

CONCLUSION.

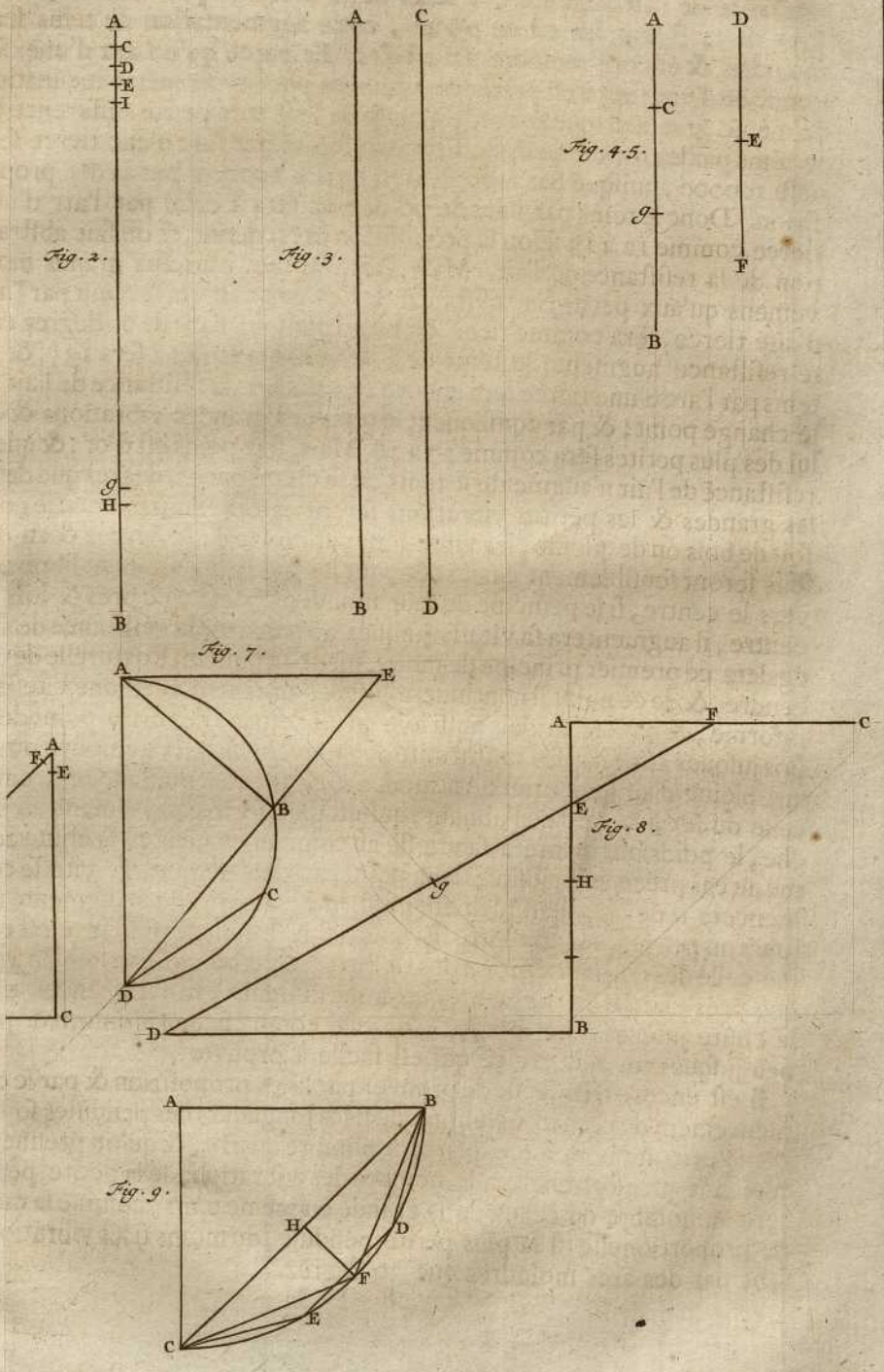
DAns toutes les propositions précédentes on fait abstraction de la résistance de l'air: mais étant supposée, comme elle le doit être pour rendre raison de ce qui nous paroît dans le mouvement des pendules,

voici ce qu'on en peut dire. Si le poids de la pendule eſt de bois & que la réſiſtance de l'air augmente le tems de ſa deſcente par l'arc de 90 degrez de $\frac{1}{7}$; ſi le poids eſt de plomb, cette augmentation de tems ſera moindre, & encore moindre s'il eſt d'or. Et parce qu'un arc d'une ſeconde ou d'une tierce eſt pris ordinairement pour avoir même inclination & même grandeur que ſa corde à cauſe de leur très-petite différence; ſi le tems par le côté du quarré eſt 100000, celui par l'arc d'une tierce ſera auſſi 100000, puiſque par ſa corde il eſt égal à 100000 par la 6e. propoſition. Donc le tems par l'arc de 90 degrez ſera à celui par l'arc d'une tierce comme 12 à 13 ſelon la propoſition précédente, ſi on fait abſtraction de la réſiſtance de l'air. Mais l'air réſiſtant plus aux grands mouvemens qu'aux petits, la réſiſtance de l'air au poids qui ſe meut par l'arc d'une tierce, ſera comme rien. Donc, ſi par tout l'arc de 90 degrez cette réſiſtance augmente le tems de $\frac{1}{2}$, le tems qui étoit 12 ſera 13 $\frac{1}{2}$, & le tems par l'arc d'une tierce ſera encore 13, puiſque la réſiſtance de l'air ne le change point; & par conſéquent le tems des grandes vibrations & celui des plus petites ſera comme 27 à 26. Mais, ſi le poids eſt d'or, & que la réſiſtance de l'air n'augmente le tems de ſa chûte par 90 degrez que de $\frac{1}{13}$; les grandes & les petites vibrations ſeront égales: mais ſoit que le poids ſoit de bois ou de plomb, les vibrations par un arc de 30 degrez & au-deſſous ſeront ſenſiblement égales; & pour les poids qui tombent librement vers le centre, ſi le principe de leur mouvement eſt égal près & loin du centre, il augmentera ſa viteſſe juſques au point où la réſiſtance de l'air égalera ce premier principe de mouvement ou puiſſance naturelle de deſcendre, & de ce point il continuera juſques au centre avec une viteſſe uniforme, & paſſera au-delà auſſi loin qu'eſt l'eſpace depuis le point de repos juſques au point de l'uniformité du mouvement s'il y avoit une ouverture pleine d'air juſques aux Antipodes. Que ſi cette puiſſance eſt comme celle du fer à l'égard de l'aimant, qui eſt plus forte plus l'aimant eſt proche, le poids augmentera ſa viteſſe au commencement de ſa chûte comme au cas précédent, juſques à un point, au-delà duquel ſa viteſſe commencera à devenir ſenſiblement uniforme, quoiqu'elle s'augmente toûjours un peu juſques au centre. Et enfin, ſi la première puiſſance eſt comme celle des cordes de lut ou des reſſorts, qui eſt plus forte loin du repos que près; la viteſſe augmentera comme ci-deſſus, au commencement de la chûte juſques à un point, d'où elle commencera à diminuer peu à peu juſques au centre; ce qui eſt facile à prouver.

Il eſt encore très-facile de prouver par la 4e. propoſition & par le commencement de cette concluſion, que ſi les longueurs des pendules ſont entre elles comme nombre quarré à nombre quarré, & qu'on prenne leur moïenne proportionelle; le nombre des vibrations de la petite pendule ſera au nombre de celles de la grande en même tems, comme la moïenne proportionelle à la plus petite pendule, du moins ſi les vibrations ſe font par des arcs moindres que 30 degrez.

FIN.

EX-


A
C
D
E
I
g
H
B
Fig. 2.
A
C
B
D
Fig. 3.
A
D
C
E
Fig. 4.5.
g
F
B
Fig. 7.
A
E
B
C
D
A
F
E
C
A
F
C
E
Fig. 8.
g
H
D
B
A
B
Fig. 9.
H
D
F
E
C

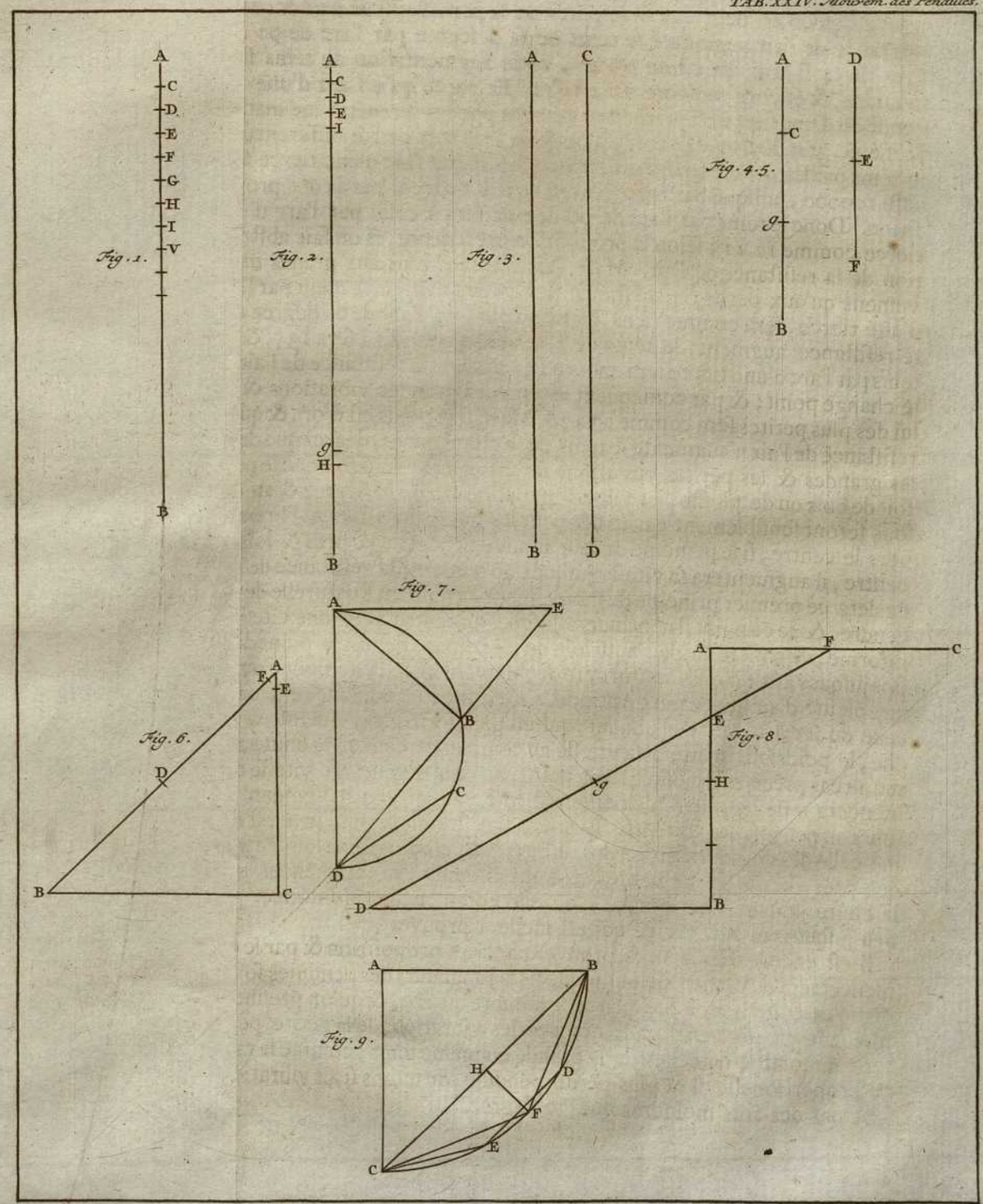


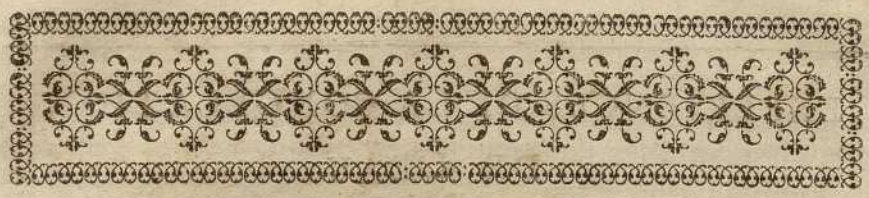
Fig. 1.
A
C
D
E
F
G
H
I
V
B
Fig. 2.
A
C
D
E
I
G
H
B
Fig. 3.
A
C
B
D
Fig. 4.5.
A
D
C
E
G
F
B
Fig. 6.
A
F
E
D
B
C
Fig. 7.
A
E
B
C
D
Fig. 8.
A
F
C
E
H
g
D
B
Fig. 9.
A
B
H
D
F
E
C

EXPÉRIENCES
TOUCHANT LES
COULEURS
ET LA
CONGÉLATION DE L'EAU.

Par Mr. MARIOTTE,

De l'Académie Roïale des Sciences.

Nouvelle Edition revûe & corrigée.



EXPÉRIENCES TOUCHANT LES COULEURS ET LA CONGÉLATION DE L'EAU.

EXPÉRIENCE TOUCHANT LES COULEURS.

LOrſqu'on verſe deux ou trois goutes d'huile de tartre dans un demi verre de très-beau vin rouge, il perd ſa couleur rouge, devient opaque & jaunâtre comme le vin pouſſé & corrompu; mais ſi on verſe enſuite deux ou trois goutes d'eſprit de ſoufre qui eſt un fort acide, ce même vin reprend entièrement ſa belle couleur rouge; d'où l'on voit la raiſon pourquoi on fait brûler du ſoufre dans les tonneaux pour mieux conſerver le vin, & que ce n'eſt pas la partie inflammable du ſoufre qui fait cet effet, mais ſon eſprit acide, qui entre dans le bois du tonneau.

EXPÉRIENCES DE LA CONGÉLATION DE L'EAU.

I. EXPÉRIENCE.

J'Ai mis de l'eau commune dans un vaiſſeau de cuivre qui avoit environ huit pouces de largeur & ſix de hauteur, & l'aiant expoſée à l'air pendant une forte gelée, quelque tems après je me ſuis apperçû qu'il commençoit à s'y former de longs filets de glace, dont les uns pénétroient l'eau de haut en bas, les autres étoient couchés de travers, quelques-uns étoient attachés au fond & aux côtez du vaiſſeau, & d'autres ſe croiſoient en divers endroits. Enſuite j'ai vû ces filets s'élargir en lames très-déliées; & aiant doucement verſé l'eau par inclination pour mieux voir les lames de glace qui s'étoient formées au fond, j'ai trouvé qu'elles avoient toutes environ trois lignes de largeur, & qu'elles étoient ſéparées les unes des autres par des intervalles égaux, dont la largeur étoit auſſi d'environ trois lignes.

II. EXPÉRIENCE.

LE même vaiſſeau aiant été rempli de nouvelle eau froide & expoſée à la gelée, il s'y forma d'abord des filets & des lames de glace comme devant; & enſuite les lames de glace qui étoient au fond, s'élargirent peu à peu, & compoſérent une glace continue qui couvroit tout le fond du vaiſſeau. Les lames de glace qui étoient au-deſſus de l'eau, ſe joignirent auſſi enſemble; mais il y avoit vers le milieu de la ſurface de l'eau un petit endroit qui ne geloit point, & la glace avoit déja plus d'un pouce d'épaiſſeur que ce petit endroit n'étoit pas encore pris. L'eau ſortoit peu à peu par ce trou, & ſe glaçoit à l'entour à meſure qu'elle ſe repandoit; de ſorte que le trou ſe retréciſſoit toûjours, & il ſe fit tout autour une éminence de glace d'environ un pouce de hauteur qui formoit un petit canal. Enfin le trou s'étant entierement bouché, la glace à quelque tems de-là ſe fendit avec bruit, avant que toute l'eau qui étoit au milieu, fût glacée.

III. EXPÉRIENCE.

POur connoître ce qui faiſoit ſortir l'eau par ce petit canal, & ce qui avoit fait rompre la glace, je pris un grand verre de figure conique, & l'aiant empli d'eau juſques à trois ou quatre lignes près du bord, je con-

considérai soigneusement le progrès de la congélation. Après qu'il se fut formé de petits filets, & puis de petites lames de glace, dont quelques-unes étoient découpées comme des feuilles de persil, & d'autres dentelées comme une scie; plusieurs petites bulles d'air commencérent à paroître au fond & aux côtez du verre, & grossirent peu à peu. Quelques-unes de ces bulles demeuroient engagées dans la glace, d'autres se détachoient & montoient jusqu'en haut. Plus l'eau geloit, plus il se formoit des bulles. Cependant l'eau sortoit toûjours par le petit canal; & comme elle geloit aussi-tôt qu'elle s'étoit repandue, la glace devint enfin si haute à l'entour du petit canal, que d'un côté elle surpassoit les bords du verre, de manière que l'eau couloit par dessus. Alors je fis un autre petite ouverture avec une épingle à l'autre côté où la glace étoit moins épaisse, & aussi-tôt l'eau prit son chemin par-là. Cette ouverture aiant été renouvellée de tems en tems, le premier trou par-où l'eau ne sortoit plus, se ferma entièrement. Ensuite la glace boucha aussi la seconde ouverture que l'on avoit cessé de renouveller; & cependant il y avoit toûjours des bulles qui se formoient dans l'eau qui n'étoit pas encore gelée, & s'élevoient jusqu'au haut de cette eau. Quelque tems après que le second trou fut bouché, j'entendis la glace craquer, & je trouvai qu'elle s'étoit fendue par le haut en deux endroits; que vers les deux tiers de la hauteur du verre la glace de dessus s'étoit entièrement séparée de celle de dessous par un espace d'environ deux lignes; & que dans le milieu de la glace il y avoit un peu d'eau qui n'étoit pas encore gelée. Je remarquai aussi que dans toute cette glace il y avoit une infinité de petites bulles qui se terminoient en pointe, & qui s'alongoient presque toutes vers le milieu du verre; & qu'à l'endroit où l'eau avoit gelé la dernière, la glace étoit blanchâtre & peu transparente, presque comme de la neige préssée.

Par ces expériences je jugeai que la raison pourquoi l'eau enfermée dans la glace s'élevoit & se repandoit par en-haut, étoit que les bulles qui se formoient, venant à s'étendre, la pressoient & la poussoient dehors: Que le petit canal avoit demeuré long-tems sans se glacer, parce que l'eau qui y passoit continuellement, l'entretenoit ouvert: Que lorsque la glace avoit enfin bouché ce passage, les bulles dont le nombre augmentoit toûjours, avoient enfin été trop pressées, & par l'effort qu'elles faisoient pour s'étendre, avoient rompu la glace: Que c'étoit aussi ce même effort qui avoit fait séparer la glace de dessus d'avec celle de dessous: Et que la blancheur & l'opacité de la glace qui s'étoit formée de la dernière, venoient de ce qu'il s'y étoit mêlé quantité de ces bulles.

Si l'on demande d'où ces bulles viennent, je réponds, qu'elles se forment d'une matière aërienne dont l'eau est toute remplie, comme l'on voit par l'expérience du vuide. Car si l'on met un verre plein

d'eau dans le récipient, on voit ſortir de l'eau quantité de ſemblables bulles lorſque l'on pompe l'air : & la même choſe arrive quand on fait bouillir de l'eau ſur le feu. On dira peut-être que dans l'eau bouillante ces bulles viennent du feu. Mais j'ai vû pluſieurs de ces bulles demeurer plus de ſix ſemaines au fond d'un plat rempli d'eau, ſans diminuer notablement de volume; quoique le plat ne fût plus ſur le feu, & même qu'il fût expoſé à un air aſſez froid; d'où je conclus que ces bulles ne ſont point des particules de feu. On pourroit auſſi douter ſi elles ne viennent point de la matière du vaiſſeau, ou de l'air qui eſt contenu dans ſes pores. Ce doute, qui ſemble aſſez bien fondé, m'a donné occaſion de faire une expérience curieuſe. Je verſai de l'huile dans un petit vaiſſeau, & avec la tête d'une épingle je mis doucement une goute d'eau au-deſſus de cette huile. Aiant enſuite mis le vaiſſeau ſur le feu, je ne vis point de bulles ſortir de l'huile; mais j'en vis beaucoup ſortir de la goute d'eau. Lorſque l'huile fut plus échauffée, la goute d'eau tomba au fond, & les bulles continuérent à en ſortir: mais ce qu'il y a de ſurprenant, un peu après il ſe fit une eſpéce de fulmination, & au même inſtant le deſſus de l'huile fut tout couvert de bulles, dont quelques-unes étoient plus groſſes que toute la goute d'eau. Cette expérience me fit juger que la matière dont les bulles ſe forment, eſt contenue dans l'eau, & qu'elle ſe change en air lorſque l'eau géle, ou qu'on la fait bouillir, ou que l'on pompe l'air d'à l'entour en faiſant l'expérience du vuide.

Pour expliquer comment les bulles ſe forment, pourquoi elles s'enflent, & comment ſe font les filets qui paroiſſent au commencement de la congélation; on peut dire qu'il y a beaucoup d'apparence que la fluïdité des liqueurs aqueuſes vient de ce que leurs parties ſont continuellement agitées par le mouvement de cette matière aërienne, & que ce mouvement eſt entretenu par la chaleur. D'où il s'enſuit, que lorſqu'il fait un très grand froid, ce mouvement devient ſi foible qu'il ne peut plus agiter les parties de l'eau, de manière qu'elles s'attachent au vaiſſeau; & puis elles ſe joignent les unes aux autres; & de-là viennent les filets & ces lames de glace que l'on voit paroître lorſque l'eau commence à geler. Alors la matière aërienne ſe dégage de l'eau qui géle: & comme les eſprits du vin nouveau étant ſéparés de la matière groſſière du vin ſe mettent en mouvement, font ſortir le vin par le bondon, & rompent le tonneau ſi on ne leur donne paſſage; ainſi cette matière aërienne en ſe dilatant fait ſortir l'eau par le petit trou qui demeure ouvert, & lorſque ce trou eſt bouché, elle rompt la glace qui la tient trop preſſée. Pour faire voir qu'il n'y a point d'autre cauſe de cette rupture, je fis l'expérience ſuivante.

IV. EX-

IV. EXPÉRIENCE.

JE mis de nouvelle eau froide dans le vaiſſeau dont je m'étois ſervi aux deux premières expériences. Lorſque l'eau fut toute gelée par deſſus en ſorte qu'il n'y reſtoit plus d'ouverture, je perçai la glace avec une groſſe épingle. Auſſi-tôt il ſortit un jet d'eau de la hauteur de plus de deux pouces, qui enleva l'épingle qui étoit demeurée dans le trou. Je continuai de percer la glace de tems, en tems; juſqu'à ce que l'eau fût toute gelée; & après cela je la laiſſai expoſée à un air très-froid deux jours & deux nuits de ſuite. Mais la glace ne creva point, quoique d'autre glace qu'on n'avoit point percée, crevât tout auprès.

V. EXPÉRIENCE.

JE voulus voir s'il faloit beaucoup de ces bulles pour rompre la glace; & aiant pour cela fait geler d'autre eau dans le même vaiſſeau, je perçai la glace de tems en tems. Quand l'eau fut preſque toute gelée, je tirai la glace entière hors du vaiſſeau l'aiant un peu fait échauffer, & je la laiſſai expoſée à l'air ſans la percer davantage. Un quart d'heure après je l'entendis rompre, & je la trouvai ſéparée en deux parties preſqu'égales, en chacune deſquelles il y avoit une cavité d'environ un pouce de diamétre, qui étoit l'eſpace qu'occupoient les bulles, & le reſte de l'eau étoit demeuré liquide. La glace étoit tout autour épaiſſe de plus de trois doigts; & néanmoins les bulles qui s'étoient formées du peu d'eau qui reſtoit, n'avoient pas laiſſé de la rompre.

VI. EXPÉRIENCE.

PLuſieurs perſonnes ont tâché de faire des miroirs ardent avec de la glace: mais il eſt difficile d'y réuſſir, parce que d'ordinaire la glace n'eſt pas parfaitement tranſparente. Cependant, aiant jugé par les expériences précédentes, que ſi l'on faiſoit ſortir la matière aërienne qui eſt dans l'eau avant que de l'expoſer à la gelée, on pourroit avoir de la glace très-pure; j'en voulus faire l'eſſai. Je fis donc bouillir de l'eau nette ſur le feu environ l'eſpace d'une demi heure pour faire évaporer la matière aërienne, & je l'expoſai enſuite à un air très-froid. Tout proche de cette eau chaude, j'en mis autant de froide dans un autre vaiſſeau, afin de les comparer enſemble. L'eau froide commença à geler avant que la chaude fût ſeulement refroidie, & il s'y forma quantité de bulles. L'eau chaude gela auſſi à la fin: mais la glace avoit deux pouces d'épaiſſeur de tous côtez, qu'il ne s'y étoit encore

core formé aucune bulle; de ſorte qu'elle étoit parfaitement tranſparente. Je mis un morceau de cette glace dans un petit vaiſſeau concave ſphérique, & aiant approché ce vaiſſeau du feu, je fis fondre peu à peu la glace d'un côté juſqu'à ce qu'elle eût pris une figure convexe ſphérique. J'en fis autant de l'autre côté, retournant ſouvent la glace, & verſant l'eau de tems en tems à meſure que la glace ſe fondoit. Lorſque la glace eut une figure convexe aſſez uniforme, je la pris par les deux bords avec un gand, afin que la chaleur de la main ne la fît pas ſi-tôt fondre, & je l'expoſai au ſoleil. Cette expérience eut le ſuccès que j'attendois: car en fort peu de tems par le moïen de cette glace je mis le feu à de la poudre fine que j'avois placée au foyer ou point brûlant où les rayons ſe réüniſſent. Il eſt vrai que quelque ſoin que l'on prenne, il eſt impoſſible de faire évaporer de l'eau toute la matière aërienne, & d'empêcher qu'il ne ſe forme quelques bulles dans le milieu de la glace; mais on en a toûjours une épaiſſeur conſidérable qui eſt parfaitement tranſparente.

F I N.

ESSAI

ESSAI
DE
LOGIQUE,

CONTENANT

LES PRINCIPES DES SCIENCES,

ET LA MANIÈRE DE S'EN SERVIR POUR FAIRE DE BONS RAISONNEMENS;

DIVISÉ EN DEUX PARTIES;

Par Mr. MARIOTTE,

de l'Académie Roïale des Sciences.

Nouvelle Edition revûe & corrigée.

PRÉFACE.

IL y a sujet de s'étonner de ce que les plus fameux Philosophes, tant anciens que modernes, ont tenu des opinions si différentes dans les points les plus importans de la Philosophie : & il est difficile de bien juger quelles ont été les véritables causes de cette diversité de sentimens ; car on ne peut pas dire que leurs yeux & leurs autres sens aient reçû en des manières différentes les impressions des objets. Ils se servoient des mêmes régles à l'égard du raisonnement, & ils faisoient également profession de rechercher & d'enseigner la vérité ; & cependant ils ont soûtenu plusieurs choses entièrement opposées, & n'ont jamais pu mettre fin à leurs contestations.

Aristote & Descartes *veulent, qu'il n'y ait dans le monde aucun espace, quelque petit qu'il puisse être, qui ne soit rempli de quelque matière.* Epicure & Gassendi *soûtiennent le contraire, & disent qu'il est impossible qu'il se fasse aucun mouvement dans la nature, s'il n'y a quelques petits intervalles vuides entre les corps, & entre les petites particules qui les composent.* Aristote & Ptolomée *ont placé la terre en un parfait repos dans le centre du monde.* Copernic & *les* Pythagoriciens *avant lui, l'ont mise au rang des étoiles errantes. Les* Stoïciens *ont cru que la vertu étoit l'unique bien des hommes.* Epicure & *ses Sectateurs n'ont point reconnu d'autre bien que la volupté. Il y a même eu des sectes entières qui ont rejetté toutes les sciences, & qui ont soûtenu que toutes les apparences que nous avons des choses, n'étoient que des illusions continuelles, & qu'il étoit impossible de rien découvrir de certain, ni par nos sens, ni par notre raisonnement.*

Après avoir fait plusieurs réflexions sur ces contrariétez, & sur beaucoup d'autres qui ont été entre les Philosophes, j'en ai remarqué trois causes principales.

La première ; que leur Logique étoit défectueuse, particulièrement à l'égard des définitions, & de la méthode qu'il faut suivre pour bien établir une hypothèse.

La seconde ; que dans les sciences naturelles ils s'attachoient trop aux raisonnemens, & trop peu aux expériences.

La troisième ; que la plûpart de ces Philosophes ont été de mau-

mauvaise foi; & que, sans se mettre beaucoup en peine de découvrir la vérité, ils n'ont eu pour but, que d'accommoder leur Philosophie à leur profit, ou à leur gloire: les uns se faisant Chefs de parti, & les autres, dont le génie étoit moins ambitieux, se contentant de choisir quelque secte par caprice, & de la soûtenir aveuglément en tous ses points; en cela semblables à de certains animaux qui suivent par-tout ceux de leur espéce qui marchent devant eux, même quand ils les conduiroient dans des précipices.

Ces mêmes desordres durent encore aujourd'hui parmi ceux qui s'appliquent aux sciences: car on auroit peine à faire voir qu'aucun d'eux ait quitté quelqu'une des opinions de son parti, après qu'on lui en a fait voir la fausseté; ni qu'il ait considéré, qu'encore que celui qu'il a pris pour guide, ait mieux rencontré que les autres en quelques connoissances particulières, il étoit très-difficile qu'il ne fût aussi tombé en quelques erreurs.

Ce mal seroit peu important, s'il ne s'agissoit que d'une vaine curiosité, puisqu'on a souvent autant de divertissement à lire des Fables & des Romans, qu'à lire des Histoires véritables: mais il arrive ordinairement que nos malheurs procédent des erreurs dont nous nous laissons prévenir. Combien de fois a-t-on vû des Curieux trompés par les impostures des Astrologues & des Chymistes? La plupart des Médecins, prévenus d'une mauvaise Physique, en tirent plusieurs conséquences pernicieuses à notre santé & à notre vie; & les Etats les plus florisans sont souvent renversés par une fausse Politique, & par une Morale mal-fondée.

C'est ce qui m'a donné sujet de rechercher si on ne pourroit pas trouver quelque voïe assûrée pour établir quelque certitude dans les sciences, ou du moins pour empêcher les disputes, en déterminant ce qu'on peut recevoir au défaut des véritez incontestables.

Et enfin, après avoir long-tems examiné cette matière, j'ai cru qu'on ne pouvoit mieux faire que de proposer quelques véritez, dont tous les hommes non prévenus demeurassent facilement d'accord, pour servir de principes & de fondemens pour les autres connoissances; & d'enseigner ensuite une méthode & des régles, pour emploïer ces véritez à découvrir d'autres véritez plus cachées.

J'ai divisé, pour cette raison, ce petit Traité en deux Parties.

Dans la première, j'avance plusieurs propositions que je crois

devoir être reçûes pour véritables. Quelques-unes doivent servir de Régles pour le raisonnement, & les autres de Principes certains pour établir les sciences, particulièrement la Physique & la Morale.

Il y a de ces propositions qui sont très-évidentes d'elles-mêmes; comme la première. Il y en a qui se prouvent par induction, c'est-à-dire, par les exemples qu'on en donne; comme la deuxième, la troisième & la dix-huitième. Il y en a même quelques-unes qui sont prouvées par un raisonnement facile, fondé sur quelques propositions précédentes; comme la douzième.

J'ai mélé parmi ces propositions, plusieurs petits discours qui servent à expliquer la signification de quelques noms, comme le Discours qui est entre la sixième & la septième, afin qu'on ne se trompe point dans le sens des propositions.

La seconde Partie a beaucoup de choses semblables à la Logique ordinaire, & c'est proprement une méthode pour se bien conduire en la recherche & en la preuve de la vérité. On y a mis quelques démonstrations de Géometrie & d'Arithmétique, pour servir de modéles pour les raisonnemens, & pour donner quelque connoissance de ces sciences. Que si quelques-uns trouvent ces démonstrations trop difficiles, ils pourront passer légérement par dessus, sans se mettre en peine de les comprendre exactement, ou quitter le dessein d'apprendre les sciences par raisonnement; puisqu'ils y trouveront beaucoup d'autres démonstrations plus obscures & plus embarassantes. On y a mis aussi quelques démonstrations de Physique assez difficiles, à dessein de faire voir combien il est mal-aisé de pénétrer les secrets de la Nature, & qu'une véritable Physique seroit beaucoup plus difficile que la Géométrie.

Or quoique ce Traité n'ait pas toute sa perfection, j'ai cru qu'il ne seroit pas inutile de le donner au Public; soit parce qu'il pourra servir de modéle à ceux qui voudront entreprendre d'en faire un plus achevé sur le même dessein; soit afin qu'en aiant moi-même reconnu les défauts par les difficultez que quelques-uns y pourront trouver, je puisse le rendre moins défectueux & plus utile au dessein que je me suis proposé, qui est de faire cesser, autant qu'il est possible, les disputes entre les Sçavans, afin qu'ils puissent travailler de concert à l'accroissement des sciences.

ESSAI

ESSAI DE LOGIQUE.

PREMIÈRE PARTIE,

Contenant les premiers Principes des Sciences.

DEMANDES.

I.

ON demande que les mots & les façons de parler soient ici pris dans le sens qui leur est donné; ou qu'on en mette d'autres en leur place de même signification.

II.

Qu'on accorde que nous sommes quelquefois disposés de telle sorte, qu'alors la plûpart des actions qu'il nous semble faire, comme parler, marcher, ouvrir les yeux, nous les faisons véritablement; & que la plûpart des choses qu'il nous semble alors appercevoir hors de nous, sont & existent véritablement hors de nous, quelles que soient ces choses.

III.

Qu'on donne un même nom aux choses semblables, entant qu'elles sont semblables, & des noms différens aux choses différentes, entant qu'elles sont différentes; ou si les noms sont donnés autrement, qu'on n'en confonde point les significations.

PRINCIPES ET PROPOSITIONS FONDAMENTALES DU RAISONNEMENT.

I. TOut ce que nous pensons, il est vrai que nous le pensons.

II. Il y a des propositions si certaines & si évidentes d'elles-mêmes, que pourvû qu'on entende leur signification, on ne peut douter de leur vérité; & elles sont reçûes pour certaines & infaillibles, sans supposer aucune autre connoissance précédente: comme, *chaque chose est égale à elle-même; le tout est plus grand qu'une de ses parties; les choses égales à une autre sont égales entr'elles; si à des choses égales on ajoûte des choses égales, les touts seront égaux; si de choses égales on retranche*

des choses égales, les restes seront égaux; il est impossible qu'en même tems une chose soit, & ne soit pas. Ces propositions seront ici appellées principes de connoissance, ou véritez premières; & leurs contraires, comme *une partie d'une chose est égale à la chose entière*, faussetez premières.

III. Il y a des propositions qui d'abord ne paroissent ni fausses ni vraies; comme, *les trois angles d'un triangle sont ensemble égaux à deux angles droits.* Mais lorsqu'on fait voir qu'elles sont comprises sous des véritez premières, & tellement conjointes & liées avec elles, qu'elles ne peuvent être fausses, que ces véritez premières ne le soient aussi; elles sont tenues pour certaines. Que si on montre qu'elles soient comprises sous des faussetez premières, elles sont tenues pour fausses. Mais, si on ne fait voir aucune de ces liaisons & connexitez, elles demeurent toûjours douteuses.

IV. La connexité & liaison d'une proposition avec quelques autres propositions, est montrée en cette sorte: *Si le soleil luit, il est jour; le soleil luit; donc il est jour*; ou en celle-ci: *Tout animal est vivant: tout homme est animal; donc tout homme est vivant*; ou en d'autres manières aussi claires & aussi évidentes. Car en chacun de ces discours, on connoît facilement & clairement que la troisième proposition est tellement liée & conjointe avec les deux premières, qu'elles ne peuvent être tenues pour vraies, qu'on ne la tienne aussi pour vraie. On appellera cet assemblage de propositions par lequel on connoît la connexité de la dernière avec les deux premières, raisonnement, argument, ou syllogisme: & le discours par lequel on connoît la connexité d'une proposition douteuse, avec des propositions certaines & infaillibles, soit qu'il soit composé d'un argument ou de plusieurs; on l'appellera preuve ou demonstration.

V. Si une proposition douteuse est prouvée par une ou plusieurs véritez premières, & qu'on fasse voir qu'une autre proposition douteuse soit comprise sous celle qui est prouvée, cette autre proposition sera tenue pour prouvée, & ainsi à l'infini.

VI. Les véritez premières ne doivent point être prouvées par d'autres véritez premières, puisqu'elles sont très-certaines d'elles-mêmes.

Les propositions prouvées qui servent à prouver beaucoup d'autres propositions, seront appellées principes seconds, ou propositions fondamentales.

VII. Les propositions qui ne sont pas des véritez premières, ne peuvent servir de principes pour en prouver d'autres, si elles ne sont prouvées.

VIII. On ne peut prouver une proposition, ni faire connoître une chose par une autre, qui soit autant ou plus inconnue; & si on a prouvé une proposition par une autre, on ne peut pas prouver réciproquement cette dernière par la première.

Croire

Croire une proposition, c'est la tenir pour vraie, soit qu'elle soit vraie ou fausse.

On appellera ici science, la connoissance qu'on a des véritez premières, & de ce qui est prouvé.

Mais si on croit une proposition qui n'est pas vérité première, ni prouvée; on appellera cette créance opinion, soit que la proposition soit vraie ou fausse.

Proposition intellectuelle est une proposition qu'on peut juger vraie, ou fausse par elle-même, ou par le raisonnement, sans qu'il soit besoin de se servir des sens pour en avoir la certitude, mais seulement pour entendre sa signification: comme, *les choses égales à une autre sont égales entr'elles*; *en tout triangle le plus grand angle est soûtenu du plus grand côté.*

Proposition sensible est celle qui ne peut être jugée vraie ou fausse, sans l'aide des sens: comme, *il est des étoiles*; *le feu brûle*; *le plomb est plus pesant que l'argent.*

IX. Les propositions sensibles douteuses sont prouvées vraies, quand on fait tomber sous les sens les choses dont on est en doute. Comme si quelqu'un étant dans une chambre fermée & obscure, doutoit de cette proposition, *il est jour*; elle lui seroit prouvée, si on ouvroit les fenêtres, & qu'on lui fît voir le soleil. De même, si quelqu'un doutoit de cette proposition, *l'or se fond plus difficilement que le plomb*; elle lui seroit prouvée si on lui en faisoit voir l'expérience. On appellera ici cette sorte de preuve, preuve par induction, ou preuve par expérience.

X. Il ne faut point disputer contre ceux qui nient les véritez premières, parce qu'on ne peut rien prouver que par les véritez premières.

PRINCIPES ET PROPOSITIONS FONDAMENTALES, POUR ETABLIR LES SCIENCES DES CHOSES NATURELLES.

ON appellera ici effet, tout changement qui arrive en une chose, ou la production d'une nouvelle chose.

XI. Si une chose étant posée il s'ensuit un effet; & ne l'étant point, l'effet ne se fait pas, toute autre chose étant posée: ou si en l'ôtant, l'effet cesse; & ôtant toute autre chose, l'effet ne cesse point: cette chose-là est nécessaire à cet effet, & en est cause.

XII. Si deux choses étant posées il se fait un effet, & que l'une produise l'effet, & l'autre le reçoive; celle qui ne souffre point de changement, est celle qui produit l'effet.

XIII. De quelque façon que les choses qui tombent sous nos sens, nous paroissent, il est vrai qu'elles nous paroissent de cette sorte.

Ce

Ce qui nous paroît dans les choses, comme la couleur, la figure, l'odeur, la pesanteur, d'où les choses sont dites rouges ou blanches, rondes ou quarrées, odoriférantes, pesantes, &c. sera ici appellé qualité : & les choses qui ont ou paroissent avoir des qualitez entant qu'elles les ont, ou paroissent les avoir, seront appellées des substances; comme un arbre, une étoile, le soleil, &c.

XIV. Les propositions sensibles par lesquelles nous assûrons qu'une substance a de certaines qualitez, comme, *ce que je touche, est chaud*; *le soleil est lumineux*; *le sucre est doux*; seront reçûes pour vraies, si ces qualitez ou apparences de qualitez tombent sous nos sens : car, par le treizième principe, cette substance nous paroît de cette sorte; & par l'onzième, elle produit cette apparence : d'où il suit, ou qu'elle a ces qualitez, & qu'elle est telle qu'elle nous paroît, ou du moins qu'elle est telle à notre égard; c'est-à dire, qu'elle est disposée à produire ou faire produire véritablement en nous ces effets, que nous appellons, voir de la lumière, sentir de la chaleur, goûter de la douceur, ainsi des autres qualitez sensibles.

XV. Les propositions sensibles par lesquelles nous assûrons qu'une chose est une telle substance, comme, *ce que je vois, est une rose*, seront reçûes pour vraies par ceux qui reconnoîtront immédiatement par plusieurs observations dans le sens du principe précédent, toutes les qualitez, causes, effets & circonstances de cette substance, qui toutes ensemble ne conviennent qu'à cette substance. On appellera ces propositions, & celles dont il est parlé dans le principe précédent, principes de connoissance sensible, ou véritez premières sensibles; car il n'y a rien de plus certain dans les connoissances qui dépendent des sens.

On dira d'une chose, qu'elle est possible intellectuellement, quand la proposition qui assûre qu'elle est impossible, n'est pas une vérité première intellectuelle, ni comprise sous aucune vérité première intellectuelle : comme si cette proposition, *il est impossible de tirer une ligne droite d'un point à un autre*, n'est pas une vérité première intellectuelle, ni comprise sous une ou plusieurs véritez premières intellectuelles; on dira qu'il est possible intellectuellement qu'une ligne droite soit tirée d'un point à un autre.

XVI. Tout possible intellectuel ne se réduit pas en effet.

XVII. Le monde est un possible intellectuel réduit en effet.

On appelle ici la nature, la disposition des choses qui composent le monde de la sorte qu'elles sont disposées à produire leurs mouvemens, agir, & recevoir les effets les unes des autres comme elles font, pendant toute la durée du monde, & dans toute son étenduë.

XVIII. Même ou semblable cause naturelle, & semblablement disposée, en un sujet même ou semblable & semblablement disposé, produit un semblable effet.

XIX. Les causes posées, l'effet se fait naturellement au sujet disposé.

Possi-

Possible naturel est, ce dont les causes sont en la nature, ce qui arrive d'ordinaire, & qui n'est pas au-dessus du pouvoir de la nature: comme, il est possible naturellement qu'il pleuve, qu'il se fasse un tremblement de terre, qu'un homme marche, &c.

XX. Tout possible intellectuel n'est pas possible naturel; mais tout possible naturel est aussi possible intellectuel.

XXI. Tout possible naturel ne se réduit pas en effet.

Une chose sera appellée naturellement possible, quand une semblable a été faite.

XXII. Il y a quelque chose dans les substances sensibles naturelles, qui est comme le fondement & l'appui de leurs qualitez, & qui ne se perd point, quoique les qualitez se perdent, & qu'une substance devienne une autre: comme, la terre & l'eau se convertissent en blé, le blé en pain, le pain en sang, le sang en chair, la chair en feu ou en terre, &c. Or cette chose qui reçoit successivement les qualitez du blé, du pain, du sang, &c. je l'appelle la matière des substances.

XXIII. Les effets ne sont pas avant leurs causes, & tout effet a une ou plusieurs causes.

XXIV. Il n'y a pas en même tems une subordination infinie de causes naturelles d'un même effet; mais chaque effet a une ou plusieurs causes premières, ou du moins, on ne peut aller à l'infini dans la recherche des causes naturelles d'un même effet.

XXV. Les causes ne font leurs effets que sur ce qui est capable de les recevoir, & suivant qu'il est disposé.

XXVI. Il y a une suite de causes & d'effets en la nature, suivant laquelle les choses naturellement possibles se réduisent en effet: comme, le soleil fait élever l'eau en vapeurs; les vapeurs épaissies & condensées dans l'air retombent en pluie; la pluie fait croître les herbes; les herbes nourrissent les animaux; & ainsi de suite.

On appellera possible selon l'ordre de la nature, ce qui doit se réduire en effet suivant cette suite de causes.

XXVII. Il y a des causes naturelles qui s'empêchent les unes les autres; mais les effets se font suivant les plus fortes: comme, l'eau ne monte point, parce qu'elle est plus pesante que l'air; mais étant poussée dans une pompe, elle monte: l'air échauffé se dilate; mais s'il est pressé & retenu dans quelque corps solide, il demeure au même état de condensation.

XXVIII. Il y a de la différence d'être possible selon l'ordre de la nature & la suite des causes naturelles, & d'être possible de la simple possibilité naturelle: comme, il est possible de la simple possibilité naturelle qu'un dé bien fait qu'on laisse tomber sur une table, se tourne sur quelque que ce soit de ses faces; mais suivant la suite des causes, il y en a une déterminée.

XXIX. La plûpart des qualitez naturelles ne sont autre chose que la

disposition de la matière à faire & recevoir de certains effets : ainsi une corde de lut frappée produit le son par le mouvement qu'elle imprime en l'oreille, quoiqu'en la corde il n'y ait aucun son, mais seulement un mouvement.

XXX. La plûpart des qualitez naturelles ne nous paroissent que suivant le rapport que les substances ont à nous, & à nos sens ; & si nos sens changeoient de disposition, elles nous pourroient paroître d'une autre sorte : ainsi, le vin semble amer en une disposition, & d'agréable saveur en une autre ; une même chose sans changement paroît chaude à ceux qui ont froid, & froid à ceux qui ont chaud. La raison est, que tout sentiment est un effet que nous recevons par le douzième principe ; mais les effets ne se font que suivant le rapport des choses entr'elles par le vingt-cinquième, & par conséquent les choses ne nous paroissent que suivant le rapport qu'elles ont à nous & à nos sens.

XXXI. Le plus & le moins d'une qualité, soit apparente ou réelle, nous fait souvent donner des noms différens de qualité, quoique ce ne soit que la même ; comme la petitesse & la grandeur, la pesanteur & la légéreté, la vitesse & la lenteur. La raison est, que, comme nous participons à ces qualitez, elles ne nous paroissent pas telles qu'elles sont absolument & en elles-mêmes, mais seulement par comparaison : ainsi nous appellons sans saveur l'eau qui est moins salée que notre langue ; & froide, celle qui est moins chaude que notre main, quoique réellement l'une soit salée & l'autre chaude : de même, l'air est dit léger au respect de l'eau, parce que l'eau tend en bas avec plus de violence, & chasse l'air en haut ; mais si on mettoit de l'air au-dessus d'un corps plus léger, il pourroit descendre & paroître pesant.

Qualité essentielle d'une substance est celle sans laquelle elle n'auroit pas le nom qu'elle a : comme, la lumière & la chaleur sont des qualitez essentielles au feu ; car une substance ne sera pas appellée feu, si elle n'a ni chaleur ni lumière.

Qualité accidentelle est une qualité qui peut être & n'être pas en une substance, sans changer son nom de substance qu'elle a pour d'autres qualitez : comme, la blancheur est une qualité accidentelle à un homme ; car on ne l'appelle pas homme à cause de la blancheur. On peut comprendre aussi sous le nom d'accident, ou qualité accidentelle ou attribut, ce qui arrive à une chose & la concerne en quelque sorte que ce soit, lorsqu'elle en a quelque nom : comme, lorsqu'une chose est dite vieille ou nouvelle, éloignée ou proche ; & qu'un homme est dit être assis ou debout, être vêtu, nud, embarqué, armé, &c.

Qualité propre ou propriété, est une qualité qui ne faisant point donner le nom, se trouve en une substance particulière, & non dans les autres : comme, les facultez de rire & de parler sont des qualitez propres aux hommes.

XXXII. Quelque chose que ce soit, n'est autre chose qu'elle-même ; mais

mais beaucoup de choses ont divers noms de substance, à cause de diverses qualitez qui sont en elles; comme, on dit d'un aigle, que c'est une substance, un corps, un animal, un oiseau, un aigle.

Lorsque plusieurs choses différentes & qui ont des noms différens, ont quelque chose de semblable qui leur fait donner un nom commun de substance, elles seront dites être d'un même genre à l'égard de leur nom commun, & être des espéces de ce genre à l'égard de leurs noms différens: comme, un aigle & un cigne, qui ont le nom commun d'oiseau, à cause de quelques choses qui leur sont communes, comme de voler, d'avoir des plumes, &c. seront dits être du genre des oiseaux, & chacun d'eux être une espéce d'oiseau; les roses & les tulippes seront dites être du genre des fleurs, & chacune d'elles être une espéce ou sorte de fleur.

On dira la même chose des qualitez différentes qui tombent sous un même sens, ou qui ont quelque autre chose semblable qui leur fait donner un nom commun: comme, la blancheur & la rougeur sont des espéces de couleur; & l'aigreur & l'amertume, des espéces de saveur.

XXXIII. Toutes les choses sont particulières, & l'une n'est pas l'autre, quoiqu'elles aient des noms communs de genre ou d'espéce: quelques-uns ont des noms qui dénotent leur individuïté, c'est-à-dire, leur particularité ou singularité, comme le soleil, la lune, Platon, Bucéphale, &c: la plûpart n'en ont point; mais on peut les distinguer, en disant, par exemple, ce cigne, ce cheval, cette épée, cette maison, &c.

XXXIV. Une qualité est naturelle à une chose, lorsque, rien d'externe n'agissant sur elle, elle conserve cette qualité, ou la reprend, lorsque ce qui la lui avoit fait perdre, est éloigné ou ôté: mais si par l'éloignement de quelque cause externe, quelque chose perd une qualité, cette qualité n'est pas naturelle à cette chose qui la perd.

XXXV. Nos sens ne discernent point avec exactitude les petites différences des choses entr'elles: comme, la vûë ne peut discerner si l'aiguille d'une montre est en mouvement ou non, si une ligne est exactement droite, si une surface est parfaitement plane & polie, &c.

Signes d'une chose sont ses causes, ses effets, ce qui la précéde, la suit & l'accompagne d'ordinaire.

XXXVI On ne peut pas assûrer avec une certitude entière, qu'une chose soit une telle substance, ou une telle qualité, ou qu'elle produise un tel effet, si étant supposée une autre chose possible, on pourroit avoir dans une disposition possible de semblables signes, & apparences de l'une que de l'autre.

XXXVII. Quoiqu'il paroisse plusieurs signes d'une chose, s'il en paroît un seul qui n'y puisse convenir, ou si un qui devroit nécessairement paroître, ne paroît pas, ce n'est pas cette chose: comme, encore que le salpêtre ait beaucoup de signes de l'eau glacée, on jugera que

ce n'en eſt pas, quand on verra qu'il excite de petites flammes bleues, en le mettant ſur un charbon ardent ; car c'eſt un ſigne qui ne convient point à l'eau glacée.

XXXVIII. Les propoſitions ſenſibles univerſelles, comme, *l'eau éteint le feu, les hommes de l'Europe ſont blancs*, dépendent des particulières, & ne ſont connues vraies que par elles ; & ſont fauſſes, lorſqu'une particulière eſt contraire.

XXXIX. Les propoſitions ſenſibles univerſelles par leſquelles on énonce des effets & des qualitez eſſentielles, ne ſont pas moins certaines que les particulières : comme, la propoſition univerſelle, *tout animal eſt vivant*, n'eſt pas moins certaine que la particulière, *cet animal eſt vivant* ; car d'autant que le nom d'animal eſt donné à cauſe de la vie, en ſorte que rien ne peut être dit animal, s'il n'eſt vivant, il faut de néceſſité que tout animal ſoit vivant.

XL. Lorſque les ſens étant bien diſpoſés, une choſe ne paroît pas en un lieu où elle paroîtroit ſi elle y étoit, la propoſition qui aſſûre que cette choſe eſt en ce lieu, ſera tenue pour fauſſe : comme, s'il ne paroît aucune choſe ſur une table bien unie & bien éclairée, la propoſition qu'il y a un livre ou une groſſe pierre ſur cette table, ſera tenue pour fauſſe : on appellera ces ſortes de propoſitions & celles qui nient l'exiſtence d'une choſe qui nous paroît évidemment, fauſſetez premières ſenſibles.

PRINCIPES DES PROPOSITIONS VRAI-SEMBLABLES.

IL eſt manifeſte que nous n'avons pas toûjours le tems, les occaſions & les autres moïens pour bien examiner & connoître toutes les qualitez eſſentielles, & les circonſtances des choſes ; qu'il y a des qualitez & des effets ſemblables qui conviennent à des choſes différentes, comme la blancheur à la neige, au ſel & au ſucre, la lumière au ſoleil & au feu ; & que nous n'avons jamais une certitude entière & infaillible, que nos ſens ſoient bien diſpoſés ; outre que quelques cauſes ſecrettes changent quelquefois les apparences ordinaires, & qu'en dormant, ou étant en de certaines diſpoſitions extraordinaires, il nous paroît des choſes qui ne nous paroiſſent pas, ou nous paroiſſent d'une autre ſorte quand nous ſommes éveillés, & en une autre diſpoſition : & cependant nous ſommes ſouvent obligés de faire quelques actions, & de les régler par des propoſitions fondées ſur des ſignes & des apparences de cette ſorte, quoiqu'elles puiſſent être fauſſes : comme en voïant ſeulement la figure & la couleur d'une pomme, on ne laiſſe pas de la prendre pour la manger. En ces cas, on dira qu'il faut croire un propoſition, & qu'elle eſt vrai-ſemblable, lorſque n'étant pas infaillible, elle

a

a plus de lignes & d'apparences, ou eſt plus ſouvent reconnue véritable que ſa contraire.

XLI. Les propoſitions vrai-ſemblables ne doivent être reçûes qu'au défaut des propoſitions certaines ou prouvées, & quand nous ſommes obligés de faire quelque action de néceſſité.

XLII. Il y a de ces propoſitions dont la vérité eſt ſi ſouvent reconnue, & dont les contraires ont ſi peu de poſſibilité, qu'elles ſont preſque tenues pour certaines: comme, ſi on rouloit enſemble 10000 dez bien faits, la propoſition qui aſſûreroit qu'ils ne ſe tourneroient pas tous ſur la face marquée de l'unité, ſeroit comme certaine, quoiqu'elle ne fût pas abſolument infaillible.

XLIII. Toutes les fois qu'il nous ſemble être éveillés, ſi faiſant réflexion ſur tout ce qui nous paroît, nous ne trouvons rien de contraire à la ſuite des cauſes & des effets naturels qui nous ſont connus; il faut croire que nous ſommes éveillés, que nous faiſons véritablement la plûpart des actions qu'il nous ſemble faire, & que la plûpart des choſes qui nous paroiſſent alors, ont une exiſtence réelle & poſitive.

XLIV. Lorſqu'il y a plus de ſignes d'une choſe que d'une autre, il faut conclure pour le plus grand nombre de ſignes, s'ils ſont également conſidérables.

XLV. Il faut croire qu'une choſe arrivera plûtôt qu'une autre, quand elle a plus de poſſibilitez naturelles, ou qu'une ſemblable eſt arrivée plus ſouvent: comme, en roulant ſur une table trois dez bien faits, il faut croire, & il eſt vrai-ſemblable, qu'on fera plûtôt dix que quatre, parce qu'on peut faire dix en plus de ſortes que quatre.

XLVI. Les propoſitions ſenſibles univerſelles qui aſſûrent des effets & des qualitez non eſſentielles, ſi elles ſont fondées ſur une ou pluſieurs véritez premières ſenſibles, ſont certaines en un même ou ſemblable ſujet & ſemblables circonſtances, par le principe 18: comme, ſi on a obſervé qu'une pierre jettée en l'air retombe; la propoſition qu'une pierre jettée en l'air retombera, ſera certaine à ceux qui en ont fait l'obſervation, pourvû qu'il n'y ait point de cauſes contraires qui empêchent cet effet, ſelon le principe vingt-ſeptième. Mais lorſqu'on n'eſt pas aſſûré ſi les cauſes, les ſujets, & les circonſtances ſont entièrement ſemblables, la propoſition ſera ſeulement vrai-ſemblable: comme, ſi on a vû de l'eau éteindre du feu, on tiendra pour vrai-ſemblable que toute eau éteindra tout feu dans la quantité ſuffiſante, juſques à ce que le contraire paroiſſe par une vérité première ſenſible, auquel cas il faudra diſtinguer la propoſition univerſelle: comme, l'eau éteint le feu ordinaire, mais non pas le feu de camphre; quelque miel eſt poiſon, quelque miel eſt bon à manger; une pompe éléve l'eau par aſpiration de la hauteur de trente pieds, mais ſi l'eau eſt plus baſſe que quarante pieds, elle ne peut l'élever.

XLVII. Il eſt vrai-ſemblable que les cauſes qui auront du rapport

entre elles, feront des effets ou femblables, ou qui auront du rapport entre eux, & feront proportionnés à leurs caufes: comme, fi on a obfervé que les rayons du foleil fe rompent en paffant de l'air dans l'eau, il fera vrai-femblable que ceux d'une chandelle y paffant fe rompront auffi; & s'ils fe rompent en entrant dans du verre, il fera vrai-femblable qu'ils fe rompront en entrant dans du criftal, ou femblablement, ou plus ou moins.

XLVIII. Lorfqu'une chofe étant pofée, il fe fait un effet; ou qu'étant ôtée, l'effet ceffe ou ne fe fait pas; fi cette chofe eft reconnue fuffifante pour cet effet, quoiqu'on n'ait pas une connoiffance certaine que toute autre chofe foit pofée ou ôtée, felon les conditions du principe onzième, on tiendra pour vrai-femblable que cette chofe eft la caufe, ou une des caufes de cet effet, jufques à ce qu'on découvre une autre chofe à laquelle les conditions de caufe de cet effet conviennent mieux. Ainfi on tiendra pour vrai-femblable que les fontaines procédent de la pluie, parce que quand il pleut beaucoup, les fontaines naiffent ou augmentent; qu'elles diminuent ou ceffent ordinairement à proportion qu'il ceffe de pleuvoir; & que la pluie eft fuffifante pour les produire; quoiqu'on ne foit pas certain s'il n'y a point quelqu'autre caufe fecrette qui aide à les produire.

XLIX. Lorfqu'en recherchant la fuite des caufes pour expliquer & rendre raifon de quelques effets naturels, on en trouve une dont on ne peu donner aucune caufe qui foit certaine & évidente, on s'en fervira comme d'une caufe première naturelle pour prouver & expliquer ces effets; & la propofition qui énoncera la vérité de cette caufe, fervira de principe pour prouver les effets qu'elle produit, pourvû que cette propofition foit reconnue véritable par plufieurs expériences, fans qu'aucune y contrevienne. Comme, fi on a remarqué que les miroirs concaves oppofés au foleil mettent en feu les matières combuftibles, qui font proches d'un certain point qu'on appelle le foyer du miroir; & qu'on ait jugé que cet effet procéde de ce que la lumière du foleil qui tombe fur le miroir, fe réünit & fe raffemble par réflexion à l'entour de ce point; & qu'on ait trouvé enfuite que ce dernier effet procéde de ce que les angles de réflexion des rayons lumineux font toûjours égaux aux angles de leur incidence, fans qu'on puiffe trouver une caufe certaine & évidente, pourquoi ces angles font toûjours égaux: on prendra pour principe ou propofition fondamentale cette propofition, *L'angle de réflexion des rayons eft égal à l'angle de leur incidence*; pourvû qu'on en ait fait plufieurs expériences, foit fur des miroirs plans, foit fur des convexes, &c. La raifon eft, que puifque par le vingt-quatrième principe nous ne pouvons aller à l'infini dans la recherche des caufes naturelles, nous devons nous arrêter à la plus éloignée qui nous paroît certaine & évidente, lorfqu'elle peut fervir à expliquer & rendre raifon de plufieurs effets, jufques à ce qu'on découvre une autre cau-

cause certaine & évidente de laquelle elle dépende. On appellera loix ou régles de la nature, ou principes naturels, les propositions qui assûrent des choses & des effets naturels qui n'ont point de causes qui soient évidentes & certaines, & qui sont causes d'autres effets: mais ces propositions ne sont pas des véritez premières intellectuelles ou sensibles, mais seulement des propositions fondamentales ou principes seconds; parce que leur connoissance & certitude dépend des observations & expériences, & du principe dix-huitième. On peut aussi appeller ces propositions qui ne sont connues vraies que par l'expérience, & qui servent à en prouver d'autres, principes d'expérience: comme, *les rayons qui passent obliquement de l'air dans l'eau, font une inflexion ou réfraction en entrant dans l'eau, & ne vont plus selon les mêmes lignes droites.*

L. Les principes d'expérience qui assûrent un effet précisément d'une certaine sorte, seront reçûs selon cette précision, si par plusieurs différentes observations on n'a jamais remarqué cet effet d'une autre sorte, & qu'il ne puisse être que de cette sorte, ou d'une autre contraire; encore que selon le principe trente-cinquième, on ne puisse discerner par les sens cette précision avec une entière exactitude. Comme, si on a remarqué que les rayons du soleil s'étendent en lignes droites par un même milieu transparent, & qu'on n'y ait jamais remarqué de courbure; on tiendra pour principe d'expérience ou loi de la nature, que les rayons du soleil s'étendent précisément en lignes droites par un même milieu transparent. Mais on ne peut pas prendre pour principe d'expérience, que les sinus des angles d'incidence & de réfraction des rayons qui passent de l'air dans l'eau, soient entr'eux précisément comme trois à quatre, mais seulement à peu près; puisqu'on ne sçait pas, & qu'on ne peut remarquer si cette raison n'est pas comme de trois à quatre plus ou moins $\frac{1}{100}$, ou $\frac{1}{1000}$, ou $\frac{1}{2000}$, &c.

LI. Quand plusieurs personnes, sans avoir communiqué ensemble, assûrent séparément d'une même façon & avec les mêmes circonstances un effet arrivé en la nature, il faut croire la vérité de cet effet, comme une vérité première sensible. Car, comme il y a une infinité de diverses pensées possibles, il est très-difficile que plusieurs hommes aient la même pensée pour un même objet avec toutes les mêmes circonstances, s'il n'est véritablement tombé sous leurs sens; quoiqu'il ne soit pas absolument impossible.

LII. Quand quelqu'un assûre, par diverses fois & en divers tems, de même façon, & avec plusieurs mêmes circonstances & nulle différente, un effet arrivé en la nature, il faut croire vrai-semblablement que cet effet lui a paru, si l'on ne sçait aucune chose par laquelle il ait reçû une fausse créance, ou aucun sujet pour lequel il doive faire cette proposition contre sa pensée.

On appellera systême d'une chose la façon dont on suppose qu'elle est

eſt pour expliquer ſes effets, ſignes & apparences, & en rendre raiſon. Comme, lorſque pour expliquer les mouvemens des aſtres & leurs apparences, les uns ſuppoſent que la terre eſt immobile, & que le ſoleil & les étoiles tournent à l'entour de la terre; & les autres, que le ſoleil & les étoiles fixes ſont immobiles, & que les planétes & la terre tournent autour du ſoleil; ce ſont des ſyſtêmes différens qu'ils ſuppoſent, ſoit que le ciel ſoit diſpoſé & faſſe ſes mouvemens de cette ſorte préciſément, ou non. Quelques-uns poſent pour ſyſtême des choſes ſublunaires, qu'il y a quatre élémens dont tous les autres corps ſont compoſés, ſçavoir le feu, l'air, l'eau, & la terre: quelques-uns y ajoûtent le ſel, le ſoufre, & le mercure, qu'ils appellent les principes des corps; & il y en a pluſieurs qui croient que ces deux ſyſtêmes ſont faux, & que toutes les ſubſtances matérielles ſont compoſées de pluſieurs petits corps indiviſibles de différentes grandeurs & figures, qu'ils appellent des atomes.

LIII. Une hypothèſe d'un ſyſtême eſt plus vrai-ſemblable que celle d'une autre, lorſqu'en le ſuppoſant on rend raiſon de toutes les apparences, ou de plus grand nombre d'apparences, plus exactement, plus clairement, & avec plus de rapport aux autres choſes connues; mais s'il y a une ſeule apparence qui ne puiſſe convenir à une hypothèſe, cette hypothèſe eſt fauſſe ou inſuffiſante.

PRINCIPES ET PROPOSITIONS FONDAMENTALES DE LA MORALE.

ON appelle ici plaiſir tout ſentiment agréable que nous recevons; ſoit par le moïen des ſens, comme celui qui procéde du goût d'une douce ſaveur; ſoit par l'eſprit & l'imagination, comme celui que nous recevons d'être loués, d'avoir gagné une bataille, d'avoir acquis une perfection nouvelle: & les ſentimens deſagréables ſont ici appellés douleurs ou déplaiſirs.

LIV. Les plaiſirs & les douleurs que nous ſentons, nous les ſentons véritablement, quelles qu'en puiſſent être les cauſes.

Les choſes & les actions qui nous cauſent du plaiſir, ſont ici appellées nos biens, entant qu'elles nous cauſent du plaiſir; & celles qui nous cauſent de la douleur, ſont appellées nos maux, entant qu'elles nous cauſent de la douleur.

LV. Une même choſe ou action n'eſt pas un même bien ou mal aux perſonnes diverſement diſpoſées; & ce qui eſt bien à un, peut être mal à un autre.

LVI. A cauſe du ſentiment que nous avons des plaiſirs & des douleurs, ou pour quelqu'autre cauſe que ce ſoit, nous concevons ou énonçons des propoſitions, que nous faiſons les régles de nos actions: comme,

me, *de deux maux dont l'un ou l'autre est nécessaire, il faut fuir le plus grand; il faut préférer l'honneur à la vie.* On appellera ces propositions, propositions morales.

LVII. Il y a de ces propositions qui sont reçûes sans qu'on en puisse douter; comme, *il faut faire ce qui est le mieux*: on les appellera propositions morales premières, ou principes du devoir.

LVIII. Une action est prouvée devoir être faite, lorsqu'on montre qu'elle est conforme à des propositions morales premières, ou à des propositions prouvées par des propositions morales premières.

LIX. Lorsqu'un bien ou un mal nous paroît, soit par le moïen des sens, soit par le moïen de l'imagination & de la mémoire; il s'excite en nous des mouvemens par lesquels nous sommes émus autrement que nous ne le sommes d'ordinaire: on appellera ces mouvemens, passions.

LX. Les principales passions qui concernent le bien, sont; l'amour, qui est une passion qui s'excite en nous, lorsque nous avons la connoissance qu'un objet nous donne ou nous peut donner du plaisir; le désir, qui nous excite à suivre les objets que nous aimons, & que nous ne possédons pas; & la joie, par laquelle nous sommes émus en la jouïssance & possession de ce que nous aimons.

LXI. Les principales passions qui concernent le mal, sont; la haine, contraire à l'amour; l'aversion, contraire au désir; & la tristesse, contraire à la joie. La joie s'excite aussi en nous, lorsque nous avons évité un mal, ou que nous en sommes délivrés; & la tristesse, lorsque nous perdons un bien.

LXII. Lorsque nous croïons vrai-semblablement que nous obtiendrons un bien ou que nous éviterons un mal que nous avons cru certain, il s'excite en nous une passion qui a quelque rapport à la joie; elle est appellée, espérance: la passion contraire peut être appellée, défiance, crainte, ou desespoir.

LXIII. Si quelque chose nous cause un mal, ou nous empêche d'obtenir un bien, il s'excite en nous une passion violente, par laquelle nous sommes émus & fortifiés à repousser cet empêchement, ou à détourner ce mal: on appellera cette passion, colére.

On appelle ici action volontaire, celle à laquelle notre volonté se portant, nous la faisons; & ne s'y portant pas, nous ne la faisons pas de nous-mêmes: comme, jetter une pierre, parler, &c. Et action involontaire, celle qui se fait en nous, ou que nous faisons, quelque volonté que nous aïons au contraire; comme, le battement du cœur, le mouvement du bras, quand quelqu'un nous le remue par force.

LXIV. Les mouvemens de l'imagination & de la mémoire se font quelquefois sans dessein, & même malgré la volonté; mais souvent on les excite volontairement: comme, lorsque l'on compose des vers, qu'on fait le projet d'un tableau ou d'un bâtiment, qu'on invente une démonstration, &c.

LXV. La mémoire d'un objet en excite la paſſion; mais quelquefois la paſſion excite la mémoire & l'imagination: comme, lorſqu'on a eu une extrême triſteſſe, il peut arriver que quelque tems après un ſemblable mouvement de triſteſſe s'excitera en nous, ſans penſer à l'objet qui l'a cauſée, & qu'enſuite nous nous en ſouviendrons: & ce qui fait que nous reconnoiſſons les choſes que nous avons déja vûes, procéde de ce que la ſeconde vûë excite en nous des mouvemens ſemblables aux mouvemens que la première y avoit excités; & la comparaiſon que nous faiſons de ces deux mouvemens, & des paſſions qu'ils produiſent, laquelle nous les fait paroître ſemblables ou proportionnés, forme la reconnoiſſance.

LXVI. La volonté ne ſe porte qu'au bien connu, ou cru tel par le ſens, ou par l'imagination, ou par le raiſonnement.

LXVII. La créance qu'une choſe ſoit ou ne ſoit pas, ne dépend pas de la volonté; toutefois nous pouvons exciter volontairement l'imagination d'une choſe, & cette imagination fait naître en quelque façon la créance.

LXVIII. Nous croïons ordinairement & naturellement ce qui tombe ſous nos ſens, & par la même raiſon ce qui nous paroît en ſonge, lorſque nous ſongeons. On croit encore bien ſouvent les choſes qui ſont répréſentées par des peintures, ou par des diſcours vrai-ſemblables: car nous en concevons des idées à peu près comme ſi elles tomboient ſous nos ſens; & la créance d'un homme en fait naître ſouvent une ſemblable dans l'eſprit d'un autre, lorſqu'il lui repréſente, comme vraie & avec paſſion, la choſe qu'il croit.

LXIX. Il eſt poſſible que les apparences qui nous arrivent en dormant ou dans un délire, ſoient auſſi fortes & auſſi claires que celles qui procédent des véritables ſenſations; & qu'on croïe avoir ſongé ce qu'on a vû, & avoir vû ce qui a paru en ſonge.

LXX. La créance peut être contraire aux apparences, & il n'y a rien de ſi peu vrai-ſemblable où la créance de quelqu'un ne ſe puiſſe naturellement porter: & ce qui a paru vrai aux ſens & à la raiſon, n'eſt pas toûjours cru.

LXXI. Il n'y a rien de ſi mauvais à la plûpart des hommes, où la volonté de quelqu'un ne ſe puiſſe naturellement porter; ni rien de ſi bon que quelqu'un ne puiſſe haïr.

LXXII. Les paſſions d'amour & de haine, & la créance, ſe changent difficilement en leurs contraires; parce qu'un mouvement en empêche un autre; & que lorſque l'imagination eſt accoutumée à recevoir l'idée d'un objet d'une certaine manière, il eſt difficile de lui imprimer une idée contraire ou diſſemblable pour le même objet.

LXXIII. Celui qui croit être content & heureux, l'eſt, lorſqu'il le croit; & on ne peut l'être, ſi on ne le croit.

LXXIV. Les biens & les maux ne nous touchent pas ſelon la proportion

portion de la grandeur des choſes ou des actions qui ſont nos biens & nos maux ; & les petits ſujets de plaiſir & de douleur nous donnent ſouvent autant de plaiſir & de douleur, que les plus grands.

LXXV. Il y a de deux ſortes principales de plaiſir de l'eſprit; ceux de l'honneur, comme d'être loués & aimés, d'être plus parfaits, & d'avoir plus de pouvoir que les autres; & ceux de convenance, comme celui qu'on reçoit de la lecture d'une belle Poëſie, de la vûë d'une maiſon bien faite ſuivant les régles de l'Architecture; c'eſt-à-dire, que notre eſprit ſe plaît principalement à l'honneur qu'on nous rend, & à la convenance, ſymmétrie, ou proportion des choſes. Le deſhonneur, & la diſconvenance ou difformité, ſont les principaux déplaiſir de l'eſprit.

Une même action eſt appellée naturelle, quand elle eſt conſidérée en elle-même; & morale, entant qu'elle concerne nos mœurs & nos paſſions, & qu'elle ſe rapporte au bien ou au mal que nous recevons, ou que nous faiſons recevoir aux autres: comme, battre quelqu'un, entant qu'on remue le bras, eſt une action naturelle; & entant qu'on veut lui faire du mal & qu'on le frappe, par vengeance ou par quelque autre paſſion, c'eſt un action morale.

LXXVI. Il y a de certaines actions, leſquelles entant que morales nous paroiſſent d'ordinaire avoir de la convenance & être bien faites, & elles ſont eſtimées & louées, ſoit parce qu'elles marquent quelque grandeur & perfection en ceux qui les font, ſoit par quelque intérêt que nous y prenons, ou pour quelque autre cauſe: comme, donner quelque choſe libéralement à un autre qui en a beſoin, défendre les amis à qui on fait injure, rendre à un autre ce qui lui appartient. On appelle ces actions bonnes & vertueuſes; & ceux qui les pratiquent ſouvent, ſont appellés hommes de bien & vertueux, & ils en reçoivent de l'honneur & de l'eſtime.

LXXVII. Il y a des actions morales qui paroiſſent diſconvenantes & difformes, & ſont blâmées, ſoit parce qu'elles font du mal à autrui, auquel nous prenons intérêt, ou parce qu'elles marquent quelque baſſeſſe & imperfection en ceux qui les font: comme, dérober, tuer, s'enïvrer. Ces actions, entant que morales, ſont appellées méchantes & vicieuſes; & ceux qui les font, entant qu'ils les font, ſont appellés méchans & vicieux, & ils en reçoivent du blâme.

LXXVIII. Il y a de la difformité ou diſconvenance à manquer à ce qu'on a promis de gré à gré en choſes réciproques.

LXXIX. Il y a de la diſconvenance à rendre le mal pour le bien.

LXXX. La poſſeſſion d'une choſe qui ſert à obtenir un bien, eſt tenue pour un bien: on l'appelle bien utile ou bien d'eſpérance. Ainſi les richeſſes ſont un bien utile & d'eſpérance, parce qu'on eſpére d'obtenir la plûpart des biens par leur moïen: comme, l'honneur, la bonne chére, &c; & cette eſpérance de beaucoup de biens eſt d'ordinaire préférée à tout autre bien particulier.

LXXXI. Les actions vertueuſes, entant qu'elles ont de la convenance, & nous rendent plus parfaits, ſont un bien d'elles-mêmes; & entant qu'elles nous font obtenir les plaiſirs de l'honneur, ou quelques autres biens, elles ſont un bien utile & d'eſpérance.

LXXXII. Lorſqu'une paſſion pour un bien nous a fait perdre un autre bien, ou cauſé un mal; ce bien étant obtenu, la paſſion ceſſe: & la perte de l'autre bien, ou le mal, nous afflige & nous fait blâmer la première paſſion: on appellera cette triſteſſe, regret ou repentir.

Devoir de convenance eſt celui ſuivant lequel nous faiſons les actions de vertu, & que nous exprimons par de certains principes moraux fondés ſur la convenance: comme, *il faut tenir ce qu'on a promis*; *il ne faut pas faire ce que nous ne voudrions pas qu'on nous fît.*

Devoir naturel eſt celui ſuivant lequel nous ſuivons notre plus grand bien apparent, ou nous fuïons notre plus grand mal apparent, ſoit que les actions qui font obtenir le bien ou qui font éviter le mal, ſoient diſconvenantes ou non: lequel devoir nous exprimons par ces principes; *il faut ſuivre ce qui nous eſt le meilleur*, *il faut ſuivre notre plus grand bien.*

D'autant qu'il y a diverſes ſortes de biens dont quelques uns ſont incompatibles, car les plaiſirs des ſens ſont ſouvent contraires à ceux de convenance & d'honneur; que de la jouïſſance de l'un ſuit quelquefois la perte de l'autre; que les petits biens font ſouvent naître de grands maux, & les petits maux de grands biens; & qu'une même choſe ou une même action peut cauſer du bien & du mal; que chacun n'eſtime pas également les mêmes biens & les mêmes maux, car les uns aiment plus ardemment l'honneur, & les autres les biens ſenſibles; & qu'une même perſonne, en divers tems, occaſions & diſpoſitions, change d'inclination & de volonté: nous ſommes obligés, pour bien guider nos paſſions, éviter le repentir, & régler les actions qui nous font obtenir les biens & éviter les maux, de nous ſervir des propoſitions appellées véritez morales premières, ou principes du devoir, ou maximes de politique, telles que ſont les ſuivantes.

LXXXIII. Il faut faire ce qui eſt le mieux, ou qui nous eſt le meilleur.

LXXXIV. De deux maux dont l'un ou l'autre eſt inévitable, il faut fuir le plus grand.

LXXXV. De deux biens inégaux & incompatibles, il faut choiſir le plus grand, & de deux égaux le plus durable.

LXXXVI. Il ne faut pas que la poſſeſſion d'un petit bien empêche celle d'un plus grand bien, ou cauſe un plus grand mal.

LXXXVII. Il ne faut pas, en recherchant les moïens pour obtenir un bien, perdre le bien-même.

LXXXVIII. Tout bien qui n'eſt pas contraire à un autre bien, & dont il ne ſuit point de mal, il le faut ſuivre.

LXXXIX.

LXXXIX. Lorſqu'il y a pluſieurs moïens pour obtenir un bien ou pour éviter un mal, il ne faut pas demeurer long-tems dans l'incertitude du choix, ſi le retardement peut faire perdre le bien, ou rendre le mal inévitable.

XC. Un bien commun n'eſt conſidérable à chaque Particulier, qu'entant qu'il en eſt participant, ou qu'il lui cauſe un autre bien.

XCI. Si deux biens futurs égaux ſont propoſés, il faut ſuivre celui qui le plus vrai-ſemblablement doit arriver.

XCII. Si les poſſibilitez d'un bien ſurpaſſent d'autant celles d'un autre bien, que ſa bonté eſt ſurpaſſée par celle de l'autre, ils ſont également à ſuivre.

XCIII. Si un mal ſurpaſſe d'autant un autre mal, que les poſſibilitez de ce dernier ſurpaſſent celles de l'autre, ils ſont également à éviter.

XCIV. Si pluſieurs biens ſont propoſés d'un côté, & un d'un autre, qui ne ſoit pas plus grand que l'un d'eux, & qu'ils ſoient également poſſibles; il faut ſuivre le plus grand nombre.

XCV. Si pluſieurs maux ſont propoſés d'un côté, & un d'un autre, qui ne ſoit pas plus grand que l'un d'eux; il vaut mieux ſouffrir celui qui eſt ſeul.

Un bien eſt dit égal à un mal, lorſqu'étant joints enſemble, il eſt indifférent de les ſuivre, ou de les fuir.

XCVI. Lorſqu'en une même choſe ou action il y a pluſieurs commoditez, & incommoditez, ou pluſieurs biens & maux, il faut compenſer les biens par des maux égaux; & s'il reſte du bien, il faut ſuivre cette choſe ou cette action; ſi du mal, il la faut fuir.

XCVII. Ce n'eſt pas la grandeur ou le nombre des choſes qu'il faut conſidérer en l'élection des biens & des maux; mais la grandeur des plaiſirs & des douleurs qu'elles nous cauſent.

XCVIII. Si deux biens ſont égaux, dont l'un ſoit preſent, & l'autre à venir; il faut préférer le préſent, à cauſe de l'incertitude de l'avenir.

XCIX. Si d'un bien de peu de durée ſuit néceſſairement un mal qui lui ſoit égal, & d'égale ou plus grande durée, ou un mal médiocre de très-longue durée; il ne faut pas rechercher la poſſeſſion de ce bien, parce que la crainte du mal à venir diminue le bien preſent; & que le bien étant ceſſé, ſa perte nous afflige.

C. Si d'un mal de peu de durée ſuit néceſſairement un bien qui lui ſoit égal, & d'égale ou plus grande durée, ou un bien médiocre de très-longue durée; il faut ſuivre ce mal, s'il ne nous cauſe aucune imperfection, parce que l'eſpérance du bien qui en doit arriver, eſt un bien qui diminue le ſentiment de ce mal; & que le mal étant ceſſé, la mémoire en eſt agréable.

ESSAI DE LOGIQUE.

SECONDE PARTIE,

Contenant la méthode qu'il faut suivre pour faire de bons raisonnemens.

ON se sert du raisonnement, ou pour s'instruire soi-même, ou pour instruire les autres, & refuter leurs fausses opinions.

Ceux avec lesquels on raisonne, sont; ou des esprits subtils & dociles, qui comprennent facilement les connexitez des propositions, & qui ne s'obstinent point à soûtenir un faux raisonnement; ou des esprits grossiers, qui ont peine à comprendre la liaison des propositions; ou des esprits contentieux & préoccupés de fausses opinions, qui contestent même les véritez, après qu'elles leur sont connues. C'est ce qu'il faut considérer lorsqu'on entreprend de convaincre les uns ou les autres.

Cette seconde Partie est divisée en quatre Discours.

Le *premier* contient quelques régles pour nous rendre intelligibles dans nos raisonnemens.

Le *second* contient des préceptes pour chercher & pour trouver les principes & les propositions fondamentales qui doivent servir à la preuve des propositions douteuses.

Dans le *troisième*, on enseigne à faire les argumens, & comme il faut disposer & mettre en ordre ceux qui peuvent servir à l'établissement de quelque science.

Et enfin dans le *quatrième*, on donne des régles pour connoître les faux raisonnemens, & les autres causes de nos erreurs, afin de ne s'y laisser pas surprendre.

PREMIER DISCOURS.

De ce qu'il faut observer pour se rendre intelligible.

NOus sommes obligés, quand nous raisonnons avec les autres, de leur faire entendre & comprendre nos raisonnemens.

Nos

Nos raiſonnemens ſont compoſés de diverſes propoſitions, & les propoſitions de divers noms ou mots.

En toute propoſition on attribue une choſe ou une action à une autre choſe, ou l'on nie qu'elle lui convienne: comme, *un homme eſt un animal*; *la ciguë eſt vénimeuſe*; *Pierre ne parle pas.*

Ce qu'on attribue, s'appelle l'attribut de la propoſition; & la choſe à laquelle on l'attribue, s'appelle le ſujet: comme en cette propoſition, *la neige eſt blanche*; la *neige* eſt le ſujet auquel on attribue la blancheur, & la *blancheur* eſt l'attribut. Ce qu'on nie s'appelle auſſi l'attribut de la propoſition: comme en cette propoſition, *Pierre n'eſt pas vertueux*; n'eſt pas *vertueux*, eſt l'attribut.

Les noms de ſujet & d'attribut s'appellent les termes de la propoſition: le ſujet eſt appellé le moindre terme; & l'attribut le plus grand terme, parce qu'il eſt ordinairement le plus univerſel.

Il n'y a point de langage ſi parfait qui n'ait quelques obſcuritez, & quelques mots qui ſont pris en des ſignifications différentes, ou qui ne ſont pas connus de tous ceux qui uſent de ce langage: c'eſt pourquoi il faut que ceux à qui l'on parle, tâchent de s'accommoder au ſens de celui qui parle, ſuivant la première demande; & que celui qui parle ou qui écrit, ne ſe ſerve, s'il ſe peut, que des noms & des façons de parler les plus intelligibles & les plus en uſage.

Ceux qui uſent d'un même langage, prennent à peu près tous les noms & toutes les façons de parler dans un même ſens; parce que dès l'enfance, par un long uſage de voir les choſes en même tems qu'on les nomme, chacun apprend la vraie ſignification des noms dont on ſe ſert pour ſignifier les choſes qui tombent ordinairement ſous nos ſens.

Il y a donc peu de mots qui aient beſoin d'explication; & ceux qui parlent en public des choſes ordinaires, ſont peu ſouvent obligés d'expliquer ce qu'ils entendent par les mots dont ils ſe ſervent. *Euclide* n'a par cru qu'il falût expliquer la ſignification de beaucoup de mots qu'il emploïe: comme, *égal*, *plus grand*, *longueur*, *largeur*, *&c.* Et *Dioſcoride* n'a point dit ce qu'il entendoit par les noms de *feuille*, *fleur*, *racine*, *fruit*, &c.

L'obſcurité des noms procéde, ou de ce qu'un même nom ſignifie des choſes différentes; comme, *mineur* ſignifie un homme qu'on emploïe à faire des mines, ou bien un jeune homme qui n'a pas encore atteint un certain âge: ou de ce que des noms différens ſignifient la même choſe, comme un *aſtre* & une *étoile*; & l'on peut douter ſi c'eſt la même choſe: ou de ce que la choſe qu'on nomme, eſt inconnue, comme lorſque les Géométres parlent des *ellipſes*, des *paraboles*, des *binomes*, &c. à ceux qui ne ſont pas Géométres: ou de ce qu'on donne un nouveau nom à une choſe connue; & l'on peut ignorer que ce nom lui convienne. En tous ces cas, & en quelques autres où l'on peut ſe tromper en la ſignification d'un mot, ou d'une manière de parler; il

eſt

eſt preſque toûjours néceſſaire que celui qui parle ou qui écrit, explique & donne à connoître quelles ſont les choſes ſignifiées par les noms dont il ſe ſert, en ſorte qu'on puiſſe diſtinguer ces choſes des autres, & qu'on n'en conçoive pas d'autres au lieu d'elles.

La propoſition qui ſe fait pour donner à connoître quelle choſe eſt ſignifiée par le nom ou mot dont on ſe ſert, eſt ici appellée définition; & elle conſiſte à faire connoître cette choſe par le moïen d'autres noms, qui la faſſent diſtinguer de toute autre choſe, & deſquels la ſignification ſoit connue à ceux à qui l'on parle.

Pour bien faire une définition, il faut ſe régler par les demandes première & troiſième, & par les propoſitions 8, 31, 32, 33, & par celles qui ſont entre la 31 & la 32, & entre la 32 & la 33.

Si l'on pouvoit faire tomber ſous les ſens les choſes ſenſibles inconnues, & dont les noms ſont inconnus, les définitions de ces choſes ne ſeroient pas néceſſaires, parce qu'on ſçauroit de quelle choſe on voudroit parler. Mais pour les intellectuelles, dont l'exactitude ne peut être jugée par les ſens: comme, *un cercle*, *une ligne droite*, *une ellipſe*, *&c.* il faut de néceſſité les définir, & même les faire voir, en même tems, décrites & figurées de telle ſorte qu'elles puiſſent être conçûes: comme, pour donner à peu près l'idée de la ligne droite, on ſe ſervira d'un fil de ſoie fort délié, & bandé fermement de bas en haut; & pour faire connoître ce que c'eſt qu'un cercle, on en décrira un avec un compas. On fera de même à l'égard des plantes & des animaux inconnus; c'eſt-à-dire, qu'il en faut donner la peinture, en même tems qu'on les donne à connoître par le diſcours.

Il y a néceſſairement des noms de choſes qu'on ne doit point entreprendre de définir, de même qu'il eſt néceſſaire qu'il y ait des noms dont on ne puiſſe donner l'étymologie; autrement on iroit à l'infini: comme, ſi on avoit défini un animal, *un corps ſenſible*, & qu'on demandât, *qu'eſt-ce qu'être ſenſible*? on auroit de la peine à l'expliquer autrement que par des noms de même ſignification. Il y a beaucoup de premiers noms dont la ſignification s'apprend par l'uſage, c'eſt-à-dire, en nommant & faiſant tomber en même tems ſous les ſens la choſe nommée; c'eſt pourquoi ces noms ſont comme les principes des définitions. Ainſi c'eſt mal à propos que quelques-uns veulent définir & expliquer tous les noms dont ils ſe ſervent; & que d'autres blâment l'uſage des définitions, diſant que, ſi, par exemple, on a défini l'homme, un animal raiſonnable, on eſt plus en peine qu'auparavant, puiſqu'il faut définir enſuite, *animal* & *raiſonnable*: car il n'eſt pas néceſſaire d'expliquer la ſignification des premiers noms par d'autres; & la définition qu'on feroit d'une choſe fort commune & très-connue, en donneroit une idée moins claire que celle qu'on en a par l'uſage.

Les choſes qui ont des noms communs de ſubſtance, ſe doivent définir par un nom de genre le moins commun, & par un nom de qualité eſſen-

essentielle ou propre, qui ne convienne à aucune autre chose ; c'est une des plus importantes régles de la définition. Ainsi, lorsque pour définir un triangle, on dit, *un triangle est une figure comprise entre trois côtez*: le nom de *figure* est le nom de genre; & avoir *trois côtez*, est la qualité essentielle, qu'on appelle autrement différence essentielle. Tous ces termes sont connus; car s'ils étoient inconnus, on contreviendroit au huitième principe.

AUTRE EXEMPLE DE DÉFINITION.

L'*Eléphant est un animal à quatre pieds, le plus grand de tous*: être le plus grand de tous les animaux à quatre pieds, est une différence qui distingue l'éléphant des autres animaux: animal à quatre pieds, est le nom de genre le moins commun; car qui diroit seulement animal, ne distingueroit pas assez. On ne peut pas aussi définir en disant, *c'est une chose*; car le nom de chose comprend tout, & ne distingue rien : & lorsqu'on emploïe le nom de genre dans une définition, ce n'est pas à cause qu'il contient plusieurs espéces; mais parce qu'il fait distinguer d'abord la chose définie, de celles qui ne sont pas de même genre.

Que si le nom de qualité propre ou essentielle est inconnu, il faut faire entrer en la définition plusieurs noms de qualitez accidentelles, qui toutes ensemble ne conviennent qu'à la chose dont on veut expliquer le nom.

EXEMPLE.

LE *Houx est un arbrisseau qui a les feuilles larges, piquantes, & vertes en tout tems, & le fruit petit & rouge*: arbrisseau est le nom de genre le moins commun: avoir les feuilles piquantes, est commun au genévre, &c; les avoir larges, au chêne, &c; vertes en tout tems, au laurier, &c; le fruit petit & rouge, à beaucoup d'autres plantes: mais toutes ces qualitez ensemble ne conviennent qu'au houx. C'est de cette sorte que *Dioscoride* a défini les plantes, desquelles il dit ensuite les propriétez & les vertus. Ainsi les *Platoniciens* définissoient l'homme, un animal à deux pieds, sans plumes, aux ongles larges, &c.

Que si l'on découvre un autre arbrisseau que le houx, qui ait les feuilles larges, piquantes, vertes en tout tems, &c; il faudra ajoûter quelque chose à la définition du houx, soit à l'égard de la racine ou des fleurs, &c.

Il faut prendre garde de ne point mettre plusieurs termes en la définition, de la compatibilité desquels on pourroit douter: comme, il ne faut pas mettre en la définition du diamétre du cercle, que c'est une ligne droite qui passant par le centre, & se terminant à la circonféren-

ce, la coupe en deux également; mais seulement, qui passant par le centre se termine à la circonférence, ou bien que c'est une ligne qui divise le cercle en deux parties égales.

Que si ce que l'on veut définir n'a point de nom de genre, & qu'on ne puisse bien donner à connoître quelqu'une de ses qualitez propres; il faut le définir par induction ou exemple, qui est la façon dont on apprend par usage la signification des noms. Les définitions qui ont été données en la première Partie, de la substance, de la qualité, de la nature, sont de cette sorte: Ou bien il le faut définir par quelques-unes de ses circonstances, causes ou effets, ou même par des noms de même signification: comme, *Le lieu est l'espace qui est occupé, ou qui peut être occupé par un corps: Le lieu est l'espace où est situé un corps au respect des autres corps qui l'environnent: La ligne droite est celle qui s'étend également ou uniment entre ses points*, c'est-à-dire, *qui s'étendant d'un point à un autre, ne s'écarte ni d'un côté ni d'un autre*, c'est-à-dire, *qui est droite: Le tems est la mesure de la durée des choses ou de leurs mouvemens*; & réciproquement *le mouvement est la mesure du tems.*

Les qualitez précises sont souvent difficiles à définir, si on ne nomme les substances où elles sont. Ainsi, on ne peut définir la rougeur du pavôt, ou celle de la rose, sans nommer ces substances; c'est par cette raison qu'on dit, couleur de feu, couleur de cerise, &c. odeur de musc, odeur de rose, &c.

Il faut que dans la définition, le terme qui est le sujet de la proposition, puisse devenir l'attribut: comme, cette définition, *un triangle est une figure comprise entre trois côtez*, peut être changée en celle-ci *une figure comprise entre trois côtez est un triangle*; parce qu'un triangle & une figure comprise entre trois côtez, signifient la même chose.

Les choses visibles sont mieux distinguées par la figure, que par toute autre qualité: & si on vouloit définir un cheval en un païs où l'on n'en a jamais vû, en cette sorte, *un cheval est un animal qui hennit*, la définition seroit inutile; car le hennissement seroit une chose également inconnue.

Quelques-uns appellent description, la définition par la figure, & nient que ce soit une définition. Cependant les Géométres ont appellé définitions, les descriptions du quarré, du triangle, de la sphére, &c. & il y a beaucoup de choses dont la figure ou l'usage est la qualité essentielle: comme une table, une scie, un marteau; c'est pourquoi il faut les définir par la description de leur figure, ou par leur usage, & même quelquefois par leur matière.

On définit quelquefois un Particulier dans son nom d'individu s'il en a un, par son nom d'espéce: comme, *Alexandre est un homme, Bucéphale est un cheval, &c*; mais ces définitions sont imparfaites.

Les définitions ne font pas que les choses soient; car pour dire, une chimére est un tel animal, un cercle est une telle figure, il ne s'ensuit

pas

pas qu'il y ait dans la nature une chimére ou un cercle : mais ſuppoſant que ces choſes ſoient, ou qu'on puiſſe les faire telles qu'elles ſont définies, on leur donne le nom. D'où il s'enſuit, que les définitions ne peuvent être fauſſes quand on uſe de ce mot, *j'appelle* : mais le nom peut être donné mal à propos, comme ſi *Apollonius* avoit appellé ellipſe, ce qu'il appelle parabole ; & même quand les choſes ont des noms communs & en uſage, il ne faut pas témérairement les changer, ni donner aux noms une autre ſignification que celle qui eſt en uſage. Que ſi on veut parler de quelque choſe nouvelle, & qui n'a jamais été connue, laquelle par conſéquent n'a point de nom : comme lorſque les Chymiſtes découvrent dans leurs opérations quelque choſe extraordinaire & nouvelle ; il ne faut point lui donner un nom qui ſerve déja à une autre choſe, mais il en faut inventer un nouveau : tels ſont ces noms inventés par quelques Chymiſtes, Alcaheſt, Blas, Gas, Athanor, &c ; ou bien il faut ajoûter quelque épithéte au nom qui ſert à une autre choſe, comme, *Poulle de Barbarie*, *Aconit de l'Amérique*, *&c.*

La plûpart de ces régles ne ſont pas abſolument néceſſaires, même celle qui preſcrit qu'il faut définir les choſes qui ont un nom obſcur. Ceux qui ſont capables d'inventer de nouvelles ſciences, n'ignorent pas qu'il faut expliquer les noms nouveaux ou obſcurs dont ils ſe ſervent, & ils peuvent aſſez facilement donner à connoître ce qu'ils entendent par ces noms : car enfin, il n'importe pas beaucoup de quelle façon les définitions ſoient faites, pourvû qu'elles nous faſſent concevoir une idée des choſes définies aſſez diſtincte pour n'en pas concevoir d'autres au lieu d'elles : & le plus ſouvent les régles trop générales, comme celle-ci, *Il faut que toute définition ſoit compoſée de genre & de différence*, ne font qu'embaraſſer : & lorſqu'on veut les pratiquer exactement, on fait ſouvent des énigmes ; car une énigme n'eſt autre choſe qu'une définition obſcure : comme ſi on demandoit, *qu'eſt-ce que la première Entélechie d'un corps organiſé aiant vie par puiſſance ?* On ſeroit fort empêché de le déviner, ſi on ne ſçavoit pas que c'eſt la définition de l'ame, ſelon *Ariſtote*. Ceux-mêmes qui preſcrivent cette régle générale, en peuvent difficilement donner d'autre exemple dans les choſes ſenſibles, que celle-ci, *l'homme eſt un animal raiſonnable* ; encore ne vaudroit-elle rien, s'il étoit vrai que les autres animaux euſſent du raiſonnement, comme quelques-uns l'ont ſoûtenu.

Quelquefois on établit l'exiſtence & les propriétez d'une choſe, & enſuite on lui donne un nom ; ce qui peut être auſſi appellé une définition : comme, lorſqu'après avoir établi qu'il y a des propoſitions dont la vérité eſt inconteſtable, on dit qu'elles ſeront appellées des principes de connoiſſance.

L'une des plus importantes régles de la définition eſt, qu'il faut dans la ſuite du raiſonnement s'arrêter aux termes de la définition : contre laquelle régle on peut dire qu'*Euclide* a failli, lorſqu'il a dit qu'un cer-

cle ne coupe pas un autre cercle en plus de deux points; car suivant la définition du cercle il devoit dire, la circonférence d'un cercle ne coupe pas celle d'un autre cercle en plus de deux points.

Ce qui donne le plus de peine dans les définitions, est que la question *qu'est-ce qu'une chose?* se prend en divers sens: & pour y apporter de l'éclaircissement, il faut supposer que nous parlions à un Etranger qui sçache beaucoup de mots de notre langue, & qui en ignore encore beaucoup. Si cet Etranger voit passer un cheval, & qu'il demande quelle bête c'est? alors il est évident que c'est le nom qu'il demande, supposé qu'il en ait déja vû d'autres; & on le satisfait en lui disant que cette bête est un cheval. Que s'il entend prononcer le mot de cheval, & que ne sçachant point à quelle chose on donne ce nom, il demande qu'est-ce qu'un cheval? alors il lui faut répondre suivant les régles précédentes: comme, *un cheval est un animal à quatre pieds, de grande stature, qui a la corne du pied ronde, & de grand crins au cou & à la queuë, &c.* Enfin, tant cet Etranger que d'autres qui usent d'une même langue que celui à qui ils parlent, en voïant une chose & sçachant son nom, ne laissent pas de demander quelquefois, ce que c'est: comme quand on voit l'arc-en-ciel ou une cométe, ou qu'on entend le tonnerre, &c. on ne laisse pas de demander qu'est-ce que l'arc-en-ciel? qu'est-ce que le tonnerre? &c. & alors ce n'est pas la signification du nom qu'on demande, car on la sçait; mais quelles sont les causes de la chose signifiée & quels effets elle peut produire, &c. Or dans les choses naturelles ou surnaturelles, il est très-difficile de satisfaire à cette question; & c'est ordinairement le sujet de nos disputes, & le but & la conclusion de nos raisonnemens. Ainsi *Aristote* a fait trois livres pour tâcher d'expliquer ce que c'est que l'ame, sans y avoir bien réussi; & l'on peut remarquer dans les livres de *Platon*, l'embaras où il se met pour faire connoître la nature de l'etre, du non-être, de la beauté, &c. Même il paroît que le dessein de ces Philosophes étoit de pouvoir expliquer la nature & toute l'essence d'une chose en une seule proposition semblable aux définitions de Géométrie; ce qui est une erreur manifeste: car quand les Géométres expliquent ce qu'ils entendent par un nom dont ils se servent, comme un quarré, un triangle, &c. ils peuvent facilement donner à connoître par la définition, l'essence de la chose à qui ils donnent le nom, à cause de sa simplicité: comme, *un quarré est une figure comprise entre quatre côtez égaux, se rencontrans à angles droits.* Mais il n'en est pas de même des choses naturelles ou surnaturelles, comme de l'ame, de l'arc-en-ciel, du tonnerre, des parélies, &c. parce qu'elles ne dépendent pas de notre imagination, & qu'elles ont souvent plusieurs causes ou effets, qu'il est impossible d'expliquer par une seule proposition. Par exemple, il en faut plus de cinquante tant de Géométrie que d'Optique, pour bien expliquer les causes de l'arc-en-ciel, & de ses couleurs différentes: & quand on pour-

pourroit le faire par une ſeule propoſition, on ne doit pas l'appeller définition, ſi l'on accorde la troiſième demande; puiſque la définition doit précéder le raiſonnement & la diſpute, & que le diſcours ou la propoſition qui doit expliquer parfaitement la nature, les cauſes & les propriétez d'une choſe, ne ſe peut faire qu'après de grandes diſputes & de grands raiſonnemens. Que ſi pourtant on veut l'appeller définition, il ne faut pas la confondre avec l'autre, ſuivant la troiſième demande.

Pour les diſtinguer, nous appellerons la première, la définition qui précéde la diſpute, ou la définition diſtinctive, ou la définition de Logique, telles que ſont les définitions des Mathématiciens: & l'autre, celle qui ſuit la diſpute, & qui en eſt la concluſion; & il ne faut pas ſe mettre en peine de faire cette dernière, quand la première ſuffit. C'eſt de la première qu'on entend parler ici, & dont on a donné les régles.

Il eſt quelquefois néceſſaire pour ſe bien faire entendre, de ſe ſervir de diviſion ou diſtinction. On diviſe, par exemple, un diſcours en deux ou trois points, pour le rendre plus clair, & pour faire qu'on s'en ſouvienne mieux: on diviſe une choſe entière en ſes parties, comme quand on dit qu'un homme eſt compoſé de corps & d'ame: on diviſe un nom équivoque en ſes ſignifications différentes, &c. Les régles qu'on donne pour bien faire une diviſion, ſont peu importantes, & il eſt quelquefois très-difficile de les bien appliquer, & de pouvoir aller juſques au dernier détail des choſes: comme, ſi l'on avoit diviſé les animaux en terreſtres & aquatiques, &c. les terreſtres, en ceux qui marchent, & en ceux qui rampent; il ſeroit comme impoſſible de dire enſuite toutes les eſpéces d'animaux qui marchent ou qui rampent, parce que le nombre en eſt trop grand, & qu'il n'y a perſonne qui les ſçache toutes.

DEUXIÈME DISCOURS,

De l'Invention des Principes.

LEs définitions & les diviſions étant faites, ſi elles ſont néceſſaires, il faut regarder de quel genre eſt la propoſition à prouver, c'eſt-à-dire, ſi elle eſt intellectuelle, ou ſenſible, ou morale; car les principes pour les prouver ſont différens, comme auſſi la façon de les chercher.

Les propoſitions de quelque genre qu'elles ſoient, ſont: ou des théorêmes, qui propoſent quelque choſe à connoître; comme, *Un nombre quarré multipliant un nombre quarré, produit un nombre quarré*; *Le ſoleil eſt plus grand que la terre*; *Il faut ſuivre la vertu*: ou des problêmes, qui propoſent quelque choſe à faire; comme, *décrire un quarré*; *rendre une terre fertile*; *appaiſer une ſédition.*

Les propositions intellectuelles sont souvent nécessaires pour parvenir à la connoissance des propositions sensibles pour lesquelles nous avons de la curiosité, ou desquelles il nous importe de sçavoir la vérité: comme, si une éclipse de soleil ou de lune, ou l'apparition d'une nouvelle cométe, nous donne de l'étonnement; on ne peut sçavoir si ces choses nous menacent de quelque malheur ou non, sans sçavoir leurs causes; & on ne les peut sçavoir sans le secours de la Géométrie, de l'Arithmétique, & des autres sciences intellectuelles, par lesquelles nous pouvons sçavoir les distances de ces corps, leurs grandeurs, leurs mouvemens & revolutions. De même, si un miroir concave nous fait paroître l'image d'une chose dans une situation renversée, si nous considérons l'arc-en- ciel & beaucoup d'autres merveilles de l'art ou de la nature; notre curiosité ne peut être satisfaite que par le moïen des mêmes sciences. Elles peuvent aussi servir pour les propositions morales; comme, lorsque pour établir & conserver la paix entre les hommes, il faut faire le partage des terres & des autres choses, connoître les limites de ce qui appartient à chaque Particulier, & mettre toutes les choses en leur juste proportion. Même ces sciences sont nécessaires pour inventer plusieurs choses utiles à notre vie, ou pour les perfectionner; comme la science de la Navigation, l'Architecture, les lunettes d'approche, & plusieurs autres choses qui sont déja en usage, ou qui restent à inventer. D'où il s'ensuit, que ceux qui font profession d'instruire les autres, doivent sçavoir de nécessité ces sciences intellectuelles, du moins leurs propositions les plus importantes, & qui sont le fondement des autres.

Nous diviserons ce second Discours en trois Articles: dans le premier, on donnera des régles pour trouver les principes qui pourront servir à la preuve des propositions intellectuelles; dans le second, on en donnera pour les principes des propositions sensibles; & dans le troisième, pour les principes des propositions morales.

ARTICLE PREMIER.

De la Méthode pour trouver les principes des Propositions intellectuelles.

LEs propositions de Géométrie & d'Arithmétique sont des propositions intellectuelles, dont nous formons les objets par cette opération de l'esprit qu'on appelle abstraction ou séparation: comme lorsque nous considérons la grandeur & la figure sans les sujets où elles sont; les mouvemens sans les choses mûes; les nombres sans les choses nombrées; une longueur sans largeur, qu'on appelle une ligne, que nous concevons aussi comme l'extrémité d'une surface, sans pénétrer dans la sur-

ſurface; de même que nous concevons le point comme l'extrémité d'une ligne, ſans pénétrer dans la ligne, & les ſurfaces comme les extrémitez des corps, ſans pénétrer dans les corps: & enſuite nous concevons des lignes droites, des ſurfaces planes, des cubes, des ſphéres, &c.

Nos ſens ne peuvent diſcerner ces objets avec exactitude, & nous ne pouvons nous en former une idée ou image exacte; mais ſeulement nous pouvons les énoncer, & les ſuppoſer comme nous les énonçons.

Les autres propoſitions intellectuelles qu'on appelle ordinairement de Métaphyſique ou ſurnaturelles, ont divers objets; comme l'être en général, la première cauſe de l'être, les idées des choſes, les poſſibilitez intellectuelles, l'infini, &c.

Les propoſitions de Géométrie & d'Arithmétique ſont: ou véritez premières, que l'on reçoit ſans difficulté par le ſecond principe: ou elles ont beſoin de preuve, & pour les prouver, il faut chercher ſous quels principes elles ſont compriſes, ſoit premiers ou ſeconds, leſquels on pourra diſcerner s'ils ſe préſentent à l'eſprit, par la faculté naturelle que nous avons de connoître les connexitez des propoſitions entr'elles, & de faire de bons raiſonnemens, comme il a été remarqué dans le quatrième principe; laquelle faculté ſe perfectionnera par l'uſage des raiſonnemens, & par la connoiſſance des régles ſuivantes.

Il y a des principes ſpéculatifs intellectuels; comme, *les choſes égales à une autre, ſont égales entr'elles*: il y en a d'autres pour les conſtructions des figures. Ces derniers ne ſe démontrent point, non plus que les premiers: mais ils s'établiſſent par la demande qu'on fait que leur poſſiblilité ſoit accordée: comme, *que l'on puiſſe tirer une ligne droite d'un point à un autre point; que l'on puiſſe décrire un cercle, &c.* l'on demande qu'on les accorde; parce qu'on peut les conteſter, & même les nier, à cauſe que nos ſens ne peuvent connoître ſi une ligne eſt parfaitement droite, & que nous ne pouvons diſcerner, ni même tracer une ligne ſans courbure & ſans largeur, &c. Mais comme nous croïons ces choſes être poſſibles intellectuellement, & que ce n'eſt que par le défaut de nos ſens & de la matière, qu'on ne peut les décrire ſenſiblement; on les accorde être poſſibles intellectuellement, ſans prétendre de les faire réellement, ſinon à peu près; & ces demandes accordées ſervent de principes.

*On peut ici remarquer qu'*Euclide *n'a pas prouvé exactement ſa première propoſition; car il n'a pas demandé qu'on puiſſe décrire un cercle en un plan donné; ce qui eſt néceſſaire pour faire que les circonférences de deux cercles s'entrecoupent. On peut dire auſſi que les Géométres ont tort de faire ſcrupule d'admettre en un plan la poſſibilité des lignes qui ſe forment par des mouvemens compoſés, ou par des ſections de cones, comme les conchoïdes, les ellipſes, &c; car intellectuellement elles ne ſont pas moins poſſibles que les circonférences des cercles, & que les lignes droites; & ſenſiblement les unes & les autres ſont impoſſibles, ou du moins leur exactitude ne peut être diſcernée.*

On

On peut aussi faire des demandes pour servir de principes spéculatifs, quand ce que l'on demande d'être accordé, n'est pas aussi clair & évident que les véritez premières intellectuelles, & qu'il est difficile de le prouver par elles, pourvû qu'il ait beaucoup d'évidence, & qu'il soit nécessaire pour la preuve de plusieurs autres propositions, comme les trois demandes qui sont au commencement de la première Partie de ce Traité. *Archiméde*, dans ses Méchaniques, emploïe plusieurs demandes de cette nature: comme, *les poids égaux en distances inégales pesent inégalement*.

Les régles qu'il faut suivre pour les demandes sont; qu'elles ne soient pas très-claires, car on les proposeroit comme des axiomes ou véritez premières; qu'elles soient nécessaires pour la preuve de ce qu'on entreprend de prouver; & qu'elles ne puissent être démontrées, ou du moins que la démonstration en soit très-difficile ou très-obscure: mais tout ce qui est très-clair de soi-même, ou qui peut être assez facilement prouvé, ne doit pas être demandé. C'est par cette raison qu'*Euclide* n'a pas dû faire des demandes de sa seconde proposition ni de sa troisième. Quelques-uns lui objectent mal à propos, qu'il a pris pour axiome ou commune sentence, le principe dont il se sert pour les lignes paralleles: car selon *Proclus*, il l'a mis au nombre des demandes, aussi-bien que cet autre, *tous les angles droits sont égaux entr'eux*; & le même *Proclus* assûre que cette dernière proposition est donnée pour exemple de demande par *Aristote*.

On peut dire pourtant de celle qui sert à établir les lignes paralleles, qu'elle est défectueuse, parce qu'on n'a pas appris par les principes & par les définitions qui la précédent, quelle conséquence on peut tirer de ce que deux angles sont moindres que deux angles droits.

Quelques-uns ont dit que les définitions étoient les seuls principes, & que les axiomes-mêmes ou véritez premières se devoient prouver par les définitions: comme celle-ci, *le tout est plus grand qu'une de ses parties*, devoit être prouvée par les définitions de tout, de plus grand, de parties, &c. A quoi on peut répondre qu'il n'est pas nécessaire de définir les noms qui sont très-connus, comme il a été dit ci-devant: & que quand il y auroit un nom obscur dans une proposition, la définition qu'on en feroit, ne contribueroit rien ni à la vérité, ni à la fausseté de la proposition; mais seulement à faire entendre sa signification; ce qui est évident, puisque les noms sont arbitraires, & que la vérité des propositions ne dépend pas de notre volonté; & qu'encore qu'on n'eût jamais imposé de noms aux choses, on ne laisseroit pas de connoître certainement qu'une chose entière qu'on verroit, excéderoit chacune de ses parties; & de même à l'égard des autres véritez premières. Mais si la question est du nom; comme, si l'on propose une ligne qui ait les propriétez qu'*Euclide* attribue à une ligne qu'il appelle binome, & qu'on nie que ce soit un binome; alors la définition sert

de

de principe, mais non de premier principe; car si l'on nie qu'*Euclide* ait donné cette définition, le premier principe est de la faire lire dans son livre des Elémens; de même, si l'on nie qu'une anémone s'appelle une anémone, le premier principe sera de le faire dire à plusieurs Jardiniers. Par ce moïen on finira les disputes, où il s'agit seulement du nom, en le prouvant par la définition, & la définition par l'induction.

Quelques-uns on dit qu'il faut prouver les principes par d'autres principes, quand ils ont quelque connexité entr'eux, quoiqu'ils soient également clairs; ce qui seroit absurde & inutile; car il ne faut pas prouver ce qui n'a pas besoin de preuve, de même qu'il ne faut pas chercher le moïen de voir ce qu'on voit déja: & encore qu'il y ait de la connexité entre deux principes, en sorte que si l'un ou l'autre étoit faux, l'autre le seroit aussi; il ne s'ensuit pas qu'il soit nécessaire de les prouver l'un par l'autre.

Pour les autres principes spéculatifs qui servent à prouver les propositions qui ne sont pas du nom, l'on ne peut donner des régles certaines pour les trouver, non plus que pour faire infailliblement de beaux vers sur un sujet donné; car l'un & l'autre dépend principalement de l'adresse de l'esprit de celui qui les cherche, & d'une rencontre de laquelle on ne peut être assûré. Voici une méthode qu'on peut observer.

Celui qui entreprend de trouver les principes qui peuvent servir à prouver une proposition de Géométrie, doit sçavoir plusieurs de ces principes; & si la proposition en dépend immédiatement, ou qu'elle n'en soit pas éloignée, il pourra découvrir les principes ou les propositions immédiates, qui peuvent servir à sa preuve avec assez de facilité. Comme, si on propose de prouver qu'une ligne droite comme BD tombant sur une autre, comme AC, fait les angles de part & d'autre droits ou égaux à deux angles droits: si l'on sçait cette définition, *lorsqu'une ligne droite tombant sur une autre fait les angles de part & d'autre égaux, on les appelle droits*; & qu'on sçache aussi ce principe, *les choses qui conviennent & s'ajustent précisément entr'elles, sont égales*: on pourra s'appercevoir que si DB n'est pas perpendiculaire à AC, & que DE le soit; les angles de part & d'autre, EDA, EDC, seront droits, selon la définition; & que puisque les deux angles BDA & BDC pris ensemble, conviennent avec les deux droits EDA & EDC joints ensemble, ils leur seront égaux. Ainsi cette définition des angles droits, & ce principe, *les choses qui conviennent entr'elles & s'ajustent précisément l'une à l'autre, sont égales*, serviront pour la preuve de cette proposition. TAB. XXV. Fig. 1.

Que si on demande la preuve de cette proposition; *lorsque deux lignes droites, comme* AB & CD, *s'entrecoupent au point* E, *les angles opposés* AED, CEB *sont égaux*: on pourra voir, si l'on considére la proposition précédente, que CE tombant sur AB, fait les angles CEA & CEB pris ensemble, égaux à deux angles droits, & que par la même TAB. XXV. Fig. 2.

raiſon, AE tombant ſur DC, fait les angles AED, AEC, égaux à deux droits; & qu'ainſi ces deux derniers pris enſemble ſont égaux aux deux premiers pris enſemble. Que ſi l'on ſçait le principe, *ſi de choſes égales on ôte des choſes égales, les reſtes ſont égaux*; on pourra connoître que ſi des angles CEA, CEB, & des deux CEA, AED, on ôte l'angle commun CEA, les reſtans CEB, AED ſeront égaux; & que ce principe & la propoſition précédente pourront ſervir pour le prouver.

Mais ſi les propoſitions ſont difficiles à prouver, & qu'on ait de la peine à découvrir quelque connexité entr'elles & les principes premiers ou ſeconds; il faudra tirer une ou pluſieurs nouvelles lignes dans la figure, qui pourront ſervir de moïen pour comparer les autres entr'elles. Comme, ſi aiant propoſé le demi cercle ACB, & aiant tiré à la circonférence les deux lignes AC, BC, on demandoit ſi l'angle ACB eſt droit ou non; il ſeroit très-difficile de le juger, ſans tirer quelque autre ligne du centre D à la circonférence ACB, comme la ligne DC: mais étant tirée, ſi l'on ſçait que les lignes, tirées du centre à la circonférence d'un cercle, ſont égales entr'elles; on pourra voir que les trois lignes DC, DA, DB, ſont égales: & ſi l'on ſçait qu'aux triangles qui ont deux côtez égaux, les angles ſur la baſe ſont égaux; on jugera facilement que les angles DCA & DAC ſur la baſe AC, ſont égaux, & que par la même raiſon, l'angle BCD eſt égal à l'angle CBD. On pourra juger enſuite que les deux angles au point C ſont égaux enſemble aux deux A & B: & ſi l'on ſçait que les trois angles d'un triangle pris enſemble ſont égaux à deux angles droits; on pourra connoître que l'angle ACB ſera droit, puiſqu'il eſt la moitié des trois angles du triangle ACB; & que ces deux propoſitions pourront ſervir à le prouver; ce qu'on n'auroit pu découvrir, ſi on n'avoit tiré la ligne CD, & ſi on n'avoit ſçû ces principes & ces propoſitions.

TAB. XXV. Fig. 3.

Il faut donc, ou par des lignes paralleles, ou par des perpendiculaires, ou par des cercles, &c. tâcher de découvrir quelque connexité de la propoſition avec ce qui nous eſt connu: & ſouvent on pourra y réuſſir, pourvû, comme il a été dit, qu'on ait la connoiſſance de pluſieurs principes reçûs, & de pluſieurs propoſitions prouvées, & quelque uſage du raiſonnement; ou même l'adreſſe d'inventer de nouveaux principes, ſi ceux qui ſont connus & reçûs, ne ſuffiſent pas. Mais il eſt très-difficile d'enſeigner par quelles lignes ou par quelles figures on en pourra venir à bout; ni même, les lignes étant tirées, de donner une méthode infaillible pour voir les conſéquences & la connexité de ce qui eſt propoſé, avec les principes. C'eſt pourquoi *Pythagore*, à ce qu'on dit, fit un ſacrifice aux Muſes, pour avoir trouvé la démonſtration d'une propoſition, en tirant de certaines lignes, reconnoiſſant que ce n'étoit pas l'effet d'une ſcience infaillible, mais de

quel

quelque ſorte d'inſpiration divine; de même que les anciens Poëtes rapportoient aux inſpirations des Muſes l'invention de leurs belles Poëſies.

Que ſi la queſtion eſt en nombres, il faut prendre, outre ceux qui ſont propoſés, un ou pluſieurs autres nombres, qui puiſſent ſervir de moïen & de liaiſon pour prouver la propoſition, de même qu'on prend des lignes nouvelles pour les propoſitions de Géométrie: & ſi l'on ſçait beaucoup de principes touchant les nombres, & qu'on ait auſſi l'adreſſe d'en inventer; on pourra ſouvent découvrir ceux qui pourront ſervir à la preuve de la queſtion.

Pour inventer facilement des théorêmes en nombres, on peut ſe ſervir de la méthode ſuivante: Il faut remarquer quelque propriété par induction entre quelques nombres qui ſe trouve auſſi entre d'autres; par où l'on pourra conjecturer que cette propriété s'étendra à tous les nombres de cette nature. Comme, ſi on a remarqué qu'entre les deux quarrez 4 & 9, il y a le nombre 6, qui eſt les deux tiers de 9, de même que 4 eſt les deux tiers de 6; & qu'entre les quarrez 9 & 16 il y a 12, qui eſt les $\frac{3}{4}$ de 16, de même que 9 eſt les $\frac{3}{4}$ de 12: on pourra conjecture qu'il y aura toûjours entre deux nombres quarrez un moïen proportionnel, & que ce moïen proportionnel ſera le produit des racines des deux quarrez; puiſque 6 eſt le produit de 2 & 3, & que 12 l'eſt de 3 & 4. Aiant encore trouvé une ſemblable propriété entre quelques autres quarrez, on aura une opinion vrai-ſemblable qu'entre deux quarrez il y a toûjours un moïen proportionnel, dont on cherchera enſuite la démonſtration.

Quelques-uns ont dit que les choſes étoient bien prouvées, quand elles étoient prouvées par leurs cauſes; ce qui eſt vrai à l'égard des choſes naturelles. Mais à l'égard des propoſitions de Géométrie, ou des autres ſciences intellectuelles, il n'eſt pas néceſſaire de prouver pourquoi la choſe eſt ainſi, mais ſeulement qu'elle eſt ainſi: comme dans la dernière figure ci-deſſus, ce n'eſt pas la ligne CD qui eſt cauſe que l'angle ACB eſt droit; mais elle ſert de moïen pour le faire connoître, & la démonſtration ne laiſſe pas d'être très-évidente. Les principes-mêmes ou véritez premières, ne ſont pas les cauſes des autres véritez; mais elles les font connoître. Ce ſeroit auſſi en vain qu'on voudroit prouver l'exiſtence d'une première cauſe par ſes cauſes, puiſqu'elle n'en a point.

Pour trouver la ſolution des problêmes de Géométrie, & les principes qui ſervent à les conſtruire & à les prouver; il y a une méthode que les Anciens appelloient analyſe, qui eſt de les ſuppoſer faits comme on les demande, & d'examiner enſuite les liaiſons & les conſéquences de cette ſuppoſition, juſques à ce qu'on arrive à une choſe qui nous ſoit connue, & qu'on puiſſe faire; & cette dernière choſe ſera le moïen & le principe par lequel on parviendra à la ſolution de ce qui ſera propoſé.

EXEMPLE.

TAB. XXV. Fig. 4. ON propose de former sur la ligne AB un triangle équilatéral, c'est à-dire, qui ait les trois côtez égaux. Il faut le supposer fait; c'est-à-dire, qu'il faut tirer deux autres lignes à un point comme C, par exemple, AC, BC, les supposant égales entr'elles, & à AB, car cela étant, le triangle seroit équilatéral. Or, si l'on sçait que toutes les lignes, tirées d'un même centre à une même circonférence, sont égales; & qu'on demeure d'accord qu'on puisse faire un cercle du point B comme centre, & du demi diamétre BA; on pourra juger que si on le fait, sa circonférence passera par le point C. Par la même raison si on fait un autre cercle de même grandeur, dont le centre soit A, sa circonférence passera aussi par le point C; autrement les lignes BA, BC, & AB, AC, ne seroient pas égales. Ainsi les deux cercles se couperont en C. Or cela étant certain, & la façon dont on peut décrire ces cercles nous étant connue, on jugera que, si sans avoir tiré les deux lignes, ni pris le point C, on fait deux cercles des deux extrémitez A & B comme centres, & de l'intervalle AB; & que du point où les circonférences s'entrecouperont comme C, on tire deux lignes aux extrémitez A & B; chacune de ces lignes sera égale à AB; & que la définition du cercle, & la description des deux, ACD, BCE, seront les principes de la preuve de l'égalité des deux lignes AC, CB avec AB: & l'on pourra juger que les lignes AC, CB, sont égales entr'elles, puisque l'une & l'autre est égale à AB, si l'on sçait ce principe, *les choses égales à une autre, sont égales entr'elles;* & ce principe servira pour le prouver; d'où l'on connoîtra que le triangle est équilatéral.

On appelle synthèse ou composition, la construction de la figure, & le raisonnement qui se fait ensuite de l'analyse. On peut, si l'on veut, appeller toute l'opération, analyse: & alors elle aura trois parties; la zététique, ou recherche de ce qui peut être connu; la construction de la figure; & la démonstration.

Que si l'on trouve qu'il y ait quelque liaison & connexité de ce qu'on suppose fait, avec une fausseté première; le problême sera impossible, & on le prouvera impossible par cette fausseté.

Lorsque les problêmes sont éloignés des premiers principes, ils sont beaucoup plus difficiles. Néanmoins par la même méthode, on peut souvent trouver leur solution, en tirant des lignes nouvelles, &c. Il y en a des exemples dans les livres de Géométrie.

Pour les problêmes des nombres; comme, *trouver un nombre quarré égal à la somme de deux autres nombres quarrez*, on suppose que les nombres que l'on cherche, sont trouvés, & on les marque par des lettres, suivant la méthode expliquée ci-devant, tant les connus que les inconnus,

nus, du moins les inconnus. On en fait ensuite l'analyse, c'est-à-dire, on en considére les conséquences jusques à ce qu'on parvienne à une chose qui soit connue, par le moïen de laquelle on donnera la solution du problême avec assez de facilité.

On peut encore se servir pour la solution des problêmes en nombres, de la méthode qui a été expliquée pour les théorêmes ; qui est de remarquer quelque propriété en quelques nombres, par laquelle on puisse résoudre ce qui est proposé. Comme, si on sçait que lorsque le quarré d'un nombre est égal à la somme des quarrez de deux autres nombres, ces trois nombres s'appellent un triangle rectangle en nombres ; & qu'on propose pour problême de trouver un certain nombre de ces triangles rectangles, comme quatre ou cinq, &c ; après avoir trouvé par hazard ou autrement un de ces triangles, comme 3, 4, 5 ; car 25 quarré de 5 est égal à 16 & 9 ensemble, qui font les quarrez de 4 & de 3 : on pourra remarquer que le plus grand nombre 5 est composé de deux quarrez, sçavoir 4 & 1, dont 2 & 1 sont les racines ; que 3 est la différence de ces mêmes quarrez ; & que le troisième nombre 4 est le double du produit de ces deux racines 1 & 2. Ensuite de cette remarque, on pourra prendre deux autres nombres, comme 3 & 2 : & après avoir considéré que 13 est la somme des quarrez de ces deux nombres, & que 5 est la différence des mêmes quarrez, on verra que si on ôte de 169 quarré de 13, 25 quarré de 5, il restera 144, qui est aussi un nombre quarré, dont la racine est 12 ; & par conséquent que 13, 12, & 5 sont un triangle rectangle en nombres, & que 12 est le double du produit des racines 2 & 3. On fera encore de semblables remarques en deux autres nombres comme 2 & 5 ; & l'on trouvera que 29 somme de leurs quarrez, 21 différence des mêmes quarrez, & 20 double de leur produit, est aussi un triangle rectangle ; car le quarré de 29, qui est 841, est égal à la somme de 400 & de 441 quarrez de 20 & de 21 : d'où l'on pourra conjecturer que cette régle est générale, & que par son moïen on trouvera tant de triangles rectangles qu'on voudra. On cherchera ensuite les principes, pour faire la démonstration de cette régle.

De même, si l'on remarque qu'aux triangles 3. 4. 5, & 20. 21. 29, les deux moindres côtez ont l'unité pour différence ; & qu'on propose de trouver une régle pour faire d'autres triangles rectangles à l'infini, qui aient la même propriété ; on pourra considérer le rapport qu'ont les deux nombres 2 & 5, qui servent à faire le triangle 20, 21, 29 aux deux 1 & 2, qui servent à faire le triangle 3, 4, 5 ; & on pourra prendre garde que le plus grand des deux nombres 1 & 2 est égal au moindre des deux autres 2 & 5, & que 5 est égal à la somme des deux 1 & 2 plus le même nombre 2. Ensuite on pourra prendre, suivant la même régle, 5 & 12, le moindre desquels est égal au plus grand des deux 2 & 5, & 12 est égal à la somme des mêmes 2 & 5, plus le même nombre 5.

Après avoir fait par le moïen de ces deux nombres 5 & 12, suivant la régle ci-dessus, le triangle 169, 120, 119; & avoir remarqué que les moindres côtez 120 & 119, ont aussi l'unité pour différence; on aura une opinion vrai-semblable que cette progression s'étend à l'infini. On prendra ensuite d'autres nombres selon la même progression, comme 12 & 29, 29 & 70, 70 & 169, 169 & 408, &c: & si on remarque que ces nombres pris de deux en deux, servent à faire des triangles rectangles qui ont encore cette propriété, sçavoir que leurs deux moindres côtez ont l'unité pour différence; on cherchera les principes pour faire la démonstration de cette régle, suivant ce qui a été enseigné ci-devant; & si on les trouve, & que par leur moïen on puisse prouver l'infaillibilité de cette régle, on aura trouvé la solution du problême.

On pourra encore remarquer que dans le triangle 13, 12, & 5, qui est fait par 2 & 3, le nombre 7 est la différence des deux côtez; & que 3 & 8 qui viennent de 2 & 3, suivant la même régle de progression, font le triangle 73, 55, 48, qui a le même nombre 7 pour la différence de ses deux moindres côtez; & que la même propriété se trouve dans plusieurs autres nombres de la même progression, comme 8. 19, 19. 46, &c. D'où l'on pourra conjecturer que cette régle est universelle; c'est-à-dire, que si l'on prend deux nombres quels qu'ils soient, dont on fasse une progression selon la régle ci-dessus; la même différence qui se trouvera entre les deux moindres côtez du triangle qui sera fait par les deux premiers nombres de la progression, se trouvera aussi entre les deux moindres côtez de tous les autres triangles faits par deux autres nombres de la même progression. Et après qu'on aura remarqué cette propriété par plusieurs autres exemples, & même que dans la suite de ces triangles, les côtez qui sont la différence des deux quarrez, surpassent, & sont surpassés alternativement par les autres côtez, on cherchera les principes pour en faire une démonstration universelle. Cette méthode est fort utile pour trouver plusieurs propriétez admirables & surprenantes dans les nombres, qu'on pourra proposer comme des théorêmes, ou comme des problêmes; mais, parce que le plus souvent ce ne sont que de vaines curiositez, il ne faut pas beaucoup s'y arrêter.

Il y a encore une autre méthode fort commode pour trouver la solution des problêmes, tant d'Arithmétique que de Géométrie, même des plus difficiles: on l'appelle vulgairement Algébre ou Analyse algébrique. Elle consiste principalement en deux choses.

La *première* est, que pour exprimer la plûpart des raisonnemens, & des opérations qu'il faut faire pour parvenir à la solution des questions, on se sert, outre les lettres de l'alphabet, & les caractéres de l'Arithmétique commune, de plusieurs autres notes & caractéres: comme + pour signifier plus; — pour signifier moins; A^2, A^3, A^4, pour signifier A quarré, A cube, A quarré quarré; AB, pour signifier le produit de A par B; $\frac{A}{B}$ pour signifier le quotient de A divisé par B; = pour signifier

gnifier égalité, comme A = B — C signifie A égal à B moins C; & pour signifier que deux grandeurs ont entre elles un même rapport que deux autres, on les note ainsi, A[B‖C[D; ce qui donne à connoître que A a un même rapport à B, que C à D, &c.

La *seconde* & la plus importante est, qu'après avoir exprimé par quelques-unes de ces notes ou par quelques autres, les grandeus connues & inconnues, qui peuvent servir à résoudre le problême; on le suppose fait, comme en l'analyse dont il est parlé ci-devant; & l'on en tire des conséquences, en comparant ensemble les grandeurs exprimées par ces diverses notes, en considérant les rapports qu'elles ont les unes avec les autres, en les ajoûtant ensemble, ou en les ôtant les unes des autres, &c. selon les conditions de la question, jusques à ce qu'on trouve une égalité entre deux grandeurs exprimées diversement, dont l'une soit l'inconnue, ou son quarré, ou son cube, &c. & l'autre, celle qui est connue, ou sa moitié, &c. par le moïen de laquelle égalité, & de certaines régles que cette méthode enseigne, on découvre quelle est cette grandeur inconnue; & l'on résout ensuite le problême.

Les principes dont on se sert le plus ordinairement en Algébre, sont les quatre suivans: *Si de choses égales on ôte des choses égales, les restes sont égaux: Si à des choses égales on ajoûte des choses égales, les tous sont égaux: Les produits des grandeurs égales multipliées par un même nombre, sont égaux: Les quotiens des grandeurs égales divisées par un même nombre, sont égaux.*

EXEMPLES DE L'ANALYSE ALGEBRIQUE.

PREMIER EXEMPLE.

ON demande deux nombres tels que le moindre étant ajoûté à 10, la somme soit égale au plus grand; & le même nombre 10 étant ajoûté au plus grand, la somme soit triple du moindre.

Pour résoudre cette question ou problême, on pourra poser une lettre comme A, pour le moindre nombre, & y ajoûtant 10, la somme sera A plus 10, qu'on note ainsi A † 10: & parce que suivant la première condition du problême, cette somme doit être égale au plus grand des deux nombres; on pourra conclure que ce plus grand nombre sera A † 10. Si on lui ajoûte 10, la somme sera A † 20, qui doit être triple du moindre nombre A, & par conséquent égale à 3 A; d'où l'on pourra connoître qu'il y aura égalité entre 3 A, & A † 20; & qu'ôtant un A de part & d'autre, les restes 2 A, & 20, seront encore égaux. Enfin l'on pourra juger qu'il y a égalité entre leurs moitiez A & 10, & que le nombre qu'on avoit posé être A, est 10; ce qui résout la question; car l'autre nombre qu'on avoit trouvé être A † 10,

sera

ſera 20, & ces deux nombres 10 & 20 ſatisfont au problême.

On peut trouver la ſolution de ce problême, & de quelques autres ſemblables, par la ſimple analyſe, en ne ſe ſervant point de la note †, ni d'aucune autre, à la réſerve des lettres de l'alphabet, & des caractéres de l'Arithmétique commune: mais pour en trouver la ſolution par la pure analyſe algébrique, il faut, au lieu d'exprimer le raiſonnement par de longs diſcours, y emploïer pluſieurs notes algébriques; ce qu'on n'a point obſervé exactement dans cet exemple, ni dans les ſuivans, de crainte d'être trop obſcur.

AUTRE EXEMPLE DE L'ANALYSE ALGÉBRIQUE.

ON demande deux nombres, dont la ſomme & le produit ſoient des nombres égaux.

On peut réſoudre ce problême par deux manières: la première eſt, de poſer une lettre comme A pour un des nombres; & pour l'autre, quelque nombre comme 4: la ſeconde eſt, de poſer une lettre pour chaque nombre.

Par la première manière on pourra raiſonner ainſi: Soit 4 l'un des nombres, & A l'autre; donc, ſuivant la condition du problême, leur produit 4 A ſera égal à leur ſomme 4 † A: & ſi l'on ôte de part & d'autre un A, il y aura encore égalité entre les reſtes 3 A & 4; donc le nombre qu'on a poſé A ſera $\frac{4}{3}$ qui eſt le quotient de 4 diviſé par 3. Par conſéquent les deux nombres cherchés ſont 4 & $\frac{4}{3}$, qui ſatisfont à la queſtion.

Par l'autre manière, on pourra raiſonner ainſi: Soient A & B les deux nombres; donc leur produit AB ſera égal à leur ſomme A † B: & ſi on les diviſe par B, il y aura encore égalité entre la fraction $\frac{A+B}{B}$ & A (A eſt le quotient de AB diviſé par B). Mais $\frac{B}{B}$ eſt égal à l'unité, comme $\frac{3}{3}$ ou $\frac{4}{4}$. Donc au lieu de mettre $\frac{A+B}{B}$ on peut mettre $\frac{A}{B}$ † 1, qui ſera auſſi égal à A; & ôtant l'unité de part & d'autre, $A - 1 = \frac{A}{B}$; & les multipliant tous deux par B, les produits $AB - 1B$ & A ſeront encore égaux (A eſt le produit de $\frac{A}{B}$ par B, comme 3 eſt le produit de $\frac{3}{4}$ par 4); & ſi l'on diviſe ces deux produits par $A - 1$, les quotiens B & $\frac{A}{A-1}$ ſeront égaux, & par cette raiſon l'on mettra $\frac{A}{A-1}$ au lieu de B; ce qui pourra faire connoître que la queſtion ſera réſolue; car les deux nombres qu'on avoit notés A & B étant réduits à A & $\frac{A}{A-1}$, on verra facilement que quelque nombre qu'on prenne pour A, comme 6; $A - 1$ ſera 5, & $\frac{A}{A-1}$ ſera $\frac{6}{5}$: & que ſi A eſt 2, les deux nombres

bres ſeront 2 & $\frac{2}{1}$, dont le dernier vaut auſſi 2; & que ces nombres ſatisfont à la queſtion, de même que 3 & $\frac{3}{2}$, 4 & $\frac{4}{3}$, & ainſi à l'infini, en prenant tel nombre qu'on voudra pour A; & par conſéquent que la ſolution de ce problême ſera univerſelle.

EXEMPLE D'UN PROBLÈME DE GÉOMÉTRIE.

UNe ligne étant donnée comme AB, on demande qu'on la diviſe en deux parties inégales, comme au point C, en ſorte que cette ligne étant continuée directement en BD, & BD étant égale à BC, le quarré de la partie AC ſoit égal au rectangle ou produit de la partie BC, & de la toute AD. TAB. XXV. Fig. 5.

Pour réſoudre ce problême, on peut poſer la lettre a pour la ligne donnée AB, & b pour BC ou BD: & ſuppoſant que C eſt le point qu'on cherche; pour ne pas mettre trop de lettres différentes, on notera AC par $a-b$, & AD par $a+b$, & l'on pourra raiſonner ainſi. Le quarré de $a-b$, ſelon le calcul algébrique, eſt a^2+b^2-2ab; & le rectangle de $a+b$ par b, eſt $bb+ab$; donc, ſuivant la condition du problême, il y a égalité entre ces deux grandeurs: & ſi on ôte b^2 de part & d'autre, il y aura égalité entre a^2-2ab, & ab; & ajoûtant $2ab$ de part & d'autre, il y aura encore égalité entre a^2 & $3ab$; & par cette égalité, on pourra remarquer qu'il eſt néceſſaire que $3a$ ſoit à a, comme a eſt ab, ſi on ſçait que lorſque trois grandeurs ſont à continuellement proportionnelles, le quarré de la moïenne eſt égal au rectangle des deux extrêmes, puiſque le produit des deux extrêmes $3a$ & b eſt égal au quarré de la moïenne a; & l'on conclura que comme $3a$ eſt triple de a, a doit être triple de b; d'où l'on pourra juger que ſi l'on prend le tiers de la ligne donnée AB, qu'on a notée par la lettre a, & que BC ſoit ce tiers, on aura trouvé le point requis qui eſt C, & qu'on aura ſatisfait à l'analyſe du problême, dont on pourra donner enſuite la ſynthèſe ou compoſition, c'eſt-à-dire, la conſtruction & la démonſtration, ſi on ſçait les premiers élémens de Géométrie.

Quelques-uns appellent Algébre numérique, celle où l'on ſe ſert des caractéres des nombres, comme 3, 4, 5, &c; & Algébre ſpécieuſe, celle où l'on ſe ſert ſeulement des lettres de l'alphabet, & de quelques autres notes, pour exprimer les grandeurs connues & inconnues. Mais cette diſtinction n'eſt pas néceſſaire: car on peut ſe ſervir indifféremment de toutes les notes qui ſont les plus commodes, comme on le peut juger par le premier exemple; car ſi on avoit mis une lettre comme B au lieu du nombre 10, l'opération auroit été plus longue & plus obſcure. On voit auſſi dans le troiſième problême, qu'encore qu'il ſoit de Géométrie, & qu'on ait mis des lettres pour les grandeurs connues & inconnues, on n'a pas laiſſé de ſe ſervir du nombre 3. Tout

ce qu'on peut obſerver, eſt de ne point poſer un nombre détermine pour un nombre inconnu: car il arriveroit ſouvent que ce ſeroit une fauſſe poſition, par laquelle on ne pourroit réſoudre le problême; au lieu que poſant des lettres, on ne poſe jamais rien de faux.

On voit dans *Diophante* & dans d'autres Auteurs, beaucoup d'exemples de ces fauſſes poſitions, qui ne ſont pas pourtant inutiles; car elles leur ſervent enſuite à connoître quels nombres ou lettres ils doivent poſer dans la ſeconde opération. On peut remarquer auſſi que la première manière du ſecond problême ci-deſſus, où l'on a poſé 4 pour un nombre inconnu, donne une ſolution plus courte & plus aiſée que la deuxième manière, où l'on a poſé A & B pour les deux nombres; mais cette dernière eſt plus belle, & donne une ſolution univerſelle.

Il y a un défaut en cette méthode, qui eſt qu'on ne ſçait pas bien quand il faut multiplier ou diviſer les grandeurs, ni par quelle quantité on les doit multiplier ou diviſer, & que ce n'eſt que par conjecture qu'on le découvre; mais l'uſage facilite ces opérations, & l'on rencontre aſſez ſouvent la plus courte voie.

Il eſt à remarquer que la plûpart des opérations de l'Algébre ſont fondées ſur des propoſitions de Géométrie & d'Arithmétique; & que par conſéquent on ne peut pas démontrer par ces opérations, les mêmes propoſitions qui leur ont ſervi de preuve, car on contreviendroit au principe 8. En voici un exemple. On trouve par le calcul de l'Algébre, que le quarré de A—B eſt $A^2 + B^2 - 2\,AB$, & l'on prend dans ce calcul B^2 pour le produit de —B par —B, c'eſt-à-dire, de moins B par moins B; ce qui eſt fort ſurprenant; car il paroît d'abord que ce produit devroit être plûtôt $-B^2$ que $+B^2$. Quelques-uns diſent que cela procéde de ce que deux négations valent une affirmation; mais c'eſt une régle de Grammaire, qui eſt même fauſſe dans la Grammaire françoiſe; & dans ce calcul on ne nie point, mais on multiplie. D'autres diſent, que moins moins vaut autant que plus plus; ce qui eſt inconcevable, bien loin d'être clair & évident. Il eſt donc néceſſaire de prouver la bonté de cette opération, puiſqu'elle ne s'établit pas d'elle-même. La preuve s'en fait par la ſeptième du ſecond des *Elémens* d'*Euclide*, où il eſt démontré que ſi une ligne eſt diviſée en deux parties, le quarré de la ligne entière, plus le quarré d'une des parties, eſt égal au quarré de l'autre partie, plus deux fois le rectangle de la toute par la partie premièrement priſe: car il eſt facile de connoître par cette propoſition, que ſi A eſt la ligne entière, & B une de ſes parties, le quarré de l'autre partie qui eſt A—B, ſera égal au quarré de la toute A, moins deux fois AB, plus le quarré de l'autre partie B; & que c'eſt la raiſon pour laquelle il faut prendre B^2 pour le produit de —B par —B; car en ôtant deux fois AB du quarré de A, ce qui reſte, eſt moindre que le quarré de A—B, & la différence eſt le quarré de B, lequel par conſéquent y doit être ajoûté; d'où il eſt évident qu'on ne doit

doit pas entreprendre de prouver par ce calcul cette même propoſition ſeptième, puiſque c'eſt par elle qu'on a établi la bonté de ce calcul.

Lorſque les problêmes, tant de Géométrie que d'Arithmétique, ſont fort difficiles; on emploïe encore d'autres notes & d'autres opérations beaucoup plus malaiſées à comprendre que celles dont on a donné des exemples; & l'on a beaucoup plus de peine à trouver les égalitez, & à les réſoudre. On en pourra voir des exemples dans pluſieurs livres qui traitent de cette Analyſe algébrique; mais les difficultez qu'on trouvera à bien apprendre toutes les régles de cette méthode, pourront faire douter ſi l'utilité n'eſt pas moindre que la peine, du moins dans les queſtions très-difficiles, qui ſont ordinairement les plus inutiles.

Pour les autres propoſitions intellectuelles, qu'on appelle ſurnaturelles ou de Métaphyſique, il eſt difficile d'y raiſonner: car nous connoiſſons peu de principes qui y puiſſent ſervir, & nous ne pouvons former une idée exacte de l'infini, de l'éternité, &c. mais ſeulement par quelque rapport aux choſes ſenſibles & finies; & tout ce qu'on y peut obſerver, eſt de prendre garde que ce qu'on en dira, n'ait point de connexité avec des fauſſetez premières.

ARTICLE II.

De la façon de trouver les principes pour les Propoſitions ſenſibles.

LE premier principe & le plus univerſel pour les choſes ſenſibles eſt la ſeconde demande: car ſi l'on refuſe de l'accorder, on ne peut plus rien aſſûrer de ce qui tombe ſous nos ſens; & ce ſeroit en vain qu'on chercheroit les cauſes des choſes naturelles, & les principes pour les prouver, ſi on croïoit qu'il n'y eût aucune choſe naturelle. On a fait une demande de cette propoſition, ſuivant la régle expliquée en l'Article précédent; parce qu'il eſt impoſſible ou très-difficile de la démontrer, & parce que quelques Philoſophes ont fait profeſſion d'en douter. Les cauſes de leurs doutes étoient que lorſque nous dormons, il nous paroît ſouvent que nous faiſons quelques actions, & que nous voïons beaucoup de choſes différentes entr'elles, de la même manière que quand nous ſommes éveillés: d'où ils concluoient que, puiſqu'on ne peut être aſſûré s'il y a des objets réels dans quelques-unes de ces apparences plûtôt que dans les autres, & que ces apparences étant ſouvent contraires les unes aux autres, il y en a quelques-unes néceſſairement fauſſes; il étoit impoſſible d'être aſſûré qu'il y en eût aucunes de véritables.

La difficulté ou impoſſibilité de démontrer cette ſeconde demande procéde de ce que les principes ſenſibles n'y peuvent ſervir, puiſqu'elle-

même eſt néceſſaire pour les établir: & de ce qu'on ne peut énoncer les principes intellectuels, comme, *le tout eſt plus grand qu'une de ſes parties*, ſans qu'on la ſuppoſe; puiſqu'on ne doit parler affirmativement ni de tout, ni de parties, ni de grandeur, s'il n'y a aucune réalité dans tout ce qui nous paroît. C'eſt pourquoi, ſi un eſprit contentieux ſoûtient que toutes nos apparences n'ont point d'objet réel, que nous n'avons aucun corps, &c. il ne faut plus diſputer contre lui: car ſi même on lui mettoit la main dans le feu, il pourroit dire qu'il auroit l'apparence d'être brûlé, & de ſouffrir la douleur de la brûlure; mais qu'il n'y auroit aucun objet réel de ces apparences. Et quand on lui objecteroit, qu'en ſoûtenant que cette demande ne doit pas être accordée, il fait une action, & qu'il croit qu'elle a été écrite ou énoncée par quelqu'un; il pourroit auſſi dire qu'il en a eu ſeulement les apparences. Auſſi n'eſt-ce pas par raiſonnement que nous croïons l'exiſtence des choſes qui nous paroiſſent; mais parce que nous ſommes naturellement diſpoſés à croire leur exiſtence avec une très-grande certitude, lorſqu'elles nous paroiſſent, comme il a été dit en la ſoixante-huitième propoſition: & l'on n'a pas raiſon de conclure que toutes nos apparences ſoient fauſſes, parce qu'il y en a quelques-unes de fauſſes; mais on doit plûtôt dire, que nous n'aurions pas ces fauſſes apparences, ſi nous n'avions pas eu auparavant de véritables perceptions de quelques choſes réelles & réellement exiſtentes, dont l'impreſſion ſe renouvelle quelquefois en nous, en l'abſence des objets, & en dormant.

Il n'eſt pas néceſſaire de ſe mettre en peine de prouver cette ſeconde demande; puiſqu'elle eſt reçûe naturellement de tous les hommes avec une telle certitude, que ceux-mêmes qui la veulent nier, témoignent, en la niant, qu'ils la croient, tant par l'ardeur de leurs diſcours, que par d'autres marques qui ſont connoître qu'ils croient parler & être écoutés.

Il ne faut pas auſſi s'étonner de ce qu'en ſongeant nous croïons que ce qui nous paroît, a une exiſtence réelle; puiſque les ſonges étant une imitation des apparences des choſes réelles, il ſe fait auſſi en ſongeant un mouvement de créance de ces fauſſes apparences, ſemblable à celui qu'on a eu des apparences des choſes réelles, comme il a été dit en la même propoſition ſoixante-huitième. Enfin, ſi nous poſons pour hypothèſe cette ſucceſſion d'apparences du veiller & du dormir, dont les premières ont des objets preſens, & les autres non; nous ne trouvons jamais rien qui contrevienne à cette hypothèſe, & par le principe cinquante-troiſième, nous la devons recevoir, puiſque la poſant pour véritable, nous pouvons rendre raiſon de nos apparences, & même en prévoir la plûpart.

Le ſecond principe qu'il faut recevoir, & ſans lequel on ne peut établir les ſciences naturelles, eſt le quarante-troiſième: car les principes d'expérience ne peuvent être reçûs, ſi l'on n'eſt aſſûré d'avoir fait les

les expériences sur lesquelles ils sont fondés; & l'on ne peut être assûré de les avoir faites, si l'on n'a des marques & des régles pour pouvoir faire distinction entre les apparences des songes, & les véritables perceptions des objets.

La régle qu'on donne en ce quarante-troisième principe, pour faire cette distinction, est fondée sur ce que d'ordinaire les apparences que nous avons en songeant, sont incompatibles, & n'ont aucune liaison entr'elles; ce qui fait qu'on les rejette comme fausses, lorsqu'on est éveillé; & les enfans qui au commencement croient leurs songes, cessent de les croire après avoir remarqué plusieurs fois, que leurs apparences sont contraires à celles qu'ils ont étant éveillés, & qu'elles n'ont point de liaison entr'elles-mêmes.

On a mis cette proposition dans le rang de celles qui concernent la vrai-semblance conformément à la proposition trente-sixième, parce qu'on ne peut sçavoir avec une certitude infaillible, s'il n'est pas possible, du moins intellectuellement, que les apparences de quelques-uns de nos songes durent long-tems, & qu'elles aient une parfaite liaison entr'elles: car même nous pouvons songer qu'on nous soûtient que nous dormons, & que nous nous éveillerons bien-tôt, de même qu'on peut nous le soûtenir lorsque nous sommes éveillés; d'où il s'ensuit que si l'on dit à un homme éveillé qu'il est en délire, ou qu'il fait un songe, il ne peut pas prouver avec une certitude invincible qu'il soit éveillé, & qu'il ait l'esprit bien disposé; quoiqu'il le doive croire, si toutes les choses qu'il remarque, sont selon la suite des causes & des effets naturels. Ainsi lorsqu'il est nuit, & qu'il connoît les étoiles, leurs situations & leurs mouvemens, & qu'il voit ces choses de la manière qu'elles doivent être, qu'il voit tous les meubles qui doivent être en une chambre dans leur disposition ordinaire, & ainsi de plusieurs autres objets; il doit croire qu'il est éveillé, & que ces étoiles & meubles sont des choses réelles qui existent véritablement hors de lui; & c'est la plus grande certitude que nous puissions avoir pour les choses sensibles.

Que si un esprit contentieux soûtient que nous devons suspendre notre jugement, & demeurer toûjours dans le doute, puisqu'on n'a pas une conviction entière; on lui répondra que cette incertitude seroit très-incommode, puisqu'il faudroit toûjours combattre notre propre créance, & parler contre notre sentiment naturel: & puisque dans nos songes-mêmes nous ne suspendons pas notre jugement, du moins très-rarement; nous le devons bien moins suspendre, quand nous croïons être éveillés. Aussi n'en peut-il arriver aucun inconvénient; puisque si quelques-unes de ces apparences étoient des songes, nous cesserions de les croire lorsque nous serions éveillés, & nous ne nous en servirions point pour établir les sciences.

Nous avons encore une marque très-considérable pour distinguer suffisamment les apparences des songes, de celles que nous avons étant éveil-

éveillés; qui eſt, qu'en nous éveillant, nous pouvons faire d'abord réflexion ſur les fauſſes apparences que nous venons d'avoir, & en conſidérer le détail; mais quand il nous arrive de ſonger pendant la nuit, nous ne repaſſons pas dans notre penſée, ou du moins très-rarement, le détail de ce qui nous a paru tout le jour, juſques au moment que nous nous ſommes endormis: & par cette différence, nous devons juger que nous ſommes véritablement éveillés, quand nous pouvons faire réflexion ſur le détail de ce qui nous a paru pendant le tems de cinq ou ſix jours de ſuite.

La ſeconde demande & le quarante-troiſième principe étant accordés, il faut conſidérer ſi les propoſitions ſenſibles ſont des véritez premières ſenſibles, ou non. Si elles ſont des véritez premières ſenſibles, on les reçoit ſans difficulté, ſelon les principes 13, 14, 15; comme, la propoſition, *le feu eſt chaud*, ſera reçûe pour vraie par ceux qui le touchent, dans le ſens du principe quatorzième. Mais ſi la ſubſtance ou la qualité ne tombe pas ſous les ſens, on tâchera de la prouver par induction, c'eſt-à-dire, en la faiſant tomber ſous les ſens, ſelon le principe neuvième; car par ce moïen, on fait que la queſtion propoſée devient vérité première ſenſible, & il ne faut point chercher d'autres principes pour la prouver. Que ſi la queſtion eſt du nom, comme, ſçavoir ſi l'effet que le feu fait en nous, s'appelle chaleur; la définition ſera le principe; & le premier principe ſera de le demander aux autres hommes qui parlent ce langage; ce qui eſt auſſi une preuve par induction; & il ſuffira que pluſieurs l'aſſûrent, & qu'aucun ne le contrediſe. Que ſi l'on ne peut pas prouver une propoſition ſenſible douteuſe par induction, il faut chercher des principes qui puiſſent ſervir à ſa preuve; mais on ne peut donner des régles certaines & infaillibles pour les trouver. Voici une méthode dont on pourra ſe ſervir:

Si la queſtion ſe fait pour l'exécution de quelque choſe qu'on ne puiſſe différer, on pourra ſe contenter des principes de vrai-ſemblance, depuis le quarante-troiſième juſques au cinquante-troiſième. Car, par exemple, il ne faut pas attendre qu'on ait décidé avec exactitude, lequel eſt le meilleur de tous les remédes pour un malade qu'il faut promptement guérir, avant que de lui en appliquer un; parce que le mal pourroit s'augmenter pendant la diſpute, & l'on contreviendroit au principe quatre-vingt-neuvième. Mais, lorſqu'on veut établir un ſcience, comme la Médecine, la Muſique, &c. il faut que les principes dont on veut ſe ſervir, aient une entière certitude, du moins une très-grande vrai-ſemblance.

Les propoſitions qui peuvent ſervir de principes dans les choſes ſenſibles, ſont intellectuelles ou ſenſibles.

Les propoſitions intellectuelles ſervent à la preuve des ſenſibles, en les ajuſtant à la matière par un retour, comme on a formé les objets intellectuels par abſtraction. Ainſi, pour rendre raiſon des effets de la

vûë

vûë & de la lumière, on prend pour principes les propositions de Géométrie concernant les angles, les cercles, les sphéres, les sections coniques, & les autres figures, selon qu'on juge qu'elles y peuvent servir. Comme, pour prouver pourquoi dans les miroirs plans l'image paroît aussi enfoncée dans le miroir que l'objet en est eloigné; on pourra décrire une figure, en laquelle une ligne comme AB représentera le miroir, & C & G les deux yeux. Après, on examinera la question par les maximes naturelles connues, comme, *l'angle de réflexion des rayons est égal à celui de leur incidence*: & supposant des angles égaux au point E, sçavoir DEA, CEB, & DHA, GHB, au point H; on pourra voir que le rayon DE se réfléchira en EC, & le rayon DH en HG. Ensuite par le moïen de quelques autres maximes naturelles, ou principes d'expérience, si on les sçait, on pourra connoître que l'objet D paroîtra à l'œil qui est en C, dans la ligne CEF, & à l'autre œil qui est en G dans la ligne GHF; & par conséquent qu'il paroîtra au point F où ces lignes se coupent. Et si l'on a appris les premières propositions de Géométrie, on sçaura, en tirant DAF perpendiculaire à EA, que AF est égale à DA; & l'on jugera que l'on pourra se servir de ces principes de Géométrie & d'Optique, &c. pour le prouver, & que sans ces principes on n'en pourroit faire la preuve, ni rendre raison de cette apparence. On fera de même à l'égard de plusieurs autres propositions sensibles douteuses. TAB. XXV. Fig. 6.

Les principes sensibles pour prouver les questions naturelles sont les maximes naturelles fondées sur les expériences ou véritez premières sensibles, selon les principes 11, 12, 18, 49 & 50: comme, *Les poids égaux en distances inégales pésent inégalement: Les rayons qui passent obliquement d'un milieu transparent, en un autre de différente transparence, font une inflexion, & ne vont plus selon les mêmes lignes droites: L'angle de réflexion des rayons est égal à celui de leur incidence: La lumière s'étend en lignes droites par un même milieu transparent.* Plus on sçaura de ces maximes, plus on sera capable de rendre raison des effets naturelles.

Pour parvenir à la connoissance de ces maximes naturelles ou principes d'expérience, il faut faire plusieurs observations exactes: comme, pour les pesanteurs, on suspendra quelque corps à un fil en diverses positions, & si l'on remarque à peu près que la rectitude du fil, tirant au centre de la terre, passe toûjours par un même point, on pourra nommer ce point centre de pesanteur, & inférer suivant la proposition dix-huitième, (qu'on suppose en tous les principes d'expérience,) qu'il y a un tel centre en chaque corps; ce que l'on prouvera, si l'on peut, par d'autres principes; & ainsi l'on trouvera les autres maximes naturelles, telles que sont les suivantes.

MAXI-

MAXIMES OU REGLES NATURELLES, OU PRINCIPES D'EXPE'RIENCE.

LA nature ne fait rien de rien, & la matière ne se perd point.

Il n'est point de matière sans quelques qualitez apparentes ou réelles.

La vûë se fait selon des lignes droites.

Le fer se meut vers l'aimant.

L'air se dilate par la chaleur, & se presse par la diminution de la chaleur, & par violence.

Le frottement ou froissement des corps solides les échauffe.

Les rayons lumineux, pénétrant obliquement de l'air dans l'eau ou dans le verre, prennent diverses couleurs.

Quoiqu'on ne sache pas les causes de ces effets, on ne laissera pas de se servir de ces propositions pour en prouver d'autres, & de les prendre pour principes, jusques à ce qu'on en ait découvert les véritables causes, selon les propositions 49 & 50: mais il faut que ces véritables causes soient parfaitement prouvées, autrement on ne doit pas les recevoir. Il faut aussi remarquer qu'on ne peut prouver un effet naturel par les seuls principes intellectuels, si ce n'est lorsque tout est égal de part & d'autre; car en ce cas l'expérience n'est pas nécessaire: comme, cette demande d'Archiméde, *les poids égaux en distances égales pésent également*, peut passer pour un principe intellectuel; car où prendroit-on l'inégalité, & d'où pourroit-elle proceder, puisque tout est pareil de part & d'autre? Mais cette autre demande, *les poids égaux en distances inégales pésent inégalement*, a besoin d'expérience.

Pour les problêmes des choses naturelles & sensibles; comme *élever un arbre, conserver les fruits, faire discerner un objet de fort loin, trouver la distance d'un objet inaccessible*; on se sert des théorêmes ou des problêmes de Mathématique, & des maximes naturelles qui nous peuvent faire connoître les causes & les effets qu'on nous demande. Comme, pour parvenir à l'exécution de ce problême, *discerner un objet de fort loin*; on pourra juger que les objets sont discernés, quand ils portent beaucoup de lumière à l'œil, & que leur image est grande sur les nerfs de la vûë: il faut donc chercher à amplifier l'image de l'objet; ce que l'on pourra faire, si l'on sçait les principes de l'Optique, & les propriétez des verres sphériques convexes & concaves. On pourra trouver aussi par les mêmes principes, les moyens d'augmenter dans l'œil la lumière d'un objet éloigné; ce qui servira à l'exécution de ce problême. De même, pour ce problême, *mesurer la continence d'un espace superficiel de terre*, on applique les principes de Géométrie sensiblement, en faisant des angles avec des instrumens de bois ou de cuivre, en tirant des lignes droites, soit avec un cordeau ou autrement; & ajustant les véritez in-

intellectuelles à la matière & aux ſens, le plus exactement qu'il ſera poſſible, on pourra ſatisfaire ſuffiſamment à ce problême, & de même à l'égard de pluſieurs autres.

La plûpart des queſtions ſenſibles & naturelles, & les plus ordinaires ſont; *ſi une choſe eſt; quelle elle eſt; quelles qualitez elle a; quelles ſont ſes cauſes & ſes effets; comment elle agit, & reçoit les actions des autres choſes?*

Lorſque l'on demande ſi une choſe eſt, comme, ſi ce que nous appellons le ſoleil, eſt une choſe qui exiſte véritablement; les principes pour le connoître & pour le prouver, ſont la troiſième demande, & le principe quarante-troiſième.

Lorſque l'on demande, ſi une choſe eſt une telle ſubſtance, ou une telle qualité; ſi la queſtion eſt du nom, l'on y ſatisfera ſuivant les préceptes ci-deſſus; ſi elle eſt de la choſe, on ſe ſervira des principes 13, 14 & 15.

On demande quelquefois, ce qu'une choſe eſt en elle-même; mais il eſt preſque toûjours impoſſible de ſatisfaire à cette demande. Car, puiſque nous ne connoiſſons les choſes naturelles que par les effets qu'elles font en nous, ou ſur les autres choſes; ou par les effets que nous faiſons en elles, ou qui ſont faits en elles par d'autres choſes; & que les effets ne ſe font que ſelon le rapport que les choſes ont les unes aux autres: il eſt évident que nous ne pouvons ſçavoir ce qu'elles ſont en elles-mêmes, & qu'il ſuffit de connoître ce qu'elles ſont à notre égard, & par rapport aux autres choſes.

La queſtion, ſi une ſubſtance a telles qualitez, ſe peut prouver par les principes 13, 14, 29, 30 & 31: mais il faut prendre garde de ne point confondre les qualitez apparentes avec les réelles. Ainſi, la peſanteur ſera priſe plûtôt pour un mouvement vers la maſſe de la terre, ou pour quelque impulſion, que pour une qualité qui ſoit dans le corps peſant. La lumière ſera priſe pour un effet que l'œil reçoit du corps lumineux, qui le fait paroître lumineux. L'humidité ou moiteur qu'on donne à l'eau, ſera priſe pour une viſcoſité, qui fait qu'elle s'attache aux corps qu'elle touche, d'où ils ſont dits être mouillés, c'eſt-à-dire, pleins d'une partie de l'eau qui s'y eſt attachée.

La queſtion, pourquoi une choſe eſt, a deux ſignifications: car, ou l'on demande à quoi elle ſert, ou quelles ſont ſes cauſes agiſſantes ou efficientes. Dans le premier ſens, il faut conſidérer de quelle utilité eſt cette choſe, & quels effets elle produit dans les choſes naturelles: comme, ſi l'on demandoit pourquoi il fait chaud en Eté; on regardera l'utilité de la chaleur, comme, de meurir les fruits, de faire croître les arbres, &c.

Pour les cauſes efficientes, leur exiſtence ſe prouve par leurs effets, & l'exiſtence des effets ſe prouve par leurs cauſes; le feu prouve l'exiſtence de la chaleur, & la chaleur l'exiſtence du feu ou du ſoleil, ou du mouvement, &c. Le principe qu'on y peut emploïer le plus ſou-

vent, eſt l'onzième: comme, ſi l'on demande pourquoi il fait chaud en Eté, on pourra remarquer que les rayons du ſoleil ſont plus à plomb, qu'ils paſſent par un moindre eſpace d'air groſſier, & qu'ils demeurent plus long-tems ſur l'horiſon. Les autres principes pour ſatisfaire aux queſtions des cauſes efficientes, ſont lès 18, 23, 27, 47, 48 & 49, & les maximes naturelles reçûes ſelon la propoſition 50, telles que ſont celles ci-deſſus.

Il faut prendre garde quand on demande la cauſe d'un effet qui eſt reconnu être la cauſe d'un autre effet, de n'en point donner de cauſes incertaines, comme il a été remarqué dans le principe quarante-neuvième. Ainſi, ſi l'on demande pourquoi la lumière s'étend en lignes droites dans un même milieu; il ſuffira de dire, que c'eſt une loi de la nature que la lumière s'étende en lignes droites par un même milieu tranſparent: & on la pourra tenir pour une cauſe première naturelle, ſuivant le principe vingt-quatrième, juſques à ce qu'on en découvre une autre dont elle dépende, & par laquelle elle puiſſe être expliquée.

Pour ce qui eſt de ſçavoir comment une choſe agit, & reçoit les actions externes; il faut, par le moïen de ſes diverſes apparences, établir un ſyſtême, ou en faire l'hypothèſe, c'eſt-à-dire, ſuppoſer un état de la choſe, auquel toutes les apparences puiſſent convenir; ou du moins qu'on n'en connoiſſe point qui y répugne, ſuivant le principe cinquante-troiſième: & ces ſyſtêmes ſuppoſés ſerviront auſſi à prouver, au moins vrai-ſemblablement, les cauſes agiſſantes & les effets. Quoiqu'on ne ſoit pas aſſûré de la vérité d'un ſyſtême, on ne laiſſera pas de s'en ſervir, ſi l'on peut expliquer & prévoir par ſon moïen les effets qu'il eſt important de ſçavoir. Ainſi l'on peut ſe ſervir du ſyſtême de *Ptolomée* pour le mouvement des aſtres, ſoit qu'il ſoit vrai ou faux; puiſqu'il nous peut faire prédire les éclipſes du ſoleil & de la lune.

Il y a ſix cauſes principales du peu de progrès qu'on a fait juſques à preſent dans la ſcience des choſes naturelles.

La première eſt, que nos ſens ne nous repréſentent pas les choſes telles qu'elles ſont en elles-mêmes; mais telles qu'elles ſont à notre égard, ſuivant le principe vingt-cinquième. Par cette raiſon l'on ne peut établir par l'attouchement les limites de ce qu'on doit appeller chaud ou froid; & l'on ſe trompe en jugeant que les caves profondes ſont plus chaudes en Hiver qu'en Eté. On peut même croire qu'il y a pluſieurs qualitez dans les ſubſtances naturelles que nous ne pouvons connoître, parce qu'elles n'ont point de rapport à aucun de nos ſens.

La ſeconde eſt, que la plûpart des Sçavans ſont prévenus de pluſieurs fauſſes opinions qu'ils ont reçûes des autres, ou qu'ils ont fondées ſur de fauſſes apparences, ou ſur de faux raiſonnemens. Celui qui a dit ou qui a écrit ſes ſentimens ſur quelques points de la Phyſique, ſera rarement de bonne foi les expériences qui paroîtront contraires à ce qu'il

aura

aura soûtenu; & il tâchera de faire convenir à ses hypothèses tous les effets qu'il découvrira. Celui qui croit qu'un Auteur a mieux expliqué que les autres quelques effets particuliers, en tire d'ordinaire cette conséquence, qu'il explique mieux que les autres, tous les autres effets.

La troisième est, que plusieurs Philosophes s'attachent avec un grand soin à chercher les causes des principes d'expérience, quoiqu'ils soient suffisans pour expliquer beaucoup d'effets naturels selon la proposition quarante-neuvième; au lieu d'en tirer plusieurs belles conséquences, & d'imiter en cela les Géométres, qui ne cherchent point à prouver les premiers principes dont ils se servent, mais qui s'attachent à en tirer toûjours de nouvelles conséquences.

La quatrième est, que lorsque quelqu'un veut prouver par écrit quelques propositions touchant les causes de quelques effets, il ne peut faire voir sur le papier les expériences sur lesquelles il a fondé ses raisonnemens; & même ces expériences sont souvent très-difficiles, tant pour la dépense, que pour le travail & l'exactitude; ce qui est cause qu'on néglige de les faire pour s'en assûrer; & qu'ensuite on les nie témérairement, ou bien on les reçoit mal à propos.

La cinquième est, que la plûpart des Philosophes veulent rendre raison de tout, & que sans examiner toutes les apparences, & faire les expériences nécessaires, ils fondent témérairement leurs hypothèses sur les premiers effets qu'ils apperçoivent; d'où il arrive que la plûpart de ces hypothèses étant insuffisantes, ils tâchent vainement d'expliquer par elles les autres effets qui ont quelque rapport à ces premiers.

La sixième est, que pour rendre raison des choses naturelles, on se contente souvent d'en chercher une seule cause; & toutesfois, pour l'ordinaire, il y en a plusieurs qui concourent à la production d'un effet, & y contribuent diversement; d'où il suit qu'il est impossible de bien expliquer la plûpart des effets, puisqu'on ignore la plûpart de leurs causes; & qu'il est difficile de ne les pas ignorer, puisqu'on ne les cherche point. Ainsi quelques Philosophes se sont contentés, pour expliquer les mouvemens qui arrivent aux corps durs égaux ou inégaux, après s'être choqués avec des vitesses égales ou inégales, de poser pour hypothèse, que la quantité de mouvement ne s'augmente point, & ne se diminue point dans la nature. Or pour faire voir l'insuffisance de cette hypothèse, & pour donner en même tems un modéle de ce qu'il faut observer, pour rechercher & pouvoir découvrir ensuite les différentes causes des effets naturels; on pourra se servir de l'exemple suivant.

Exemple de ce qu'il faut observer pour la recherche des Causes naturelles.

ON reconnoît par l'expérience, que si on prend deux boules d'yvoire, dont l'une pése trois fois autant que l'autre, & qu'on les suspende à deux filets de même longueur, en sorte que leurs centres étant à même hauteur, elles se touchent sans s'appuïer l'une sur l'autre; & qu'aiant élevé la moindre à une certaine hauteur, comme, par exemple, à un arc de cercle de vingt degrez, on la laisse aller contre l'autre directement; la plus grosse après le choc s'élévera à la hauteur de dix degrez à peu près, & la petite retournera en arrière à une pareille hauteur de dix degrez: & si étant toutes deux à une hauteur de dix degrez, on les laisse aller en même tems l'une contre l'autre, en sorte qu'elles se choquent directement avec des vitesses égales; la plus grosse demeurera en repos après le choc, & la petite retournera en arrière jusques à la hauteur de vingt degrez à peu près. On demande pourquoi ces mouvemens se font de cette sorte, & comment on peut les expliquer?

Pour y parvenir, il faut commencer par plusieurs expériences sur des boules molles de terre glaise, de mêmes poids, & de poids différens; & on pourra remarquer que leur enfoncement sera égal, soit qu'elles se rencontrent après avoir été élevées toutes deux de part & d'autre à la hauteur de dix degrez, ou qu'une seule ait été élevée à vingt degrez: & si on sçait ce que *Galilée* a écrit sur le mouvement accéléré des corps qui tombent, & qu'ensuite on ait connu que la vitesse qu'un corps acquiert en tombant par un arc de 20 degrez, est double, à fort peu près, de la vitesse qu'il acquiert en tombant par un arc de dix degrez; on pourra juger *qu'il se fait un même effort, soit qu'un corps avec une certaine vitesse en rencontre un autre directement, soit qu'ils se rencontrent aiant chacun la moitié de cette vitesse*; ce qu'on pourra prendre pour un principe d'expérience, ou loi de nature.

On pourra aussi remarquer deux autres principes, en faisant plusieurs autres expériences avec ces boules molles: sçavoir, que *lorsqu'un corps en rencontre directement un autre en repos, & se joint à lui; la même quantité de mouvement qu'avoit le premier, est dans les deux corps après le choc*: & que *s'ils vont l'un contre l'autre, & que leurs quantitez de mouvement soient inégales; la moindre se perdra entièrement, & il s'en perdra autant de l'autre, & les deux corps n'auront ensemble que la quantité de mouvement restante.* Mais il faudra avoir défini auparavant que la quantité de mouvement d'un corps est le produit du nombre qui exprime son poids, par le nombre qui exprime sa vitesse.

Après

Après avoir bien examiné la vérité de ces trois principes, il faudra ensuite reconnoître que les corps durs, comme l'yvoire, le marbre, le jaspe, le verre, &c. ont une vertu de ressort, comme les ballons pleins d'air bien pressé, c'est-à-dire, qu'ils s'enfoncent un peu par le choc, & qu'ils reprennent ensuite leur première figure, & qu'en la reprenant, ils se repoussent l'un l'autre; ce qu'on pourra juger en laissant tomber d'environ un pied de hauteur une petite boule de jaspe ou d'acier sur une enclume, ou sur une raquette bien affermie sur une table ou sur un plancher; car on verra remonter la petite boule à la même hauteur à peu près. D'où l'on pourra tirer ce quatrième principe, que *lorsqu'un corps inébranlable, & aiant ressort, a été enfoncé par le choc d'un autre, il repousse ce corps par la vertu de son ressort, & lui redonne une vitesse pareille à celle qu'il avoit immédiatement avant le choc.* On pourra encore frotter légérement avec quelque graisse, une petite enclume bien polie & bien trempée, & après l'avoir un peu essuïée avec la main, laisser tomber dessus, de diverses hauteurs, une boule d'yvoire d'environ un pouce & demi de diamétre: car on verra sur l'enclume de petites marques rondes qui paroîtront au grand jour, dont les unes seront plus larges que les autres; comme, si on laisse tomber cette boule de quatre ou cinq pieds de hauteur, la marque aura environ trois lignes de diamétre; & si elle tombe de trois ou quatre pouces, elle n'aura pas une ligne de diamétre; ce qui fait voir que la boule s'applatit diversement comme un ballon, & qu'elle reprend ensuite sa première figure, puisqu'elle demeure ronde, & sans enfoncement après le choc; d'où l'on pourra juger que deux boules d'yvoire ou de verre, &c. s'enfoncent l'une l'autre en se choquant, & qu'elles se repoussent ensuite par leur vertu de ressort.

On pourra encore par le moïen de ce quatrième principe en découvrir un cinquième: sçavoir, que *lorsque deux corps se sont mis en ressort en se choquant avec de certaines vitesses, ils prennent en se séparant, chacun une partie de la somme de ces vitesses en proportion réciproque de leurs poids*; c'est-à-dire, que si l'un pése trois fois plus que l'autre, en se séparant par l'action de leurs ressorts, le moindre prendra un vitesse triple de celle que prendra le plus pesant.

Tous ces principes étant bien établis par plusieurs expériences, tant sur les corps à ressort ferme, que sur les autres qui l'ont foible & visible, comme les ballons, &c. sans qu'aucune y soit contraire; on pourra juger qu'ils pourront servir à expliquer les effets des boules d'yvoire, dont l'une a son poids triple du poids de l'autre: sçavoir, que si elles se choquoient l'une l'autre avec une vitesse de dix degrez, sans considérer leur vertu de ressort; la plus grande auroit trente de quantité de mouvement avant le choc, sçavoir le produit de trois de poids par dix de vitesse, & la moindre seulement dix; & que par le troisiéme principe ci-dessus, il ne resteroit dans les deux boules jointes en-

ſemble après le choc que vingt de quantité de mouvement ; & que, par conſéquent, leur viteſſe commune ne ſeroit que de cinq degrez, puiſque le nombre de la ſomme de ces poids eſt quatre, & que vingt eſt le produit de quatre par cinq. On jugera enſuite, qu'à cauſe du reſſort elles doivent ſe repouſſer & s'écarter l'une de l'autre : & que s'étant choquées avec une viteſſe totale de vingt degrez, ſuivant le premier principe ci-deſſus, puiſque chacune avoit une viteſſe de dix degrez ; la plus peſante en prendra cinq de ces vingt, & la moins peſante quinze, par le cinquième principe ci-deſſus. Et ſi on ſçait les régles des mouvemens compoſés, on pourra connoître que la plus groſſe, qui ſans le reſſort s'avanceroit avec une viteſſe de cinq degrez, étant repouſſée en arrière par le reſſort avec une pareille viteſſe de cinq degrez, elle doit demeurer en repos, parce que l'un de ces deux mouvemens détruit l'autre ; & que la moindre, qui auroit auſſi cinq degrez de viteſſe ſans le reſſort, recevant encore par le reſſort quinze degrez de viteſſe de même part, elle devra aller avec une viteſſe de vingt degrez, par ces mêmes régles des mouvemens compoſés. Que ſi la petite choque l'autre avec une viteſſe de vingt degrez, on pourra juger, que, ſelon le ſecond principe de cet exemple, elles iroient enſemble avec une viteſſe de cinq degrez ſans le reſſort, à cauſe qu'il faudroit qu'elles euſſent enſemble la même quantité de mouvement que la première avoit avant le choc, qui étoit vingt, produit de vingt degrez de viteſſe par un de poids, qui eſt auſſi le produit de quatre de poids par cinq de viteſſe. Mais le choc s'étant fait par une viteſſe de vingt degrez, la force de leur reſſort les fera ſéparer, en ſorte que la plus groſſe prendra encore une viteſſe de cinq degrez par le cinquième principe, qui étant jointe à la première de cinq degrez, ſa viteſſe entière devra être de dix degrez : & la petite, qui s'avançoit avec une viteſſe de cinq degrez, étant repouſſée en arrière par le reſſort avec une viteſſe de quinze degrez ; il lui doit reſter ſeulement une viteſſe de dix degrez par les régles des mouvemens compoſés. Ainſi l'on pourra connoître, que ces cinq principes, & ceux qui ſervent à expliquer les mouvemens compoſés, pourront ſervir à expliquer ces effets & beaucoup d'autres dans les boules qui ſeront égales en poids & en viteſſes, ou qui auront des proportions différentes tant à l'égard des poids que des viteſſes ; qu'on ne peut les bien expliquer ſans avoir la connoiſſance de ces principes ; & qu'on ne peut l'acquérir qu'après avoir fait pluſieurs expériences. De-là on pourra juger que l'hypothèſe de la quantité de mouvement qui ne ſe perd point & ne s'augmente point, eſt inſuffiſante pour rendre raiſon de tout ce qui arrive dans le choc des corps, & qu'elle eſt même fauſſe dans les deux expériences ci-deſſus ; puiſqu'en la première, la quantité de mouvement diminue de moitié après le choc ; & qu'en la deuxième, elle augmente de moitié.

Il faut donc prendre garde de ne point tomber en ces défauts, & particu-

ticulièrement de ne pas prendre de faux principes en cherchant trop curieusement les causes des effets naturels : car enfin, il vaut bien mieux se contenter d'une belle & ample histoire des principaux effets de la nature, connus par des expériences certaines, quoiqu'on n'en sçache pas toutes les causes, que de perdre son tems à vouloir établir de fausses hypothèses pour tâcher d'expliquer les plus difficiles, comme le ressort des corps, la vertu de l'aimant, &c. & faire ensuite une infinité de faux raisonnemens, qui empêchent l'avancement de la Physique. Ainsi les Médecins pourront se contenter de sçavoir qu'un tel reméde est propre à guérir d'un tel mal ; ou du moins qu'un tel reméde venu d'un tel païs guérir ordinairement d'un tel mal un homme d'un tel tempérament. Mais il faut avoir une connoissance exacte de ces expériences, & les avoir trouvé très-souvent véritables à point nommé : c'est ce qu'on pourra appeller Médecine expérimentale, & dont on pourra se servir jusques à ce qu'on ait découvert les véritables causes des maladies & des effets des remédes ; mais on n'a pas droit d'appeller Médecine méthodique & fondée sur le raisonnement, celle qui est appuïée sur de faux principes, & sur une longue suite de conséquences tirées de ces faux principes. Suivant donc cette méthode, on fera plusieurs diverses expériences, & on en examinera exactement toutes les apparences, pour ne point établir une fausse hypothèse, ou pour corriger celles qui sont reçûes pour vraies, si elles ne le sont pas. Ainsi, pour établir une hypothèse assûrée, qui pût servir à rendre raison des vents, & à les prédire ; il faudroit que diverses personnes en diverses Provinces, peu & beaucoup éloignées, eussent fait des observations en même tems, pour connoître où ils commencent, & où ils finissent ; si un même vent règne en même tems en toute la surface de la Zone torride, ou non ; si un vent Nord & Sud continue cette route par un long espace, & de quelle largeur est cet espace, &c. desquelles observations on examinera la vérité par les propositions 51 & 52.

De même, pour trouver la cause du flux & du reflux de la mer, il faudroit avoir l'histoire de plusieurs observations exactement faites en diverses côtes, pour sçavoir s'il se fait en même tems aux côtes opposées de l'*Afrique* & de l'*Amérique*, ou successivement ; si aux côtes qui sont de part & d'autre de l'Isthme de *Panama*, la mer s'éléve à la même heure, ou non ; si elle s'éléve plus auprès des Poles, qu'auprès de la ligne Equinoxiale ; si le cours des marées, qui vont de l'Orient à l'Occidênt proche les Isles des *Antilles*, ne procéde pas de la réflexion que les eaux font contre les côtes de l'*Afrique*, passant de la mer du Sud en la mer du Nord, &c. Mais, il faut un grand nombre de ces observations ; & deux ou trois ne suffisent pas pour fonder une hypothèse, & pour la faire recevoir, notamment lorsqu'il n'y a aucune analogie, ou aucune autre marque d'une chose semblable dans la nature.

Pour

Pour ſçavoir ſi c'eſt le poids de l'air qui fait qu'on a peine à ſéparer deux ſurfaces de marbre ou de verre planes & polies, qui ſe touchent exactement; ou ſi c'eſt un mouvement, ou pente naturelle qu'ont tous les corps ſublunaires de ſe tenir joints les uns aux autres; ou quelque autre cauſe: on pourra ſuſpendre ſous un grand verre cylindrique renverſé deux petits miroirs d'acier ainſi joints, & aiant ôté à peu près tout l'air qui eſt ſous le verre par le moïen de la machine qu'on appelle machine pour faire le vuide; ſi les miroirs ſe ſéparent auſſi difficilement dans cet air dilaté que dans l'air ordinaire, on n'attribuera pas au ſeul poids de l'air ou à ſon reſſort, cette jonction de ces ſurfaces de marbre.

Pour bien parler des métaux, des minéraux & des autres mixtes de la terre, il faut faire auſſi pluſieurs expériences, en les fondant, calcinant, diſtillant, &c. ſur leſquelles expériences on pourra établir des hypothèſes & des principes, ou loix de la nature, qui pourront ſervir à expliquer leurs effets & leurs cauſes, &c. On en uſera auſſi de même pour chercher les cauſes de la grêle, de la pluie, du tonnerre, & des autres effets ſemblables.

Pour ſçavoir les raiſons pourquoi beaucoup de fleurs, comme les tulippes, le ſouci, &c. ſe tournent vers le ſoleil; on pourra remarquer que ce qui eſt échauffé, ſe deſſeiche, & enſuite ſe retrécit; & ſuppoſant la figure ABCD pour la tige de la fleur, on jugera que la partie BD étant échauffée, elle ſe doit retrécir comme en EF. Or ſi la tige demeuroit droite, il faudroit que AB s'allongeât comme en AE, & CD en CF; ce qui ſeroit fort difficile, & feroit rompre ou ſéparer les fibres de la tige. Il reſte donc que la tige ſe courbe en circonférence, comme en la figure *abcd*; car en ce cas, BD pourra être moindre que AC ſans un grand effort, & ſans que AB & CD s'allongent, puiſque les circonférences des cercles intérieurs ſont moindres que celles des extérieurs qui ont un même centre: & ceux qui ſçauront cette raiſon, la pourront donner, & confirmer cette hypothèſe par l'expérience de beaucoup de choſes qu'on approche du feu, qui ſe courbent du côté qu'elles ſont échauffées.

TAB. XXV. Fig. 7.

Si on demande pourquoi le bleu & le verd ſont difficiles à diſcerner de nuit à la chandelle; on pourra remarquer, que lorſqu'un Peintre mêle du bleu avec du jaune, il s'en fait une couleur verte; & enſuite on pourra tirer la conſéquence, que la flamme de la chandelle étant jaunâtre, & mêlant la couleur de ſa lumière avec celle de l'objet qui paroît bleu de jour, il paroîtra verd la nuit à cette flamme: comme auſſi, ſi on regarde une fleur jaune à une lumière bleue, telle que celle du ſoufre, ou de l'eſprit de vin; elle paroîtra verte. On pourra même tirer des conſéquences d'une choſe à une autre à peu près ſemblable, ſuivant le principe quarante-ſeptième: comme, ſi on a remarqué qu'un arbre aiant perdu une partie de ſon écorce par où coule

la

la séve qui le nourrit, se recouvre plûtôt, & se rétablit en moins de tems, lorsqu'on met de la bonne terre près de ces racines, & qu'on l'arrose souvent; on pourra tirer cette conséquence, que pour guérir promptement un homme blessé, il ne faut pas lui soustraire les alimens, & le faire jeûner.

Il est bon de remarquer, que dans les sciences qui sont mêlées de Mathématique & de Physique, comme l'Optique, la Méchanique, &c. on doit toûjours se servir de quelques principes d'expérience. Ainsi dans l'Optique, il faut nécessairement emploïer ces trois principes d'expérience: sçavoir; *que les rayons de lumière s'étendent en lignes droites par un même milieu; que passant d'un milieu en un autre de différente transparence, ils se rompent; & que l'angle de leur réflexion sur une surface polie est égal à celui de leur incidence.* Mais ceux qui voudront entreprendre de rendre raison des effets naturels, sans faire auparavant plusieurs expériences, ou sans avoir appris celles des autres, & avoir remarqué par ce moïen plusieurs régles de la nature, tomberont souvent en erreur, ou en l'impossibilité de bien expliquer ces effets: au lieu que ceux qui sçauront beaucoup de ces principes, parviendront souvent à la connoissance de beaucoup de véritez obscures & difficiles, & en tireront des conséquences pour l'exécution de plusieurs problêmes très-utiles.

ARTICLE III.

Des Principes des Propositions morales.

IL y a des principes de diverses sortes qui peuvent servir à la preuve des propositions morales; car les véritez intellectuelles & les sensibles y peuvent être emploïées: comme, lorsqu'il s'agit de faire le choix entre deux biens, & qu'on veut connoître si les possibilitez de l'un surpassent les possibilitez de l'autre, &c. il faut nécessairement se servir des régles de la science des nombres; & si l'on veut sçavoir ce que le cœur & le cerveau contribuent aux passions & aux mœurs des hommes, il faut avoir une connoissance exacte de la structure, & des fonctions de ces parties.

Les principes qui concernent particulièrement la Morale, sont de deux sortes. Les uns prescrivent ce qu'on doit faire; comme,

Il ne faut pas faire à autrui, ce que nous ne voudrions pas qu'on nous fît.

Il faut donner un droit égal à ceux qui sont égaux.

Il faut établir les loix pour l'utilité de ceux qui s'en doivent servir.

Les autres ont pour sujet les mœurs & les inclinations des hommes; comme,

Nous sommes curieux d'apprendre ce que nous ignorons.

Nous haïssons ceux qui nous contredisent.

Les plus forts usent le moins de précaution.

Ceux de la première sorte ont pour principe général cette proposition, *Il faut faire ce qui est le mieux*; & l'on prouve qu'une chose est meilleure qu'une autre, lorsqu'on fait voir qu'il en arrive plus de bien, & moins de mal; de laquelle preuve on pourra trouver les principes en examinant & considérant les liaisons & conséquences des choses que l'on compare ensemble, & on les examinera par le principe 96, &c. & par la définition qui le précéde.

Les principes de la seconde sorte se prouvent par induction & expérience. Mais on trouve quelquefois des expériences contraires; ainsi il peut arriver qu'on ne se soucie pas d'apprendre quelque chose particulière qu'on ignore & qu'un plus fort use de précaution.

On peut mettre au nombre de ces deux sortes de principes, la plûpart des proverbes, entre lesquels on en pourra aussi trouver qui seront opposés l'un à l'autre, à cause des diverses conjonctures, & des différentes suites des biens & des maux.

On se sert de ces principes, ou pour régler la conduite de chaque Particulier, & alors on les appelle principes de Morale; ou pour régler ce qui concerne le public, & en ce cas on les appelle principes ou maximes de Politique: mais souvent on confond la signification de ces noms.

Il faut s'étudier à sçavoir beaucoup de ces principes; car ceux qui en sçauront le plus, pourront mieux prouver & prévoir les évènemens, & résoudre les questions de Morale. Ainsi ceux qui sçauront que la plûpart des hommes suivent ordinairement le devoir naturel, & se soucient peu du devoir de convenance, pourront prouver que dans un Etat où il n'y a point de punition établie pour l'injustice des Juges, ils rendront souvent des jugemens injustes, en faisant voir qu'en beaucoup d'occasions il leur paroîtra plus avantageux de juger injustement, que de juger selon les loix établies.

Les mœurs des hommes sont si différentes, & les évènemens des choses sont si incertains, & leurs circonstances si peu semblables, qu'il est presque impossible de pouvoir rien conclure d'assûré dans la plûpart des questions de Morale & de Politique: comme, si ont propose de sçavoir lequel est le meilleur pour appaiser une sédition, d'emploïer la clémence ou la rigueur; on trouvera plusieurs avantages & plusieurs inconvéniens de part & d'autre, qui paroîtront plus ou moins considérables, selon les différens sentimens des personnes qui voudront les examiner; on pourra même ignorer quelques-uns de ces avantages, & de ces inconvéniens: d'où il s'ensuit, qu'on ne pourra se servir avec certitude du principe 96 pour la résolution de cette question, & que tous les raisonnemens qu'on y fera, ne seront que vrai-semblables. On trouvera de semblables difficultez dans beaucoup d'autres questions de cette na-

nature. Et on peut s'étonner avec raiſon de ce que *Socrate* étant rebuté de l'étude des choſes naturelles, crut trouver mieux ſon compte dans l'étude de la Morale, puiſque les concluſions en ſont encore moins certaines ; & que ſi la Phyſique eſt difficile à cauſe qu'il faut ſouvent chercher pluſieurs cauſes pour expliquer un effet naturel, la Morale le doit être encore davantage, par le grand nombre des choſes qu'il faut ſouvent conſidérer pour bien juger de ce que nous devons ſuivre ou éviter.

Voici quelques régles dont on pourra ſe ſervir.

S'il s'agit du choix d'un bien ou d'un mal, on pourra emploïer les principes 83, 84, 85, &c. & l'on examinera la probabilité des évènemens par les 44 & 45, ou par d'autres qu'on jugera pouvoir ſervir, ſoit intellectuels ou d'expérience.

Il faut prendre garde, ſuivant le principe 97, de ne ſe point tromper en conſidérant la grandeur des choſes, au lieu de conſidérer les avantages & les commoditez qui nous en reviennent. Comme, ſi un homme a vingt mille écus de bien, & qu'on lui propoſe de les jouer en un ſeul coup contre 100000 écus ; quelques-uns pourroient croire qu'il auroit de l'avantage à le faire, ſelon la proportion de 5 à 1. Mais en ces cas, il ne faut pas conſidérer la quantité phyſique & réelle des choſes ; mais il les faut conſidérer moralement, c'eſt-à-dire, ſelon la grandeur des avantages, ou des incommoditez que nous en recevons. Or, 20000 écus ſuffiſent pour faire vivre un homme à ſon aiſe, & 100000 écus de plus n'augmentent ſon bonheur, qu'à peu près, comme de 3 à 2 ou de 3 à 1. Mais, s'il perd ſes 20000 écus, il tombe dans la miſére & dans une pauvreté entière ; & la proportion d'avoir du bien ſuffiſamment pour vivre à ſon aiſe, ou de n'avoir rien du tout, eſt une proportion preſque infinie, ou comme 100000 à 1. D'où l'on pourra juger, qu'il ne doit pas jouer ſes 20000 écus contre 100000 en un ſeul coup ; mais bien 20 écus contre 100. On ſe ſervira de ces diverſes régles de proportion, comme de principes certains, pour prouver des cas ſemblables.

La convenance eſt une des cauſes de nos actions, & nous les réglons quelquefois par les ſeuls principes qui en dépendent : & même nous jugeons preſque toûjours de la bonté des actions d'autrui, & de l'eſtime qu'il en faut faire, par ces ſeuls principes, & rarement par ceux du devoir naturel, quand il n'eſt pas joint à celui de convenance ; à cauſe que nous ne reſſentons pas les plaiſirs que les autres reçoivent d'une action qui leur plaît, & que par cette raiſon nous n'en conſidérons que la difformité ou la convenance. Mais chaque Particulier régle ordinairement ſes actions par le devoir naturel, & il y en a peu à qui la convenance ſeule paroiſſe le plus grand de tous les biens. On pourra emploïer l'une ou l'autre de ces ſortes de principes, ou toutes les deux, ſelon la connoiſſance qu'on aura des inclinations de ceux qu'on veut

persuader: & si on a connu par les histoires ou autrement, que les plus grands maux qui arrivent aux hommes, procédent des violences & des injustices qu'ils se font les uns aux autres; on pourra juger que pour les rendre suffisamment heureux, il faut faire en sorte que le devoir naturel ne puisse être séparé de celui de convenance, ou du moins très-rarement, en établissant des loix qui puissent empêcher par les grandes punitions qu'elles ordonneront, qu'on ne recherche aucun bien de ceux qui ne se peuvent obtenir qu'en faisant un mal considérable à un autre.

Il y a beaucoup de questions de Morale & de Politique, qu'on ne peut résoudre que par une longue suite de propositions prouvées: & alors il faudra suivre la même méthode dont on se sert dans les sciences intellectuelles; c'est-à-dire, qu'il faudra chercher les différens principes qui pourront y servir, & prévoir quelles seront les propositions qu'il faudra prouver avant que de pouvoir résoudre la question; & on mettra ces principes & ces propositions par ordre pour les citer selon cet ordre, quand on voudra faire la preuve.

Pour les problêmes de Morale, qui ne font autre chose que trouver les moïens pour obtenir quelque bien, ou pour éviter quelque mal, il faut chercher les principes intellectuels & sensibles; & les propositions morales qui y peuvent servir. Mais les évènemens ne peuvent être prouvé infaillibles: car les moindres circonstances différentes les peuvent changer; & dans le détail nous ne pouvons sçavoir que très-difficilement, si ceux à qui nous avons à faire, ont les mœurs semblables à ceux dont nous avons eu la connoissance, soit par nous-mêmes, soit par les histoires. On pourra seulement inférer vrai-semblablement par les actions passées des hommes, ce qu'ils pourront faire en une conjoncture semblable, selon le principe dix-huitième. Que si l'on veut tâcher de déviner le secret d'une action, comme de sçavoir les desseins qu'on a contre nous, &c. il faut supposer un systême, & voir si toutes les apparences y conviennent selon la proposition cinquante-deuxième.

Et généralement en toutes sortes de propositions, soit intellectuelles, sensibles, ou morales, il faut pour trouver les principes & pour les prouver, considérer ce pour quoi, ou par quoi une chose est, ou peut être connue telle qu'on la propose, ou le bien pour lequel elle doit être faite. Ainsi, pour prouver qu'il faut suivre la vertu; il faut chercher quels sont les avantages qu'elle apporte aux hommes; & pour prouver qu'un homme est raisonnable; il faut chercher ce qui le rend raisonnable, ou le fait appeller raisonnable; & ce qu'on aura trouvé servira de terme de connexité, par le moïen duquel on fera la preuve, comme il sera montré dans le troisième Discours.

TROISIÈME DISCOURS,

De la méthode pour faire les Argumens, & les mettre en ordre pour servir à la preuve de quelques propositions douteuses, ou à l'établissement de quelque science.

APrès avoir trouvé les principes & les propositions prouvées, qu'on a jugé pouvoir servir à la preuve des propositions douteuses; on les emploïe pour former les propositions des argumens.

Les argumens sont ordinairement composés de trois propositions, dont la dernière est celle qui est à prouver, qui s'appelle la conclusion; les deux autres sont celles ou se trouve le terme moïen, qu'on appelle autrement terme de connexité, qui les lie avec la conclusion.

La proposition dans laquelle le terme de connexité se trouve avec l'attribut de la conclusion, s'appelle la majeure, ou la plus grande proposition de l'argument; & celle ou il se trouve avec le sujet de la conclusion, s'appelle la mineure, ou la moindre proposition.

Par exemple, pour faire un argument par lequel on puisse prouver que la science est désirable: aiant trouvé & choisi par les régles contenues dans le second Discours, *l'utilité*, pour être le terme de connexité, parce que c'est une des causes qui doit faire désirer la science; on lui joindra l'attribut de la conclusion pour faire la majeure, en cette sorte, *tout ce qui est utile, est désirable:* ensuite on lui joindra le sujet pour faire la mineure, *la science est utile*; d'où l'on tirera la conclusion, *donc la science est désirable.*

Il est indifférent que la majeure soit énoncée la première; car cet argument qui suit, est aussi bon que l'autre:

La science est utile:
Tout ce qui est utile, est désirable;
Donc la science est désirable.

Même dans l'ardeur du raisonnement, il est plus naturel de faire l'argument en cette dernière manière.

Que si la proposition à prouver est négative, comme, *le vice ne doit pas être aimé*; aiant pris pour terme de connexité, qu'il apporte du *deshonneur*, on fera l'argument en cette sorte:

Ce qui apporte du deshonneur, ne doit pas être aimé:
Le vice apporte du deshonneur;
Donc le vice ne doit pas être aimé.

Lorsque l'une des deux premières propositions, ou toutes les deux

ne ſont pas des véritez premières; il faut les prouver par d'autres, & celles-ci par d'autres, juſques à ce qu'on ſoit arrivé aux véritez premières; ou bien commencer par celles qui ſont immédiatement compriſe ſous les véritez premières, & continuer juſques à celles qui ſont à prouver.

Quand les principes pour prouver, ne ſont que de vrai-ſemblance, ſuivant les principes 44, 45, 46, &c. les conſéquences ne ſeront auſſi que vrai-ſemblables; *Ariſtote* appelle enthymêmes ces argumens de vrai-ſemblance.

EXEMPLE D'ENTHYMÈME.

Les méres aiment ordinairement leurs enfans:
Celle-ci eſt mére;
Donc elle aime ſon enfant.

La plûpart des Logiciens appellent enthymêmes les argumens de deux propoſitions, parce qu'on donne ordinairement pour exemple d'enthymême cet argument de deux propoſitions:

Celle-ci eſt mére;
Donc elle aime ſon enfant.

Ce n'eſt pas néanmoins par le nombre des propoſitions qu'*Ariſtote* définit l'enthymême, mais par leur probabilité, & lorſqu'elles ne ſont fondées que ſur des ſignes.

D'où il s'enſuit, qu'on ne doit pas appeller enthymême cet argument de deux propoſitions: *ce triangle eſt iſoſcèle; donc les deux angles ſur ſa baſe ſont égaux*; puiſque cette concluſion eſt néceſſaire & infaillible.

C'eſt une choſe fort peu utile d'enſeigner de combien de ſortes d'argumens on peut faire: car cela n'aide de rien à inventer les preuves, n'y à faire de bons argumens; non plus que de ſçavoir combien il y a de figures qui ſervent à orner un diſcours, ne contribue guéres à l'éloquence d'un Orateur. Voici ce qu'on en peut dire de plus important, & qui a été fondé ſur les remarques que quelques-uns ont faites de pluſieurs ſortes de bons argumens.

Il y a pluſieurs figures d'argumens, & pluſieurs modes ou façons en chaque figure. Les figures ſont diſtinguées par les diverſes ſituations du terme moïen, ou de connexité, dans les deux premières propoſitions de l'argument. Si ce terme eſt le ſujet en la majeure, & l'attribut en la mineure; c'eſt une figure qu'on appellera, ſi l'on veut, la première, parce que c'eſt la plus ordinaire.

EXEMPLE.

Tout animal eſt vivant:

Tout

Tout homme eſt animal;
Donc tout homme eſt vivant.

S'il eſt l'attribut dans les deux premières propoſitions; ce ſera la ſeconde figure.

EXEMPLE.

Nulle pierre n'eſt ſenſible:
Tout homme eſt ſenſible;
Donc nul homme n'eſt une pierre.

S'il eſt le ſujet dans l'une & dans l'autre; ce ſera la troiſième figure.

EXEMPLE.

Les mouches volent:
Les mouches ſont des animaux ſans plumes;
Donc il y a des animaux ſans plumes qui volent.

Enfin s'il eſt l'attribut en la majeure, & l'attribut en la mineure; ce ſera la quatrième figure.

EXEMPLE.

Nul eſclave n'eſt libre:
Quelque libre eſt miſérable;
Donc quelque miſérable n'eſt pas eſclave.

On peut ici remarquer qu'*Ariſtote* & la plûpart de ſes ſectateurs, qui accablent les Lecteurs du grand nombre de leurs régles de Logique, n'ont point parlé de cette quatrième figure.

Pour les modes ou façons de chaque figure, leur diverſité procéde de l'affirmation ou négation, & de l'univerſalité ou particularité des propoſitions de l'argument; car toute propoſition eſt ou particulière affirmative ou particulière négative, ou univerſelle affirmative ou univerſelle négative; & dans ce ſens, cet argument de la première figure,

Tout animal eſt vivant:
Tout homme eſt animal; &c.

eſt d'un autre mode que celui-ci de la même figure,

Nulle choſe ſenſible n'eſt une pierre:
Tout homme eſt ſenſible;
Donc nul homme n'eſt une pierre.

La plûpart des Logiciens donnent de certaines régles pour ces figures & pour ces modes, comme celles-ci; que les propoſitions négatives ſe prouvent plus facilement par la ſeconde figure que par les autres; que dans les argumens de la première figure la mineure ne doit point

être

être négative; que dans ceux de la seconde, l'une des deux premières propositions doit être négative; &c. Mais ces régles ne sont nullement nécessaires, ni pour bien faire les argumens, ni pour prouver leur bonté; ce qui est manifeste; car quand on cherche un terme de connexité pour prouver quelque question, on ne se met point en peine (ou du moins très-rarement) de quelle figure ou de quel mode sera l'argument. On ne peut aussi être assûré de la bonté de ces régles, si elles ne sont prouvées; & cette preuve ne pouvant être faite que par des argumens, il s'ensuit que la bonté des argumens qui prouvent la bonté de ces régles, peut être connue sans elles, puisqu'elles ne sont pas encore établies. Il est vrai qu'après qu'on a fait des argumens de plusieurs sortes, & qu'on a connu leur bonté par la faculté naturelle que nous avons de connoître la connexité des propositions, comme il a été dit dans le principe quatrième; on peut considérer ensuite les différentes manières & propriétez de ces argumens, & les dispositions des termes des propositions, &c. pour en faire des remarques & des régles. Mais la connoissance de ces régles & de leurs démonstrations est une science particulière qu'on peut négliger, non seulement parce qu'elle est très-difficile à apprendre, mais parce qu'elle est inutile pour les autres sciences; étant plus sûr & plus facile de considérer avec un peu d'attention les connexitez des propositions qu'on emploïe à une preuve de Géométrie ou de Physique, que de les examiner par des régles dont on aura peine à se souvenir, & qui d'ordinaire sont inconnues à ceux à qui on parle.

C'est encore une chose fort peu utile, de remarquer toutes les propriétez des propositions & de leurs termes: comme, qu'il y a des propositions nécessaires contingentes, conditionnelles, modales, &c; qu'il y a des termes simples, complexes, connotatifs, &c: car, quelque soin qu'on y apporte, il est presque impossible de remarquer toutes leurs différences; & ces remarques ne font pas qu'on prouve mieux ce qu'on veut prouver, ni qu'on discerne mieux la connexité des propositions: c'est pourquoi on s'est dispensé d'en parler ici, & on a cru que les observations suivantes pourroient suffire.

Il y a de deux sortes de preuves: l'une s'appelle directe, & l'autre indirecte.

La preuve directe montre qu'une proposition est vraie, parce qu'elle est comprise sous des véritez certaines, & a de la connexité avec elles.

La preuve indirecte montre qu'une proposition est vraie, parce que sa contraire ou négative est fausse; ou qu'une proposition est fausse, parce qu'en la supposant vraie, il suit une absurdité, c'est-à-dire, une fausseté évidente: on l'appelle autrement preuve par supposition de faux, ou preuve par l'absurde. La quatrième proposition d'*Euclide* & la cinquième sont prouvées par des preuves directes: la sixième est prou-

prouvée par une preuve indirecte, en supposant qu'une ligne qui est égale à une autre, est plus grande, & faisant voir que de cette supposition il suivroit une fausseté première, sçavoir qu' une partie d'un tout seroit égale à ce tout.

EXEMPLE DE PREUVE DIRECTE.

Un astre ne luit pas par sa propre lumière, lorsqu'un corps opaque étant interposé entre lui & le soleil, il s'obscurcit:
La lune s'obscurcit lorsque la terre est interposée entre elle & le soleil;
Donc la lune ne luit pas par sa propre lumière.

EXEMPLE DE PREUVE INDIRECTE POUR PROUVER QU'UN HOMME N'EST PAS UNE PIERRE.

Un homme est une pierre: (par supposition)
Toutes les pierres sont insensibles;
Donc un homme est insensible; ce qui est faux & absurde; & par conséquent il est vrai qu'un homme n'est pas une pierre.

Lorsque les propositions douteuses sont peu éloignées des principes, la preuve en est assez facile.

EXEMPLE.

Ce qui a du sentiment & du mouvement de soi-même, est vivant:
Un homme a du sentiment & du mouvement de soi-même;
Donc un homme est vivant.

Si on nie la majeure, il est évident que la question est du nom, & que c'est la définition qu'on nie, c'est-à-dire; que ce qui a du sentiment & du mouvement de soi-même, ne doit pas être appellé vivant; & alors il faut le prouver par induction, en le faisant dire à plusieurs hommes; & c'est le principe sensible de cette définition, comme il a été dit dans le second Discours.

Si on nie la mineure, on la prouve encore par induction & expérience, selon le principe neuvième, en voïant marcher un homme, & en lui faisant quelque douleur, dont il paroisse avoir le sentiment. Or ces sortes de propositions, qui sont immédiatement comprises sous leurs principes, se peuvent souvent prouver par un seul argument. Mais, si on veut prouver une proposition éloignée de ses principes, comme celle-ci, *un homme est composé des mêmes élémens qu'un arbre*; il en faut beaucoup davantage: & même en quelques propositions de Géométrie & d'Arithmétique, quoiqu'elles soient immédiatement comprises sous leurs principes, ou qu'elles en soient peu éloignées, il faut emploïer plusieurs argumens. Nous prendrons pour exemple la construction

& la preuve du problême du triangle équilatéral, dont l'analyse a été enseignée dans le deuxième Discours.

Construction & Démonstration du triangle équilatéral.

TAB. XXV. Fig. 4. SOit la ligne AB, sur laquelle on doit construire un triangle équilatéral. Du centre A, & de l'intervalle AB, soit décrit le cercle ECBE; & du centre B, & du même intervalle, soit décrit le cercle ACDA, coupant le premier cercle au point C; & soient tirées les lignes droites CA, CB. Je dis que le triangle ACB est équilatéral; c'est-à-dire, que les trois côtez AB, BC, CA, sont égaux entr'eux.

PREMIER ARGUMENT.

Les lignes qui viennent d'un même centre à une même circonférence d'un cercle, sont égales entr'elles:

Les lignes AC, AB, *viennent d'un même centre* A, *à une même circonférence* BCE;

Donc elles sont égales entr'elles.

On fait encore un semblable argument pour prouver que les lignes BC, BA, sont égales entr'elles; ensuite on fait celui-ci:

Les choses égales à une autre, sont égales entr'elles:

Les lignes AC, BC, *sont égales à* AB;

Donc elles sont égales entr'elles.

Il faut encore prouver les propositions des deux premiers argumens, par la définition & par la possibilité de la construction des cercles.

Il faut faire encore cet argument:

Un triangle équilatéral est celui qui a ses trois côtez égaux entr'eux:

Les trois côtez du triangle ABC *sont égaux entr'eux, comme il a été prouvé;*

Donc il est équilatéral.

Il faut encore prouver cette définition par induction, ou de lecture, ou de témoignage de plusieurs Géométres.

Par cet exemple on voit, que puisqu'il faut cinq ou six argumens pour prouver une proposition de Géométrie peu éloignée des principes, il en faudroit un nombre excessif pour prouver les propositions qui en seroient beaucoup éloignées; & que cette méthode de se servir d'argumens complets de trois propositions, pour leur preuve, dans laquelle on est obligé d'user souvent de redites, seroit ennuïeuse & difficile, & seroit de la confusion dans l'esprit. C'est pourquoi les Géométres ont mis en usage une autre méthode plus commode, qui est de faire des raisonnemens continus, sans distinguer les argumens. En voici la manière:

On commence par la preuve des propositions qui sont immédiatement

ment comprises sous les principes, & qu'on prévoit être nécessaires pour la preuve des autres; sans observer exactement que les argumens soient de trois propositions, pourvû qu'on fasse comprendre suffisamment les connexitez. Et ensuite au lieu de répéter les premiers argumens, on allégue seulement les conclusions, c'est-à-dire, les propositions prouvées, lesquelles doivent être mises par ordre pour les citer selon cet ordre. C'est ce qu'on observe dans les démonstrations de Géométrie & d'Arithmétique, & il suffit qu'on se souvienne que les premières ont été bien prouvées, encore qu'on n'en conçoive plus la preuve.

Il vaut mieux commencer par les premières propositions, & continuer jusques à celle qui est à prouver, en citant celles qui sont connues, que de commencer par l'inconnue, & aller de suite en suite jusques aux principes, en citant des propositions inconnues. Voici des exemples de cette méthode.

Preuve de la proposition du Triangle équilatéral par citation.

D'Autant que les lignes A B, A C, sont tirées d'un même centre A, à une même circonférence E C B, elles sont égales par la définition du cercle. Par la même raison B C, B A, seront égales entr'elles. Et parce que A C, C B, sont toutes deux égales à A B, elles seront égales entr'elles, par le principe, *les choses égales à une autre, sont égales entr'elles.* Donc selon la définition du triangle équilatéral, A C B est un triangle équilatéral; ce qui étoit à prouver.

On voit par cette preuve, que la méthode par des raisonnemens continus, en citant les propositions, est beaucoup moins longue que celle par des argumens complets, & que les connexitez en sont aussi faciles à voir.

Les grands Géométres se dispensent souvent de citer les propositions prouvées par *Euclide*, ou par d'autres Auteurs célébres; mais ils les énoncent seulement, lorsqu'ils parlent à d'autres grands Géométres.

Il est à remarquer que quelques Philosophes ont soûtenu qu'on ne pouvoit rien prouver par des argumens, parce que la conclusion étant contenue dans les deux premières propositions, c'étoit une identité de preuve, c'est-à-dire, qu'on prouvoit une proposition par elle-même. Mais on peut répondre que cette identité est toûjours un peu obscure, même dans les démonstrations où il n'y a qu'un argument; & que lorsqu'il y en a plusieurs, ou qu'il y a une longue suite de conséquences continues, on la comprend difficilement. Par exemple, il est assez facile de concevoir que 2 fois 2, & 2 fois 3, sont la même chose que 2 fois 5; & que 3 fois 2, & 3 fois 3, sont la même chose que 3 fois 5; & que 2 fois 5, & 3 fois 5, sont la même chose que 5 fois 5; quoiqu'il y faille un peu d'attention. Mais, la conséquence que 2 fois 2,

& 2 fois 3, & 3 fois 2, & 3 fois 3, pris ensemble, soient la même chose que 5 fois 5; ou, pour l'exprimer autrement, que si un nombre comme 5 est divisé en deux parties, le quarré du nombre entier est égal aux quarrez des deux parties, & à deux fois leur produit; c'est ce que la plûpart des esprits ont peine à comprendre, & il faut quelque méthode pour y parvenir. Comme, si on nomme 2 fois 2 A, & 2 fois 3 B, égaux ensemble à 2 fois 5; & 3 fois 2 C, & 3 fois 3 D, égaux ensemble à 3 fois 5; on pourra se souvenir que A & B ensemble, & C & D ensembe, ont été prouvés égaux à 2 fois 5, & à 3 fois 5. Si donc on conçoit que 2 fois 5, & 3 fois 5, pris ensemble, soient égaux à 5 fois 5; on pourra aussi concevoir que 5 fois 5 sera égal aux quatre nombres A, B, C, D, pris ensemble: d'où il suit que les argumens sont nécessaires pour les preuves, quoiqu'on sçache les principes sur lesquels on les doit fonder.

Lorsqu'il y a un grand nombre de connexitez à concevoir, il faut de nécessité que la mémoire supplée au défaut de la conception: car nous ne pouvons concevoir en même tems les connexitez de plusieurs propositions de suite, par exemple, celles de toutes les propositions qu'*Archimède* a emploïées, pour démontrer la proportion de la sphére & du cylindre; mais seulement on peut se souvenir d'avoir trouvé ces propositions véritables les unes après les autres.

Lorsque les propositions sensibles douteuses sont éloignées des principes d'expérience, & des autres propositions qui peuvent servir à les prouver; il faut prouver les dernières par la citation des premières, de la même manière qu'on prouve celles de Géométrie & d'Arithmétique. Mais les expériences sur lesquelles sont fondées les principes ou régles de la nature, ne peuvent être mises sur le papier, comme on y met les lignes & les figures de Géométrie; & on a souvent beaucoup de peine à concevoir comme elles ont été faites: même il y en a, qu'un seul homme ne peut faire; comme, d'observer quels vents règnent en même tems dans la *France* & dans la *Pologne*; si le flux & reflux de la mer se fait à la même heure aux côtes d'*Espagne* & de l'*Amérique*.

Voici ce qu'on pourra observer:

Il faut enseigner de quelle sorte on a fait les expériences, avec quelles personnes, avec quelle exactitude, de quels instrumens on s'est servi, &c. & écrire ces expériences par ordre, selon lequel ordre on les alléguera pour la preuve; on y ajoûtera des figures, si les expériences sont difficiles à comprendre. Mais ces principes d'expérience ne seront principes qu'à ceux qui auront fait les mêmes observations; & seront seulement vrai-semblables aux autres, étant examinées selon les propositions 51 & 52.

Exem-

Exemple pour prouver un Principe d'Expérience.

PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

Les rayons passant de l'air dans l'eau se rompent, & leur inflexion se fait du côté de la ligne perpendiculaire qui passe par le point d'incidence.

DÉMONSTRATION.

SOit AB, une ligne droite dans la surface supérieure de l'eau contenue dans quelque vaisseau dont le fond soit MGFEN; CDE un fil tendu fermement, afin qu'il représente une ligne droite; D, le point où le fil entre dans l'eau; E, le point où il touche le fond du vaisseau. Soit aussi C, un petit trou par où passe un rayon du soleil dans une chambre obscure, en sorte que ce rayon qui est représenté par CD, coulant le long du fil jusques au point D, qui sera le point de son incidence, le fil soit environné de ce rayon: alors, si on ôte le fil, on verra que ce rayon passant dans l'eau, quittera la direction du fil, & ne sera point continué le long de la ligne DE jusques au point E; mais qu'il ira comme en F entre E & G, si DG est le fil d'un pendule passant par le point D. On verra arriver la même chose, si le rayon a une inclination moindre ou plus grande, en ajustant le fil CDE selon le rayon. On fera l'expérience plus facilement si le fond du vaisseau est vuide, & que le fil étant ôté, le rayon CDE tombe au point E; car on verra que si on emplit promptement d'eau le vaisseau jusques à la ligne AB, le point E ne sera plus illuminé, mais un autre point F. Le même arrivera aux autres rayons par la proposition dix-huitième. Donc les rayons passant de l'air dans l'eau, se rompent, &c. ce qu'il faloit prouver par expérience. TAB. XXV. Fig. 8.

Autre exemple pour faire voir comme il faut disposer plusieurs propositions de suite pour prouver une proposition sensible, & comme il faut faire un raisonnement continu en citant les principes & les propositions prouvées.

ON trouve par expérience, que si on emplit de mercure un tuyau cylindrique de verre, comme AB, fermé par le bout A, dont la longueur soit au-dessus de trente pouces; & qu'aiant mis le doigt sur l'extrémité B, sans y enfermer de l'air, on le renverse; & qu'on trempe cette extrémité B dans d'autre mercure mis en quelque petit vais- TAB. XXV. Fig. 9.

ſeau de terre comme CDK; & qu'on ôte enſuite le doigt: le mercure deſcend, & après quelques balancemens, il s'arrête ordinairement à la hauteur de vingt-ſept à vingt-huit pouces; c'eſt-à-dire, que ſi EF eſt la ſurface du mercure qui eſt dans le petit vaiſſeau, celui du tuyau deſcendra juſques en H, ſi EH eſt d'environ vingt-ſept pouces & demi; mais ſi on y enferme de l'air avec le mercure; le mercure deſcendra plus bas, & ſe mettra à diverſes hauteurs, ſi on y met plus ou moins d'air.

Ces expériences étant connues, & ſuppoſant qu'aiant fait l'expérience ſans air, le mercure ſe ſoit mis à vingt-huit pouces, comme il arrive quelquefois; on propoſe ce problême de Phyſique.

PROBLÈME DE PHYSIQUE.

E*Tant donnée la longueur d'un tuyau cylindrique* AB, *au-deſſus de vingt-neuf ou trente pouces, fermé par un bout; trouver quelle quantité d'air il faut enfermer avec le mercure, afin que le mercure ſe mette à une hauteur donnée moindre que vingt-huit pouces, lorſque le tuyau ſera perpendiculaire à l'horiſon.*

Pour y parvenir, il faut premièrement prouver que l'air a de la peſanteur, ſoit par des expériences faites par quelques Auteurs célébres, ſoit par quelques-unes qu'on aura faites ſoi-même; & on en fera la première propoſition.

On en fera une ſeconde, dans laquelle on énoncera que la colomne de vif-argent de vingt-huit pouces, qui demeure dans le tuyau de verre AB, lorſqu'on n'y a point mis d'air, péſe autant que la colomne d'air de même largeur depuis la ſurface du mercure du petit vaiſſeau, juſques au haut de l'atmoſphére, c'eſt-à-dire, juſques au plus haut de l'air: & on la prouvera par pluſieurs expériences faites en pluſieurs lieux tant profonds qu'élevés, pour faire voir que plus les lieux ſont élevés, moins grande eſt la hauteur où s'éléve le mercure, comme étant chargé d'une moindre peſanteur d'air; & que dans les caves fort profondes, il s'éléve à une plus grande hauteur, comme étant chargé d'un plus grand poids d'air; & que ſi on met le mercure du vaiſſeau dans de l'eau au-deſſous d'une hauteur de dix ou douze pieds, il s'élévera beaucoup plus dans le tuyau, ſçavoir à un pouce de plus pour quatorze pouces d'eau, à deux pouces pour vigt-huit pouces, &c. à cauſe qu'un pouce de mercure péſe autant à peu près que quatorze pouces d'eau.

On prouvera enſuite que l'air a beaucoup de vertu de reſſort, & que plus il eſt preſſé par un poids, plus il ſe condenſe; mais que le poids étant ôté, il ſe remet de lui-même par ſon reſſort dans ſa première extention, qui eſt celle où il eſt mis par le poids de l'atmoſphére avec lequel il fait équilibre, en ſorte que ſi l'air devenoit plus peſant, il ſe con-

condenferoit davantage; & s'il devenoit moins pefant, il fe dilateroit davantage; & ce fera la troifième propofition.

On fera une quatrième propofition, pour montrer, que quelque quantité de mercure petite ou grande, qu'on mette dans le tuyau AB avec de l'air, il defcendra; mais qu'il ne defcendra pas entièrement jufques à la furface du mercure du vaiffeau CDK: & on le prouvera par la troifième propofition. Car fi GA eft l'air, & GB le mercure qui puiffe couler par l'ouverture B: d'autant que fon poids depuis EF, furface du mercure qui eft dans le vaiffeau CDK jufques en G, fait équilibre avec une partie de la colomne d'air de toute l'atmofphére, égale en largeur au diamétre du tuyau AB; & que l'air enfermé GA eft condenfé de même que l'air qui eft à l'entour du tuyau, & que par conféquent il peut faire équilibre par la feule force de fon reffort, avec tout le poids de cette colomne d'air; il s'enfuit que le mercure n'aiant rien qui lui faffe équilibre, il defcendra. Mais il ne defcendra pas jufques à ce qu'il foit en la même furface que le mercure du vaiffeau CDK; car s'il y defcendoit, l'air GA fe feroit dilaté de tout l'efpace GE, & par conféquent il ne pourroit faire équilibre en cet état avec tout le poids de l'air, qui eft de même poids que vingt-huit pouces de mercure; d'où l'on conclura qu'une partie du mercure demeurera dans le tuyau.

On fera enfuite une cinquième propofition, par laquelle il fera énoncé, que l'air fe condenfe felon la proportion des poids dont il eft chargé; & pour fçavoir fi cette propofition eft véritable, on la fuppofera, c'eft-à-dire, on la pofera pour hypothèfe, & on fera plufieurs expériences, pour voir fi elles conviendront toutes à cette hypothèfe. Par exemple, on fuppofera que le mercure fe foit mis à la hauteur de quatorze pouces en G, le tuyau AB étant de quarante pouces, & EB d'un pouce; & parce que EA fera de trente-neuf pouces, GA fera de vingt-cinq pouces; & on fuppofera pour faire le calcul plus facilement, que le mercure étant enfermé dans le tuyau fans air, fe mettroit à vingt-huit pouces précifément; & on raifonnera ainfi:

D'autant que le mercure EG de quatorze pouces fait équilibre avec la moitié du poids de l'air, puifque vingt-huit pouces font équilibre avec tout fon poids, il s'enfuit que les vingt-cinq pouces d'air dilaté en AG, font équilibre avec le poids de l'autre moitié de l'air. Mais, par l'hypothèfe, il doit être dilaté deux fois plus que l'air qui eft à l'entour du tuyau, qui eft chargé du poids de tout l'air, & qui eft condenfé de même que celui qu'on avoit enfermé; donc cet air premièrement enfermé ne devoit être que de douze pouces & demi, moitié de vingt-cinq pouces. Enfuite de ce raifonnement, on en fera l'expérience en cette forte: On laiffera douze pouces & demi d'air dans le tuyau au-deffus du mercure, qui en occupera vingt-fept pouces & demi, & on fermera le bout du tuyau avec le doigt, l'air fe mettra au-deffus

de

de l'espace H A, qui sera encore de douze pouces & ½; alors si on tire le doigt, qu'on suppose être environ un pouce au-dessous de E F, on verra descendre le mercure, & s'arrêter à la hauteur E G de quatorze pouces ; ce qui sera déja une conjecture de la vérité de l'hypothèse. On prendra ensuite un tuyau recourbé A B C D, fermé au bout D, en sorte que C D soit d'un pied, & B A d'environ quatre pieds: on y versera tout doucement un peu de mercure par l'ouverture A, de manière qu'elle occupe l'espace B E C, afin qu'il n'y ait plus de communication de l'air D C, avec l'air B A, & qu'il ne soit pas encore pressé; & que par conséquent il fasse encore équilibre par son ressort, avec tout le poids de l'air, qui est équivalent au poids de vingt-huit pouces de mercure (on connoîtra que l'air D C n'est ni plus pressé, ni moins pressé que celui qui est en B A, si le mercure est à même hauteur aux points C & B). On versera ensuite peu à peu du mercure dans la partie A B, jusques à ce qu'il en monte dans la partie C D, à la hauteur G H de quatre pouces, afin que l'air n'occupe plus que les deux tiers de C D; & on remarquera que B G étant prise égale à C H, le mercure sera alors élevé jusques en F, si G F est de 14 pouces. Or alors l'air D H sera chargé du poids de quarante-deux pouces de mercure, sçavoir des vingt-huit pouces du poids de l'air, & des quatorze pouces du mercure qui est en G F. Mais quarante-deux est à vingt-huit, comme C D à H D, c'est-à-dire, douze à huit; & par conséquent cet air se sera condensé à proportion du poids dont il sera chargé. On remplira ensuite le tuyau A B jusques à une telle hauteur, que l'air se réduise en l'espace L D, moitié de C D; & on verra qu'en l'autre côté du tuyau, il sera à la hauteur I M, si I L est horisontale, & si I M est de vingt-huit pouces. Or en cet état, l'air L D sera pressé par un poids de cinquante-six pouces de mercure, sçavoir de celui qui sera en la partie I M de vingt-huit pouces, & de celui de l'atmosphère qui est égal au poids de vingt-huit pouces de mercure; & par conséquent cet air enfermé se sera condensé selon la proportion des poids. Desquelles expériences, & de plusieurs autres qu'on pourra faire, en se servant d'un tuyau de sept ou huit pieds depuis B jusques à A, on conclura la vérité de ce principe d'expérience; sçavoir, que l'air se condense à proportion des poids dont il est chargé; & ce sera la cinquième proposition.

TAB. XXV. Fig. 10.

Toutes ces propositions étant bien prouvées & mises par ordre, on résoudra le problême proposé par la méthode des Géométres qu'ils appellent analyse, en cette sorte:

TAB. XXV. Fig. 9.

Soit le tuyau A B de quarante pouces, où l'on doit enfermer de l'air avec du mercure; & on veut que l'expérience étant faite, le mercure se mette à sept pouces de hauteur. On supposera ce qu'on cherche; sçavoir, qu'aiant mis en ce tuyau une certaine quantité de mercure & d'air, & aiant plongé son extrémité B dans le mercure du petit vaisseau

CDK

CDK jusques à un pouce de profondeur, le mercure se soit arrêté en G, sept pouces au-dessous de EF surface du mercure du vaisseau CDK, & on fera un raisonnement continu en cette sorte : D'autant que les sept pouces de mercure EG font équilibre avec le quart de tout le poids de l'air de l'atmosphére, l'air dilaté GA, qui est dans le tuyau, doit faire équilibre par son ressort avec le reste du poids de l'atmosphére, sçavoir les trois quarts, par la troisième & quatième propositions de cet exemple: or cet air dilaté est de trente-deux pouces; donc, par la cinquième proposition, comme vingt-huit pouces de mercure, poids entier de l'air, est à vingt & un pouces, différence de sept pouces & de vingt-huit pouces; ainsi réciproquement l'étenduë de l'air dilaté dans le tuyau, qui fait équilibre avec ces vingt & un pouces, est à l'étenduë de l'air qu'on avoit enfermé avec le mercure avant l'expérience, & qui faisoit équilibre par son ressort à tout le poids de l'air, c'est-à-dire, au poids de vingt-huit pouces de mercure. Mais, cet air dilaté est de trente-deux pouces; donc on avoit enfermé vingt-quatre pouces d'air avec le mercure avant l'expérience, puisque trente-deux est à vingt-quatre, comme vingt-huit à vingt & un.

La synthèse ou composition se fera en cette sorte par une preuve indirecte : Soit mis du mercure dans le tuyau AB jusques à seize pouces de hauteur, afin qu'il reste vingt-quatre pouces d'air; & aiant fermé le bout du tuyau avec le doigt, qu'on le plonge dans le mercure du vaisseau, en sorte qu'aiant ôté le doigt, & le mercure étant arrêté, l'extrémité B soit d'un pouce au-dessous de la surface EF. Je dis que le mercure du tuyau qui occupoit l'espace BH de seize pouces, se réduira à sept pouces: car s'il s'élevoit à une autre hauteur, comme de huit pouces, il s'ensuivroit par la cinquième proposition ci-dessus, que comme vingt-huit est à vingt complement de huit à vingt-huit, ainsi trente & un, nombre des pouces de l'air dilaté, seroit à vingt-quatre; ce qui est absurde, parce que cette dernière raison est moindre que la première. On trouvera la même absurdité quelque hauteur qu'on suppose, autre que sept pouces: car alors GA de trente-deux pouces sera à HA de vingt-quatre pouces, comme vingt-huit à vingt & un; donc il se mettra à sept pouces; ce qui étoit à prouver.

On a donc trouvé la quantité d'air qu'il faloit enfermer avec le mercure, pour le faire descendre à la hauteur donnée de sept pouces, & on a prouvé la nécessité de cet effet par ses véritables causes; ce qu'il faloit faire.

Que si on proposoit le problême en cette sorte, *étant donnée la quantité de l'air enfermé avec le mercure avant l'expérience*, (comme, par exemple, vingt-quatre pouces) *trouver à quelle hauteur le mercure se mettra*; il faudroit emploïer les termes & les notes de l'Algébre en l'analyse, avec un raisonnement continu fondé sur la Géométrie des proportions: ce que les médiocres Algébristes pourront faire assez facile-

ment en posant A pour l'extension de l'air HG, qui se doit faire dans le tuyau; & se servant de l'analogie 24 † A à A, comme 28 à 15—A, dans laquelle vingt-quatre ou AH est l'étenduë de l'air qu'on laisse au-dessus du mercure, A est la dilatation inconnue HG, vingt-huit est le poids de l'atmosphére, 15 est l'étenduë HA, &c.

On voit par cet exemple: premièrement, qu'il y a dans les sciences naturelles un enchaînement & une suite de propositions, de même que dans les Mathématiques; & que la preuve de celles qui sont douteuses, est encore plus difficile:

Secondement, que la méthode de citer les propositions prouvées ou les principes, après les avoir mis par ordre, est la plus commode:

Et enfin, qu'il y a beaucoup de propositions sensibles qu'il est impossible de prouver, sans le secours de la Géométrie & de l'Arithmétique. D'où l'on peut conjecturer qu'il y a plusieurs effets naturels si obscurs, qu'il est impossible ou très-difficile d'en démêler les causes; comme, par exemple, pourquoi la ciguë est vénimeuse, pourquoi une aiguille aimantée se tourne vers le Pole; & que quand quelqu'un seroit assez heureux pour les découvrir, il lui seroit très-difficile de les faire comprendre aux autres: c'est pourquoi il ne faut pas s'étonner si on a fait si peu de progrès jusques à present dans la Médecine, & dans les autres sciences naturelles.

Il ne faut pas pourtant abandonner l'étude de ces sciences: car, comme il a été remarqué dans le second Discours, on peut se contenter d'avoir une certitude entière de l'existence des effets par des observations exactes, lorsqu'on n'en peut découvrir les causes par un raisonnement certain, fondé sur des principes incontestables. C'est même une erreur de vouloir raisonner, & tâcher de prouver par des conjectures, quand on peut s'éclaircir par une induction facile. Une expérience d'une heure nous instruit souvent davantage que des raisonnemens de plusieurs années: & puisqu'il n'y a point d'autres démonstrations en Physique, que celles qui sont fondées sur des expériences certaines par des conséquences infaillibles qu'on en tire, soit qu'on y emploïe des propositions intellectuelles ou non; il s'ensuit que lorsqu'on peut avoir des expériences, il n'est pas nécessaire de chercher d'autres moiens pour prouver la vérité des faits.

Outre ces diverses sortes ou méthodes de prouver, il y en a encore une autre qui se fait par interrogations & réponses, laquelle a été fort en usage parmi les anciens Philosophes, comme *Platon*, *Xénophon*, & *Ciceron*, & qui est fort propre pour surprendre & faire tomber en erreur ceux à qui on parle; mais on ne s'en servoit ordinairement que dans les choses vrai-semblables.

Enfin toutes ces régles servent de peu, si on ne les met en usage, & si on ne s'exerce souvent à faire plusieurs démonstrations, soit pour nous instruire nous-mêmes, soit pour persuader aux autres les véritez qui nous sont connues.

Quel-

Quelquefois on ne peut pas prouver les choses invinciblement; mais pour ne demeurer pas dans l'incertitude, on se contente d'une preuve vrai-semblable.

Par exemple, quelques-uns disent que les bêtes n'ont point de sentiment ni de connoissance. Or on ne peut pas prouver absolument que cela soit faux, parce qu'on ne sçait pas s'il est au-dessus du pouvoir de la nature ou non, de faire une machine qui fasse les mêmes actions qu'un singe, sans avoir aucun sentiment. Mais, suivant le quarante-septième principe, puisque les bêtes ont des yeux & des oreilles comme nous, qu'elles se plaignent comme nous quand on les blesse, qu'elles font choix comme nous des viandes, &c; & que nous sommes assûrez que nous faisons ces choses par le sentiment & par la connoissance; on doit inférer & croire que les bêtes ont aussi du sentiment, & une connoissance qui a quelque rapport à la nôtre, à moins qu'on n'apporte une démonstration claire & évidente du contraire.

Que si, une proposition étant bien prouvée, quelqu'un vient à la nier: ou il la nie contre sa créance; ce qui arrive aux esprits contentieux; & alors, soit qu'il nie les principes ou les conséquences des principes, il ne faut plus disputer contre lui, selon la proposition dixième, car il pourroit nier de même toutes les autres preuves; il ne faut pas aussi entreprendre de lui faire avouer qu'il a tort, & il suffit que ceux qui sont présens, le connoissent: ou il la nie pour n'avoir pas bien remarqué la connexité des propositions; ce qui arrive souvent dans les démonstrations des Mathématiques, soit à cause de l'embaras des lignes & des figures, soit à cause du grand nombre des conséquences; & en ce cas il faut recommencer le raisonnement, & même changer l'ordre & les termes de la démonstration.

Que si l'on connoît qu'il soit incapable d'être persuadé, il faut aussi cesser la dispute.

QUATRIÈME DISCOURS,

Des faux raisonnemens & des autres causes de nos erreurs, & de ce qu'il faut observer pour ne s'y laisser pas surprendre.

C'Est ici la plus utile & la plus importante partie de la Logique, car les autres ne sont guéres nécessaires qu'à ceux qui font profession d'établir les sciences, & de trouver les véritez cachées, pour les enseigner aux autres; mais tous les hommes ont intérêt de ne se laisser pas surprendre par de faux raisonnemens, ou par de fausses apparences.

Les faux raiſonnemens s'appellent des ſophiſmes, quand on les fait à deſſein de ſurprendre ceux à qui on parle; & on les appelle des paralogiſmes, quand on les fait par erreur. On ne ſe ſervira ici que du nom de ſophiſme, & même on comprendra ſous le nom de ſophiſme tout ce qui nous fait tomber en erreur, ou qu'on emploïe pour éluder la juſteſſe de nos raiſonnemens; & en ce ſens un clin d'œil, un mouvement de tête, &c. peuvent être pris pour des ſophiſmes, de même que les fauſſes apparences qui nous viennent des ſens ou de l'imagination. Enfin tout ce qui peut être dit, penſé, ou fait, pour détruire une vérité, ou pour établir une fauſſeté, ſera ici appellé un ſophiſme.

On peut donc conſidérer de deux manières de ſophiſmes.

La première conſiſte dans les fauſſes apparences.

La ſeconde, dans les faux raiſonnemens. On diviſera, pour cette raiſon, ce dernier Diſcours en deux articles.

Dans le premier on tâchera de faire connoître les erreurs qui nous viennent des fauſſes apparences, & les moïens de les éviter.

Dans le deuxième on traitera des faux raiſonnemens, & on donnera des régles pour les refuter, ou du moins pour ne s'y laiſſer pas ſurprendre.

ARTICLE PREMIER.

Des fauſſes Apparences.

LA plûpart des fauſſes apparences procédent, ou des mauvaiſes diſpoſitions de nos ſens & de notre imagination, ou de leur inſuffiſance naturelle à nous bien repréſenter les choſes: & parce que quelques Philoſophes prennent occaſion de ces fauſſes apparences, de rejetter toutes les ſciences; il eſt à propos d'établir ici quelques hypothèſes, pour pouvoir expliquer à peu près comme ſe font nos ſenſations & nos penſées, afin de pouvoir découvrir les cauſes des erreurs où elles nous engagent, & les moïens de nous en défendre; & même de faire ſervir ces fauſſes apparences, s'il ſe peut, à découvrir la vérité.

I. HYPOTHÈSE.

Lorſque les nerfs, qui ſont les principaux organes de nos ſenſations, ont reçû quelques mouvemens par l'action d'un objet, ces mouvemens ſont portés & communiqués aux parties du cerveau, d'où les nerfs tirent leur origine; & à l'occaſion de ces mouvemens, la ſenſation de cet objet ſe fait en nous. Ainſi la flamme d'une chandelle étendant ſes rayons juſques au fond de nos yeux, où eſt la membrane appellée choroïde, qui contient les nerfs de la vûë, ces rayons y excitent de certains

tains mouvemens & impreſſions qui ſont continués juſques aux parties du cerveau où aboutiſſent ces nerfs ; & à l'occaſion de ces mouvemens, il nous paroît une flamme hors de nous, c'eſt-à-dire, que nous appercevons & voïons cette flamme de la chandelle hors de nous en un certain lieu à peu près, en ſorte que nous pouvons aller y porter la main. De même, s'il y a une petite cloche à une diſtance médiocre, ſur laquelle quelqu'un frappe avec un corps dur, les friſſonnemens & tremblemens des parties de cette cloche excitent de petits friſſonnemens à peu près ſemblables dans les parties de l'air qui la touchent, qui en produiſent d'autres ſucceſſivement dans les autres parties de l'air plus éloignées de la cloche, juſques au dedans de nos oreilles, où ſont les nerfs de l'ouïe, leſquels étant ébranlés par ces mouvemens, les communiquent aux parties du cerveau où ils aboutiſſent ; & à l'occaſion de ces mouvemens, il nous paroît hors de nous ce que nous appellons le ſon d'une cloche, de manière que nous jugeons à peu près où eſt cette cloche, & que nous pouvons y aller les yeux fermés, & porter la main deſſus. Il arrive auſſi que lorſque les nerfs de la vûë ont reçû de fortes agitations & impreſſions, ils les conſervent un peu de tems ; ainſi lorſqu'on ferme les yeux incontinent après qu'on a regardé le ſoleil, il nous paroît encore durant quelque tems une eſpéce de lumière qui s'efface peu à peu. On pourra expliquer de même à peu près les autres ſenſations.

II. HYPOTHÈSE.

Soit que les fibres des organes des divers ſens aient des ſtructures différentes, ou que les mouvemens qui s'y excitent, ſoient diſſemblables ou par quelque autre cauſe ; ils ne reçoivent pas les impreſſions des mêmes objets d'une même manière. Le ſoleil agiſſant ſur les nerfs de la main, y cauſe le ſentiment de la chaleur ; & dans les nerfs de la vûë, celui de la lumière : le ſucre paroît blanc à la vûë, âpre au toucher, doux à la langue. Les nerfs de la vûë émûs par quelque cauſe que ce ſoit, comme lorſqu'une humeur acre tombe deſſus, ou qu'un coup violent les offenſe, repréſentent des couleurs & de la lumière ; & ceux de l'ouïe repréſentent des ſons, de quelque façon qu'ils ſoient émûs ; les nerfs du goût ne repréſentent que des ſaveurs, &c.

III. HYPOTHÈSE.

Lorſque les parties du cerveau auxquelles les nerfs communiquent les mouvemens qu'ils reçoivent des objets, aiant été émues & agitées, nous avons apperçû cet objet ; il demeure dans ces parties du cerveau, une diſpoſition à être émues par des mouvemens à peu près ſemblables, par le moïen deſquels mouvemens, lorſqu'ils s'excitent par quelque cauſe que ce ſoit, cet objet quoiqu'abſent nous eſt repréſenté, &

cette représentation se fait en deux manières. Dans l'une, l'objet nous paroît de même que dans les sensations; ce qui nous arrive dans les songes & dans les délires: & cette apparence de sensation se fait en nous, lorsque les mêmes parties du cerveau qui ont été émues par les objets présens, se meuvent encore de la même manière, quelle que puisse être la cause qui excite ces mouvemens.

L'autre manière de représentation se fait par des mouvemens un peu dissemblables à ceux qui ont été produits par les objets présens, soit dans les mêmes parties du cerveau, soit en d'autres parties: comme lorsqu'après avoir vû une rose, nous fermons les yeux, & que cette rose nous est représentée, non pas précisement comme elle nous a paru, & avec autant de force & d'éclat; mais d'une façon qui nous touche bien moins, & qui est d'ordinaire beaucoup moins exacte, tant à l'égard de la figure, que de la couleur, &c. en sorte que nous pouvons distinguer facilement la vûë de la rose d'avec cette représentation, au lieu que ceux qui sont en délire, ne remarquent point de différence entre l'apparence que leur produit un objet présent, & celle qui est produite par la première manière de représentation. Il y a encore cette différence entre ces deux sortes de représentation, que la première ne dépend point de notre volonté, & que nous ne pouvons l'exciter quand nous voulons, du moins cela arrive très-rarement, & à très-peu de personnes; mais la seconde en dépend en quelque façon, & nous pouvons presque toûjours, quand nous voulons, nous représenter ce qui est tombé sous nos sens, par cette représentation obscure, comme il a été remarqué en la proposition 64. D'où il suit que ces deux manières de représentation différent davantage que du plus & du moins.

La dernière se fait encore en deux façons: car quelquefois elle se fait avec les principales circonstances des tems & des lieux, &c. auxquels les objets nous ont paru, & alors elle s'appelle ordinairement mémoire: mais quand on se représente des choses sans aucunes circonstances, comme quand on se représente une rose sans désigner aucune des roses qui nous ont paru en de certains tems & lieux; cette manière de représentation s'appelle imagination. Ainsi, quand on recite plusieurs vers qu'on sçait, selon la suite qu'on les a lûs, c'est un effet de la mémoire; & lorsque par la ressemblance de ceux qu'on sçait, on en fait de nouveaux, c'est un effet de l'imagination. Quand on s'applique à ces représentations de mémoire ou d'imagination, cette application s'appelle pensée: mais souvent on confond la signification de ces noms; & penser à une chose, en avoir l'idée ou la représentation, la concevoir, s'en souvenir ou en avoir la mémoire, l'imaginer ou l'avoir dans l'imagination, se prennent souvent à peu près pour la même chose.

Dans toutes ces sortes de représentations, & même dans les sensations, il est vrai-semblable que ce n'est pas assez que le cerveau soit modifié, ou l'esprit-même, par les actions des objets sur les sens, pour for-

former les ſenſations ou les idées; mais qu'il eſt néceſſaire que l'eſprit apperçoive cette modification, & qu'il s'y applique par quelque eſpéce d'action.

IV. HYPOTHÈSE.

Lorſque nous voulons nous ſouvenir ou penſer à quelque choſe, il ſe fait un effort dans le cerveau, par lequel quelques-unes de ſes parties ſont agitées de la manière qu'il faut qu'elles le ſoient, pour nous faire avoir ou concevoir l'idée ou la repréſentation de cette choſe; & ce que nous appellons raiſonnement, ſe fait quand nous nous appliquons à faire naître pluſieurs idées de ſuite de diverſes choſes pour les comparer enſemble, & en tirer des conſéquences: & non ſeulement on peut imaginer & ſe repréſenter volontairement un objet qu'on a vû; mais on en peut imaginer pluſieurs ſemblables joints enſemble, quoiqu'on n'en ait vû qu'un ſeul. On peut auſſi joindre les idées de pluſieurs choſes différentes, comme, ſi on a vû une tour & du cuivre, on peut avec deſſein ſe repréſenter une tour de cuivre, & en concevoir l'idée. Et même on peut ſéparer par la penſée, c'eſt-à-dire, imaginer ſéparément une qualité commune à pluſieurs choſes: ainſi on peut penſer à la rougeur, après avoir vû cette couleur en pluſieurs fleurs & fruits, &c. ſans penſer à aucune de ces choſes; on peut former l'idée de l'amertume, ſans penſer à aucune des choſes améres.

V. HYPOTHÈSE.

Les idées ou repréſentations ſont les principes de tous nos diſcours, & de tous nos raiſonnemens; mais elles n'en ſont pas les objets: c'eſt-à-dire, que quand nous parlons des choſes que nous avons connues par les ſens, nous n'entendons pas parler des idées qui nous les repréſentent (ſinon lorſque ces idées ſont le ſujet de noſtre diſcours); de même que lorſque nous voïons un objet, ce n'eſt pas le mouvement du cerveau qui nous le fait voir, ni l'image de cet objet que nous voïons, qui eſt peinte au fond de nos yeux: mais ces mouvemens ſont les principes de la viſion; & c'eſt par leur moïen que les corps lumineux ou illuminés nous paroiſſent.

Ces hypothèſes ou ſuppoſitions étant reçûes, ou quelques autres à peu près ſemblables, il eſt aiſé de juger que nos connoiſſances, ou du moins la plûpart de nos connoiſſances, dépendent des impreſſions que nous avons reçûes des objets par les ſens, & de la faculté que nous avons d'en concevoir les idées, c'eſt-à-dire, de nous les repréſenter par la mémoire ou par l'imagination; & que ſi nos ſens ſont peu fidéles, & nos imaginations peu juſtes, nous tomberons néceſſairement en pluſieurs erreurs, ſi nous n'avons pas l'adreſſe de ſuppléer par le raiſonnement à ces défauts.

L'Op-

L'Optique nous enſeigne que lorſque nous tournons les yeux vers un point lumineux ou illuminé, il paſſe par la prunelle de chaque œil, c'eſt-à-dire, par l'ouverture de l'uvée, pluſieurs rayons venans de ce point, leſquels ſe réüniſſent au-delà du cryſtallin & de l'humeur vitrée ſur un point de la membrane concave où ſont les nerfs de la viſion; & que ce point lumineux eſt vû dans la ligne droite tirée de ce point de réünion par le centre de la cornée, laquelle ligne, en chaque œil, eſt appellée l'axe de la vûë: de manière que les deux yeux étant tournés directement vers ce point lumineux, ces lignes viſuelles aboutiſſent au point lumineux; & par cette raiſon, on le voit au même endroit où il eſt.

De cette diſpoſition naturelle des yeux procédent pluſieurs fauſſes apparences. Car, ſi on frotte le coin de l'œil la nuit, il nous paroît une petite lumière vers le côté oppoſé: & s'il y a un miroir, comme
TAB. AB, qui reçoive les rayons DH, DE, du point lumineux D, &
XXV. les réfléchiſſe ſur les deux yeux en G & C, ſelon les lignes droites HG
Fig. 6. & EC; les axes des yeux étant diſpoſés ſelon ces lignes, ce point paroîtra dans leur concours au point F au-delà du miroir, quoiqu'il ſoit
TAB. en D: & ſi ABLN eſt un corps tranſparent, & D un point illumi-
XXV. né; les rayons DH, DF, ſe rompront, rencontrant la ſurface AB,
Fig. 11. & paſſeront dans l'air ſelon les lignes FC, HG: & les deux yeux étant en C & G, verront le point D au point E, où eſt le concours des deux lignes droites CF, GH; & on ſe pourra tromper en la ſituation de ce point, ſi on ignore les régles de la réfraction. C'eſt de là que procéde cette fauſſe apparence ſi ſouvent redite par les Philoſophes, d'un bâton droit qui paroît courbe étant en partie plongé dans l'eau: car ſuppoſé que la ligne droite MKD ſoit le bâton, il paroîtra ſelon la courbure MKE aux yeux en C & G; à cauſe que le point D paroît en E, & les autres points de la ligne DK en des points de la ligne EK.

On fait auſſi un faux jugement à l'égard des miroirs, quand on dit que c'eſt l'image des objets qu'on y voit: car on les voit auſſi véritablement que par la vûë directe; c'eſt-à-dire, que les mêmes rayons qui
TAB. feroient voir l'objet D aux yeux en L & M, ſi le miroir étoit ôté, le
XXV. font voir par réflexion au-delà du miroir en F, aux yeux qui ſont en
Fig. 6. C & G; & par conſéquent on ne devroit pas appeller image, ce qu'on voit par réflexion.

Les yeux ne peuvent auſſi diſcerner les figures des très-petits objets vûs de près, ou des grands vûs de très-loin, comme il a été remarqué dans la propoſition 35; parce que l'endroit où ſe réüniſſent les rayons, n'occupe pas aſſez de place au fond de l'œil pour y faire ſentir de la diſtinction; & on ſe pourroit tromper, ſi on entreprenoit de juger de la figure de ces objets. C'eſt par cette raiſon que l'étoile de Vénus nous ſemble ronde en la regardant avec les yeux ſeuls, quand elle nous paroît

roît en croissant par le moïen des lunettes d'approche qui en agrandissent l'apparence. On ne parle pas aussi dans l'exactitude, lorsqu'on dit que le soleil est lumineux; car cette apparence n'est que par rapport au sens de notre vûë, selon le principe 30. Il en est de même, lorsqu'on dit qu'on voit des objets, comme une rose, une maison, &c. car on ne voit proprement que la lumière des corps lumineux réfléchie sur ces objets; mais cette lumière recevant des différentes modifications en pénétrant un peu les surfaces des objets différens, & se réfléchissant ensuite vers nos yeux, nous y fait paroître des couleurs différentes, qui nous déterminent à peu près leurs grandeurs & leurs figures, & nous les font distinguer les uns des autres; & c'est une chose merveilleuse que de fort petites différences dans l'arrangement des particules qui composent les surfaces des fleurs & des feuilles d'une plante, nous les fassent voir sous des couleurs si différentes de blanc, de bleu, de rouge, &c. On peut pourtant avec quelque raison dire qu'on voit ces choses, puisqu'on discerne à peu près leurs figures, & qu'il y a quelque chose en elles qui nous fait paroître une couleur plûtôt qu'une autre; quoique véritablement rien ne soit visible que le soleil & les autres corps lumineux; & que nous ne puissions même distinguer les différens tissus des surfaces des objets, qui nous les font paroître de différentes couleurs. Il est même croïable que les couleurs ne paroissent pas précisément de même à tous les hommes; car souvent l'un des yeux ne les voit pas de même que l'autre. Les différentes lumières en changent aussi les apparences: le gris de lin vû auprès du feu est beaucoup différent de ce qu'il paroît au soleil ou à la lune; & ce qui paroît jaune au soleil, paroît verd à la lumière de soufre ou de l'esprit de vin.

Lorsque les objets sont fort éloignés, on se trompe dans leurs grandeurs & dans leurs distances; mais ces erreurs se peuvent corriger assez facilement par la Géométrie & par l'Optique: comme, encore que la lune ne nous paroisse que d'un pied de diamétre, on la jugera beaucoup plus grande, lorsqu'elle se lévera derrière quelque montagne qu'on sçaura être éloignée d'environ 50 lieuës ou cent mille toises: car s'il y a une maison de cinquante pieds de longueur distante de mille toises, & que la lune, en se levant, paroisse occuper un espace aussi large que cette maison; ceux qui sçauront qu'un petit objet en couvre un grand selon la proportion des distances, connoîtront que puisque la lune est alors éloignée de plus de cent fois davantage que cette grandeur de cinquante pieds, elle doit avoir par conséquent son diamétre cent fois plus grand que cinquante pieds, c'est-à-dire, plus grand que cinq mille pieds; & par d'autres observations que la vûë nous peut fournir, on pourra assûrer qu'elle est de plus de cinq cens lieuës de diamétre.

On fera de même à l'égard du soleil & des autres corps éloignés. Et parce qu'on objecte que rien ne paroît sous sa véritable grandeur, &

qu'on n'en peut faire aucun jugement certain, on en demeurera d'accord; mais on peut avoir une mesure réelle de cuivre ou d'argent, qu'on appellera un pied ou une coudée, &c. à laquelle on rapportera toutes les grandeurs, & desquelles on jugera par rapport à celle-là, qui sera déterminée.

L'ouïe a beaucoup de rapport à la vûë: car elle se fait selon des lignes droites; & on juge à peu près de l'éloignement, & de l'endroit où se fait un son, quand il n'y a que de l'air entre-deux.

Nous pouvons aussi tomber par ce sens en quelques erreurs semblables à celles de la vûë.

La première est, que l'on croit communément que le son soit, par exemple, dans la cloche qu'on entend, & qu'elle est sonnante; au lieu que, selon le principe vingt-neuvième, elle n'a qu'un simple mouvement & frissonnement de sa matière, laquelle agitant l'air contigu, & ensuite les nerfs de l'ouïe, nous fait avoir l'apparence de ce que nous appellons son ou bruit, comme nous recevons l'action du corps lumineux sous l'apparence de lumière.

Les sons se distinguent par aigu & grave, & l'aigu est produit tant par la vitesse du corps qui frappe l'air, que par sa petitesse. Ainsi, une corde de lut, étant tendue davantage, produit un son plus aigu, parce que ses battemens sont plus vîtes; & un boulet de canon, passant par l'air, fait un son plus grave que celui que fait une balle de mousquet, qui va de même vitesse.

Lorsque les petites vagues ou frissonnemens de l'air qui portent le son, se réfléchissent contre un mur ou contre quelque autre corps dur, & vont ensuite frapper les oreilles; le son nous paroît venir de l'endroit qui est directement au-delà des points de réflexion; & on juge le son au-delà du mur par une raison semblable à celle par laquelle on juge qu'un objet qu'on voit par réflexion, est au-delà du miroir; & on a autant de tort d'appeller image de la voix, le son qui vient aux oreilles par réflexion, que de dire qu'on voit l'image du soleil, quand on le voit par réflexion dans l'eau ou dans un miroir.

Quand nous recevons la voix par une fenêtre ouverte éloignée de nous, ou par le tuyau d'une cheminée, nous ne pouvons juger de quel côté vient la voix, parce qu'elle nous paroît toûjours dans la continuation des lignes droites, par lesquelles l'impression se fait.

L'odorat se fait par des émissions de certaines petites vapeurs & exhalaisons, qui sortant des corps, & entrant dans le nez, font leur impression sur une membrane délicate qui y est, où sont les nerfs de l'odorat, & par ce moïen nous sentons ces petites vapeurs; & parce qu'elles sont invisibles, nous attribuons l'odeur au corps d'où elles sortent, quoiqu'il n'agisse aucunement sur notre odorat: & c'est par cette raison qu'il est difficile de déviner par l'odeur, où est le corps qui la produit, à cause que ces vapeurs ne vont pas en lignes droites, & qu'elles

se

ſe meuvent de toutes parts, & ſelon les vents. Les chiens de chaſſe montrent pourtant à peu près où eſt le gibier qu'ils ſentent.

On ne parle pas exactement, quand on dit que les choſes ont une bonne odeur ; car ce n'eſt que par rapport aux organes de l'odorat, comme il eſt marqué en la propoſition 30.

Le goût ne diſcerne proprement que la douceur, l'amertume, le ſalé, l'acre & le piquant, &c. Et ce qui fait le principal agrément des viandes, eſt l'odorat ; car quand on les mange, les vapeurs paſſent dans le nez par un petit conduit qui répond au palais ; & on ſe trompe, quand on attribue au goût la bonté des fraiſes & des mouſſerons. Il ne faut pas croire que la ſaveur ſoit réellement dans les viandes ; mais ſeulement qu'elles ſont diſpoſées à produire en nous les différentes ſaveurs que nous y trouvons, conformément à la propoſition 30.

Le ſens de l'attouchement eſt diſpoſé à nous faire ſentir de la douleur dans les endroits de notre corps, où nous avons quelque bleſſure ; & nous ne faiſons pas un faux jugement, quand nous croïons que le mal eſt où nous ſentons la douleur, quoique le principe de toutes les ſenſations ſoit dans le cerveau. Ce ſens eſt auſſi diſpoſé à nous faire trouver froid tout ce qui a une chaleur moindre que la nôtre, & chaud ce qui en a une plus grande ; & c'eſt par cette raiſon que le froid nous paroît quelque choſe de poſitif, quoique l'on puiſſe croire que ce n'eſt qu'une privation ou une diminution de chaleur.

Lorſque nous plions deux doigts d'une même main en croix, & que nous mettons entre les deux extrémitez une petite boule, elle nous paroît double ; parce que les nerfs qui ſont dans les doigts, portent au cerveau les mêmes impreſſions, que lorſqu'étant en leur ſituation ordinaire, ils touchent deux petites boules.

Enfin les erreurs des ſens ſont faciles à connoître ; & on auroit tort de s'en mettre beaucoup en peine, puiſqu'elles arrivent rarement, & qu'on les peut corriger facilement. On doit plûtôt admirer, qu'encore que toutes nos ſenſations ſe faſſent par des mouvemens de certaines parties du cerveau, la vûë & l'ouïe nous puiſſent faire paroître les choſes hors de nous à de très-grandes diſtances, & à peu près où elles ſont. On peut même dire que les erreurs des ſens nous ſont avantageuſes : car l'apparence du ſon, dans les cordes d'un lut, nous chatouille l'ouïe ; & les fauſſes couleurs des fleurs, de l'arc-en-ciel, &c. nous plaiſent beaucoup plus que ſi nous n'appercevions par-tout que l'image du ſoleil par réflexion, ou qu'elle nous fît voir les différens tiſſus des ſurfaces des corps.

Quoique nous ſoïons détrompés des faux jugemens du vulgaire, touchant les ſenſations ; il ne faut pas laiſſer d'en parler comme les autres, & il ne faut pas s'obſtiner à combattre les apparences naturelles que nous donnent les ſens. Ainſi nous dirons que le feu eſt chaud,

que le ſoleil eſt lumineux, que le ſucre eſt doux, que la neige eſt blanche, que les cloches ſonnent, qu'un lut produit une agréable harmonie, &c. Et il ſuffit de ſçavoir, une fois pour toutes, de quelle façon, & par quelles manières les choſes nous paroiſſent comme elles nous paroiſſent. Enfin, on jugera facilement, que ſi les organes des ſens ſont mal diſpoſés, ils ne repréſenteront pas les choſes à l'ordinaire. Ainſi quand les muſcles des yeux ſeront trop foibles pour tourner leurs axes vers un même point, on le verra double; ſi la langue eſt imbibée de quelques humeurs billeuſes, on trouvera le vin amer, &c. Ces fauſſes apparences de nos ſens étant connues par ces raiſons, & par quelques autres qu'on pourra découvrir avec un peu de ſoin, elles ne feront aucun préjudice à l'établiſſement des ſciences; elles pourront même y contribuer, pourvû qu'on en ſçache bien les cauſes par pluſieurs expériences exactes, & qu'on ſçache bien conduire ſon raiſonnement par les ſciences intellectuelles, & par les principes 29 & 30.

Ce qui vient d'être dit à l'égard des ſens, nous peut faire connoître que l'imagination eſt inſuffiſante pour nous bien repréſenter les choſes, qu'elle a beaucoup moins de clarté & d'exactitude que les ſenſations, & qu'elle nous engage dans les mêmes erreurs. Car de même que la vûë nous fait bien diſcerner le nombre de cinq ou ſix pierres miſes de ſuite, & que s'il y en a cinquante ou ſoixante, elle ne peut nous faire diſcerner ce nombre d'un autre un peu moindre, ou un peu plus grand; ainſi l'imagination nous fait bien concevoir cinq ou ſix pierres enſemble poſées de ſuite, mais elle ne peut en faire concevoir diſtinctement cinquante ou ſoixante, ſinon par la mémoire, quand on les a comptées. De même nous pouvons nous ſouvenir d'avoir mis cent jettons dans une bourſe, après les avoir comptés; mais notre imagination ne peut nous faire concevoir diſtinctement cent jettons enſemble, non plus que notre vûë ne pourroit nous faire diſcerner ce nombre de jettons, s'ils étoient épanchés ſur une table. Nous ne pouvons auſſi former l'idée d'une figure régulière d'un grand nombre de côtez, par exemple, de cent: & quoique par l'application de certaines régles de Géométrie dont nous nous ſouvenons, nous en puiſſions dire quelques propriétez par nos diſcours, comme, que tous les angles intérieurs de cette figure ſont égaux à cent quatre-vingts-ſeize angles droits, il ne s'enſuit pas que nous aïons une idée diſtincte de ces cent côtez; car même nous ne pouvons concevoir diſtinctement cent quatre-vingts-ſeize angles droits. La même choſe nous arrive à l'égard de beaucoup d'autres objets; car nous n'en formons que des idées confuſes. Celles que nous avons de nous-mêmes, eſt du nombre: celui qui parle de ſoi, confond & mêle enſemble les idées de ſon corps, de ſon eſprit, de ce qu'il ſçait, de ce qu'il peut, & de la plûpart des autres choſes qui le concernent: c'eſt pourquoi nous nous trompons ſouvent en l'opinion de nous-mêmes. Les idées des choſes infinies ſont très-obſcures: car nous les fondons

dons ſur les idées des choſes finies, en concevant leurs extrémitez; & quoique nous en parlions ſans erreur, ce que nous en concevons, n'a rien de poſitif: ceux-mêmes qui nous écoutent, reçoivent ſouvent des idées différentes des choſes dont nous parlons.

Nous connoiſſons ſi peu notre eſprit, c'eſt-à-dire, ce qui eſt en nous le principe actif de la penſée, que lorſque nous parlons de ſon étenduë & de ſes facultez, nous ne pouvons nous accorder. On confond même les idées des choſes avec les idées des paroles avec leſquelles nous les exprimons. En voici un exemple. Pluſieurs Logiciens très-célébres diſent qu'il y a quatre opérations de l'eſprit; concevoir, juger, raiſonner & ordonner: ils appellent concevoir la ſimple idée d'une choſe; & juger, lorſqu'on affirme ou qu'on nie quelque autre idée de cette première idée, &c. Or il ſemble que cet ordre ne ſe doit pas rapporter aux opérations internes de l'eſprit: car, lorſque nous avons vû une roſe rouge, la plus ſimple conception & la plus naturelle eſt lorſque ſans effort elle ſe repréſente à nous à peu près comme nous l'avons vûe, c'eſt-à-dire, rouge, avec pluſieurs feuilles d'une certaine grandeur & d'une certaine figure; & ainſi quand nous diſons que cette roſe rouge eſt rouge, qu'elle a pluſieurs feuilles, &c. nous ne faiſons qu'exprimer par nos paroles la première & la plus ſimple opération de notre eſprit. Mais ſi nous voulons attribuer quelque qualité ou quelque action à une roſe au-delà de ce qui eſt contenu ſous cette première idée, comme, qu'elle eſt rafraîchiſſante; alors le jugement que nous en faiſons, eſt ordinairement précédé de pluſieurs raiſonnemens, & par conſéquent il ne peut pas être la ſeconde opération de notre eſprit. Mais il eſt vrai qu'un nom, comme la roſe, conſidéré ſeul, eſt la première & la plus ſimple partie de nos diſcours; qu'en lui joignant quelque nom d'attribut, on fait une propoſition qui eſt la ſeconde choſe qu'on peut conſidérer dans l'expreſſion de nos penſées; que le raiſonnement ſe fait enſuite par l'aſſemblage de pluſieurs propoſitions; & qu'enfin on fait un diſcours ou un livre entier de pluſieurs raiſonnemens mis par ordre.

A l'égard des opérations internes de l'eſprit, voici l'ordre qu'on y peut remarquer.

La première eſt le ſouvenir ou l'imagination d'une choſe que nous avons apperçûe par les ſens, de la même manière qu'elle nous a paru.

La ſeconde eſt la compoſition, c'eſt-à-dire, l'action de l'eſprit, par laquelle il joint enſemble pluſieurs idées de choſes différentes, comme lorſque nous concevons un animal aiant une tête d'homme, un corps de lion, & des aîles d'aigle.

La troiſième eſt l'abſtraction ou ſéparation, c'eſt-à-dire, l'action par laquelle nous ſéparons quelque qualité d'une idée totale, ſans penſer aux autres qualitez, ni à la ſubſtance-même qui a cette qualité: comme, quand nous penſons à la rougeur, ſans penſer aux roſes, aux pa-

vôts & aux autres ſubſtances où nous avons remarqué de la rougeur; que nous penſons à l'étenduë, ſans penſer à la matière; que nous penſons aux nombres, ſans penſer aux choſes nombrées.

La quatrième opération de l'eſprit eſt le raiſonnement, c'eſt-à-dire, l'action interne par laquelle nous examinons les rapports des choſes entr'elles, ou leurs différences, &c. pour en tirer quelques conſéquences: comme lorſqu'après avoir conſidéré abſtractivement la rondeur, & remarqué pluſieurs de ſes propriétez, nous examinons enſuite ſi ces propriétez conviennent à la terre ou non.

Le jugement, comme, *la terre eſt ronde*, eſt la concluſion d'un raiſonnement; & on le peut conſidérer comme ſa principale partie, ou le prendre, ſi l'on veut, pour une cinquième opération de l'eſprit.

L'action interne par laquelle nous méditons l'ordre & la diſpoſition de pluſieurs raiſonnemens pour faire un long diſcours ou un livre, doit être rapportée à la quatrième opération; car elle n'en eſt différente que comme du plus au moins, puiſqu'il nous faut auſſi méditer l'ordre & la diſpoſition des propoſitions qui doivent ſervir à une preuve.

La queſtion célébre, ſi toutes nos idées viennent de nos ſens, eſt difficile à réſoudre. Quelques-uns ſoûtiennent que nous avons une idée claire & diſtincte de la penſée, & que cette idée ne procéde pas des ſens. Mais cette propoſition eſt équivoque; car elle confond l'exiſtence de la penſée avec ſon eſſence: l'idée que nous avons de l'exiſtence de la penſée, eſt certaine & diſtincte; mais celle que nous avons de ſa nature & de ſon eſſence, eſt très-obſcure & incertaine. Pour bien examiner cette queſtion, il faut conſidérer qu'outre les impreſſions que les ſens font dans notre cerveau, il s'en fait par le chagrin, par la colére, par l'inquiétude, par la joie, &c. qui accompagnent d'ordinaire nos penſées, & qui font une eſpéce de ſentiment de douleur ou de plaiſir, dont nous confondons les idées avec le ſouvenir des choſes que nos penſées nous ont repréſentées: d'où vient que quand nous parlons de nos penſées, nous les conſidérons à peu près comme des actions que nous avons faites, & nous nous ſouvenons fort bien que nous avons eu des penſées: mais nous ne ſçavons aucunement comme elles ſe forment; ſi c'eſt par des traces que les impreſſions des objets laiſſent dans le cerveau, ou par des mouvemens de quelques-unes de ſes parties; quelles ſont ces parties, & leurs manières de ſe mouvoir; ſi les penſées ſont des modifications de l'ame, ou ſeulement ſon application aux modifications du cerveau: d'où il ſuit que nous n'avons point d'idée claire de la nature & de l'eſſence de la penſée, mais ſeulement de ſon exiſtence, à cauſe du ſentiment intérieur par lequel nous connoiſſons que nous penſons, comme nous connoiſſons que nous parlons, ou que nous écrivons. C'eſt ce ſentiment intérieur qui nous fait reconnoître les choſes que nous avons déja vûes, comme il a été remarqué en la propoſition 65: ainſi quand nous rencontrons dans un livre un endroit

que

que nous avons déja lû, il se fait de petits mouvemens de passions, qui nous font naître l'idée des passions semblables que nous avons eues pendant la première lecture; ce qui nous fait connoître que nous avons deja lû cet endroit.

Quoique l'imagination soit nommée à cause des images, & des figures des choses apperçûes par les yeux, qu'elle nous représente; elle ne laisse pas de nous représenter les autres sensations, mais sous des idées qui ne sont nullement des images: comme les idées des odeurs, des couleurs, &c. Le toucher peut toutesfois faire concevoir une figure; mais la plûpart de ces idées, particulièrement celles qui procédent de l'imagination active, sont souvent bien difficiles à expliquer par nos discours, & nous disons aussi très-souvent des choses que nous ne concevons pas. Il est bon de remarquer qu'il y a de fausses apparences de l'imagination, qu'il ne faut pas tâcher de détruire; en voici un exemple. Lorsqu'on ouvre la bouche, il est certain que ce n'est que la partie inférieure qui se baisse; mais, parce que cette idée pourroit choquer notre imagination, nous sommes naturellement disposés à croire que nous ouvrons également la bouche vers le haut & vers le bas: c'est encore par la même raison que, s'il est vrai que la terre se meuve, l'apparence de son mouvement rapide nous est cachée, parce qu'elle nous feroit frayeur.

Il paroît par les discours précédens, que les fausses apparences de nos sens & de notre imagination ne sont pas beaucoup considérables, & que nous pouvons les corriger par les sens-mêmes, & par l'imagination. Ainsi nous pouvons juger par les yeux, qu'il fait plus froid dans les caves en Hiver qu'en Eté, en y portant un thermométre, & remarquant que sa liqueur s'éléve plus haut au mois d'Août, qu'au mois de Janvier; & nous serons assûrés de cette vérité, malgré l'insuffisance du toucher, pour discerner les limites du chaud & du froid.

Si nous sçavons les régles de la Dioptrique, dont les principes s'établissent par des observations faites avec les yeux, nous pourrons nous détromper d'une erreur qui nous peut mettre en danger en passant une rivière; sçavoir, que quelques endroits plus profonds que celui où nous sommes, nous paroissent moins profonds par la réfraction.

Enfin il faut seulement nous empêcher de juger avec précipitation, & ne nous laisser pas séduire aux premières apparences, comme ont fait autrefois quelques Philosophes, qui, pour expliquer les différentes figures de la lune, supposoient qu'elle n'avoit qu'une moitié lumineuse, & qu'elle la faisoit voir successivement; & ils soûtenoient cette hypothése, parce qu'elle leur paroissoit possible, faute d'en examiner toutes les circonstances qui les eussent détrompés. Il faut donc voir & revoir les choses, y penser & repenser à loisir: car c'est par le défaut d'étenduë de notre imagination, que nous ne voïons pas en même tems toutes les circonstances d'une hypothèse, & nous devons nous en dé-

fier

fier par cette raiſon, comme de la principale cauſe de nos erreurs; mais nous ne pouvons nous en défendre qu'en examinant à loiſir, s'il n'y a point d'apparence qui repugne à ce que nous ſuppoſons, & s'il n'y a point d'autre ſyſtême plus juſte. Par ces moïens nous pourrons nous délivrer ſuffiſamment des faux jugemens, & des erreurs des ſens & de l'imagination.

ARTICLE II.

Des faux Raiſonnemens.

LEs ſophiſmes qui procédent des faux raiſonnemens, ſont de deux ſortes:

La première eſt, lorſqu'une des propoſitions ſur leſquelles on fonde la concluſion, ou toutes les deux, ſont fauſſes ou douteuſes; la ſéconde, quand il n'y a point de connexité entr'elles & la concluſion.

Le ſophiſme qui ſe fait, quand les premières propoſitions ſont fauſſes ou douteuſes, s'appelle pétition de principe ou ſuppoſition de principe; & on tombe en ce défaut, lorſqu'on prend une propoſition qui n'eſt point principe ni prouvée, pour un principe ou pour une propoſition prouvée. Comme, ſi on prenoit pour principe cette propoſition, *les contraires ſe guériſſent par les contraires*, on en tireroit une fauſſe conſéquence, ſi on vouloit entreprendre de guérir une brûlure en y appliquant de la glace; car elle ſerviroit ſeulement à rendre froide la partie brûlée, mais elle ne la guériroit pas. C'eſt le même défaut, lorſqu'on veut prouver une propoſition par une autre plus obſcure ou également obſcure, ou qu'on la veut prouver par elle-même en la déguiſant, & changant ſes termes; ce qui eſt contre les principes 7 & 8. Ainſi la ſixième propoſition des Méchaniques d'*Archimède* eſt mal prouvée, parce qu'elle eſt prouvée par une autre propoſition plus obſcure: on peut croire que cette propoſition plus obſcure avoit été prouvée ailleurs par *Archimède*, ou par d'autres Auteurs; & les Géométres modernes doivent ſonger à rétablir cette preuve.

C'eſt le même ſophiſme, lorſqu'on prend pour principe une queſtion de fait qui eſt fauſſe. Ainſi quelques Philoſophes ont pris pour principe, que l'air étoit chaud de ſoi-même; ce qui eſt manifeſtement contre l'expérience: car il ſe refroidit peu à peu, quand les cauſes qui l'échauffent, ſont éloignées; & on ne peut ſouffrir ſa froideur dans les lieux fort élevés, où la réflexion des rayons du ſoleil a peu de force; deſquelles expériences on peut conclure par le principe 34, que la chaleur ne lui eſt pas naturelle.

Il faut donc examiner avec beaucoup d'exactitude ces queſtions de fait: car naturellement nous croïons ce qui nous eſt dit, ſelon la propoſi-

position 68; & il arrive souvent que si plusieurs hommes nous disent avec passion une chose, nous la prenons pour principe de fait. Par cette même raison, les livres imprimés nous persuadent. Et pour ne vouloir pas prendre la peine d'examiner la vérité d'une proposition, ou pour n'en être pas capables; si un homme d'autorité la propose, nous la recevons d'ordinaire pour véritable: ainsi l'opinion des quatre élémens, sçavoir le feu, l'air, l'eau & la terre, a été reçûe pour vraie depuis 2000 ans, par la plûpart des hommes, quoiqu'elle soit contraire à la vérité, & aux expériences exactes, comme il est facile de le faire voir. Ce sophisme est contre les principes 51 & 52.

On doit ici remarquer qu'il y a bien de la différence entre un bon argument, & une bonne preuve: car on peut faire des argumens dont les propositions auront de la connexité; mais leurs premières propositions n'étant pas des principes, & étant autant ou plus difficiles à croire que la question, le raisonnement sera inutile: comme, si pour prouver que le marbre est insensible, on disoit

Toutes les pierres sont insensibles:
Le marbre est une pierre;
Donc le marbre est insensible;

Car encore que la dernière proposition soit comprise sous les deux premières, l'argument est inutile, & ne prouve rien par le principe 8, puisqu'il est moins connu que toutes les pierres soient insensibles que le seul marbre. Ce défaut est en quelque façon compris sous la supposition de principe, puisque dire que toutes les pierres sont insensibles, comprend la proposition, *le marbre est insensible*, qui est la question. La plûpart des exemples d'argumens qu'on donne dans les écoles pour les modes des argumens, sont de cette nature; & il faut prendre garde que par le principe 38 les choses sensibles particulières établissent les générales, & non au contraire. On peut aussi rapporter à la supposition de principe un défaut de raisonnement qui se fait quand on établit une proposition par une autre, & qu'ensuite on veut prouver cette dernière par la première; c'est ce que les Grecs appelloient Dialléle, c'est-à-dire, preuve mutuelle de deux propositions l'une par l'autre: on appelle ordinairement ce défaut, cercle de Logique, & il a été remarqué dans le Principe 8.

Quelquefois on prend pour principe une proposition de fait qui est vraie en quelque façon, mais qui est fausse par le plus ou par le moins: comme, quand on dit que le papier est poli, & qu'il devroit servir de miroir; il est bien vrai qu'il est poli, si on le compare à quelque chose de raboteux, mais il ne l'est pas comme le verre.

Les sophismes, par le défaut de connexité, se font en plusieurs manières. La plûpart procédent de l'ambiguïté des mots & des façons de parler, ou des différens états des choses, & des différens rapports qu'elles ont les unes envers les autres.

Il ne sera pas inutile d'expliquer ici les plus considérables, & de les mettre par ordre avec des exemples, afin d'en faciliter la mémoire.

La première, est quand un nom qui a des significations entièrement différentes, est pris en l'une de ses significations dans la première proposition de l'argument, & en une autre dans la seconde: comme, si on disoit à un homme qui est en peine de quelque chose,

Vous avez du souci:
Le souci est une fleur;
Donc vous avez une fleur.

Ce sophisme est contre la troisième demande.

La seconde est, quand on veut inférer qu'une même chose qui a successivement divers noms de substance, soit toûjours la même substance; ou qu'elle conserve le même nom de qualité, lorsqu'elle l'a perdue, & qu'elle en a reçû d'autres: comme,

Vous avez mangé ce que vous avez acheté:
Vous avez acheté de la chair crue;
Donc vous avez mangé de la chair crue.

Ce qui est contre le principe 22.

La troisième est, quand on veut inférer que les choses semblables en quelque chose, le sont en tout: comme,

Le sucre est blanc:
Ce que je vois, est blanc;
Donc c'est du sucre.

Cette manière de sophisme nous fait tomber souvent en erreur, & nous fait prendre une chose pour une autre, lorsqu'on voit qu'elles ont deux ou trois signes semblables; ce qui est contre le principe 37.

La quatrième est, lorsqu'on veut inférer que ce qui est, en quelque façon, & pour de certains égards, quelque chose, & en quelques qualitez, est cette chose, & a cette qualité absolument, & de soi-même: comme, le musc est de bonne odeur à quelques-uns; donc il est absolument de bonne odeur; ce qui est contre le principe 25.

La cinquième est, lorsqu'une chose aiant des qualitez capables de faire des effets contraires, on lui en attribue un absolument: comme,

Ce qui est chaud, desseiche:
Cette eau est chaude;
Donc cette eau desseichera.

A quoi il faut répondre, qu'elle desseichera par sa chaleur, & qu'elle mouillera par son humidité, selon le principe 27; & si on la met dans un vaisseau, & qu'on applique sur ce vaisseau une chose mouillée, elle pourra la seicher.

La sixième est, lorsqu'on prend une des premières propositions de l'argument pour véritable, qui ne l'est pas en un certain sens: comme,

Vous avez ce que vous n'avez pas perdu:
Vous n'avez pas perdu des aîles;
Donc vous avez des aîles.

Pour

Pour rendre véritable la première proposition, il faudroit dire, *ce que vous aviez, & que vous n'avez pas perdu, vous l'avez encore.*

La septième est, lorsqu'on se sert de certains mots dont la signification est indéterminée, ou faussement prise: comme, lorsque les Médecins appellent purgations, les breuvages qu'ils donnent; que les Sectateurs d'*Aristote* appellent causes occultes, celles qu'ils ignorent; & que les Cartésiens expliquent beaucoup d'effets par ce qu'ils appellent matière subtile. Car, si, par exemple, on fait demeurer d'accord ces derniers, que leur matière subtile n'est autre chose qu'une poussière très-menue; on concevra clairement que cette poussière aura des figures différentes & la plûpart irrégulières, & que par cette raison elles laisseront du vuide entr'elles contre leur hypothèse ordinaire: mais parce que le nom de subtil est d'une signification douteuse, on ne voit pas bien les défauts de cette hypothèse. Les conséquences qu'on tire du cours rapide de cette matière subtile ou poussière très-menue, des esprits ignés, des esprits frigorifiques, & d'autres choses, qu'on peut croire être inventées à plaisir, sont de cette nature.

Les sophismes qui se fondent sur la division infinie de l'espace, procédent aussi de ce qu'on ne peut comprendre l'infini, & qu'il n'est pas d'une signification déterminée; ce qui fait qu'on a peine à donner la solution de ces sophismes; mais il suffit de faire une preuve contraire facile à comprendre: comme, si on vouloit prouver qu'un homme qui courroit deux fois plus vite qu'un autre, ne pourroit jamais l'atteindre, si ce dernier avoit une lieuë d'avance; parce que pendant que le plus vîte feroit cette lieuë, l'autre feroit une demi lieuë au-delà, & que quand le plus vîte auroit fait cette demi lieuë, l'autre auroit fait un quart de lieuë au-delà, & ainsi à l'infini: il faut répondre, que si le plus vîte fait une lieuë en une heure, & l'autre une demi lieuë dans le même tems, le premier aura fait trois lieuës en trois heures, & l'autre une lieuë & demi, & que par conséquent le plus vîte l'aura passé d'une demi lieuë; ce dernier raisonnement est clair, & l'autre est obscur.

Et si pour prouver qu'il n'y a point de mouvement dans la nature, on dit: *ce qui est mû, se meut dans le lieu où il est, ou dans celui où il n'est pas encore: l'un & l'autre est impossible; donc il ne se fait point de mouvement.* Il faut répondre qu'il est difficile ou impossible de comprendre par le détail comme un corps passe d'un lieu à un autre, à cause que les espaces sont divisibles à l'infini, & qu'on ne peut comprendre l'infini; mais que c'est une chose très-claire, & qu'aucun raisonnement ne peut détruire, que les corps changent de place.

La huitième est, de soûtenir qu'une proposition est vraie, si personne ne peut prouver le contraire: car c'est à celui qui fait la proposition, de la prouver; & à ceux à qui elle est faite, de voir si la preuve est bonne.

La neuvième eſt, lorſque pour perſuader à quelqu'un de faire quelque action, on lui en cache les défauts & les incommoditez, & on en agrandit les avantages, ou bien on en ſuppoſé des faux : contre lequel ſophiſme il faudra mettre en uſage le principe 96, en examinant bien toutes les ſuites & les circonſtances de la choſe qu'on nous veut perſuader.

Il y a encore un ſophiſme fort commun à diverſes ſectes pour s'établir, qui eſt de faire voir que leurs adverſaires ſe ſont trompés. Ainſi les *Péripatéticiens* ont cru bien établir leur ſecte en montrant les erreurs de *Platon*, de *Parmenides*, &c. & les *Cartéſiens* la leur, en faiſant connoître les erreurs d'*Ariſtote* ; car il ſe peut faire que toutes ces ſectes ſoient également pleines d'erreurs. C'eſt un ſemblable ſophiſme, quand pour ſe délivrer du ſoupçon d'un crime, on accuſe quelque autre de ce même crime.

C'eſt auſſi une eſpéce de ſophiſme aſſez ordinaire pour détruire une propoſition véritable, de la tourner en raillerie. Pour repouſſer ce ſophiſme, il faut obliger ceux qui s'en ſervent, à prouver que la propoſition eſt ridicule, & leur ſoûtenir qu'il ne ſuffit pas de rire d'une propoſition pour prouver qu'elle eſt fauſſe. On fera de même à l'égard des actions qu'on fait pour choquer nos raiſonnemens, ou pour nous perſuader quelque fauſſeté : comme ſont les pleurs, les ſermens, la colére, la fuite, &c.

Il ſuffit quelquefois, pour faire voir le défaut d'un raiſonnement, d'en faire un ſemblable ſur un autre ſujet, dont la concluſion ſoit évidemment fauſſe : comme, ſi pour prouver que la Géométrie eſt inutile, quelqu'un diſoit qu'elle ne fait pas vivre plus long-tems ; on lui pourroit dire que le pain par une ſemblable raiſon ſeroit inutile, parce qu'il n'empêche pas d'avoir froid.

Que ſi l'on veut repouſſer ſérieuſement ce reproche d'inutilé qu'on fait ſouvent à ceux qui propoſent quelques effets curieux de la nature, ou quelque choſe nouvelle dans les Mathématiques ; on pourra donner pour exemple l'aiguille aimantée, dont la direction vers le Pole pouvoit paſſer au commencement pour un jeu d'enfant & pour une choſe fort inutile, & cependant elle eſt à preſent d'un uſage preſque néceſſaire pour les longues navigations.

Il faut prendre garde de ne s'étonner point d'une objection qu'on nous fait, qui n'eſt pas du ſujet dont on parle, & ne nous préjudicie en rien ; & de ne ſe mettre point en peine de la refuter.

La plûpart des Logiciens mettent au rang des ſophiſmes, de donner une cauſe pour une autre. Ce n'eſt pas un ſophiſme, mais une erreur, de prendre une cauſe pour une autre ; & le ſophiſme conſiſte en l'apparenee des poſſibilitez d'une fauſſe hypothèſe, ou en un faux raiſonnement, comme celui-ci : *Si la lune étoit la moitié lumineuſe, & qu'elle fît une révolution autour de ſon axe en un mois, elle nous paroîtroit com-*

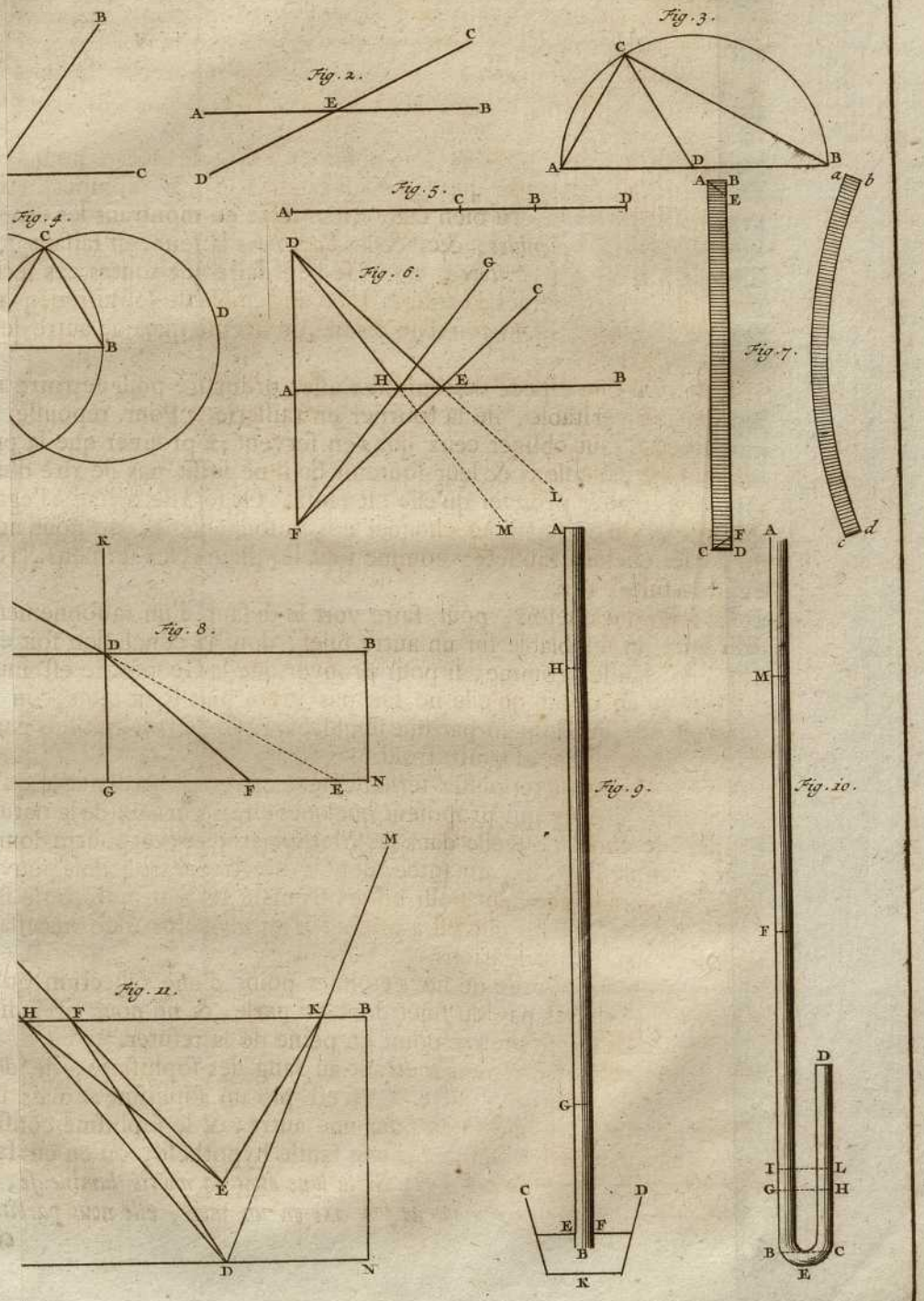


Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 11.

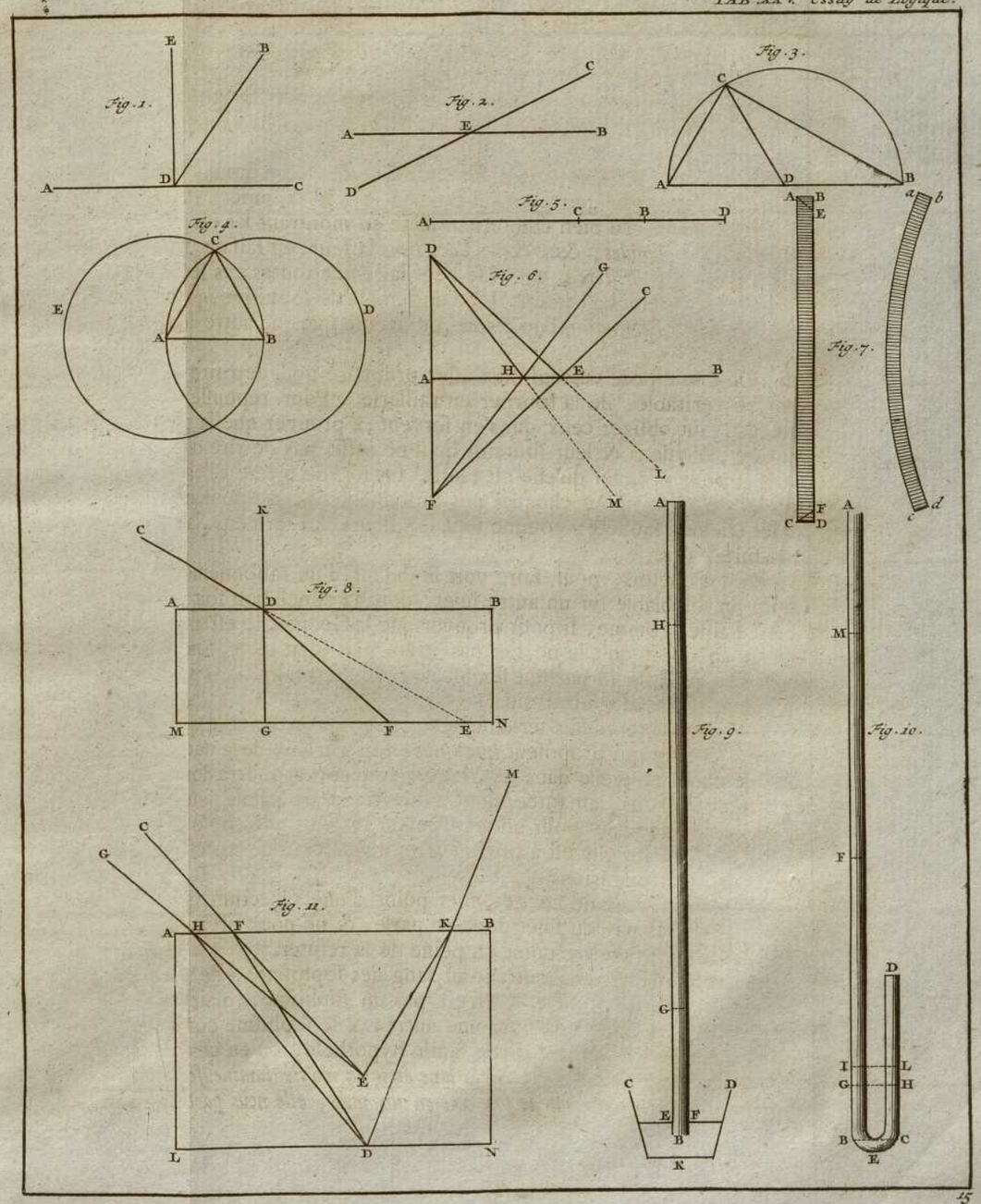


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 11.

comme elle fait; donc cette hypothèse est vraie, & c'est la véritable cause de ses diverses apparences.

Il se trouve quelquefois des sophismes très-difficiles à résoudre. En voici un exemple:

Trois hommes étant ensemble, deux d'entr'eux disent chacun un mensonge; & le troisième n'aiant point encore parlé, fait cette proposition: *Chacun de nous trois a dit un mensonge.* Si on dit que cette proposition est véritable, on objectera que puisque le dernier aura dit vrai, tous les trois n'auront pas menti: si on la dit fausse, on pourra soûtenir le contraire: car il s'ensuivra que tous les trois auront menti; & par conséquent que la proposition sera vraie. La plûpart des difficultez de cette nature procédent de ce que les propositions peuvent être considérées selon elles-mêmes, ou selon leurs objets; ce qu'il faut sçavoir distinguer pour en pouvoir donner la solution; car une proposition ne se doit pas regarder elle-même, mais un autre objet.

Il y a encore d'autres manières de sophismes; & les personnes qui ont quelque chose à démêler ensemble, en peuvent inventer plusieurs auxquels les Logiciens n'ont point donné de nom: il n'y aura pas beaucoup de difficulté à les connoître, puisqu'on pourra les réduire tous, ou aux fausses apparences, ou à la supposition de principe, ou au défaut de connexité.

Enfin, si on sçait bien se servir des principes contenus en la première Partie, particulièrement des 2, 3 & 4, & de la troisième demande; on pourra se défendre suffisamment de toutes les fausses preuves, & en refuter la plûpart avec assez de facilité.

FIN.

TABLE
DES
MATIÈRES
CONTENUES DANS CES DIFFE'RENS TRAITEZ, COMME ELLES SE TROUVENT SELON L'ORDRE DE L'IMPRESSION.

DE LA PERCUSSION OU CHOC DES CORPS. 3

PREMIÈRE PARTIE.

avec

Pro-

DE LA PERCUSSION OU CHOC DES CORPS.

SECONDE PARTIE. 57

Pro-

PREMIER ESSAI DE PHYSIQUE.

DE LA VEGETATION DES PLANTES. 119

PREMIÈRE PARTIE.

SE-

SECONDE PARTIE.

DE LA VEGETATION DES PLANTES.

TROISIÈME PARTIE.

DES CAUSES DES VERTUS DES PLANTES.

SECOND ESSAI. DE LA NATURE DE L'AIR 148

Qu'il

TROISIÈME ESSAI. DU CHAUD ET DU FROID. 183

OU DISCOURS

Pour faire voir que le froid n'est qu'une privation ou une diminution de chaleur, & que la plûpart des lieux soûterrains sont plus chauds en Eté qu'en Hiver. 184

QUATRIÈME ESSAI. DE LA NATURE DES COULEURS. 195

PREMIÈRE PARTIE.

EXPLI-

EXPLICATIONS DES PRINCIPALES APPARENCES DE COULEURS CAUSE'ES PAR LA RE'FRACTION. 231

SECONDE PARTIE.

Ré-

DU MOUVEMENT DES EAUX.

PREMIÈRE PARTIE.

DE PLUSIEURS PROPRIETEZ DES CORPS FLUIDES, DE L'ORIGINE DES FONTAINES, ET DES CAUSES DES VENTS. 326

SECONDE PARTIE.

De

III. DISCOURS.

TABLE

TROISIÈME PARTIE.

DE LA MESURE DES EAUX COURANTES ET JAILLISSANTES. 411

En-

IV. DISCOURS.

QUATRIÈME PARTIE.

I. DISCOURS.

II. DISCOURS.

CINQUIÈME PARTIE.

DE LA CONDUITE DES EAUX, ET DE LA RESISTANCE DES TUYAUX. 454

RE'GLES

RE'GLES POUR LES JETS D'EAU. 483

NOUVELLE DÉCOUVERTE TOUCHANT LA VUE,

SE-

SECONDE LETTRE DE MONSIEUR MARIOTTE A MONSIEUR PECQUET,

Pour montrer que la Choroïde est le principal Organe de la Vûë. 507

LETTRE DE MONSIEUR PERRAULT A MONSIEUR MARIOTTE. 517

RE'PONSE DE MONSIEUR MARIOTTE A LA LETTRE DE MONSIEUR PERRAULT. 522

TRAITÉ DU NIVELLEMENT, AVEC LA DESCRIPTION DE QUELQUES NIVEAUX nouvellement inventés.

TRAITÉ DU MOUVEMENT DES PENDULES. 557

EX-

EXPÉRIENCES TOUCHANT LES COULEURS ET LA CONGE'LATION DE L'EAU. 601

ESSAI DE LOGIQUE,

Contenant

Les Principes des Sciences, & la manière de s'en servir pour faire de bons raisonnemens. 609

PREMIÈRE PARTIE,

Contenant les premiers Principes des Sciences. 613

SECONDE PARTIE,

Contenant la Méthode qu'il faut suivre pour faire de bons raisonnemens. 630

FIN.

CATA-

CATALOGUE
DES
LIVRES,
Imprimés
Chez JEAN NEAULME,

Et dont il a nombre d'Exemplaires.

ARchitecture de Vignole, par Daviler avec le Supplement, 3 *vol.* 4. *fig. Haye* 1730.
Anecdotes de la Cour de Ph. Auguste, 6 *vol.* 12. *Haye* 1739.
Burnet, Hist. d'Angleterre. 4 *tom.* 2 *vol.* 4. *fig. Haye* 1735.
——— Idem en *Grand Papier.*
——— Idem 6 *vol.* 12.
Bibliothéque de Campagne, ou Amusemens de l'Esprit & du Cœur. 10 *vol.* 12.
Boerhaave, Elementa Chymiæ. 3 *vol.* 4.
——— Opuscula Omnia. *Hagæ Com.* 1738.
Bibliotheca Botanica. 4. *sous presse.*
Ciceronis de Officiis cum Notis Græcii. 12.
——— Idem sine Notis. 12.
Causes Célébres & Intéressantes, par Pitaval. 8. *Haye* 1738. 13 *vol.*
Crèmentine, Reine de Sanga. 2 *vol.* 12. *fig. Haye* 1739.
Dictionarium Latino-Gallicum. 8.
Egaremens du Cœur & de l'Esprit. 3 *vol.* 12.
Erasmi Colloquia cum Notis Variorum. 8.
Etrennes Chrétiennes. 8.
Fabri, Thesaurus. *Fol.* 2 *vol.*
Græcæ Dialect. Studio Maittaire. 8.
Grammaire Françoise & Angloise, 8. par Rogissard. 2 *vol.* 8.
Histoire de la Reine de Navarre. 12. 4 *vol. Haye* 1739.
——— Secrette de Henri IV. 12.
——— du Ciel, par l'Auteur du Spectacle de la Nature, 2 *vol.* 12. *fig.*
——— Romaine de Tite Live, traduite en François par Mr. Guerin. *Haye* 1740. 12 *vol.* 12.
Hoffmanni Consultationes. 3 *vol.* 8.
Journées Amusantes, par Mad. Gomez. 8 *vol.* 12. *fig.*
Lommii Observationes Medicinales. 8.
Lettres Pastorales de l'Evêque de Londres. 3 *Parties*, 8.
——— (Nouvelles) Persannes. 2 *vol.* 12.
Liturgie Anglicane. 12.
Mémoires Politiques, Amusans, & Satiriques de Brazi. 3 *vol.* 8. *fig.*

Mémoire

Mémoire d'Artillerie, par St. Remy. 2 *vol.* 4. *fig. sous presse.*
——— du Général Marquis de Maffei. 2 *vol.* 8. *Haye* 1740.
Manilius Bentleii. 4. *Londini* 1739.
Mille & une Faveurs, Contes de Cour. 8 *vol.* 12.
Nouveau Testament & Pseaume. 8.
Nouvelas de Miguel de Cervantes. 2 *vol.* 8. *avec des magnifiques fig.*
Oeuvres du Comte Hamilton. 2 *vol.* 12.
Oeuvres de Brantome considérablement augmentées & avec des Notes, 15 *vol.* 12. *sous presse.*
Philosophe Anglois. 8 *vol.* 12. *fig.*
Poëfies Spirituelles, par Malaval. 8.
Quintilianus Burmanni. 2 *vol.* 4.
Remarques sur l'Hist. d'Angleterre, par *Tyndal.* 2 *vol.* 4.
Recueil de Chansons choisies. 7 *vol.* 12.
——— des Piéces mises au Théatre par le Sage. 2 *vol.* 12.
Semaine (La) Sainte ou Méditations. 8.
Spectacle (Le) de la Nature. 8 *tom.* 4 *vol.* 12. *fig.*
Sultanes de Guzarate. 2 *vol.* 12.
Voïage fait en Asie, par Bergeron. 2 *vol.* 4. *fig.*
——— de Siam, par Tachard. 3 *vol.* 12. *fig.*
Vie (La) de Marianne ou Avantures de la Comtesse De ***. par Marivaux. 8 *Parties*, 8. *fig.*

AVIS AU RELIEUR.

LE Relieur prendra garde que le papier qui est à côté des Figures, doit être conservé pour faire déborder les Figures hors du Livre. Il les faut placer dans l'ordre qui suit:

TAB. I. II. III. IV. IV*	Pag. 116	XX. XXI.	476
TAB. V. VI. VII. VIII. IX. X. XI. XII.	320	TAB. XXII. XXIII.	556
TAB. XIII. XIV. XV. XVI. XVII. XVIII. XIX.		TAB. XXIV.	600
		TAB. XXV.	700

BERIGT AAN DEN BOEK-BINDER.

DEn Boek-binder zy gewaarschout het papier ter zyde de Figuren niet af te snyden; maar zodanig in te setten, dat de Figuren buyten het Boek uytslaan. Deselve moeten geplaatst werden als hier boven vermeld staat.