

NATIONAL LIBRARY OF MEDICINE

Bethesda, Maryland



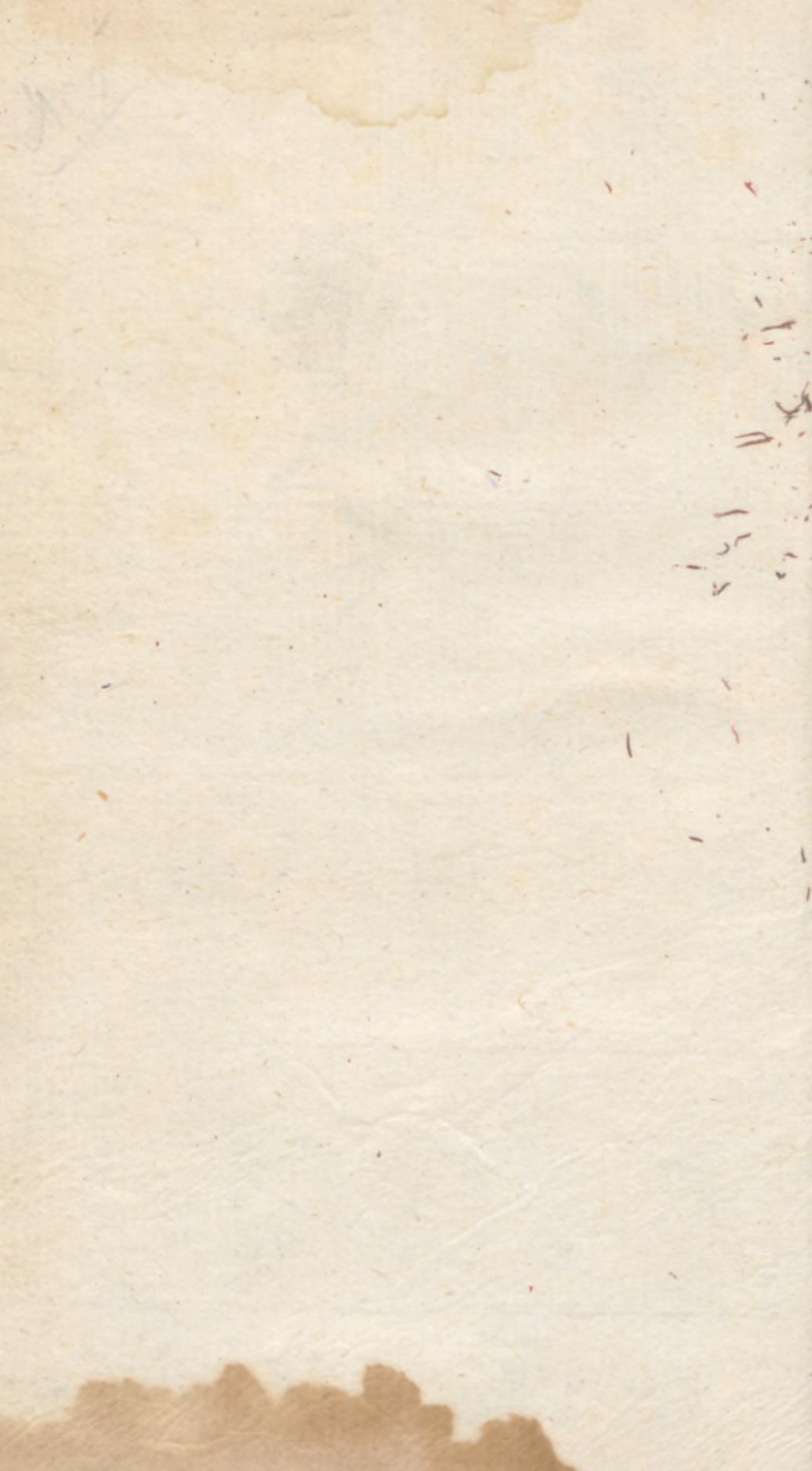


ESSAYS

ON

THE MOVEMENT.

..t.



ESSAI

SUR

LE MOUVEMENT.

ESSAI

2 U R

E MOUVEMENT.

ESSAI

SUR

LE MOUVEMENT,

PAR J. B. CHAMBOISSIER,
*Docteur en Médecine de la faculté de
Montpellier, de la Société Royale
des Sciences, Arts & Belles-Lettres
de Clermont-Ferrand.*

Ignoto motu ignotâ pariter & naturâ ARIST.



A LONDRES,

Et se trouve à PARIS,

Chez JOMBERT, jeune, Libraire,
rue Dauphine,

Et à LYON,

Chez GRABIT, Libraire, rue Merciere.

M. D C C. L X X X V.



P R É F A C E.

LES hommes doivent-ils s'applaudir du progrès qu'ils ont fait dans les sciences & dans les arts, ou plutôt, ne feroient-ils pas en droit de se plaindre de l'ignorance dans laquelle le genre-humain vit encore; chacune de ces deux opinions a ses partisans, & peut, en effet, être défendue, parce que cette question présente différentes faces sous lesquelles on peut la considérer.

Si nous n'avions en vue que les besoins présents & les nécessités de la vie, ou même une curiosité raisonnable, il n'est pas douteux que les sciences & les arts n'aient été portés à un point de perfection capable de nous procurer tous ces biens; on pourroit même dire que les hommes n'ont que trop bien

réussi en cela, ou, au moins, qu'ils ont abusé des avantages que les sciences & les arts leur ont procurés, puisque ces avantages n'ont fait qu'accroître leurs maux en favorisant la mollesse, le luxe & l'ambition.

Mais l'esprit de l'homme, toujours inquiet, a encore un objet de désir; témoins des merveilles de la nature, il désireroit s'élever à la connoissance des moyens qu'elle employe, ou des causes qui opèrent les miracles qu'il admire; & c'est-là le point de perfection auquel les sciences n'ont pas encore été portées, & duquel je soutiens qu'elles sont bien éloignées, contre l'opinion de quelques enthousiastes qui font un éloge outré de la physique moderne; s'il faut les en croire, les derniers siècles ont été assez heureux pour avoir vu naître de vastes & puissants génies, qui marchant avec toutes les forces réunies

de l'esprit humain, ont dévoilé les myſteres les plus ſecrets de la nature, & ne nous laiffent prefque plus rien à défirer.

Il convient de remarquer que ceux qui parlent de la phyſique moderne d'une maniere ſi avantageuſe, ne ceſſent de déclamer contre les anciens; ils ne trouvent qu'obſcurité, erreur ou même abſurdité dans leurs ouvrages; tandis que ceux des modernes ne contiennent rien qui ne ſoit démontré d'une maniere évidente & ſublime.

Il y a certainement de l'ingratitude de la part des modernes d'accuſer les anciens d'ignorance: ſans les grands hommes qui vécurent, il y a environ deux ou trois mille ans, les ſciences ne ſeroient peut-être pas encore parvenues au point de perfection qu'elles reçurent dans ces temps-là; ſi leur philoſophie étoit pleine d'obſcurité, celle d'aujourd'hui n'eſt guere plus lumineuſe,

si nous avons découvert plusieurs erreurs des anciens, la postérité les vengera lorsqu'elle mettra en évidence le ridicule des opinions modernes: soyons donc plus équitables dans le jugement que nous porterons sur les anciens philosophes, afin de mériter que les siècles à venir usent envers nous de la même indulgence.

L'importance des découvertes qui ont été faites dans les derniers temps sont sans doute le fondement sur lequel est appuyé l'éloge pompeux que l'on fait de la physique moderne; ces découvertes sont en effet très-belles & très-utiles, on ne sauroit le contester; mais qui est-ce qui ignore que nous devons les plus belles de ces découvertes au hasard seul, & que l'on n'est parvenu à la découverte des autres que par le moyen des premières, & par le tatonnement; ce qui suffit pour prouver que les hommes

P R É F A C E. v

ne sont pas encore sortis de l'état de ténèbres dans lequel ils ont toujours vécu.

A la vérité les modernes paroissent avoir tiré tout le parti possible de ces découvertes pour la perfection des arts & de certaines théories ; mais il semble qu'elles auroient dû les conduire plus loin & leur faire entrevoir les ressorts secrets de la nature , ce qu'elles n'ont pas fait : c'est donc un reproche qu'on peut leur faire , & cela avec d'autant plus de raison , que ces découvertes ont été jusqu'ici entièrement inutiles à cet égard , puisqu'elles ne sont exactement que des phénomènes nouveaux qui , comme ceux qui ont été connus de tous temps , doivent être regardés comme autant de problèmes dont on n'a pas encore donné la solution.

Pour être convaincu de ce que je viens de dire , il suffira de parcourir les découvertes des derniers

temps : on fait que l'aiman attire le fer, & que lorsqu'il est libre, il tourne assez exactement deux de ses points vers les poles de la terre; on fait aussi que cette pierre communique aisément les mêmes propriétés au fer, & l'on n'ignore pas la déclinaison & l'inclinaison de l'aiguille aimantée; mais la cause de tous ces phénomènes est inconnue.

Il sembloit que la connoissance de la poudre à canon devoit nous découvrir la nature du feu & ne plus nous laisser ignorer la cause de la propagation; cependant nos connoissances sur ces matieres n'ont fait aucun progrès, & nous ignorons de plus la cause des effets surprenants de la poudre à canon.

Torricelli a reconnu la pesanteur de l'air, & cette découverte est très-intéressante, puisqu'elle nous a appris la cause commune d'une infinité d'effets que les anciens attribuoient mal-à-propos à l'horreur du

vuide ; mais combien cette connoissance est-elle imparfaite, puisque nous sommes forcés d'avouer que nous ignorons la cause de la pesanteur de l'air comme celle des autres corps, à moins que nous ne soyons assez crédules pour regarder l'attraction comme un principe de la nature.

On a découvert la loi suivant laquelle les rayons de lumière se réfractent lorsqu'ils passent obliquement d'un milieu dans un autre de différente densité ; mais on ignore la cause de ce phénomène, & ce qui paroîtra encore plus surprenant, c'est qu'on a fait l'analyse de la lumière, & qu'on a porté l'optique à un très-haut degré de perfection, sans qu'on puisse se flatter de connoître ce que c'est que la lumière.

On peut porter le même jugement sur la découverte des phosphores, des phénomènes de l'électricité & de tant d'autres dont la

connoissance n'a fait qu'exciter en nous un ardent desir d'en connoître la cause ; on a souvent espéré que de pareils phénomènes dévoileroient le mystere de la nature , mais inutilement , ceux qui ont entrepris d'en donner une explication , étant tombés dans des contradictions & des erreurs étonnantes.

Pour abréger , je joins ensemble toutes les découvertes qui ont été faites dans certaines sciences , & je remarque que , quoiqu'on ait découvert la circulation du sang , & que l'anatomie ait été portée tout récemment à un point de perfection auquel la postérité aura de la peine à ajouter foi , nous n'avons cependant pas une idée plus distincte de l'économie animale , que celle qu'en avoient les anciens ; nous ignorons le mécanisme des sécrétions , la cause du mouvement musculaire , la maniere dont le corps animal est affecté dans les sensations , la génération

ration aussi bien que l'accroissement & la nutrition, sont toujours pour nous autant de mysteres.

Il en est de même de l'astronomie dont les progrès paroissent étonnans; on connoît la route des astres avec une précision à laquelle on n'auroit pas espéré de pouvoir parvenir, tant est grande l'irrégularité apparente de leur mouvement; mais la physique céleste ne reçoit aucune perfection, nous ne connoissons pas les causes dont la combinaison regle le mouvement des astres & les tient suspendus au dessus de nos têtes; on ne fait pas encore si les planetes & les cometes se meuvent dans des espaces immenses, vuides de matiere, ou dans un plein parfait; enfin nous ignorons par quel moyen la lumiere des astres parvient jusqu'à nos yeux.

Il est certain que les philosophes ne nous ont donné sur toutes ces matieres que de vaines conjectures,

appuyées sur des principes obscurs & incertains, & que leurs systêmes sont en contradiction, sinon avec eux-mêmes, au moins avec les phénomènes; d'où il est permis de conclure que les hommes ignorent le fond de la nature, & que leurs connoissances sont trop imparfaites pour qu'ils puissent se glorifier des découvertes qu'ils ont faites.

Cependant, lorsqu'on fait attention à l'industrie avec laquelle les hommes ont su tirer parti des biens que la nature a si libéralement répandus autour d'eux, on doit convenir qu'ils ont droit de se féliciter des connoissances qu'ils ont acquises, puisqu'ils en savent assez pour se conduire & se rendre heureux sans les connoissances qui leur manquent: ils doivent être persuadés que l'esprit humain doit être borné, & qu'il est plus que vraisemblable qu'ils ne parviendront jamais à une parfaite connoissance des merveilles

de la nature ; mais c'en est assez pour leur faire connoître & glorifier l'auteur de la nature auquel ils doivent toutes leurs possessions & leurs connoissances.

L'état d'ignorance dans laquelle on peut dire que les hommes sont encore , ne doit donc pas les empêcher d'être contents du progrès de leurs connoissances ; mais doivent-ils en demeurer là & respecter le voile qu'il semble que la nature a mis sur tous ses ouvrages ; ne doit-on pas craindre avec quelques philosophes de dérober à la nature son secret , & que si on réussissoit dans cette entreprise , ce ne fût un crime qui dût être expié par tout le genre humain , comme le vol du feu du ciel par Prométhé.

Cette crainte paroît tout-à-fait frivole ; s'il est des choses que Dieu ait voulu cacher aux hommes , sans doute il les a mises hors de leur portée : il est donc permis à un

chacun de travailler à l'avancement des sciences que je crois fort éloignées de la perfection à laquelle les hommes peuvent les porter; il n'y aura que les siècles les plus reculés qui pourront savoir ce dont est capable l'effort réuni de tout le genre-humain; la seule précaution qu'il y ait à prendre est de se renfermer dans les bornes du respect qui est dû à l'auteur de la nature, en ne se livrant à la contemplation de ses ouvrages, que dans le dessein de mieux connoître le prix des bienfaits que nous en recevons tous les jours.





T A B L E

DES CHAPITRES.

P R É F A C E.	page j
<i>Essai sur le Mouvement,</i>	page i

CHAPITRE PREMIER.

PROPOSITION PREMIERE.

*Tous les corps qui existent dans la nature ;
ceux au moins qui ont un volume tant
soit peu sensible, sont autant de masses
composées d'une infinité de petits corps
tous différents les uns des autres,* 6

CHAPITRE II.

PROPOSITION SECONDE.

*L'action d'un corps, qui presse ou qui cho-
que un autre corps, n'est pas portée en
un instant d'une extrémité à l'autre de
ce corps, ou en général, d'un terme à
un autre,* 19

CHAPITRE III.

PROPOSITION TROISIEME.

Il existe un tourbillon autour d'un corps qui, ayant été mis en mouvement dans un milieu quelconque, continue de se mouvoir après que la puissance motrice a cessé d'agir, 32

CHAPITRE IV.

PROPOSITION QUATRIEME.

Le mouvement d'un corps qui continue de se mouvoir dans un milieu quelconque, après que la force motrice a cessé d'agir, est dû à un tourbillon qui s'est formé autour de ce corps, 42

CHAPITRE V.

PROPOSITION CINQUIEME.

Tous les corps qui font partie d'une masse qui se meut circulairement, doivent continuer de se mouvoir, 53

CHAPITRE VI.

PROPOSITION SIXIEME.

Les corps sont purement passifs, ou la matière est inerte, 66

DES CHAPITRES. xv

CHAPITRE VII.

PROPOSITION SEPTIEME.

La direction du mouvement d'un corps dépend principalement du même mécanisme auquel est dû le mouvement de ce corps, 74

CHAPITRE VIII.

Réflexions sur la définition du mouvement, sur le plein, le vuide, &c. 96

CHAPITRE IX.

Réflexions sur la loi du choc, 123

CHAPITRE X.

Réflexions sur la résistance des milieux, 139

CHAPITRE XI.

Réflexions sur la nature & le mouvement des cometes, 171

CHAPITRE XII.

Examen des phénomènes qui sont l'effet de la pression des corps, 181

xvj TABLE DES CHAPITRES.

CHAPITRE XIII.

*Examen des phénomènes qui sont l'effet de
l'attraction des corps ,* 195

CHAPITRE XIV.

*Examen des phénomènes qui sont l'effet de
la percussion des corps ,* 202

CHAPITRE XV.

Examen du principe général de l'équilibre ;
228

CHAPITRE XVI.

Réflexion sur le mouvement perpétuel , 237

CHAPITRE XVII.

PROPOSITION HUITIEME.

*Il existe dans la nature un fluide subtil ca-
pable de faire graviter les corps vers le cen-
tre de la terre avec une force proportionnelle
à leur masse ,* 244

Fin de la Table.



ESSAI

SUR

LE MOUVEMENT. (a)

APRÈS trois ou quatre mil ans de dispute sur les causes & la nature du mouvement, sur le lieu, l'espace ou l'étendue, sur le plein & le vuide, sur l'essence, la divisibilité & l'impénétrabilité de la matiere; la plupart des Physiciens ont enfin abandonné ces questions, pour s'en tenir aux principes suivans, sur lesquels ils sont assez d'accord.

(a) Les quatre premiers chapitres, & le sixieme de cet ouvrage, ont paru dans un ordre différent en 1783, chez DELCROS, à Clermont-Ferrand, & l'ouvrage entier est tiré de plusieurs mémoires lus dans les assemblées particulieres de la Société Royale des Sciences, Arts & Belles-Lettres de Clermont-Ferrand.

Ces principes sont que la matiere est inerte, ou que les corps n'ont aucun principe d'activité, aucune force en eux-mêmes; d'où ils ont conclu qu'ils devoient être indifférents pour l'état, soit de repos, soit de mouvement, & qu'ils devoient persévérer dans celui de ces deux états, dans lequel ils se trouvoient.

Nous allons voir que ces principes sont très-certains, puisqu'ils peuvent être prouvés de maniere à ne laisser aucun doute; mais nous verrons aussi, dans la suite, que les premieres conséquences qu'on en a tirées, sont très-fausses; tant il est vrai qu'un principe, quoique certain, devient le plus souvent inutile, quand il n'est pas mis dans tout son jour.

Ces principes ne sont pas le seul fondement de la physique moderne: les loix du choc & de l'attraction en font la principale base; loix qui, dans le sens qu'on leur donne communément, ne sont pas mécaniques, & que pour cette raison, on seroit en droit de rejeter; mais les partisans de ces loix les défendent avec opiniâtreté; ils disent que, sans elles, soit à cause de l'impénétrabilité de la matiere, soit à cause de son inertie, les corps, après la création, seroient demeurés d'eux-mêmes dans un éternel re-

pos, si Dieu n'y avoit pourvu, & que, pour l'accomplissement de ses desseins, sa sagesse avoit été forcée (b) d'établir des loix, qu'ils ont eu la témérité de déterminer eux-mêmes, & qu'ils prétendent qu'on doit respecter, comme étant le terme des connoissances humaines, au-delà du quel on ne sauroit ailer.

Malgré tout ce qu'ils ont dit, je ne crois pas qu'on soit obligé de regarder ces loix comme étant d'institution divine, & que ce soit un crime de les attaquer; je pense plutôt que ç'a été un attentat de leur part, lorsqu'ils se sont flattés d'avoir pénétré les desseins de Dieu, de l'avoir trouvé dans l'embarras après la création, & forcé d'établir les loix qu'ils ont imaginées; l'Etre suprême n'auroit-il donc d'autre moyen que ces loix pour l'exécution de ses desseins, & ces Messieurs peuvent-ils se flatter de connoître les bornes de sa puissance.

Il est vrai que les phénomènes de la nature semblent prouver qu'il existe une gravitation générale & réciproque entre tous les corps, & qu'on peut appeller attraction avec M. Newton; mais ce

(b) Voyez les Instit. neut. de M. Sigorgne.

philosophe ne l'a pas donné pour un principe de la nature ; il convenoit qu'elle pouvoit être l'effet d'une cause générale , à la connoissance de laquelle il défespéroit de pouvoir parvenir , & se contenta d'assurer que toute la nature y est assujettie : recevons donc cette loi telle que l'a donnée ce grand philosophe, puisqu'elle s'accorde si bien avec les phénomènes célestes , & suspendons d'ailleurs notre jugement.

Quand à la loi du choc qui veut qu'un corps choqué par un autre corps , reçoive du mouvement proportionnellement à la masse , & qu'il continue , si rien ne s'y oppose , de se mouvoir éternellement , uniformément & toujours en ligne droite , elle est très-fausse ; ce n'est que dans certains cas & par accident , qu'un corps qui en choque un autre , lui communique du mouvement proportionnellement à la masse ; le plus souvent les choses se passent autrement , le corps choquant peut communiquer tout son mouvement au corps choqué , ou le conférer tout entier , suivant les circonstances : d'ailleurs le mouvement éternel , en ligne droite , n'existe point dans la nature , l'imagination ne sauroit le concevoir , il répugne.

Si, comme je le pense, le mouvement est, dans tous les cas, l'effet d'un mécanisme que l'Être suprême a su varier avec une magnificence qu'on ne se lassera jamais d'admirer, il est certain que la connoissance de ce mécanisme n'est pas facile à acquérir; car si l'on traite cette question comme un problème général, on trouvera les plus grandes difficultés, & j'avoue sans peine qu'une pareille entreprise est au dessus de mes forces; si on se contente de traiter séparément, les questions particulières auxquelles peut se réduire la question générale du mouvement; on trouvera qu'elles tiennent ensemble si étroitement, que ce n'est qu'avec la plus grande peine qu'on peut en venir à bout: ce dernier parti étant celui que j'ai pris, on ne doit pas être surpris de me voir quelquefois répéter une même chose, & de ne trouver, qu'à la fin de cet ouvrage, les preuves de ce que j'avance au commencement, ou au moins une partie de ces preuves; ces inconvénients auxquels j'aurois désiré de pouvoir remédier, m'ont paru inévitables.



 CHAPITRE PREMIER.

PROPOSITION PREMIERE.

Tous les corps qui existent dans la nature, ceux au moins qui ont un volume tant soit peu sensible, sont autant de masses composées d'une infinité de petits corps tous différents les uns des autres.

LES fluides étant tous divisés en une infinité de molécules, on est bien en droit de regarder ces molécules comme autant de corps différents les uns des autres : à l'égard des solides, il est certain que la cause qui lie ensemble leurs parties ne les identifie pas, puisqu'ils peuvent être divisés, soit par les instruments mécaniques, soit par le feu & les dissolvants ; mais les parties des solides ne sont divisées que parce qu'elles sont mises en mouvement séparément les unes des autres ; donc, lorsqu'il est question du mouvement, on doit regarder les solides ainsi que les fluides, comme des masses composées d'une infinité de petits corps ; il semble donc que cette proposition n'a pas besoin de preuves.

Il semble aussi que ce n'est qu'une simple question de nom, & qui par cette raison, ne mérite pas d'être traitée sérieusement ; mais on va voir qu'elle tient inséparablement à une question de fait des plus intéressantes ; c'est pourquoi je vais tâcher de la traiter avec tous les soins dont je suis capable.

Avant de traiter la question du mouvement, il est essentiel de déterminer ce qu'on doit appeler un corps, parce que ce terme est tellement générique, qu'on le donne à l'univers entier & à chacune de ses parties, jusqu'à la plus petite molécule de matière, & que le sens du discours ne fait pas assez connoître ce qu'on veut qu'il signifie toutes les fois qu'on s'en sert : il est vrai qu'on fait aussi usage des termes de corpuscules, molécules, pour désigner les parties infiniment petites qui composent un corps ; & de celui de masse pour exprimer un corps composé de plusieurs corps, ou aussi, un corps composé d'une infinité de parties ou molécules ; mais je ne vois pas pourquoi on regarde si souvent toutes les parties qui composent un solide, comme ne faisant qu'un seul & même corps ; le principe dont il va être fait mention, me paroît y avoir beaucoup de part.

Si on frappe une pierre d'un coup de marteau, on pense que l'action du marteau est portée en un instant (indivisible) d'une extrémité à l'autre de cette pierre ; or il est certain que si cela étoit, on ne pourroit pas dire que les parties, ou molécules dont est composée cette pierre, sont autant de corps différents les uns des autres, & on seroit forcé de regarder cette pierre, comme un seul corps, ou comme l'unité, ainsi qu'on le va voir.

Pour prouver ce qui vient d'être dit, voici de quelle façon je vais m'y prendre ; je dirai qu'un corps ne sauroit en choquer un autre sans le toucher ; principe si évident que je ne crois pas qu'on soit tenté de me le contester, puisque c'est la définition du choc lui-même ; cela posé.

Soient plusieurs corps, plusieurs boules, par exemple, mises dans une même file, de manière qu'elles se touchent toutes, & que la première soit frappée d'un coup de marteau ; alors si ces boules sont des corps différents les uns des autres, le marteau qui ne touche que la première, ne choquera que la première, la seconde ne pourra être choquée que par la première, la troisième

par la seconde, ainsi de suite; mais la première ne peut choquer la seconde, qu'après avoir été choquée par le marteau, & la seconde ne choquera la troisième qu'après avoir été choquée par la première, &c. ce qui demande nécessairement une succession de temps; d'où l'on doit conclure que l'action du corps choquant ne peut parvenir que successivement, d'une extrémité à l'autre, d'un système quelconque de corps.

Mais s'il étoit vrai que l'action du marteau fut portée en un instant jusqu'à la dernière boule, on ne pourroit plus dire que ces boules sont choquées les unes par les autres, & il faudroit qu'elles fussent toutes participantes à l'action immédiate du marteau; d'où il suit qu'on ne pourroit plus dire que ces boules sont des corps différents les uns des autres, parce qu'alors il s'en suivroit qu'un corps peut en choquer un autre sans le toucher, ce qui seroit contre le principe que nous avons établi ci-dessus.

Ce que nous venons de dire de plusieurs boules qui se touchent, doit s'entendre des molécules qui composent un solide quelconque; une pierre, par exemple, si l'action du marteau étoit portée en un instant d'une extrémité à l'autre de cette

Pierre, on ne seroit pas libre de dire que les molécules qui la composent, sont autant de corps différents les uns des autres, & on seroit forcé de regarder toutes ces molécules comme ne faisant qu'un seul corps, c'est-à-dire, de considérer leur assemblage comme l'unité, ou plutôt, comme un corps simple; conséquence qu'on doit regarder comme absurde.

Nous verrons dans le chapitre suivant que l'action d'un corps, de quelque manière qu'il agisse, n'est pas portée en un instant d'une extrémité à l'autre d'un autre corps, ou en général, d'un terme à un autre, & par conséquent qu'il n'y a là aucune raison qui puisse autoriser ceux qui, lorsqu'il est question du choc des corps, regardent les solides comme l'unité, ou comme un seul corps; ce qui ne peut être permis que dans certains cas où l'on peut se dispenser de remonter jusqu'aux premiers principes des choses: mais ceux qui entreprennent de traiter la grande question du mouvement, doivent continuellement faire attention que tous les corps qui existent dans la nature, au moins ceux qui ont un volume tant soit peu sensible, sont autant de masses composées d'une infinité

de parties, qui font elles-mêmes autant de petits corps différents les uns des autres : je n'ignore pas qu'on avoit déjà compris la nécessité d'en user ainsi pour l'explication de plusieurs phénomènes, mais il restoit encore beaucoup de confusion & d'incertitude sur cette matière, & on n'avoit pas fait l'application de ce principe à tous les cas qui le demandent.

Pour ne rien innover dans la nomenclature, j'appellerai corpuscules, molécules, ou corps simples, les parties infiniment petites, ou les éléments d'une masse quelconque ; & je donnerai le nom de masse, corps composés, ou simplement de corps, à l'assemblage d'une infinité de petits corps simples ; & s'il en est besoin, je regarderai les corps simples comme des masses composées d'une infinité de particules, qui seront elles-mêmes des corps simples, ou infiniment petits du second ordre.

La division des corps en corps fluides, mous, durs & élastiques, a son utilité, parce que ces corps n'agissent pas tous de la même manière ; mais la division des corps en corps simples & composés, est encore plus essentielle, parce que l'action d'une masse est totale-

ment différente de celle des corps simples. Nous aurons dans la suite de fréquentes occasions de remarquer la nécessité & l'avantage d'envisager la matière sous ce point de vue, & combien cela seul est capable de répandre de lumière sur tous les phénomènes de la nature; les réflexions suivantes suffiroient pour lever tous les doutes qu'on pourroit former là-dessus.

Premièrement, si on regardoit une sphere qui se meut circulairement sur un de ses axes comme un corps simple ou comme l'unité, quelle idée pourroit-on avoir de son mouvement; ne seroit-on pas tenté de croire que le mouvement de cette sphere n'est pas un mouvement local, ou de distinguer entre le mouvement de translation & le mouvement circulaire, (*itio & circuitio*) & même ne seroit-on pas en droit de dire que cette sphere ne se meut pas du tout, ou qu'un corps peut se mouvoir en même temps vers l'orient & vers l'occident. Il faut remarquer que ce sont autant d'absurdités qui ont été dites, & qui doivent leur origine à la maniere d'envisager les corps.

Mais si on considère cette sphere comme une masse ou comme un assem-

blage d'une infinité de petits corps différens les uns des autres, on verra clairement que ces petits corps, sans sortir de l'état de repos relatif où ils sont les uns par rapport aux autres, se meuvent tous ensemble circulairement, & avec des vitesses proportionnelles à leur distance de l'axe.

Secondement, soit un corps pésant suspendu à un point fixe; ce corps prendra la situation qu'exige l'équilibre, & dans ce cas il est clair que chaque molécule qui le compose, exerce une action différente des autres; il n'y en a pas une qui n'aie son antagoniste située de l'autre côté de la verticale qui passe par le centre de la gravité de ce corps, & l'action que ces molécules exercent les unes sur les autres, étant opposée, on voit bien qu'on ne peut pas se dispenser de regarder ce corps comme une masse composée d'une infinité de petits corps simples.

Troisièmement, s'il étoit vrai que l'action d'un corps qui en choque un autre, est portée en un instant d'une extrémité à l'autre du corps choqué; on seroit forcé de regarder celui-ci comme l'unité, ou comme un corps simple, puisque nous avons vu que ces deux choses sont liées

ensemble ; mais alors la fracture , ou la dislocation des parties d'un corps , ou d'un solide quelconque , ne sauroit avoir lieu , c'est-à-dire , qu'un phénomène qui arrive à chaque instant dans la nature , seroit impossible ; car soit , par exemple , une boule de verre qui seroit frappée d'un coup de marteau , quelque violent que fut le coup , s'il étoit porté en un instant d'une extrémité à l'autre de cette boule , toutes les parties qui la composent seroient choquées dans le même instant , & d'ailleurs il n'y auroit aucune raison de dire qu'elles n'ont pas toutes été choquées de la même manière , c'est-à-dire , avec la même force & dans la même direction ; d'où il suit que cette boule devoit se mettre en mouvement , sans que ses parties fussent séparées les unes des autres : & si elle étoit frappée de plusieurs coups à la fois , il semble qu'elle devoit prendre une direction qui pût satisfaire à toutes les impressions qu'elle auroit reçue , sans éprouver de fracture.

Mais si l'action du corps choquant n'est pas portée en un instant d'une extrémité à l'autre du corps choqué , on pourra regarder celui-ci comme une masse composée d'une infinité de petits

corps simples, qui pourront être choqués séparément les uns des autres; condition essentielle, sans laquelle la division des corps ne fauroit avoir lieu, & on connoitra facilement quels sont les cas dans lesquels un corps peut être divisé: ce que je trouve de merveilleux, c'est de voir que les artistes, conduits par l'habitude & par une instinct naturel, exécutent la division des corps avec autant de succès, que s'ils avoient des regles fondées sur la théorie la mieux éclairée; ils savent, sans qu'on le leur ait appris, que quelque grande que soit l'adhérence de deux molécules de matiere, elles sont deux corps différents l'un de l'autre, & qui peuvent être choqués & mis en mouvement, séparément l'un de l'autre.

Il est évident que si toutes les molécules, ou tous les corps simples qui composent une masse, sont sollicités à se mouvoir dans le même instant par des forces égales & dans la même direction, ou des directions paralleles, la masse totale sera mise en mouvement sans éprouver de fracture; mais si quelques-unes de ces molécules étant choquées, les autres ne le sont pas, ou si elles ne le sont pas toutes, mais avec des

forces inégales, dans des temps différens, & des directions opposées, on voit bien que dans ces cas, & dans tous ceux qu'on pourroit former par la combinaison des temps, des forces & des directions, la masse pourra être divisée.

Mais il est intéressant de savoir qu'il n'est pas toujours facile d'employer une force qui n'agisse que sur certaines molécules déterminées d'un solide, & c'est ce qui rend la division des corps très-difficile dans certains cas, ainsi qu'on le verra dans l'exemple suivant.

Si un ouvrier entreprend de polir avec la lime une petite masse de métal, il n'en viendra pas à bout, si cette masse n'est pas arrêtée fixement, & cela parce qu'indépendamment de l'action immédiate des dents de la lime sur les molécules qu'elles touchent, il existe un mécanisme qui sollicite toute la masse de métal à se mouvoir, & par ce moyen, les molécules que l'ouvrier s'étoit proposé de détacher, se trouvent dérobées à l'action de la lime.

Le mécanisme dont je viens de parler, consiste dans un courant d'air qui forme autour de la lime un tourbillon imparfait, ou si l'on veut, c'est une espèce d'atmosphère de la lime, qui tend

à devenir l'atmosphère commune de la lime, & de la masse de métal.

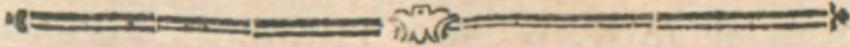
On remédie en partie à de pareils inconvénients, non seulement en arrêtant fixement les corps qu'on se propose de diviser, mais encore en donnant beaucoup de vitesse à l'instrument qui doit opérer cette division, en le construisant avec une matière dure, & en lui donnant une forme qui soit telle que cet instrument ne touche que les seules parties ou molécules qu'on se propose de détacher; il n'en faut pas davantage pour voir quel doit être l'effet de la scie, de la lime, du foret, du burin, &c.

On remédie aussi au même inconvénient, lorsque pour diviser un corps, on employe des forces qui attaquent ses parties ou molécules dans le même instant, & dans des directions opposées; c'est ainsi que pour diviser un petit corps dur, on le place entre deux tables de matière dure & compacte, en faisant ensuite glisser ces tables l'une sur l'autre, les petites parties du corps à diviser se trouvent choquées dans le même instant & dans des directions opposées, ce qui rend très-facile leur division; c'est en cela que consiste tout le mécanisme de la trituration.

Voici , je pense , l'idée qu'on doit avoir de l'action du feu : un corps exposé à l'action du feu , est un corps dans les pores duquel ce fluide subtil forme un nombre prodigieux de petits ruisseaux qui se meuvent avec beaucoup de vitesse , & dans toutes les directions imaginables ; il doit donc arriver à chaque instant que deux molécules de ce corps , voisines l'une de l'autre , se trouvent choquées dans le même instant & dans des directions différentes ou même opposées , ce qui rend leur séparation très-facile ou même inévitable.

Il faut pourtant remarquer que si les directions , dans lesquelles deux molécules qui se touchent , étoient tellement opposées que ces molécules ne pussent pas se mouvoir sans se faire obstacle , alors leur adhérence mutuelle augmenteroit.





CHAPITRE II.

PROPOSITION SECONDE.

L'action d'un corps, qui presse ou qui choque un autre corps, n'est pas portée en un instant (c) d'une extrémité à l'autre de ce corps, ou en général, d'un terme à un autre.

LA nature conduit ses opérations, tantôt avec une lenteur qui tient de l'immobilité, souvent avec une vitesse qui paroît infinie, & dans tous les cas elle nous cache avec le plus grand soin les ressorts dont elle fait usage : il n'est donc pas étonnant si nous payons si souvent & si long-temps tribut à l'erreur avant de parvenir jusqu'à la vérité, & si au lieu de principes sûrs & évidents, nous n'avons le plus souvent que des préjugés qui nous éloignent de plus en plus du but où nous tendons ; nos premiers jugemens étant fondés sur le rapport des sens, ne peuvent être que très-

(c) Il sera toujours question d'un instant indivisible.

incertains, puisque nos sens eux-mêmes sont si souvent dans l'illusion; malgré cela il faut convenir que nous n'avons pas de guide plus sûr que nos sens pour nous conduire dans l'étude de la nature; ils sont faits pour nous instruire de ce qui se passe autour de nous, & s'il est des phénomènes capables de nous tromper, il en est d'autres qui peuvent nous aider à rectifier nos jugements, qu'il est par conséquent essentiel de savoir suspendre, sur-tout pour traiter avec succès la question présente.

Si l'on pousse l'un des bouts d'un bâton avec la main, on pense que l'action de la main est portée en un instant jusqu'à l'autre bout: de même si l'on frappe une pierre d'un coup de marteau, on pense que l'action du marteau est portée en un instant d'une extrémité à l'autre de cette pierre; on donne même beaucoup d'étendue à ce principe; on pense qu'un coup de marteau seroit porté en un instant d'une extrémité à l'autre d'un système de corps durs qui se toucheroient.

Ce principe, ou plutôt ce préjugé, qui n'est fondé que sur l'illusion des sens, a été si généralement reçu, que je ne connois aucun physicien qui l'ait con-

testé ; c'est pourquoi je citerai M. Descartes seul , parce que c'est là - dessus qu'est fondée la fameuse hypothese par laquelle ce philosophe avoit tenté d'expliquer la propagation de la lumiere qu'il croyoit instantanée ; voici ses propres paroles , (d) *sachant que les parties du second élément se touchent & se pressent toutes les unes les autres , autant qu'il est possible ; on ne peut aussi douter que l'action dont les premieres sont poussées , ne doive passer en un instant jusqu'aux dernieres ; tout de même que celle dont on pousse l'un des bouts d'un bâton , passe jusqu'à l'autre bout en un instant , ou plutôt , &c.* Il est bon d'avertir que ceux qui firent des objections contre cette hypothese, convenoient que l'action du soleil pourroit être portée en un instant jusqu'à nos yeux , si l'éther étoit une matiere dure.

On voit par-là que M. Descartes , au moyen de la dureté & de la contiguité des globules de son second élément , cherchoit à remédier à l'inconvénient qui lui paroissoit résulter de la fluidité de l'éther ; mais il étoit grandement éloigné de la vérité , aussi bien que ceux

(d) Descartes , traité de la lumiere , chap. 24.

qui lui firent des objections : une matiere dure seroit tout ce qu'il y a de moins propre pour transmettre au loin l'action d'un corps lumineux , ou même en général l'action d'un corps : tâchons donc de combattre , par tous les moyens possibles , ce préjugé qui est de si grande conséquence , qu'il seroit seul capable de rendre la question du mouvement éternellement inaccessible aux recherches des philosophes.

Il seroit plus que difficile que l'action d'un corps qui choque ou qui presse un corps dur , ou un solide quelconque , fut portée d'une extrêmité à l'autre de ce corps par le déplacement successif des molécules qui le composent , ainsi qu'il arrive dans les fluides ; mais je soutiens qu'on s'est trop hâté d'en conclure qu'il falloit nécessairement que cette action fut portée en un instant d'une extrêmité à l'autre du corps choqué ou comprimé , qu'on devoit plutôt en tirer une conséquence opposée , & assurer qu'elle n'y est pas portée du tout : les preuves suivantes , en faisant voir la fausseté de ce principe , feront connoître , en même temps , que dans le choc & la pression des corps , les molécules touchées sont les seules qui soient immédiatement participantes à cette action.

Premiere preuve, lorsqu'un corps dur est frappé d'un coup de marteau, si ce corps est fragile, il est souvent mis en pieces; or, suivant ce que nous avons vu dans la proposition précédente, ce phénomène est une preuve évidente que l'action du marteau n'est pas portée en un instant d'une extrémité à l'autre de ce corps: que la fracture ait lieu ou non, on ne peut pas s'empêcher de croire que les molécules du corps qui ont été touchées par le marteau, n'ayent été choquées les premières, & sollicitées à se mouvoir avant le reste de la masse; la compression que souffre un corps choqué dans la partie qui a été touchée par le corps choquant, ne permet pas d'en douter, quoique souvent il n'en reste aucune trace.

La cause de l'erreur où l'on est à ce sujet, vient de ce qu'il arrive souvent, qu'après le choc, le corps choqué se met en mouvement, de maniere que toutes les parties ou molécules qui le composent, partent dans le même instant; d'où l'on a conclu qu'il falloit qu'elles eussent été choquées toutes dans le même instant: ce raisonnement pêche en ce qu'il suppose qu'il faut nécessairement que toutes les molécules qui

composent un corps soient choquées, pour que ce corps se mette en mouvement, ce qui est faux; le mouvement du corps choqué n'est pas l'effet de l'action immédiate du corps choquant, il est celui d'un mécanisme que je ferai connoître plus bas.

Lorsque l'on pousse l'un des bouts d'un bâton avec la main toutes les molécules qui composent ce bâton partent, à la vérité, dans le même instant; mais il ne s'ensuit pas que l'action de la main a été portée en un instant d'une extrémité à l'autre du bâton: pour s'en convaincre, soit un autre bâton de cire molle, & qu'on le pousse avec la main, ce bâton souffrira une compression qui prouve sans réplique que l'action de la main n'a pas été portée en un instant d'une extrémité à l'autre de ce bâton; or, l'action de la main est la même dans les deux cas, puisqu'elle n'est pas portée en un instant d'une extrémité à l'autre du bâton dans le second cas, pourquoi voudroit-on qu'elle y fut portée dans le premier.

Tout ceci fait comprendre que le mouvement du bâton est l'effet d'un mécanisme auquel l'action lente de la main donne le temps de se former, & qu'il est facile

facile

facile de découvrir ; car puisqu'on fait qu'un bâton, que je suppose en repos dans l'air, est pressé dans tous ses points par une force égale, de manière que les différentes colonnes d'air qui pressent la surface du bâton, sont en équilibre entr'elles, il s'ensuit qu'une force ajoutée à l'une de ces colonnes, par exemple, la pression d'une main, doit rompre, l'équilibre, & le bâton doit se mettre en mouvement ; c'est aussi ce qui arrive : on voit par-là que l'action de la main n'est pas la seule cause du mouvement du bâton : nous verrons ailleurs comment les choses se passent dans de semblables occasions.

Seconde preuve : on fait que les fluides agissent en raison des surfaces des corps qui leur font obstacle ; par exemple : si on enfonce un pieu dans le lit d'une rivière, l'action de l'eau de la rivière sera proportionnelle à la surface du pieu qui lui est opposée ; or ce phénomène prouve invinciblement que l'eau de la rivière n'agit que sur cette surface, ou plutôt sur les seules molécules qui forment cette surface ; & par conséquent, que son action n'est pas portée en un instant d'un côté à l'autre du pieu,

ou que toute sa masse n'est pas choquée dans le même instant, sans quoi ce phénomène seroit inconcevable.

Les expériences qui prouvent que les fluides agissent en raison des surfaces des corps qui leur font obstacle, ne concernent que les fluides grossiers, tels que l'eau & l'air ; il suit de ce que je viens de dire, & la chose est évidente par elle-même, qu'un fluide assez subtil pour pénétrer dans les pores d'une masse, doit exercer une action toute différente, & même que cette action peut être proportionnelle à la masse ; ce que nous aurons occasion de remarquer en son lieu, parce qu'il est certain qu'il existe dans la nature un pareil fluide.

Quelques Physiciens peu satisfaits de tout ce qui a été dit sur cette matière, ont attribué le mouvement & la communication du mouvement des corps au fluide subtil dont je viens de parler ; suivant eux, ce fluide abondamment répandu dans la nature, & doué d'activité, peut mouvoir les corps dans les pores desquels il est logé, & si ces corps en rencontrent d'autres & qu'ils les choquent ; ce même fluide en passant de l'intérieur du corps choquant, dans l'intérieur du

corps choqué, peut mouvoir celui-ci, ou l'emporter avec lui. (e)

Sans être entièrement de l'avis des auteurs de ce systême, je pense que ce fluide a beaucoup de part au mouvement des corps : je dirai en deux mots mon sentiment sur ce fluide, après avoir remarqué que si l'action du corps choquant est transmise d'une extrêmité à l'autre du corps choqué par son moyen, elle n'y est pas évidemment portée en un instant ; ainsi ce systême ne porte aucune atteinte à la proposition présente.

Il me paroît que si ce fluide est logé dans les pores d'un corps en repos, il demeurera lui-même en repos ; si ce corps est en mouvement, il se mouvra d'un mouvement commun avec lui ; mais dans ces derniers cas, si le corps dans les pores duquel il est logé, rencontre un obstacle qui l'arrête, ce fluide continuera de se mouvoir ; & en passant de l'intérieur du corps choquant dans l'intérieur du corps choqué, il pourra exercer sur lui une action plus ou moins forte, & cela,

(e) Je ne connois pas les auteurs de ce systême qui est rapporté dans le traité du mouvement local du pere de Chales, livre premier, propositions troisieme & quatrieme.

évidemment, sans qu'il soit nécessaire de lui supposer de l'activité: il est d'ailleurs évident que l'action de ce fluide sur le corps choqué, n'est que momentanée; & je ne crois pas qu'elle soit suffisante, pour que ce corps se mette en mouvement, à moins que quelqu'autre cause n'y contribue en même temps: il faut aussi savoir que tous les corps ne sont pas également perméables, & que la vitesse avec laquelle les choses se passent dans le choc des corps, ne permet pas que ce fluide passe facilement de l'intérieur du corps choquant dans l'intérieur du corps choqué: voici quelques phénomènes qui me paroissent entièrement dépendre de l'action de ce fluide.

Si on frappe à coups de marteau un clou à demi enfoncé dans une pièce de bois, le clou entrera plus avant dans le bois; or, pour que ce phénomène arrive, il faut que le clou soit choqué sans que la pièce de bois le soit, ou au moins avant qu'elle le soit; car si le clou & toute la pièce de bois étoient choqués dans le même instant, on ne voit pas que le clou put se mouvoir séparément de la pièce de bois, ce qui est cependant nécessaire pour qu'il puisse y entrer; d'un autre côté, il est certain que le marteau n'agit

exactlyment que sur la tête du clou ; il n'y a donc qu'un fluide subtil qui, en sortant du marteau , & passant dans l'intérieur du clou , puisse le forcer d'entrer dans le bois ; ce que la grande porosité du fer rend très-croyable.

La commotion , & même la fracture d'un rocher que l'on frappe à coups de masse sont dues à ce même fluide ; ainsi que la commotion qu'éprouve une pièce de bois que l'on frappe à coups de marteau ; dans ces cas le corps choquant n'agit immédiatement que sur la surface du corps choqué ; mais le fluide subtil qui sort du corps choquant , porte son action jusques dans l'intérieur du corps choqué ; au reste , je ne crois pas qu'il soit nécessaire que ce fluide se meuve d'un mouvement de translation dans l'intérieur du corps choqué ; une simple pression qui se communique de proche en proche avec beaucoup de force, suffit pour cela.

Troisième preuve : si le principe que je combats étoit vrai , il ne seroit plus possible de découvrir la cause de la réflexion du mouvement des corps : en effet , lorsqu'une bille d'ivoire va choquer un bloc de marbre , si son action étoit portée en un instant d'une extrémité à

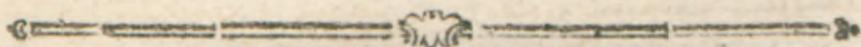
l'autre du bloc de marbre, elle seroit distribuée également à toute sa masse; & alors comment concevoir que son mouvement pourroit lui être rendu afin qu'elle put se réfléchir; mais si le bloc de marbre refuse (*f*) de recevoir le mouvement de la bille, dès-lors on comprend qu'elle pourra se réfléchir.

C'est un principe qui me paroît puisé dans la nature elle-même; savoir que la propagation du mouvement ne peut être que successive: un corps qui se meut ne parvient pas en un instant d'un terme à un autre, sans quoi on pourroit dire que ce corps existe en plusieurs endroits dans le même instant, ce qui répugne; & si l'action d'un corps étoit transmise en un instant d'une extrémité à l'autre d'une masse quelconque; ce seroit la même chose que si elle étoit portée en un instant d'un terme à un autre, ce qui répugne de même; parce qu'il s'en suivroit que cette action existe en plusieurs endroits à la fois.

(*f*) M. Descartes disoit qu'un corps en mouvement se réfléchit lorsqu'il rencontre un obstacle, c'est à-dire, un autre corps qui refuse de recevoir son mouvement; il semble que ce philosophe auroit dû faire connoître la cause de ce refus.

Les anciens disoient qu'un corps ne fauroit agir sur un autre corps sans le toucher ; (*corpus non agit in distans*) mais les modernes qui ont observé que les astres agissent les uns sur les autres , prétendent qu'un corps peut agir sur un autre corps , même à de très-grands distances : que penser d'une si grande diversité d'opinions , sur-tout lorsqu'on fait attention que celle des anciens est puisée dans la nature même , & que celle des modernes est prouvée par l'expérience ; & quel parti plus convenable à prendre que celui de s'occuper de nouvelles recherches , qui sont d'autant plus nécessaires , que ni les anciens ni les modernes ne se sont pas assez expliqués sur cette matière : or les principes que j'ai établis ci-dessus , nous conduiront à la solution de cette difficulté ; nous verrons que si l'action d'un corps qui choque ou qui presse un autre corps , n'est pas portée en un instant d'une extrémité à l'autre de ce corps , c'est parce que d'un côté , le corps choqué ou comprimé est composé d'une infinité de parties ou molécules qui sont elles-mêmes autant d'êtres ou de petits corps différents les uns des autres , & que d'ailleurs un corps ne fauroit agir sur un autre corps sans le toucher ; car ce dernier principe est exacte-

ment vrai ; il faut seulement savoir qu'il ne doit s'entendre que de l'action immédiate des corps simples ; je dis de l'action immédiate , parce que ces petits corps ainsi que les masses qui en sont composées , peuvent par différents moyens porter leur action à de très-grandes distances : tout ceci deviendra évident , lorsque je parlerai de la pression & du choc des corps.



C H A P I T R E I I I .

PROPOSITION TROISIEME.

Il existe un tourbillon autour d'un corps qui, ayant été mis en mouvement dans un milieu quelconque, continue de se mouvoir après que la puissance motrice a cessé d'agir.

A Ristote , Platon , Descartes & plusieurs autres célèbres philosophes anciens & modernes , ont attribué la continuation du mouvement des corps , au milieu même dans lequel ils se meuvent ; ils ont pensé que le fluide qui environne un mobile en circulant , formoit un tourbillon autour de lui , & étoit par ce moyen ca-

pable de le conserver dans l'état de mouvement : mais soit parce qu'ils n'ont pas prouvé l'existence de ces tourbillons, soit parce qu'ils n'en ont pas bien connu la nature, leur opinion est tellement tombée dans l'oubli, qu'à peine en est-il fait mention dans les ouvrages des Physiciens les plus modernes : cette question est trop intéressante pour être abandonnée, elle mérite d'être traitée de nouveau, & c'est ce que je vais entreprendre.

Commençons par remarquer qu'il ne se forme point de tourbillon autour d'un petit corps que l'on voudroit mettre en mouvement dans l'eau, & c'est par cette raison qu'il ne continue pas de se mouvoir lorsque la puissance motrice l'a abandonné ; mais si ce corps a un volume un peu considérable, si c'est une barque un peu grande, par exemple, il est aisé de s'appercevoir, après que la puissance motrice a cessé d'agir, que l'eau qui est devant cette barque fuit pour ainsi dire devant elle, se détourne par côté, & va la rejoindre par derrière, ce qui forme un tourbillon dont il importe de découvrir la nature.

Si la puissance motrice n'est pas trop forte, & dans tous les cas, lorsqu'elle a cessé d'agir, on ne remarque aucune dif-

férence sensible dans la hauteur de l'eau, soit en avant, soit en arrière de la barque; ce qui prouve que l'eau, tant celle qui est devant, que celle qui est derrière cette barque, a une vitesse égale à celle de la barque elle-même & dans la même direction: en effet la chose ne souffre aucune difficulté par rapport à l'eau qui est derrière la barque, puisqu'elle la touche continuellement; & elle n'en doit pas souffrir non plus à l'égard de l'eau qui est devant cette barque, puisqu'elle ne s'élève pas au dessus du niveau: d'après cette remarque, je pense qu'on doit avoir l'idée suivante du tourbillon.

Si on suppose l'eau qui est devant la barque divisée en plusieurs lames parallèles à la surface antérieure de la barque, la première lame, celle qui touche immédiatement la barque, & qui est la seule qui puisse lui faire obstacle, a une vitesse égale à celle de la barque, ou pour éviter toute difficulté, qui n'en diffère que d'une quantité infiniment petite, & cette vitesse est dans la direction de celle de la barque; quant aux lames suivantes, leur vitesse diminue à proportion de leur éloignement de la barque, jusqu'au point où se termine le tourbillon; mais cette vitesse est tou-

jours dans la direction de celle de la barque : il faut remarquer de plus que l'eau qui forme ces lames se détourne continuellement, & qu'il se forme sans cesse de nouvelles lames. |

En supposant de même l'eau qui est derriere la barque divisée en plusieurs lames, on pourra dire que celle qui est immédiatement derriere elle, a une vitesse égale à celle de la barque, ou qui n'en differe que d'une quantité infiniment petite, & cette vitesse est dans la direction de celle de la barque ; les lames suivantes ont aussi une vitesse dans la même direction, mais qui diminue à proportion de leur éloignement de la barque, jusqu'au point où se termine le tourbillon : on voit de plus que ces lames se renouvellent sans cesse aux dépens de l'eau qui reflue latéralement : on conçoit déjà que l'eau qui est devant la barque, soit parce qu'elle a un mouvement dans la direction de celui de la barque, soit parce qu'elle se détourne continuellement, ne doit lui opposer qu'une très-foible résistance ; & sans aller plus loin, je pourrois prouver que cette barque doit continuer de se mouvoir en vertu de ce seul mécanisme ; mais il importe de faire voir qu'il existe

un pareil tourbillon autour d'un corps qui continue de se mouvoir dans l'air, après que la puissance qui l'a mis en mouvement a cessé d'agir.

En supposant l'existence d'un tourbillon autour d'un corps qui se meut dans l'air, c'est-à-dire, en supposant que ce corps est au milieu d'une masse d'air qui se meut avec lui & dans la même direction; on trouve une explication de la manière d'agir des corps sonores, si heureuse, qu'il ne me paroît pas possible qu'on puisse contester l'existence de ce tourbillon: en voici la preuve.

Le son n'est qu'un mouvement de l'air qui a été choqué; mais la grande lubricité de ce fluide, fait qu'il ne peut l'être que très-difficilement; par exemple, un corps en mouvement dans l'air, à moins qu'il ne devienne rétrograde, ne sauroit exciter le son, s'il est vrai que l'air qui est devant lui se meut avec lui dans la même direction & avec une vitesse sensiblement égale à la sienne; en effet, ce corps n'agit sur l'air qui est devant lui que par sa vitesse respective, laquelle étant égale à sa propre vitesse, moins celle de l'air qui est devant lui, peut être égalée à zéro; d'où il suit que l'action de ce corps sur l'air qui le précède,

doit être égalée à zéro , & qu'il ne sauroit exciter le son : mais si ce corps devient subitement rétrograde , il choquera l'air fortement dans ce cas , parce qu'il le choquera avec sa vitesse respective ; qui étant pour lors égale à la vitesse qu'il a en revenant sur ses pas , plus la vitesse de l'air , laquelle est sensiblement égale à celle qu'il avoit lui-même dans son premier mouvement , peut être regardée comme infiniment grande , & par conséquent il doit exciter le son.

Tous les phénomènes viennent à l'appui de ce que je viens de dire : on en sera convaincu si on fait attention qu'il n'y a de corps vraiment sonores que ceux qui , étant assez durs pour pouvoir choquer l'air , font des vibrations , ou dont les surfaces sont capables de frémir ; & il ne faut pas croire qu'une corde vibrante excite le son , seulement parce qu'elle fait des vibrations ; mais parce qu'en faisant des vibrations elle revient sur ses pas , ce qui la met en état de choquer l'air , qui sans cela éluderoit son action ; l'expérience suivante prouve cette vérité de la manière la plus sensible. Si on pince une corde d'instrument , & qu'on lui oppose un mouchoir ou un autre corps mou , qui puisse ralentir son mouvement , on

verra que cette corde n'excitera aucun son, ou n'excitera qu'un son très-foible, ce qui fait voir qu'une corde vibrante n'excite le son que dans le moment auquel, après avoir fait une vibration, elle revient sur ses pas pour en commencer une seconde.

Il seroit assez inutile d'avertir que le tourbillon qui existe autour d'un corps en mouvement, doit avoir la forme du mobile lui-même; ainsi autour d'une corde vibrante, il a une forme allongée; autour d'un boulet de canon, il doit avoir une forme approchante de la sphérique; cela ne met aucune différence dans la nature de ces tourbillons.

Il est plus essentiel de remarquer qu'un corps qui se mouvroit d'un mouvement uniforme, ne seroit pas plus en état d'exciter le son en revenant sur ses pas, après avoir parcouru l'espace d'un pied, qu'après avoir parcouru une ligne, ou même la centième partie d'une ligne, parce que la vitesse de l'air dans ce cas est la même pendant toute la durée du mouvement de ce corps, & que la force avec laquelle il peut être choqué, dépend de cette vitesse, & de celle que le mobile a en revenant sur ses pas: mais si ce corps avoit un mouvement accéléré, il

est évident , par les mêmes raisons , qu'il pourroit exciter un son d'autant plus fort , qu'il auroit parcouru un plus grand espace : il y a apparence que les cordes vibrantes font dans ce dernier cas , c'est-à-dire que leur vitesse augmente de plus en plus jusqu'au moment où elles reviennent sur leur pas.

Il paroît , & c'est aujourd'hui l'opinion commune , que l'action des corps sonores consiste dans un mouvement de vibration des parties insensibles de ces corps ; or voici comment on peut concevoir la chose : une corde qui , après avoir fait une vibration , revient sur ses pas pour en commencer une seconde , éprouve de la part de l'air une résistance si grande , qu'il ne lui seroit pas possible de devenir rétrograde dans toute sa longueur à la fois ; il faut donc que quelques-unes de ses parties , celles du milieu , par exemple , reviennent les premières sur leurs pas , & soient suivies successivement par les autres jusqu'aux extrémités de la corde ; d'où il suit que les parties insensibles de cette corde doivent frapper l'air successivement les unes après les autres ; & on voit qu'il doit en être à-peu-près de même des parties insensibles de la surface des corps qui frémissent.

Puisque les parties d'une corde vibrante reviennent sur leurs pas successivement les unes après les autres, il s'ensuit que cette corde peut faire plusieurs vibrations dans le même instant, c'est-à-dire, qu'elle peut commencer une seconde, une troisième vibration, &c. avant que la première, la seconde, &c. respectivement soit finie, & c'est vraisemblablement la raison pour laquelle cette corde fait entendre plusieurs sons à la fois.

Quoique les corps sonores fassent des vibrations, il ne s'ensuit pas que le son, de la part de l'air qui le transmet, consiste dans de pareilles vibrations, ainsi que le pense la plupart des physiciens : si les différentes tranches, ou lames d'air qui transmettent le son, faisoient des vibrations semblables à celles du corps sonore ; il est clair que le son se réfléchiroit du milieu de l'air lui-même, ce qui est contre l'expérience : d'ailleurs il est des cas où le son est excité sans aucune vibration de la part du corps sonore, comme lorsqu'on souffle dans la cavité d'une clef ; dans ce cas le son est excité par la collision des deux colonnes d'air, dont l'une entre dans la cavité de la clef, tandis que l'autre en sort.

Quand on fait attention que le son se propage , à la ronde , à partir du corps sonore comme centre , & qu'on l'entend dans le même instant à des distances égales de ce corps ; on ne peut pas s'empêcher de croire , avec plusieurs physiciens , que le son ne consiste , de la part de l'air , dans des ondes aériennes qui peuvent avoir différentes épaisseurs , & que c'est dans la différence de l'épaisseur des ondes , qu'il faut chercher la cause des différents sons ; il est même probable qu'il peut se former une onde dans l'épaisseur plus grande d'une autre onde , & que c'est la cause de la perception simultanée de différents sons.

Je reviens à mon principal objet , sans m'arrêter à faire voir pourquoi les ailes d'une mouche ou le bout du fouet d'un charretier , excitent un son très-sensible , tandis qu'une bombe qui traverse l'air , n'en excite aucun ; il est trop facile d'en trouver la raison dans la théorie que j'ai exposée.

Il est donc prouvé par le phénomène du son , & il faudroit n'avoir point d'oreilles pour en douter , qu'il existe un tourbillon d'air autour d'un corps qui se meut dans ce fluide : d'un autre côté , nous avons vu qu'il suffiroit d'avoir des

42 *Essai sur le Mouvement,*
yeux pour s'affurer de l'existence d'un
pareil tourbillon autour d'un corps qui,
ayant été mis en mouvement dans une
masse d'eau, continue de se mouvoir ;
d'où je conclus généralement, qu'il
existe un tourbillon autour d'un corps
qui continue de se mouvoir dans un mi-
lieu quelconque, & qu'il faudroit se re-
fuser au témoignage des sens pour mé-
connoître cette vérité.

C H A P I T R E I V.

PROPOSITION QUATRIEME.

*Le mouvement d'un corps qui continue de se
mouvoir dans un milieu quelconque,
après que la force motrice a cessé d'agir,
est dû à un tourbillon qui s'est formé autour
de ce corps.*

PUISQU'IL existe un tourbillon autour
d'un corps qui continue de se mouvoir
dans un milieu quelconque, & que,
par conséquent, ce corps se trouve pla-
cé à chaque instant au milieu d'une masse
fluide qui se meut avec lui, dans la mê-
me direction, & avec une vitesse sensi-
blement égale à la sienne ; il s'ensuit que

ce corps n'est pas dans un état bien différent de celui d'une barque qui descend librement le long d'une riviere : il importe donc d'examiner ce qui doit arriver à cette barque.

Lorsqu'une barque descend librement le long d'une riviere, l'eau qui est devant & derriere, a une vîtesse précisément égale à la sienne; d'où il suit que cette barque n'a aucune résistance à vaincre, ni par conséquent aucun effort à faire pour continuer de se mouvoir; donc elle doit continuer de se mouvoir.

Si quelqu'un trouvoit cette conséquence peu juste, je le prierois de remarquer qu'il faut nécessairement que cette barque se meuve, ou qu'elle ne se meuve pas; & que dans le cas présent, pour ne pas se mouvoir, elle auroit besoin d'une force, au moyen de laquelle elle pût résister à l'action de l'eau qui est derriere elle, & qui ne manqueroit pas de la choquer; or, puisque cette barque auroit besoin d'une force pour ne pas se mouvoir, tandis qu'elle n'en a pas besoin pour continuer de se mouvoir, il s'ensuit manifestement qu'elle doit continuer de se mouvoir.

Il y a plus, quand même l'eau qui est devant la barque, auroit moins de vîtesse

que la barque elle-m me, & que par conséquent elle lui opposeroit une résistance; cette barque ne continueroit pas moins de se mouvoir, pourvu que la force, dont elle auroit besoin pour vaincre cette résistance, fut moindre que celle qui lui seroit nécessaire pour ne pas se mouvoir, ou ce qui revient au même, pour résister à l'action de l'eau qui est derriere elle; ce qui est encore évident.

Quoiqu'un corps placé au milieu d'un tourbillon tel que je l'ai décrit, ne soit pas exactement dans le cas de la barque dont il vient d'être fait mention; il n'est pas moins évident que ce corps doit continuer de se mouvoir: en effet, comment pourroit-il ne pas se mouvoir, puisque le fluide, qui est devant lui, ayant une vitesse sensiblement égale à la sienne, & dans la même direction, ne peut lui opposer qu'une très-foible résistance, & que par conséquent, il n'a besoin que d'une très-petite force pour vaincre cette résistance & continuer de se mouvoir, tandis qu'il lui en faudroit une bien plus grande pour ne pas se mouvoir, puisqu'alors il auroit à soutenir tout l'effort du fluide qui est derriere lui; que s'il restoit quelques doutes là-dessus, ils

seront levés dans le chapitre dixieme, où il fera question de la résistance des milieux.

Lorsqu'une puissance met un corps en mouvement, elle ne lui communique pas en un seul instant toute la vitesse dont elle est capable; or cela seul devoit faire soupçonner que l'effort de cette puissance est employé à préparer un moyen qui pût conserver le mobile dans l'état de mouvement, après que la puissance motrice auroit cessé d'agir; on auroit donc dû chercher ce moyen que l'on auroit trouvé, si on eût suivi la nature pas à pas dans ses opérations, & on auroit évité de supposer des loix dont il est impossible de démontrer l'existence.

Le moyen qui peut conserver un mobile dans l'état de mouvement, après que la puissance motrice a cessé d'agir, consiste évidemment dans le mécanisme d'un tourbillon, qui ne peut pas se former tout-d'un-coup, à cause de la mobilité des fluides, qui a des limites, lesquelles ne leur permettent pas de se prêter à toute sorte de vitesse dans leur circulation autour du mobile; c'est pour cela que le tourbillon que l'on voit se former autour d'une barque que l'on met en mouvement dans l'eau, ne se forme

que très-lentement ; sur quoi il importe de remarquer que si on pousse brusquement & avec beaucoup de force cette barque , pour l'abandonner ensuite à elle-même , après lui avoir fait parcourir l'espace d'un demi pied , ou d'un pied , l'eau qu'elle aura déplacée , & qui n'aura pas eu le temps de se détourner pour former un tourbillon , s'accumulera devant elle , & la repoussera sur le champ en arriere ; ce qui fait voir que ce seroit assez inutilement qu'on employeroit une force pour mouvoir un corps , s'il ne se formoit point de tourbillon autour de ce corps.

S'il faut un temps plus ou moins long pour qu'il s'établisse un tourbillon autour d'une barque que l'on met en mouvement dans l'eau , en revanche ce tourbillon ne se dissipe que peu à peu ; c'est pour cela qu'il conserve assez long-temps la barque en mouvement , après que la puissance motrice a cessé d'agir.

Puisque la mobilité de l'air est incomparablement plus grande que celle de l'eau , il n'est pas douteux qu'un tourbillon d'air ne doive se former avec la plus grande vitesse : celui que forme la vapeur enflammée de la poudre à canon autour d'un boulet , se forme à mesure

que cette vapeur se dilate, & on fait avec qu'elle promptitude elle se dilate: on doit faire attention que si un tourbillon d'air se forme très-vîte, il se dissipe de même, & par conséquent ce seroit prendre une peine inutile, si on employoit une force lente pour mettre un corps en mouvement dans l'air, parce que le tourbillon qui se formeroit autour de ce corps, se dissiperoit à fur & mesure qu'il se formeroit.

Voici une objection qui a été faite: en admettant les tourbillons dont il vient d'être fait mention; on a dit (g) que le fluide ne pouvoit refluer qu'avec la vîtesse que le mobile lui a communiqué, vîtesse précisément égale à celle que le mobile a conservé, & que par conséquent, le fluide ne pouvoit faire aucune impression sur le mobile, ni lui rendre la vîtesse qu'il lui a ravie.

Je répons à cette objection, premièrement, que ce seroit sans fondement si on disoit que le fluide a ravi au mobile une partie de sa vîtesse; la vîtesse du fluide & du mobile est due à la puissance motrice qui n'a pu mettre le mobile en mouvement, sans mouvoir en même

(g) Voyez les inst. neut. de M. Sigorgne, n. 33.

temps le fluide qui l'environne ; secondement, le mobile que l'on suppose en mouvement, & qui n'a d'autre résistance à vaincre que celle du fluide qui est devant lui, & qu'on peut, pour chaque instant, regarder comme infiniment petite, doit vaincre cette résistance & continuer de se mouvoir, sans qu'il soit nécessaire que le fluide, qui est derrière lui, fasse impression sur lui : il est vrai que la résistance du fluide qui est devant le mobile, doit diminuer insensiblement sa vitesse, ainsi que celle du fluide qui forme un tourbillon autour de lui, & c'est la raison pour laquelle le tourbillon se dissipe peu à peu, & que le mobile parvient enfin au repos.

Mais si le mobile rencontroit un obstacle qui lui ôtât toute sa vitesse, ou qui la diminuât subitement, il n'est pas douteux que le fluide, qui est derrière lui, ne fît alors impression sur lui, & ne lui aidât à vaincre cet obstacle, si toutefois il n'étoit pas insurmontable ; dans ce dernier cas, le mobile parviendroit encore plutôt à l'état de repos.

Après avoir prouvé que le mouvement d'un corps qui continue de se mouvoir dans un milieu quelconque, est dû à un tourbillon ; il nous reste à faire
connoître

connoître plus particulièrement la nature de ce tourbillon ; cette recherche nous fera utile , en ce qu'elle nous apprendra la différence qu'il y a entre ce même tourbillon , & l'espèce de mouvement dont il sera fait mention dans le chapitre suivant : pour cela , nous regarderons le mobile , que j'appelle aussi corps central , & le fluide qui circule autour de lui , comme une masse dont toutes les parties se meuvent ensemble d'un mouvement commun , (a) & pour en avoir une juste idée , nous rapporterons le mouvement des différentes parties de cette masse à une ligne , à laquelle il convient de donner le nom d'axe du mouvement : il est facile d'en imaginer une , puisqu'on peut prendre pour cela la ligne que décrit le centre de gravité du corps central , ligne qui visiblement passe par le milieu du tourbillon ; & pour plus de simplicité , nous supposerons que le corps central n'a aucun mouvement de rotation sur son centre , & qu'il se meut en ligne droite , ce

(a) J'appelle mouvement commun celui d'un système de corps qui se meuvent ensemble , de manière que le mouvement quelconque de l'un de ces corps , est dépendant du mouvement des autres. (Voyez le chap. 8.)

qui est le cas le plus ordinaire : cela posé.

Je remarque, 1^o. que le fluide qui fait partie de la masse en mouvement dans le tourbillon, se meut circulairement, de maniere que chaque molécule fluide décrit une courbe qui a pour axe, l'axe même du mouvement, ou une ligne parallele à cet axe ; car cela varie un peu dans quelques circonstances, mais le corps central se meut progressivement le long de l'axe du mouvement, quelquefois avec beaucoup de vitesse, tandis que la vitesse du fluide varie ; les molécules qui sont immédiatement devant & derriere le corps central, ont une vitesse égale à celle de ce corps, au lieu que la vitesse des autres diminue de plus en plus jusqu'aux limites du tourbillon : ainsi le corps central A (figure premiere) étant supposé se mouvoir dans la direction C A B, les molécules du fluide qu'il déplace du côté de B se détournent, & vont en circulant de droite & de gauche se rejoindre par derriere en C ; leur route est représentée par les lignes ponctuées, B M C, B N C.

2^o. Le fluide qui reflue de droite ne se meut pas dans le même sens que celui qui reflue de gauche ; leurs directions, qui varient continuellement, sont telles

que sur le point de rejoindre le mobile par derrière en C, elles sont opposées, & ces fluides se choqueroient, s'ils ne continuoient de se détourner sans cesse.

3°. Le corps central déplace continuellement une nouvelle quantité de fluide, qui fait ensuite partie de la masse en mouvement, & repare par ce moyen la perte de celui qui demeure en arrière, ce qui fait que cette masse se renouvelle sans cesse, si on en excepte le corps central.

Maintenant, soit parce le corps central déplace continuellement une nouvelle quantité de fluide, soit parce que tout celui qui fait partie de la masse en mouvement, ne se meut pas dans le même sens, on voit qu'à cause du frottement, cette masse doit faire des pertes continuelles de mouvement, que la nature du tourbillon est par conséquent de se dissiper facilement, & que le mouvement d'un corps qui se meut par ce mécanisme, ne peut pas être d'une longue durée.

Cependant, lorsque le tourbillon est formé, si la puissance motrice continue d'agir; par exemple, si après avoir mis en mouvement un vaisseau par le jeu des rames, ou par le moyen du vent & des voiles, si les rames continue-t d'agir,

ou le vent de souffler, ce vaisseau pourra se mouvoir très-long-temps, les pertes que fait le tourbillon, étant, par ce moyen, continuellement réparées.

Il ne sera pas inutile de placer ici une remarque qui peut repandre quelque lumiere sur ce que j'ai dit : si un milieu, en formant un tourbillon autour d'un corps, est capable de le conserver dans l'état de mouvement, de même ce corps doit conserver le fluide qui forme le tourbillon dans l'état de mouvement ; il est en effet évident que sans le mobile, ou le corps central, le fluide antérieur en refluant, se mêleroit avec le fluide postérieur, & que le tourbillon se dissiperoit promptement ; il y a apparence que c'est ainsi que les choses se passent, lorsqu'on tire un coup de canon avec une simple charge de poudre & sans bale, l'air ou la vapeur, produite par l'inflammation de la poudre, prodigieusement condensée, forme, en sortant du canon avec une vitesse étonnante, un courant qui ne peut pas être porté bien loin ; mais si on met un boulet dans le canon, ce courant devient un tourbillon capable d'emporter le boulet à de très-grandes distances.

Un corps solide placé au milieu d'un

tourbillon, fait la principale piece de la masse en mouvement, & doit être considéré comme faisant les fonctions d'un coin destiné à diviser le milieu, & à vaincre les obstacles qui peuvent se rencontrer sur la route du tourbillon, & c'est parce qu'il n'y a point de corps solide au milieu du fluide qui forme le tonnerre, que ce formidable météore se trouve souvent arrêté dans sa course par l'air, qui, en lui opposant une résistance immense, le force à changer de route, ou à serpenter.

C H A P I T R E V.

PROPOSITION CINQUIEME.

Tous les corps qui font partie d'une masse qui se meut circulairement, doivent continuer de se mouvoir.

LES tourbillons que j'ai décrits dans les deux chapitres précédents, tiennent seulement de la nature du mouvement circulaire; l'espece de mouvement dont il va être fait mention dans celui-ci, est plus exactement circulaire; tel est celui d'une sphere qui se meut autour d'un de ses axes, ou celui d'une masse

fluide que l'on fait mouvoir circulairement dans un vaisseau ; le mouvement commun de la terre, de son atmosphère, de la lune & de toute la matière éthérée qui s'étend jusqu'au delà de la lune, est encore un mouvement de cette espèce ; ainsi que celui de tout le système solaire, c'est-à-dire du soleil, des planètes & de toute la matière éthérée qui s'étend depuis le soleil jusqu'aux limites du système solaire : j'excepte les comètes, parce qu'elles me paroissent être des corps étrangers au système solaire.

Or cette dernière espèce de mouvement diffère si notablement du tourbillon, qu'il m'a paru nécessaire, pour ne pas les confondre, de lui donner un nom différent, & je me détermine à lui donner le nom de vortex dont je vais tâcher de faire connoître la nature, afin qu'on puisse le distinguer du tourbillon ; ce qui est d'autant plus essentiel, que je suis intimement persuadé que toute sorte de mouvement peut être rapporté à l'une ou l'autre de ces deux espèces, & que M. Descartes, que l'on regarde comme l'auteur du système des tourbillons, ni aucuns physiciens que je sache, n'ont fait cette distinction, ni traité cette matière avec tous les soins qu'elle mérite.

Je remarque donc 1^o. que dans le vortice, toute la masse en mouvement se meut autour d'un axe, que l'on doit regarder, comme l'axe du mouvement, & auquel il convient de rapporter celui de tous les corps qui font partie de cette masse. 2^o. Qu'il y a souvent un corps central d'une nature différente de celle du reste de la masse en mouvement, mais qui n'a aucun mouvement progressif le long de l'axe du mouvement. 3^o. Que toute la masse se meut dans le même sens. 4^o. Qu'elle ne se renouvelle pas : faisons l'application de tout ceci à quelques exemples, pour avoir une idée de la maniere dont cette espece de mouvement peut varier sans changer de nature.

Une sphere qui se meut autour d'un essieu, est un vortice, si on fait attention qu'elle est composée d'une infinité de molécules qui sont autant de petits corps simples, lesquels décrivent des cercles dont les diametres sont perpendiculaires à l'essieu, ou à l'axe du mouvement ; qu'ils se meuvent tous dans le même sens, & que la masse en mouvement ne se renouvelle pas.

Il faut remarquer que cette dernière condition souffre quelques exceptions :

on voit souvent sur le bord des rivières des vortices formés par une veine d'eau qu'un obstacle détourne & sépare de la rivière ; cette eau, après s'être mue circulairement, va rejoindre la rivière avec l'eau de laquelle elle se mêle pour reprendre ainsi mêlée la même route qu'elle avoit parcourue auparavant.

Il est encore plus essentiel de remarquer, que dans le mouvement d'une sphère solide autour d'un axe, toutes les molécules de cette sphère ont une même vitesse angulaire, ou qu'elles décrivent toutes des arcs semblables en temps égaux, mais que leur vitesse réelle est proportionnelle à leur distance de l'axe.

Il est facile de reconnoître les propriétés du vortice dans le système solaire, puisque les parties de cette masse énorme se meuvent toutes autour d'un axe, qui est en même temps l'axe de rotation du soleil, & qu'on doit regarder comme l'axe du mouvement ; on fait aussi qu'elles se meuvent dans le même sens, & que la masse en mouvement ne se renouvelle pas : à la vérité les planètes ne décrivent pas des cercles dont les diamètres soient perpendiculaires à l'axe du mouvement, mais elles décrivent des ellipses peu excentriques, &

le plan de leur orbite s'écarte peu de l'écliptique, qui lui-même ne fait qu'un angle de sept à huit degrés avec l'équateur du soleil, lequel est perpendiculaire à l'axe du mouvement.

Dans le vortice solaire il y a un corps central, c'est le soleil lui-même qui n'a aucun mouvement progressif le long de l'axe du mouvement, mais qui se meut autour de cet axe dans le même sens que le reste de la masse; & il est clair que le soleil, comme corps central, contribue, par sa seule position, à conserver le mouvement de tout le système solaire; ce corps d'une nature différente de celle de la matière éthérée, en empêchant la partie supérieure de ce fluide de se mêler avec la partie inférieure, prévient la confusion qui en seroit une suite nécessaire: nous verrons ailleurs que le soleil, par son action, sur tout le système solaire, est le principal agent de cette harmonie que nous admirons dans l'univers.

A l'égard de la vitesse, on voit bien que toutes les parties d'une masse composée de solides & de fluides qui se meuvent ensemble & circulairement, comme l'est le système solaire, ne sauroit avoir une même vitesse angulaire; aussi la vi-

tesse des différents corps qui composent le système solaire varie-t-elle singulièrement; on ne peut juger de la vitesse de la matière éthérée, que par celle des planètes, laquelle est nécessairement égale à celle de ce fluide, ainsi qu'il sera prouvé dans la suite; or le mouvement des planètes, & celui de la surface du soleil nous apprennent que la vitesse angulaire des Corps, qui font partie du vortice solaire, diminue depuis la surface du soleil jusqu'aux extrémités du vortice; mais que la vitesse réelle de ces mêmes corps augmente depuis la surface du soleil jusqu'à l'orbite de mercure, pour diminuer ensuite de plus en plus, jusqu'aux extrémités du vortice solaire.

Puisque les observations astronomiques nous apprennent que les vitesses des planètes, dans leur distance moyenne, sont comme les racines de leur distance inverse au soleil, il faut que la vitesse des couches, dans lesquelles elles se trouvent, suivent la même loi, & si la vitesse d'une même planète, dans les différents points de son orbite, est en raison inverse de sa distance au soleil, il faut qu'il en soit de même du fluide qui compose la couche dans laquelle se trouve cette planète;

je ne vois en cela rien d'incompatible, & qui ne puisse s'accorder avec les loix de Kepler, si on suppose que les couches de la matiere éthérée sont elliptiques.

Enfin pour mieux faire connoître la différence qu'il y a entre le tourbillon & le vortice, qu'on fasse attention qu'un corps qui se meut par le mécanisme d'un tourbillon, se meut dans un milieu, puisqu'il n'y a que le fluide qui l'environne immédiatement, qui se meuve avec lui ; tel est le mouvement d'une pierre que l'on jette dans l'air, ou celui d'un vaisseau qui navige en mer : & qu'un corps placé dans une masse fluide qui se meut circulairement, se meut avec le milieu même dans lequel il est placé ; ce corps est dans le même cas où se trouve une barque qui descend librement le long d'une riviere, & qui se meut d'un mouvement commun avec l'eau de la riviere.

Maintenant il est aisé de prouver que dans le vortice, ou dans une masse qui se meut circulairement, tous les corps, qui font partie de cette masse, doivent continuer de se mouvoir ; il suffit pour cela de supposer l'inertie de la matiere que personne ne conteste : en effet, imaginons une molécule prise dans une sphe-

re solide qui se meut circulairement sur un de ses axes , il est clair que cette molécule auroit besoin d'une force pour ne pas se mouvoir , ou pour se tirer de l'état de repos relatif où elle est par rapport aux autres molécules ; donc puisqu'elle n'a pas la force qui lui seroit nécessaire pour cela , elle doit demeurer dans cet état de repos relatif , & par conséquent continuer de se mouvoir avec toute la masse , parce qu'il n'y a pas une seule molécule prise dans cette masse qui ne soit dans le même cas.

Nous avons déjà remarqué que si on regardoit une sphere qui se meut circulairement sur un de ses axes , comme un corps simple ou comme l'unité , il seroit difficile d'avoir une juste idée de son mouvement , & il en seroit de même d'un corps quelconque de quelque maniere qu'il se meuve , parce qu'on s'éloigneroit du seul point de vue duquel on peut appercevoir la vérité ; mais si on considère un corps en mouvement comme une masse composée d'une infinité de petits corps différents les uns des autres , & qu'on cherche la cause de la continuation du mouvement de chacun de ces petits corps , on la trouvera aisément , en faisant attention , ainsi que

nous l'avons dit, qu'ils auroient besoin d'une force pour ne pas se mouvoir ; l'ayant trouvé, on ne pourra plus ignorer la cause de la continuation du mouvement de la masse entière : mais la proposition présente peut être prouvée dans l'exemple suivant, sans avoir besoin de recourir à cette remarque.

Soit le vaisseau cylindrique, M, N, P, Q, (fig. 2^{de}.) plein d'eau, dans lequel on aura mis plusieurs petits corps assez légers pour qu'ils puissent flotter, ou demeurer suspendus dans l'eau ; si on imprime un mouvement circulaire à cette masse, & qu'on l'abandonne ensuite à elle-même, on verra que le mouvement qui lui a été communiqué, se distribuera assez uniformément à toutes les parties de cette masse, qui continueront de se mouvoir ; & si on me demande quelle est la cause de la continuation du mouvement de cette masse ? je répondrai qu'il n'y a pas un seul des petits corps que l'on y a mis, qui ne soit placé au milieu d'un fluide qui se meut avec lui dans le même sens, & avec une vitesse égale à la sienne ; d'où je conclus qu'ils doivent tous continuer de se mouvoir, puisqu'ils n'ont pas la force dont ils auroient besoin pour ne pas se mouvoir,

& qu'ils n'en ont pas besoin pour continuer de se mouvoir : ce que j'ai dit de chacun de ces petits corps, a lieu aussi pour chacune des molécules qui composent la masse d'eau en mouvement, il n'y en a pas une qui ne soit sensiblement en repos relativement à celles au milieu desquelles elle est placée ; donc elles doivent toutes continuer de se mouvoir.

Ces principes quoique simples, peuvent nous donner une idée du mouvement des planetes, pourvu qu'on ne suppose pas les espaces célestes vuides de toute matiere ; car alors il ne seroit plus possible de comprendre quelle pourroit être la cause de leur mouvement, ni de découvrir par quel moyen l'action bienfaisante du soleil pourroit être portée jusqu'à nous : j'aurois autant croire qu'un squelette est capable de tous les mouvements, qui s'exécutent dans le corps de l'animal vivant : mais si on suppose dans les cieux un fluide capable d'action & de résistance, qui se meut avec les planetes, dans le même sens, & avec une vitesse égale à la leur, on voit que ces corps auroient besoin d'une force pour ne pas se mouvoir, & qu'ils n'en ont pas besoin pour se mouvoir d'un mouvement commun avec ce fluide, en un

mot on voit la cause de leur mouvement.

Je ne suis entré jusqu'ici, dans aucune discussion sur le plein & le vuide, parce que j'ai cru pouvoir donner une idée du mouvement sans cela, & que d'ailleurs j'ai été bien aise de ne pas attaquer un trop grand nombre de difficultés à la fois; mais je ne puis m'empêcher de remarquer, que quand on suppose-
roit la matiere éthérée infiniment rare, si elle avoit une force élastique, aussi considérable que le supposent les Newtoniens, elle seroit par cette seule raison capable d'opposer au mouvement des planetes une résistance insurmontable, si elle n'étoit pas elle-même en mouvement, & si elle n'avoit pas une vitesse égale à celle des planetes & dans le même sens; mais j'aurai occasion d'en parler ailleurs.

Lorsque je considere une barque qui descend librement le long d'une riviere, & que je fais attention que cette barque n'a pas la moindre résistance à vaincre pour continuer de se mouvoir, & qu'il lui faudroit une force pour ne pas se mouvoir, je ne conçois pas qu'elle dût jamais cesser de se mouvoir, s'il étoit possible que la riviere eut un courant infini, ou qu'elle pût décrire une courbe

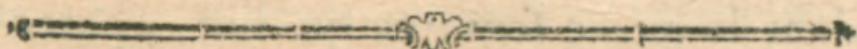
rentrante ; or toutes les parties d'une masse qui se meut circulairement étant dans le même cas , puisqu'elles n'ont aucune résistance à vaincre pour continuer de se mouvoir , j'en conclus que cette espece de mouvement est éternelle par sa nature , & qu'il n'y a que les obstacles toujours inévitables , sur tout pour de petites masses , qui puissent réduire un pareil systême de corps à l'état de repos ; par exemple , la sphere dont nous avons parlé , se mouvroit éternellement sans le frottement de son axe contre les jeux de la chassie , dans lesquels il tourne , & sans la résistance de l'air dans lequel elle est supposée se mouvoir , & malgré ces obstacles , on a vu une sphere se mouvoir pendant quatre heures au tour de son axe.

Mais on ne doit pas être surpris de ce que le mouvement diurne de la terre soit éternel ; il semble qu'il doit l'être , puisque dans son mouvement de rotation , son axe n'éprouve aucun frottement , & que son atmosphere , ainsi que toute la matiere éthérée qui forme le vortice terrestre , se meuvent avec elle d'un mouvement commun : par la même raison , le mouvement du soleil & de tout le systême solaire , semble

devoir être éternel ; en effet quoique les différentes couches dont on peut concevoir que ces masses sont composées , n'aient pas toutes une même vitesse angulaire , elles se meuvent toutes dans le même sens ; ce qui suffit , parce que la résistance qu'elles peuvent s'opposer , est infiniment petite ; & que d'ailleurs la vitesse que peut perdre une couche , est gagnée par l'autre , de sorte que la masse totale n'y perd rien ; il ne peut y avoir de difficulté que par rapport aux dernières couches ; mais la vitesse de ces couches allant en diminuant de plus en plus , pour s'aller anéantir vers les limites de la masse en mouvement , on voit bien que la perte de vitesse qu'elles peuvent faire , peut être réputée nulle , ou presque nulle. *Voyez le chap. 16.*

J'ai dit que le mouvement d'une masse qui se meut circulairement étoit éternel par sa nature , & qu'il n'y avoit que des obstacles , toujours inévitables pour de petites masses , qui pussent détruire ce mouvement ; il est en effet évident que de très-petits vortices , tels que les ont décrit Malebranche & Privat de Molleres , sous le nom de tourbillons , ne sauroient se soutenir long-temps , parce que les dernières couches de ces petites

Essai sur le Mouvement ;
 masses, se feroient obstacle les unes aux autres, n'étant pas possible qu'elles pussent toutes se mouvoir dans le même sens.



C H A P I T R E V I.

PROPOSITION SIXIEME.

Les corps sont purement passifs, ou la matiere est inerte.

LEs physiciens supposent l'inertie de la matiere sans en avoir jamais apporté de preuve évidente, & cela parce qu'ils n'avoient aucune idée du mouvement : je vais donc tacher de prouver cette vérité de maniere à ne laisser aucun doute ; c'est d'ailleurs de toutes les questions qu'on peut faire sur cette matiere, celle qui est la plus propre à répandre de nouvelles lumieres sur les propositions précédentes, & m me sur ce qui sera dit dans la suite : par ces moyens nous éviterons une foule d'erreurs dans lesquelles sont tombés tous ceux qui ont voulu traiter cette matiere.

L'expérience prouve qu'un corps en repos persévère dans cet état de repos,

par exemple : une barque en repos au milieu d'une masse d'eau aussi en repos, persévère dans cet état de repos ; il en est de même d'un grain de sable en repos au milieu d'un tas de sable aussi en repos : en général un corps en repos persévère dans l'état de repos.

Or la persévérance d'un corps dans l'état de repos, ne prouve-t-elle pas que ce corps n'a en lui-même aucune force, & seroit-il raisonnable de lui en supposer une, tandis qu'il ne donne aucun indice qui puisse le faire soupçonner ; il faut donc conclure que ce corps n'a aucune force en lui-même, ou qu'il est purement passif.

S'il suffit de remarquer qu'un corps en repos persévère de lui-même dans l'état de repos, pour en conclure qu'il n'a aucune force en lui-même, il suffiroit de supposer qu'il n'a aucune force en lui-même pour en conclure qu'il doit de lui-même demeurer en repos : en effet, imaginons un corps placé dans le milieu le moins résistant, quelque petite que soit la force qui lui seroit nécessaire pour vaincre la résistance de ce milieu, il lui en faut une ; donc s'il ne l'a pas, il demeurera en repos.

A la vérité, si ce corps devoit se

mouvoir dans le vuide , il n'auroit aucune résistance à vaincre ; mais je ne crois pas pour cela qu'on puisse penser qu'il pourroit se mouvoir de lui-même ; il faut une force pour mettre un corps en mouvement , & cependant si ce corps devoit se mouvoir dans le vuide , cette force paroît inutile : tout cela me fait penser que le mouvement dans le vuide est imaginaire.

De très - petits corpuscules , tels que que les atômes d'Epicure ou les monades de Leibnitz , doivent , à raison de leur petitesse , avoir beaucoup de mobilité ou de facilité à être mus ; mais quelle raison pourroit-on avoir pour leur supposer un principe d'activité , plutôt que de les regarder comme étant aussi passifs que les masses les plus lourdes ; si une molécule fluide en repos , au milieu d'une masse fluide aussi en repos , fait un effort pour se mouvoir en tous sens ; ce n'est pas par elle-même qu'elle fait cet effort , il y auroit de la contradiction ; c'est parce que cette molécule est pressée en tous sens par les molécules voisines , ainsi que cela doit être , & que l'exige l'équilibre des fluides.

Il faut s'abstenir de considérer ici certains automates & les corps animés , qui

paroissent avoir en eux-mêmes le principe de leur mouvement ; ces cas présente-roient trop de difficultés pour ceux qui sont à peine initiés dans les mysteres de la nature, & peut-être aussi pour ceux qui en ont fait l'objet principal de leur étude, pendant toute la vie.

On n'a pas de peine à croire qu'un corps en repos n'a aucune force en lui-même, il paroît purement passif ; mais il n'en est pas de même d'un corps en mouvement, il semble qu'en passant à ce dernier état, il a acquis une force, & que c'est en vertu de cette force qu'il continue de se mouvoir : il est cependant facile de se détromper, & de faire voir que c'est le manque de force qui l'oblige à continuer de se mouvoir ; il suffiroit même de supposer qu'il n'a aucune force en lui-même, pour en conclure qu'il doit continuer de se mouvoir, tout comme il suffit de remarquer qu'il continue de se mouvoir, pour en conclure qu'il n'a aucune force en lui-même.

On sera convaincu de cette vérité, si on considère une barque qui descend librement le long d'une riviere, puisque cette barque ne donne aucun indice qui puisse faire soupçonner qu'elle a une force en elle-même ; en effet, elle

n'exerce aucune action sur l'eau de la riviere , & ne fait aucun effort pour se tirer de l'état de repos relatif où elle est , par rapport à l'eau de la riviere ; en un mot , elle se comporte comme si elle n'avoit aucune force en elle-même ; donc elle n'a réellement aucune force en elle-même , & on voit clairement qu'il lui faudroit une force pour ne pas se mouvoir.

Il en est de même d'un corps placé au milieu d'un tourbillon ; s'il refusoit de se mouvoir , s'il faisoit quelque effort pour se tirer de l'état de repos relatif où il est , par rapport au fluide qui l'environne , & qui se meut avec lui , ou qu'il résistât au mécanisme du tourbillon qui l'entraîne , on pourroit dire qu'il a une force en lui-même ; mais il continue de se mouvoir , donc il n'a aucune force en lui-même.

On doit en dire autant d'un corps qui fait partie d'une masse qui se meut circulairement , par exemple , si après avoir imprimé un mouvement circulaire à la masse d'eau renfermée , le vaisseau M N P Q , (figure seconde) on y jette un corps qui puisse flotter ; ce corps recevra de la part de l'eau une impulsion qui le mettra en mouvement , & même qui

ne cessera que lorsque ce corps aura acquis une vitesse égale à celle de la tranche d'eau où il se trouvera placé ; après quoi , ce corps & l'eau continueront de se mouvoir d'un mouvement commun , sans que l'eau fasse impression sur ce corps , ni ce corps sur l'eau ; or il est clair que dans tout ceci , le corps dont il s'agit se comporte comme s'il n'avoit aucune force en lui-même , car il cède d'abord à l'impulsion qu'il reçoit de la part de l'eau , & lorsqu'il a été mis en mouvement , il ne fait aucune impression sur elle ; d'où il est aisé de conclure qu'il n'avoit aucune force avant d'être mis en mouvement , & qu'il n'en a pas acquis après avoir passé à l'état de mouvement.

Il y a apparence que les planetes sont dans ce dernier cas ; elles font partie d'une masse qui se meut circulairement , & par conséquent elles n'ont besoin que de leur inertie pour continuer de se mouvoir ; on doit donc penser que si elles se meuvent perpétuellement , ce n'est pas seulement en vertu d'une impulsion qu'elles ont reçues dès l'origine des temps , c'est aussi parce que la matiere éthérée , & tout le système solaire , ont reçus une pareille impulsion , & que

par ce moyen elles se trouvent placées au milieu d'un fluide qui se meut avec elles , dans le même sens , & avec une vitesse égale à la leur : je fais que le mouvement de quelques comètes semble contrarier cette théorie , mais ne seroit-il pas possible qu'il dépendit d'une cause particulière : nous verrons ailleurs ce qu'on peut en penser.

Il faut avouer qu'il n'est pas facile de comprendre comment il est possible qu'un corps qui n'a aucune force en lui-même , peut cependant en exercer une contre un autre corps : il semble donc qu'en supposant l'inertie de la matière , la nature devroit demeurer dans un engourdissement absolu ; cependant si on y fait attention , un corps sollicité à se mouvoir , & qui rencontre un obstacle , pourra vaincre cet obstacle , sans avoir aucune force en lui-même , si la force qu'il éprouve est supérieure à la résistance de l'obstacle : on doit donc penser , en général , que le corps B n'exerce une force contre le corps A , que parce qu'il en éprouve une lui-même de la part du corps C , & que le corps C n'exerce une force contre le corps B , que parce qu'il en éprouve une de la part du corps D ; & ainsi de suite , sans qu'on puisse jamais remonter

à un corps qui tiennne sa propre force de lui-même ; si un corps pouvoit commencer le mouvement , c'est-à-dire , s'il pouvoit se mouvoir lui-même , & mouvoir d'autres corps , il produiroit le mouvement ; mais la plus saine partie des philosophes pensent que ce seroit un acte de création qui n'appartient qu'à Dieu seul.

Mais si quelqu'un insistoit sur cette difficulté , & qu'il voulût savoir à quoi s'en tenir , au sujet de cette force mutuelle que les corps exercent les uns sur les autres ; je pourrois lui répondre que le mouvement des corps étant seulement relatif , leur force ne peut être de même que relative ; d'où il suit qu'on peut dire , avec une égale vérité , qu'un corps est en mouvement , & aussi , qu'il est en repos ; qu'il a une force , & encore , qu'il n'en a pas : je pourrois dire aussi que cette force résulte , dans tous les cas , d'un mécanisme qu'on doit tâcher de découvrir , en examinant toutes les circonstances qui accompagnent l'action que les corps exercent les uns sur les autres ; mais , malgré tout ce qu'on en a dit , cette matiere est entièrement neuve.

 CHAPITRE VII.

PROPOSITION SEPTIEME.

La direction du mouvement d'un corps dépend principalement du même mécanisme auquel est dû le mouvement de ce corps.

SI la matiere est inerte, si les corps n'ont aucune force en eux-mêmes, s'ils sont purement passifs, non seulement ils doivent être indifférents pour l'état, soit de repos, soit de mouvement, mais encore pour toute sorte de direction : c'est donc sans aucune preuve & sans apparence de vérité, qu'on a prétendu qu'un corps en mouvement devoit, par lui-même, continuer de se mouvoir, & même se mouvoir éternellement, uniformément & toujours en ligne droite ; cette persévérance d'un corps dans l'état de mouvement, sans aucune cause qui l'y oblige ; cette préférence pour le mouvement en ligne droite sur le mouvement en ligne courbe, ne s'accorderoient pas avec son indifférence pour le mouvement en général ; il est vrai que ce

corps n'a rien en lui-même qui puisse s'y opposer ; mais ce n'est pas assez , il ne se suffit pas à lui-même , il a besoin d'un secours étranger pour continuer de se mouvoir : si j'ai dit qu'un corps placé au milieu d'un tourbillon , doit continuer de se mouvoir , c'est parce que ce corps éprouve l'effet d'un mécanisme qui le tient en mouvement ; si j'ai dit qu'un corps qui fait partie d'une masse qui se meut circulairement doit continuer de se mouvoir , c'est parce que ce corps éprouve de même l'effet d'un mécanisme qui exige de lui qu'il se meuve ; j'ai donc fait connoître les circonstances dans lesquelles un corps doit continuer de se mouvoir ; il importe maintenant d'indiquer celles qui doivent déterminer la direction que ce corps doit suivre : cette question est assez intéressante pour être traitée séparément.

Il est évident qu'un corps qui se meut par le mécanisme d'un tourbillon doit, toutes choses d'ailleurs égales , se mouvoir en ligne droite ; en effet , si ce corps a une figure régulière ou symétrique , le fluide qu'il déplacera aura une égale facilité pour refluer de tous côtés ; il n'y aura donc aucune raison pour qu'il se détourne à droite plutôt qu'à gauche ;

aussi l'expérience prouve-t-elle, qu'une pierre de forme arrondie, un boulet de canon, une flèche, & en général, que tout mobile, de forme régulière, ou symétrique, se meut en ligne droite.

Mais si le mobile a une forme irrégulière, ou s'il se trouve quelque angle saillant ou rentrant d'un côté ou d'autre de sa surface, le fluide qu'il déplacera, ne pourra pas refluer de tous côtés avec la même facilité, & par conséquent la direction de ce corps doit changer sans cesse, & c'est encore ce que l'expérience nous apprend; ces sortes de corps ne suivent pas la ligne droite ni dans l'eau ni dans l'air, & c'est par cette raison que le nautonnier, à l'aide d'un gouvernail, des rames & de la voile, peut changer la direction de sa barque, ou même la diriger à volonté, ce qui fait voir que l'inertie de cette barque permet, ou plutôt exige, qu'elle soit obéissante à toutes les impressions qu'elle reçoit, & par conséquent qu'elle est indifférente pour toute sorte de direction.

Lorsqu'un corps passe obliquement d'un milieu dans un autre, le nouveau milieu dans lequel entre le mobile ne peut pas refluer autour de lui également de tous côtés dans le premier instant de

son passage, puisqu'il y a une des faces du mobile qui y est plongée avant l'autre; donc si le milieu, dans lequel entre ce corps, lui oppose plus ou moins de résistance que celui duquel il sort, la direction de ce corps sera changée dans le moment de son immersion dans le nouveau milieu; c'est aussi ce que l'expérience confirme; elle nous apprend qu'une bale de mousquet s'écarte de la perpendiculaire, lorsqu'elle passe obliquement de l'air dans l'eau, parce qu'elle éprouve plus de résistance de la part de l'eau que de la part de l'air; si les rayons de lumière s'approchent au contraire de la perpendiculaire, en passant obliquement de l'air dans l'eau, c'est, comme on l'a toujours pensé, qu'ils éprouvent moins de résistance de la part de l'eau que de la part de l'air; je ne vois pas pourquoi on a eu recours à l'attraction pour l'explication de ce phénomène.

Il y a, à la surface de la terre, une autre cause qui détourne les corps en mouvement de la ligne droite, & qui les oblige à décrire des courbes concaves du côté de la terre; c'est la pesanteur qui, comme on fait, fait parcourir aux corps des espaces qui sont entr'eux comme les quarrés des temps employés

à les parcourir, & qui, par ce moyen, feroit parcourir aux corps projetés des paraboles, si leur vitesse de projection étoit uniforme; mais cette dernière condition n'a pas lieu, la vitesse des corps projetés diminue continuellement jusqu'au moment de leur chute.

Si un corps qui se meut par le mécanisme d'un tourbillon, doit, toutes choses d'ailleurs égales, se mouvoir en ligne droite; celui qui fait partie d'un vortice, ou d'une masse, qui se meut circulairement, doit aussi, toutes choses d'ailleurs égales, se mouvoir circulairement; & il faut bien que les choses soient ainsi pour que le mouvement circulaire soit éternel par sa nature, comme nous l'avons assuré: il est en effet évident que si toutes les parties d'une masse qui se meut circulairement, par exemple, si chacune des pièces qui composent le système solaire, tendoit à se mouvoir en ligne droite, bientôt le mouvement de toute la masse seroit altéré au point de changer de nature: mais il n'en est pas ainsi, il n'y a que les circonstances toujours inévitables à la surface de la terre, & même dans les cieux, qui puissent le troubler, & qui le troubleroient en effet, si cette même sagesse, qui pré-

lide à toutes choses, n'avoit combiné ces circonstances, de maniere que l'effet de l'une fut détruit par l'autre, & que par ce moyen les choses restassent toujours dans l'état d'équilibre.

On va m'objecter que j'avance une proposition insoutenable, que j'entreprend de lutter contre l'autorité de tous les physiciens, contre l'évidence, contre l'expérience même : contre l'autorité de tous les physiciens, on me fera remarquer qu'il n'en est aucun qui ait osé dire qu'un corps devoit se mouvoir circulairement ; contre l'évidence, on m'assurera que le mouvement uniforme & en ligne droite, est le plus simple & le plus naturel de tous, & qu'un corps doit toujours de lui-même affecter cette direction ; contre l'expérience, on me dira qu'une pierre que l'on fait mouvoir dans une fronde, que les gouttes d'eau que l'on repand sur une roue en mouvement, & généralement, que tous les corps qui se meuvent en ligne courbe tendent à s'échapper par la tangente à la courbe qu'ils décrivent, c'est-à-dire, à se mouvoir en ligne droite.

La crainte d'essuyer tous les traits de la critique ne m'arrêtera pas, parce que l'intérêt de la vérité demande que je m'y

expose ; s'il ne s'est trouvé aucun physicien qui ait dit qu'un corps devoit se mouvoir circulairement, c'est parce qu'il ne s'en est vu aucun qui ait examiné cette question avec tous les soins qu'elle mérite : la premiere conséquence qu'on a tirée de l'inertie de la matiere est très-fausse, elle ne s'accorde pas avec le princicque duquel on l'a déduite ; cette conséquence est que l'inertie des corps exige qu'ils perséverent dans l'état où ils se trouvent, par conséquent, s'ils sont en repos, qu'ils demeurent en repos ; s'ils sont en mouvement, qu'ils continuent de se mouvoir : or il est facile de prouver que l'inertie des corps n'exige pas qu'ils perséverent dans l'état où ils se trouvent ; elle exige seulement qu'ils soient soumis à toutes les impressions qu'ils reçoivent ; & par conséquent, si les causes qui font impression sur un corps, exigent que ce corps demeure en repos, par exemple, s'ils se trouve placé entre deux ou plusieurs forces égales & opposées, l'inertie de ce corps permet qu'il demeure en repos ; si ces mêmes causes exigent qu'il se meuve, l'inertie de ce corps demande qu'il cède à leur action ; enfin, si ces mêmes causes tendent à faire passer ce corps de l'état de repos

à l'état de mouvement, ou réciproquement, son inertie exige qu'il ne s'y oppose pas ; d'ailleurs je pourrois dire qu'un corps en mouvement change continuellement d'état, & par conséquent que son inertie seule, qui n'est qu'une privation de toute force, ne suffit pas pour le conserver dans l'état de mouvement : d'où je conclus que l'inertie des corps ne contribue à leur mouvement que par la seule raison qu'elle n'y met point obstacle, & c'est tout ce qu'on doit en attendre.

Si l'inertie d'un corps en mouvement n'exige pas que ce corps continue de se mouvoir, elle exige encore moins qu'il se meuve dans une direction plutôt que dans une autre : quel seroit donc le fondement de cet autre principe qui veut qu'un corps en mouvement tende par lui-même à se mouvoir en ligne droite, & qu'il fasse effort pour s'échapper par la tangente au point de la courbe où il se trouve, lorsqu'il se meut en ligne courbe ; je ne le connois pas : on me dira que le mouvement en ligne droite est plus simple & plus naturel que le mouvement en ligne courbe ; mais si cela étoit, il semble qu'il devroit se soutenir plus long-temps, & l'expérience y est

contraire ; le mouvement en ligne droite est toujours d'une courte durée , tandis que le mouvement circulaire est d'une bien plus longue durée ; il y a même dans les cieux plusieurs exemples de mouvement circulaire qui dure (a) éternellement.

Il sera facile de faire voir l'incohérence de ces principes , & l'absurdité de toute cette théorie , que le souffle seul de la réflexion auroit dû faire abandonner , lorsqu'on aura une juste idée de l'état des corps , parce qu'alors on comprendra facilement ce qu'on doit attendre de leur inertie ; or pour l'avoir cette idée , il faut savoir qu'il n'y a pas un seul corps dans l'univers qui ne soit en mouvement ; on fait en effet que tout le système solaire se meut circulairement , & il n'est pas douteux qu'il n'en soit de même du système de chaque étoile fixe ; on fait aussi que Vénus , la Terre , Mars , Jupiter , & vraisemblablement les autres Planetes , ont un mouvement de rotation autour d'un de leurs axes ; d'où il suit

(a) Pour abréger je ne mets point de différence entre le mouvement circulaire & le mouvement elliptique , qui en effet ne diffèrent pas essentiellement l'un de l'autre.

qu'il n'y a pas un seul corps dans l'univers qui ne soit en mouvement, & même qui ne se meuve circulairement; d'un autre côté, on ne peut pas contester que les corps qui sont à la surface de la terre, ne soient en repos les uns par rapport aux autres; car quoique ce repos ne soit que relatif, il n'en est pas moins aussi réel qu'il puisse l'être; donc il y a des corps dans l'univers qui sont en même temps dans l'état de repos, & dans l'état de mouvement, cela posé.

Considérons les corps qui sont à la surface de la terre: le vrai état de ces corps est d'être en repos relativement les uns aux autres, & de se mouvoir tous circulairement autour de l'axe mobile de la terre: or quelques soient les causes qui les constituent dans l'état où ils sont, il est clair que leur inertie demande qu'ils persévèrent dans cet état, & par conséquent qu'ils demeurent dans l'état de repos relatif où ils sont les uns par rapport aux autres, & en même temps qu'ils continuent de se mouvoir autour de l'axe de la terre; mais s'ils faisoient effort pour s'échapper par la tangente à la courbe qu'ils décrivent, il est manifeste qu'ils tendroient, à tous égards, à sortir de l'état où ils sont, puisqu'ils ten-

droient à quitter le repos relatif où ils sont par rapport aux autres, & aussi à abandonner leur mouvement circulaire autour de l'axe de la terre, ce qui ne s'accorderoit pas avec leur inertie; d'où je conclus que l'effort que font les corps qui se meuvent en ligne courbe pour s'échapper par la tangente à la courbe qu'ils décrivent est une chimere.

C'est à l'aide des principes dont il vient d'être fait mention, que M. Descartes avoit promis de faire connoître par quel moyen l'univers pourroit être construit; mais il est clair qu'il ne nous a appris que le moyen par lequel il pourroit être détruit; effectivement, les grandes masses dont est composé l'univers se meuvent toutes circulairement, & par conséquent si toutes les pieces qui composent ces masses tendoient à s'échapper par la tangente à la courbe qu'elles décrivent, elles tendroient à sortir de l'état où elles sont, & bientôt cette surprenante harmonie que nous admirons dans l'univers disparoîtroit; ce ne seroit plus qu'une horrible confusion d'éléments, un vrai cahos: mais voyons ce que l'expérience doit nous faire penser sur cette matiere.

Lorsqu'on fait mouvoir circulairement

une pierre dans une fronde , il est sûr qu'elle fait effort pour s'échapper par la tangente à la courbe qu'elle décrit ; mais ce phénomène vient de ce que cette pierre se meut par le mécanisme d'un tourbillon qui tend à lui donner une direction en ligne droite , mais dont l'effet est continuellement contrarié par la fronde jusqu'au moment où elle s'en échappe ; on voit par-là que le mouvement de cette pierre n'a rien de commun avec celui d'un corps qui fait partie d'une masse qui se meut circulairement.

Pour ce qui concerne les gouttes d'eau qui s'échappent de la circonférence d'une roue que l'on fait mouvoir autour d'un essieu , & plusieurs autres phénomènes qui paroissent dépendre d'une même cause , comme la figure de la terre qui est renflée vers son équateur , & aplatie vers ses poles ; il faut savoir que si la pesanteur & d'autres causes peuvent altérer le mouvement en ligne droite ; de même la pesanteur & d'autres causes peuvent altérer le mouvement circulaire : lorsqu'on fait mouvoir une roue avec beaucoup de rapidité autour d'un essieu , il est sûr que les gouttes d'eau que l'on répand sur la circonférence de cette roue , s'échappent par la tangente à la

courbe qu'elles décrivent ; & il en feroit de même des différentes pieces dont cette roue est composée si elles étoient mal liées ensemble ; mais qui ne voit pas que dans cet exemple le mouvement circulaire est totalement dénaturé par la pesanteur & peut-être par d'autres causes , & que l'effet de la pesanteur elle-même , est tellement altéré , qu'il semble que ses coups cessent d'être dirigés vers le centre de la terre , & qu'ils tendent à éloigner du centre de leur mouvement toutes les parties de la roue ou de la masse qui se meut circulairement : dans d'autres circonstances le mouvement circulaire & la pesanteur peuvent être combinés de maniere à produire des effets analogues à la figure de la terre , sans avoir besoin pour cela de supposer que les corps qui font partie d'une masse qui se meut circulairement , tendent par eux-mêmes à s'échapper par la tangente à la courbe qu'ils décrivent : l'expérience suivante me paroît plus propre pour résoudre cette difficulté.

J'ai dit que l'eau du vaisseau M, N, P, Q, (fig. 2^{de}.) ayant reçu un mouvement circulaire , chaque molécule de cette eau devoit continuer de se mouvoir , parce qu'étant en repos relativement à celles

qui l'environnent, elle devoit persévérer dans cet état de repos, & qu'elle ne pouvoit y persévérer sans continuer de se mouvoir; j'ajoute ici qu'elle doit continuer de se mouvoir circulairement, ce qui est évident, puisque si elle tendoit à s'échapper par la tangente à la courbe qu'elle décrit, elle feroit effort pour sortir de l'état de repos relatif où elle est par rapport aux molécules qui l'environnent: l'expérience prouve en effet que les molécules dont cette masse d'eau est composée, ne font aucun effort pour se mouvoir en ligne droite & s'éloigner du centre de leur mouvement; si cela étoit, elles auroient toutes une force centrifuge qui, dans le cas présent, ne seroit pas détruite par la pesanteur dont l'action n'est pas dirigée en sens contraire; & par conséquent l'eau devoit se porter vers les bords du vaisseau, & s'y élever au dessus du niveau, ce qui n'est pas, la surface de l'eau demeure partout horizontale; il est vrai que cette eau corrode les bords du vaisseau, & qu'elle se répandroit si ces bords étoient supprimés; mais on verra clairement que ces effets ne proviennent pas de l'effort qu'elle fait pour s'éloigner du centre de son mouvement, lorsqu'on fera attention

qu'elle corrode également la surface de la colonne qui est au milieu du vaisseau, & qu'elle se porteroit vers le centre de ce vaisseau, si cette colonne étoit supprimée.

Il suit de ce qui vient d'être dit, que les corps n'ont par eux-mêmes aucune tendance au mouvement, aucune propension pour cet état, plutôt que pour celui de repos, & qu'ils sont indifférents pour toute sorte de direction; s'ils se meuvent, c'est parce qu'ils éprouvent l'action d'une ou de plusieurs causes qui le demandent; s'ils se meuvent en ligne droite ou courbe, c'est parce que ces mêmes causes l'exigent; s'ils changent de direction, ou s'ils font quelque effort pour en changer, ce n'est pas par eux-mêmes qu'ils font cet effort, c'est encore l'effet d'une cause particulière qu'il faut chercher.

M. Descartes, après avoir long-temps disserté sur le plein & le vuide, sur l'essence de la matière, sur le choc & la communication du mouvement des corps, enfin sur la conservation de la même quantité de mouvement dans l'univers, s'étoit persuadé à lui-même qu'un corps en mouvement devoit continuer de se mouvoir sans avoir besoin d'aucun secours étranger, & qu'il tendoit par lui-même à se mouvoir en ligne droite; ce

n'est pas que ce Philosophe n'admit le mécanisme des tourbillons, mais il ne l'a jamais bien connu, puisqu'il ne l'a considéré que comme un moyen capable de conserver aux corps leur mouvement, & qu'il a attribué au mouvement lui-même une autre origine, en le regardant comme une qualité que les corps se communiquent par le choc: ce Philosophe qui avoit en vue de traiter la physique céleste, croyoit avoir trouvé dans ces principes tout ce qui lui étoit nécessaire pour cela; il savoit que tout le système solaire se meut circulairement; mais il croyoit que chacun des corps qui composent cette masse tendoit à se mouvoir en ligne droite, & à s'éloigner par ce moyen du centre de son mouvement; de-là la force centrifuge; mais, disoit ce Philosophe, toutes les parties du système solaire n'ont pas une égale force centrifuge; la matière éthérée en a plus que les corps terrestres & grossiers, elle doit donc, à cause que tout est plein, forcer ceux-ci de se porter vers un ou plusieurs centres; de-là la pesanteur ou la force centripète, qui, comme on voit, n'est dans ce système qu'une moindre force centrifuge.

La nouveauté & la simplicité de ce

90 *Essai sur le Mouvement*,
système lui attirerent d'abord beaucoup de partisans ; mais il étoit trop éloigné de la vérité pour se soutenir long-temps ; bientôt on s'apperçut qu'il ne s'accordoit pas avec les phénomènes : pour que la pesanteur des corps sublunaires ne fut qu'une même force centrifuge , pour qu'elle fut due à l'impulsion qu'ils reçoivent de la part de la matière éthérée , il faudroit que ce fluide pût exercer sur les corps pesants une action proportionnelle à leur masse , puisque leur pesanteur est proportionnelle à cette masse ; mais l'éther ne peut agir que sur la surface des corps , (a) donc son action sur ces corps ne peut être la cause de leur pesanteur ; d'ailleurs l'impulsion que ce fluide pourroit donner aux corps pesants , ne seroit dirigée que perpendiculairement à l'axe , & non directement vers le centre de la terre , ainsi que l'exige le phénomène de la pesanteur.

On a fait encore une autre difficulté : la pesanteur des corps qui sont à la sur-

(a) Nous avons déjà remarqué qu'un fluide assez subtil pour pénétrer dans l'intérieur d'un corps , pouvoit exercer sur lui une action proportionnelle à la masse ; mais ce ne peut être que dans un cas dont il sera fait mention dans la suite.

face de la terre leur fait parcourir quinze pieds dans la première seconde de temps ; or pour que la matière éthérée put produire un pareil effet , on trouvoit par le calcul qu'il falloit que la circulation de cette matière, fût dix-sept fois plus grande que celle de la terre elle-même ; ce qui ne pouvoit être , parce qu'avec une pareille circulation la matière éthérée auroit été capable d'entraîner tous les corps qui sont à la surface de la terre dans le sens de la direction.

Toutes ces raisons firent abandonner le système de M. Descartes ; il n'y eut plus que quelques zélés partisans de ce Philosophe qui entreprirent de le défendre ; Malebranche & Privat de Molière, aux tourbillons simples du système cartésien , substituèrent des tourbillons composés : dans ce dernier système toute la matière éthérée est divisée en un infinité de petits tourbillons , qui se meuvent tous autour de leur centre , & aussi autour d'un centre commun : mais on leur a fait voir qu'ils avoient pris une peine inutile , parce qu'ils laissoient subsister les mêmes difficultés : d'ailleurs , nous avons remarqué que ces petits tourbillons , que j'ai appelé vortices , seroient dissipés dans l'instant.

Je serois moins surpris , si on avoit abandonné entièrement le systême de M. Descartes ; mais on en a conservé une partie ; on pense encore aujourd'hi que les corps qui se meuvent en ligne courbe , font un effort continuel pour s'échapper par la tangente à la courbe qu'ils décrivent , & c'est-là la cause de la force centrifuge , ainsi que nous l'avons dit , & à laquelle il a fallu opposer l'attraction : on fait que la combinaison de ces deux forces forme la théorie des forces centrales , qui s'accorde merveilleusement avec les phénomènes célestes.

L'accord de la théorie des forces centrales avec les phénomènes célestes , la rend précieuse aux astronomes , elle leur suffit ; mais le physicien ne s'en contentera jamais ; il demandera toujours ce que c'est que l'attraction , ou quelle est la cause de la tendance des corps vers les corps : il aura encore plus de raison de rejeter cette théorie , lorsqu'il saura que la force centrifuge ne provient pas de l'effort que font les corps qui se meuvent en ligne courbe pour s'échapper par la tangente à la courbe qu'ils décrivent : & que diront les partisans de cette théorie , si on leur prouve un jour que le soleil au lieu d'attirer

à lui les planetes , les repousse au contraire , & que la cause qui tend à les rapprocher du soleil est toute différente de celle qu'ils ont imaginée.

Si on rejettoit en même temps l'attraction & la force centrifuge qui résulte de la tendance qu'ont les corps qui se meuvent en ligne courbe , pour s'échapper par la tangente à la courbe qu'ils décrivent , il faudroit nécessairement chercher d'autres causes dont la combinaison pût tenir les astres suspendus au dessus de nos têtes , & auxquelles on pût rapporter la régularité de leur mouvement : or voici une expérience qui m'a toujours réussi , & qui peut donner de nouvelles idées sur cette matiere.

Après avoir imprimé un mouvement circulaire dans le sens M, N, P, à l'eau contenue dans le vaisseau de la figure 2^{de}. si on y met un corps qui puisse flotter , on remarquera que ce corps se mouvra circulairement , sans paroître faire le moindre effort pour s'approcher ou pour s'éloigner du centre de son mouvement ; & s'il arrive qu'il s'en éloigne ou qu'il s'en approche , on verra que ce n'est pas constamment , & que c'est l'effet de quelque cause particuliere comme un léger souffle de vent : mais si ce corps , outre

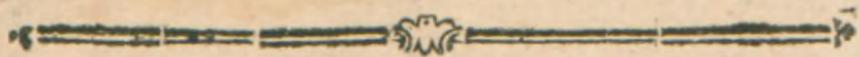
le mouvement qui lui est commun avec toute la masse d'eau, a encore un mouvement propre & circulaire autour d'un axe vertical, on s'appercevra que ce corps s'éloignera ou s'approchera du centre de son mouvement : par exemple, le corps X s'éloignera du centre de son mouvement, s'il se meut dans le sens A, B, C, c'est-à-dire, si la partie la plus près du centre se meut dans le sens opposé à celui de la masse d'eau ; il s'en approchera au contraire s'il se meut dans dans le sens C, B, A, c'est-à-dire, si la partie la plus près du centre se meut dans le sens opposé à celui de la masse d'eau : il est clair que cet effet vient de ce que le mouvement de ce corps, dans le premier cas, détermine une plus grande quantité de fluide à passer entre lui & le centre du mouvement ; & dans le second, de ce que le mouvement de ce corps détourne une partie du fluide qui devoit passer entre lui & le centre du mouvement.

Les planetes sont dans le second cas, elles se meuvent toutes d'occident en orient dans leur partie supérieure, & d'orient en occident, c'est-à-dire, contre le sens de la matiere éthérée dans leur partie inférieure ; elles doivent donc

toutes détourner une partie du fluide qui auroit du passer entre elles & le soleil, centre de leur mouvement, & par conséquent elles doivent être continuellement poussées vers ce centre; je ne doute pas que la force centripete des planetes ne soit due à cette cause, tout comme je pense que leur force centrifuge provient de l'impulsion qu'elles reçoivent de la part des rayons solaires; & que sans la premiere de ces deux causes, la seconde les relegueroit au delà des limites du systême solaire; & que sans la seconde, la premiere les précipiteroit dans le soleil même; & que c'est de la combinaison de ces deux forces, jointe à d'autres circonstances, que dépend la régularité de leur mouvement.

Il est sûr que la force centrifuge & centripete des satellites, par rapport à leur planete principale, ne peut pas dépendre de ces deux causes; mais cela ne s'accorde que mieux avec l'admirable fécondité des ressources de la nature: dans la suite je dirai encore quelque chose sur cette matiere.





CHAPITRE VIII.

*Réflexions sur la définition du mouvement ,
sur le plein , le vuide , &c.*

ON trouve à la tête de tous les ouvrages de physique une définition du mouvement qui, à mon avis, seroit mieux placée à la fin, parce qu'on pourroit alors la déduire des phénomènes de la nature observés avec attention ; il est vrai que le physicien, pour se conduire dans ses recherches, a besoin de principes, & que ceux qui seroient tirés de la nature du mouvement connu par une bonne définition, semblent être absolument nécessaires pour cela ; ce qui fait voir qu'il y a des difficultés à vaincre, quelque parti que l'on prenne, puisqu'il faut ou supposer des principes pour descendre ensuite à la contemplation de la nature ; ou s'occuper premièrement de la contemplation de la nature, pour remonter ensuite à ces principes ; ce qu'il y a de facheux, c'est qu'on a pris l'une & l'autre route sans succès jusqu'ici.

L'opinion de ceux qui ont dit que le mouvement étoit une substance différente

rente de la matiere, un être particulier, permanent selon quelques-uns, succésif suivant d'autres, ne mérite pas d'être examinée, je pourrois même dire qu'elle ne sauroit être soumise à aucun examen, n'étant pas possible de concevoir ce qu'ont voulu dire les auteurs de cette définition, qui a le vice d'être plus obscure que la chose définie elle-même.

D'autres ont assuré que le mouvement étoit une qualité des corps, qualité qu'ils se communiquent par l'action mutuelle qu'ils exercent les uns sur les autres, & que pour cette raison, on a appelé qualité impresse; mais parce qu'ils n'ont jamais pu faire connoître ce que c'est que cette qualité, on doit la regarder comme étant aussi occulte qu'aucune de celles dont il est fait mention chez les anciens, & penser que ce seroit perdre son temps, que de s'en occuper.

Tout le monde convient que le repos & le mouvement ne sont que des modifications de la matiere, qui ne tiennent en rien à son essence; mais il est évident qu'en disant que le repos & le mouvement ne sont que des modes, on n'en fait pas connoître la nature, & par conséquent cette définition, si c'en est une, est défectueuse: sans nous arrêter à celle

qu'Aristote a donnée , qui est pour le moins aussi obscure que celles qui précèdent , venons-en à une définition qui , au premier aspect , semble ne rien laisser à désirer.

Si on demande à quelqu'un ce que c'est que le mouvement , il répondra tout de suite que c'est le passage ou le transport d'un corps d'un lieu dans un autre ; & il est certain que cette définition convient au mouvement , puisque nos sens ne nous apprennent pas autre chose : cependant si on considère la question avec attention , on voit qu'elle n'est pas suffisante , soit parce qu'elle ne nous fait pas connaître si ce transport est actif ou passif , soit parce qu'elle laisse ignorer ce que c'est que le lieu : d'ailleurs si on appelle mouvement le transport d'un corps d'un lieu dans un autre , on ne doit pas donner le même nom à la cause de ce transport , ainsi qu'on le fait communément.

Si le transport d'un corps d'un lieu dans un autre est l'effet d'un mécanisme ; ce transport est sûrement passif ; mais en quoi consiste ce mécanisme dans lequel on doit chercher la cause du mouvement des corps : j'ai tâché d'en donner une idée , & il en fera encore ques-

tion dans la fuite , sans que je puisse me flatter de faire connoître tout ce qu'il a de merveilleux , soit parce qu'il varie de mille façons , soit parce qu'il échappe le plus souvent à nos sens : quant au mouvement , ou au transport des corps d'un lieu dans un autre , qui fera la matiere de ce chapitre , il est aussi très-difficile d'en avoir une juste idée , quoique ce phénomène tombe sous les sens , parce qu'il varie aussi à l'infini , & que nos sens , dans ce cas , sont souvent dans l'illusion : avant de résoudre cette question , on a compris qu'il falloit commencer par déterminer ce que c'est que le lieu des corps ; voici ce qui a été dit sur cette matiere.

Plusieurs philosophes anciens ont regardé le lieu ou l'espace comme un être réel , incréé , infini & indépendant de la matiere ; quelques-uns même ont prétendu qu'il ne différoit pas de l'immenfité de Dieu ; mais le grand nombre des modernes , en admettant un espace différent de la matiere , ne le regarde pas comme un être réel , & le confond encore moins avec la divinité ; il ne lui attribue que la seule étendue dans laquelle les corps peuvent être reçus & se mouvoir ; il dit que le lieu des

corps est la partie de l'espace qu'ils occupent, & appelle vuide les parties de cet espace qui ne sont pas occupées par les corps ou la matiere.

En partant de ce principe, les modernes disent qu'un corps est en repos, lorsqu'il ne change pas de lieu ou lorsqu'il occupe toujours la même partie de l'espace; & qu'il est en mouvement, lorsqu'il change de lieu ou qu'il occupe successivement différentes parties de l'espace; ce repos & ce mouvement sont ce qu'ils appellent repos & mouvement absolus, & font consister le repos & le mouvement relatifs des corps dans la persévérance, ou le changement de situation des corps, par rapport aux autres corps qui les environnent.

L'opinion de M. Descartes & de quelques autres physiciens anciens & modernes, est entièrement opposée à celle que je viens de rapporter; ils soutiennent que l'espace ou l'étendue, & la matiere ou les corps ne sont qu'une même chose, & pour le prouver, ils disent que l'étendue dans les trois dimensions en longueur, largeur & profondeur, constituent l'essence de la matiere & de l'espace; d'où ils concluent que ces choses ne different en rien.

Il fuit de là , affurent les Carthéfiens , que le lieu des corps ne differe pas des corps eux-mêmes , & par conféquent qu'ils ne fauroient changer de lieu , ni fe mouvoir d'un mouvement abfolu; qu'ils changent feulement de rapport ou de fituation entr'eux , ce qui confitue le mouvement relatif qui est le feul qui existe : les termes dont M. Descartes s'est fervi dans cette occasion-ci , font que le mouvement d'un corps confite dans l'application fucceffive de ce corps aux différentes parties du milieu dans lequel il fe meut.

On voit que ce dernier fyftême fuppose le plein , & est incompatible avec le vuide que M. Descartes a eu la témérité d'affurer être impossible , même à Dieu ; ce Philofophe , qui regardoit l'étude de la nature comme étant la même que celle de la fageffe , s'en étoit écarté dans cette occasion ; s'il eût été plus modeste il se feroit contenté de dire que le vuide est impossible dans l'ordre actuel des choses.

La divifibilité , la mobilité , la figurabilité , &c. ne font évidemment que des accidents de la matiere ; mais l'étendue feule en confitue-t-elle l'effence ; quelques philofophes veulent qu'elle

consiste dans l'étendue jointe à l'impénétrabilité, ce qui ne jette aucune lumière sur cette question, & nous permet de penser que nous ignorons ce que c'est que l'essence de la matiere, & même de croire qu'on l'ignorera toujours.

Quoi qu'il en soit de l'essence de la matiere, nous concevons ce que c'est que l'étendue ou l'espace; mais le vuide physique ou le néant ne sont que la même chose; on ne sauroit en avoir une idée; donc l'étendue est différente du vuide, & par conséquent nous pouvons lui donner le nom de matiere, quelque imparfaite que soit l'idée que nous en avons: la suite fera connoître les raisons qui me déterminent à embrasser cette dernière opinion, qui ne s'accorde pas, non seulement avec de grands espaces vuides de toutes matieres, mais encore avec ces petits vuides que l'on suppose disséminés entre les parties de la matiere; car quoiqu'on puisse avoir une idée du mouvement des corps, en supposant qu'ils se meuvent avec un milieu, ou dans un milieu, capable d'action & de résistance, quand même ce milieu ne seroit pas parfaitement dense, il faut avouer qu'on en a une idée bien plus

claire dans le systême du plein parfait, que dans toute autre supposition ; parce qu'en supposant seulement de petits vuides, ce seroit admettre un espace différent de la matiere, auquel on seroit forcé de rapporter le mouvement des corps, ce qui ne pourroit en donner qu'une fausse idée.

Je viens de dire qu'on pouvoit avoir une idée du mouvement des corps, en supposant qu'ils se meuvent avec un milieu ou dans un milieu capable d'action & de résistance, quand même ce milieu ne seroit pas parfaitement dense ; la raison en est que dans ce cas le mouvement des corps peut être l'effet d'un mécanisme dans l'action duquel on découvre la cause de leur mouvement : mais en supposant les corps dans un vuide absolu, ou dans de grands espaces vuides de toute matiere, quelle pourroit être la cause de leur mouvement ; ce ne seroit pas un mécanisme qui ne sauroit avoir lieu dans le vuide : quand on aura assez réfléchi sur cette matiere, on verra que, s'il ne faut qu'un peu de bon sens pour comprendre qu'un oiseau ne sauroit voler, ni un cheval galoper dans le vuide ; il ne faut qu'un peu de physique pour concevoir que toute espece de mou-

104 *Essai sur le Mouvement,*
vement est impossible dans le vuide.

J'ai dit qu'on pouvoit avoir une idée du mouvement sans supposer un plein parfait, j'ai même tâché de la donner cette idée sans cela; mais il faut convenir qu'elle seroit très-imparfaite, parce qu'en supposant un espace différent de la matiere, on tombe dans des contradictions qui doivent nous faire entièrement abandonner ce systême: supposons en effet un corps en repos, placé au milieu d'un fluide aussi en repos, situés l'un & l'autre quelque part dans l'espace, & supposant que ce corps se mette en mouvement, il est clair que pour quitter la partie de l'espace que l'on suppose qu'il occupe, il aura besoin d'une force qui le mette en état de vaincre la résistance du milieu dans lequel il est placé; supposons maintenant que ce soit le fluide qui se mette en mouvement, il est encore évident que ce corps aura besoin d'une force pour ne pas être entraîné par le fluide, ou pour persévérer dans la même partie de l'espace qu'il occupe, donc ce corps auroit besoin d'une force dans les deux cas; dans le premier, pour se mouvoir par rapport à l'espace, c'est-à-dire, d'un mouvement absolu; dans le second, pour ne

pas se mouvoir par rapport au même espace, c'est-à-dire, d'un mouvement absolu; ce qui répugne, comme l'on voit, lorsqu'on rapporte le mouvement de ce corps à un espace différent de la matiere; mais ce qui ne répugne pas, lorsqu'on le rapporte au milieu même où il se trouve placé, parce qu'alors le mouvement n'étant que relatif, ce corps, dans les deux cas, est en mouvement relativement au milieu, & le milieu relativement à ce corps, & par conséquent il a besoin d'une force dans les deux cas; dans le premier, pour se mouvoir, le milieu étant supposé en repos; dans le second, pour ne pas se mouvoir, le milieu étant supposé en mouvement.

D'ailleurs, comment pourrions-nous connoître si un corps persévère ou non dans la même partie de l'espace, & quels seroient les moyens de déterminer les circonstances relatives au mouvement des corps; ne serions-nous pas souvent dans l'erreur, sans espérance de pouvoir rectifier nos jugements? aussi les partisans de ce système ne font-ils aucun usage du mouvement des corps par rapport à l'espace, c'est-à-dire, du mouvement absolu; ils disent avec tous les autres qu'un corps est en mouvement lorsqu'il s'éloigne ou qu'il

s'approche d'un autre corps qu'ils supposent en repos : venons aux difficultés que présente le système du plein.

Si l'étendue ou l'espace & la matiere ne font qu'une même chose, il est clair qu'il suffit de la suppression de la matiere interposée entre deux corps, pour que ces corps se rapprochent l'un de l'autre, puisqu'on supprime en même temps l'espace qui les séparoit : de même il suffit de l'interposition d'une plus grande quantité de matiere entre deux corps, pour que ces corps s'éloignent l'un de l'autre, puisqu'on augmente par ce moyen l'espace qui les séparoit ; mais il faut faire attention qu'il en est de cette suppression & de cette interposition de matiere, comme de tout ce qui se passe dans la nature ; rien ne se fait par saut, & ce n'est que successivement que la matiere interposée entre deux corps peut être diminuée ou augmentée ; si toute la matiere renfermée entre quatre murailles pouvoit être anéantie dans le même instant, il est sûr qu'il se formeroit un vuide, quelque fût la vitesse avec laquelle on supposeroit que ces murailles se portassent l'une vers l'autre ; mais on ne peut pas faire cette supposition, parce que cela est impossible dans l'ordre

qu'il a plu à Dieu d'établir en créant l'univers.

On a dit que dans le système du plein le mouvement seroit impossible, parce qu'il faut nécessairement un intervalle entre le moment auquel un corps quitte le lieu qu'il occupe, & celui auquel il est remplacé par un autre corps; mais il est clair que c'est supposer la chose en question, le lieu des corps & les corps eux-mêmes ne font que la même chose: il suffit que la matière puisse se mouvoir sans cesser d'être un tout continu; or il est clair que cela est possible si le mouvement est circulaire; mais le mouvement est toujours circulaire, ou tient de la nature du mouvement circulaire; c'est ce qu'ont pensé de très-célèbres philosophes, & ce que penseront tous ceux qui auront assez médité sur cette matière: & qui est-ce qui pourroit contester qu'une sphère, parfaitement dense, pût se mouvoir circulairement ou autrement?

Plusieurs philosophes prétendent que les premiers éléments de la matière sont de petits corps durs, inaltérables, de vrais atomes; & il n'est pas douteux que ces petits corps ne laissent des vuides entr'eux, s'ils étoient d'une forme

irréguliere, & si on leur supposoit une forme réguliere & capable de ne laisser aucun vuide entr'eux: par exemple, si on leur supposoit une forme cubique, ainsi que le demandoit M. Descartes, il est certain qu'ils ne sauroient se mouvoir sans laisser de vuide entr'eux; mais sur quel fondement peut-on dire qu'il y a dans la nature de petits corps durs, inaltérables; seroit-ce parce que ces petits corps ne donnent aucune prise aux instrumens mécaniques; il faudroit pour cela ne pas faire attention que ces instrumens ne sont pas des agents appropriés à la division dont il s'agit: si on fait attention que les corps durs donnent d'autant plus de prise à l'action des dissolvans, qu'ils ont été amenés par la division à un plus petit volume, on aura de la peine à regarder les éléments de la matiere comme autant de petits corps durs; d'ailleurs quand il y en auroit quelques uns de cette nature, il suffiroit qu'il y eût une matiere essentiellement fluide qui pût remplir tous les intervalles que peuvent laisser entr'eux ces petits corps, pour ne pas être forcés d'admettre le vuide.

Supposer le vuide & admettre un espace différent de la matiere, pour rap-

porter le mouvement des corps aux différents points de cet espace, c'est se livrer à son imagination, vouloir se perdre dans ce même espace, & perdre son temps dans d'inutiles recherches sur la nature du mouvement absolu: ne supposer dans l'univers que de la matière, & ne faire attention qu'au changement de rapport ou de situation que les corps gardent entr'eux, c'est se laisser conduire par les sens qui sont le meilleur guide que nous puissions suivre; mais il faut que l'habitude nous ait appris à en faire usage; il faut que nous sachions que nos sens sont foibles, souvent mal appliqués, & qu'il est des objets sur lesquels ils n'ont point de prise; avec ces précautions nous sommes assurés qu'ils ne nous tromperont jamais: voyons maintenant s'il est possible de donner une définition du mouvement qui puisse en faire connoître la nature.

Mouvement commun, mouvement propre.

Si la distinction du mouvement en mouvement absolu & mouvement relatif est mal fondée & capable de nous induire en erreur, il n'en est pas de même de la distinction du mouvement,

en mouvement commun & mouvement propre ; elle est facile à entendre & peut être très-utile , pourvu qu'on fasse attention que le mouvement propre n'a jamais lieu à la rigueur ; parce qu'un corps simple ou une molécule de matiere infiniment petite ne fauroit se mouvoir solitairement , & qu'un corps en mouvement doit toujours être considéré comme une masse composée d'une infinité de petits corps qui se meuvent tous ensemble d'un mouvement commun.

On dit communément que le mouvement propre est celui d'un corps qui se meut seul , ou sans que les corps qui sont ses voisins se meuvent avec lui. Un oiseau qui vole , une pierre que l'on jette dans l'air , un vaisseau qui navige , sont des corps qui se meuvent d'un mouvement propre.

Mais si un corps se meut avec un ou plusieurs autres corps , ou mieux , s'il fait partie d'une masse en mouvement , on dit qu'il se meut d'un mouvement commun ; ainsi une barque qui descend librement le long d'une riviere , se meut d'un mouvement commun avec l'eau de la riviere. Un homme assis à terre se meut d'un mouvement commun avec toute la terre ; ce même homme assis sur un vais-

seau qui navige se meut d'un mouvement commun avec ce vaisseau : on voit facilement par là qu'un corps peut se mouvoir en même temps d'un mouvement propre & d'un mouvement commun ; ainsi un homme qui se promene sur la surface de la terre , se meut d'un mouvement propre & d'un mouvement commun avec toute la terre : un homme qui marche sur le pont d'un vaisseau qui navige , se meut en même temps d'un mouvement propre , d'un mouvement commun avec le vaisseau , & encore d'un mouvement commun avec le vaisseau & toute la terre.

Quoique ces définitions soient assez claires, & qu'elles puissent répandre quelque lumière sur la question présente , il s'en faut de beaucoup qu'elles aient la propriété d'une bonne définition , qui est de faire connoître la nature de la chose définie ; c'est pourquoi je préfère celle qui suit , qui approche beaucoup plus d'avoir cet avantage ; elle est tirée des principes que j'ai établis dans cet ouvrage.

Par mouvement commun , j'entends celui d'un système de corps qui se meuvent tous ensemble , de manière que le mouvement de l'un de ces corps est dépen-

dant du mouvement des autres : par exemple, dans le tourbillon , non seulement le mouvement du corps central ou du mobile est dépendant du mouvement du fluide qui circule autour de lui , & réciproquement ; mais encore celui d'une molécule prise , soit dans la masse du mobile , soit dans celle du fluide qui fait partie de la masse en mouvement , est dépendant du mouvement des autres molécules ; de même , tous les corps ou toutes les parties d'une masse qui se meut circulairement , ou qui font partie d'un vortice , se meuvent d'un mouvement commun , puisqu'il n'y en a pas une dont le mouvement ne dépende du mouvement des autres ; ce qui est tellement vrai , que si une des parties de cette masse refusoit de se mouvoir , les autres l'y forceroient : or il est clair que dans ces cas on doit dire d'une masse en mouvement , que toutes les parties qui la composent se meuvent ensemble d'un mouvement commun.

Nous avons vu qu'un corps en mouvement ne se suffisoit pas à lui-même pour continuer de se mouvoir , & qu'il avoit besoin pour cela d'un secours étranger ; mais il n'en est pas de même d'un système de corps qui se meuvent ensem-

ble d'un mouvement commun ; car puisque le mouvement de chacun de ces corps est dépendant du mouvement des autres , il est clair que la masse totale a ce qui lui est nécessaire pour continuer de se mouvoir , puisqu'elle a en elle-même la cause de son mouvement ; ce qui suffiroit pour prouver que le mouvement est toujours circulaire.

Suivant ce que nous avons dit du système solaire , il est clair que c'est une masse composée d'une infinité de parties ou un système de corps qui se meuvent tous ensemble d'un mouvement commun , puisqu'il n'y en a aucun qui ne doive son mouvement au mouvement des autres : de même , & par les mêmes raisons , le vortice terrestre ou la masse composée de la terre avec la mer , ou du globe terraque de son atmosphère , de la lune & de toute la matière éthérée , qui s'étend depuis la terre jusqu'au delà de la lune , est un système de corps qui se meuvent ensemble d'un mouvement commun , & qui fait partie du système solaire , sans que les autres pièces du système solaire participent au mouvement du vortice terrestre ; donc , si on considère le vortice terrestre en lui-même , & en même temps dans son rapport avec le système solaire ,

on doit dire qu'il se meut d'un mouvement commun avec tout le système solaire, & qu'il a aussi un mouvement qui lui est particulier, & qu'on doit appeler mouvement propre : de même, un vaisseau qui navige, se meut d'un mouvement commun avec le globe terraque, & a aussi un mouvement qui lui est propre. Un homme qui marche sur le pont d'un vaisseau qui navige, se meut d'un mouvement commun avec le vaisseau, & a de plus un mouvement qui lui est propre : on voit maintenant dans quel sens on peut dire qu'un corps ou plutôt une masse se meut d'un mouvement propre.

Si on vouloit connoître toutes les circonstances relatives au mouvement commun d'un système de corps, on rapportera le mouvement de chacun de ces corps à quelques points remarquables, pris dans la masse de ces corps ; c'est ainsi que, pour donner une idée du tourbillon, nous avons regardé le corps central & le fluide qui circule autour de lui comme une masse composée d'une infinité de petits corps, & que nous avons rapporté le mouvement de ces corps à la ligne que décrit le centre de gravité du corps central ; ligne à laquelle nous

avons donné le nom d'axe du mouvement; mais il est clair que ce moyen ne peut faire connoître le mouvement de cette masse que par rapport à elle-même; si on la considère dans son rapport avec les corps situés au delà des limites de cette masse, il faudra rapporter le mouvement de chacune de ses parties à ces mêmes corps.

Pareillement, lorsqu'il a été question de faire connoître la nature du vortice ou du mouvement d'une masse qui se meut circulairement, nous avons rapporté le mouvement de chacune des parties de cette masse à une ligne que nous avons appelée l'axe du mouvement: par exemple, nous avons rapporté le mouvement de chacun des corps qui composent le système solaire à l'axe de rotation du soleil: il est encore évident que ce moyen ne donne une idée du mouvement de cette masse que lorsqu'on la considère seulement en elle-même; & que si l'on veut connoître le rapport du système solaire ou de chacun des corps qui le composent avec les corps qui sont au delà des limites de cette masse, il faut rapporter leur mouvement à ces mêmes corps: voyons maintenant pourquoi & dans quels cas on doit dire

116 *Essai sur le Mouvement,*
d'un corps qu'il est en repos ou qu'il est
en mouvement.

Repos relatif, mouvement relatif.

Rien n'est si aisé que de comprendre ce que c'est que le repos & le mouvement relatifs ; il n'est personne qui ne dise que plusieurs corps sont en repos , relativement les uns aux autres , quand ils ne changent pas de situation entr'eux , & qu'ils sont en mouvement relativement les uns aux autres quand ils changent de situation entr'eux : on conçoit aussi facilement qu'une masse composée de plusieurs corps qui sont en repos relativement les uns aux autres , peut se mouvoir relativement à d'autres masses ou à d'autres corps ; ainsi une sphere solide qui se meut sur un de ses axes est une masse composée d'une infinité de petits corps qui sont en repos relativement les uns aux autres , mais qui se meuvent tous relativement aux objets situés dans le lieu où l'on fait l'expérience ; puisque ces petits corps changent continuellement de situation par rapport à ces objets ; de même , & par les mêmes raisons la terre est une masse qui est en repos relativement à elle-même , mais qui se

meut relativement au soleil , aux autres planetes , &c. Il est clair que tout ceci est fondé sur le rapport des sens , & que nous n'avons pas d'autre moyen qui puisse nous faire juger du repos & du mouvement des corps.

Le systême solaire est une masse qui seroit en repos relativement à elle-même , si toutes les parties dont elle est composée avoient une même vitesse angulaire ; mais il n'en est pas ainsi , quoiqu'elles se meuvent toutes d'un mouvement commun , elles ont encore chacune un mouvement propre. Le soleil , à cause de son mouvement de rotation autour de son axe , est une masse qui se meut relativement à tous les corps qui sont dans l'univers ; & chaque planete , à cause de son mouvement de rotation autour de son axe , & de son mouvement périodique autour du soleil , est une masse qui se meut relativement au soleil , aux autres planetes & aux étoiles fixes , puisqu'elle s'éloigne ou s'approche sans cesse de ces corps , ou qu'elle leur présente successivement tous les points de sa surface.

Remarquez que si tous les corps qui font partie d'un vortice ou d'une masse qui se meut circulairement , ne sont pas

en repos relativement les uns aux autres, ils s'éloignent peu de cet état pour chaque instant, parce qu'ils se meuvent tous dans le même sens : par exemple, puisque les planetes se meuvent toutes dans le même sens, le changement de situation des unes par rapport aux autres n'est pour chaque instant que comme la différence de leur mouvement ou de leur vitesse ; mais si les unes allant d'occident en orient, les autres alloient d'orient en occident ; il est clair que leur changement de situation entr'elles seroit pour chaque instant comme la somme de leur vitesse.

Un vaisseau qui navige avec l'eau qui, en circulant autour de lui forme un tourbillon, est une masse dont toutes les parties se meuvent ensemble d'un mouvement commun, mais qui ne sont pas pour cela en repos relativement les unes aux autres : les molécules d'eau qui font partie de cette masse se meuvent relativement au vaisseau, puisqu'elles changent continuellement de situation à son égard : mais le vaisseau lui-même, qui est la principale piece de la masse en mouvement, est en repos relativement à lui-même, puisque les différentes pieces dont il est composé ne changent point

de situation entr'elles, & est en mouvement relativement aux objets placés au delà des limites de la masse en mouvement, puisqu'il s'éloigne ou s'approche sans cesse de ces objets.

On voit par tout ce qui précède qu'il est facile d'avoir une idée du repos & du mouvement relatifs, puisqu'on peut en déterminer toutes les circonstances; mais il n'en est pas de même du repos & du mouvement absolus, on ne trouvera jamais aucun moyen qui puisse en faire connoître la nature; d'où l'on doit conclure que le repos & le mouvement absolus sont aussi imaginaires que l'espace lui-même auquel on voudroit le rapporter: voici cependant une objection qu'on peut faire.

Si le mouvement n'est que relatif, il est réciproque; c'est-à-dire, que si un corps se meut relativement à d'autres corps, il faut aussi que ceux-ci se meuvent relativement au premier; & par conséquent on seroit autant en droit de dire que le rivage est en mouvement aussi bien qu'un vaisseau qui quitte le rivage; que les arbres qui bordent un grand chemin sont en mouvement tout comme les hommes qui voyagent dans ce chemin, ce qui paroît absurde.

Pour faire connoître en quoi consiste cette difficulté, & pour la résoudre en même temps, supposons que les deux corps *AB*, & *CD*, (fig. 3^{me}.) tiennent ensemble par des petits liens flexibles, & faisons attention que ces liens seront également tendus, soit que *AB* vienne à se mouvoir dans la direction *AMB*, ou *CD*, dans la direction *CND*, & qu'ils le feront autant dans les deux cas par la réaction de l'un de ces deux corps que par l'action de l'autre ; ce qui prouve que ces deux corps exercent une action mutuelle l'un sur l'autre ; il n'y a donc jusqu'ici aucune raison qui doive nous faire dire que c'est *AB* qui est en mouvement plutôt que *CD*, & nous devons regarder ces deux corps comme deux masses qui sont chacune en repos relativement à elles-mêmes, mais qui se meuvent l'une relativement à l'autre, & par conséquent qu'elles sont en mouvement toutes les deux ; ce qui ne doit surprendre personne quand on fera attention qu'il n'y a point de corps dans l'univers qui ne soit en mouvement ou qui ne fasse partie d'une masse en mouvement.

Mais si le mouvement de ces deux corps est dû à un mécanisme général
qui

qui exerce son action sur l'un & sur l'autre, tandis que l'un des deux seulement, par exemple C D, éprouve encore l'effet d'un mécanisme particulier; le corps C D aura encore un mouvement propre, & par conséquent il y aura une raison de plus pour dire que C D est en mouvement plutôt que A B : par exemple, la terre entière avec la mer & un vaisseau à la mer, se meuvent ensemble d'un mouvement commun dû à un mécanisme général; mais si le vaisseau, par l'impulsion du vent ou autrement, a encore un mouvement propre; on doit dire, & on dit en effet que c'est le vaisseau qui est en mouvement & non pas la terre ou le rivage, quoique le rivage soit en mouvement relativement au vaisseau, & le vaisseau relativement au rivage: par la même raison on doit dire que des hommes qui voyagent dans un chemin bordé d'arbres, se meuvent & non pas les arbres: il est clair que dans ce cas le mouvement des hommes est dû à un mécanisme auquel les arbres n'ont point de part.

Mais si on ne fait pas attention au mécanisme ou à la cause qui a exercé son action sur C D seul, ou si on l'ignore, on n'aura plus aucune raison de

préférence pour dire que c'est C D qui est en mouvement plutôt que A B ; c'est le cas d'un homme qui étant à bord d'un vaisseau en mouvement croit être en repos , & que ce sont les objets situés sur le rivage qui s'éloignent de lui ; (*terraeque , urbesque recedunt :*) c'est aussi celui d'un observateur mal instruit , qui croit être dans un repos absolu à la surface de la terre , & qui pense que ce sont le soleil , la lune , les étoiles & tout le ciel qui font une révolution entière autour de lui toutes les vingt-quatre heures.

Si on me demandoit ce qu'on doit penser d'un homme qui étant à bord d'un vaisseau feroit autant de chemin sur le pont du vaisseau d'occident en orient , que le vaisseau lui-même en fait d'orient en occident , & qui par ce moyen seroit toujours à la même distance du rivage ; je répondrois qu'on doit dire que cet homme se meut relativement au vaisseau , avant de faire attention qu'il est en repos relativement au rivage ; puisqu'il est clair que ce n'est pas pour demeurer en repos relativement au rivage que cet homme fait un effort , c'est pour se mouvoir relativement au vaisseau ; par les mêmes raisons , s'il est question d'un poisson qui fait autant d'effort contre le

courant d'une riviere, que la riviere en fait pour l'entraîner, & qui par ce moyen répond toujours aux mêmes points du rivage; on doit dire de ce poisson qu'il se meut relativement à l'eau de la riviere, avant de songer qu'il est en repos relativement au rivage: il est clair que par tout ce qui a été dit jusqu'ici que les corps ont beaucoup plus de rapport avec leurs voisins qu'avec d'autres corps plus éloignés.

C H A P I T R E I X.

Réflexions sur la loi du choc.

ON assure que si un corps en mouvement rencontre directement un autre corps sur son chemin, il lui communique du mouvement proportionnellement à sa masse, de maniere que l'un & l'autre ont une égale vitesse après le choc, ou que le corps choqué ne puisse plus faire obstacle au corps choquant; c'est en cela que consiste la loi du choc: & parce qu'on regarde d'ailleurs le mouvement comme une quantité proportionnelle à la masse & à la vitesse du mobile, quantité qui ne peut s'acquérir & se perdre que par le choc; on

ajoute que le corps choqué doit , si rien ne lui fait obstacle , continuer de se mouvoir avec la quantité de mouvement qu'il a reçu éternellement , uniformément , & toujours en ligne droite , cette dernière espece de mouvement étant regardée comme la plus naturelle de toutes.

Si on demande aux partisans de la loi du choc , ce que c'est que le corps choquant communique au corps choqué , & de quelle maniere se fait cette communication , la plupart des physiciens qui l'ont admise ne répondront rien ; contents de cette loi qu'ils croient conforme aux phénomènes , ils n'ont pas étendu leurs recherches plus loin ; mais M. Descartes & ses sectateurs répondront que le corps choquant ne communique rien de ce qui est en lui au corps choqué , qu'il le touche seulement , & que Dieu transporte l'un & l'autre avec une égale vitesse ; ils diront aussi qu'un corps en mouvement , est un corps que Dieu conserve dans l'état du mouvement , tout comme un corps en repos est un corps que Dieu conserve dans l'état de repos.

Dans le système de M. Descartes , il ne suffiroit pas que Dieu , en créant l'univers , eût créé en même temps une

certaine quantité de mouvement ; il faudroit encore un acte spécial de sa volonté pour chaque mutation dans le mouvement des corps , & si un corps en mouvement est un corps que Dieu conserve dans l'état de mouvement , il s'ensuit que si Dieu cessoit de le conserver dans l'état de mouvement , ce corps seroit en repos ; mais puisqu'un corps en repos est un corps que Dieu conserve dans cet état , il s'ensuivroit aussi que si Dieu cessoit de le conserver dans l'état de repos , dès lors ce corps seroit en mouvement ; conséquence singulière.

Ces difficultés n'ont pas été capables d'arrêter de très-célèbres métaphysiciens qui , ne voyant aucune connexion entre l'action du corps choquant & le mouvement du corps choqué , ont regardé , avec M. Descartes , le choc des corps comme une simple cause occasionnelle du mouvement , & la loi du choc elle-même comme un principe de la nature : Dieu , disent-ils , a bien été le maître d'établir le choc des corps pour cause de leur mouvement , tout comme il a institué leur co-existence pour cause de cette tendance mutuelle qu'ils ont les uns les autres : tel est , en peu de mots , le fondement des loix du choc & de l'attrac-

tion dans le sens qu'elles ont été admises, presque sans exception, par tous les physiciens.

Laissant aux métaphysiciens le soin d'examiner ce que Dieu a pu faire, tâchons de découvrir ce qu'il a fait, & voyons premièrement s'il est vrai qu'un corps qui en choque un autre, lui communique du mouvement proportionnellement à sa masse dans tous les cas, ou s'il lui donne nécessairement une vitesse égale à la sienne.

Soit qu'un corps mou & visqueux en rencontre un autre en repos, soit que ces deux corps viennent à la rencontre l'un de l'autre, soit enfin qu'étant tous deux en mouvement dans la même direction, l'un atteigne l'autre, ils souffrent une compression, s'unissent ensemble, & ne font plus qu'une même masse, dont toutes les parties ont nécessairement une égale vitesse; mais cela arrive évidemment sans qu'on puisse soupçonner que ce soit l'effet d'une loi.

Dans le choc des corps durs & élastiques, les choses se passent tout différemment; il n'arrive jamais qu'après le choc la communication du mouvement se fasse de manière que la vitesse du corps choquant & celle du corps choqué, soit

la même après le choc : à la vérité on a dit qu'il n'y avoit point dans la nature de corps parfaitement durs & sans élasticité , & que s'il y en avoit , ces corps se communiqueroient le mouvement tout comme les corps mous ; mais cette assertion , qui ne fauroit être fondée sur l'expérience , n'est appuyée par aucune preuve.

Pour ce qui concerne les corps élastiques , on fait qu'ils se communiquent le mouvement d'une manière qui varie singulièrement ; quelques fois le corps choquant communique tout son mouvement au corps choqué , d'autres fois il lui communique plus de vitesse qu'il n'en avoit lui-même avant le choc & qu'il n'en conserve après le choc ; il arrive aussi souvent qu'après le choc il revient sur ses pas ; & voici de quelle façon on s'y prend pour accorder ces phénomènes avec la loi du choc qui demande que le corps choquant communique du mouvement au corps choqué en raison des masses.

On pense qu'un corps élastique qui en choque un autre , dans le premier instant de son action lui communique du mouvement proportionnellement à sa masse , mais que la compression que souff-

fre le corps choqué le met en état, en déployant son ressort, de réagir contre le corps choquant, qu'il lui dérobe encore, par ce moyen, une partie du mouvement qui lui restoit, & que c'est la cause de l'inégalité de mouvement des deux corps après le choc; par exemple: si une bille d'ivoire, suspendue par un fil, va en choquer une autre de même masse & suspendue de même par un fil, elle lui communique d'abord la moitié de son mouvement; mais la bille choquée, par la restitution de son ressort, lui dérobe ensuite l'autre moitié, & par ce moyen la bille choquante demeure en repos, & la bille choquée se meut avec toute la vitesse qu'avoit la bille choquante avant le choc.

On a raisonné à peu près de même pour le cas où la bille choquante auroit plus ou moins de masse que la bille choquée; pour celui auquel ces deux billes feroient en mouvement dans la même direction ou des directions opposées, & on a donné des formules qui s'accordent assez bien avec l'expérience, mais qui laissent subsister toute l'obscurité qui regne dans cette matière, en ne faisant connoître que ce qui arrive dans le choc des corps qui sont entièrement libres,

comme le sont des billes suspendues par des fils ; il sera plus utile d'examiner en général ce qui se passe dans le choc des corps , relativement à la communication du mouvement , & pour cela il est convenable de faire connoître ce qu'on doit entendre par les termes de choc ou percussion , de pression & d'impulsion , &c.

Le choc peut avoir lieu de plusieurs façons ; 1^o. lorsqu'un corps en mouvement , distant d'un autre en repos , va le toucher après avoir parcouru l'espace qui l'en séparoit avec une vitesse quelconque ; 2^o. lorsque ces deux corps étant en mouvement dans la même direction , l'un peut atteindre l'autre ; 3^o. lorsque ces mêmes corps étant en mouvement dans des directions opposées ils viennent à se rencontrer ; dans ce dernier cas le choc est réciproque , & dans tous les cas , l'action d'un corps qui en choque un autre est appelée choc ou percussion.

Mais si un corps agit sur un autre corps qui le touche , & qui étant devant lui s'oppose au mouvement qu'il tend à acquérir , on dit qu'il le presse , & son action est appelée pression ou compression : le choc peut être très-fort ,

mais aussi la durée est très-courte ou momentanée; à la rigueur même elle ne dure qu'autant de temps qu'il en faut pour l'entière application de la surface du corps choquant contre celle du corps choqué; que si après cette application le corps choquant continue d'agir, son action n'est plus évidemment qu'une simple pression, & si cette pression n'est pas d'une longue durée, j'appellerai choc l'action totale du corps choquant: à l'égard de la pression, elle est en général moins forte que la percussion; mais en revanche elle est d'une bien plus longue durée; celle qu'exercent les corps pesants peut être regardée comme éternelle; elle est aussi uniforme.

Si un corps tient à un autre corps par une corde, une verge ou par tout autre lien, & qu'il ne puisse pas s'éloigner de ce corps sans le traîner après lui, ou sans rompre le lien par lequel ces deux corps tiennent ensemble, il pourra exercer sur ce corps une action que j'appelle traction; par exemple, un corps suspendu à un point fixe au moyen d'une corde, exerce une force de traction contre ce point; dans ce cas la traction est uniforme, & peut être regardée comme éternelle; mais il est des circon-

tances dans lesquelles l'intensité de cette force peut varier.

L'action d'une main qui pousse un corps tantôt avec plus, tantôt avec moins de force, tient en même temps de la pression & de la percussion; l'action d'un fluide en mouvement qui choque une surface, est dans le même cas, elle peut être uniforme & d'une durée plus ou moins longue, ce qui la rapproche de la nature de la pression plutôt que de la percussion: je me servirai du terme d'impulsion, ou d'impulsion continue, pour exprimer l'action des corps qui agissent d'une manière analogue à ces cas: cela posé.

Je remarque que la pression & la percussion qui, dans les ouvrages des physiciens ne diffèrent que de nom, & qu'ils ont tellement confondus, qu'ils ont fait l'une & l'autre égales au produit de la masse par la vitesse, ne sont pas une même chose; ces deux manières d'agir des corps diffèrent en un point essentiel, qui est la durée de l'action, ce qui est cause qu'il en résulte des effets entièrement dissemblables, ainsi qu'il sera prouvé avec toute l'évidence désirable, lorsque nous parlerons de la pression & du choc des corps; mais sans cela

il sera facile de s'assurer de cette vérité, pour peu qu'on se rende attentif aux phénomènes de la nature les plus communs; en effet, si on en excepte un cas dont il sera fait mention plus bas, on verra que ce n'est pas tout d'un coup, & par le moyen du choc, qu'on peut faire passer un corps de l'état de repos à celui de mouvement; ce n'est que petit à petit, & par le moyen de la pression ou de l'impulsion qu'on y réussit; c'est pour cela que cent coups de canons tirés contre un vaisseau ne le mettront pas en mouvement, tandis qu'un léger souffle de vent, ou le jeu des rames en viendront à bout facilement: des ouvriers qui veulent remuer une masse lourde & pesante ne la frappent pas à coups de marteau, ils emploient contre elle l'impulsion, en se servant de leviers ou de cordes & de chaînes qu'ils font mouvoir par le moyen du tour, des poulies, &c. lorsqu'on veut jeter une pierre avec la main, on commence par l'éloigner du point duquel on veut qu'elle parte, pour l'y ramener ensuite par une impulsion qui lui donne une vitesse accélérée.

On ne doit pas être surpris de cela; un boulet de canon qui frappe un vais-

seau, ne choque que la partie du vaisseau qu'il touche; & il est clair que, pour le mettre en mouvement, il faut une cause qui exerce son action sur toute la masse: on doit en dire autant d'un coup de marteau qui frappe un corps d'un volume considérable; ce qui fait voir que le choc est plutôt fait pour réduire un corps en pièces ou pour l'écraser que pour le mettre en mouvement; effectivement dans un très-grand nombre de cas que je ne citerai pas, parce qu'il est facile de les imaginer, le corps choquant perd toute sa vitesse ou tout son mouvement sans en communiquer, au moins sensiblement, au corps choqué; & s'il étoit permis de faire usage des causes finales, je dirois que ce n'est qu'en perdant tout son mouvement que le corps choquant peut produire le plus grand effet possible.

Il n'en est pas de même d'un corps qui presse un autre corps ou qui exerce sur lui une impulsion continue, parce qu'il est clair que, à cause de la durée de son action, il doit vaincre les obstacles qui s'opposent au mouvement du corps sur lequel il agit, & cela doit arriver de quelque nature que soient ces obstacles, à moins qu'ils ne fussent invin-

cibles : en effet, l'expérience prouve non seulement qu'un corps qui presse un autre corps ou qui exerce sur lui une impulsion continue, le met en mouvement, mais encore qu'il lui donne enfin, ou qu'il tend à lui donner une vitesse égale à la sienne : c'est ainsi que le vent tend continuellement à donner aux voiles d'un vaisseau une vitesse égale à la sienne ; il en est de même de l'eau d'une rivière par rapport aux ailes d'un moulin ; & si on jette dans une rivière un corps qui puisse flotter, ce corps aura bientôt acquis une vitesse égale à celle de l'eau de la rivière ; or on voit aisément la raison de ce phénomène, un corps qui presse un autre corps ou qui exerce sur lui une impulsion, ne cessera d'agir sur lui ou de le pousser devant lui, que lorsque celui-ci ne lui fera plus obstacle, ce qui arrivera lorsqu'ils auront l'un & l'autre une égale vitesse.

Il seroit bien difficile de faire attention à ce qui précède, sans comprendre que le mouvement des corps n'est pas dû à une loi ; si cela étoit, il suffiroit, comme le disoit M. Descartes, qu'un corps en mouvement en touchât un autre, pour que celui-ci fût mis en mouvement ; mais les choses ne se passent pas ainsi :

le corps choqué ne se met pas toujours en mouvement, & s'il reçoit quelques fois du mouvement proportionnellement à sa masse, ce n'est qu'accidentellement, ainsi qu'il a été dit en parlant des corps mous : dans tout autre cas l'action du corps choquant est d'une trop courte durée, pour que son mouvement se distribue en raison des masses : si un corps ne passe que peu à peu de l'état de repos à l'état de mouvement, & par le moyen de la pression ou de l'impulsion ; c'est évidemment parce que le mouvement de ce corps est l'effet d'un mécanisme, & que ce mécanisme ne peut pas se former tout d'un coup.

Il faut conclure de tout ceci que la loi du choc est tout ce qu'on a pu imaginer de plus mal, puisqu'elle ne s'accorde pas avec l'expérience ; & que cette loi que l'on a regardé long-temps comme un dogme incontestable, avec les conséquences qu'on en a tirées, ne peuvent qu'égarer un Physicien ; si le mouvement des corps est l'effet d'un mécanisme, il est clair que celui d'un corps qui a été mis en mouvement, ne durera qu'autant de temps que durera le mécanisme qui l'a mis en mouvement, & qu'il ne peut être éternel, qu'autant que ce mécanisme seroit éter-

nel ; on voit aussi que sa direction dépend de ce même mécanisme ou du concours de plusieurs causes , &c.

Lorsqu'on veut frapper une boule d'un coup de mail , on commence par agiter le mail quelques instants dans l'air , pendant lesquels il se forme un tourbillon autour du mail , lorsqu'ensuite le mail frappe la boule , il souffre ainsi que la boule une légère compression , & son mouvement est un peu retardé , ce qui fait que le tourbillon laisse le mail en arriere , s'empare de la boule & l'emporte avec lui : c'est le cas de l'exception dont il a été fait mention plus haut ; dans cette occasion la boule passe tout d'un coup à l'état de mouvement , & par le moyen du choc , mais ce n'a été que peu à peu & par le moyen de l'impulsion , que le mail a acquis cette force & cette vitesse avec lesquelles il choque la boule , & la boule ne part avec beaucoup de vitesse initiale , que parce qu'elle se substitue à la place du mail : il est évident que cet effet aura lieu toutes les fois que le mécanisme qui tient en mouvement le corps choquant pourra , en l'abandonnant , s'emparer du corps choqué ; ce qui demande que ces corps soient entièrement libres ou isolés : les exemples suivans se rapportent au même cas.

Lorsqu'une petite bille d'ivoire en mouvement va en choquer une plus grande & en repos, elle perd toute sa vitesse dans le premier instant de son action, parce que le mécanisme qui la tenoit en mouvement l'abandonne, & met en mouvement la grande bille qui se meut avec moins de vitesse que la petite, ce qui doit être une même cause, ne pouvant pas donner autant de vitesse à une grande qu'à une petite masse; dans ce cas la petite bille se réfléchit à cause de la compression que ces billes ont soufferts dans leurs parties qui ont été en contact, & de la restitution du ressort de ces parties.

Si c'est une grande bille qui en choque directement une petite, elle la met en mouvement, & continue de se mouvoir elle-même dans sa première direction, parce qu'à cause du peu de résistance de la petite bille, le mécanisme qui tenoit la grande en mouvement, ne l'abandonne pas tout à fait; dans ce cas le mécanisme se partage, ou le tourbillon auquel est dû le mouvement de la grande bille se divise en deux.

Lorsqu'une bille en rencontre directement une autre de même masse & en repos, elle lui communique tout son mou-

vement, parce que le mécanisme qui tenoit la bille choquante en mouvement, a dans ce cas le temps de l'abandonner entièrement, & de s'emparer de la bille choquée qui, par ce moyen, doit se mouvoir avec toute la vitesse qu'avoit la bille choquante avant le choc.

J'ai déjà remarqué qu'un tourbillon se formoit quelquefois avec une vitesse étonnante, & j'ai apporté pour exemple celui que forme autour d'un boulet la vapeur enflammée de la poudre à canon : ici il convient de dire que ce n'est pas en choquant le boulet, c'est en exerçant sur lui une impulsion continue, que cette vapeur le chasse avec une force prodigieuse ; l'impulsion est en effet un moyen bien plus convenable que le choc pour mettre un corps en mouvement.

Je vais terminer ce chapitre par rapporter un phénomène qui prouve directement que le mouvement des corps n'est pas dû à une loi. Un vaisseau en mouvement qui rencontre un écueil, s'arrête & même recule un peu ; mais bientôt après, comme si le fort s'en mêloit, il revient à la charge, choque une seconde, une troisième fois, &c. l'écueil, & acheve de se briser ; or il est clair que ce vaisseau qui a perdu tout son mouvement dans le

premier choc, l'auroit perdu sans retour s'il étoit dû à une loi; mais si c'est le mécanisme d'un tourbillon qui le tient en mouvement, il continuera de se mouvoir ou fera sollicité à se mouvoir, jusqu'à ce que le tourbillon d'eau sera dissipé, & nous avons vu qu'un tourbillon d'eau se soutient assez long-temps avant d'être entièrement dissipé.

C H A P I T R E X.

Réflexions sur la résistance des milieux.

JA M A I S les erreurs ne se sont tant multipliées en physique que depuis qu'on s'est occupé de la résistance des milieux; le calcul qu'on a employé dans cette recherche étoit un très-bon moyen pour y réussir, mais il ne suffisoit pas, il falloit des principes que l'observation & l'expérience seules pouvoient donner, & c'est parce qu'on a mal observé & mal interrogé l'expérience, qu'on est parvenu à des résultats qui se sont trouvés peu d'accord avec l'expérience même.

La théorie la plus généralement reçue sur cette matiere, est celle qui fait la résistance des milieux proportionnelle, 1^o,

à leur viscosité , 2^o. à leur densité , 3^o. à la surface du mobile , 4^o. au carré de sa vitesse : mais en supposant , conformément à la loi du choc , qu'un corps qui en choque un autre , lui communique du mouvement proportionnellement à sa masse , il s'ensuivoit qu'un corps ne pouvoit déplacer une quantité de matière égale à sa propre masse , sans perdre la moitié de sa vitesse ; & par conséquent , que , dans le système du plein , un cylindre ne pouvoit parcourir un espace égal à son axe , & une sphere , un espace égal aux deux tiers de son diamètre , sans perdre la moitié de leur vitesse.

Cette conséquence ne s'accordant pas avec l'expérience qui fait voir qu'un boulet de canon parcourt plus de mille fois son diamètre avant d'avoir perdu la moitié de sa vitesse ; on a pris le parti de proficrire le plein ; & en jugeant de la quantité de matière des corps ou de leur densité , par le rapport de leur poids à leur volume , on a dit que l'air étoit huit ou neuf cents fois moins dense que l'eau , & l'eau plus de dix - neuf fois moins dense que l'or ; par ce moyen on a considérablement diminué la résistance que les milieux opposent aux corps qui se meuvent à la surface de la terre ; à l'égard des mouve-

ments célestes, après avoir remarqué que les astres se meuvent avec une régularité surprenante, sans que leur vitesse ait diminué, au moins sensiblement, depuis l'origine du monde; on en a conclu que les espaces célestes étoient vuides de toute matiere, ou qu'on ne devoit tout au plus les considérer que comme des milieux extrêmement rares & incapables de résistance; on a même poussé les choses jusqu'à dire que toute la matiere éthérée, renfermée dans l'espace compris depuis le soleil jusqu'au delà de saturne, pourroit être contenue dans un boisseau, si elle étoit réunie en un seul corps parfaitement dense.

Qui ne seroit pas surpris de voir les Physiciens se permettre le droit de faire un si grand nombre de suppositions, dans un temps où ils se flattent d'avoir banni le goût des systêmes? ces suppositions ne sont-elles pas elles-mêmes autant de systêmes? ont-ils jamais prouvé le vuide autrement que parce que le plein ne s'accorde pas avec leur théorie? sur quel fondement peuvent-ils assurer que la quantité de matiere des corps est proportionnelle à leurs poids? & quelles sont les expériences qui prouvent qu'un corps qui en choque un autre, lui com-

unique du mouvement proportionnellement à sa masse : avant d'aller plus loin, commençons par prouver que cette théorie ne s'accorde pas avec l'expérience.

Une barque qui a été mise en mouvement dans une masse d'eau, & ensuite abandonnée à elle-même, continue de se mouvoir & parcourt plusieurs fois sa longueur avant de perdre la moitié de sa vitesse ; mais en admettant les principes dont il vient d'être fait mention, cette barque est dans le cas d'un corps qui se meut dans un milieu dont la densité est égale à la sienne ; donc ce qui a été dit d'un cylindre ou d'une sphere qui se mouvroient dans un milieu dont la densité seroit égale à la leur, est destitué de fondement : il est vrai que cette barque ne sauroit parcourir un espace égal à sa longueur, sans qu'une masse d'eau égale à la sienne ne soit déplacée ; mais il faut se rappeler ici ce qui a déjà été dit, le déplacement de cette eau est d'abord dû à la puissance motrice qui n'a pu mettre la barque en mouvement, sans mouvoir en même temps l'eau qui l'environne ; & faire attention qu'il n'y a que l'eau qui est immédiatement devant & derriere cette barque, qui ait une vitesse égale à celle de la barque même ; le surplus de

cette eau en acquiere beaucoup moins ; elle ne fait , pour ainsi dire , que se ranger par côté , pour reprendre à peu près la même place , après avoir laissé passer la barque.

Nous avons déjà remarqué qu'il y avoit une très-grande différence entre le mouvement d'un corps qui se meut , avec le milieu même dans lequel il est placé , ou d'un mouvement commun avec lui , & celui d'un corps qui se meut d'un mouvement propre dans un milieu : nous allons voir qu'il y a aussi la plus grande différence dans la résistance que les milieux peuvent opposer au mouvement des corps dans ces deux cas : cette recherche souffre plus de difficultés dans le second ; commençons par le premier , qui me paroît n'en souffrir aucune , c'est pourquoi je ne m'y arrêterai point , je ne ferai même presque que répéter ce que l'occasion m'a obligé de dire d'avance.

Un corps placé dans un milieu , & qui se meut d'un mouvement commun avec lui , ne doit éprouver aucune résistance de la part de ce milieu ; dans ce cas le mobile & le milieu ne font qu'une même masse dont toutes les parties sont en repos , au moins sensiblement , relativement les unes aux autres ; & puis-

qu'elles doivent demeurer d'elles-mêmes dans cet état de repos relatif, il est clair qu'elles ne peuvent pas se faire obstacle ; tel est l'état d'une barque qui descend librement le long d'une rivière, elle n'éprouve aucune résistance de la part de l'eau qui est devant elle, & n'en oppose aucune à celle qui est derrière elle ; dans ce cas on ne peut pas dire que le milieu fasse la moindre résistance, pas même une résistance que l'on puisse supposer infiniment petite.

Remarquez que si cette barque, par quelque cause que ce soit, avoit plus de vitesse que l'eau de la rivière, alors l'eau qui est devant elle lui opposeroit une résistance ; & si au contraire elle avoit moins de vitesse que l'eau de la rivière, ce seroit la barque qui opposeroit une résistance à l'eau qui est derrière elle ; mais alors elle auroit un mouvement propre, & ne seroit plus dans le cas que nous nous sommes proposés d'examiner : cette barque & l'eau de la rivière étant considérées comme une seule masse, si on me demandoit quelle est la résistance qu'elle éprouve, ou quels sont les obstacles qui s'opposent à son mouvement, je dirois qu'il faut les chercher vers les limites de cette masse ; mais ce n'est pas

pas non plus la question qui nous occupe.

Il en est de même d'un milieu qui se meut circulairement, il n'opposera jamais aucune résistance à un corps qui y sera placé, & qui se mouvra avec lui d'un mouvement commun, c'est-à-dire, dans le même sens, & avec une vitesse égale à la sienne; & cela arrivera toujours, quelque soit la densité du milieu: c'est donc sans aucune nécessité qu'on a banni le plein & admis un vuide relatif ou presque absolu dans les cieux, par la crainte de la résistance qu'un fluide dense pourroit opposer au mouvement des corps célestes; en supposant chaque planete située dans une couche de fluide qui se meut avec elle dans le même sens & avec une vitesse égale à celle de la planete; ce fluide ne lui opposera jamais aucune résistance, quand même on le supposeroit d'une densité parfaite: nous pouvons ajouter ici la même remarque que nous venons de faire; il est vrai que la planete éprouveroit une résistance de la part de la matiere éthérée, si elle avoit plus de vitesse que ce fluide; mais ce seroit elle qui lui en opposeroit une, si elle avoit moins de vitesse que lui.

Venons au second cas que j'ai dit devoir nous présenter plus de difficulté ; c'est celui d'un corps qui se meut dans un milieu , c'est-à-dire , sans que le milieu lui-même soit en mouvement ; ou mieux , sans qu'il se meuve d'un mouvement commun avec lui : il est sûr que ce corps éprouvera une résistance , puisqu'il faut qu'il déplace sans cesse le fluide qui est devant lui , ou qu'il l'écarte de son chemin ; mais cette résistance vient-elle de la viscosité & de la densité du milieu ; celle qui vient de la viscosité , ou de la ténacité des parties du milieu , est-elle constante & proportionnelle au temps ? & celle qui vient de la densité du milieu est-elle proportionnelle à cette densité ? & doit-elle être faite égale au quarré de la vitesse du mobile , ainsi que le pensent la plupart des Physiciens ? voici les raisons qu'ils en apportent.

Un corps étant plongé dans un milieu quelconque , dans l'eau , par exemple , est entouré de molécules qui adhèrent à sa surface ; & pour qu'il se meuve , il faut qu'il puisse vaincre la résistance qui vient de cette adhérence ; mais quelque soit sa vitesse , il est toujours entouré d'un égal nombre de molécules , il aura donc toujours la même résistance à vaincre ;

car si , avec beaucoup de vitesse , il a à lutter moins long-temps contre les mêmes molécules , il aura à lutter contre celles qui les remplaceront , & qui lui opposeront la même résistance que les premières : donc la résistance qui vient de la viscosité des milieux est constante & proportionnelle au temps.

Quant à la résistance qui vient de la densité des milieux , ils disent qu'elle doit être faite égale au quarré de la vitesse du mobile , & cela pour deux raisons ; la première , c'est qu'avec plus de vitesse le mobile déplace une plus grande quantité de matiere ; la seconde , c'est qu'avec plus de vitesse , il communique à chaque molécule de matiere qu'il déplace une plus grande quantité de mouvement ; delà on a conclu que si le mobile avoit peu de vitesse , il éprouveroit sur-tout la résistance qui vient de la viscosité du milieu ; & que s'il en avoit beaucoup , ce seroit principalement la résistance qui vient de la densité du milieu qui se feroit sentir.

Pour qu'un corps puisse se mouvoir dans un milieu , il faut qu'il déplace , ou qu'il mette en mouvement une quantité plus ou moins grande de fluide , & pour cela il doit vaincre la force par laquelle

les molécules qui l'entourent adhèrent à sa surface, & aussi la force avec laquelle toutes les molécules du fluide qui doit être mis en mouvement, adhèrent entre elles; c'est même en cela que consiste la résistance qui vient de la viscosité des milieux: donc si la quantité de fluide que le mobile déplace à chaque instant varie, lorsque la vitesse du mobile varie, la résistance qui vient de la viscosité du milieu doit varier aussi: d'ailleurs la mobilité des fluides, qui dépend elle-même de leur viscosité, a des limites; & il est clair que si la vitesse du mobile s'accorde avec la mobilité du milieu, il pourra se faire que la résistance qu'il éprouvera sera peu considérable; mais si cette vitesse est plus grande que la mobilité du milieu ne le comporte, le mobile éprouvera une résistance excessivement grande: mais il faut avouer que nous n'avons pas encore les principes nécessaires pour résoudre ces questions d'une manière satisfaisante; on a regardé jusqu'ici les milieux que comme un obstacle au mouvement des corps, & non comme un moyen capable de les conserver dans l'état de mouvement.

La résistance des milieux n'est autre chose que la résistance que les corps en général

opposent à leur propre division ; & je remarque qu'un corps qui peut passer de l'état de fluidité à l'état de solidité ; par exemple , un métal peut opposer dans différentes circonstances une résistance qui peut être ou très-grande ou très-petite ; & parce que la densité de ce corps est la même dans ces deux états , j'en conclus que la résistance qu'un corps oppose à sa division peut , à raison seule de la viscosité , ou de la ténacité de ses parties , varier considérablement.

Je suis même persuadé que la résistance des milieux vient uniquement de leur viscosité ; & ce qui me confirme dans cette opinion , c'est qu'en supposant tout à la fois que la résistance des milieux au mouvement des corps est proportionnelle à leur densité ; & que la densité de l'eau est huit ou neuf cents fois plus grande que celle de l'air , il s'en suivroit, que pour mettre un corps en mouvement dans l'eau , il faudroit que j'employâs une force huit ou neuf cents fois plus grande que pour le mouvoir dans l'air , ce qui n'est pas : j'ai dit , en supposant que la densité de l'eau étoit huit ou neuf cents fois plus grande que celle de l'air , parce que je n'adopte pas le principe généralement reçu , qui veut

que la quantité de matiere d'un corps soit proportionnelle à son poids ; je dirai ailleurs ce que je pense sur cette matiere.

Quoi qu'il en soit de ce que je viens de dire , la résistance que les milieux opposent au mouvement des corps , est une question assez difficile par elle-même , pour ne pas la rendre plus compliquée par la considération de la densité de ces mêmes milieux : or il est un moyen très-sûr & même très-facile de la traiter sans avoir égard à la densité , ni même à la viscosité des milieux ; il ne faut pour cela que chercher qu'elle est la résistance qu'oppose un même milieu à un corps dans les différentes circonstances dans lesquelles peut se trouver ce corps ; parce qu'alors la densité & la viscosité du milieu seront des quantités constantes , & on sera dispensé d'en tenir compte.

Il importe de savoir ce qui se passe entre un milieu & un corps en repos dans ce milieu , avant de chercher à connoître ce qui arrivera lorsque ce corps passera de l'état de repos à l'état de mouvement. Soit donc le cylindre droit A , (fig. 4^{me.}) en repos dans l'eau ou dans l'air ; si c'est dans l'air , on fait qu'il souffre une égale pression dans tous les points de la surface ; & si chacune de ses bases a un pied

quarré en surface, on fait qu'elles souffrent chacune une pression égale à un poids de plus de deux mille livres : sur quoi il faut remarquer que si ce cylindre étoit plongé dans l'eau, chacune de ses bases seroit pressée avec une force égale à un poids au moins de deux mille livres, plus au poids d'une colonne d'eau dont la base seroit égale à celle du cylindre, & qui auroit pour hauteur une ligne tirée du centre de gravité, ou du milieu de ses bases perpendiculairement à la surface de l'eau; d'où il suit que si ce cylindre n'étoit pas plongé profondément dans l'eau, la pression que souffriroient ses bases, ne seroit guere plus grande, que s'il étoit simplement dans l'air.

Cela posé, il semble que, pour mouvoir le cylindre A, dans la direction C A B, il faudroit une force capable de vaincre celle qui presse la base B, laquelle est de plus de deux mille livres; cependant l'expérience y est contraire; car si ce cylindre est suspendu, soit dans l'eau, soit dans l'air, par sa légéreté ou autrement, une petite force, comme seroit la pression d'une main appliquée en C, pourra le mouvoir dans la direction C A B; or il est clair que la pression de la main, que j'évalue à cent livres, ne

fauroit vaincre une force de deux mille livres ; d'où je conclus que la pression de la main n'est pas la seule cause du mouvement du cylindre : mais il est aisé de favoir ce qui se passe dans cette occasion-ci ; la base C du cylindre est pressée par une force égale & opposée à celle qui presse la base B , & par conséquent ces deux forces sont en équilibre ; mais en ajoutant la pression de la main à la force qui presse déjà la base C , il doit en résulter une force supérieure à celle qui presse la base B ; l'équilibre doit donc être rompu , & le cylindre se mouvoir dans la direction C A B , c'est aussi ce qui arrive.

Sans examiner la chose de près , on voit aisément qu'il faut ajouter une force à celle qui presse la base C , pour que celle-ci devienne supérieure à son antagoniste , celle qui presse la base B ; mais en y faisant un peu attention , on découvre la raison pour laquelle cette force ajoutée est nécessaire : l'égalité de pression des deux bases du cylindre , qui avoit lieu lorsque ce cylindre étoit en repos , ne subsiste plus lorsqu'on le met en mouvement ; cette inégalité , ou cette différence de pression , qui est égale à ce qu'on doit appeller la résistance du mi-

lieu, peut même devenir très-grande : pour en avoir une idée, supposons que la force motrice tende à imprimer au cylindre une vitesse infinie dans la direction C A B ; alors le cylindre laissera le fluide qui pressoit la base C en arriere, & cette base n'en sera plus pressée ; dans le même temps, le cylindre exercera une force infinie contre le fluide qui presse la base B, & ce fluide, par sa réaction, pressera cette base avec une force infinie : voilà donc un cas dans lequel la différence de pression entre les deux bases du cylindre, seroit infiniment grande.

Si quelqu'un avoit de la peine à croire que des fluides, tels que l'eau & l'air, pussent opposer une résistance infinie à l'action d'un corps qui les presseroit avec une force infinie, qu'il fasse attention que, dans le cas de la supposition, le fluide qui presse la base B, n'auroit pas le temps de se retirer, ou de fuir devant le cylindre, & par conséquent il lui résisteroit de la même manière que s'il n'avoit pas la liberté de se retirer ; or on sait avec quelle force l'eau & l'air résistent à l'action d'un corps, lorsque ces fluides n'ont pas la liberté de se retirer de devant lui ; la résistance qu'éprouve

le piston d'une pompe foulante de la part de l'eau qu'il presse, est infinie lorsque cette eau ne peut pas fuir par devant le piston ; ce qui arrive lorsque la pompe est exactement fermée de toutes parts : dans le même cas, la résistance de l'air devient bientôt insurmontable à cause de la grande force élastique de ce fluide, qui augmente dans le même rapport que la force qui le comprime.

On voit par ce qui précède, que quand même il seroit possible que la force motrice tendît à donner au cylindre une vitesse infinie, elle n'en viendrait pas à bout, puisque la résistance du milieu seroit alors infinie ; ce qui prouve que ce n'est que peu-à-peu & de la manière qui sera dite plus bas, qu'un corps peut acquérir une vitesse finie, ainsi que nous l'avons déjà remarqué : on voit aussi que cette résistance, ou la différence de pression des deux bases du cylindre doit être d'autant plus grande que la force motrice tend à donner au cylindre une plus grande vitesse, & cela pour deux raisons ; la première, c'est parce que le fluide qui presse la base C, pressera cette base avec d'autant moins de force que le cylindre aura plus de vitesse ; la seconde, c'est parce que la

pression , contre la base B , sera d'autant plus grande , que le cylindre aura plus de vitesse ; d'où l'on doit conclure que la résistance du milieu , ou la différence de pression des deux bases du cylindre , est proportionnelle au quarré de sa vitesse.

Pour rendre sensible ce que je viens de dire , & ce qui suit , supposons que la force motrice dirigée suivant C A B est constante , & que le cylindre est flottant à la surface de l'eau ; alors si cette force est tant soit peu grande , on s'appercevra , 1^o. que l'eau qui est devant le cylindre , & qui presse la base B , s'éleve au dessus du niveau , tandis que celle qui est derriere le cylindre & qui presse la base C , s'abaissera au dessous du niveau ; 2^o. que la vitesse du cylindre , à compter du moment auquel la force motrice commence d'agir , s'accélérera de plus en plus , au moins jusqu'à un certain point ; 3^o. si la force motrice cesse d'agir , la différence de hauteur de l'eau qui presse les deux bases du cylindre disparaîtra , ou l'eau qui presse ses deux bases , se mettra de niveau ; 4^o. le cylindre continuera de se mouvoir encore quelque temps : cela posé , voici les réflexions qui se présentent.

On voit d'abord que la hauteur de

l'eau qui presse la base B du cylindre au dessus du niveau, prouve que cette base est pressée plus fortement que lorsque le cylindre étoit en repos, & que la dépression de l'eau qui presse la base C au dessous du niveau, marque que cette base est pressée moins fortement que lorsque le cylindre étoit en repos : or cette différence de pression des deux bases du cylindre, que j'ai appelée la résistance du milieu, croissant comme le quarré de la vitesse, & la force motrice étant constante, il est clair que la vitesse du cylindre ne peut ni demeurer plus petite, ni devenir plus grande que celle qui rend la résistance du milieu égale à la force motrice ; sans cela la force motrice augmenteroit la vitesse du cylindre, lorsqu'elle seroit plus grande que la résistance du milieu ; & la résistance du milieu diminueroit la vitesse du cylindre, si elle étoit plus grande que la force motrice ; ce qui s'accorde avec un principe généralement reçu ; savoir, que la réaction est toujours égale & contraire à l'action.

Il se présente ici deux difficultés qu'il importe de résoudre : premièrement, la résistance du milieu étant égale à la force motrice, on ne voit pas comment le cylindre peut se mouvoir ; car puisqu'il

se trouve à chaque instant placé entre deux forces égales & opposées, il semble qu'il devroit demeurer immobile : mais avec un peu d'attention on comprend qu'il doit se mouvoir, puisqu'il est évident que ce n'est que parce qu'il est en mouvement, qu'il y a égalité entre la force motrice & la résistance du milieu, qui seroit nulle sans cela : d'ailleurs la résistance du milieu, ou la différence de pression des deux bases du cylindre tend sans cesse d'elle-même à diminuer, puisque l'eau qui presse ses deux bases, tend continuellement à se mettre de niveau ; d'où il suit que le cylindre doit nécessairement se mouvoir, pour que la résistance du milieu demeure égale à la force motrice : on pourroit dire, à cause que la résistance du milieu tend sans cesse d'elle-même à diminuer, qu'il y a égalité, pour chaque instant, entre la force motrice & la résistance du milieu, & que dans les intervalles de ces instants, la force motrice l'emporte.

La seconde difficulté, quoiqu'elle ne soit qu'une suite de la première, demande une plus longue discussion : voici en quoi elle consiste : nous avons vu que la vitesse du cylindre s'accélère de plus en plus jusqu'à un certain point ; mais

la résistance du milieu croissant comme le quarré de la vîtesse du cylindre, & la force motrice étant constante, il est difficile de comprendre comment la force motrice demeure toujours égale à la résistance du milieu.

Pour résoudre cette difficulté, il faut faire attention qu'il ne s'agit ici que de la vîtesse du cylindre par rapport aux deux lames d'eau qui sont immédiatement appliquées contre ses deux bases, étant évident que si cette eau avoit une vîtesse égale à celle du cylindre, la résistance du milieu seroit nulle ; or l'eau qui presse les deux bases du cylindre acquiere une vîtesse qui s'accélere avec celle du cylindre ; d'où il suit qu'il faut non seulement que le cylindre se meuve, ainsi que nous l'avons déjà dit, mais encore que sa vîtesse s'accélere, pour que la résistance du milieu demeure égale à la force motrice.

On voit par ce qui précède, qu'on ne sauroit résoudre d'une maniere satisfaisante les difficultés qui nous occupent, si on ne fait pas attention qu'il se forme nécessairement un tourbillon autour d'un corps qui se meut dans un milieu ; c'est pour cela que je dirai encore quelque chose sur cette matiere ; d'ail-

leurs c'est ici le lieu de faire voir de quelle maniere ce tourbillon se forme.

Puisque la résistance du milieu est comme le quarré de la vîtesse du cylindre, & que la force motrice est égale à la résistance du milieu, il s'ensuit que la force motrice est comme le quarré de la vîtesse du cylindre, ou que cette vîtesse est comme la racine quarrée de la force motrice, & par conséquent que le rapport de la vîtesse du cylindre à la force motrice est d'autant plus grand, que cette force est elle-même plus petite; ce qui fait voir qu'il y a toujours une partie de la force motrice de perdue, ou plutôt, qui n'est pas employée à mouvoir le cylindre.

Il ne faut pas conclure delà que la force motrice, qui n'est pas employée directement à mouvoir le cylindre, soit toute en pure perte: si on se rend attentif à ce qui se passe dans cette occasion-ci, si on ne ferme pas les yeux, on verra que la force motrice ne met le cylindre en mouvement, sans mouvoir en même temps l'eau qui l'environne, & sans qu'il se forme un tourbillon plus ou moins parfait, qui contribue à mouvoir le cylindre, & peut même lui seul continuer son mouvement, ce qui est conforme à

160 *Essai sur le Mouvement,*
l'expérience, qui fait voir que le cylindre continue de se mouvoir après que la force motrice a cessé d'agir.

Il importe sur-tout de remarquer que, lorsque la force motrice a cessé d'agir, on ne voit plus de différence entre la hauteur de l'eau qui presse la base B, & celle qui presse la base C du cylindre; ce qui prouve que la résistance du milieu est nulle par rapport au cylindre, lorsque la force motrice a cessé d'agir: on ne doit pas être surpris de cela; le cylindre n'a alors d'autre mouvement que celui qu'il tient du mécanisme du tourbillon: mais si la résistance du milieu est devenue nulle par rapport au cylindre, ou s'il n'éprouve pas de résistance en particulier, il fait partie d'une masse qui en éprouve une; le cylindre & l'eau qui a formé un tourbillon autour de lui, se meuvent d'un mouvement commun, & cette masse éprouve une résistance de la part de l'eau qui est sur la route du tourbillon, & qu'il faut sans cesse déplacer; résistance qui diminue insensiblement la vitesse du cylindre, ainsi que celle de l'eau qui forme le tourbillon, & réduit enfin l'un & l'autre au repos.

On voit par-là que le mouvement du cylindre, pendant tout le temps que la force motrice agit, est l'effet de deux

causes ; la première est l'action immédiate de la force motrice que nous avons supposée constante ; la seconde est le mécanisme du tourbillon qui se perfectionne de plus en plus , à compter du moment auquel la force motrice commence d'agir ; & que le concours de ces deux causes doit donner au cylindre une vitesse accélérée , sans que la résistance du milieu , par rapport au cylindre , ou la différence de pression de ses deux bases , augmente ; parce que la vitesse de l'eau qui presse les deux bases du cylindre s'accélère aussi ; & c'est seulement parce que la force motrice tend à donner à chaque instant plus de vitesse au cylindre , que n'en a l'eau qui presse ces deux bases , que la résistance du milieu , par rapport au cylindre , demeure constante ; d'où il suit qu'on pourroit dire que cette résistance est comme le carré de la vitesse que la force motrice tend à ajouter à la vitesse déjà acquise par le cylindre.

Lorsque la force motrice est constante , non seulement la vitesse du cylindre doit s'accélérer , à compter du moment auquel cette force commence d'agir , mais même s'accélérer uniformément , & cela parce que le tourbillon

doit se perfectionner uniformément; c'est aussi ce que les expériences que j'ai faites ne me permettent pas de révoquer en doute, quoiqu'il ne m'ait pas été possible de les varier & réitérer autant qu'il auroit été convenable, ce qui ne m'empêchera pas d'assurer que la chute accélérée des corps graves vers la surface de la terre dépend d'un pareil mécanisme: voici ma pensée sur cet objet.

La pesanteur étant une force constante, un corps qui éprouve son action, en reçoit à chaque instant un degré d'impulsion proportionnel à la masse, & si ce corps est placé dans un milieu & libre de se mouvoir, il sera mis en mouvement; mais le milieu lui-même se mettra aussi en mouvement, & en formant un tourbillon autour du mobile, unira son action à celle de la pesanteur, & par ce moyen la vitesse du mobile sera accélérée; supposons donc que ces deux forces réunies aient fait parcourir au mobile, avec une vitesse accélérée, un espace quelconque, dans un premier instant, qu'il n'est pas nécessaire de supposer infiniment petit; à la fin de cet instant, le tourbillon aura acquis un degré de perfection, ou de force, capable de conserver le mobile en mouvement avec la

vitesse qu'il a acquise progressivement pendant la durée du premier instant ; il lui fera donc parcourir dans un second instant , égal au premier , un espace double de celui qu'il avoit parcouru dans le premier instant ; & la pesanteur qui continue d'agir , avec le mécanisme du tourbillon qui continue de se perfectionner , feront encore parcourir au mobile , dans le second instant , un espace égal à celui qu'il avoit parcouru dans le premier ; donc le mobile doit parcourir dans le second instant un espace triple de celui qu'il avoit parcouru dans le premier : à la fin du second instant , le tourbillon aura acquis deux degrés de force , capables chacun de faire parcourir au mobile un espace double de celui qu'il avoit parcouru dans le premier ; donc dans le troisieme instant , le tourbillon fera parcourir au mobile un espace quadruple de celui qu'il avoit parcouru dans le premier instant ; & la pesanteur qui agit sans cesse avec le mécanisme du tourbillon qui se perfectionne de même ; lui feront encore parcourir dans ce même instant un espace égal à celui qu'il avoit parcouru dans le premier ; donc le mobile , au troisieme instant , parcourra un espace cinq fois plus grand que celui qu'il avoit par-

couru dans le premier , &c. Les espaces parcourus par le mobile pendant les instants successifs de son mouvement seront donc comme la suite des nombres impairs 1 , 3 , 5 , 7 , &c. les degrés de vitesse acquis par le mobile , seront comme les temps pendant lesquels ils ont été acquis , & les espaces parcourus , à compter depuis le commencement , seront comme les quarrés des temps employés à les parcourir.

Le mouvement d'un corps qui tombe à la surface de la terre , est donc comme celui du cylindre , dont nous avons parlé , l'effet de deux causes , dont l'une est constante , & l'autre acquiere de l'intensité ; celle-ci est le mécanisme du tourbillon ; mais le mouvement accéléré que ces deux causes réunies donnent à un mobile , doit-il s'accélérer éternellement , ou enfin devenir uniforme ; pour savoir à quoi nous en tenir , revenons sur nos pas , & rappelions-nous que le cylindre que nous avons pris pour exemple , éprouvoit pendant tout le temps que la force motrice agit , deux sortes de résistances ; la première est celle qu'il éprouve en particulier , & qui est toujours égale à la force motrice , sans que cette résistance puisse empêcher la vitesse

du cylindre de s'accélérer ; la seconde est celle que la masse commune du cylindre & de l'eau qui forme un tourbillon autour de lui, éprouve ; or quoiqu'il ne soit pas facile d'avoir une juste idée de la résistance qu'éprouve cette masse, parce que les différentes lames d'eau qui la composent n'ont pas toutes une égale vitesse, on conçoit cependant, pourvu qu'on ait une idée de la résistance dont les milieux sont capables, que celle qui s'oppose au mouvement de la masse dont il s'agit, doit augmenter à mesure que le tourbillon se perfectionne, soit parce que la vitesse de cette masse augmente, soit parce que la quantité d'eau qui en fait partie, augmente aussi, & qu'elle doit enfin devenir égale à la force motrice dont l'effet se réduira alors à réparer les pertes continuelles du tourbillon, & par conséquent à conserver le cylindre dans un mouvement uniforme : dans ce cas la résistance qu'éprouve la masse commune du cylindre & de l'eau en mouvement, est égale à celle que le cylindre éprouve en particulier, & l'une & l'autre sont comme le quarré de la vitesse du cylindre devenue uniforme.

Pour faire l'application de ce qui a

été dit dans ce chapitre , à toute sorte de milieu & à toute sorte de mobiles, il faudroit entrer dans les plus longs détails ; il faudroit déterminer le degré de viscosité de chaque milieu , & c'est une connoissance de laquelle nous sommes encore fort éloignés ; il faudroit aussi avoir égard à la surface du mobile , & on fait que les plus habiles géometres ont travaillé inutilement sur cette matiere, puisque leur théorie leur a donné des résultats contraires à ceux que donnent les expériences que l'on a faites pour éclaircir cette question ; ces expériences étant elles-mêmes très-difficiles à faire, je prends le parti de m'en tenir à ce que j'ai dit : d'ailleurs une plus longue discussion sur la résistance des milieux n'entre pas dans le plan de cet ouvrage, destiné uniquement à la recherche des premiers principes de la nature.

Remarque sur le point d'appui dans les fluides.

La découverte que viennent de faire MM. Montgolfier, d'un moyen pour s'élever dans l'air à l'aide d'un ballon plein d'air inflammable, ou simplement d'air atmosphérique, dilaté par la chaleur, a

réveillé l'attention des phyficiens ; la colombe d'architas & quelques autres exemples, leur ont fait penser qu'on pouvoit imiter le vol des oiseaux & le mouvement des poissons, & déjà ils ont imaginé des ailes, des rames & d'autres moyens, soit pour augmenter la force des ballons, soit pour les diriger ; mais il est clair que l'on n'y réussira qu'autant qu'on découvrira un moyen de trouver un point d'appui dans les fluides : en effet, la facilité avec laquelle les oiseaux se meuvent dans l'air & les poissons dans l'eau, ne nous permet pas de douter que ces animaux ne trouvent un point d'appui, chacun dans l'élément respectif dans lequel il vit, & que c'est dans ce point d'appui qu'il faut chercher la cause de leur mouvement : mais quand on fait attention au peu de résistance que l'eau & l'air opposent aux corps qui tendent à les diviser, on ne conçoit pas en quoi peut consister ce point d'appui, sur-tout si on fait que ces fluides fuyent devant un corps qui les presse, avec une vitesse qui augmente à mesure que celle de ce corps lui-même augmente.

A la vérité, si un corps pouvoit avoir une grande vitesse initiale, le fluide qui est devant lui n'auroit pas le temps de

fuir ou de se détourner, & dans ce cas, il lui opposeroit une grande résistance, c'est-à-dire, un point d'appui; mais nous avons vu que ce n'est que peu-à-peu & par degrés insensibles qu'un corps peut acquérir une vitesse finie, & par conséquent il faut chercher un autre moyen: si on se rappelle les propriétés du tourbillon, dont j'ai tâché de donner une idée dans cet ouvrage, & principalement ce qui a été dit des corps sonores, il sera facile de découvrir par quel moyen les oiseaux trouvent un point d'appui dans l'air, & les poissons dans l'eau, sur-tout si on fait, en même temps, attention aux manœuvres que ces animaux font pour se mouvoir; un oiseau qui veut s'élaner dans l'air & voler, déploie ses ailes en les élevant, & si la force qu'il employe pour cela est continue pendant le moindre intervalle de temps, quelque petite que soit d'ailleurs cette force, la vitesse des ailes s'accélénera promptement, aussi bien que la vitesse des colonnes d'air qui sont sous les ailes de l'oiseau; que si cet oiseau baisse alors les ailes prestement & avec beaucoup de force, il trouvera beaucoup de résistance, un vrai point d'appui dans les colonnes d'air qui sont sous ses ailes.

Pour

Pour donner une idée de l'avantage que donne ce mécanisme, supposons que la force avec laquelle l'oiseau élève ses ailes continue d'agir pendant dix tierces de temps, ou dix minutes troisiemes, alors la vitesse des ailes, qui s'accélérera uniformément, sera au bout de ce temps dix fois plus grande qu'après la premiere minute troisieme, & il en sera de même des colonnes d'air qui sont sous les ailes de l'oiseau, leur vitesse s'accélérera de bas en haut, & se trouvera après dix minutes troisiemes dix fois plus grande qu'après la premiere; donc si l'oiseau dans ce moment, par une forte & soudaine contraction des muscles abaisseurs des ailes, frappe de haut en bas les colonnes d'air qui sont sous ses ailes, il trouvera la plus grande résistance, puisque cette résistance sera cent fois plus grande que celle qu'il auroit trouvée, si après la premiere minute troisieme il avoit frappé, & de la même maniere ces mêmes colonnes.

Ce que je viens de dire suppose le principe suivant que personne ne conteste : un corps, supposé en repos, pour soutenir l'effort d'un fluide qui vient à lui avec une vitesse déterminée, a besoin de la même force qui lui seroit néces-

faire pour se mouvoir avec la même vitesse dans ce fluide supposé en repos ; or dans ce dernier cas il éprouveroit une résistance qui seroit comme le quarré de la vitesse : donc , &c.

La forme des ailes des oiseaux un peu convexes par-dessus, légèrement concaves par-dessous favorise grandement ce mécanisme, leur convexité facilite à l'air que les ailes soulevent en montant, le moyen de se détourner, & leur concavité empêche l'air, que les ailes frappent en baissant, de s'échapper avec trop de facilité : on voit aisément quel a été le but de la nature, lorsqu'elle a donné aux ailes des oiseaux des muscles abaisseurs très-forts, tandis que les muscles releveurs de ces mêmes ailes sont très-foibles.

Le mécanisme, par lequel les poissons se meuvent dans l'eau, est le même : un poisson qui veut s'élancer, retire la queue par côté avec une vitesse accélérée, & l'eau qui est derriere le poisson, fuit le mouvement de la queue & forme une colonne, ou un courant dont la vitesse est aussi accélérée, le poisson frappe ensuite subitement & avec beaucoup de force ce courant, qui devient pour lui un point d'appui, à l'aide duquel il s'élance avec la plus grande facilité.

C H A P I T R E X I.

*Réflexions sur la nature & le mouvement
des comètes.*

M. Descartes pensoit que les comètes avoient été originairement des soleils qui occupoient le centre d'un vortice, (tourbillon selon M. Descartes) mais que s'étant obscurcis par une croûte formée à la surface qui leur avoit enlevé toute leur force, ils avoient été dans la nécessité d'abandonner le vortice dans lequel ils avoient été placés, & d'errer ensuite de vortice en vortice dans l'immenfité des cieux.

Cette opinion que l'on a fortement combattue, & qu'on a même regardée comme ridicule, me paroît avoir acquis de nouveaux degrés de probabilité depuis que, par l'observation & les plus fortes inductions, on est parvenu à découvrir que la terre, & vraisemblablement toutes les planètes, ont été des soleils : en effet, la figure sphéroïdique de la terre prouve qu'elle a été dans un état de fusion, sans lequel elle n'auroit pu prendre cette figure ; d'ailleurs le verre ou

les matieres vitrifiables dont elle est presque entièrement composée , attestent la même chose ; on peut ajouter à ces preuves le degré de chaleur dont elle jouit encore , & que quelques Philosophes regardent comme un reste de son ancienne effervescence.

Or si la terre a été un soleil , elle n'est pas devenue planete sans passer par quelque'état intermédiaire ; mais par quel état auroit-elle pu passer , avant d'être ce qu'elle est aujourd'hui , si ce n'est par l'état de comete : nous devons donc penser que les cometes ont été des soleils , & qu'elles deviendront un jour des planetes ; il importe donc d'examiner cette question sans prévention , d'ajouter ici ce que M. Descartes n'a pas dit , & de répondre aux objections qui ont été faites contre son opinion.

L'observation nous apprend que les cometes se meuvent , tantôt du nord au sud , tantôt du sud au nord , qu'elles sont quelquefois directes , d'autres fois rétrogrades , en général , qu'elles se meuvent dans toute sorte de directions ; or cela seul prouve , ainsi que je l'ai déjà dit , qu'elles ne font pas partie du système solaire ; si elles en faisoient partie , elles se mouvroient toutes d'occident en

orient, c'est-à-dire, dans le même sens que se meuvent les planetes & la matiere éthérée, & alors elles continueroient de se mouvoir sans avoir besoin d'aucune force; mais puisqu'il y en a beaucoup qui se meuvent contre l'ordre des signes, ou dans un sens opposé à celui de la matiere éthérée, & que celles qui se meuvent selon l'ordre des signes, ont souvent plus de vitesse que la matiere éthérée elle-même, on doit en conclure qu'elles ont une force qui les met en état de vaincre la résistance de ce fluide, & de traverser les espaces célestes dans toute sorte de sens; il importe donc de découvrir d'où leur vient cette force: voici ma pensée sur cet objet.

Supposons un soleil qui s'éteint, ou dont la surface commence à se refroidir; cette surface deviendra bientôt une croûte solide; mais l'intérieur de ce soleil sera encore long-temps dans un état de fusion, & il pourra facilement se faire que la matiere qui forme le noyau de ce soleil, se fasse jour à travers la croûte dont il est revêtu, qu'elle se répande avec impétuosité par l'ouverture faite à cette croûte, & que se divisant en un nombre inombrable de parties, il en

résulte une longue traînée de petits corps qui accompagneront le soleil, devenu comete par ce moyen, & formeront autour d'elle une espece de queue, de barbe ou de chevelure.

Il est clair que la matiere éthérée, voisine de l'ouverture par laquelle s'échappe la matiere en fusion, s'y portera, & que se raréfiant prodigieusement, elle doit donner à la comete une impulsion capable de lui faire parcourir les espaces célestes dans tous les sens, malgré la résistance de cette même matiere éthérée, qui étant forcée de céder, se détournera par côté & formera un tourbillon qui pourra conserver long-temps la comete dans l'état de mouvement, puisque ce mécanisme peut, par ce moyen, être d'une très-longue durée.

En supposant, avec M. Newton, que la lumiere est un fluide prodigieusement élastique qui émane du soleil, je pourrois dire que ce fluide, ou la lumiere, que la comete lançoit jadis de tous les points de sa surface, lorsqu'elle étoit un soleil, ne peut plus, à cause de la croûte dont elle est revêtue, s'échapper que par la même ouverture, par laquelle a été lancée la matiere en fusion qui formoit le noyau de la comete, & que c'est

à l'élasticité de ce fluide qu'est due la force avec laquelle la comete surmonte tous les obstacles qui s'opposent à son mouvement.

On voit par-là qu'une comete peut se mouvoir, même contre l'ordre des signes, sans être entraînée par le fluide du vortice solaire, dont la résistance ne peut pas être bien grande, & que c'est mal-à-propos qu'on a tiré delà un argument contre le plein, auquel on a substitué un vuide presque parfait : par un semblable mécanisme, nous voyons tous les jours les oiseaux se mouvoir dans l'air, contre la direction du vent, & les poissons dans l'eau, contre le courant d'une riviere ; enfin ce mécanisme est encore mieux représenté, quoique toujours en petit, par les fusées que les artificiers lancent dans l'air.

Les modernes disent que la queue des cometes n'est qu'une vapeur enflammée ; quelques-uns la regardent comme une portion de l'atmosphère solaire attirée par la comete ; mais cela ne tient-il pas un peu de l'opinion des péripatéticiens qui regardoient les cometes comme de simples météores, & a-t-on jamais vu un seul exemple d'une vapeur qui demeure long-temps enflammée ; d'ailleurs

si cette vapeur est assez épaisse pour être visible à des distances immenses, ne devoit-elle pas l'être assez pour nous cacher les étoiles situées derrière la queue des comètes.

Dans l'hypothèse que je propose, la queue des comètes doit son origine à la matière qui forme le noyau de la comète, c'est un verre en fusion que la comète jette hors de son sein, & qui se divisant en un nombre prodigieux de parties, forme autant de petits corps lumineux par eux-mêmes avant de se refroidir, & capables de réfléchir la lumière après s'être refroidis; & on voit aisément que dans cette supposition, les étoiles situées derrière la queue d'une comète doivent être visibles, lorsqu'elles se trouvent dans les interstices que laissent entr'eux ces petits corps; on voit aussi que, dans ce cas, les étoiles qui sont derrière la queue d'une comète, peuvent être souvent éclipsées par ces petits corps; les observations pourront nous instruire là-dessus.

Les explosions dont je viens de parler peuvent être souvent répétées, & il me paroît vraisemblable que la matière des premières explosions, après s'être refroidie, pourra retomber sur la comète,

percer sa croûte encore tendre, & se porter vers l'intérieur de la masse pour être de rechef mise en fusion; & il est clair que, par ce moyen, le refroidissement de la comete sera accéléré de plusieurs milliers d'années, ce qui s'accorde avec les moyens que la nature employe dans ses grandes & longues opérations.

Mais lorsque la croûte de la comete aura acquis plus de solidité, il pourra se faire que la matiere des dernieres explosions en retombant ne pourra plus percer cette croûte, & qu'elle restera à la surface de la comete; il pourra aussi arriver que cette matiere retombe sur quelques planetes, si elle se trouve dans le voisinage de la queue de la comete: on voit par-là que ce qui a été dit par les anciens, d'une pluie de pierre, n'est pas impossible.

Je ne doute pas que les pierres de forme arrondie, qu'on appelle cailloux roulés, parce qu'on pense qu'ils ont acquis cette forme en roulant, ne soient la matiere des dernieres explosions dont j'ai parlé; ils sont trop durs pour s'être arrondis en roulant; ces pierres ont été dans un état de fusion, & il me paroît vraisemblable qu'elles étoient plongées dans un fluide qui les pressoit de

toutes parts, lorsqu'elles ont pris leur forme arrondie; & qu'elles se sont refroidies dans ce même fluide: d'ailleurs il s'en trouve une très-grande quantité qui sont applaties, ce qui prouve qu'elles n'étoient pas encore assez dures pour être à l'abri d'une compression dans le moment de leur chute: un auteur, dans le Journal de Physique, après avoir remarqué que les cailloux qu'il avoit trouvés dans un ravin, avoient une forme d'autant plus approchante de la sphérique, qu'ils approchoient du lieu le plus bas du ravin, en avoit conclu que c'étoit au roulement que le caillou devoit sa forme arrondie: cette conséquence ne me paroît pas juste, parce qu'il semble plutôt que cela vient de ce que les cailloux les plus arrondis ont dû rouler plus facilement que les autres, & par conséquent se trouver en plus grande quantité dans le bas du ravin, que ceux dont la forme étoit plus éloignée d'être sphérique.

On objectera contre l'hypothèse que je viens de proposer, que les comètes sont des corps qui appartiennent au système solaire tout comme les planètes, avec cette seule différence qu'elles décrivent des ellipses fort excentriques qui ont le soleil pour un de leurs foyers, ce

qui fait qu'elles ne sont visibles que lorsqu'elles sont proches de leur périhélie, mais que d'ailleurs elles parcourent leurs orbites avec autant de régularité que les planetes.

Je répons que la théorie des cometes, qu'on a établie à grands frais, n'est rien moins que fondée sur l'observation; qu'il n'y a qu'une seule comete, celle de 1759, dont la marche puisse servir de preuve au systême qu'on a embrassé, & que quand même il y en auroit plusieurs, (a) cela ne seroit pas suffisant, parce qu'il peut se faire qu'une même comete fasse plusieurs révolutions dans le ciel en suivant toujours la même route, & la parcourant dans des intervalles de temps à-peu-près égaux, sans qu'on puisse en conclure qu'elle est dans un état permanent, & qu'elle fera éternellement la même révolution: je conclus donc que c'est sans fondement qu'on a voulu assimiler les cometes aux planetes; leur marche dans les cieux différente de celle de tous les autres astres, & leur queue, barbe ou chevelure, sont

(a) Il y a encore quelques cometes que l'on croit avoir un période réglé, mais cela est très-incertain.

des phénomènes bien faits pour les distinguer des autres corps célestes : au reste le grand nombre de comètes, qui ont été observées avec le plus grand soin, dans ces derniers temps, apprendront plus positivement aux siècles à venir ce qu'on doit en penser.

Remarquez que si la terre & les autres planètes ont été des soleils qui ne sont devenues ce qu'elles sont, qu'après avoir passé par l'état de comètes, on doit penser que le soleil, les comètes & les planètes sont des masses vitreuses, les unes en fusion, les autres dans l'état de solidité ; mais si cela est, comment seroit-il possible qu'il y eût entre ces corps une si grande différence de densité, que la terre fût quatre fois plus dense que le soleil, & Mercure vingt fois plus dense que Saturne, ainsi que le disent les Newtoniens ; les calculs par lesquels ils ont voulu le prouver, étant fondés sur la théorie des forces centrales, qui suppose elle-même des principes dont nous avons prouvé la fausseté ; nous pouvons nous dispenser de croire tout ce qui a été dit sur cette matière.



 C H A P I T R E X I I .

Examen des phénomènes qui sont l'effet de la pression des corps.

UNE masse pesante étant portée par un support , le support soutient à chaque instant un poids égal à la somme des poids de toutes les molécules qui composent cette masse ; mais il ne s'ensuit pas que le poids ou la pression des molécules supérieures de cette masse est porté en un instant jusqu'au support : commençons par examiner ce phénomène dans une masse fluide.

Soit le vaisseau M N , (fig. 4^{me}.) plein d'un fluide pesant & homogène , que l'on supposera divisé en plusieurs tranches égales A A , H H , C C , D D , V V ; cela posé , on fait par l'expérience que le fond X de ce vaisseau soutient à chaque instant un poids égal à la somme des poids de toutes les tranches du fluide contenu dans ce vaisseau ; mais d'un autre côté , il est clair que les tranches supérieures ne peuvent transmettre leur action au fond du vaisseau , que par le moyen des tranches inférieures , puis-

qu'il suffiroit de supprimer celles-ci, pour que le poids des tranches supérieures ne fût plus soutenu par le fond du vaisseau; or si l'action ou la pression des tranches supérieures n'est portée jusqu'au fond du vaisseau que par le moyen des tranches inférieures, elle ne sauroit y être portée en un instant, parce qu'il faut nécessairement une succession de temps pour cela, les tranches inférieures ne pouvant transmettre jusqu'au fond du vaisseau la pression des tranches supérieures, qu'en se la faisant passer successivement des unes aux autres: mais ceci peut être prouvé d'une autre façon.

Si l'expérience prouve que le fond X du vaisseau soutient à chaque instant un poids égal à la somme des poids de toutes les tranches du fluide contenu dans le vaisseau M N, elle prouve aussi que chaque tranche soutient de même à chaque instant un poids égal à la somme des poids de toutes les tranches qui sont au dessus d'elle; or ces deux choses ne sauroient s'accorder, si le poids des tranches supérieures étoit porté en un instant jusqu'au fond du vaisseau; en effet, si le poids de la tranche A A étoit porté en un instant jusqu'au fond du vaisseau, il ne seroit pas soutenu par

la tranche HH, ou s'il l'étoit, il seroit soutenu en même temps par le fond X du vaisseau & par la tranche HH; ce qui répugne: dans ce dernier cas la pression soufferte par le fond du vaisseau à chaque instant, seroit égale à la pression de la tranche AA, qui exerceroit un degré de force contre ce fond; plus celle de la tranche HH qui soutient la pression de la tranche AA, & qui par ce moyen exerceroit deux degrés de force contre ce même fond; plus la pression de la tranche CC qui soutient les tranches AA & HH, & qui par conséquent exerceroit trois degrés de force contre le fond X du vaisseau, &c. la pression soufferte par le fond du vaisseau seroit donc représentée par une progression arithmétique des nombres naturels, dont le premier terme seroit l'unité, & le dernier seroit égal au nombre des termes ou des tranches contenues dans le vaisseau MN; or une telle progression exprimeroit une force beaucoup plus grande que celle que soutient effectivement le fond du vaisseau.

Tâchons donc de découvrir de quelle façon les choses se passent dans cette occasion-ci; & pour cela supposons que les tranches du fluide contenu dans le

vaisseau M N n'ont aucune pesanteur ; imaginons ensuite qu'elles sont toutes animées par la pesanteur dans le même instant, de manière qu'à chaque instant elles en reçoivent toutes un degré d'impulsion ; il est évident que dans le premier instant, la tranche A A ne pressera que la seule tranche H H, & qu'elle la pressera avec un degré de force ; au second instant la tranche H H pressée par la tranche A A pressera la tranche C C avec deux degrés de force ; un troisième instant la tranche C C pressée avec deux degrés de force par la tranche H H, pressera la tranche D D avec trois degrés de force, &c. de manière qu'en continuant de suivre ainsi l'action de ces tranches, on voit qu'après un nombre d'instant égal au nombre des tranches, le fond X du vaisseau sera pressé par la tranche V V avec un nombre de degrés de force égal au nombre des tranches contenues dans le vaisseau M N.

Après cette époque, il est évident que la pression soufferte par le fond du vaisseau n'augmentera plus, parce que la tranche A A n'exercera jamais qu'un degré de force contre la tranche H H, & la tranche H H deux degrés de force contre la tranche C C, &c. la pression que

souffrira le fond du vaisseau sera donc constante.

En supposant la masse fluide, contenue dans le vaisseau MN, divisée en une infinité de tranches, on aura une idée plus juste de la manière dont les choses se passent, parce qu'alors on pourra regarder le mouvement par lequel la pression des tranches supérieures est portée jusqu'au fond du vaisseau, comme continu; d'ailleurs chaque tranche ne pressera, comme dans toute autre supposition, que celle qui est sous elle, & la tranche V V sera la seule qui pressera le fond du vaisseau.

J'aurois pu supposer le fluide du vaisseau MN, divisé en une infinité de petites colonnes verticales, composées de molécules posées les unes sur les autres, & alors j'aurois trouvé que dans chaque colonne les molécules supérieures ne transmettent pas leur pression jusqu'au fond X du vaisseau en un instant, parce que cette pression ne peut y parvenir qu'au moyen des molécules intermédiaires, & que les molécules inférieures de toutes les colonnes, lesquelles forment une tranche infiniment mince, sont les seules qui pressent le fond du vaisseau, & qu'elles le pressent avec

une force égale à la somme des pressions ou des poids de toutes les molécules qui composent la masse fluide contenue dans le vaisseau M N.

On voit maintenant en quoi differe l'action médiante de l'action immédiate des corps ; cette dernière ne peut avoir lieu, ainsi que je l'ai déjà dit, qu'entre les parties infiniment petites de la matière, & c'est dans ce sens qu'on peut assurer qu'un corps ne peut agir sur un autre corps sans le toucher. (*Corpus non agit in distans.*) Dans le cas dont il s'agit, chacune des tranches supérieures du fluide, contenue dans le vaisseau M N, ne peut agir immédiatement que sur la tranche qui est sous elle ; son action contre le fond du vaisseau n'est que médiante, elle ne peut y parvenir qu'au moyen des tranches intermédiaires, & après un temps proportionnel à sa distance de ce fond ; au lieu que la tranche V V agit par elle-même contre le fond du vaisseau, & son action y est portée dans l'instant même : on pourroit dire à la rigueur que les tranches supérieures ne pressent pas le fond du vaisseau ; mais on ne peut pas en dire de même de la tranche V V, elle agit immédiatement sur ce fond qu'elle pres-

se avec une force égale à la somme des pressions de toutes les tranches , quoiqu'on puisse dire d'ailleurs que ce n'est pas en vertu de sa propre force qu'elle le presse.

Si on supposoit que la tranche V V n'a aucune force , aucune pesanteur , il n'en est pas moins évident qu'elle presseroit le fond X du vaisseau avec une force égale à la somme des pressions ou des poids de toutes les tranches qui sont au dessus d'elle ; donc un corps qui n'a aucune force en lui-même , peut cependant en exercer une contre un autre corps : on voit que tout le merveilleux de ces vérités , qu'on avoit à peine soupçonné , n'est rendu sensible que par la théorie qui y conduit. Lorsque je pousse un corps avec un bâton que je tiens à la main , on ne peut pas dire que ce soit ma main qui pousse ce corps , ni que c'est en vertu de sa propre force que le bâton le pousse ; il le pousse parce qu'il est poussé lui-même.

Si le fond X du vaisseau MN souffre à chaque instant une pression égale à la somme des pressions de toutes les tranches du fluide contenu dans ce vaisseau , c'est parce qu'à chaque instant il reçoit un degré d'impulsion qui lui vient de la part

de chacune de ces tranches ; mais puisque la pression ou l'action des tranches supérieures ne parvient jusqu'au fond du vaisseau , qu'après un temps proportionnel à la distance de ce fond , il s'ensuit que la pression soufferte par le fond du vaisseau n'est pas la résultante de l'action simultanée de toutes les tranches ; elle est l'effet de la force acquise par la tranche V V , ou , ce qui est la même chose , ce sont les pressions de toutes les tranches précédemment réunies dans cette dernière tranche ; de manière que les pressions qu'exercent les tranches supérieures dans un instant donné , n'ont aucune part à la pression que la tranche V V exerce contre le fond du vaisseau dans le même instant ; & par conséquent on doit dire que la pression soufferte par le fond du vaisseau est due à la seule tranche V V.

Il suit de ce qui précède que si , en supprimant les tranches supérieures , on pouvoit conserver à la tranche V V toute la force qu'elle a acquise par la pression de ces mêmes tranches supérieures , elle continueroit d'exercer sur le fond X du vaisseau la même force qu'auparavant ; c'est pour cette raison qu'une masse d'air renfermée dans un vaisseau qui n'a au-

cune communication avec l'air extérieur, agit contre les parois de ce vaisseau avec autant de force que la colonne entière de ce fluide : c'est aussi par la même raison que dans un vaisseau conique plein d'eau, les petites colonnes de ce fluide pressent le fond du vaisseau avec autant de force que les colonnes les plus hautes.

Mais si l'action des tranches supérieures étoit portée en un instant jusqu'au fond du vaisseau, ou si la pression soufferte par ce fond, étoit la résultante de l'action simultanée de toutes les tranches, en supprimant les tranches supérieures, on supprimeroit en même temps une partie de la charge que soutient le fond du vaisseau, & par conséquent le phénomène dont il s'agit, n'auroit jamais lieu : on voit par là que les explications qu'on a données de ce phénomène imaginé par Stevin, & confirmé par les expériences que Pascal, Mariotte & d'autres ont faites, n'en ont pas fait connoître la vraie cause; & c'est sans doute la raison pour laquelle il exerce encore la sagacité des Physiciens.

On dit, & avec beaucoup de vérité; qu'une masse pesante travaille continuellement; en effet, cette masse étant por-

tée par un support, quand même elle n'auroit d'autre effet que celui de presser le support avec une force constante, on pourroit dire qu'elle travaille continuellement; mais l'action de cette masse ne se borne pas là; le support qui la soutient transmet cette action au sol sur lequel il repose, & le sol à toute la masse de la terre.

Non seulement une masse pesante travaille continuellement, mais encore chacune de ses parties travaille continuellement; & c'est par cette raison que les effets de la pesanteur s'accroissent & se modifient de différentes façons dans une masse pesante: par exemple, nous avons vu que le fond du vaisseau *M N* soutenoit à chaque instant une pression, ou un poids égal à la somme des poids de toutes les tranches contenues dans ce vaisseau, & que chaque tranche soutenoit de même à chaque instant un poids égal à la somme des poids de toutes les tranches qui sont au dessus d'elle; donc l'effet total de la pesanteur sur cette masse est, pour chaque instant, égal à la pression soufferte par le fond du vaisseau, plus à la pression que souffre chacune des tranches du fluide contenu dans ce vaisseau, encore faut-il ajouter à cela

la pression soufferte par les parois du vaisseau, laquelle n'est pas dirigée de haut en bas.

Si on suppose le fluide contenu dans le vaisseau MN, divisé en plusieurs colonnes verticales; chacune de ces colonnes non seulement pressera le fond du vaisseau avec une force égale à la somme des poids de toutes les molécules qui la composent, mais encore ces colonnes agiront toutes les unes sur les autres en se pressant mutuellement de bas en haut, & finiront par se mettre en équilibre, ou par acquérir une force égale, quand même elles n'auroient pas toutes la même hauteur, comme dans le vaisseau conique plein d'eau dont nous avons parlé; dans ce cas les petites colonnes soulèvent la voute du vaisseau avec une force égale à l'excès de force qu'elles exercent contre le fond du vaisseau, sur celle qu'elles exerceroient contre ce même fond, si elles n'avoient d'autre force que celle qui est due à leur hauteur; c'est pour cela qu'il faudroit une plus grande force pour soutenir le fond du vaisseau, supposé mobile, que pour soutenir la somme des poids du vaisseau & de l'eau qui y est contenue.

J'ai pris pour exemple une masse flui-

de, parce qu'il est facile de concevoir comment les tranches supérieures d'une telle masse peuvent transmettre l'action qu'elles exercent jusqu'au fond du vaisseau par le moyen des tranches inférieures : ce phénomène est plus difficile à comprendre dans une masse pesante & solide : examinons ce dernier cas.

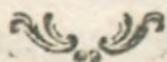
Soit P Q (fig. 6^{me}.) une masse solide & pesante que l'on supposera divisée en plusieurs tranches ; ou, ce qui revient au même, soient A A, H H, C C, D D, V V, plusieurs corps solides, plusieurs pierres, par exemple, posées les unes sur les autres & soutenues par le support X : il s'agit de savoir si l'action qu'exerce à chaque instant le corps A A est portée en un instant jusqu'au support : j'ai dit ailleurs qu'un coup de marteau n'étoit pas porté en un instant d'une extrémité à l'autre d'une pierre ; le phénomène dont il est ici question est à peu près le même, & se présentera encore plusieurs fois ; il importe donc de l'examiner dans toutes les circonstances, parce qu'elles peuvent nous conduire à la solution de cette difficulté.

L'expérience prouve que le support X soutient à chaque instant un poids égal à la somme des poids des corps A A,
H H,

H H , C C , D D V V ; elle prouve
 aussi que chacun de ces corps soutient de
 même à chaque instant un poids égal à
 la somme des poids de tous les corps
 qui sont au dessus de lui ; or je viens de
 le dire , & je le répète encore , la chose
 seroit impossible s'il étoit vrai que l'ac-
 tion des corps supérieurs fût portée en
 un instant jusqu'au support : il est vrai
 qu'on ne voit pas facilement comment
 l'action du corps A A pourroit être trans-
 mise jusqu'au support , au moyen des
 corps intermédiaires , parce qu'il semble
 qu'il faudroit pour cela que ces corps
 pussent se transmettre successivement des
 uns aux autres la pression qu'ils souffrent ,
 ce qui demanderoit qu'ils pussent se mou-
 voir successivement les uns après les au-
 tres , & il ne paroît pas , dans le cas pré-
 sent , que cette condition puisse avoir
 lieu ; mais je n'en conclurai pas que la
 pression exercée par le corps A A est
 portée en un instant jusqu'au support :
 ce phénomène me paroît prouver évi-
 demment qu'il faut chercher la cause de
 la pesanteur ailleurs que dans la matière
 propre qui constitue les corps pesants.

En finissant ce chapitre , il importe de
 remarquer que , quoique la tranche du
 fluide V V (fig. 4) soit la seule qui agisse

immédiatement sur le fond X du vaisseau, ce fond n'en soutient pas moins la totalité des pressions ou des poids de toutes les tranches contenues dans ce vaisseau : de même, (fig. 6) quoiqu'il n'y ait que le seul corps V V qui agisse immédiatement sur le support X, ce support n'en soutient pas moins la totalité des poids A A, H H, C C, D D, &c. & même ce phénomène auroit lieu, quelque fût la hauteur du vaisseau M N, (fig. 4) ou du système de corps représenté, (fig. 6) sans qu'on puisse déterminer à quelle distance cet effet cesseroit d'avoir lieu : d'où il faut conclure non seulement qu'un corps peut agir sur un autre corps distant de lui, mais encore que son action peut être portée à de très-grandes distances, sans souffrir la moindre diminution, quoiqu'elle ne soit que médiate, c'est-à-dire, portée d'un terme à un autre, au moyen des corps intermédiaires ; il ne doit donc pas paroître surprenant si les astres agissent les uns sur les autres, quoiqu'à de très-grandes distances.



 CHAPITRE XIII.

Examen des phénomènes qui sont l'effet de la traction des corps.

UNE masse pesante étant soutenue par un support, le support soutient à chaque instant un poids égal à la somme des poids de toutes les molécules qui composent cette masse : cette même masse étant suspendue à un point fixe par quelque moyen que ce soit, le point fixe soutient de même à chaque instant la somme des poids de toutes les molécules qui composent cette masse ; & de même que dans le premier cas, l'action des molécules supérieures n'est pas portée en un instant jusqu'au support ; ainsi dans le second, l'action des molécules inférieures n'est pas portée en un instant jusqu'au point fixe.

Pour concevoir de quelle façon les choses se passent, soit RS, (fig. 7) une masse soutenue de quelque manière que ce soit par l'obstacle supérieur X, & supposons que cette masse est divisée en plusieurs tranches égales & sans pesanteur AA, HH,

CC, DD VV, lesquelles adhèrent les unes aux autres par leur viscosité ou par tout autre moyen, & imaginons que ces tranches sont toutes animées par la pesanteur dans le même instant, de manière qu'elles en reçoivent toutes un degré d'impulsion à chaque instant; il est clair qu'au premier instant la tranche AA ne tirera en bas que la seule tranche HH sur laquelle elle exercera un degré de force; au second instant la tranche HH, chargée du poids de la tranche AA, tirera en bas la tranche CC avec deux degrés de force; au troisième instant la tranche CC chargée des poids des tranches AA & HH tirera en bas la tranche DD avec trois degrés de force, ainsi de suite; de sorte que ce ne sera qu'après un nombre d'instants égal au nombre des tranches, que la tranche VV tirera en bas l'obstacle X avec un nombre de degrés de force égal au nombre des tranches, & à cette époque les choses parviendront à un état permanent, c'est-à-dire, que la force qui tirera en bas l'obstacle X, sera constante.

Il est évident que la tranche VV est la seule qui soit soutenue immédiatement par l'obstacle, puisque si elle étoit

supprimée, l'obstacle ne soutiendrait ni son poids ni celui des tranches inférieures; ce n'est donc que parce qu'elle soutient elle-même les tranches inférieures, que l'obstacle, en la soutenant, soutient un poids égal à la somme des poids de toutes les tranches: il en est de même d'une tranche quelconque prise dans le milieu de la masse, cette tranche soutient le poids de toutes les tranches inférieures, & est soutenue elle-même, ainsi chargée, par la tranche qui est immédiatement au dessus d'elle; mais puisque l'action des tranches inférieures n'est portée jusqu'à l'obstacle, que par le moyen des tranches intermédiaires, elle ne sauroit y être portée en un instant, mais seulement après un temps proportionnel à sa distance de l'obstacle, puisqu'il faut que les tranches intermédiaires se la fassent passer successivement des unes aux autres, pour qu'elle puisse parvenir jusqu'à l'obstacle.

D'ailleurs, si l'expérience prouve que l'obstacle supérieur soutient à chaque instant un poids égal à la somme des poids de toutes les tranches, elle prouve aussi que chaque tranche soutient de même à chaque instant un poids égal à la somme des poids de toutes les tranches

qui sont au dessous d'elle ; par conséquent s'il étoit vrai que l'action de l'une des tranches inférieures fût portée en un instant jusqu'à l'obstacle, le poids qui résulte de cette action seroit soutenu en même temps par l'obstacle & par la tranche qui est immédiatement au dessus d'elle ; ce qui répugne, parce qu'il s'enfuivroit que la charge de l'obstacle seroit représentée, comme dans le cas de la pression, par une progression arithmétique des nombres naturels dont le premier terme seroit l'unité, & le dernier le nombre des tranches ; or une telle progression représenteroit une charge beaucoup plus grande que celle que soutient l'obstacle.

Il est vrai que si la masse *RS* est un corps dur, on ne conçoit pas facilement que les tranches inférieures puissent porter leur action jusqu'à l'obstacle par le moyen des tranches intermédiaires, parce qu'il semble qu'il faudroit pour cela qu'elles pussent se mouvoir séparément les unes des autres ; c'est donc ici encore la même difficulté que nous avons déjà trouvée, mais qui ne doit pas nous forcer à croire que l'action des tranches inférieures est portée en un instant jusqu'à l'obstacle, ce qui ne

s'accorderoit pas avec les phénomènes.

Il suit delà que la force avec laquelle l'obstacle X est tiré en bas par la tranche V V, n'est pas la résultante de l'action simultanée de toutes les tranches, & qu'elle est due à la force acquise par la tranche V V; de manière que l'action qu'exercent les tranches inférieures dans un instant donné, n'ont aucune part à l'action que la tranche V V exerce contre l'obstacle dans le même instant.

On dit qu'un corps n'agit sur un autre corps, que lorsque celui-ci s'oppose à son mouvement, ou au mouvement qu'il tend à acquérir; & ce principe que j'adopte, parce qu'il me paroît généralement vrai, doit s'entendre des corps, soit simples ou infiniment petits, soit composés ou en masse; c'est pour cette raison que lorsqu'un corps repose sur un support, il agit contre ce support, parce qu'il s'oppose à son mouvement, tout comme les molécules supérieures de ce corps agissent sur les molécules inférieures qui s'opposent à leur mouvement, ou au mouvement qu'elles tendent à acquérir; dans le cas de la suspension d'un corps, ce sont les molécules inférieures qui tirent en bas les molécules supérieures, parce qu'elles s'opposent à leur mouve-

ment : donc si un corps se meut librement de haut en bas , les molécules supérieures de ce corps ne presseront pas les molécules inférieures , ni les inférieures ne tireront point à elles les supérieures ; & il en sera de même si ce corps se meut de bas en haut , ou dans une direction horizontale , les molécules postérieures ne presseront point les molécules antérieures , & n'en feront pas tirées : en général les molécules d'une masse qui se meut librement n'exercent aucune action les unes sur les autres ; & cela doit être , puisqu'elles ne se font point obstacle les unes aux autres : je suppose dans tout ceci que la masse pesante est homogène , ou que toutes les parties ont une égale tendance au mouvement.

On déduit facilement de ce qui précède l'explication d'un phénomène qui paroît d'abord surprenant , le voici : si dans un vaisseau plein d'eau on suspend par un fil un corps dont la pesanteur spécifique soit plus grande que celle de l'eau , le fil soutiendra l'excès de la pesanteur de ce corps sur la pesanteur d'un volume d'eau égal au volume de la partie de ce corps qui y est plongé , & le fond de ce vaisseau sera pressé avec la

même force que s'il étoit seulement plein d'eau, parce que les molécules du corps plongé transmettent au fond du vaisseau la même pression, & de la même manière que le feroit une masse d'eau qui seroit à sa place; mais si on coupe le fil, & que le corps descende librement, le fond du vaisseau sera moins pressé qu'auparavant, & cela parce que les molécules inférieures de ce corps n'étant plus pressées par les supérieures, elles presseront les molécules d'eau qui sont sous elles avec beaucoup moins de force, & la pression que souffrira le fond du vaisseau sera moindre qu'avant la descente du corps.

On doit faire ici la même remarque qui a été faite dans le chapitre précédent: quoiqu'un corps suspendu à un point fixe par une chaîne, une corde, &c. n'agisse pas immédiatement contre ce point, le poids total de sa masse n'est pas moins soutenu par le point fixe; par exemple, une masse étant suspendue à un point fixe par une corde, quelque longue que soit la corde, le point fixe soutient tout le poids de cette masse; donc un corps peut agir contre un autre corps, quoiqu'éloigné de lui, sans que son action souffre la moindre diminution.



C H A P I T R E X I V.

*Examen des phénomènes qui sont l'effet de
la percussion des corps.*

NOUS avons vu que lorsqu'un corps se meut librement, les molécules dont il est composé n'exercent aucune action les unes sur les autres, & cela parce qu'elles ne se font point obstacle les unes aux autres : que lorsqu'une masse pesante est soutenue par un support, les molécules supérieures de cette masse exercent une action contre les molécules inférieures, parce que celles-ci s'opposent au mouvement qu'elles tendent à acquérir, & que ces mêmes molécules inférieures exercent une action contre le support qui s'oppose à leur mouvement ; nous avons aussi remarqué que le support soutenoit à chaque instant un poids égal à la somme des poids de toutes les molécules qui composent la masse pesante ; or dans le choc des corps il arrive quelque chose de semblable qu'il importe d'examiner.

Pour comprendre plus facilement ce qui se passe dans le choc des corps,

supposons que le corps choqué X (fig. 8) est un obstacle invincible, & imaginons le corps choquant MN, PQ divisé en plusieurs tranches VV, GG, FF, EE, HH, AA, perpendiculaires à la direction de son mouvement; cela posé, voici de quelle façon les phénomènes indiquent que les choses se passent.

Dès l'instant que la tranche VV du corps choquant MN, PQ aura atteint l'obstacle X qui s'oppose à son mouvement, elle agira contre cet obstacle avec toute sa force: par la même raison la tranche qui s'oppose au mouvement de la tranche GG en soutiendra tout l'effort l'instant suivant; cette tranche VV agira donc dans ce second instant contre l'obstacle avec la somme des forces des tranches VV & GG, parce qu'à cause de l'obstacle que l'on suppose invincible, elle a conservé toute sa force; au troisième instant, toujours par la même raison, la tranche GG soutiendra l'effort de la tranche H & exercera contre la tranche VV une force égale à la somme des forces de GG & de FF; & par conséquent cette tranche VV agira contre l'obstacle avec la somme des forces de VV, GG & FF, & ainsi de

suite ; de sorte qu'au bout d'un nombre d'instants égal au nombre des tranches, l'obstacle soutiendra l'effort de toutes les tranches, & il n'y aura, comme dans le cas de la pression, que la seule tranche V V qui agira immédiatement contre l'obstacle.

Il est clair que l'action du corps M N, P Q sur l'obstacle X doit cesser dès le moment qu'il aura perdu toute sa vitesse ou tout son mouvement, & que la durée de son action sera très-courte ; mais aussi cette action sera plus forte que si ce corps agissoit sur l'obstacle par son poids seulement, parce que la vitesse qu'il avoit avant le choc, & qui se perd pendant la durée de son action, doit en augmenter l'intensité ; c'est pourquoi, pour avoir l'expression de sa force, il faut multiplier sa masse par sa vitesse ou par une fonction de sa vitesse.

On sera convaincu que les choses se passent comme il vient d'être dit, ou au moins d'une façon approchante, si on fait attention qu'on tire de cette théorie l'explication la plus simple des phénomènes qui arrivent dans la percussion des corps ; par exemple, si le corps choquant est mou, il souffre une compression de manière que les tranches anté-

rieures, celles qui sont les plus près de l'obstacle, sont d'autant plus fortement comprimées qu'elles sont plus près de l'obstacle; ce qui doit être, puisque chaque tranche soutient l'effort de toutes celles qui sont derrière elle.

Il faut remarquer que si on met une masse molle & pesante sur un support, cette masse s'affaisse, ou est comprimée par son propre poids, de manière que les tranches dont on doit concevoir qu'elle est composée, sont d'autant plus fortement comprimées, qu'elles sont plus basses ou plus proches du support; & que si on jette cette masse de bas en haut contre une voûte, elle sera de même comprimée de manière que la compression soufferte par les différentes tranches de cette masse sera d'autant plus grande que ces tranches seront plus hautes ou plus proches, de la voûte: le phénomène est donc le même dans les deux cas; seulement dans le premier, l'action du mécanisme qui le produit est dirigée de haut en bas; & dans le second, de bas en haut.

Il y a pourtant une différence qui mérite qu'on y fasse attention, la compression des tranches d'une masse molle, que l'on met sur un support & qui

s'affaïsse par son propre poids, n'arrive que très-lentement, au lieu que les tranches de cette même masse sont comprimées presque dans l'instant, lorsqu'on la jette contre un plan dur.

Si le corps choquant est élastique, la tranche V V est comprimée avec une force égale à la somme des forces de toutes les tranches, ou ce qui revient au même, sur la fin du choc, toute la force du corps choquant se trouve concentrée dans la seule tranche V V qu'on doit regarder comme un ressort bandé entre l'obstacle & le reste de la masse du corps choquant; donc, lorsque celui-ci aura perdu tout son mouvement, la tranche V V, en déployant son ressort, doit, s'il est parfait, le renvoyer en arriere avec une vitesse égale à celle qu'il avoit lorsqu'il a rencontré l'obstacle.

Il ne faut pas croire que l'action du corps choquant soit transmise à toute la masse du corps qui fait obstacle, elle est trop prompte pour cela; & si cela étoit, on ne voit pas, ainsi que je l'ai dit ailleurs, que la réflexion pût avoir lieu; mais si l'obstacle est élastique, & en le supposant divisé en plusieurs tranches, la première tranche, celle qui fera tou-

chée par le corps choquant , fera comprimée , & déployant ensuite son ressort , contribuera à la réflexion du corps choquant , ou même si celui-ci est dépourvu d'élasticité , toute sa force se réunira dans la première tranche de l'obstacle , qui alors , en déployant son ressort , l'obligera à se réfléchir.

Ceux-là se sont trompés qui ont dit que le choc ou la percussion est plus forte au commencement que sur la fin : c'est tout le contraire , l'instant auquel commence la réflexion , lorsqu'elle a lieu , peut être regardé comme étant le même que celui auquel finit la percussion ; or il est évident que c'est pendant ce même instant que l'obstacle soutient tout l'effort du corps choquant , ou plutôt de la tranche V V dans laquelle toute sa force est réunie à la fin du choc.

Si le corps choquant est dur & fragile , & si en même temps le choc est violent , l'obstacle étant toujours supposé invincible , & par conséquent dur , ce corps est le plus souvent mis en pièces , & cela , parce que les parties antérieures de ce corps parviennent au repos avant les parties postérieures qui continuent de se mouvoir ou font effort pour se mouvoir , & se séparent par ce

moyen des parties antérieures : l'action d'un corps dur qui choque un obstacle, est à la vérité d'une très-courte durée ; mais elle n'est pas instantanée, ainsi que l'assurent un grand nombre de Physiciens ; si cela étoit, la fracture du corps choquant n'auroit jamais lieu ; par exemple, lorsqu'on lance avec force une pierre contre un rocher ; si toutes les molécules qui composent cette pierre exerçoient leur action contre le rocher dans le même instant, elles éprouveroient toutes la résistance du rocher dans le même instant, & parviendroient aussi au repos dans le même instant ; d'où il suit qu'elles ne devroient pas sortir de l'état de repos relatif où elles sont les unes par rapport aux autres, ni la pierre être mise en pièces, ainsi qu'il arrive le plus souvent.

Il faut convenir que lorsque le corps choquant $MNPQ$ est dur, il ne paroît pas possible que les tranches AA HH , &c. les plus éloignées de l'obstacle, puissent lui transmettre leur action par le moyen des tranches intermédiaires ; parce qu'il ne paroît pas qu'elles puissent être mues successivement les unes après les autres ; ce qui paroît cependant nécessaire : c'est donc ici la même difficulté que nous avons

trouvée plusieurs fois, & notamment lorsqu'il a été question de la pression des corps pesants : il seroit donc temps de faire connoître comment cette action est portée jusqu'à l'obstacle ; puisqu'il est sûr qu'elle y est portée, & qu'elle n'y est pas portée en un instant : voici ce que je pense sur cet objet, en attendant que je puisse entrer dans un plus long détail.

Lorsqu'un corps dur, ou, en général, lorsqu'un solide en mouvement rencontre un obstacle, s'il n'est pas mis en piécès, s'il ne souffre point de compression sensible, en un mot, s'il ne paroît point de phénomène qui puisse faire connoître de quelle façon les choses se passent lorsqu'il rencontre l'obstacle ; au moins est-il facile de s'appercevoir que toute sa masse est tourmentée, ou que toutes les parties dont il est composé font un effort pour se mouvoir ; & il me paroît évident que l'effort qu'elles font est dû à un fluide subtil qui est logé dans les pores de ce corps ; fluide que l'on doit regarder comme faisant masse commune avec lui, mais qui peut continuer de se mouvoir, si les parties solides de cette masse ne le peuvent pas à cause de leur adhérence mutuelle ; il suffit donc,

pour l'explication des phénomènes qui arrivent dans le choc & la pression des corps, d'avoir égard au mouvement de ce fluide; c'est-à-dire, qu'on peut supposer que les tranches V V, G G, F F, E E A A sont composées de ce fluide; & alors on comprend aisément comment les tranches les plus éloignées de l'obstacle, peuvent lui transmettre leur action par le moyen des tranches intermédiaires, de la manière qu'il a été dit lorsqu'il a été question de la pression des fluides.

Si le corps M N P Q est élastique: par exemple, si c'est une bille d'ivoire, il est clair que le fluide subtil qui est logé dans les pores de cette bille, en se portant vers la tranche V V qui est comprimée, doit exercer toute sa force contre cette tranche, & écarter les unes des autres, les fibres & lames osseuses dont elle est composée; ce seroit donc sans raison qu'on attribueroit la restitution du ressort de cette tranche à une autre cause, à moins qu'on ne l'attribue aussi à la partie de ce fluide qui s'est trouvée dans ses pores & qui y est comprimée, ou à quelques bulles d'air qui s'y trouveroient de même dans l'état de compression: il y a apparence que c'est à

cette dernière cause qu'il faut attribuer l'effort que fait un arc bandé pour se redresser; ce qu'on n'aura pas de peine à croire, lorsqu'on saura que M. de Roberval a conservé pendant quinze ans une masse d'air qui avoit été comprimée dans un fusil à vent, sans que son ressort eût été affoibli; & qu'on fera attention que de petites bulles d'air sont en état de faire équilibre avec des masses considérables de ce même fluide.

Quelques partisans de l'attraction ont voulu que l'élasticité des corps en dépendît; mais cette opinion n'a aucune vraisemblance; car, soit que l'attraction suive la raison inverse du quarré ou du cube de la distance, il est clair que les molécules de la partie convexe d'un arc qui a été bandé, étant plus écartées les unes des autres qu'elles ne l'étoient avant que l'arc fût bandé, elles doivent moins s'attirer qu'auparavant; & que les molécules de la partie concave ayant été rapprochées, elles doivent s'attirer plus fortement qu'avant que l'arc fût bandé; d'où il suit qu'il devroit en résulter un effet contraire, c'est-à-dire, que l'arc au lieu de faire effort pour se redresser de lui-même, opposeroit plus de résis-

rance pour être redressé, qu'il n'en avoit opposé lorsqu'il a été courbé.

On a si peu connu la différence qu'il y a entre la pression & la percussion, qu'en comparant ensemble ces deux manières d'agir des corps, on a fait l'une & l'autre égales au produit de la masse par la vitesse, quoique dans la pression la vitesse soit exactement nulle; la raison pour laquelle on en a usé ainsi, c'est parce qu'on a cru qu'on devoit avoir égard à l'effort que fait une masse pesante pour se mouvoir, dans le temps même qu'elle en est empêchée par un obstacle; & parce que cet effort, que quelques-uns ont appelé vitesse virtuelle, ne peut être regardée que comme une vitesse infiniment petite, on en a conclu que la percussion étoit infinie par rapport à la pression: pour prouver la justesse de cette conséquence, on a fait remarquer que si après avoir enfoncé à demi un clou dans une piece de bois, on appuye un marteau sur la tête de ce clou, il n'enfoncera pas, mais que si on frappe le clou à coup de marteau, ce clou entrera alors dans la piece de bois avec la plus grande facilité.

Il suivroit de là que la pression d'une montagne sur sa base seroit nulle, en com-

paraïson de la percussïon produite par la chute d'un grain de sable; conséquence absurde, & qui a obligé plusieurs Physiciens à former des doutes sur la justesse de cette théorie; en effet on connoît à *priori*, ou par l'expérience la force de la pression d'un corps pesant; & si cette force ne produit pas toujours son effet, elle n'en est pas moins réelle: si on plantoit un clou dans de la terre molle, & qu'on appuyât dessus un marteau, le clou enfonceroit, & par conséquent la pression du marteau n'est pas nulle; d'ailleurs si on entreprenoit d'enfoncer une bille d'acier dans une enclume à coups de marteau, on n'en viendroit pas à bout, sans qu'on pût en conclure que la percussïon du marteau est nulle, ce qu'on pourroit cependant faire, si on se régloit sur l'effet de son action.

M. de Léibnitz fut un de ceux qui ne voulurent pas admettre cette théorie, il entrevoyoit trop de différence entre la percussïon, qu'il appella force vive, & la pression à laquelle il donna le nom de force morte; pour exprimer l'une & l'autre par une même formule, il assura que la force vive, celle d'un corps qui est déjà en mouvement, devoit être faite égale au produit de sa masse par le quarré

214 *Essai sur le Mouvement,*
de sa vitesse ; quant à la force morte ,
celle d'un corps qui agit par sa seule pe-
santeur , il pensa qu'on devoit la faire
égale au produit de sa masse par sa vi-
tesse initiale , ou par l'effort qu'il fait pour
se mouvoir.

La nouveauté de cette doctrine excita
une dispute des plus vives parmi les sa-
vants , dispute à jamais mémorable dans
l'histoire de la physique , soit parce qu'elle
a duré près de cent ans , soit parce que
les plus célèbres Physiciens & Géometres
y ont pris part , sans que la multitude
d'écrits qui ont paru sur cette matiere ,
& le grand nombre d'expériences qui ont
été faites dans la vue de l'éclaircir , aient
pu y jeter le moindre trait de lumiere :
si le feu de cette dispute s'est un peu ra-
lenti , si les Physiciens semblent aujour-
d'hui être d'accord sur cette question ,
ce n'est pas , comme ils le disent eux-mê-
mes , parce qu'ils sont enfin parvenus à
s'entendre , c'est plutôt parce qu'ils ont
fini par ne plus s'entendre du tout.

L'opinion de M. de Leibnitz sur l'esti-
mation de la force vive étant fondée sur
l'expérience , qui prouve que les effets
de cette force sont comme le quarré de
la vitesse du mobile , je ne vois pas pour-
quoi un si grand nombre de Physiciens

du premier ordre ont refusé d'adopter sa doctrine. Ceux-ci disent que la force d'un corps, ou l'effet qu'il produit, est en raison composée de sa vitesse & du temps pendant lequel il se meut; & que pour avoir la juste mesure de deux forces, il faut comparer ensemble les effets qu'elles produisent dans des temps égaux: par exemple, si les balles A & B égales en masse tombent, A pendant une seconde, & B pendant deux secondes; la première ne parcourra que quinze pieds, tandis que la seconde en parcourra soixante; mais quoique l'espace parcouru par la balle B soit quadruple de l'espace parcouru par la balle A, la vitesse de la balle B n'est que double de celle de la balle A, puisqu'elle a mis deux secondes pour parcourir cet espace; d'où ils concluent que les forces de ces deux balles ne sont entr'elles que comme leur vitesse, & non pas comme le carré de leur vitesse.

Les Léibnitiens raisonnent tout différemment; ils disent que la balle B en tombant pendant deux secondes, non seulement a acquis une vitesse double de celle de la balle A; mais encore que son mouvement doit persévérer le double de temps, & par conséquent que la force de la balle B est quadruple de celle de

la balle A ; ce qu'ils prouvent par plusieurs expériences , entr'autres , par celle qui suit. Faites tomber les deux balles A & B sur de la terre molle , la premiere de quinze pieds de hauteur , la seconde de soixante pieds de hauteur ; l'impresion que la premiere fera sur cette terre ne sera que le quart de celle que la seconde fera sur cette même terre ; donc l'effet de la seconde est quadruple de celui de la premiere ; donc les forces de ces deux balles sont comme les quarrés de leur vitesse , & non pas comme leur simple vitesse.

Pour résoudre la difficulté présente , dans laquelle il est question de savoir si on doit avoir égard au temps pendant lequel un corps se meut pour avoir la mesure de sa force , ou plutôt de l'effet qu'il produit , & même en général pour avoir une idée de la force des corps , il faut se rappeler qu'un corps en mouvement se meut par le mécanisme d'un tourbillon , ou qu'il fait partie d'un vortex , c'est-à-dire , d'une masse qui se meut circulairement , & faire attention qu'un corps en mouvement est toujours une masse composée d'une infinité de petits corps qui se meuvent ensemble d'un mouvement commun , parce qu'alors on
verra

verra qu'ils doivent exercer leur force en commun, cela posé.

Un boulet qui se meut par l'inflammation de la poudre à canon, est un corps qui se meut par le mécanisme d'un tourbillon; & il n'est pas douteux qu'une charge de poudre qui peut lui donner une vitesse de deux cents toises par seconde, ne doive aussi le conserver en mouvement plus long-temps qu'une autre charge de poudre qui ne pourroit lui donner qu'une vitesse de cent cinquante toises par seconde; donc, si on veut comparer ensemble les forces de ce boulet dans les deux cas, il faut non seulement avoir égard à sa vitesse, mais encore au temps pendant lequel il pourroit se mouvoir; je dis qu'il faut avoir égard au temps pendant lequel il pourroit se mouvoir, & non pas au temps pendant lequel il se meut; parce qu'il est clair qu'un boulet de canon a toujours la même force, soit qu'il rencontre une muraille, après s'être mu pendant la dixième partie d'une seconde, soit qu'il ne la rencontre qu'après s'être mu pendant six secondes; quoique dans les deux cas l'exercice de sa force ne soit pas la même, dans le premier, cette force est presque toute employée à bat-

tre la muraille ; dans le second , elle l'est à diviser une plus grande masse d'air ; d'où il est facile de conclure que M. de Léibnitz a eu raison de faire la force vive , celle d'un corps en mouvement , égale au produit de sa masse , par le quarré de sa vitesse.

Il ne pourroit rester de doute là-dessus que pour ceux qui penseroient que ce boulet doit se mouvoir éternellement ; mais alors sa force seroit infinie , & il est clair qu'elle ne l'est pas. Un boulet doit nécessairement perdre toute sa force , si ce n'est pas par la rencontre d'un obstacle , ce sera par la résistance du milieu qu'il est obligé de diviser ; ce qui est également conforme à l'expérience & à la raison.

Un corps qui se meut par le mécanisme d'un tourbillon , forme avec le fluide qui circule autour de lui , une masse dont toutes les parties se meuvent ensemble d'un mouvement commun , & qui , pour chaque instant , sont sensiblement en repos les unes par rapport aux autres ; cette masse considérée en elle-même n'a aucune force , & si elle en exerce une contre les obstacles qu'elle rencontre , c'est parce qu'elle est en mouvement relativement à ces obstacles ;

mais parce que ces obstacles sont eux-mêmes en mouvement relativement à la masse dont il s'agit, il s'ensuit que la force de cette masse n'est que relative, & qu'on pourroit dire qu'elle consiste dans la résistance qu'elle oppose aux obstacles qui tendent à détruire son mouvement, ou dans l'effort qu'elle fait pour vaincre ces obstacles : il faut pourtant remarquer que cette masse a un mouvement propre, & que c'est une raison de plus pour dire que c'est elle qui agit contre les obstacles qu'elle rencontre, plutôt que pour dire que ce sont ces obstacles qui agissent contre cette masse.

Une masse ne peut pas se mettre en mouvement d'elle-même, ni se réduire au repos d'elle-même lorsqu'elle est en mouvement; & s'il faut une force pour la mettre en mouvement, il en faudra encore une autre pour la réduire au repos; & si cette masse ne se divise pas, l'obstacle qui tendra à détruire son mouvement, aura à soutenir l'effort de toutes les parties qui la composent, lesquelles exerceront toutes leurs actions en commun contre lui : par exemple, lorsqu'un boulet de canon rencontre une muraille, il la choque de la manière dont nous avons vu que le corps MN

P Q (fig. 8^{me}.) choque l'obstacle X ; la muraille en soutenant l'effort de la partie du boulet qui lui est immédiatement appliquée , soutient l'effort de toute la masse du boulet , & même de l'air qui forme un tourbillon autour de lui , & fait partie de la masse en mouvement.

Peut-être pensera-t-on que dans l'estimation de la force d'un boulet de canon , on ne doit avoir aucun égard à l'air qui forme un tourbillon autour de lui , & qui se meut d'un mouvement commun avec lui , & cela à cause de la pesanteur du boulet , qui est environ six mille fois plus grande que celle d'un volume d'air égal à celui du boulet ; mais il faudroit pour cela ignorer la force avec laquelle l'air condensé dans un fusil à vent , est capable de pousser une balle ; il faudroit ne pas faire attention que le boulet lui-même doit toute sa force à la dilatation d'une vapeur ou à l'action d'un air élastique.

Voyons maintenant en quoi consiste la force d'une masse qui se meut circulairement , & de quelle maniere cette masse exerce sa force : soit donc premièrement une roue qui se meut autour d'un essieu ; cette roue est en repos relativement à elle-même , & n'a aucune

force considérée en elle-même ; mais si cette roue rencontre un obstacle , elle exercera une force contre lui , parcequ'elle est en mouvement par rapport à cet obstacle : supposons donc que cette roue a une partie saillante qui rencontre un obstacle invincible ; il est clair que si cette roue n'est pas mise en pieces , elle perdra tout son mouvement par la résistance de l'obstacle ; & que son action sera d'autant plus forte qu'elle aura plus de masse & de vitesse , sans qu'on doive avoir égard au temps pendant lequel elle agit , temps qui ne peut être que de la plus courte durée : si la masse en mouvement étoit un fluide , ou si elle étoit composée de solides & de fluides qui se meuvent ensemble d'un mouvement commun & circulairement , elle ne perdrait pas son mouvement , ni si facilement , ni si promptement ; son action pourroit donc être d'une plus longue durée.

Avant d'examiner ce dernier cas , considérons une barque qui descend librement le long d'une riviere ; & voyons de quelle façon cette barque , que nous avons si souvent prise pour exemple , se comportera si elle rencontre un obstacle : supposons donc que cette barque rencontre une digue qui l'arrête ; il est

d'abord évident qu'elle choquera cette digue, ou qu'elle exercera contre elle une force vive, qui sera d'autant plus grande qu'elle aura plus de masse & de vitesse : lorsque la barque aura perdu toute sa vitesse ou tout son mouvement, elle agira encore contre la digue, & même l'action qu'elle exercera pourra être regardée comme éternelle ; dans ce cas on n'auroit pas une juste mesure de sa force, si on n'avoit pas égard à la durée de son action ; mais cette action ne sera plus évidemment qu'une simple pression ou une force morte ; donc ce n'est que dans l'estimation de la force morte qu'il faut avoir égard à la durée de l'action.

Supposons maintenant une masse d'eau qui se meut circulairement dans une cuve ou dans le bassin d'un jet d'eau & un corps flottant dans cette eau, & qui se meut d'un mouvement commun avec elle ; si ce corps rencontre un obstacle qui l'arrête, il exercera premièrement contre lui une force vive, qui sera d'autant plus grande qu'il aura plus de masse & de vitesse, & finira par le presser, ou par exercer contre lui une force morte, qui durera tout autant que durera le mouvement circu-

laire de la masse d'eau ; & il est évident que par ce moyen , si on fait abstraction du frottement contre le parois & le fond du vaisseau , l'obstacle détruira peu à peu tout le mouvement de cette masse d'eau : mais si la masse d'eau étoit infinie , son mouvement ne seroit jamais détruit ; l'impulsion qu'elle exerceroit contre ce corps seroit éternelle ; & par conséquent la pression que ce corps exerceroit contre l'obstacle , seroit aussi éternelle : je ne puis faire usage de ces remarques qu'après avoir établi de nouveaux principes.

Si M. de Leibnitz a eu de bonnes raisons pour faire la force vive , celle d'un corps en mouvement , égale au produit de sa masse par le quarré de sa vitesse ; ce Philosophe a été dans l'erreur avec tous ceux qui l'ont précédé & ceux qui sont venus après lui , lorsqu'il a fait la force morte , celle d'un corps qui agit par la seule pesanteur , égale au produit de sa masse par sa vitesse initiale , ou par sa vitesse qu'il tend à acquérir ; laquelle ne doit pas entrer dans l'expression de la force , puisqu'elle n'existe pas encore.

Une quantité qui diminue continuellement devient enfin nulle ; & alors après l'avoir faite égale à zéro , on la

rejette du calcul; mais il seroit assez inutile de supposer infiniment petite ou égale à zéro, une quantité qui est toujours & nécessairement nulle, puisque une pareille quantité ne doit entrer dans aucun calcul; or telle est la vitesse des corps qui agissent par leur seule pesanteur; elle est toujours nulle, & par conséquent elle ne doit pas entrer dans l'expression de leur force; cette vitesse initiale, ou cette tendance des corps au mouvement, est la cause de leur poids ou de leur pesanteur, & par conséquent ce seroit faire un double emploi d'une même chose, si on la faisoit entrer dans l'expression de leur force.

Pour peu qu'on réfléchisse sur la différence qu'il y a entre la pression & la percussion des corps, on voit aisément que ces deux choses sont incomparables; mais ce n'est pas parce que la vitesse dans la pression est infiniment petite, puisqu'alors même son expression & celle de la percussion seroient des quantités homogènes, & par conséquent on pourroit les comparer ensemble; c'est parce que ces deux expressions sont hétérogènes ainsi qu'on le va voir, & qu'on pourroit même le conclure de ce qui précède.

Un corps qui presse un autre corps n'a aucune vitesse, il est donc étrange qu'on ait voulu exprimer sa force par le produit de sa masse & de sa vitesse : nous avons remarqué qu'un corps ou une masse pesante travaille continuellement ; par conséquent la vraie expression de sa force doit être faite égale au produit de sa masse par la durée de son action ; d'où l'on voit que l'on ne sauroit comparer ensemble la pression avec la percussion des corps, puisque cette dernière est égale au produit de la masse par une fonction de la vitesse, & que l'une & l'autre peuvent être infinies chacune dans leur espèce.

Quoique la pression & la percussion aient entr'elles beaucoup de rapport & paroissent être de même nature, ces deux manières d'agir des corps diffèrent en un point essentiel, qui est la durée de leur action, ce qui fait que les effets qui en résultent n'ont rien de commun entr'eux ; pour le comprendre, il suffira de faire attention aux phénomènes qui arrivent dans le choc & la pression des corps.

Soit donc une colonne de pierre élevée verticalement sur la base supérieure, de laquelle on frappera un coup de mar-

teau ; l'action du marteau ne se fera pas sentir par toute la masse de la colonne, ainsi qu'il a été prouvé dans le chapitre second ; mais en revanche il est évident que cette action se fera sentir par la base supérieure de la colonne avec d'autant plus de force, que le marteau aura plus de masse & de vitesse, & cela pour deux raisons : la première, c'est parce que le coup de marteau est d'autant plus fort que sa vitesse est grande ; la seconde, c'est parce que le coup est distribué à un nombre de parties d'autant plus petit que la vitesse du marteau est grande ; ce qui fait voir que les Leibnitiens ont eu raison de faire la force vive ou la percussion, égale au produit de la masse par le quarré de la vitesse.

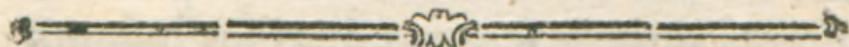
L'action d'une masse pesante que l'on mettra sur la base supérieure de la même colonne, sera toute différente ; elle pressera cette base avec une force constante, & qui durera autant de temps qu'on l'y laissera ; elle parviendra même, de la manière qui a été dite en parlant de la pression des corps, jusqu'à la base inférieure qu'elle pressera de même avec une force constante, & qui durera pendant tout le temps qu'elle pressera la base supérieure ; il est donc évident

que l'action de cette masse doit être faite égale au produit de la masse par la durée de son action.

On déduit facilement, de ce qui précède, l'explication d'un phénomène très-commun, mais dont il me paroît qu'on n'a pas fait connoître la vraie cause; le voici: si l'on pose doucement un marteau sur la tête d'un clou à demi enfoncé dans du bois, la pression du marteau fera bientôt transmise du clou à la pièce de bois, de la pièce de bois au support qui la soutient, & du support à toute la masse de la terre; de manière que si le clou n'a pas été enfoncé dans le premier instant, il ne le fera pas dans les instants suivans; mais si on frappe le clou à coups de marteau, l'action du marteau le fera entrer dans la pièce de bois, non seulement parce qu'elle est forte, mais encore parce qu'elle n'est que momentanée, & que par ce moyen le clou sera choqué sans que la pièce de bois éprouve l'action du marteau, ou au moins, avant qu'elle l'éprouve.

On a cherché long-temps, & on cherche encore, un rapport entre la force vive & la force morte, mais on voit par ce qui précède, que ceux-là perdent leur temps qui s'occupent de cette re-

cherche, ils n'en trouveront jamais aucun, la pression & la percussion étant deux manieres d'agir des corps qui different entr'elles essentiellement : l'action d'un levier n'a rien de commun, ni dans sa maniere d'agir, ni quant à ses effets avec un coup de marteau : l'action d'une pierre en mouvement, qui vient nous frapper à la tête, est toute différente de celle d'une masse pesante que nous portons sur les épaules, & qui nous accable par son poids ; la pierre ne blesse que la tête, la masse pesante se fait sentir jusqu'à la plante des pieds.



C H A P I T R E X V.

Examen du principe général de l'équilibre.

DEUX corps pesants étant suspendus aux deux extrêmités d'un levier, lequel est soutenu dans sa partie moyenne par un point fixe, offrent plusieurs phénomènes qui méritent toute l'attention du physicien : premièrement, il est prouvé par l'expérience que les corps A & B étant suspendus aux extrêmités A & B du levier A C B, (fig. 9) le corps A agit avec d'autant plus de force contre le

corps B, que le bras A C du levier est plus long ; de sorte que s'il est en équilibre avec le corps B, lorsqu'il est placé en A, il l'emportera sur ce même corps & l'équilibre sera rompu s'il est transporté en A : & il en seroit de même du corps B ; la force qu'il exerce contre le corps A, augmenteroit s'il étoit transporté en B : ce phénomène, qui ne me paroît pas avoir assez fixé l'attention des physiciens, est sans doute bien capable de surprendre ceux qui admettent, sans restriction, le principe dont nous avons parlé plus haut (*corpus non agit in distans*) & fait voir clairement que ce principe ne doit s'entendre que de la seule action immédiate des corps.

Nous avons déjà remarqué qu'un corps pouvoit porter son action à de très-grandes distances, sans que cette action souffrît la moindre diminution ; on voit ici quelque chose de plus frappant encore, puisque dans le phénomène que nous considérons, l'action d'un corps contre un autre corps augmente à proportion qu'il s'en éloigne : qui oseroit maintenant assurer que ce n'est pas par une cause mécanique que les astres agissent les uns sur les autres.

Un second phénomène qui mérite

d'être observé, est celui-ci; dans le cas d'équilibre, le point fixe ne soutient jamais qu'un poids égal à la somme des poids des corps A & B, soit que ces corps soient proches, soit qu'ils soient éloignés de ce point, quoiqu'il paroisse que leur force augmente à proportion de leur éloignement de ce même point.

Un troisième phénomène qui mérite aussi beaucoup d'attention à cause de son utilité, est que les corps A & B sont en équilibre toutes les fois que leurs masses sont en raison inverse de la longueur des bras A C, B C du levier auquel ils sont suspendus, c'est-à-dire, toutes les fois qu'on a A multipliant A C égale B, multipliant B C : c'est-là le principe général de l'équilibre, dont il importe de chercher la cause.

Pour l'explication de ce principe, les mécaniciens ont supposé la force ou la quantité d'action des corps en équilibre, égale au produit de leur masse par la vitesse qu'ils tendent à acquérir, & qu'ils auroient, disent-ils, s'ils étoient libres de se mouvoir : ainsi en faisant la masse du corps A égale M, sa vitesse égale V; la vitesse du corps B égale M, sa vitesse égale V; ils ont E V, M V pour exprimer la force de A, & M V pour exprimer

mer celle de B ; & parce que , en temps égaux , les espaces sont comme les vitesses ils ont substitué E , espace que parcourroit le corps A , à sa vitesse V , & E , espace que parcourroit le corps B , à sa vitesse V ; & ils ont E V pour l'expression des forces de A & de B , M E , M E respectivement , & pour l'expression de l'équilibre M E égale M E.

Quoique ce principe , qui fait le fondement de toute la mécanique , s'accorde avec l'expérience , & soit , par cette raison , suffisante pour conduire un artiste dans ses travaux , il n'en est pas moins absurde & digne d'occuper une place dans l'histoire des erreurs de l'esprit humain ; en effet , cette formule est l'expression du phénomène , mais elle n'en fait pas connoître la cause , & est , par cette raison , bien éloignée de contenter un physicien ; car enfin c'est contre toute vraisemblance qu'on assure que deux corps en équilibre , tendent à acquérir des vitesses proportionnelles à la longueur des bras du levier auxquels ils sont suspendus , & que leurs vitesses seroient effectivement dans ce rapport s'ils étoient libres de se mouvoir ; il est manifeste que c'est tout le contraire , c'est-à-dire , que c'est parce qu'ils ne sont pas libres de

se mouvoir ; que leurs vîteses sont proportionnelles à la longueur des bras du levier auxquels ils sont suspendus , & que s'ils n'étoient pas gênés par la circonstance où ils se trouvent , ou qu'ils fussent entièrement libres de se mouvoir , ils auroient l'un & l'autre une égale vîtesse : d'ailleurs si la vîtesse , devoit entrer dans l'expression de la force de ces corps , la charge du point fixe seroit plus grande que la somme des poids de ces corps ; ce qui est contre l'expérience.

Deux corps suspendus aux deux extrémités d'un levier , & en équilibre autour d'un point fixe , sont dans le même cas que s'ils étoient portés par un support , ils n'ont aucune vîtesse ; il seroit donc ridicule de supposer leur force égale au produit de leur masse par leur vîtesse : nous avons vu que la vraie expression des corps qui agissent par leur seule pesanteur , devoit être faite égale au produit de leur masse par la durée de leur action ; & il est aisé de voir , dans le cas présent , que la durée de l'action que ces corps exercent l'un sur l'autre , est proportionnelle à la longueur des bras du levier auxquels ils sont suspendus : pour s'en convaincre , qu'on fasse attention

que l'action que ces corps exercent, n'est pas portée en un instant jusqu'au point fixe qui soutient le levier, & que lorsqu'elle y est parvenue, elle devient nulle relativement à l'action mutuelle qu'ils exercent l'un contre l'autre; la durée de cette action doit donc être comptée depuis le moment qu'ils agissent sur l'extrémité du levier auquel ils sont suspendus, jusqu'à celui auquel cette action est portée jusqu'au point fixe: d'où il suit évidemment que cette durée est proportionnelle à la longueur des bras du levier: donnons plus d'étendue à cette explication.

Les leviers doivent être considérés comme des moyens ou des instruments destinés à porter l'action d'un corps jusqu'à un autre corps; il importe donc de connoître de quelle manière ils s'acquittent de cette fonction; or, quoiqu'on les suppose communément, pour plus de simplicité, inflexibles & sans pesanteur, rien ne nous empêche de les supposer flexibles: cela posé, si on suppose aussi que l'action de la pesanteur consiste dans des coups réitérés, dans des intervalles de temps égaux, il est clair qu'à chaque coup dont la pesanteur frappera les corps A & B, les bras du levier

auxquels ils sont suspendus, seront fléchis successivement depuis leur extrémité jusqu'au point fixe : or quoique l'action de la pesanteur soit continue, & que les bras du levier soient inflexibles, il est évident que les choses ne peuvent pas se passer d'une manière différente, car si les corps A & B qui éprouvent cette action, la transmettoient en un instant jusqu'au point fixe, elle ne seroit pas soutenue par les divisions intermédiaires du levier, ce qui est contraire à l'expérience.

Voici donc la seule manière de concevoir de quelle façon les choses se passent : le poids ou l'action du corps A, soutenue par le bras du levier A C, est transmise au premier instant par la division 1 à la division 2 ; au second instant, par la division 2 à la division 3 ; au troisième instant, par la division 3 à la division 4 ; au quatrième instant, par la division 4 au point fixe ; & parce que cette action se renouvelle à chaque instant, il est clair qu'à chaque instant, chaque division du levier, aussi bien que le point fixe, doivent soutenir un poids égal au poids du corps A : pareillement l'action du corps B, soutenue par le bras B C du levier, est transmise au premier

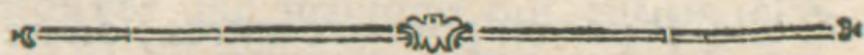
instant par la division 6 à la division 5 ; au second instant , par la division 5 au point fixe ; & par conséquent chaque division du levier B C & le point fixe doivent soutenir à chaque instant un poids égal au poids du corps B ; donc le point fixe doit soutenir à chaque instant un poids égal à la somme des poids des corps A & B , sans que la charge de ce point puisse augmenter , quelle que soit la longueur des bras du levier.

A l'égard de l'action mutuelle que ces corps exercent l'un contre l'autre , il faut faire attention qu'elle est dirigée de bas en haut , ou que chacun de ces corps tend à soulever celui qui lui est opposé ; cette action est donc différente de celle qu'ils exercent contre le point fixe , laquelle est dirigée de haut en bas ; & par conséquent on ne doit pas être surpris si elles ne dépendent pas d'une même cause , ou mieux , si cette cause , qui est la pesanteur , se trouve différemment modifiée pour produire ces deux effets : l'action que ces corps exercent l'un sur l'autre est donc visiblement proportionnelle à leur poids , & à la durée de leur action , laquelle est proportionnelle à la longueur des bras du levier auxquels ils sont suspendus ; parce que chacun de ces

corps soutient l'action de l'autre pendant tout le temps que cette action met pour parvenir depuis l'extrémité du levier, auquel il est suspendu, jusqu'au point fixe; donc si les poids de ces corps sont en raison inverse des bras du levier auxquels ils sont suspendus, ils seront en équilibre.

Les formules $M \dot{V}$, égale $M V$, ou $M E$, égale $M E$, ne sont donc que l'expression du phénomène de l'équilibre, ainsi que nous l'avons dit; elles nous apprennent seulement que, lorsque deux corps suspendus aux deux extrémités d'un levier viennent à se mouvoir, leurs vitesses sont entr'elles comme la longueur des bras du levier auxquels ils sont suspendus, ou que les espaces qu'ils parcourent sont dans le même rapport; mais elles ne font pas connoître le moment, ou la quantité d'action de ces corps; pour exprimer cette quantité d'action, il faut faire la durée de l'action du corps A égale T ; la durée de l'action du corps B égale T , leur quantité d'action sera représentée respectivement par $M T$, $M T$; & l'expression de l'équilibre sera $M T$, égale $M T$: formule qui ne doit surprendre personne, puisqu'on fait que dans le jeu des machines, on ne gagne

du côté de l'effet, qu'à proportion que l'on perd du côté du temps, & qui fait voir quelle est la raison pour laquelle l'action d'un corps qui agit sur un autre corps par le moyen d'un levier, augmente à proportion que la longueur du levier, ou la distance qui l'en sépare, augmente.



C H A P I T R E X V I.

Réflexions sur le mouvement perpétuel.

L'AMOUR de la gloire, le desir d'être utile à la société, & l'appas d'une récompense promise à celui qui feroit la découverte du mouvement perpétuel, ont engagé plusieurs physiciens à s'occuper de cette recherche; mais leurs travaux sur cette matiere ont été inutiles jusqu'ici, & le seront vraisemblablement toujours: ce n'est pas que le mouvement perpétuel soit impossible, nous en avons plusieurs exemples dans les cieux; mais celui que l'on demande & qui consisteroit dans une machine mécanique qui pût se mouvoir par elle-même éternellement, est-il possible.

Soit une sphere solide qui se meut au;

tour d'un de ses axes, si on supposoit qu'elle n'éprouve aucune espece de résistance, il semble qu'elle devroit se mouvoir éternellement; en effet, cette sphere est en repos relativement à elle-même, & parce que chacune des parties qui la composent doit d'elle-même persévérer éternellement dans l'état de repos où elle est par rapport aux autres, on ne voit pas que cette sphere dût jamais cesser de se mouvoir, & c'est la raison pour laquelle nous avons dit que le mouvement circulaire étoit éternel par sa nature; mais cela n'est vrai que dans la spéculation, il faut supposer que cette sphere n'éprouve aucune espece de résistance; ce qui est impossible, parce qu'on ne peut pas supposer qu'elle se meut dans le vuide, son mouvement seroit alors imaginaire; & si elle se meut dans un milieu, tôt ou tard la résistance du milieu la réduira au repos.

Soit une roue qui se meut autour d'un essieu, & supposons qu'on ait trouvé le moyen de rendre nul l'effet du frottement de l'essieu, contre les yeux de la chasie, dans lesquels il tourne, aussi bien que la résistance de l'air & tous les obstacles qui peuvent détruire son mouvement; cette roue seroit alors un mou-

vement perpétuel , mais qui ne seroit pas d'une aussi grande utilité qu'on pourroit l'imaginer , destinée à mouvoir d'autres corps ou des machines , elle en éprouveroit une résistance qui la réduiroit bientôt au repos ; il faudroit donc , pour remplir les vœux de ceux qui aspirent à la découverte du mouvement perpétuel , trouver une machine qui eût en elle-même un principe moteur qui la mît en état de vaincre , non seulement la résistance des obstacles qui peuvent s'opposer à son mouvement , mais encore qui la rendît capable de mouvoir d'autres corps ou d'autres machines , sans perdre son propre mouvement , ce qui seroit le suprême degré de perfection de la mécanique , si toutes fois cette question est de son ressort.

Si le système solaire se meut perpétuellement , si la machine des animaux , qu'on peut regarder comme un mouvement perpétuel , est dans le même cas , c'est parce que ces corps ont en eux-mêmes un principe moteur , de la connoissance duquel nous sommes fort éloignés , & qui est vraisemblablement inimitable : quelque soit la maniere d'agir de ce principe moteur , il en résulte une production de mouvement , & nous avons

vu que la production du mouvement n'appartient qu'à Dieu seul.

Nous devons donc renoncer à l'espérance , non seulement de pouvoir atteindre au degré de perfection que la nature met dans ses opérations , mais encore d'en approcher ; & quoique nos connoissances soient très-bornées , & notre pouvoir limité , nous ne sommes pas en droit de nous plaindre , nous devons au contraire nous féliciter des secours abondants que nous avons entre les mains : sans parler de notre propre force , celle des animaux & de tous les agents naturels font à nos ordres , il ne dépend que de nous d'en faire usage : d'ailleurs le mouvement d'une roue qui tourne par l'impulsion de l'eau d'une riviere ou du vent , ne peut-elle pas être regardée comme un mouvement perpétuel , n'en a-t-elle pas tous les avantages.

L'unique soin d'un Mécanicien doit se borner à éviter ou diminuer les obstacles qui peuvent s'opposer au mouvement des corps , & à l'effet des machines dont il fait usage pour parvenir à ses fins ; & parce qu'on trouve dans les ouvrages de mécanique une foule de moyens pour cela , & que je ne suis pas dans le dessein de donner un traité
de

de mécanique; je me contenterai de placer ici quelques réflexions.

J'ai déjà prouvé que la pression & l'impulsion étoient des moyens plus convenables pour mettre un corps en mouvement, & sur-tout pour le conserver dans cet état, que le choc ou la percussion: ici il importe de remarquer qu'une impulsion uniforme qui ne diffère pas de la pression, suivant la définition que j'en ai donnée, est le meilleur moyen que nous ayons pour mouvoir une machine, & en même temps les corps que cette machine doit mettre en mouvement: on fait en effet que la vitesse d'une roue de moulin qui se meut par l'impulsion de l'eau s'accélère de plus en plus, & qu'elle ne devient uniforme que lorsque cette roue a fait quatre ou cinq tours; d'où il suit qu'il y a dans ce premier moment une partie de la force de l'eau qui est en pure perte; & il est clair que si l'action de l'eau étoit tantôt plus, tantôt moins grande, la vitesse de la roue augmenteroit & diminueroit alternativement; mais cette vitesse après avoir diminué, ne pourroit pas augmenter sans qu'il y eût une partie de la force de l'eau de perdue, d'où il est facile de conclure qu'une

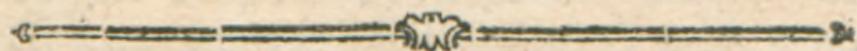
242. *Essai sur le Mouvement* ;
impulsion continue & uniforme est la plus avantageuse de toutes.

Cette perte de force est sur-tout considérable, lorsqu'on emploie des hommes pour mouvoir une machine, parce que leur action ne sauroit être continue & encore moins uniforme ; c'est pourquoi je conseillerois de faire usage de l'impulsion de l'eau toutes les fois que la chose est possible, parce qu'il est facile de maîtriser son mouvement & de le rendre uniforme : dans les endroits où l'eau n'est pas assez abondante, & dans ceux qui manquent d'eau vive, comme dans les lieux bas, où les rivières & les ruisseaux ont peu de pente, on pourroit encore faire usage de l'impulsion de l'eau en s'y prenant de la manière suivante : il suffiroit pour cela d'avoir un bassin plein d'eau, à laquelle, par le jeu des rames, on imprimeroit un mouvement circulaire, que l'on pourroit continuer tout aussi long-temps que l'on voudroit ; il n'est pas douteux que par ce moyen on pourroit donner à une masse d'eau une vitesse uniforme & assez grande pour mouvoir des tours, des roues de moulin, &c. sur-tout si on donnoit au bassin la forme représentée (fig. 10^{me}.) on voit aisément qu'il faudroit placer les

roues dans les endroits les plus étroits en A A , & établir le jeu des rames en B B.

Le mouvement d'une masse d'eau qui se meut circulairement dans un vaisseau dont les parois sont bien unis , se soutient très-long-temps ; ce qui prouve qu'elle perd peu de sa vitesse par la résistance que lui opposent ces mêmes parois ; & que tout son mouvement seroit employé à mouvoir les machines que l'on exposeroit à son action : on voit aisément que ce mécanisme réussiroit mieux en grand qu'en petit : on pourroit en faire l'essai dans le bassin d'un jet-d'eau.





C H A P I T R E X V I I .

PROPOSITION HUITIEME.

Il existe dans la nature un fluide subtil capable de faire graviter les corps vers le centre de la terre avec une force proportionnelle à leur masse.

NON seulement les corps se meuvent dans des milieux, c'est-à-dire, dans des masses fluides, mais encore ils sont pénétrés par un fluide subtil qui occupe leurs pores, ou les interstices que laissent entr'elles les molécules qui les composent; or tous ces fluides sont nécessairement participants aux mouvements des corps, & réciproquement: mais pour avoir une juste idée du rôle qu'ils jouent, ou de la manière qu'ils se comportent dans le mouvement des corps, il faudroit connoître quelques-unes de leurs propriétés, & les diverses especes de mouvement qui leur sont propres; & c'est de cette recherche que je suis dans le dessein de m'occuper dans la suite, pour revenir ensuite sur mes pas, & traiter de rechef la plupart des questions

précédentes , qui n'ont pu l'être que très-imparfaitement par la disette de principes suffisants : dans ce chapitre-ci , après avoir dit quelque chose sur l'existence d'un fluide qui pénètre tous les corps , je ferai connoître les effets dont cette seule propriété le rend capable.

Il seroit assez inutile de m'arrêter longtemps à prouver qu'il existe dans la nature un fluide assez subtil pour pénétrer tous les corps , puisque cette vérité a été reconnue dès la plus haute antiquité ; & que la présence & l'énergie de ce fluide sont attestées par tous les phénomènes : s'il s'est trouvé quelques Physiciens qui l'ont regardé comme un agent inutile , il s'en est vu d'autres qui l'ont regardé comme un agent universel , & qui avoit le plus de part à tous les phénomènes de la nature ; il est vrai que si ce fluide étoit aussi rare qu'on le prétend , il ne paroît pas qu'il pût produire de grands effets ; mais cela seroit contraire à l'expérience , qui prouve que le tonnerre agit souvent à la manière des solides , c'est-à-dire , qu'il brise & renverse tout ce qui se trouve sur son passage ; mais le tonnerre n'est autre chose que ce même fluide ; & il est clair que si la matiere du tonnerre n'étoit

qu'une matiere extrêmement rare , en la multipliant par le quarré de sa vîtesse , laquelle est peut-être moins grande que celle d'un boulet de canon , on n'auroit pas l'expression d'une force capable de produire de pareils effets : on doit en dire autant de la matiere électrique , qui est encore la même chose que ce fluide ; la commotion & plusieurs autres phénomènes de l'électricité prouvent sa densité en même temps que son énergie.

On a vu plusieurs Physiciens attribuer à ce fluide , exclusivement à toute autre matiere , le mouvement & la pesanteur des corps , mais ce n'a pu être qu'un soupçon de leur part ; ils ne connoissoient pas assez la maniere d'agir des fluides en général , pour comprendre l'efficacité de celui-ci. Tant qu'on a pensé que des fluides grossiers , tels que l'eau & l'air agissoient sur toutes les molécules d'une masse soumise à leur action , il n'étoit pas possible d'appercevoir la vraie maniere d'agir du fluide dont il est ici question ; mais j'ai fait voir que des fluides assez grossiers , pour ne pas pénétrer dans l'intérieur d'une masse , n'exerçoient leur action que sur la surface de cette masse , ou sur les molécules qui composent cette surface ; ce qui

suffit pour faire voir l'avantage immense qu'a sur de tels fluides celui dont nous parlons ; puisqu'il devient évident qu'en pénétrant intimément une masse, il peut exercer son action sur toutes les molécules qui la composent.

Si ce fluide peut exercer son action sur toutes les molécules qui composent une masse, il est clair qu'il peut la mettre en mouvement, ou, si elle en est empêchée par un obstacle, lui donner une tendance au mouvement, & même que cette tendance doit être proportionnelle à sa masse ; par conséquent on ne doit pas chercher ailleurs la cause de la pesanteur des corps : on fait assez que c'est dans l'action de ce fluide que M. Descartes l'avoit cherchée ; mais il n'étoit pas nécessaire pour cela de faire circuler rapidement autour de la terre, ou de le supposer divisé en une infinité de petits tourbillons, ainsi que l'ont fait ce Philosophe ou ses partisans ; il suffiroit de lui supposer la même tendance vers le centre de la terre que dans les corps pesans eux-mêmes.

On doit ici faire attention que ce fluide ne sauroit faire graviter les corps vers le centre de la terre avec une force proportionnelle à leur masse, s'il avoit

une vitesse acquise ; parce qu'alors il ne sauroit exercer une force égale sur toutes les molécules qui composent les corps pesants ; étant évident que les molécules supérieures d'un corps pesant ralentiroient cette vitesse ; & par conséquent qu'il agiroit avec moins de force sur les molécules inférieures que sur les supérieures ; parce qu'il est nécessaire que ce fluide éprouve de la résistance de la part du corps pesant, puisque sans cela il ne feroit aucune impression sur lui.

Il est vrai qu'en attribuant la pesanteur des corps à un fluide subtil, qui ne leur donne une tendance vers le centre de la terre, que parce qu'il a lui-même une pareille tendance ; on ne fait que transférer la difficulté, puisqu'il reste à faire connoître la cause pour laquelle ce fluide a cette tendance : quoiqu'il en soit, en attendant cette heureuse découverte, voici des phénomènes qui me font penser que c'est ce fluide qui tend premièrement & principalement vers le centre de la terre ; ou, si l'on veut, qui est attiré par la terre.

1°. On sait que le fluide électrique, qui est vraisemblablement la même chose que la matière du tonnerre, tend à se porter vers la terre ; mais le fluide dont

nous parlons, ne diffère pas, au moins sensiblement, du fluide électrique & de la matière du tonnerre; donc il doit avoir la même tendance. Si on fait attention que ce fluide, lorsqu'il est diffusé dans l'atmosphère, doit être embarrassé ou empâté par l'air, parce qu'il ne sauroit se mouvoir sans l'entraîner avec lui; on comprendra qu'il doit se porter vers les corps dans l'intérieur desquels son mouvement est plus libre, & par conséquent se porter vers le centre de la terre.

2°. Pour peu qu'on y fasse attention, il est aisé de s'appercevoir que dans les attractions & répulsions, soit magnétiques, soit électriques; le fluide qui forme l'atmosphère, ou qui est logé dans les pores de l'aiman ou des corps électrisés, est premièrement attiré ou repoussé; & que c'est à l'action qu'est dû le mouvement des corps que l'on soumet à ces expériences; donc, s'il est permis d'en juger par l'analogie, c'est le fluide subtil logé dans les pores des corps pesants, qui est attiré par la terre, ou qui a une tendance vers son centre.

3°. Nous avons remarqué, lorsqu'il a été question de la pression des corps, produite par la seule pesanteur que la pression

des corps supérieurs, A A H H (fig. 6^{me.}) n'étoit pas portée en un instant jusqu'au support X; & nous en avons conclu qu'elle n'y étoit pas portée par le moyen des corps solides intermédiaires, qui ne pouvant pas se mouvoir séparément les uns des autres, étoient incapables de se transmettre cette action successivement des uns aux autres; & cela est très-vrai, de quelque manière que l'on conçoive que la pesanteur agit; c'est-à-dire, soit que son action consiste dans des coups réitérés à chaque instant, ou dans une impulsion continue; il ne reste donc qu'à chercher la cause de la pesanteur de la masse P Q dans le fluide qui en occupe les pores; & pour cela, il suffit de supposer que A A H H C C D D V V, représentent des tranches de ce fluide; & on verra que les pressions des tranches supérieures se réuniront toutes à chaque instant dans la seule tranche V V, qui pressera elle-même à chaque instant le support X avec un nombre de degrés de force égale au nombre des tranches, ainsi qu'il a été dit en parlant de la pression des fluides.

Il est donc clair, que si la pesanteur des corps dépend de la cause que je viens d'indiquer, elle doit être proportion-

nelle à leur masse ; & on voit sans peine qu'elle doit suivre la raison inverse du quarré des distances ; & que cette cause peut étendre son action jusqu'à la lune , dont la gravitation vers le centre de la terre me paroît venir d'une cause différente de celle qui fait graviter les planettes vers le soleil : on peut voir ce que j'ai dit sur cet objet , chapitre 7^{me}.

On a objecté contre l'explication des Carthésiens (a) que , si la pesanteur venoit de l'impulsion , elle seroit égale à l'action du fluide qui la produiroit : or c'est un fait dont les Carthésiens conviennent , que les fluides agissent en raison des surfaces des corps qui leur font obstacle ; donc la pesanteur , si elle venoit de l'impulsion , suivroit la proportion des surfaces ; & une certaine masse d'or ou de plomb peseroit plus étant divisée en petites parcelles , qu'avant sa division , ce qui est contraire à l'expérience.

Je ne m'arrêterai pas long-temps à refuter cette objection , qui fait voir que , ni les Carthésiens , ni les Newtoniens n'ont jamais connu la vraie maniere d'agir des fluides en général , & en particulier de celui auquel j'attribue la pe-

(a) Instit. neut. de Sig. u. 45.

lanteur des corps : on voit par tout ce qui précède , que ce fluide exerce une force égale sur chacune des molécules qui composent une masse pesante , & qu'il exercera de même une force égale sur chacune des molécules qui composeront les parcell s dans lesquelles on aura divisé cette masse ; donc cette masse doit peser autant , avant qu'après avoir été divisée.

Mais si cette masse éprouvoit un changement considérable dans le tissu de ses parties , ou si les principes qui la composent étoient altérés au point qu'elle changeât de nature , il pourroit se faire qu'elle donnât alors plus ou moins de prise à l'action de la pesanteur , qu'elle n'en donnoit avant ce changement ; & par conséquent qu'elle pesât plus ou moins qu'auparavant , sans qu'il y eût addition ou soustraction de matiere : l'exemple des chaux métalliques , qui pesent plus que le métal dont elles ont été tirées , semblent en fournir une preuve.

Pour l'explication de ce phénomène on a dit que , pendant la calcination du métal , le phlogistique en étoit précipité par l'air qui , en se condensant , s'unissoit à la chaux métallique , & s'y ac-

cumuloit en assez grande quantité pour en augmenter le poids ; mais cette augmentation de poids est trop considérable , & les expériences qu'on a faites , & qu'on apporte en preuve de cette assertion , ne sont pas assez décisives , pour ne pas permettre de douter des conséquences qu'on a tirées.

Ce qui fait qu'on cherche la cause de l'augmentation de poids des métaux calcinés , dans une matiere qui s'unit à leur chaux , c'est parce qu'on pense que dans tous les cas , la masse ou la quantité de matiere que contient un corps est proportionnelle à son poids : par exemple , on est persuadé qu'il n'y a ni plus ni moins de matiere dans une livre d'or que dans une livre d'eau , de cire , &c. & que si l'eau pese moins que l'or. sous le même volume , c'est parce que les molécules d'une masse d'or sont plus rapprochées que celles d'une masse d'eau ; ce rapprochement des molécules dont est composé un corps , est ce qu'on appelle sa densité , qui ne peut être que relative , & est exprimée par le rapport du poids au volume : par exemple , on fait qu'il faut un volume d'eau dix-neuf fois plus grand qu'un volume donné d'or , pour que le volume d'eau pese autant

que le volume d'or ; donc si on veut comparer la densité de l'eau à celle de l'or , on trouvera , lorsque les poids sont égaux , que la densité de l'or est à celle de l'eau en raison inverse de leur volume , ou comme dix-neuf est à un.

Quoique ce principe soit généralement reçu par tous les Physiciens , je crois avoir de fortes raisons pour le révoquer en doute ; & pour penser que la cire , les gommés , les résines , &c. contiennent beaucoup plus de matière qu'on ne pourroit le conclure par le rapport de leur poids à leur volume. Il me semble que ce principe suppose l'homogénéité de la matière ; car s'il existe dans l'univers des matières hétérogènes , pourquoi voudroit-on qu'elles fussent toutes également pesantes lorsqu'elles sont en égale quantité , ou , ce qui est la même chose , pourquoi leur poids seroit-il la mesure de cette quantité : le poids d'une masse nous apprend bien la quantité de matière propre qu'elle contient , mais non pas la quantité de matière en général qu'elle renferme : nous savons qu'une masse d'or pèse dix fois plus que la dixième partie de cette masse ; qu'une masse d'eau pèse quinze fois plus que la quinzième partie de cette masse ; mais nous

ignorons si une livre d'or contient plus, moins ou autant de matiere qu'une livre de cire.

Si le fluide dont nous parlons a beaucoup de part à tous les grands phénomènes de la nature, il participe de même à toutes les fonctions de l'économie animale; sous le nom de fluide nerveux ou d'esprits animaux, il semble que c'est lui qui met en jeu tous les ressorts qui composent la machine des animaux; il seroit donc bien intéressant de connoître sa maniere d'agir, & de quelle façon il coopere aux phénomènes que présentent les animaux: je ne dirai qu'un mot sur cette matiere.

Je ne pense pas qu'on doive regarder les nerfs comme des canaux dans lesquels le fluide nerveux puisse se mouvoir; je suis persuadé que les gaines, les enveloppes & membranes qui paroissent être le résultat du développement des extrêmités nerveuses, sont des barrières que les esprits animaux ne peuvent franchir, au moins avec facilité; parce que s'ils sont d'une subtilité étonnante, ces productions des nerfs sont d'un tissu extrêmement serré, & cela est nécessaire pour assujettir ces esprits à un mouvement réglé: je pense d'ail-

leurs que les esprits animaux font partie de la masse du sang & des humeurs auxquels il sert de véhicule, & avec lesquels il se meut d'un mouvement commun; de maniere que le sang qui se meut par l'impulsion du cœur & des arteres l'entraîne avec lui: mais d'un autre côté, ces esprits peuvent recevoir d'ailleurs une impulsion; ils sont soumis à la volonté, & se meuvent aussi souvent sans la participation de la volonté, à l'occasion d'une impression faite sur les sens; & alors ils peuvent solliciter le sang & les humeurs à se mouvoir indépendamment de l'impulsion du cœur & des arteres: on voit aisément par ce qui a été dit sur sa maniere d'agir combien son action doit être efficace.

F I N.

ERRATA.

Pag.	Lig.	F A U T E S.	CORRECTIONS.
viiij	18	à ajouter foï	à ajouter.
15	30	ne le font pas toutes	le font toutes.
24	22	cas, puisqu'elle	cas; & puisqu'elles
63	24	un courant infini	un cours infini.
89	8	une qualité	une quantité.
90	7	même force	moindre force.
181	14	} Fig. 4e.	} Fig. 5e.
193	30		
194	12		
203	14	tranche qui	tranche VV qui.
ibid.	21	de la tranche H	de la tranche FF.
236	9	MV égale MV	MV égale m u.
ibid.	10	ME égale ME	ME égale m e.
ibid.	28	MT égale MT	M.T égale m t.

Dans les chapitre 12, 13 & 14e. il faut lire par-tout BB au lieu de HH.

Les tranches du fluide, représentées Fig. 5e, sont censées situées les unes au-dessus des autres; la tranche a a est la plus haute, u u la plus basse.

E R R A T A

Page	Line	Correction
1	1	
1	2	
1	3	
1	4	
1	5	
1	6	
1	7	
1	8	
1	9	
1	10	
1	11	
1	12	
1	13	
1	14	
1	15	
1	16	
1	17	
1	18	
1	19	
1	20	
1	21	
1	22	
1	23	
1	24	
1	25	
1	26	
1	27	
1	28	
1	29	
1	30	
1	31	
1	32	
1	33	
1	34	
1	35	
1	36	
1	37	
1	38	
1	39	
1	40	
1	41	
1	42	
1	43	
1	44	
1	45	
1	46	
1	47	
1	48	
1	49	
1	50	

W2260 C444 e 1785
 0922M

Fig. 3.

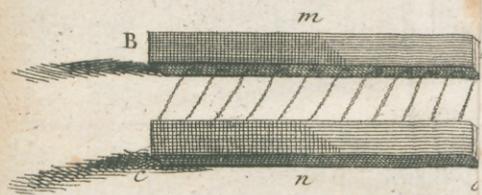


Fig. 2.

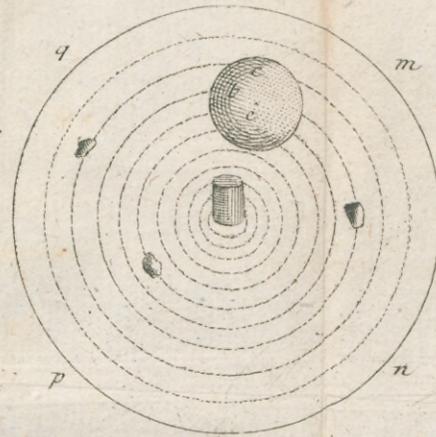


Fig. 7.

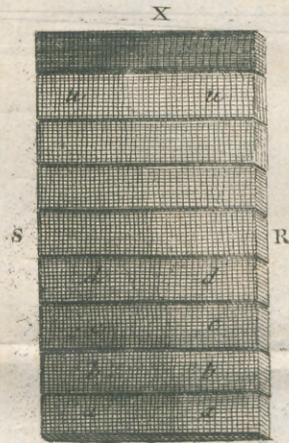


Fig. 6.



Fig. 5.

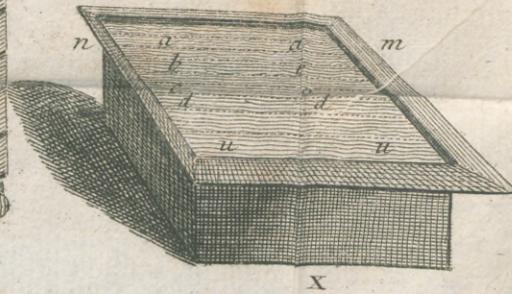


Fig. 1.

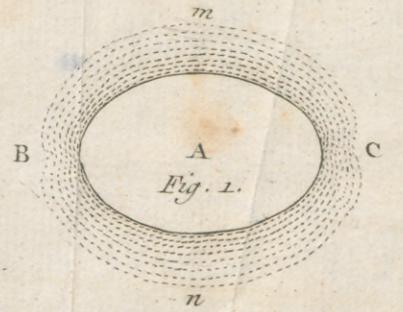


Fig. 4.

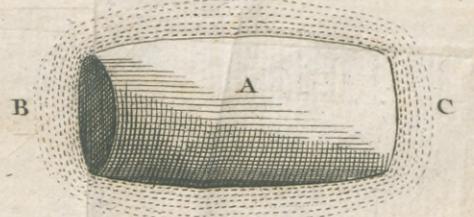


Fig. 10.

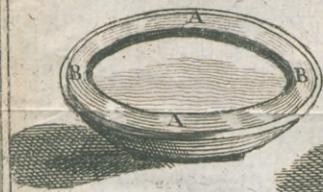
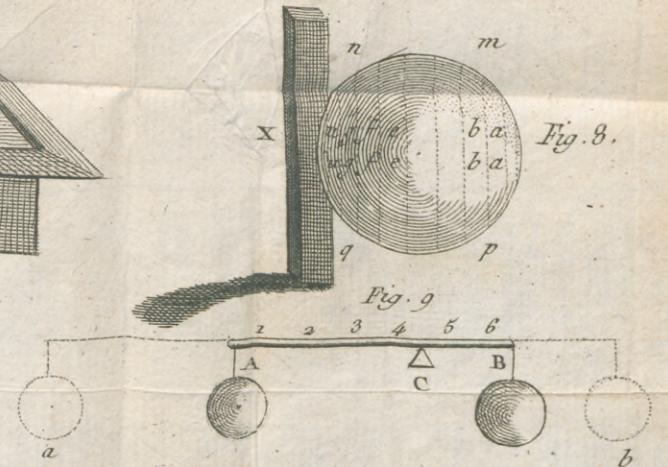


Fig. 9.





1276







