

Fig. 56

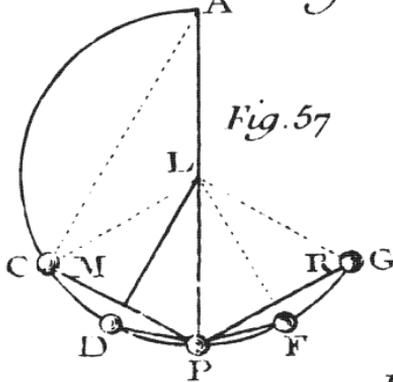


Fig. 57

Fig. 59

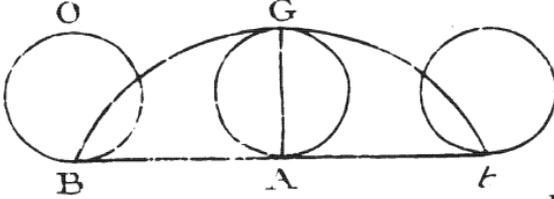


Fig. 61

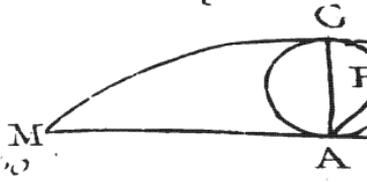


Fig. 60

Fig. 65

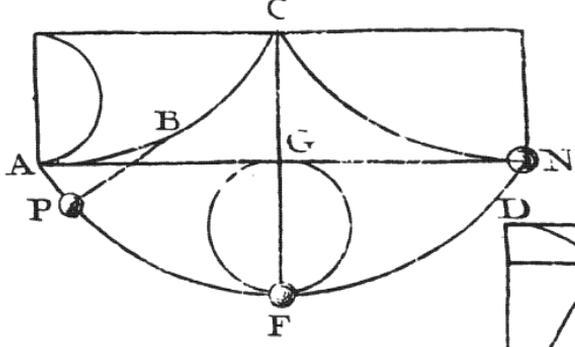
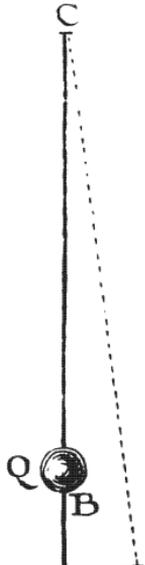
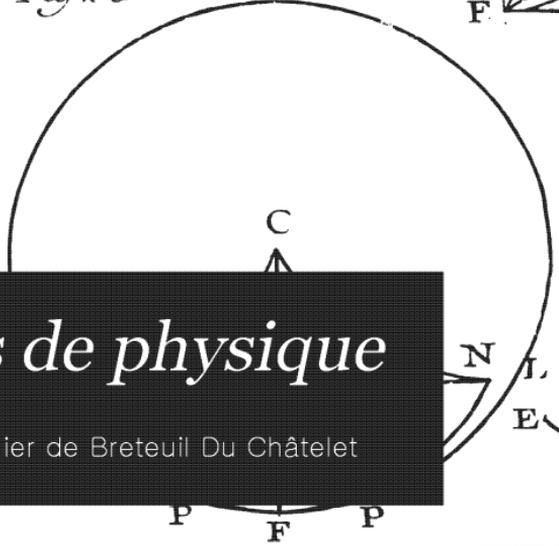
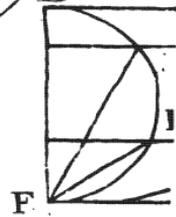


Fig. 63



Institutions de physique

Gabrielle-Émilie Le Tonnelier de Breteuil Du Châtelet

P F P



Junguorth del. et Sc. M.

Pour Monsieur Clairaut

Delapart de Madame La Marquise

Duchastelle

Handwritten scribbles at the top of the page.

Handwritten numbers: 8, 57, 71.

<36619799570013

<36619799570013

Bayer. Staatsbibliothek

Phys. gen. 221
56

(per la Marquise de Chatelet.)

Physica. Systemata & methodi
155.

R

INSTITUTIONS
DE
PHYSIQUE.

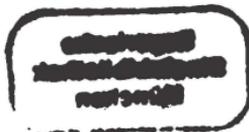


INSTITUTIONS
DE
PHYSIQUE.



A PARIS;
Chez **PRAULT** fils, Quai de Conty, vis-à-vis la
descente du Pont-Neuf, à la Charité.

M. D C C. X L.
Avec Approbation & Privilège du Roi.



AVERTISSEMENT

DU LIBRAIRE.

CE premier Tome des *Institutions de Physique* étoit prêt à être imprimé dès le 18. Septembre 1738. comme il paroît par l'Approbation, & l'Impression en fut même commencée dans ce temps-là ; mais l'Auteur ayant voulu y faire quelques changemens, me la fit suspendre ; ces changemens avoient pour objet la *Métaphysique* de M. de Leibnits, dont on trouvera une Exposition abrégée au commencement de ce Volume. *

T A B L E

DES CHAPITRES,

Contenus en ce Volume.

A V A N T - P R O P O S .	pag. 1.
CHAP. I. <i>Des Principes de nos Connoissances.</i>	15.
CHAP. II. <i>De l'Existence de Dieu.</i>	38.
CHAP. III. <i>De l'Essence, des Attributs & des Modes.</i>	54.
CHAP. IV. <i>Des Hypotheses.</i>	74.
CHAP. V. <i>De l'Espace.</i>	90.
CHAP. VI. <i>Du Tems.</i>	113.
CHAP. VII. <i>Des Elemens de la Matière.</i>	144.
CHAP. VIII. <i>De la Nature des Corps.</i>	152.
CHAP. IX. <i>De la Divisibilité & Subtilité de la Matière.</i>	179.
CHAP. X. <i>De la Figure & de la Porosité des Corps.</i>	200.
CHAP. XI. <i>De Mouvement, & du Repos en général, & du Mouvement simple.</i>	215.
CHAP. XII. <i>Du Mouvement composé.</i>	243.
CHAP. XIII. <i>De la Pesanteur.</i>	255.
CHAP. XIV. <i>Suite des Phénomènes de la Pesanteur.</i>	273.
CHAP.	

CHAP. XV. Des Découvertes de M. Newton sur la Pesanteur.	288.
CHAP. XVI. De l'Attraction Newtonienne.	315.
CHAP. XVII. Du Repos, & de la Chute des Corps sur un plan incliné.	335.
CHAP. XVIII. De l'Oscillation des Pen- dules.	354.
CHAP. XIX. Du Mouvement des Projectiles.	387.
CHAP. XX. Des Forces Mortes, ou Forces Pressantes, & de l'Equilibre des Puissances.	398.
CHAP. XXI. De la Force des Corps.	412.

INSTITUTIONS



INSTITUTIONS DE PHYSIQUE.

AVANT-PROPOS.

I.



Il a toujours pensé que le devoir le plus sacré des Hommes étoit de donner à leurs Enfans une éducation qui les empêchât dans un âge plus avancé de regretter leur jeunesse, qui est le seul temps où

Tome I.

*

A l'on

2 INSTITUTIONS

l'on puisse véritablement s'instruire ; vous êtes , mon cher fils , dans cet âge heureux où l'esprit commence à penser , & dans lequel le cœur n'a pas encore des passions assez vives pour le troubler.

C'est peut-être à présent le seul tems de votre vie que vous pourrez donner à l'étude de la nature , bientôt les passions & les plaisirs de votre âge emporteront tous vos momens ; & lorsque cette fougue de la jeunesse sera passée , & que vous aurez payé à l'ivresse du monde le tribut de votre âge & de votre état , l'ambition s'emparera de votre ame ; & quand même dans cet âge plus avancé , & qui souvent n'en est pas plus mûr , vous voudriez vous appliquer à l'Etude des véritables Sciences , votre esprit n'ayant plus alors cette flexibilité qui est le partage des beaux ans , il vous faudroit acheter par une Etude pénible ce que vous pouvez apprendre aujourd'hui avec une extrême facilité. Je veux donc vous faire mettre à profit l'aurore de votre raison , & tâcher de vous garantir de l'ignorance qui n'est encore que trop commune parmi les gens de votre rang , & qui est toujours un défaut de plus , & un mérite de moins.

Il faut accoutumer de bonne heure votre esprit à penser , & à pouvoir se suffire à lui-même , vous sentirez dans tous les tems de votre vie quelles ressources & quelles consolations on trouve dans l'Etude , & vous verrez qu'elle peut même fournir des agrémens , & des plaisirs.

II.

DE PHYSIQUE. 3

I I.

L'étude de la Physique , paroît faite pour l'Homme , elle roule sur les choses qui nous environnent sans cesse , & desquelles nos plaisirs & nos besoins dépendent : je tâcherai , dans cet Ouvrage , de mettre cette Science à votre portée , & de la dégager de cet art admirable , qu'on nomme Algèbre , lequel séparant les choses des images , se dérobe aux sens , & ne parle qu'à l'entendement : vous n'êtes pas encore à portée d'entendre cette Langue , qui paroît plutôt celle des Intelligences que des Hommes , elle est réservée pour faire l'étude des années de votre vie qui suivront celles où vous êtes ; mais la vérité peut emprunter différentes formes , & je tâcherai de lui donner ici celle qui peut convenir à votre âge , & de ne vous parler que des choses qui peuvent se comprendre avec le seul secours de la Géométrie commune que vous avez étudiée.

Ne cessez jamais , mon fils , de cultiver cette Science que vous avez apprise dès votre plus tendre jeunesse ; on se flatteroit en vain sans son secours de faire de grands progrès dans l'étude de la Nature , elle est la clef de toutes les découvertes ; & s'il y a encore plusieurs choses inexplicables en Physique , c'est qu'on ne s'est point assez appliqué à les rechercher par la Géométrie , & qu'on n'a peut-être pas encore été assez loin dans cette Science.

Utilité de
la Géomé-
trie.

A 2 III.

III.

Je m'en suis souvent étonné que tant d'habiles gens que la France possède ne m'aient pas prévenu dans le travail que j'entreprends aujourd'hui pour vous, car il faut avouer que ; quoique nous ayons plusieurs excellens livres de Physique en François, cependant nous n'avons point de Physique complete, si on en excepte le petit Traité de Rohaut, fait il y a quatre-vingt ans ; mais ce Traité, quoique très-bon pour le tems dans lequel il a été composé, est devenu très-insuffisant par la quantité de découvertes qui ont été faites depuis : & un homme qui n'auroit étudié la Physique que dans ce Livre, auroit encore bien des choses à apprendre.

Pour moi, qui en déplorant cette indigence suis bien loin de me croire capable d'y suppléer, je ne me propose dans cet Ouvrage que de rassembler sous vos yeux les découvertes éparées dans tant de bons Livres Latins, Italiens, & Anglois ; la plûpart des vérités qu'ils contiennent sont connues en France de peu de Lecteurs, & je veux vous éviter la peine de les puiser dans des sources dont la profondeur vous effrayeroit, & pourroit vous rebuter.

IV.

Quoi que l'Ouvrage que j'entreprends demande bien du tems & du travail, je ne regretterai point la peine qu'il pourra me coûter, & je la croirai bien employée s'il peut vous inspirer

DE PHYSIQUE. 3

inspirer l'amour des Sciences, & le desir de cultiver votre raison. Quelles peines & quels soins ne se donne-t'on pas tous les jours dans l'espérance incertaine de procurer des honneurs & d'augmenter la fortune de ses enfans ! La connoissance de la vérité & l'habitude de la rechercher & de la suivre est-elle un objet moins digne de mes soins ; surtout dans un siècle où le goût de la Physique entre dans tous les rangs, & commence à faire une partie de la science du monde ?

V.

Je ne vous ferai point ici l'histoire des révolutions que la Physique a éprouvée, il faudroit pour les rapporter toutes, faire un gros Livre ; je me propose de vous faire connoître, *moins ce qu'on a pensé que ce qu'il faut sçavoir.*

Jusqu'au dernier siècle, les Sciences ont été un secret impénétrable, auquel les prétendus Sçavans étoient seuls initiés, c'étoit une espèce de Cabale, dont le chiffre consistoit en des mots barbares, qui sembloient inventés pour obscurcir l'esprit & pour le rebuter.

Descartes parut dans cette nuit profonde comme un Astre qui venoit éclairer l'univers ; la révolution que ce grand homme a causée dans les Sciences est sûrement plus utile, & est peut-être même plus mémorable que celle des plus grands Empires, & l'on peut dire que c'est à Descartes que la raison humaine doit le plus ; car il est bien plus aisé de trouver la vérité quand

Combien nous avons d'obligation à Descartes.

A 3 on

on est une fois sur ses traces que de quitter celles de l'erreur. La Géométrie de ce grand homme, sa Dioptrique, sa Méthode, sont des chefs-d'œuvres de sagacité qui rendront son nom immortel, & s'il s'est trompé sur quelques points de Physique, c'est qu'il étoit homme, & qu'il n'est pas donné à un seul homme, ni à un seul siècle de tout connoître.

Nous nous élevons à la connaissance de la vérité, comme ces Géans qui escaladoient les Cieux en montant sur les épaules les uns des autres. Ce sont Descartes & Galilée qui ont formé les Hughens, & les Leibnits, ces grands hommes dont vous ne connaissez encore que les noms, & dont j'espère vous faire connaître bientôt les ouvrages, & c'est en profitant des travaux de Kepler, & en faisant usage des Théorèmes d'Hughens, que Monsieur Newton a découvert cette force universelle répandue dans toute la Nature, qui fait circuler les Planettes autour du Soleil, & qui opere la pèsanteur sur la terre.

VI.

Les sistèmes de Descartes & de Newton partagent aujourd'hui le monde pensant, ainsi il est nécessaire que vous connaissiez l'un & l'autre; mais tant de sçavans hommes ont pris soin d'exposer & de rectifier le sistème de Descartes, qu'il vous sera aisé de vous en instruire dans leurs ouvrages: une de mes vûes dans la premiere partie de celui-ci est de vous mettre sous les yeux l'autre partie de ce grand procès,

DE PHYSIQUE.

procès, de vous faire connoître le système de Monsieur Newton, de vous faire voir jusqu'où la connexion & la vraisemblance y sont poussées, & comment les Phenomènes s'expliquent par l'hipothese de l'attraction.

Vous pouvez tirer beaucoup d'instructions sur cette matière, des Elemens de la Philosophie de Newton, qui ont paru l'année passée, & je supprimerois ce que j'ai à vous dire sur cela, si leur illustre Auteur avoit embrassé un plus grand terrain; mais il s'est renfermé dans des bornes si étroites, que je n'ai pas crû qu'il pût me dispenser de vous en parler.

VII.

Gardez-vous, mon fils, quelque parti que vous preniez dans cette dispute des Philosophes, de l'entêtement inévitable dans lequel l'esprit de parti entraîne: cet esprit est dangereux dans toutes les occasions de la vie; mais il est ridicule en Physique, la recherche de la vérité est la seule chose dans laquelle l'amour de votre pays ne doit point prévaloir, & c'est assurément bien mal-à-propos qu'on a fait une espece d'affaire nationale des opinions de Newton, & de Descartes: quand il s'agit d'un livre de Physique, il faut demander s'il est bon, & non pas si l'Auteur est Anglois, Allemand, ou François.

Il me paroît d'ailleurs qu'il seroit aussi injuste aux Cartésiens de refuser d'admettre l'attraction comme hipothese, qu'il est déraisonnable à quelques Newtoniens de vouloir en faire une

*Discussion
sur l'attrac-
tion,*

§ INSTITUTIONS

propriété primitive de la matière ; il faut avouer que quelques uns d'entre eux ont été trop loin en cela , & que c'est avec quelque raison qu'on leur reproche de ressembler à un homme , aux mauvais yeux duquel échapperoient les cordes qui font les vols de l'Opera , & qui diroit en voyant Bellérophon , par Exemple , se soutenir en l'air : *Bellérophon se soutient en l'air , parce qu'il est également attiré de tous côtés par les Coulisses* , car pour décider que les effets que les Neutoniens attribuent à l'attraction , ne sont pas produits par l'impulsion , il faudroit connaître toutes les façons dont l'impulsion peut être employée , mais c'est ce dont nous sommes encore bien éloignés.

Nous sommes encore en Physique , comme cet aveugle né , à qui Cheselden rendit la vûe ; cet homme ne vit d'abord rien que confusément : ce ne fut qu'en tâtonnant , & au bout d'un tems considérable qu'il commença à bien voir ; ce tems n'est pas encore tout-à-fait venu pour nous , & peut-être même ne viendra-t-il jamais entierement ; il y a vraisemblablement des vérités , qui ne sont pas faites pour être aperçues par les yeux de notre esprit , de même qu'il y a des objets , que ceux de notre corps n'apercevront jamais ; mais celui qui résuleroit de s'instruire par cette considération , ressembleroit à un boiteux qui ayant la fièvre , ne voudroit pas prendre les remèdes , qui peuvent l'en guérir , parce que ces remèdes ne pourroient l'empêcher de boiter.

Un des torts de quelques Philosophes de ce tems, c'est de vouloir bannir les Hypotheses de de la Physique; elles y sont aussi nécessaires que les Echaffauts dans une maison que l'on bâtit; il est vrai que lorsque le Bâtiment est achevé, les Echaffauts deviennent inutiles, mais on n'auroit pû l'élever sans leur secours. Toute l'Astronomie, par Exemple, n'est fondée que sur des Hypotheses, & si on les avoit toujours évitées en Physique, il y a apparence qu'on n'auroit pas fait tant de découvertes; aussi rien n'est-il plus capable de retarder les progrès des Sciences que de vouloir les en bannir, & de se persuader que l'on a trouvé le grand ressort qui fait mouvoir toute la nature, car on ne cherche point une cause que l'on croit connaître, & il arrive par là que l'application des principes géométriques de la Mécanique aux effets Physiques, qui est très-difficile & très nécessaire, reste imparfaite, & que nous nous trouvons privés des travaux & des recherches de plusieurs beaux génies qui auroient peut-être été capables de découvrir la véritable cause des Phénomènes.

Il est vrai que les Hypotheses deviennent le poison de la Philosophie quand on les veut faire passer pour la vérité, & peut-être même sont-elles plus dangereuses alors que ne l'étoit le jargon inintelligible de l'Ecole; car ce jargon étant absolument vuide de sens, il ne falloit qu'un peu d'attention à un esprit droit pour

en

Les Hypotheses sont nécessaires en Physique.

Quand elles peuvent devenir dangereuses.

en appercevoir le ridicule, & pour chercher ailleurs la vérité; mais une Hypothese ingénieuse & hardie, qui a d'abord quelque vraisemblance, interesse l'orgueil humain à la croire, l'esprit s'applaudit d'avoir trouvé ces principes subtils, & se sert ensuite de toute sa sagacité pour les défendre. La plupart des grands hommes qui ont fait des Systèmes nous en fournissent des Exemples, ce sont de grands Vaisseaux emportés par des courans, ils font les plus belles manœuvres du monde, mais le courant les entraîne.

I X.

Utilité
de l'Expé-
rience.

Souvenez-vous, mon fils, dans toutes vos Etudes, que l'Expérience est le bâton que la nature a donné à nous autres aveugles, pour nous conduire dans nos recherches; nous ne laissons pas avec son secours de faire bien du chemin, mais nous ne pouvons manquer de tomber si nous cessons de nous en servir; c'est à l'Expérience à nous faire connaître les qualités Physiques, & c'est à notre raison à en faire usage & à en tirer de nouvelles connaissances & de nouvelles lumieres.

X.

Jusqu'où
l'on doit
porter le
respect
pour les
grands
hommes.

Si j'ai crû devoir vous précautionner contre l'esprit de parti, je crois encore plus nécessaire de vous recommander de ne point porter le respect pour les plus grands hommes jusqu'à l'Idolatrie comme font la plupart de leurs disciples; chaque Philosophe a vû quelque chose

DE PHYSIQUE. 111

chose, & aucun n'a tout vu ; il n'y a point de si mauvais livre où il n'y ait quelque chose à apprendre, & il n'y en a gueres d'assez bon pour qu'on ne puisse y rien reprendre. Quand je lis Aristote, ce Philosophe qui a essuyé des fortunes si diverses & si injustes, je suis étonné de lui trouver quelquefois des idées si saines sur plusieurs points de Physique générale, à côté des plus grandes absurdités, & quand je lis quelques unes des questions que M. Newton a mises à la fin de son Optique, je suis frappé d'un étonnement bien différent : cet Exemple des deux plus grands hommes de leur siècle, doit vous faire voir que lorsqu'on a l'usage de la raison, il ne faut en croire personne sur sa parole, mais qu'il faut toujours examiner par soi-même, en mettant à part la considération qu'un nom fameux emporte toujours avec lui.

XI.

C'est une des raisons pour lesquelles je n'ai point chargé ce livre de citations, je n'ai point voulu vous séduire par des autorités ; & de plus, il y en auroit trop eu ; je suis bien loin de me croire capable d'écrire un livre de Physique sans consulter aucun livre, & je doute même que sans ce secours on en puisse faire un bon. Le plus grand Philosophe peut bien ajouter de nouvelles découvertes à celles des autres, mais quand une vérité est une fois trouvée, il faut qu'il la suive, & il a fallu, par Exemple, que

12 INSTITUTIONS

que Monsieur Newton commençât par établir les deux Analogies de Kepler lorsqu'il a voulu expliquer le cours des Planetes, sans quoi il ne seroit jamais parvenu à cette belle découverte de la gravitation des Astres.

La Physique est un Bâtiment immense, qui surpasse les forces d'un seul homme; les uns y mettent une pierre, tandis que d'autres bâtissent des aîles entieres, mais tous doivent travailler sur les fondemens solides qu'on a donnés à cet Edifice dans le dernier siecle, par le moyen de la Géométrie, & des Observations; il y en a d'autres qui levent le Plan du Bâtiment, & je suis du nombre de ces derniers.

Je n'ai point songé dans cet Ouvrage à avoir de l'esprit, mais à avoir raison; & j'ai fait assez de cas de la vôtre pour croire que vous étiez capable de rechercher la vérité indépendamment de tous les ornemens étrangers dont on l'a accablée de nos jours. Je me suis contenté d'écarter les épines qui auroient pû blesser vos mains délicates, mais je n'ai point crû devoir y substituer des fleurs étrangères, & je suis persuadé qu'un bon esprit, quelque foible qu'il soit encore, trouve plus de plaisir, & un plaisir plus satisfaisant dans un raisonnement clair & précis qu'il saisit aisément, que dans une plaisanterie déplacée.

XII.

Je vous explique dans les premiers Chapitres les principales opinions de Monsieur de

de Leibnits sur la Métaphysique ; je les ai puifées dans les Ouvrages du célèbre Wolf *, dont vous m'avez tant entendu parler avec un de ses Disciples, qui a été quelque tems chez moi, & qui m'en faisoit quelquefois des extraits.

Les idées de M. de Leibnits sur la Métaphysique, sont encore peu connues en France, mais elles méritent assurément de l'être : malgré les découvertes de ce grand homme, il y a sans doute encore bien des choses obscures dans la Métaphysique ; mais il me semble qu'il nous a fourni dans le principe de la raison suffisante, une bouffole capable de nous conduire dans les sables mouvans de cette science.

Les obscurités dont quelques-unes des parties de la Métaphysique sont encore couvertes, servent de prétexte à la paresse de la plupart des hommes pour ne la point étudier, ils se persuadent que parce que l'on ne sçait pas tout, on ne peut rien sçavoir ; cependant il est certain qu'il y a des points de Métaphysique susceptibles de démonstrations aussi rigoureuses que les démonstrations géométriques, quoiqu'elles soient d'un autre genre : il nous manque un calcul pour la Métaphysique pareil à celui que l'on a

* Voyez l'Ontologie de Wolf, & principalement les Chapitres suivans : De Principio Contradictionis, de Principio Rationis Sufficientis, de Possibili, & Impassibili, de Necessario & Contingente, de Extensione, Continuitate, Spatio, Tempore, &c.

trouvé

14 INSTITUTIONS

trouvé pour la Géométrie, par le moyen duquel, avec l'aide de quelques *données*, on parvient à connoître des *inconnus*; peut-être quelque génie trouvera-t'il un jour ce calcul. Monsieur de Leibnits y a beaucoup pensé, il avoit sur cela des idées, qu'il n'a jamais par malheur communiquées à personne, mais quand même on le trouveroit, il y a apparence qu'il y a des inconnues dont on ne trouveroit jamais l'*équation*. La Métaphysique contient deux espèces de choses; la première, ce que tous les gens qui font un bon usage de leur esprit, peuvent savoir; & la seconde, qui est la plus étendue; ce qu'ils ne sauront jamais.

Plusieurs vérités de Physique, de Métaphysique, & de Géométrie sont évidemment liées entre elles. La Métaphysique est le faite de l'Edifice; mais ce faite est si élevé, que la vûe en devient souvent un peu confuse. J'ai donc crû devoir commencer par le rapprocher de votre vûe, afin qu'aucun nuage n'obscurissant votre esprit, vous puissiez voir d'une vûe nette & assurée les vérités dont je veux vous instruire.

CHAPITRE



CHAPITRE PREMIER.

Des Principes de nos Connoissances.

I.



TOUTES nos Connoissances naissent les unes des autres, & sont fondées sur de certains Principes dont on connoît la vérité même sans y réflé-

Sur quoi nos Connoissances sont fondées.

chir, par ce qu'ils sont évidens par eux-mêmes.

Il y a des vérités qui tiennent immédiatement à ces premiers Principes, & qui n'en découlent que par un petit nombre de conclusions; alors l'esprit apperçoit aisément la chaîne qui y conduit; mais il est facile de la perdre de vûe dans

dans la recherche des vérités auxquelles on ne peut arriver que par un grand nombre de conséquences tirées les unes des autres. Il y en a mille exemples dans la Géométrie ; il est très-aisé ; par exemple, de voir que le Diamètre du Cercle le partage en deux parties égales , parce qu'il ne faut qu'une seule conclusion pour arriver de la nature du Cercle à cette propriété ; mais on ne voit pas si aisément que le carré de l'ordonnée BM est égal au rectangle de la Ligne AB par la Ligne BC , quoique cette propriété découle de la nature du Cercle comme la première , parce qu'il faut plusieurs conclusions intermédiaires avant d'arriver à cette dernière propriété. Il est donc très-important de se rendre attentif aux Principes , & à la façon dont les vérités en découlent si l'on ne veut point s'égarer.

I I.

On a beaucoup abusé du mot de Principe , les Scholastiques qui ne démontrèrent rien donnoient pour principes des mots intelligibles. Descartes qui sentit combien cette manière de raisonner éloignoit les hommes du vrai , commença par établir qu'on ne doit raisonner que sur des idées claires ; mais il poussa trop loin ce principe : car il admit que l'on pouvoit s'en rapporter à un certain sentiment vif & interne de clarté & d'évidence pour fonder nos raisonnemens.

Ce fut en suivant ce principe que ce Philosophe se trompa sur l'essence du Corps qu'il faisoit

Planche 1.

Figure 1.

Figure 1.

Ce que
c'est que
Principe.

faisoit consister dans l'étenduë seulement, parce qu'il croyoit avoir dans l'étenduë, une idée claire & distincte du Corps, sans se mettre en peine de prouver la possibilité de cette idée que nous verrons bien-tôt être très-incomplète, puisqu'il y faut ajouter la force d'inertie, & la force active. Cette méthode, d'ailleurs, ne serviroit qu'à éterniser les disputes, car ceux qui ont des sentimens opposés, ont chacun ce sentiment vif & interne de ce qu'ils avancent; ainsi aucun ne doit se rendre, puisque l'évidence est égale des deux côtés; il faut donc substituer des démonstrations aux illusions de notre imagination, & ne rien admettre comme vrai, que ce qui découle, d'une manière incontestable, des premiers principes que personne ne peut révoquer en doute, & rejeter comme faux tout ce qui est contraire à ces principes, ou aux vérités que l'on a établies par leur moyen, quoiqu'en puisse dire l'imagination.

Abus de ce mot par M. Descartes.

§. 3. Un peu d'attention à la manière dont on procède dans la Science, où l'incertitude est portée à son plus haut point, suffira pour faire sentir l'utilité de cette méthode. Il n'y a guères d'idée plus claire par exemple, que celle de la possibilité d'un triangle équilatéral, & que les deux côtés d'un triangle sont plus longs, pris ensemble, que le troisième: cependant, Euclide, ce sévère raisonneur, ne s'est point contenté d'en appeler au sentiment vif & interne que nous

Il faut se défier de son imagination, & ne se rendre qu'à l'évidence.

Tomé I.

* B avons

avons de ces vérités , mais il les a démontrées en rigueur, en faisant voir comment il faut s'y prendre pour construire un triangle équilatéral , & qu'il implique contradiction que deux côtés d'un triangle , pris ensemble , ne soient pas plus grands que le troisième.

Du principe de contradiction.

§. 4. On appelle *contradiction*, ce qui affirme & nie la même chose en même tems; ce principe est le premier Axiome , sur lequel toutes les vérités sont fondées. Tout le monde l'accorde sans peine , & il seroit même impossible de le nier sans mentir à sa propre conscience ; car nous sentons que nous ne pouvons point forcer notre esprit à admettre qu'une chose est , & n'est pas en même tems , & que nous ne pouvons point ne pas avoir une idée pendant que nous l'avons , ni voir un Corps blanc comme s'il étoit noir, pendant que nous le voyons blanc. Les Pirrhoniens même qui faisoient profession de douter de tout , n'ont jamais nié ce principe ; ils nioient bien à la vérité qu'il y eût aucune réalité dans les choses , mais ils ne doutoient point qu'ils eussent une idée pendant qu'ils l'avoient.

Il est le fondement de toute certitude.

Cet Axiome est le fondement de toute certitude dans les connoissances humaines ; car si on accordoit une fois que quelque chose pût exister & n'exister pas en même tems , il n'y auroit plus aucune vérité, même dans les nombres , & chaque chose pourroit être , ou n'être pas

DE PHYSIQUE. CH. I. 19

pas, selon la fantaisie de chacun, ainsi 2 & 2, pourroient faire 4 ou 6. également, & même à la fois.

§. 5. Il découle de ce que l'on vient de dire que l'impossible est ce qui implique contradiction, & le possible ce qui ne l'implique point. Plusieurs Philosophes donnent une autre définition du possible, & de l'impossible, & regardent comme impossible ce qui ne donne point d'idée claire & distincte, & comme possible, ce qu'on peut concevoir, & à quoi répond une idée claire. Cette définition bien expliquée, pourroit être admise; mais il faut bien prendre garde qu'elle ne nous induise pas à prendre des notions trompeuses & déceptrices pour des notions claires: car il arrive quelquefois que nous nous formons des idées trompeuses qui nous paroissent évidentes faute d'attention, & parce que nous avons une idée de chaque terme en particulier, quoiqu'il soit impossible d'en avoir aucune de la phrase qui naît de leur combinaison. Ainsi on croira d'abord entendre ce que l'on veut dire par un *triangle*, si on le définit *une Figure renfermée entre deux Lignes droites*, & on croiroit parler d'un Corps régulier, en parlant d'un Corps qui auroit neuf faces égales entr'elles, parce que l'on entend tous les termes qui entrent dans ces propositions: cependant il implique contradiction que deux Lignes droites renferment un espace, & fassent une Figure,

Définition
du possible
& de l'im-
possible.

Exemple s
d'idées dé-
ceptrices.

B 2 &

& vous avez vû dans la Géométrie, qu'il est impossible qu'un Corps ait neuf faces égales & semblables.

On a encore un exemple de ces idées déceptrices dans le mouvement le plus rapide d'une Rouë, dont M. de Leibnits s'est servi contre les Cartésiens; car il est aisé de faire voir que le mouvement le plus rapide est impossible, puisqu'en prolongeant un rayon quelconque, ce mouvement devient plus rapide à l'infini. On voit, par ces exemples, qu'il est très-possible de croire avoir une idée claire d'une chose dont cependant nous n'avons réellement aucune idée.

Il est donc indispensablement nécessaire, pour se préserver de l'erreur, de vérifier ses idées, d'en démontrer la réalité, & de n'en point admettre comme indubitable, qu'on ne se soit assuré par l'expérience ou par la démonstration; qu'elle ne renferme rien de faux, ni de chimérique.

§. 6. Il naît de la définition de l'impossible que je viens de vous donner, une règle bien importante, c'est que lorsque nous avançons qu'une chose est impossible, nous sommes tenus de montrer qu'on y nie, & qu'on y affirme la même chose en même tems, ou bien qu'elle est contraire à une vérité déjà démontrée. Cette règle éviteroit bien des disputes, si elle étoit suivie, car elle ôteroit tout d'un coup le doute des

DE PHYSIQUE. CH. I. 21

des propositions, & feroit voir l'insuffisance des preuves de ceux qui traitent d'impossible tout ce qui n'est pas conforme à leurs opinions.

Il faut avoir la même précaution pour assurer qu'une chose est possible ; car il faut être en état de montrer qu'elle ne contient aucune contradiction : sans cette condition nos idées ne sont que des opinions plus ou moins probables, mais dans lesquelles il n'y a aucune certitude.

§. 7. Le principe de contradiction a été de tous tems en usage dans la Philosophie. Aristote, & après lui tous les Philosophes s'en sont servis, & Descartes l'a employé dans sa Philosophie, pour prouver que nous existons : car il est certain que celui qui douteroit s'il existe, auroit dans son doute même une preuve de son existence, puisqu'il implique contradiction que l'on ait une idée quelle qu'elle soit, & par conséquent un doute, & que l'on n'existe pas.

Ce principe suffit pour toutes les vérités nécessaires, c'est-à-dire, pour les vérités qui ne sont déterminables que d'une seule manière ; car c'est ce que l'on entend par le terme de nécessaire ; mais quand il s'agit de vérités contingentes, c'est-à-dire, lorsqu'il est possible qu'une chose existe de différentes manières, & qu'aucune de ses déterminations n'est plus nécessaire qu'une autre, alors la nécessité d'un autre principe se fait sentir, parce que celui de contradiction n'a plus lieu. Aussi les Anciens

Le principe de contradiction est le fondement de toutes les vérités nécessaires.

B 3

qui

22 INSTITUTIONS

qui ignoroient ce second principe de nos connoissances, se trompoient-ils sur les points les plus importans de la Philosophie.

Du principe d'une raison suffisante.

Il est le fondement de toutes les vérités contingentes.

§. 8. Ce principe duquel toutes les vérités contingentes dépendent, & qui n'est ni moins primitif, ni moins universel que celui de contradiction, est *le principe de la raison suffisante*: tous les hommes le suivent naturellement; car il n'y a personne qui se détermine à une chose plutôt qu'à une autre, sans une raison suffisante qui lui fasse voir que cette chose est préférable à l'autre.

Quand on demande compte à quelqu'un de ses actions, on pousse les questions jusqu'à ce qu'on soit parvenu à découvrir une raison qui nous satisfasse, & nous sentons dans tous les cas que nous ne pouvons point forcer notre esprit à admettre quelque chose, sans une raison suffisante, c'est-à-dire, sans une raison qui nous fasse comprendre pourquoi cette chose est ainsi plutôt que tout autrement.

Aburdités qui naissent de la négation de ce principe.

Si on vouloit nier ce grand principe, on tomberoit dans d'étranges contradictions: car dès que l'on admet qu'il peut arriver quelque chose, sans raison suffisante, on ne peut assurer d'aucune chose, qu'elle est la même qu'elle étoit le moment d'auparavant, puisque cette chose pourroit se changer à tout moment, dans une autre d'une autre espèce; ainsi il n'y auroit pour nous de vérités que pour un instant.

J'assure,

DE PHYSIQUE. CH. I. 23

J'assure, par exemple, que tout est encore dans ma chambre dans l'état où je l'ai laissé, parce que je suis assuré que personne n'y est entré depuis que je suis parti; mais si le principe de la raison suffisante n'a pas lieu, ma certitude devient une chimère, puisque tout pourroit être bouleversé dans ma chambre sans qu'il y fût entré personne capable de la déranger.

Sans ce principe il n'y auroit point de choses identiques, car deux choses sont identiques lorsque l'on peut substituer l'une à la place de l'autre, sans qu'il arrive aucun changement par rapport à la propriété qu'on considère. Cette définition est reçue de tout le monde, ainsi par exemple, si j'ai une boule de pierre, & une boule de plomb, & que je puisse mettre l'une à la place de l'autre dans le bassin d'une balance, sans que la balance change de situation, je dis que le poids de ces boules est *identique*, qu'il est le même, & qu'elles sont identiques quant à leurs poids: cependant, s'il pouvoit arriver quelque chose sans une raison suffisante, je ne pourrois prononcer que le poids de ces boules est identique, dans l'instant même que j'assure qu'il est identique; puisqu'il pourroit arriver sans aucune raison un changement dans l'une, qui n'arriveroit pas dans l'autre; & par conséquent leur poids ne seroit plus identique, ce qui est contre la définition.

Sans le principe de la raison suffisante, on ne pourroit plus dire que cet Univers, dont toutes

B 4 les

les parties sont si bien liées entre elles, n'a pû être produit que par une sagesse suprême, car s'il peut y avoir des effets sans raison suffisante, tout cela eût pû être produit par le hazard, c'est-à-dire, par rien.

Ce principe est la seule chose qui nous fasse discerner la veille, & le sommeil.

Ce qui arrive quelquefois en songe nous fournit l'idée d'un monde fabuleux, où tous les événemens arriveroient sans raison suffisante.

Je rêve que je suis dans ma chambre, occupé à écrire ; tout d'un coup ma chaise se change en un cheval ailé, & je me trouve en un instant à cent lieues de l'endroit où j'étois, & avec des personnes qui sont mortes depuis longtems, &c. Tout cela ne peut arriver dans ce monde, puisqu'il n'y auroit point de raison suffisante de tous ces effets ; car lorsque je sors de ma chambre, je puis dire comment, & pourquoi j'en sors, & je ne vais point d'un lieu dans un autre sans passer par les lieux intermediaires : cependant toutes ces chimères seroient également possibles, s'il pouvoit y avoir des effets sans raison suffisante : c'est ce principe qui distingue le songe de la veille, & le monde réel, du monde fabuleux que l'on nous dépeint dans les Contes des Fées. Ainsi ceux qui nient le principe de la raison suffisante, sont des habitans d'un monde fabuleux qui n'existe point, mais dans celui-ci, tout doit se faire selon ce principe.

Dans la Géométrie où toutes les vérités sont nécessaires, on ne se sert que du principe de contradiction : car par exemple, dans un triangle

gle

DE PHYSIQUE. CH. I. 25

gle la somme des angles n'est déterminable que d'une seule manière, & il faut absolument qu'ils soient égaux à deux droits; mais lorsqu'il est possible qu'une chose se trouve en différens états, je ne puis assurer qu'elle se trouve dans un tel état plutôt que dans un autre, à moins que je n'allègue une raison de ce que j'affirme: ainsi, par exemple, je puis être assis, couché, ou de bout, toutes ces déterminations de ma situation sont également possibles, mais quand je suis de bout, il faut qu'il y ait une raison suffisante, pourquoi je suis de bout, & non pas assis, ou couché.

Archimede passant de la Géométrie à la Méchanique, reconnut bien le besoin de la raison suffisante; car voulant démontrer qu'une balance à bras égaux chargée de poids égaux restera en équilibre, il fit voir que dans cette égalité de bras & de poids la balance devoit rester en repos, par ce qu'il n'y auroit point de raison suffisante, pourquoi l'un des bras descendroit plutôt que l'autre.

Archimede a le premier employé ce principe dans la Méchanique.

M. de Leibnits qui étoit très-attentif aux sources de nos raisonnemens, saisit ce principe, le développa, & fut le premier qui l'énonça distinctement, & qui l'introduisit dans les Sciences.

Il faut avouer qu'on ne pouvoit leur rendre un plus grand service, car la plupart des faux raisonnemens, n'ont d'autres sources que l'oubli de la raison suffisante; & vous verrez bientôt que ce principe est le seul fil qui puisse nous conduire dans ces labyrinthes d'erreur que l'esprit

Mais c'est M. de Leibnits qui en a fait voir toute l'étendue & toute l'utilité.

prit humain s'est bâti pour avoir le plaisir de s'y égarer.

Il ne faut donc rien admettre de ce qui viole cet axiome fondamental, il est la bride de l'imagination qui fait des écarts sans nombre dès qu'on ne l'assujettit pas aux règles d'un raisonnement sévère.

Différence
entre possible,
& actuel.

§. 9. Il faut bien distinguer entre possible & actuel. Vous avez vû ci-dessus, que tout ce qui n'implique point contradiction est possible; mais il n'est pas actuel. Il est possible, par exemple, que cette table qui est quarrée devienne ronde, cependant cela n'arrivera peut-être jamais; ainsi tout ce qui existe étant nécessairement possible, on peut conclure de l'existence à la possibilité, mais non pas de la possibilité à l'existence.

Afin qu'une chose soit, il ne suffit donc pas qu'elle soit possible, il faut encore que cette possibilité ait son accomplissement, & c'est ce qu'on appelle *Existence*: or une chose ne peut parvenir à l'existence sans une raison suffisante, par laquelle un Etre-Intelligent puisse comprendre pourquoi cette chose devient actuelle de possible qu'elle étoit auparavant. Ainsi il faut qu'une cause contienne non-seulement le principe de l'actualité de la chose dont elle est cause; mais encore la raison suffisante de cette chose, c'est-à-dire, ce par où un Etre intelligent puisse comprendre pourquoi cette chose existe: car tout
homme

DE PHYSIQUE. CH. I. 27

l'homme qui fait usage de sa raison, ne doit pas se contenter de sçavoir qu'une telle chose est possible ; & qu'elle existe, mais il doit encore sçavoir la raison pourquoi elle existe ; & s'il ne voit pas cette raison, comme il arrive souvent, quand les choses sont trop compliquées, il faut du moins qu'il soit assuré qu'on ne sçauroit démontrer que la chose dont il s'agit ne peut pas avoir de raison suffisante de son existence ; ainsi il faut qu'il y ait dans tout ce qui existe quelque chose par où l'on puisse comprendre pourquoi ce qui est a pû exister, & c'est ce qu'on appelle *raison suffisante*.

§. 10. Ce principe bannit de la Philosophie tous les raisonnemens à la Scholastique ; car les Scholastiques admettoient bien qu'il ne se fait rien sans cause, mais ils alléguoient pour causes des natures plastiques, des ames végétatives, & d'autres mots vuides de sens ; mais quand on a une fois établi qu'une cause n'est bonne qu'autant qu'elle satisfait au principe de la raison suffisante, c'est-à-dire, qu'autant qu'elle contient quelque chose par où on puisse faire voir comment, & pourquoi un effet peut arriver, alors on ne peut plus se payer de ces grands mots qu'on mettoit à la place des Idées.

Quand on explique, par exemple, pourquoi les Plantes naissent, croissent & se conservent ; & que l'on donne pour cause de ces effets, une ame végétative qui se trouve dans toutes les

Plantes

Le principe d'une raison suffisante bannit de la Philosophie tous les raisonnemens à la scholastique.

Plantes, on allégué bien une cause de ces effets ; mais une cause qui n'est point recevable, parce qu'elle ne contient rien par où je puisse comprendre comment la végétation dont je recherche la cause, s'opere ; car cette ame végétative étant posée, je n'entens point de là pourquoi la Plante que je considère, a plutôt une telle structure que toute autre, ni comment cette ame peut former une Machine telle que celle de cette Plante.

Il est le
fondement
de la mo-
rale.

§. 11. Le principe de la raison suffisante est encore le fondement des regles & des coùtumes qui ne sont fondées que sur ce qu'on appelle *convenance*, car les mêmes hommes peuvent suivre des coùtumes différentes, ils peuvent déterminer leurs actions en plusieurs manieres ; & lorsqu'on choisit préférablement à d'autres, celles où il y a le plus de raison, l'action devient bonne & ne sçauroit être blâmée ; mais on la nomme déraisonnable, dès qu'il y a des raisons suffisantes pour ne la point commettre, & c'est sur ces mêmes principes que l'on peut prononcer qu'une coùtume est meilleure que l'autre, c'est-à-dire, quand elle a plus de raison de son côté.

Du prin-
cipe des
indiscerna-
bles.

§. 12. De ce grand Axiome d'une raison suffisante, il en naît un autre que Monsieur de Leibnitz appelle *le principe des Indiscernables* : ce principe bannit de l'univers toute matiere similaire, car
s'il

s'il y avoit deux parties de matiere absolument similaires & semblables, enforte qu'on pût mettre l'une à la place de l'autre sans qu'il arrivât le moindre changement (car c'est ce qu'on entend par entierement semblable) il n'y auroit point de raison suffisante pourquoi l'une de ces particules seroit placée dans la Lune , par exemple , & l'autre sur la Terre , puisqu'en les changeant & mettant celle qui est dans la Lune sur la Terre , & celle qui est sur la Terre dans la Lune , toutes choses demeureroient les mêmes. On est donc obligé de reconnoître que les moindres parties de matiere sont discernables , ou que chacune est infiniment différente de toute autre, & qu'elle ne pourroit être employée dans une autre place que celle qu'elle occupe sans déranger tout l'univers. Ainsi chaque particule de matiere est destinée à faire l'effet qu'elle produit , & c'est de là que naît la diversité, qui se trouve entre deux grains de sable comme entre notre Globe & celui de Saturne , laquelle nous fait voir que la sagesse du Créateur n'est pas moins admirable dans le plus petit Etre , que dans le plus grand.

Cette infinie diversité qui regne dans la nature , se fait sentir à nous aussi loin que la portée de nos organes peut s'étendre. Monsieur de Leibnits qui avança le premier cette vérité, eut le plaisir de la voir confirmer par les yeux même de ceux qui la vuoient dans une promenade avec Madame l'Electrice d'Hanover , dans le jardin d'Heurenausen ,

Comment il découle de celui d'une raison suffisante.

Il bannit toute matiere similaire de l'univers.

d'Heurenaufen : car ce Philosophe ayant assuré qu'on ne trouveroit jamais deux feuilles entièrement semblables dans la quantité presqu'innombrable de celles qui les entouroient, plusieurs courtisans qui étoient présens passerent inutilement une partie de la journée dans cette recherche, & ils ne purent jamais trouver deux feuilles qui n'eussent des différences sensibles, même à l'œil.

Il y a d'autres objets que leur petitesse nous fait voir comme semblables, parce que nous les voyons confusément, mais les microscopes nous découvrent leurs différences : ainsi les Expériences, qui même ne sont pas nécessaires à la vérité de ce principe, le confirment encore.

De la
loi de con-
tinuité.

§. 13. De l'Axiome d'une raison suffisante découle encore un autre principe qu'on appelle la *Loi de continuité*, c'est encore à Monsieur de Leibnits que nous sommes redevables de ce principe qui est d'une grande fécondité dans la Physique; c'est lui qui nous enseigne que rien ne se fait par saut dans la nature, & qu'un Etre ne passe point d'un état à un autre, sans passer par tous les différens états qu'on peut concevoir entre eux.

Le principe de la raison suffisante prouve aisément cette vérité, car chaque état dans lequel un Etre se trouve doit avoir sa raison suffisante, pourquoi cet Etre se trouve dans cet état plutôt que dans tout autre, & cette raison ne peut se trouver que dans l'état antécédent. Cet état antécédent

DE PHYSIQUE. CH. I. 31

cedent contenoit donc quelque chose qui a fait naître l'état actuel qui l'a suivi , enforte que ces deux états sont tellement liés ensemble qu'il est impossible de mettre un autre état entre deux : car s'il y avoit un état possible entre l'état actuel & celui qui l'a précédé immédiatement , la nature auroit quitté le premier état sans être encore déterminée par le second à abandonner le premier ; il n'y auroit donc point de raison suffisante pourquoi elle passeroit plutôt à cet état qu'à tout autre état possible , ainsi aucun Etre ne passe d'un état à un autre sans passer par les états intermédiaires , de même que l'on ne va point d'une Ville à une autre sans parcourir le chemin qui est entre deux.

Dans la Géométrie où tout se fait dans le plus grand ordre , on voit que cette regle s'observe avec une extreme exactitude, car tous les changemens qui arrivent dans les lignes qui sont unes c'est-à-dire dans une ligne qui est la même , ou dans celles qui sont ensemble un seul & même tout , tous ces changemens , dis-je , ne se font qu'après que la figure a passé par tous les changemens possibles qui conduisent à l'état qu'elle acquiert : ainsi une ligne qui est concave vers un axe comme la ligne A. B. vers l'axe A. D. ne devient pas tout d'un coup convexe sans passer par tous les états qui sont entre la concavité & la convexité , & par tous les degrés qui peuvent mener de l'une à l'autre ; ainsi la concavité commence par diminuer par des degrés infini-

Exem-
ples de cette loi dans la Géométrie.

Fig. 2.

niment petits jusques au point B. où la ligne n'est ni concave, ni convexe, & que l'on nomme le point d'inflexion ; c'est à ce point que la concavité finit, & que la convexité commence, & il se forme à ce point B. une ligne infiniment petite paralelle à l'axe A. D., mais passé ce point B., la convexité commence & s'accroît par des degrés infiniment petits comme le savent les Mathématiciens.

Fig. 3.

Les points de rebroussement qui se trouvent dans plusieurs courbes, & qui paroissent violer cette loi de continuité, parce que la ligne paroît se terminer en ce point & rebrousser subitement en un sens contraire, ne la violent cependant point ; car on peut faire voir qu'à ces points de rebroussement il se forme des nœuds comme dans la Fig. 3. dans lesquels on voit évidemment que la loi de continuité est suivie, car ces nœuds étant ferrés à l'infini, prennent à la fin la forme d'un point sensible.

Fig. 4.

On ne retrouve point la loi de continuité dans les Figures batardes, desquelles on ne peut pas dire qu'elles forment un véritable tout, parce qu'elles n'ont point été produites par la même loi, mais composées de plusieurs pièces, comme si on ajoutoit à un arc de cercle A. B., une ligne droite B. C. pour faire une seule Figure A. B. C. & ces Figures violent la loi de continuité, parce que la loi par laquelle on décrit le cercle A. B. cesse en B. & ne contient rien en elle qui puisse faire naître la ligne B. C. mais

au

au point B. une autre loi commence , selon laquelle la ligne B. C. est décrite , & cette seconde loi n'a nul rapport à la première qui a fait décrire le cercle A. B.

Il arrive dans la nature la même chose que dans la Géométrie , & ce n'étoit pas sans raison que Platon appelloit le Créateur , *l'éternel Géometre*. Ainsi il n'y a point d'angles proprement dits dans la nature , point d'inflexion ni de rebroussement subits ; mais il y a de la gradation dans tout , & tout se prépare de loin aux changemens qu'il doit éprouver , & va par nuances à l'état qu'il doit subir. Ainsi , un rayon de lumière qui se réfléchit sur un miroir , ne rebrousse point subitement , & ne fait point un angle pointu au point de la réflexion ; mais il passe à la nouvelle direction qu'il prend en se réfléchissant par une petite courbe qui le conduit insensiblement & par tous les degrés possibles qui sont entre les deux points extrêmes de l'incidence & de la réflexion.

Il en est de même dans la réfraction , le rayon de lumière ne se rompt pas au point qui sépare le milieu qu'il pénètre & celui qu'il abandonne , mais il commence à s'infléchir avant d'avoir pénétré dans le nouveau milieu ; & le commencement de sa réfraction est une petite courbe qui sépare les deux lignes droites qu'il décrit en traversant deux milieux hétérogènes & contigus.

34 *INSTITUTIONS*

Ce principe sert à démontrer les loix du mouvement.

§. 14. C'est par cette loi de continuité que l'on peut trouver & démontrer les véritables loix du mouvement, car un corps qui se meut dans une direction quelconque, ne fauroit se mouvoir dans une direction opposée, sans passer de son premier mouvement au repos par tous les degrés de retardation intermediaires, pour repasser ensuite, par des degrés insensibles d'accélération, du repos au nouveau mouvement qu'il doit éprouver.

Le principe de la continuité prouve qu'il n'y a point de Corps durs dans l'univers.

§. 15. Cette loi montre qu'il n'y a point de Corps parfaitement durs dans la nature, car dans le choc des Corps parfaitement durs cette gradation ne sçauroit avoir lieu, parce que les Corps durs passeroient tout d'un coup du repos au mouvement, & du mouvement dans un sens au mouvement en sens contraire; ainsi, tous les Corps ont un degré d'élasticité qui les rend capables de satisfaire à cette loi de continuité que la nature ne viole jamais.

§. 16. Il suit de ce que je viens de dire, que lorsque les conditions qui font naître une propriété, viennent à se changer en d'autres conditions d'où une autre propriété doit naître, en sorte qu'enfin ces conditions deviennent les mêmes, ou identiques; la propriété qui découloit des premières conditions doit se changer, par la même gradation, dans la propriété qui est une suite des dernières conditions dans lesquelles les premières se sont changées. La

La Géométrie fournit une infinité d'exemples qui confirment & éclaircissent cette règle ; l'Ellipse & la Parabole , par exemple , sont des lignes fort différentes , mais lorsqu'on fait varier les déterminations de l'Ellipse (qui sont les conditions qui rendent l'Ellipse possible) pour les faire approcher de celles de la Parabole : les propriétés de l'Ellipse varient aussi continuellement , & s'approchent de celles de la Parabole jusqu'à ce qu'enfin les lignes deviennent les mêmes. Ainsi , un des foyers de l'Ellipse demeurant immobile , si l'autre s'en éloigne continuellement , les nouvelles Ellipses qui seront engendrées approcheront continuellement de la Parabole , & elles coïncideront enfin avec elle ; lorsque la distance des foyers sera devenuë infinie. Ainsi , toutes les propriétés de la Parabole conviendront à une Ellipse dont les foyers seront infiniment éloignés , & l'on peut considérer la Parabole comme une Ellipse dont les foyers sont infiniment distans. C'est par ce même principe qu'un mouvement décroissant , devient enfin du repos , & que l'inégalité toujours diminuée , se change en égalité , de sorte même qu'on peut considérer le repos comme un mouvement très-petit , & l'égalité comme une inégalité infiniment petite. Toutes les fois donc que cette continuité d'événement n'a pas lieu , on doit conclure qu'il y a des défauts dans le raisonnement dont on s'est servi.

Méprise
de Descar-
tes pour
n'avoir pas
fait atten-
tion à cet-
te loi.

§. 17. Descartes, par exemple, auroit réformé ses loix du mouvement s'il avoit fait plus d'attention à cette regle; il commença par établir pour premiere loi, que deux Corps égaux qui se choquent avec des vîteses égales doivent retourner en arriere avec la même vîtesse, & cela est très-vrai, car n'y ayant point de raison pourquoi l'un des deux continueroit son chemin plutôt que l'autre, & ces Corps ne pouvant pénétrer les dimensions l'un de l'autre, ni demeurer en repos, parce que la force se perdroit, ce qui ne peut arriver, il faut nécessairement qu'ils retournent tous deux en arriere avec la même vîtesse avec laquelle ils s'étoient choqués.

Fig. 5.
Num. 1.

Mais la seconde loi du mouvement de M. Descartes & presque toutes les autres sont fausses, parce qu'elles violent le principe de continuité: car la seconde, par exemple, veut que si deux corps B. & C. se rencontrent avec des vîteses égales: mais que le Corps B. soit plus grand que le Corps C. alors le seul Corps C. retournera en arriere & le Corps B. continuera son chemin, tous deux avec la même vîtesse qu'ils avoient avant le choc: cette regle est démentie par l'expérience, & elle est fausse parce qu'elle ne s'accorde point avec la premiere regle du mouvement, & avec le principe de continuité, car en diminuant toujours l'inégalité des Corps, l'effet qui est une suite de l'inégalité, doit toujours s'approcher de celui qui est une suite de leur égalité (§. 16.), en sorte

enforte que diminuant toujours le plus grand Corps, sa vitesse vers C. doit diminuer aussi, & enfin devenir nulle quand on sera parvenu à une certaine proportion entre B. & C. passé lequel point, l'inégalité étant absolument évanouie, l'effet produit par l'égalité des deux Corps commencera, c'est-à-dire, qu'alors le mouvement du plus grand Corps B. commencera dans un sens contraire, & les Corps s'en retourneront en arriere avec la même vitesse; selon la premiere loi de M. Descartes. Ainsi, la seconde ne peut avoir lieu, puisque, selon cette seconde loi, on a beau diminuer la grandeur de B. & la faire approcher de C. enforte que la différence soit presque inassignable, les effets demeureront cependant très-différens, & ne s'approcheront point l'un de l'autre, ce qui est entierement contraire à la loi de continuité: car lorsque l'inégalité vient à cesser entierement, l'effet fait un grand fault, puisque le mouvement du Corps B. change tout-à-coup de direction, passant tous les cas intermédiaires comme par un fault, tandis qu'il ne se fait qu'un changement imperceptible dans la grandeur de ce Corps qui est cependant la cause du grand changement qui arrive dans la direction de son mouvement: ainsi, l'effet est alors plus grand que la cause. On voit par cet Exemple, combien il est important de se rendre attentif à cette loi de continuité; & d'imiter en cela la nature qui ne l'enfreint jamais dans aucune de ses operations.

C 3. CHAP.



CHAPITRE II.

De l'Existence de Dieu.

§. 18.

L'étude de la Physique nous conduit à la connoissance d'un Dieu.



L'ETUDE de la nature nous élève à la connoissance d'un Etre suprême ; cette grande vérité est encore plus nécessaire, s'il est possible, à la bonne Physique qu'à la Morale, & elle doit être le fondement & la conclusion de toutes les recherches que nous faisons dans cette science.

Precis des preuves de cette grande vérité.

Je crois donc indispensable de commencer par vous mettre sous les yeux un précis des preuves de cette importante vérité, par lequel vous pourriez juger par vous-même de son évidence.

§. 19.

§. 19. 1^o. Quelque chose existe , puisque j'existe.

2^o. Puisque quelque chose existe , il faut que quelque chose ait existé de toute éternité , sans cela il faudroit que le néant qui n'est qu'une négation eût produit tout ce qui existe , ce qui est une contradiction dans les termes , car , c'est dire qu'une chose a été produite , & ne reconnoître cependant aucune cause de son existence.

3^o. L'Être qui a existé de toute éternité doit exister nécessairement & ne tenir son existence d'aucune cause , car s'il avoit reçu son existence d'un autre Être , il faudroit que cet autre Être existât par lui-même , & alors c'est lui dont je parle , & c'est Dieu , ou bien il tiendrait encore son existence d'un autre : on voit aisément qu'en remontant ainsi à l'infini , il faut arriver à un Être nécessaire qui existe par lui-même , ou bien admettre une chaîne infinie d'Êtres , lesquels pris tous ensemble , n'auront aucune cause externe de leur existence (puisque tous les Êtres entrent dans cette chaîne infinie) & qui , chacun en particulier , n'en auront aucune cause interne , puisqu'aucun n'existe par lui-même , & qu'ils tiennent tous l'existence les uns des autres dans une gradation à l'infini. Ainsi, c'est supposer une chaîne d'Êtres qui séparément ont été produits par une cause , & qui tous ensemble n'ont été produits par rien , ce qui est une contradiction dans les termes. Il y a donc

un Etre qui existe nécessairement , puisqu'il implique contradiction qu'un tel Etre n'existe pas.

4°. Tout ce qui nous environne naît & périt successivement ; rien ne jouit d'un état nécessaire , tout se succede , & nous nous succedons nous-mêmes les uns aux autres ; il n'y a donc que de la contingence dans tous les Etres qui nous environnent , c'est-à-dire, que le contraire est également possible , & n'implique point contradiction , (car c'est ce qui distingue un Etre contingent d'un Etre nécessaire.)

5°. Tout ce qui existe a une raison suffisante de son existence , ainsi il faut que la raison suffisante de l'existence d'un Etre soit dans lui , ou hors de lui : or la raison de l'existence d'un Etre contingent ne peut être dans lui , car s'il portoit la raison suffisante de son existence en lui , il seroit impossible qu'il n'existât pas , ce qui est contradictoire à la définition d'un Etre contingent ; la raison suffisante de l'existence d'un Etre contingent doit donc nécessairement être hors de lui , puisqu'il ne sauroit l'avoir en lui-même.

6°. Cette raison suffisante ne peut se trouver dans un autre Etre contingent, ni dans une suite de ces Etres, puisque la même question se retrouveroit toujours au bout de cette chaîne quelque loïn qu'on la puisse étendre il faut donc en venir à un Etre nécessaire qui contienne la raison suffisante de l'existence de tous les Etres contingens, & de la sienne propre , & cet Etre c'est Dieu.

DE PHYSIQUE CH. II, 41

§. 20. Les attributs de cet Etre suprême sont une suite de la nécessité de son existence.

Les attributs de Dieu..

Il est éternel.

Ainsi il est éternel, c'est-à-dire, qu'il n'a point eu de commencement, & qu'il n'aura jamais de fin, car si l'Etre nécessaire avoit commencé, il faudroit ou qu'il eût agi, avant que d'être, pour se produire, ce qui est absurde, ou bien que quelque chose l'eût produit, ce qui est contre la définition de l'Etre nécessaire.

Il ne peut avoir de fin, parce que la raison suffisante de son existence residant en lui, elle ne peut jamais l'abandonner; de plus, ce qui est contraire à une chose nécessaire, implique contradiction, & est par conséquent impossible: il est donc impossible que l'Etre nécessaire cesse d'exister, de la même façon qu'il est impossible que trois fois 3. fassent 8.

Il est immuable, car s'il changeoit il ne seroit plus ce qu'il étoit, & par conséquent il n'auroit pu exister nécessairement: il faut de plus que chaque état successif ait sa raison suffisante dans un état precedent, celui-là dans un autre, & ainsi de suite: or comme dans l'Etre nécessaire on ne parviendroit jamais au dernier état, puisque l'Etre n'a jamais commencé, un état successif quelconque seroit sans raison suffisante, s'il étoit susceptible de succession; ainsi, il ne peut point y avoir de changement, ni de succession dans l'Etre nécessaire.

Immuable.

ble.

Il suit clairement de ce qu'on vient de dire, que

Simple.

que l'Être nécessaire ne sçauroit être un Être composé, qui n'existe qu'autant que ses parties sont liées ensemble, & qui peut être détruit par la dissociation de ces mêmes parties, & que par conséquent l'Être existant par lui-même est un Être simple.

Le Monde ni notre Ame ne peuvent être l'Être nécessaire.

§. 21 Le Monde que nous voyons ne sçauroit être l'Être nécessaire, car il est composé de parties & il y a une succession continuelle en lui, ce qui est absolument contradictoire aux attributs que je viens de montrer appartenir à l'Être nécessaire.

Par la même raison, la Matière ni les Éléments de la Matière ne peuvent point être l'Être nécessaire.

Notre Ame ne peut point être non plus cet Être nécessaire, car ses perceptions changeant continuellement, elle est dans des variations perpétuelles, mais l'Être nécessaire ne peut varier: notre Ame n'est donc point l'Être nécessaire.

L'Être existant par lui-même est donc un Être différent du Monde que nous voyons, de la Matière qui compose ce Monde, des éléments qui composent cette Matière, & de notre Ame; & il contient en lui la raison suffisante de son existence, & de celle de tous les Êtres qui existent.

§. 22. On voit aisément par tout ce qui vient d'être

d'être dit, qu'il ne peut y avoir qu'un Etre nécessaire, car s'il y avoit deux Etres qui existassent nécessairement, & indépendamment l'un de l'autre, il seroit possible que chacun existât seul, & par conséquent ni l'un ni l'autre n'existeroit nécessairement.

L'Etre nécessaire, c'est-à-dire Dieu, doit être unique.

§. 23. Il est évident que tout ce qui est possible n'existe pas, & qu'une infinité de choses qui pourroient arriver, n'arrivent point. Alexandre, par exemple, au lieu de détruire l'Empire des Perles, pouvoit tourner ses armes contre les Peuples de l'Occident, ou bien vivre paisiblement dans son Royaume : il pouvoit prendre enfin une infinité de partis différens de celui qu'il a pris, qui auroient tous fait naître une infinité de combinaisons qui étoient possibles alors, & qui auroient produit des événemens tous différens de ceux qui sont arrivés ; les événemens que contiennent les Romains sont dans le même cas ; ils pourroient arriver si une autre suite de choses avoit lieu, ce sont des histoires d'un Monde possible auquel il manque l'actualité, car chaque suite de choses constitue un Monde qui seroit différent de tout autre par les événemens qui lui seroient particuliers ; ainsi, l'on peut concevoir une telle suite de causes qui auroit fait naître les événemens qui sont dans Zaïde, ou ceux de la Reine de Navarre, car ces événemens sont possibles ; & il ne leur manque que l'actualité ; de même, on peut concevoir des

Univers

Univers possibles , dans lesquels il y auroit d'autres Etoiles & d'autres Planetes ; & comme les différens rapports de ces Univers peuvent être combinés d'une infinité de manières , il y a une infinité de Mondes possibles , dont un seul existe actuellement.

Lorsqu'il n'y avoit encore rien de produit , & qu'aucun de ces Mondes possibles n'existoit , ils étoient tous également en pouvoir de parvenir à l'existence ; & ils attendoient , pour ainsi dire , qu'une puissance externe les y appellât , & les rendit actuels ; car ce qui n'existe point , ne peut contribuer à son existence qu'idéalement ; c'est-à-dire , autant qu'il renferme certaines déterminations , que le reste ne renferme pas , & qui peuvent déterminer un Etre Intelligent à le choisir pour lui donner l'existence.

Il faut qu'il y ait une raison suffisante de l'actualité du Monde que nous voyons , puisqu'une infinité d'autres Mondes étoient possibles : or cette raison ne peut se trouver que dans les différences qui distinguent ce Monde-ci , de tous les autres Mondes : il faut donc que l'Etre nécessaire se soit représenté tous les Mondes possibles , qu'il ait considéré leurs arrangemens divers , & leurs différences , pour avoir pû se déterminer ensuite à donner l'actualité à celui qui lui plaisoit le plus.

Dieu est
un Etre In-
telligent.

La représentation distincte des choses fait l'entendement , or l'Etre nécessaire qui a dû se représenter tous les Mondes possibles avant de créer

DE PHYSIQUE: CH. II. 45

créer celui-ci, est donc un Etre intelligent, dont l'entendement est infini, car tous les Mondes possibles renferment tous les arrangemens possibles de toutes les choses possibles; ainsi, cet Etre que nous nommons Dieu, est un Etre intelligent, qui voit non-seulement tout ce qui arrive actuellement, mais encore tout ce qui arriveroit dans quelque Combinaison des choses possibles que ce puisse être, car tout ce qui est possible, être dans les Mondes qu'il contemple sans cesse, & qui se jouent, pour ainsi dire, devant lui.

§. 24. Comme la succession est une imperfection attachée au fini, il n'y a point de succession dans les perceptions de Dieu, qui se représente à la fois tous les Mondes possibles avec tous leurs changemens possibles; & comme il y a dans nos idées une infinité de choses confuses; & que nous ne distinguons point à cause de leur multiplié, les idées que Dieu a des choses étant infiniment distinctes, elles sont infiniment différentes des nôtres, comme seroit à peu près l'idée que nous avons de la Lune d'avec celle, qu'en auroit un homme qui auroit demeuré longtems dans cette Planete. La façon dont Dieu voit & se représente toutes les choses possibles, est donc incompréhensible pour nous. Ainsi nous ne pouvons nous former d'idée distincte de l'entendement Divin, il est comme la Création, au nombre des choses qu'il

Et son intelligence est infiniment au-dessus de la nôtre.

INSTITUTIONS

qu'il nous est impossible de comprendre & de nier. Souvenons-nous toujours, quand nous voudrons comprendre l'entendement de Dieu, de cet enfant, que Saint Augustin vit au bord de la mer, qui essayoit de mettre l'Océan dans une cocque de Noisette; & nous aurons par là une foible idée de la présomption d'un Être, dont l'entendement est fini, & qui veut se faire une idée claire de l'entendement du Créateur.

Il est libre.

§. 25. Le choix que Dieu a fait parmi tous les Mondes possibles, du monde que nous voyons, est une preuve de sa liberté, car ayant donné l'actualité à une suite de choses, qui ne contribuoit en rien par sa propre force à son existence; il n'y a point de raison, qui peut l'empêcher de donner l'existence aux autres suites possibles, qui étoient toutes dans le même cas, quant à la possibilité: Il a donc choisi la suite de choses, qui compose cet Univers pour la rendre actuelle, parce qu'elle lui plaisoit le plus; il a été le maître absolu de son choix; l'Être nécessaire est donc un Être libre: car agir suivant le choix de sa propre volonté, c'est être libre.

Infiniment sage.

§. 26. Mais le choix qu'il a fait de ce Monde, il ne l'a pas fait sans raison, car l'intelligence suprême ne se conduira pas sans intelligence: or puisque nous jugeons ici-bas qu'un Être est plus ou moins intelligent, suivant qu'il se détermine par des raisons plus ou moins suffisantes, Dieu étant

le

DE PHYSIQUE. CH. II. 47

le plus parfait de tous les êtres, aucune de ses actions ne peut être sans une raison suffisante: il a donc eu une raison pour se déterminer à créer un Monde, & cette raison est la satisfaction qu'il a trouvée à communiquer une partie de ses perfections, & la raison qui l'a déterminé à donner l'actualité à ce Monde-ci plutôt qu'à tout autre, a été la plus grande perfection, qu'il a trouvée dans celui-ci; mais cette raison n'est point hors de Dieu, ni antécédente à lui; il la trouve dans lui-même, elle fait partie de son intelligence: car tous les Mondes possibles étant des suites de choses coëxistantes, & successives, ces suites possèdent différens degrés de perfection, selon qu'elles sont plus ou moins bien liées ensemble, & qu'elles tendent avec plus ou moins d'harmonie à une fin générale; or la contemplation de la perfection est la source du plaisir dans les Êtres intelligens, car ce qui a le plus de perfection, plaît davantage, & un Être raisonnable ne desire les choses qu'à proportion qu'il y remarque des perfections; mais comme notre entendement est borné, & que nous sommes sujets à nous tromper dans les jugemens que nous portons, nous prenons souvent une perfection apparente pour une perfection réelle; au contraire Dieu voyant les choses avec un entendement infini, il ne peut être trompé par les apparences; ni choisir le mauvais, faute de connoître le meilleur; il apperçoit donc parmi tous les Mondes possibles le meilleur & le plus parfait, & cette plus grande perfection est la raison suffisante de la préférence, qu'il a donnée à ce Monde-ci sur

TOUS

48 INSTITUTIONS

tous les autres Mondes possibles: l'Être nécessaire est donc infiniment sage, car il n'appartient qu'à un Être, dont la Sagesse est infinie, de choisir le plus parfait.

§. 27. C'est de cette Sagesse infinie du Créateur que les causes finales, ce principe si fécond dans la Phytique, & que quelques Philosophes en ont voulu bannir bien mal-à-propos, tirent leur origine; tout marque un dessein, & c'est être aveugle, ou vouloir l'être, que de ne pas appercevoir que le Créateur s'est proposé dans le moindre de ses Ouvrages des fins, qu'il obtient toujours, & que la Nature travaille sans cesse à exécuter: ainsi, cet Univers n'est point un cahos, une masse désordonnée, sans harmonie, & sans liaison, comme quelques déclamateurs voudroient le persuader; mais toutes les parties y sont arrangées avec une sagesse infinie, & aucune ne pourroit être transplantée ni ôtée de sa place, sans nuire à la perfection du tout.

En étudiant la Nature, on découvre quelque partie des vûes, & de l'art du Créateur dans la construction de cet Univers: ainsi, Virgile a eû raison de dire: *Felix qui potuit rerum cognoscere causas*; puisque la connoissance des causes nous élève jusqu'au Créateur, & nous fait entrer dans le mystère de ses desseins; en nous faisant voir l'ordre admirable, qui régné dans l'Univers & les rapports de ses différentes parties, qui ne sont pas seulement des rapports nécessaires de situation

DE PHYSIQUE. CH. II. 49

situation, comme d'être en haut ou en bas; mais des rapports d'un dessein dont tout porte l'empreinte; & plus le Monde vieillit, plus les hommes poussent loin leurs découvertes, & plus on trouve un dessein marqué dans la fabrique du Monde, & de la moindre de ses parties.

§. 28. Ce monde-ci est donc le meilleur des Mondes possibles, celui où il régné le plus de variété avec le plus d'ordre, & où le plus d'effets sont produits par les Loix les plus simples. C'est l'Univers qui occupe la pointe de la pyramide*, & qui n'en a point au-dessus de lui, mais bien une infinité au dessous qui décroissent en perfection, & qui n'étoient point dignes par conséquent d'être choisis par un Etre infiniment sage.

Ce Monde-ci est le meilleur des Mondes possibles.

Toutes les objections tirées des maux qu'on voit régner dans ce Monde s'évanouissent par ce principe, Dieu les souffre dans l'Univers en tant qu'ils entrent dans la meilleure suite des choses possibles, & dont ils ne sçauroient être ôtés, sans ôter quelques perfections au tout; car tout l'Univers est lié ensemble, le moindre événement tient à une infinité d'autres qui

Les imperfections des parties contribuent à la perfection du tout dans cet Univers.

* M. de Leibnitz continuant dans sa Théodicée le Dialogue entre Boëce & Valla, introduit le Prêtre d'Apollon, qui veut savoir l'origine des malheurs de Sexte Tarquin, & qui cherche cette origine dans le Palais des destinées, qui étoit une pyramide composée de tous les Mondes possibles, dans laquelle le meilleur, qui étoit celui-ci, où Tarquin commettoit les crimes qui ont été la cause de la liberté Romaine, occupoit la pointe.

l'ont précédé , & une infinité d'autres tiennent à lui , & en naîtront. Pour juger donc d'un événement, il n'en faut point juger en particulier , & hors de la liaison , & de la suite des choses ; mais il en faut juger par rapport à l'Univers entier , & par les effets qu'il produit dans tous les lieux , & dans tous les tems. Car de vouloir juger par un mal apparent de la perfection de l'Univers , c'est juger d'un tableau entier par un seul trait ; & c'est une chimère de s'imaginer que toutes les imperfections puissent être ôtées , & le tout rester le même , ou devenir plus parfait : l'imperfection dans la partie contribue souvent à la perfection du tout ; car lorsqu'il faut satisfaire à plusieurs règles à la fois pour arriver à une perfection générale , les règles se contredisent souvent , & forcent à des exceptions qu'il est impossible d'éviter , d'où naissent les imperfections dans la partie , lesquelles ne laissent pas de contribuer au tout le plus parfait qu'il soit possible d'exécuter. L'œil humain, par exemple, ne pourroit voir les moindres parties d'un objet sans perdre la vûe du tout ; nous verrions quelques points , très-distinctement, si nos yeux étoient des Microscopes , mais nous en perdriions l'ensemble. Il faut donc que notre vûe soit moins distincte pour se proportionner à nos besoins , puisque la distinction des moindres parties , & la vûe totale de l'ensemble ne peuvent être réunis ; car il nous est plus utile de voir l'objet entier que de distinguer

guer

DE PHYSIQUE. CH. II. 51.

guer tous ses points les uns après les autres : ainsi c'est une chimère de croire que l'œil de l'homme eût été plus parfait, s'il eût distingué les moindres parties des choses, puisqu'au contraire une telle vûë nous eût été presqu'inutile.

La volonté générale de Dieu va sans doute au bien & à la perfection de chaque chose en particulier ; mais sa volonté conséquente, qui est le résultat de toutes ses volontés antécédentes, & qui peut seule s'exécuter, va au bien, & à la plus grande perfection du tout ; à laquelle la perfection des parties doit céder.

Il est vrai que nous ne pouvons voir tout ce grand tableau de l'Univers, ni montrer en détail comment la perfection du tout résulte des imperfections apparentes que nous croyons voir dans quelques parties, car il faudroit pour cela se représenter l'Univers entier, & pouvoir le comparer avec tous les autres Univers possibles, ce qui est un attribut de la Divinité (§. 13.) Mais notre impuissance sur cela ne peut nous faire douter que l'Intelligence suprême n'ait choisi le meilleur des Mondes pour lui donner l'existence ; car l'Etre nécessaire qui se suffit à lui-même, & qui n'a besoin d'aucune chose hors de lui, n'a pû se proposer d'autres fins dans la Création de cet Univers, que de communiquer une partie de ses perfections à ses Créatures, & de faire un ouvrage digne de lui ; puisqu'il se seroit manqué à lui-même, & qu'il auroit dérogé à ses perfections, s'il avoit pro-

32 INSTITUTIONS

duit un Monde indigne de sa Sagesse.

Une suite de l'enchaînement des parties & du tout, c'est que toute imperfection ne peut être ôtée à l'homme ; l'homme est un être fini, borné & limité dans tout par son essence : or combien de maux ne nous arrive-t'il pas, parce que notre entendement est limité, parce que nous ne saurions tout savoir, tout entendre, ni nous trouver par tout où notre présence seroit nécessaire ? Mais ce sont là des facultés que la Créature ne pourroit avoir sans devenir un Dieu : ainsi, les imperfections qui sont dans la Créature une suite de ses limitations, sont des imperfections nécessaires.

L'Être suprême est infiniment bon.

§. 29. Il suit de tout ce que je viens de dire, que l'Être suprême est infiniment bon ; car s'étant déterminé à créer un Monde pour communiquer une partie de ses perfections infinies, il s'est déterminé à accorder l'actualité à la meilleure suite de choses possibles ; il a accordé à chaque chose en particulier, autant de perfection essentielle qu'elle en pouvoit recevoir ; & il a dirigé par sa Sagesse les maux qui étoient inévitables dans cette suite de choses à de plus grands biens.

Et infiniment puissant.

§. 30. Il est infiniment puissant ; car Dieu s'étant représenté de toute éternité, tout ce qui est possible, son entendement est la source de toute possibilité, & rien ne pouvant jamais devenir

DE PHYSIQUE. CH. II. 53

venir possible que ce que Dieu a conçu comme tel, & rien n'étant actuel que ce à quoi il a bien voulu accorder l'existence, il est le principe de la possibilité, & de l'actualité de tout ce qui est actuel & possible.

Son entendement est le principe de la possibilité, & sa volonté, la source de l'actualité des choses.

§. 31. Dieu est le Maître absolu de cette suite de choses à laquelle il a accordé l'existence, il peut la changer & l'anéantir; car de même qu'on a vû qu'un Etre contingent ne peut se donner l'existence, il ne peut non plus se la conserver un moment par sa propre force. Ainsi, la raison de l'existence continuée ne peut être dans la Créature, qui ne peut ni commencer, ni continuer d'être, que par la volonté du Créateur, dont elle a besoin à tout moment pour se soutenir dans l'actualité qu'il lui a donnée.



CHAPITRE III.

De l'Essence, des Attributs & des Modes.

§. 32.



OMME je serai obligé d'employer souvent dans cet Ouvrage les termes d'*essence*, de *modes*, & d'*attributs*, & qu'il est assez ordinaire que ceux qui les prononcent ayent des idées fort différentes de leur signification, je crois qu'il ne fera pas inutile de fixer ces idées, & de vous apprendre ce que vous devez entendre par ces mots ; car de la véritable notion de l'essence, & de l'attribut dépendent

dépendent des vérités très-importantes en Physique.

§. 33. Ce qui est impossible ne peut exister, car on appelle impossible ce qui implique contradiction ; or si ce qui implique contradiction pouvoit exister, une chose pourroit être, & n'être pas en même tems : ce qui est démontré faux pour tous les hommes.

§. 34. Tout ce qui est possible peut exister, car lorsqu'une chose ne renferme rien de contradictoire, on ne peut rien imaginer qui s'oppose à la possibilité de son existence ; la possibilité des choses dépend donc de la non-contradiction de leurs déterminations ; & dès qu'une chose ne renferme rien de contradictoire, par cela même elle est possible. Un triangle, par exemple, peut être décrit parce qu'il n'est point contradictoire que trois lignes puissent être assemblées à leurs extrémités & renferment un espace ; ainsi, quel'on décrive un triangle, ou que l'on n'en décrive point, le triangle reste toujours également possible : la description exécute ce qui étoit possible auparavant ; mais elle n'ajoute rien de nouveau ; cela fait voir la nécessité de distinguer, comme j'ai fait ci-dessus, entre actuel & possible. Tout ce qui est possible n'est pas actuel, quoique tout ce qui est actuel soit possible ; ainsi, il faut une cause externe pour l'actualité, c'est-à-dire, pour l'existence, qui est le complément de la possibilité ; & sans l'actualité un

Etre resteroit éternellement dans le pays des possibles, (si je puis m'exprimer ainsi) & ne parviendroit jamais à l'existence.

Définition de ce qu'on appelle un Etre.

§. 35. On appelle donc, *un Etre*, ce qui peut exister, & dont les déterminations n'impliquent aucune contradiction, soit que cet Etre existe, soit qu'il soit seulement possible : car nous parlons souvent d'Etres passés, ou futurs, & donnons par conséquent le nom d'*Etre* à tout ce qui est possible, soit qu'il existe ou non, mais on appelle *Etre de raison*, *chimere*, ce qui implique contradiction, & ne peut jamais exister, c'est-à-dire, ce qui est impossible.

Les Etres ont des déterminations variables & des déterminations constantes.

§. 36. Lorsque nous considérons les Etres qui nous environnent, nous y remarquons des déterminations variables & des déterminations constantes : une pierre, par exemple, est tantôt chaude & tantôt froide, mais elle est toujours dure, composée de parties, & pesante. La dureté, la pesanteur, la divisibilité sont donc les déterminations constantes de l'Etre que nous appellons une pierre ; & la chaleur, la couleur, &c. sont ses déterminations variables. Ainsi, l'Horloge à Pendule qui est sur cette cheminée, a toujours les mêmes rouës, le même ressort, &c. mais la situation de ses différentes parties entre elles varie à tout moment pendant qu'elle va. De même les côtés & les angles d'un triangle demeurent inalterables, soit qu'on inférie

cc

DE PHYSIQUE. CH. III. 57

ce triangle dans un cercle, ou qu'on le circonscrive à ce cercle, ou que l'on abaisse une perpendiculaire de son sommet sur sa base.

§. 37. Lorsque l'on considère avec attention les déterminations constantes, & qu'on les compare entre elles, on remarque que quelques unes dépendent tellement des autres, qu'elles ne sçauroient subsister, ni avoir lieu dans l'Être sans les premières, au lieu que les premières ne dépendent nullement les unes des autres, & ne se déterminent point mutuellement; mais qu'elles sont seulement telles, qu'elles peuvent subsister ensemble, & être combinées, sans s'entredétruire. On voit, par exemple, que trois côtés & trois angles sont également des déterminations permanentes & invariables dans un triangle, cependant avec plus d'attention, on s'apperçoit que lorsque deux lignes droites sont jointes par leurs extrémités, elles ne se déterminent point l'une l'autre, & qu'elles peuvent faire un angle, ou n'en point faire; & faire un angle d'une certaine grandeur, ou d'une autre: mais cet angle & ces deux côtés une fois déterminés, les deux autres angles & le troisième côté le sont aussi; & il faut absolument les faire de la grandeur que ces premières déterminations exigent, car toute autre manière est impossible. Ainsi, le troisième côté, & les deux autres angles d'un triangle, dépendent des deux côtés & de l'angle compris.

Ce que
c'est qu'ef-
fence, &
en quoi el-
le consiste.

§. 38.

§. 38. Lorsque l'on veut concevoir comment un Etre est possible, ce n'est point les déterminations variables qu'il faut considérer, car ces déterminations subsistant tantôt, & tantôt ne subsistant plus, elles ne peuvent point entrer dans le nombre de celles qui constituent un Etre, puisque cet Etre peut subsister malgré leurs variations.

On ne peut point non plus poser, pour concevoir cet Etre, les déterminations constantes qui découlent, & sont elles-mêmes déterminées par d'autres déterminations qui les précèdent; car on veut sçavoir ici comment l'Etre est possible, & ce qui le rend possible: il faut donc assembler les déterminations de cet Etre qui ne se repugnent point l'une à l'autre, & qui ne sont point des suites nécessaires d'autres déterminations antécédentes, comme sont, par exemple, dans un triangle, les deux côtés & l'angle compris; car comme le troisième côté & les deux autres angles ne sont possibles, qu'autant que les deux côtés & l'angle compris sont posés, il faut poser les deux côtés & cet angle avant le troisième côté, & les deux autres angles: ainsi, les déterminations primordiales sont celles qui constituent l'essence d'un Etre.

Puisque c'est par son essence qu'un Etre devient possible, quand on veut connoître la possibilité d'un Etre, il faut connoître son essence, c'est-à-dire, la manière dont cet Etre peut être produit: ainsi, l'essence est la première chose

DE PHYSIQUE. CH. III. 59

chose que l'on puisse concevoir dans un Etre ; & aucun Etre ne sçauroit subsister sans essence.

§. 39. Tout ce qui se déduit de l'essence appartient constamment à l'Etre, & c'est ce qu'on appelle, *attribut* ou *propriété*. Tout ce qui repugne à l'essence d'un Etre, c'est-à-dire, à ses déterminations primordiales & essentielles, ne sçauroit se trouver dans cet Etre, mais tout ce qui n'est point contradictoire à ces déterminations peut s'y trouver, quoiqu'il ne s'y trouve pas toujours ; & c'est là l'origine des attributs, & des propriétés variables, ou des modes. Il répugne ; par exemple, à l'essence d'un triangle d'avoir quatre côtés, parce que l'essence du triangle exclut le quatrième côté ; mais il ne repugne point à cette essence que le triangle soit partagé en deux par une ligne tirée du sommet sur la base.

Les attributs ou propriétés découlent de l'essence.

Tout ce qui se trouve dans un Etre doit donc se rapporter ou aux propriétés essentielles & primordiales, ou aux attributs, ou aux modes. Ainsi, les propriétés essentielles & primordiales, ou l'essence d'un triangle sont deux côtés & l'angle compris : ses attributs sont un côté & deux angles ; & ses modes sont d'être inscrit, circonscrit, &c.

§. 40. Les propriétés primordiales & les attributs sont constamment dans l'Etre, & ne l'abandonnent

bandonnent jamais ; mais les modes peuvent s'y trouver , & ne s'y trouver pas : & il n'y a que leur possibilité de nécessaire , & d'invariable.

§. 41. Il n'y a point de raison primitive & intrinsèque pour que les déterminations essentielles d'un Etre se trouvent dans cet Etre , car ces déterminations étant ce que l'on peut concevoir de premier dans l'Etre , on y peut concevoir quelque autre chose d'antérieur d'où les déterminations premières dépendent elles-mêmes : ainsi , par exemple , il y a une raison première & interne pourquoi le triangle équilatéral a ses trois angles égaux ; mais il n'y en a point pourquoi ses trois côtés sont égaux. Car ces trois côtés égaux sont ce que l'on prend pour démontrer l'égalité des trois angles : car un triangle est déterminable de plusieurs façons ; il peut être équilatéral , ou scalène ; mais c'est moi qui le détermine à être équilatéral ; en faisant ses trois côtés égaux. Il en est des déterminations essentielles d'un Etre , comme des données d'un problème , qui sont des déterminations simplement possibles , qui ne se contredisent & ne s'entredétruisent point , & qui sont naitre par leur combinaison quelque nouvelle détermination qu'on doit chercher. Si ces premières déterminations qu'on nomme les *déterminantes* , avoient une raison intrinsèque pourquoi elles sont ensemble , le problème

Différence entre déterminations essentielles & attributs.

DE PHYSIQUE. CH. III. 61

problème seroit plus que déterminé ; pour trouver, par exemple, le quatrième côté L. d'un trapèze, on donneroit plus de déterminations qu'il n'en faut pour la solution du problème, en donnant les trois côtés A. B. C. & les trois angles *o. u. r.* puisque les trois côtés A. B. C. avec les deux angles *o. & u.* suffisent pour déterminer tout ce qui convient à ce trapèze, & le troisième angle *r.* étant déjà déterminé lui-même par ces données, il ne doit point entrer dans le nombre des déterminantes : car ces données n'ont point de déterminations intrinsèques, & leur grandeur peut varier, & être telle que celui qui donne le problème le juge à propos ; mais l'angle *r.* est déterminé par les trois côtés A. B. C. & les deux angles *o. & u.* & sa grandeur ne sçauroit varier.

Planche
10.

Fig. 5-
Num. 2.

§. 42. Il est évident par-là que les propriétés ou attributs, ont leur raison suffisante dans les déterminations essentielles ; car puisque ces essentielles étant posées, les propriétés le sont aussi, on peut comprendre par la nature des déterminations essentielles pourquoi les attributs ou propriétés, sont plutôt telles, que tout autrement. Ainsi, on voit que la grandeur des angles *r. & s.* & du côté L. du trapèze A. B. C. L. découle de la grandeur des trois autres côtés, & des deux autres angles qui sont les déterminations essentielles du trapèze A. B. C. & qui sont son essence ; & ces essentielles dé-

terminantes

Fig. 5-
Num. 2.

terminantes variant, les attributs ou propriétés varient aussi nécessairement : elles sont les inconnues d'un problème, qui doivent avoir leur raison suffisante dans les données, puisque sans cela il seroit impossible de résoudre le problème, & de les déterminer

Ce qu'on appelle modes.

Leur possibilité découle de l'essence, mais non de leur actualité.

§. 43. Les modes sont la limitation du sujet dont ils sont les modes : tout ce qui ne repugne point aux déterminations essentielles, quoique les essentielles ne le déterminent point, est un *mode* : ainsi, l'on peut comprendre par ces essentielles, pourquoi un mode est possible, mais non pas pourquoi il devient actuel ; car si les déterminations essentielles contenoient la raison de l'actualité des modes, les modes deviendroient des attributs, puisqu'il seroit impossible qu'ils ne se trouvaient pas dans l'Être.

§. 44. Ainsi la simple possibilité des modes reconnoit sa raison suffisante dans l'essence ; mais leur actualité dépend, ou d'autres modes antécédens, ou d'Êtres extérieurs ; ou de l'un & de l'autre à la fois.

Les attributs ne peuvent pas non plus contenir la raison de l'actualité des modes, car ce qui est fondé dans les attributs, est originaiement fondé dans l'essence, d'où les attributs dépendent ; & ainsi les modes actuels seroient nécessaires & immuables comme les attributs mêmes, si la raison de leur actualité se trouvoit dans

DE PHYSIQUE. CH. III. 63

dans les attributs : or puisque cette raison ne se peut trouver dans l'essence ni dans les attributs d'un Etre , si elle se trouve dans l'Etre même , il faut qu'elle soit fondée dans les modes antécédens ; car un Etre n'a que son essence , ses attributs , & ses modes : si elle n'est pas dans l'Etre même , il faut qu'elle se trouve dans les Etres extérieurs , & si une partie seulement de cette raison se trouve dans l'Etre , il faut que le reste se trouve dans les Etres extérieurs , pour que la raison de l'actualité des modes devienne suffisante.

Un exemple éclaircira tout ceci , la position donnée des parties d'un Horloge , par exemple , ne dépend point de son essence , parce qu'elle peut changer ; la possibilité de cette position dérive seulement de l'essence : mais son actualité vient de la position précédente ; & si un agent extérieur faisoit tourner les roues de cet Horloge , l'actualité de la nouvelle position que ses parties acquerroient , dépendroit en partie de cet Etre extérieur , qui applique sa force à faire remuer les roues , & en partie de la position précédente , dans laquelle il a trouvé les roues de cet Horloge avant de les faire tourner.

Les mouvemens du Corps humain peuvent encore servir d'exemple ; car tous les mouvemens que je puis faire avec mon bras sont possibles par mon essence ; mais l'actualité d'un mouvement quelconque , dépend en partie des objets

objets extérieurs qui m'y déterminent , & en partie de la situation antécédente de mon bras.

§. 45. Comme l'essence consiste dans la-non répugnance de l'assemblage de plusieurs déterminations pour faire un seul Etre , on voit que la possibilité des essences actuelles est nécessaire , & qu'il implique contradiction , qu'il y ait eû un tems où une essence qui est possible à présent , ait été impossible , parce qu'il faudroit pour cela qu'une chose pût être possible & impossible, en même tems. L'essence d'un triangle; par exemple, consiste en ce qu'il ne repugne point que trois Lignes données, dont deux prises ensemble sont plus grandes que la troisième; renferment une espace , & l'on ne peut jamais concevoir que cela devienne impossible , sans admettre que les mêmes déterminations pussent se repugner , & ne se point repugner en même tems.

Ces essences sont nécessaires.

Elles sont invariables comme les nombres.

§. 46. De même que les essences sont possibles de toute éternité, elles sont invariables : car si on substituë à la place d'une des déterminations qui constituent l'essence d'un Etre; une autre détermination qui puisse subsister avec les autres , (car sans cela cette substitution de détermination ne pourroit avoir lieu) on aura un Etre nouveau ; mais le premier n'aura pas été changé pour cela dans sa possibilité, ni dans son essence. Ainsi, par exemple, si à la place d'un

DE PHYSIQUE. CH. III. 65

d'un des côtés d'un triangle, on en met deux autres, on ne détruit ni on ne change pas pour cela l'essence du triangle; mais on fait une Figure à quatre côtés, c'est à-dire, un Etre d'une nouvelle espèce.

Ainsi, les Scholastiques avoient raison de dire que les essences sont comme les Nombres: rien n'est plus juste que cette comparaison, qui même est une espèce de démonstration qui éclaircit merveilleusement cette doctrine des essences; car, pour faire un nombre, on combine quelques unités, dont la combinaison n'est point nécessaire, mais seulement possible: or si vous ôtez une de ces unités, ou que vous leur en ajoutiez une, vous aurez un autre nombre; ainsi rien ne peut être ôté, ni ajouté à un nombre, *salvo Numero*, sans la destruction de ce nombre. Il en est de même des essences; quelques déterminations qui ne sont point nécessairement ensemble, mais qui ne se repugnent point, constituent l'essence; & quoique vous en ôtiez ou y ajoutiez, l'essence ne demeure plus la même, ce n'est plus le même Etre; mais il en naît l'essence d'un autre Etre très-différent du premier.

§. 47. Il suit encore de ce qu'on a dit sur le fondement des attributs, qu'ils sont incommunicables: car ayant leur raison suffisante dans l'essence, il est impossible de les transporter ailleurs; & il ne peut se trouver d'attributs dans

Les attributs sont incommunicables.

un sujet que ceux qui découlent de son essence. Ce qui finit cette dispute si fameuse parmi les Philosophes, si Dieu a pû donner la pensée à la matière ou non ; car il s'uit nécessairement de la Doctrine des essences, qu'il ne peut y avoir de propriétés dans un sujet que celles qui naissent de son essence, c'est-à-dire, de la Combinaison de ses déterminations, essentielles & Invariables. Tous les Philosophes avouent que la matière, en tant que matière, c'est-à-dire, en tant qu'étendue & impénétrable ne peut former une pensée ; mais ils disent, *que Dieu a peut-être donné à la matière l'attribut de la pensée, quoiqu'elle ne l'ait point par son essence ; & qu'ainsi, comme on ne sait point ce qu'il a plu à Dieu de faire, on ne peut savoir non plus si ce qui pense en nous est matière ou non.* Puisqu'ils avouent que la pensée n'est point fondée dans l'essence de la matière, & qu'elle n'est point un attribut de la matière, elle ne peut pas non plus lui avoir été communiquée, puisque par la Doctrine des essences, les attributs sont incommunicables, & qu'ils doivent tous avoir leur fondement dans l'essence : il est donc impossible que la pensée puisse être un attribut de la matière.

D'où il s'uit que la pensée ne peut-être l'attribut de la matière.

Locke de l'Entendement Humain.

§. 48. J'ai dit dans le Chapitre précédent (§. 30.) que l'entendement de Dieu étoit la source des possibles, mais comme cette matière est de la dernière importance dans la Physique

DE PHYSIQUE. CH. III. 67

fique, je crois nécessaire de l'éclaircir ici.

L'entendement Divin est la source de tout ce qui est possible, parce que toutes les choses possibles avec toutes leurs déterminations possibles y sont contenues, mais les essences des choses, c'est-à-dire, les premières déterminations, par la combinaison desquelles elles deviennent possibles, & dont toutes leurs propriétés découlent, ont leur fondement dans le principe de contradiction, & sont possibles, parce qu'il n'implique point contradiction que de telles ou telles déterminations puissent être assemblées d'une telle, ou d'une telle manière. Ainsi l'essence d'un Cercle consiste dans une Ligne dont tous les points sont également éloignés d'un autre point qu'on nomme centre: or il n'implique point contradiction qu'une Ligne puisse être tournée autour d'un point fixe pour décrire un Cercle, & il est impossible de concevoir que cela ait jamais impliqué contradiction. Ainsi, les essences des choses ne sont point arbitraires, & ne dépendent point de Dieu: car si les choses n'étoient possibles que parce que Dieu l'a voulu ainsi, elles deviendroient impossibles s'il le vouloit autrement, c'est-à-dire, que tout seroit possible & impossible en même temps, ce qui est une contradiction dans les termes: ainsi dire que les essences ne dépendent pas de Dieu, c'est dire simplement que Dieu ne peut pas les contradictoires, ce qui n'est pas une négation de puissance.

De quelle manière l'entendement Divin est la source des possibles.

Les essences, c'est-à-dire, la possibilité des choses, ne dépend point de la volonté de Dieu.

E 2 S.

Aburdité
insepata-
ble de l'o-
pinion qui
fait les ef-
fences des
choses ar-
bitraires.

Si l'on accorderoit que les essences des choses dépendissent de la volonté de Dieu, il s'en suivroit encore une autre contradiction bien palpable; car l'entendement de Dieu consistant dans la représentation des possibles, si la possibilité des choses dépendoit de sa volonté, il faudroit dire que Dieu a été sans entendement, pendant que sa volonté étoit occupée à créer des possibles: or il n'y auroit point eu alors de raison pour laquelle il eût pû se déterminer à accorder la possibilité à certaines choses plutôt qu'à d'autres, puisqu'il ne les connoissoit pas. Ainsi, c'est comme si l'on disoit que l'entendement ou la représentation des choses étoit en Dieu, avant l'entendement & la représentation des choses, ce qui est une contradiction dans les termes.

§. 49. Quoique l'essence des choses ne dépende pas de Dieu, cependant il ne s'ensuit pas qu'il y ait rien hors de lui; car les idées qui représentent la possibilité des choses sont essentielles à Dieu; & son entendement contient tout ce qui est possible, & tout ce qui ne s'y trouve point est impossible. Ainsi, l'entendement Divin est la région éternelle des vérités, & la source des possibilités, de même que sa volonté est la source de l'actualité & de l'existence.

On doit donc dire que l'actualité des choses dépend de la volonté de Dieu, car ayant donné l'existence

DE PHYSIQUE CH. III. 69

l'existence à ce Monde plutôt qu'à tout autre Monde possible, le Monde existe, parce que Dieu l'a voulu, & un autre existeroit s'il l'avoit voulu autrement; mais la possibilité des choses a sa source dans l'entendement de Dieu qui a conçu nécessairement tout ce qui est possible de toute éternité, mais non pas dans sa volonté qui ne peut se déterminer que conséquemment à ce que son entendement se représente. Ainsi, on ne doit rien admettre comme vrai en Philosophie, quand on ne peut donner d'autre raison de sa possibilité que la volonté de Dieu, car cette volonté ne fait point comprendre comment une chose est possible. Ainsi, on ne peut concevoir comment un aussi grand homme que Descartes a pu penser que les essences étoient arbitraires, puisque cette opinion est entièrement renversée par le principe de contradiction, que lui-même avoit posé dans le commencement de sa Philosophie.

L'actualité des choses dépend de la volonté de Dieu.

Ev.

§. 50. Ainsi quand il est question d'admettre quelques propriétés dans un Etre, il faut voir si cette propriété découle de son essence, c'est-à-dire, des déterminations primordiales qui le rendent possible; car en tant qu'un Etre est considéré seul, il faut montrer sa possibilité intrinsèque par le principe de contradiction, & sa possibilité externe, ou son actualité par le principe de la raison suffisante & de là déduire les attributs de cet Etre, & les modes dont

Comment on doit juger quelles propriétés appartiennent à un Etre.

il est susceptible. Et quand on considère cet Etre comme placé dans la suite des choses, & lié avec les autres Etres qui l'environnent; il faut montrer comment un Etre dépend de son voisin, & quelles causes ont donné l'actualité aux modes qui étoient simplement possibles, lorsque l'Etre étoit considéré comme isolé & hors de la suite des choses: c'est de cette manière que Dieu a exécuté sa volonté, & que l'on doit chercher à rendre raison des choses dans la Philosophie.

Cette seule vérité de l'immutabilité des essences, bannit tout d'un coup de la Philosophie toutes les hypothèses précaires, & tous les monstres sortis de l'imagination des hommes, qui ont tant retardé le progrès des Sciences & de l'esprit humain: telles sont les forces primitives des Scholastiques qui se trouvoient dans la matière, sans autre raison que la volonté de Dieu: telle seroit l'attraction si on en vouloit faire une propriété inhérente de la matière: telle est enfin, comme je l'ai dit ci-dessus, (§. 47.) l'idée du célèbre Locke sur la possibilité de la matière pensante.

De la Substance.

§. 51. On peut expliquer par ce principe de l'immutabilité des essences, ce que c'est que Substance dont tout le monde parle, & dont personne n'a encore donné une bonne définition.

Les Scholastiques définissoient la Substance
Ens quod per se subsistit & sustinet accidentia,
 c'est-à-dire,

DE PHYSIQUE. CH. III. 71

c'est-à-dire , *un Etre qui subsiste par lui-même & est le soutien des accidens* : mais quand on veut sçavoir ce que c'est que *subsister par soi-même , soutenir des accidens , & la manière dont ils sont soutenus* , on ne reçoit pour toute réponse que de nouveaux mots à définir , & auxquels aucune idée distincte n'est attachée.

Définition de la Substance par les Scholastiques.

Descartes n'a pas été plus loin que les Scholastiques sur ce sujet, car il définit la Substance , *un Etre qui existe tellement qu'il n'a besoin d'aucun autre Etre pour son existence* : or on voit bien que cela revient au *per se subsistere* des Scholastiques , & que de plus , si on prend cette définition à la rigueur , il n'y aura que Dieu qui soit une véritable Substance , puisque toutes les Créatures subsistent par lui & que lui seul subsiste par lui-même.

M. Locke lui-même s'arrête à la notion imaginaire de la Substance , telle que les sens & l'imagination la donnent au vulgaire , il dit : *que la Substance n'est autre chose qu'un sujet que nous ne connoissons pas , & que nous supposons être le soutien des qualités dont nous découvrons l'existence , & que nous ne croyons pas pouvoir subsister , sine re substantive , sans quelque chose qui les soutienne , & que nous donnons à ce soutien le nom de Substance qui , rendu nettement en François veut dire , ce qui est dessous , ou ce qui soutient*. On voit aisément que cette notion de la Substance est entièrement confuse , comme M. Locke l'avoue lui-même .

Idée de M. Locke sur la Substance.

Locke liv. 2. ch. 23.

& qu'elle n'est autre chose qu'une espèce de comparaison qui a quelque ressemblance avec la notion véritable.

D'autres Philosophes ont nié la distinction entre Modes & Substances, croyant que tout ce qui appartient à l'Etre étoit également nécessaire, & que les Modes devenoient des Substances, & les Substances des Accidens selon qu'on les considéroit, confondant ainsi les substantifs de la Grammaire qui sont des Substances par fiction, avec les véritables Substances de la Nature. Ainsi, quand je dis *blanc*, j'exprime un mode; mais j'en fais une Substance par fiction, quand je dis *blancheur*, quoique la blancheur ne puisse jamais être une véritable Substance.

Véritable
notion de
la Substan-
ce.

§. 52. On a vû ci dessus (§. 36.) que chaque Etre a des déterminations constantes, qui demeurent toujours les mêmes pendant que l'Etre subsiste, & des déterminations variables qui changent pendant que les autres durent. Nous avons vû de plus, que les attributs découlent nécessairement des déterminations essentielles, ainisque la possibilité des modes, dont l'actualité seule est variable (§. 39. & 43.) Or il suit de-là, que les déterminations essentielles sont le soutien de l'Etre, où ce *substratum*, qui a tant embarrassé les Philosophes; car les déterminations essentielles étant ôtées, les attributs tombent comme en ruine, de même que les modes, & alors l'Etre n'existe plus, n'est plus lui.

Ainsi

des Chapitres 1. 2. et 3.

Fig. 2

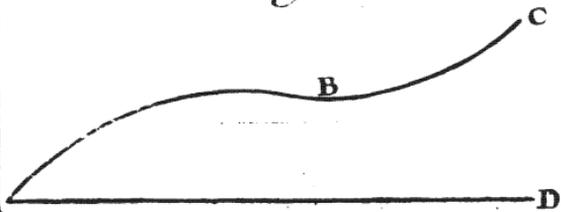


Fig. 4

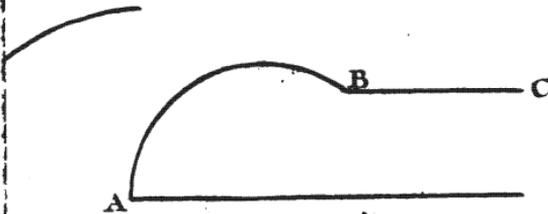


Fig. 5 num. 1^o

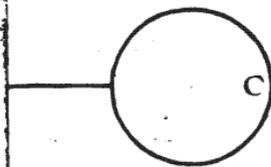


Fig. 5 num. 2^o

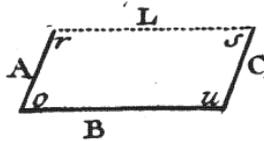


planche 1.^{re}

DE PHYSIQUE. CH. III. 73

Ainsi, l'essence est la source des attributs & de la possibilité des modes, ainsi elle est comme le support & le soutien de tout ce qui peut convenir à l'Être; & l'on peut définir la Substance, *ce qui conserve des déterminations essentielles & des attributs constans, pendant que les modes y varient & se succedent*; c'est-à-dire, un sujet durable & modifiable: car en tant qu'il a une essence & des propriétés qui en découlent, il dure & continuë d'être le même, & en tant que ses modes varient, il est modifiable: mais un Être qui n'est point modifiable est un accident, comme le blanc, par exemple; car la moindre modification de cette couleur la change en une autre, & elle ne peut être modifiée sans être changée.

Tout Être durable & modifiable est une Substance.

CHAPITRE



CHAPITRE IV.

Des Hypotheses

§. 53.

Utilité
des proba-
bilités dans
la Physi-
que.

LEs véritables causes des effets naturels & des Phénomènes que nous observons, sont souvent si éloignées des principes sur lesquels nous pouvons nous appuyer, & des Expériences que nous pouvons faire, qu'on est obligé de se contenter de raisons probables pour les expliquer : les probabilités ne sont donc point à rejeter dans les sciences, non seulement parce qu'elles sont souvent d'un grand usage dans la pratique, mais encore parce qu'elles frayent le chemin qui mène à la vérité.

§. 54.

DE PHYSIQUE CHAP. IV. 75

§. 54. Il faut un commencement dans toutes les recherches, & ce commencement doit presque toujours être une tentative très-imparfaite, & souvent sans succès. Il y a des vérités inconnues comme des pays, dont on ne peut trouver la bonne route qu'après avoir essayé de toutes les autres. Ainsi, il faut nécessairement que quelques-uns risquent de s'égarer, pour marquer le bon chemin aux autres : ce seroit donc faire un grand tort aux sciences, & retarder infiniment leurs progrès que d'en bannir avec quelques Philosophes modernes, les hypothèses.

Utilité
des hypo-
thèses.

§. 55. Descartes qui avoit établi une bonne partie de sa Philosophie sur des hypothèses, parce qu'il étoit presque impossible de faire autrement dans son tems, mit tout le Monde sçavant dans le goût des hypothèses ; & l'on ne fut pas long-tems sans tomber dans celui des fictions. Ainsi, les livres de Philosophie qui devoient être un recueil de vérités, furent remplis de fables, & de rêveries.

Abus des
hypotheses
par les dis-
ciples de
M. Descar-
tes.

M. Newton, & surtout ses disciples, ont tombé dans l'excès contraire : dégoutés des suppositions, & des erreurs dont ils trouvoient les livres de Philosophie remplis, ils se sont élevés contre les hypothèses, & ont tâché de les rendre suspectes & ridicules, en les appelant, *le poison de la raison*, & *la peste de la Philosophie*. Cependant, celui-là seul qui seroit en état

Les disci-
ples de M.
Newton
sont tom-
bés dans le
défaut con-
traire.

état d'assigner & de démontrer les causes de tout ce que nous voyons, feroit en droit de bannir entierement les hypotheses de la Physique; mais pour nous autres, qui ne semblons pas faits pour de telles connoissances, & qui ne pouvons souvent arriver à la verité qu'en nous traînant de vraisemblance en vraisemblance, il ne nous appartient pas de prononcer si hardiment contre les hypotheses.

Comment on fait une hypothese.

§. 56. Lorsque l'on prend certaines choses pour rendre raison de ce qu'on observe, & que l'on n'est pas encore en état de démontrer la verité de ces choses que l'on a supposées, on fait une hypothese. Ainsi, les Philosophes établissent des hypotheses pour expliquer par leur moyen les Phénomènes dont nous ne sommes point en état de découvrir la cause par l'Expérience, ni par la démonstration.

Les hypotheses font le fil qui nous a conduit aux plus sublimes découvertes.

§. 57. Pour peu qu'on se rende attentif à la façon dont les plus sublimes découvertes ont été faites, on verra que l'on n'y est parvenu qu'après avoir fait bien des hypotheses inutiles, & ne s'être point rebuté par la longueur & l'inutilité de ce travail; car les hypotheses font souvent le seul moyen de découvrir des verités nouvelles, qui soit à notre portée; il est vrai que le moyen est lent, & demande un travail d'autant plus pénible, que l'on est longtemps sans pouvoir s'assurer s'il sera utile ou infructueux :
de

DE PHYSIQUE. CH. IV. 77

de même que lorsque l'on fait une route inconnue, & que l'on trouve plusieurs chemins, ce n'est qu'après avoir marché long-temps, que l'on peut s'assurer si l'on a pris la bonne route, ou si l'on s'est égaré : mais si l'incertitude dans laquelle on est, lequel de ces chemins est le bon, étoit une raison pour n'en prendre aucun, il est certain qu'on n'arriveroit jamais; au lieu que lorsqu'on a le courage de se mettre en chemin, on ne peut douter que de trois chemins, dont deux nous ont égaré, le troisième nous conduira infailliblement au but.

C'est de cette manière que l'Astronomie a été portée au point où nous l'admirons aujourd'hui ; car si l'on avoit voulu attendre pour calculer le cours des Astres, que l'on eût trouvé la véritable théorie des Planetes, nous serions actuellement sans Astronomie.

Sans hypothèse on auroit fait peu de découvertes dans l'Astronomie.

La première idée de ceux qui se sont appliqués à cette science, aussi bien que celle de tous les hommes, a dû être que le Soleil & tous les Astres tournoient autour de la Terre en vingt-quatre heures. On commença donc à expliquer, & à prédire les Phénomènes par cette hypothèse que l'on a appelé l'*hypothèse de Ptolomée*, jusqu'à ce que les difficultés insurmontables des conséquences que l'on en tiroit, comparées avec les observations, & l'impossibilité de construire selon cette hypothèse des tables qui fussent d'accord avec les Phénomènes du Ciel, portèrent Copernic à l'abandon-

C'est à elles que l'on doit le véritable système du Monde.

ner

ner entierement , & à s'attacher à l'hipothese contraire ; laquelle se trouve tellement d'accord avec les Phénomènes , que sa certitude n'est pas loin à présent de la démonstration ; & qu'il n'y a aucun Astronome qui ose adopter celle de Ptolomée.

Elles donnent souvent l'idée de faire de nouvelles expériences très-utiles.

§. 58. Les hipothèses doivent donc trouver place dans les sciences, puisqu'elles sont propres à nous faire découvrir la vérité , & à nous donner de nouvelles vûes ; car une hipothese étant une fois posée , on fait souvent des expériences pour s'assurer si elle est la bonne, dont on ne se seroit jamais avisé sans cela. Si l'on trouve que ces expériences la confirment , & que non seulement elle rende raison du Phénomène qu'on s'étoit proposé d'expliquer par son moyen, mais encore que toutes les conséquences qu'on en tire s'accordent avec les observations , la probabilité croît à un tel point, que nous ne pouvons lui refuser notre assentiment , & qu'elle équivaut presque à une démonstration.

L'exemple des Astronomes peut encore servir merveilleusement à éclaircir cette matiere ; car on est venu à déterminer les véritables orbites des Planetes , en supposant d'abord qu'elles faisoient leurs révolutions dans des cercles dont le Soleil occupoit le centre : mais la variation de leur vitesse & leurs diametres apparens étant contradictoires à cette hipothese ; on supposa qu'elles se mouvoient dans des cercles

clés excentriques , c'est-à-dire dans des cercles dont le Soleil n'occupoit point le centre. Cette supposition qui satisfaisoit assez bien aux mouvemens de la Terre , s'éloignoit beaucoup de ce que l'on observe de la Planete de Mars ; & pour y remedier , on chercha à faire une nouvelle correction à la courbe que les Planetes décrivent dans leur révolution annuelle. Cette façon de proceder réussit si bien , qu'enfin Kepler allant de supposition en supposition ; trouva leur véritable orbite , qui satisfait admirablement à toutes les apparences , & cet orbite est une Ellipse dont le Soleil occupe un des foyers.

C'est par le moyen de cette hypothese de l'Ellipticité des orbites que Képler parvint à découvrir la proportionnalité des aires & des tems , & celle des tems & des distances ; & ce sont ces deux fameux théorèmes , qu'on appelle les *Analogies de Képler* , qui ont mis M. Newton à portée de démontrer que la supposition de l'Ellipticité des orbes des Planetes s'accorde avec les loix de la Méchanique , & d'assigner la proportion des forces qui dirigent les mouvemens des Corps Célestes.

Il est donc évident que c'est aux hypotheses successivement faites & corrigées que nous sommes redevables des belles & sublimes connoissances dont l'Astronomie & les sciences qui en dépendent sont à présent remplies ; & l'on ne voit point comment il auroit été possible
aux

aux hommes d'y parvenir par un autre moyen.

C'est par le moyen des hypotheses que M. Hughs a decouvert que Saturne étoit entouré d'un anneau.

C'est par ce même moyen que nous sçavons aujourd'hui que Saturne est entouré d'un anneau qui réfléchit la lumiere , & qui est séparé du corps de la Planete , & incliné à l'Ecliptique : car M. Hughs qui l'a decouvert le premier , ne l'a point observé tel que les Astronomes le décrivent à présent ; mais il en observa plusieurs phases , qui ne ressembloient quelquefois à rien moins qu'à un anneau ; & comparant ensuite les changemens successifs de ces phases , & toutes les observations qu'il en avoit faites , il chercha une hypothese qui pût y satisfaire , & rendre raison de ces différentes apparences. Celle d'un anneau réussit si bien , que par son moyen , non seulement on rend raison des apparences , mais on prédit encore les phases de cet anneau avec précision.

Cet accord entre l'hypothese & les observations ont enfin converti cette supposition de M. Hughs en certitude ; & l'on ne doute plus à présent que cet anneau ne soit très-réel : ainsi , les hypotheses nous ont valu cette belle decouverte de l'anneau de Saturne.

On peut en dire autant de l'ingénieuse explication que le même M. Hughs a donné des Halos , c'est-à-dire , de ces especes de couronnes colorées qui paroissent quelquefois autour des Astres. Personne avant lui n'avoit imaginé quelle pouvoit être la cause de ces Phénomènes ; mais M. Hughs , après plusieurs
suppositions

DE PHYSIQUE CH. IV. 81

Suppositions inutiles, trouva enfin qu'en supposant dans l'air des grains de grêle glacés avec un noyau de neige au milieu, on pouvoit rendre raison de toutes les circonstances qui accompagnent ces Phénomènes; & personne ne s'est avisé de révoquer cette explication de M. Hughs en doute.

§. 59. Il en est de même dans les nombres : la division, par exemple, n'est fondée que sur des hypothèses, & sans hypothèse, vous ne pourriez diviser; car lorsque vous commencez la division, vous supposez que le diviseur est contenu dans le dividende autant de fois que le premier chiffre du diviseur est contenu dans le premier chiffre, ou dans les deux premiers chiffres du dividende; & alors vous vérifiez cette supposition en multipliant le diviseur par le quotient, & en soustrayant du dividende le produit de cette multiplication. Si vous trouvez que cette soustraction ne peut point se faire, vous concluez que vous avez trop mis au quotient; & alors vous le corrigez. Ainsi, toute cette opération se fait par le moyen des hypothèses.

La division n'est fondée que sur des hypothèses,

§. 60. Il est donc permis, & il est même très-utile de faire des hypothèses dans tous les cas, où nous ne pouvons point découvrir la véritable raison d'un Phénomène & des circonstances qui l'accompagnent, ni *à priori*, par le

Les hypothèses sont non seulement très-utiles, mais même quelquefois très-nécessaires.

Tomel.

F. moyen

§2 INSTITUTIONS

moyen des vérités que nous connoissons déjà ; ni à *posteriori*, par le secours des Experiences.

Comment
il faut se
conduire,
quand on
fait une hi-
pothèse.

§. 61. Il y a sans doute des règles à suivre ; & des écueils à éviter dans les hypotheses. La premiere de toutes est, qu'elle ne soit point en contradiction avec le principe de la raison suffisante, ni avec aucun de ceux qui servent de fondement à nos connoissances. La seconde règle est de se bien assurer des faits qui sont à notre portée, & de connoître toutes les circonstances qui accompagnent le Phénomene que nous voulons expliquer. Ce soin doit précéder toute hypothèse inventée pour en rendre raison ; car celui qui hazarderoit une hypothèse sans cette précaution, coureroit le risque de voir renverser son explication par des faits nouveaux dont il avoit négligé de s'instruire ; c'est ce qui seroit arrivé à celui qui auroit voulu rendre raison de l'Electricité, après avoir vû seulement que la cire d'Espagne, frottée avec force, attire des brins de papier : car il lui étoit facile de faire sur les autres corps ce qu'il faisoit sur la cire d'Espagne ; & en les frottant de même, ils auroient été aussi électrisés. Ainsi, l'explication de l'électricité de la cire d'Espagne seule eût été insuffisante & précipitée.

Mais lorsque l'on peut se flatter de connoître le plus grand nombre des circonstances qui accompagnent un Phénomene, alors on peut

CR

DE PHYSIQUE. CH. IV. 53

en chercher la raison par des hypotheses, au hazard sans doute de se corriger, & d'être corrigé bien souvent : mais ces efforts que l'on fait pour trouver la vérité sont toujours glorieux, quand même ils seroient sans fruit.

§. 62. Les hypotheses n'étant faites que pour découvrir la vérité, on ne les doit point faire passer pour la vérité elle-même, avant d'en pouvoir donner des preuves incontestables. Il est donc très-important pour le progrès des sciences, de ne point se faire illusion à soi-même & aux autres sur les hypotheses que l'on a inventées, mais il faut estimer le degré de probabilité qui s'y trouve, & n'en jamais imposer par des détours & un air de démonstration, qui n'a que trop souvent fait prendre le change aux personnes qui cherchent à s'instruire.

Ecueil à éviter dans les hypotheses.

Avec cette précaution on ne court point le danger de faire prendre pour certain ce qui ne l'est pas ; & l'on excite ceux qui nous suivent à corriger les défauts qui se trouvent dans nos hypotheses, & à suppléer ce qui leur manque pour les rendre certaines.

§. 63. La plupart de ceux qui depuis Descartes, ont remplis leurs Ecrits d'hypotheses, pour expliquer des faits, que bien souvent ils ne connoissoient qu'imparfaitement, ont péché contre cette règle, & ont voulu faire passer leurs suppositions pour des vérités : & c'est

là en partie la source du dégoût que l'on a pris pour les hypothèses dans ce siècle. Mais l'abus d'une chose utile ne lui ôte point son utilité, & ne doit point nous empêcher d'en faire usage, quand on le peut faire avec fruit.

Une seule expérience contraire, suffit pour rejeter une hypothese.

§. 64. Une expérience ne suffit pas pour admettre une hypothese, mais une seule suffit pour la rejeter lorsqu'elle lui est contraire. Il s'agit, par exemple, de l'hypothese, dans laquelle on suppose que le Soleil se meut autour de la Terre qui lui sert de centre, que les diametres du Soleil doivent être égaux dans tous les tems de l'année; mais l'expérience montre qu'ils paroissent inégaux. On peut donc conclure de cette observation, avec sûreté, que l'hypothese dont cette égalité est une conséquence, est fautive; & que la Terre n'occupe point le centre de l'orbe du Soleil.

Une hypothese peut être vraie dans une de ses parties & fautive dans l'autre.

§. 65. Une hypothese peut être vraie dans une de ses parties, & fautive dans l'autre: alors la partie qui se trouve en contradiction avec l'expérience, doit être corrigée.

Mais il faut bien prendre garde de ne mettre dans la conclusion que ce qui doit y être; & de ne point charger l'hypothese entiere d'un défaut qui ne tombe que sur l'une de ses parties. Par exemple, M. Descartes a attribué la chute des Corps vers le centre de la Terre, à un tourbillon de matiere fluide qui pousse les Corps

DE PHYSIQUE. CH. IV. 85

Corps vers ce centre par son tournoyement rapide autour de la Terre : mais M. Hughs a fait voir par une experience incontestable, que selon cette supposition, les Corps devoient être dirigés dans leur chute perpendiculairement à l'axe de la Terre, & non pas à son centre : l'on peut donc conclure de là, qu'un tourbillon de matiere fluide, tel que M Descartes l'a conçu, ne scauroit produire la chute des Corps vers le centre de la Terre ; mais on se précipiteroit trop, si on en vouloit conclure qu'aucune matiere fluide n'opere le Phénomène de la chute des Corps. Il en est de même des autres tourbillons, qui, selon M. Descartes, emportent les Planetes autour du Soleil ; car M. Newton a fait voir que cette supposition ne s'accorde point avec les loix de Képler. On en doit donc inferer que les mouvemens des Planetes ne font point l'effet des tourbillons de matiere fluide que M. Descartes avoit supposés pour les expliquer ; mais on ne peut point en conclure légitimement, qu'aucun tourbillon, ou plusieurs de ces tourbillons, conçûs d'une autre maniere, ne peuvent être la cause de ces mouvemens.

Preuve
tirée des
tourbillons
de Descartes.

§. 66. Ainsi, quand on fait une hipothese, on doit déduire toutes les conséquences qui peuvent en être légitimement déduites, & les comparer ensuite avec l'experience ; car s'il arrive que toutes ces conséquences soient confir-

E 3 mées

36 INSTITUTIONS

mées par les expériences, la probabilité acquiert son plus haut degré : mais s'il y en a une seule à laquelle elles soient contraires, on doit rejeter, ou l'hypothèse entière, si cette conséquence est une suite de l'hypothèse entière, ou cette partie de l'hypothèse dont elle est une suite nécessaire.

Les Astronomes nous donnent encore l'exemple de cette règle ; car une infinité de découvertes n'auroient point été faites dans l'Astronomie, si l'on n'avoit point cherché à vérifier par l'expérience les conséquences que l'on tiroit des hypothèses. Il suit, par exemple, de l'hypothèse de Copernic, que si la distance d'une Étoile à la Terre a une raison comparable au diamètre de son orbite, la hauteur du pôle &c des Étoiles Fixes doit varier dans les différens tems de l'année. Le desir de vérifier cette conséquence, a porté plusieurs Astronomes à faire des observations sur cette Parallaxe annuelle, ou hauteur des fixes ; entr'autres, M. Bradley, entre les mains duquel cette conséquence s'est non-seulement confirmée, mais a fait naître encore cette belle théorie de l'aberration des Fixes, dont on ne se seroit jamais avisé auparavant.

Définition des hypothèses

§. 67. Les hypothèses ne sont donc que des propositions probables qui ont un plus grand ; ou un moindre degré de certitude, selon qu'elles satisfont à un nombre plus ou moins grand des

DE PHYSIQUE. CH. IV. 87

des circonstances qui accompagnent le Phénomene que l'on veut expliquer par leur moyen; & comme un très-grand degré de probabilité entraîne notre assentiment, & fait sur nous presque le même effet que la certitude, les hypothèses deviennent enfin des vérités, quand leur probabilité augmente à un tel point, qu'on peut la faire moralement passer pour une certitude : & c'est ce qui est arrivé au système du Monde de Copernic, & à celui de M. Huggens sur l'anneau de Saturne

Ce qui les rend probables.

Une hypothèse devient au contraire improbable, à proportion qu'il s'y rencontre des circonstances dont cette hypothèse ne rend point raison, comme dans l'hypothèse de Ptolémée.

Ce qui les infirme.

§. 68. Quand on fait une hypothèse ; on doit avoir des raisons pour préférer la supposition sur laquelle elle est fondée, à toute autre supposition ; car sans cela on débite des chimères, & des principes précaires qui n'ont aucun fondement.

§. 69. Il est donc nécessaire, non-seulement que tout ce qu'on suppose soit possible, mais encore qu'il soit possible de la manière qu'on l'emploie ; & que les Phénomènes en découlent nécessairement, & sans qu'on soit obligé de faire des suppositions nouvelles : sans cela, la supposition ne mérite pas le nom d'hypothèse.

F 4. se 2

te ; car une hypothese est une supposition qui rend raison d'un Phénomene. Or quand elle n'en rend point raison par des conséquences nécessaires, & qu'on est obligé de faire des hypotheses nouvelles pour faire usage de la première, ce n'est qu'une fiction indigne d'un Philosophe.

§. 70. Si ceux qui ont voulu expliquer tant d'effets surprenans par le moyen des particules crochuës, branchuës, & canelées, avoient fait attention à ce qui est requis pour faire une hypothese véritablement philosophique, ils n'auroient point retardé comme ils ont fait, les progrès des sciences, en créant des monstres qu'il falloit ensuite combattre comme des réalités.

Les hypotheses
sont un des
grands
moyens de
l'art d'in-
venter.

§. 71. En distinguant entre le bon & le mauvais usage des hypotheses, on évite les deux extrémités, & sans se livrer aux fictions, on n'ôte point aux sciences une méthode très - nécessaire à l'art d'inventer, & qui est la seule qu'on puisse employer dans les recherches difficiles qui demandent la correction de plusieurs siècles, & les travaux de plusieurs hommes, avant d'atteindre à une certaine perfection ; & l'on ne doit point craindre que par cette méthode la Philosophie devienne un amas de fables : car on a vû qu'on ne peut faire une bonne hypothese que lorsqu'on a un grand nombre des faits & des circonstances qui accompagnent

DE PHYSIQUE. CH. V. 89

gnent le Phénomene qu'on veut expliquer, (§. 61.) & que l'hipothese n'est vraie & ne mérite d'être adoptée que lorsqu'elle rend raison de de toutes les circonstances, (§. 66.) Les bonnes hipottheses seront donc toujours l'ouvrage des plus grands hommes. Copernic, Képler, Hug-hens, Descartes, Leibnits, M. Newton lui même, ont tous imaginé des hipottheses utiles pour expliquer des Phénomenes compliqués & difficiles ; & les exemples de ces grands hommes & leur succès doivent nous faire voir combien ceux qui veulent bannir les hipottheses de la Philosophie, entendent mal les interêts des sciences.

Les bon-
nes ipo-
theses ont
toujours é-
té faites par
les plus
grands
hommes.

F 5



CHAPITRE V.

De l'Espace.

§. 72.

LA question sur la nature de l'Espace est une des plus fameuses qui ait partagé les Philosophes anciens & modernes; aussi est-elle une des plus essentielles par l'influence qu'elle a sur les plus importantes vérités de Physique & de Métaphysique.

Défini-
tions de
l'Espace
très-oppo-
sées.

Quelques-uns ont dit : *l'Espace n'est rien hors des choses , c'est une abstraction mentale , un Etre idéal , ce n'est que l'ordre des choses en tant qu'elles coexistent , & il n'y a point d'Espace sans corps.* D'autres au contraire ont soutenu , que
l'Espace

DE PHYSIQUE. CH. V. 91

L'Espace est un Etre absolu, réel, & distinct des corps qui y sont placés, que c'est une étendue impalpable, pénétrable, non solide, le vase universel qui reçoit les Corps qu'on y place; en un mot, une espèce de fluide immatériel & étendu à l'infini, dans lequel les Corps nagent. Les premiers ont allégué plusieurs raisons Métaphysiques pour soutenir leur opinion, & les autres, l'idée que l'imagination se peut former de l'Espace, & ils ont appuyé cette idée, que l'imagination se forme, de beaucoup d'objections contre l'opinion contraire, tirées des Phenomènes, & sur-tout de la difficulté qu'il y a que les Corps se meuvent dans le plein absolu.

La moitié des Philosophes a crû, & croit encore l'espace vuide, & l'autre le croit rempli de matière.

§. 73. Le sentiment d'un Espace distingué de la matière a été autrefois soutenu par Epicure, Démocrite & Leucippe, qui regardoient l'Espace comme un Etre incorporel, impalpable, & incapable d'action & de passion. Gassendi a renouvelé de nos jours cette opinion, & le célèbre Locke dans son Livre de l'Entendement Humain, ne distingue l'Espace pur des Corps qui le remplissent, que par la pénétrabilité: ce Philosophe fait dériver la véritable notion de l'Espace, de la vûë & du contact, parce que, dit-il, on ne peut ni le voir ni le toucher, mais on voit & on touche les Corps.

M. Keill dans son Introduction à la véritable Physique, aussi-bien que tous les Disciples du Livre de l'Entendement Humain, a soutenu

tenu la même opinion ; il a même donné des Théoremes, par lesquels il prétend prouver que toute la matière est parsemée de petits espaces ou interstices absolument vuides, & qu'il y a dans les Corps beaucoup plus de vuide que de matière solide. Mais le vuide disseminé repugne aussi bien que les atomes, au principe de la raison suffisante, ainsi il ne peut-êre admis ; en effet si les petits atomes ou particules premières de la matière nageoient dans le vuide, leur grandeur & leur figure seroient sans raison suffisante ; car la figure limite l'étendue, & l'actualité d'une figure quelconque devient compréhensible, lorsqu'on peut expliquer comment & pourquoi l'étendue est limitée. Or l'on s'apperçoit bien que le vuide ne renferme point cette raison ; parce qu'il ne contient rien par où l'on puisse comprendre pourquoi les particules ont une figure quelconque plutôt que toute autre figure possible, & pourquoi elles sont d'une certaine grandeur. Il faut donc chercher cette raison dans les Corps extérieurs environans, car la figure est un mode de l'étendue : on est donc obligé d'admettre une matière environante qui limite les parties de l'étendue, & qui soit la raison de leurs différentes figures ; ainsi il faut remplir les interstices vuides pour satisfaire au principe de la raison suffisante.

L'autorité de M. Newton a fait embrasser l'opinion du vuide absolu à plusieurs Mathématiciens. Ce grand homme croyoit, au rapport de

Le principe de la raison suffisante bannit le vuide de l'Univers.

DE PHYSIQUE CH. V. 93

de M. Locke, qu'on pouvoit expliquer la création de la matière par l'Espace, en se figurant que Dieu auroit rendu plusieurs parties de l'Espace impénétrables: on voit dans le *Scholium generale* qui est à la fin des principes de Monsieur Newton, qu'il croyoit que l'Espace étoit l'immensité de Dieu, il l'appelle dans son Optique le *Sensorium* de Dieu; c'est-à-dire, ce, par le moyen de quoi Dieu est présent à toutes choses.

Traduction de Locke pag. 521. Note 2.

Opinion singulière de M. Newton sur l'espace.

§. 74. M. Clarke s'est donné beaucoup de peine pour soutenir les sentimens de M. Newton, & les siens propres sur l'Espace absolu, contre M. de Leibnitz; qui prétendoit que l'Espace n'étoit que l'ordre des choses coëxistantes.

Commercium Epistolicum.

Il est certain que si, on consulte le principe de la raison suffisante que j'ai établi dans le premier Chapitre, on ne peut se dispenser d'avouer que M. de Leibnitz avoit raison de bannir l'Espace absolu de l'Univers, & de regarder l'idée que quelques Philosophes croyent en avoir, comme une illusion de l'imagination; car non-seulement il n'y auroit, comme on vient de le voir, aucune raison de la limitation de l'étendue; mais, si l'Espace est un Etre réel & subsistant sans les Corps, & qu'on puisse les y placer; il est indifférent dans quel endroit de cet Espace similaire on les place, pourvu qu'ils conservent le même ordre entre eux: ainsi il n'y auroit point eü de raison suffisante pourquoi Dieu auroit

Dispute de M. de Leibnitz, & du Docteur Clarke sur l'Espace.

roit placé l'Univers dans la place où il est maintenant, plutôt que dans toute autre, puisqu'il pouvoit le placer dix mille lieues plus loin, & mettre l'Orient où est l'Occident; ou bien il pouvoit le renverser, faisant garder aux choses la même situation entre elles.

M. Clarke sentit bien la force de ce raisonnement, & il ne put y opposer autre chose, sinon, que la simple volonté de Dieu étoit la raison suffisante de la place de l'Univers dans l'Espace, & qu'il n'y en avoit point d'autre: mais on sent bien que cet aveu fait crouler son opinion, & découvre le foible de sa cause; car Dieu ne sauroit agir sans des raisons prises dans son Entendement, & sa volonté doit toujours se déterminer avec raison. Ainsi être obligé de recourir à une volonté arbitraire de Dieu, laquelle n'est point fondée sur une raison suffisante, c'est être réduit à l'absurde. Ainsi, la raison de la place de l'Univers dans l'Espace, & celle de la limite de l'étendue n'étant ni dans les choses mêmes, ni dans la volonté de Dieu, on doit conclure que l'hypothèse du vuide est fautive, & qu'il n'y en a point dans la Nature.

Le raisonnement de M. de Leibnitz contre l'Espace absolu est donc sans réplique, & l'on est forcé d'abandonner cet Espace, si l'on ne veut point renoncer au principe de la raison suffisante, c'est-à-dire, au fondement de toute vérité.

Difficultés §. 75. Il y a encore une grande absurdité à dévorer

DE PHYSIQUE. CH. V. 95

Adoré dans l'opinion de l'Espace absolu, c'est que tous les attributs de Dieu lui conviennent; car cet Espace, s'il étoit possible, seroit réellement infini, immuable, incréé, nécessaire, incorporel, présent par tout. C'est en partant de cette supposition que M. Raphson a voulu démontrer géométriquement que l'Espace est un attribut de Dieu, & qu'il exprime son essence infinie & illimitée: & c'est effectivement ce qui suit très-naturellement de la supposition de l'Espace absolu, quand on l'a une fois admise.

qui naissent de l'opinion de l'Espace pur.

§. 76. On fait trois objections principales; contre le plein absolu, auxquelles il est aisé de répondre; la première, roule sur l'impossibilité apparente du mouvement dans le plein; la seconde, sur la différente pesanteur des différens Corps; & la troisième, sur la résistance de la matière par laquelle les Corps qui se meuvent dans le plein, doivent perdre leur mouvement en très-peu de tems.

Trois principales objections contre le plein, auxquelles il est facile de répondre.

On répond à la première Objection, que le mouvement est possible dans le plein à cause du mouvement circulaire, par lequel les parties environnantes succèdent au Corps qui se meut en occupant la place qu'il abandonne: la seconde Objection, est fondée sur cette supposition, que toute matière est pesante, mais c'est ce qui est entièrement faux; car par le principe de la raison suffisante, la pesanteur est l'effet du choc d'une matière environnante: or cette matière n'est

n'est pas pesante; car si elle l'étoit, il faudroit recourir à une autre matière qui la choquât, & remonter ainsi à l'infini, & ainsi cette Objection fondée sur la pesanteur générale de la matière ne peut subsister. Enfin, dans la troisième, on ne considère que la matière morte & sans mouvement, & alors les raisonnemens que l'on fait sur sa résistance sont très-solides: mais ils ne prouvent rien, si on considère la matière vivifiée par le mouvement, telle qu'elle l'est en effet; car une matière très-fine & muë en tout sens, peut se mouvoir avec une telle rapidité, qu'elle n'apportera aucune résistance sensible au mouvement des Corps placés dans cette matière; ainsi, on aura un vuide physique, qui fera le Phénomène qui résulte de la finesse & du mouvement très-rapide de cette matière: or le vuide est tout ce que prouvent les expériences dont on fait des objections invincibles contre le plein.

Comment nous nous formons l'idée de l'Espace, & de ses propriétés.

§. 77. Il ne sera pas inutile d'examiner ici comment nous venons à nous former les idées de l'étendue, de l'Espace, & du continu; cet examen servira à vous découvrir la source des illusions que l'on s'est fait sur la nature de l'Espace; & à vous en préserver à l'avenir.

Nous sentons que, lorsque nous considérons deux choses comme différentes, & que nous les distinguons l'une de l'autre, nous les plaçons dans notre esprit l'une hors de l'autre; ainsi,

DE PHYSIQUE. CH. V. 97.

ainsi, nous voyons comme hors de nous tout ce que nous regardons comme différent de nous, les exemples s'en présentent en foule. Si nous nous représentons dans notre imagination un édifice que nous n'aurons jamais vû, nous nous le représentons comme hors de nous, quoique nous sachions bien que l'idée que nous en avons existe en nous, & qu'il n'y a peut-être rien d'existant de cet édifice hors de notre idée; mais nous nous le représentons comme hors de nous, parce que nous savons qu'il est différent de nous; de même, si nous représentons idéalement deux hommes, ou que nous répétions dans notre esprit la représentation du même homme deux fois, nous les plaçons l'un hors de l'autre, parce que nous ne pouvons point forcer notre esprit à imaginer qu'ils sont *un*, & *deux*, en même tems.

Il suit de-là que nous ne pouvons point nous représenter plusieurs choses différentes comme faisant un, sans qu'il en résulte une notion attachée à cette diversité & à cette union des choses, & cette notion nous la nommons *Étendue*; ainsi, nous donnons de l'étendue à une ligne, en tant que nous faisons attention à plusieurs parties diverses que nous voyons comme existant les unes hors des autres, qui sont unies ensemble, & qui sont par cette raison un seul tout.

Il est si vrai que la diversité & l'union sont maître en nous l'idée de l'étendue, que quelques Philosophes ont voulu faire passer notre

ame pour quelque chose d'étendu , parce qu'ils y remarquoient plusieurs facultés différentes, qui cependant constituent un seul sujet; en quoi ils se trompoient : c'est abuser de la notion de l'étenduë, que de regarder les attributs & les modes d'un Etre comme des Etres séparés, existans les uns hors des autres ; car ces attributs & ces modes sont inséparables de l'Etre qu'ils modifient.

Puisque nous nous représentons dans l'étenduë plusieurs choses qui existent les unes hors des autres , & font *un* par leur union , toute étenduë a des parties qui existent les unes hors des autres & qui font *un*, & dès que nous nous représentons des parties diverses, & unies, nous avons la notion d'un Etre étendu.

§. 78. Pour peu que l'on fasse attention à cette notion de l'étenduë, on s'apperçoit que les parties de l'étenduë, considérées par abstraction, & sans faire attention ni à leurs limites, ni à leurs figures, ne doivent avoir aucune différence interne ; elles doivent être similaires, & ne différer que par le nombre: car puisque pour former l'idée de l'étenduë, on ne considère que la pluralité des choses & leur union, d'où naît leur existence l'une hors de l'autre, & que l'on exclut toute autre détermination, toutes les parties étant les mêmes quant à la pluralité & à l'union, l'on peut substituer l'une à la place de l'autre, sans détruire ces deux déterminations, de

DE PHYSIQUE. CH. V. 99

de la pluralité, & de l'union, auxquelles seules on fait attention, & par conséquent deux parties quelconques d'étendue ne peuvent différer qu'en tant qu'elles sont deux & non pas une. Ainsi toute l'étendue doit être conçue comme étant uniforme, similaire, & n'ayant point de détermination interne, qui en distingue les parties les unes des autres; puisqu'étant posées comme l'on voudra, il en résultera toujours le même Etre, & c'est de-là que nous vient l'idée de l'Espace absolu que l'on regarde comme similaire, & indiscernable.

Cette notion de l'étendue est encore celle du corps géométrique; car que l'on divise une ligne, comme & en autant de parties que l'on voudra, il en résultera toujours la même ligne en rassemblant ses parties, quelque transposition que l'on fasse entre elles; il en est de même des surfaces & des corps géométriques.

§. 79. Lorsque nous nous sommes ainsi formé dans notre imagination un Etre, de la diversité de l'existence de plusieurs choses & de leur union, l'étendue, qui est cet Etre imaginaire, nous paroît distincte du tout réel, dont nous l'avons séparée par abstraction, & nous nous figurons qu'elle peut subsister par elle-même, parce que nous n'avons point besoin, pour la concevoir, des autres déterminations que les Etres, que l'on ne considère qu'en tant qu'ils sont divers & unis, peuvent renfermer; car

G 2 notre

notre esprit appercevant à part les déterminations, qui constituent cet Etre idéal que nous nommons *étendue*, & concevant ensuite les autres qualités que nous en avons séparées mentalement, & qui ne font plus partie de l'idée que nous avons de cet Etre, il nous semble que nous portons toutes ces choses dans cet Etre idéal, que nous les y logeons, & que l'étendue les reçoit & les contient, comme un vase reçoit la liqueur qu'on y verse. Ainsi, en tant que nous considérons la possibilité qu'il y a, que plusieurs choses différentes puissent exister ensemble dans cet Etre abstrait, que nous nommons *étendue*, nous nous formons la notion de l'Espace, qui n'est en effet que celle de l'étendue jointe à la possibilité de rendre aux Etres coexistans & unis, dont elle est formée, les déterminations dont on les avoit d'abord dépouillées par abstraction. Ainsi, l'on a raison de définir l'Espace, *l'ordre des Coexistans*, c'est-à-dire, la ressemblance dans la manière de coexister des Etres: car l'idée de l'Espace naît de ce que l'on ne fait uniquement attention qu'à leur manière d'exister l'un hors de l'autre, & que l'on se représente que cette coexistence de plusieurs Etres, produit un certain ordre ou ressemblance dans leur manière d'exister; enforte qu'un de ces Etres étant pris pour le premier, un autre devient le second, un autre le troisième, &c.

L'Espace
est l'ordre
des choses
qui coexis-
tent.

§. 80. On voit bien que cet Etre idéal d'étendue, que nous nous formons de la pluralité & de l'union de tous ces Etres, doit nous paroître une substance : car, en tant que nous nous figurons plusieurs choses existantes ensemble, & dépouillées de toutes déterminations internes, cet Etre nous paroît durable; & en tant qu'il est possible par un acte de l'entendement de rendre à ces Etres les déterminations dont nous les avons dépouillés par abstraction, il semble à l'imagination que nous y transportons quelque chose qui n'y étoit pas; & alors cet Etre nous paroît modifiable. (§. 52.) Ainsi, nous sommes portés à nous représenter l'Espace comme une substance indépendante des Etres, qu'on y place.

§. 81. Nous appellons un Etre *continu* lorsqu'il a des parties rangées les unes auprès des autres, en sorte qu'il soit impossible d'en ranger d'autres entre deux dans un autre ordre, & généralement on conçoit de la continuité par tout où on ne peut rien placer entre deux parties. Ainsi, nous disons que le poli d'une glace est continu, parce que nous ne voyons point de parties non polies entre celles de cette glace, qui en interrompent la continuité, & nous appellons le son d'une trompette continu, lorsqu'il ne cesse point, & qu'on ne peut point mettre d'autres sons entre deux: mais lorsque deux parties d'étendue se touchent sim-

Ce que
l'on appelle
continu.

G 3. plement

plement & ne sont point liées ensemble, en sorte qu'il n'y a point de raison interne, comme celle de la cohésion ou de la pression des Corps environnans, pour quoi on ne pourroit point les séparer, & mettre quelqu'autre chose entre deux, alors on les nomme *contigues*. Ainsi, dans le contigu, la séparation des parties est actuelle, au lieu que dans le continu, elle n'est que possible; deux hémisphères de plomb, par exemple, sont deux parties actuelles de la boule dont ils font les moitiés, & qui est actuellement séparée & divisée en deux parties qui deviendront contigues, si on les place l'une auprès de l'autre; en sorte qu'il n'y ait rien entre deux: mais si on les réunissoit par la fusion en un seul tout, ce tout deviendrait un continu, & ses parties seroient alors simplement possibles, en tant que l'on conçoit qu'il est possible de séparer cette boule en deux hémisphères, comme avant la fusion.

On comprend par-là que l'Espace doit nous paroître continu; car nous admettons de l'Espace en tant que nous nous représentons, qu'il est possible que plusieurs Corps A B C. coexistent. Or si les Corps ne sont point contigus, on en pourra placer un ou plusieurs entre deux, & par là même on admet de l'Espace entre deux: ainsi, on doit considérer l'Espace comme continu, soit que la coexistence contigue des Corps A B C. soit actuelle, soit qu'elle soit simplement possible.

Le

Le principe de la raison suffisante nous fait voir, comme je l'ai déjà dit ci-dessus, que cette contiguité est actuelle, & qu'il ne peut y avoir aucun Espace vuide; en sorte que les Etres qui existent, coexistent, de façon qu'il n'est pas possible de mettre rien de nouveau dans l'Univers.

§. 82. De même l'Espace doit nous paroître vuide & pénétrable: il nous paroît vuide en tant que nous faisons abstraction de toutes les déterminations internes des coexistens; car alors il nous semble qu'il ne reste rien dans cet Espace: & il nous paroît pénétrable, parce que nous étant possible d'appliquer notre attention à la fois à la manière d'exister, & aux déterminations internes des Etres qui existent, nous appercevons alors, outre l'Espace qui est leur manière d'exister l'un hors de l'autre, quelques choses que nous n'apercevions pas auparavant lorsque nous considérons cet Espace seul, & par conséquent il doit nous paroître comme si ces choses y étoient entrées, & y avoient été placées par un Agent externe.

§. 83. L'Espace doit aussi nous paroître immuable; car nous sentons que nous pouvons rendre aux différens Coexistans les déterminations dont nous les avons dépouillés, & nous sentons même que nous ne pouvons jamais concevoir que nous ne puissions point leur

G 4. rendre

rendre ces déterminations : donc nous ne pouvons point ôter l'Espace, puisqu'il faut toujours qu'il reste la même chose que nous aurions ôtée, c'est à dire, de l'Etendue capable de recevoir ces déterminations. Ainsi, lorsque nous avons dépouillé les Etres coëxistans de toutes leurs déterminations, nous ne pouvons plus faire d'abstraction, ni nous former un Etre idéal, qui renferme moins que celui que nous avons déjà fait, en ne conservant que la coëxistence des Etres : car de considérer la manière d'exister, & rien que cela, c'est la moindre abstraction que l'on puisse faire, & il faut ou la garder, ou se représenter tout à fait rien. L'Espace doit donc nous paroître immuable : d'où il découle qu'il doit nous paroître éternel, puisqu'on ne peut jamais l'ôter.

§. 84. Il doit encore nous paroître infini, car nous admettons autant d'Espace que nous concevons de possibilité d'exister; or comme des Coëxistans dépouillés de toutes déterminations, tels qu'on les conçoit pour se former l'idée de l'Etendue & de l'Espace, ne renferment rien qui empêche qu'on puisse continuer de placer de ces Coëxistans les uns hors des autres, on en conçoit en effet à l'infini, & par cette raison l'Espace doit paroître une Etendue infinie, & illimitée.

§. 85. Voilà l'origine de toutes les propriétés

DE PHYSIQUE. CH. V. 105

Tés que l'on donne à l'Espace, quand on dit que c'est une Etendue similaire, uniforme, continue, qu'il est subsistant par lui-même, pénétrable, immuable, éternel, infini, &c. enfin, le vase universel qui contient toutes choses : mais avec un peu d'attention on voit que toutes ces prétenduës propriétés, ainsi que l'Etre dans lequel nous les supposons, n'ont de réalité que dans les abstractions de notre esprit, & qu'il n'existe ni ne peut exister rien de semblable à cette idée.

§. 86. Notre esprit a donc le pouvoir de se former par abstraction des Etres imaginaires, qui ne contiennent que les déterminations que nous voulons examiner ; & d'exclure de ces Etres toutes les autres déterminations, par le moyen desquelles ils peuvent être conçûs d'une autre manière. Cette façon de méditer est très-utile ; car alors l'imagination secourt l'Entendement, & lui aide à contempler son idée, il faut seulement prendre garde qu'elle ne l'égaré pas ; car les notions imaginaires, qui aident infiniment dans la recherche des vérités qui dépendent des déterminations, qui constituent ces Etres que l'imagination a formés, deviennent très-dangereuses, lorsqu'on les prend pour des réalités. Ainsi, quand on veut mesurer une distance, on peut se la représenter comme une Ligne sans largeur ni épaisseur, & sans aucune détermination interne, on peut de même

Utilité des
abstrac-
tions.

considérer

considérer une largeur, une étendue, sans épaisseur, quand on ne veut pas considérer le reste; & pourvû que l'on ne s'imagine pas qu'il existe rien de semblable à ces abstractions de notre esprit, ces fictions l'aident à trouver de nouvelles vérités & de nouveaux rapports; car il a rarement assez de force pour contempler les Abstrait* dans les Concrets, sans être distrait par la multiplicité des choses qu'il faut qu'il se représente. Aussi toutes les Sciences, & surtout les Mathématiques, sont-elles pleines de ces sortes de fictions, qui sont un des plus grands secrets de l'art d'inventer, & une des plus grandes ressources pour la solution des Problèmes les plus difficiles, auxquels l'Entendement seul ne peut souvent atteindre? Ainsi, il faut donner place à ces notions imaginaires, toutes les fois qu'on peut les substituer à la place des notions réelles sans préjudice de la vérité, comme on se sert du système de Ptolomée pour résoudre plusieurs Problèmes d'Astronomie, dont la solution deviendrait beaucoup plus difficile par le système de Copernic, parce que l'on peut dans ces cas substituer une hypothèse à l'autre, sans faire tort à la vérité.

§. 87. Quoique nous puissions considérer

* On appelle *Concret*, le sujet dont on fait l'abstraction, & *Abstrait*, ce que l'on sépare de ce sujet par cette abstraction.

l'Etendue

DE PHYSIQUE. CH. V. 107

l'Étendue, sans faire attention aux déterminations des Êtres qui la constituent, & que nous acquerions par ce moyen l'idée de l'Espace, cependant, comme l'Abstrait ne peut subsister sans un Concret, c'est-à-dire, sans un Être réel & déterminé duquel on fait l'abstraction, il est certain qu'il n'y a d'Espace qu'en tant qu'il y a des choses réelles & coëxistantes; & sans ces choses il n'y auroit point d'Espace : cependant, l'Espace n'est pas les choses mêmes, c'est un Être qu'on en a formé par abstraction, qui ne subsiste point hors des choses, mais qui n'est pourtant pas la même chose que les sujets, dont on a fait cette abstraction ; car ces sujets renferment une infinité de choses qu'on a négligées en formant l'idée de l'Espace. Ainsi, l'Espace est aux Êtres réels, comme les Nombres aux choses nombrées, lesquelles choses deviennent semblables, & forment chacune une unité à l'égard du Nombre, parce qu'on fait abstraction des déterminations internes de ces choses, & qu'on ne les considère qu'en tant qu'elles peuvent faire une multitude, c'est-à-dire, plusieurs unités ; car sans une multitude de choses qu'on compte, il n'y auroit point de Nombres réels & existants, mais seulement des Nombres possibles. Ainsi, de même qu'il n'y a pas plus d'unités réelles, qu'il n'y a de choses actuellement existantes, il n'y a pas non plus d'autres parties actuelles de l'Espace, que celles que les choses étendues actuellement existantes désignent, & on ne peut ad-

mettre

L'Espace est aux Êtres, comme le nombre aux choses nombrées.

mettre des parties dans l'Espace actuel qu'entant qu'il existe des Etres réels qui coexistent les uns avec les autres : ceux donc qui ont voulu appliquer à l'Espace actuel les démonstrations qu'ils avoient déduites de l'Espace imaginaire, ne pouvoient manquer de s'embarrasser dans des labyrinthes d'erreurs dont ils ne pouvoient trouver l'issue.

Défini-
tion du
lieu.

§. 88. On appelle le *lieu* ou la *place* d'un Etre, la maniere déterminée de coexister avec les autres Etres : ainsi, lorsque nous faisons attention à la maniere dont une table existe dans une chambre avec le lit, les chaises, la porte, &c. nous disons que cette table a une *place*, & un autre Etre occupe la même place que cette table lorsqu'il obtient la même maniere de coexister qu'elle avoit avec tous les Etres.

Cette table change de place, lorsqu'elle obtient une autre situation à l'égard de ces mêmes choses, qu'on regarde comme n'en ayant point changé. Ainsi, pour que l'on puisse assurer qu'un Etre a changé de lieu, & pour qu'il en change réellement, il faut que la raison de son changement, c'est-à-dire, la force qui l'a produit, soit en lui dans le moment qu'il se rémue, & non dans les coexistans ; car si on ignore où est la véritable raison du changement, on ignore aussi lequel de ces Etres a changé de place : c'est par cette raison que nous n'avons point de démonstration

démonstration proprement dite qui décide si c'est le Soleil qui tourne autour de la Terre, ou la Terre autour du Soleil ; parce que les apparences sont les mêmes dans les deux suppositions.

§. 89. On distingue ordinairement le lieu d'un corps, en *lieu absolu*, & *lieu relatif* ; le lieu absolu est celui qui convient à un Etre ; entant qu'on considère sa maniere d'exister avec l'univers entier considéré comme immobile ; & son lieu relatif est sa maniere de coexister avec quelques Etres particuliers. Ainsi, on peut concevoir que le lieu absolu change sans que le lieu relatif soit changé ; & cela arrive lorsqu'une certaine quantité d'Etres changent leur lieu absolu sans changer leur situation les uns à l'égard des autres, comme un homme qui navigue dans un bateau, par exemple ; car si cet homme, ni aucune chose de ce qui est dans le bateau ne remuë, tandis que le bateau s'éloigne du rivage, le lieu relatif de cet homme & de tout ce qui est dans le bateau ne change point ; mais leur lieu absolu change à tout moment : car toutes les parties de ce bateau changent également leur maniere d'exister par rapport au rivage qu'on regarde comme immobile. Mais si cet homme se promenoit dans ce bateau, il changeroit son lieu relatif & son lieu absolu en même tems.

Du lieu
absolu &
du lieu re-
latif.

Puisque

Puisque le lieu n'est que la maniere d'exister d'un Etre avec plusieurs autres , on voit bien que le lieu n'est pas la chose placée elle-même ; mais qu'il differe de la chose placée comme un abstrait de son concret ; car lorsqu'on considere le lieu d'un Etre , on fait abstraction de toutes ses déterminations internes & de celles de ses coexistans : & on ne considere alors que leur maniere présente de coexister , & la possibilité qu'il y a qu'ils coexistent de plusieurs autres manieres : on fait même abstraction de la figure & de la grandeur des Corps ; & l'on considere leur lieu comme un point. Car puisque nous déterminons la maniere d'exister d'un Etre par sa distance à ses coexistans , & que ces distances sont mesurées par des lignes droites , les extrémités des lignes étant des points , le lieu doit être considéré comme un point.

Comment
on déter-
mine le
lieu d'un
Etre.

§. 90. On détermine un lieu par les distances d'un Etre à deux ou plusieurs Etres coexistans ; lesquelles distances ne peuvent convenir à aucun autre Etre dans le même moment. Ainsi ; par exemple , on détermine un lieu sur la surface de la Terre , par l'interfection de la ligne de longitude , & de celle de latitude , parcequ'il n'y a qu'un seul point auquel cette distance des lieux que l'on a pris comme fixes pour en tirer ces lignes , puisse convenir : c'est de la même façon que dans l'Astronomie on détermine

DE PHYSIQUE. CH. V. III

termine les lieux des Etoiles par l'interfection de deux cercles.

§. 91. On s'apperçoit qu'un Etre a changé de lieu , lorsque la distance à d'autres Etres immobiles , du moins pour nous , est changé. Ainsi , on a fait des catalogues des fixes pour sçavoir si une Etoile change de lieu , parce qu'on regarde les autres comme fixes , & qu'effectivement elles le sont par rapport à nous.

§. 92. On appelle *place* , l'assemblage de plusieurs lieux , c'est-à-dire tous les lieux des parties d'un Corps pris ensemble : ainsi , nous disons , la place d'un livre dans une bibliotheque d'où on le tire , parce que nous voyons que dans cette place toutes les parties de ce livre y peuvent exister ensemble ; & nous disons : *il n'y a pas assez de place* pour ce livre , lorsque nous voyons que quelques parties de ce livre seulement y pourroient exister ensemble.

Ce que l'on appelle place.

§. 93. Enfin on appelle *situation* l'ordre que plusieurs coexistans non contigus , observent dans leur coexistence , en sorte que prenant l'un d'eux pour le premier , nous donnons une situation aux autres qui en sont éloignés par rapport à celui-là : ainsi , prenant une maison dans une ville pour la premiere , toutes les autres obtiennent une situation à l'égard de cette maison ,

Ce que c'est que situation.

maison, parce qu'elles sont séparées les unes des autres, & qu'on peut déterminer leur situation par leur distance de celle qu'on a pris pour la première. Deux choses donc ont la même situation à l'égard d'une troisième lorsqu'elles en sont à la même distance; c'est par cette raison que l'on dit que tous les points d'une circonférence ont la même situation à l'égard du centre, en tant qu'on peut mettre la même étendue entre deux.

CHAPITRE



CHAPITRE VI

Du Temps.

§. 94.



Les notions du Temps & de l'Espace ont beaucoup d'analogie entre elles : dans l'Espace, on considère simplement l'ordre des coexistans, en tant qu'ils coexistent ; & dans la durée, l'ordre des choses successives, en tant qu'elles se succèdent, en faisant abstraction de toute autre qualité interne, que de la simple succession.

Analogie
entre le
Temps &
l'Espace.

§. 95. On considère ordinairement le Temps de même que l'Espace sous une image produite par des idées confuses : ainsi, on se le figure

Tome I.

*

H gure

L'idée
ordinaire
que l'on se
fait du
Tems est
fausse.

Elle me-
ne dans les
mêmes dif-
ficultés que
celle de
l'Espace
pur.

gure comme un Etre composé de parties con-
tinuës, successives, qui coule uniformément,
qui subsiste indépendamment des choses qui
existent dans le Tems, qui a été dans un
flux continuel de toute éternité, & qui conti-
nuera de même. Mais il est évident que cette
notion du Tems comme d'un Etre composé de
parties continuës & successives, qui coule uni-
formément, étant une fois admise, conduit aux
mêmes difficultés que celle de l'Espace absolu ;
c'est-à-dire, que selon cette notion, le Tems
feroit un Etre nécessaire, immuable, éternel,
subsistant par lui-même, & que par consé-
quent tous les attributs de Dieu lui convien-
droient.

§. 96. C'est de cette idée qu'on se forme du
Tems qu'est venue la fameuse question que M.
Clarke faisoit à M. de Leibnits : *pourquoi Dieu
n'avoit pas créé l'univers six mille ans plutôt, ou
plus tard.*

Le princi-
pe de la
raison suf-
fisante
prouve
que le
Tems n'est
rien hors
des choses.

M. de Leibnits n'eût pas de peine à renver-
ser cette objection du Docteur Anglois, & son
opinion sur la nature du Tems, par le principe
de la raison suffisante ; il n'eût besoin pour y
parvenir que de l'objection même de M. Clar-
ke sur le tems de la création : car si le Tems
est un Etre absolu qui consiste dans un flux uni-
forme, la question pourquoi Dieu n'a pas créé
le monde six mille ans plutôt ou plus tard, de-
vient réelle, & force à reconnoître qu'il est ar-
rivé

rivé quelque chose sans raison suffisante; car la même succession des Etres de l'univers étant conservée; Dieu pouvoit faire commencer le monde plutôt ou plus tard, sans y causer aucun dérangement. Or puisque tous les instans sont égaux, quand on ne fait attention qu'à la simple succession, il n'y a rien en eux qui eût pu faire préférer l'un à l'autre, dès qu'aucune diversité ne seroit provenüe dans le monde par ce choix. Ainsi un instant auroit été choisi par Dieu préférablement à un autre pour donner l'actualité à ce monde sans raison suffisante; ce qu'on ne peut point admettre. (§. 8.)

Mais nous allons voir de plus, par l'analyse de nos idées, que le Temps n'est qu'un Etre abstrait, qui n'est rien hors des choses; & qui n'est point par conséquent susceptible des propriétés que l'imagination lui attribue.

§. 97. Lorsque nous faisons attention à la succession continuë de plusieurs Etres, & que nous nous représentons l'existence du premier A. distincte de celle du second B. & celle du second B. distincte de celle du troisième C. & ainsi de suite, & que nous remarquons que deux n'existent jamais ensemble; mais que A. ayant cessé d'exister, B. lui succède aussitôt; que B. ayant cessé, C. lui succède, &c. nous nous formons une notion d'un Etre que nous appellons *Temps*: & entant que nous rapportons l'existence permanente d'un Etre à ces Etres successifs, nous di-

Comme
ment on
vient à se
former l'i-
dée du
Temps com-
me d'un
Etre abso-
lu, qui ex-
iste indé-
pendam-
ment des
Etres suc-
cessifs.

H a sons

sons qu'il a duré un certain tems ; en tant qu'on se représente que cet Etre qu'on considère , coëxiste à plusieurs autres qui se succèdent.

On dit donc qu'un Etre dure lorsqu'il coëxiste à plusieurs autres Etres successifs dans une suite continuë : ainsi , la durée d'un Etre devient explicable & commensurable par l'existence successive de plusieurs autres Etres ; car on prend l'existence d'un seul de ces Etres successifs pour *un* , celle de deux pour *deux* , & ainsi des autres ; & comme l'Etre qui dure leur coëxiste à tous , son existence devient commensurable par l'existence de tous ces Etres successifs.

Mille exemples peuvent éclaircir ce que je viens de dire : on dit , par exemple , qu'un Corps employe du tems à parcourir un Espace , parce qu'on distingue l'existence de ce Corps dans un seul point , de son existence dans tout autre point ; & on remarque que ce Corps ne sçauroit exister dans le second point sans avoir cessé d'exister dans le premier , & que l'existence dans le second point , suit immédiatement l'existence dans le premier. Et en tant qu'on assemble ces divers existences , & qu'on les considère comme faisant *un* , on dit que ce Corps employe du tems pour parcourir une ligne. Ainsi , le Tems n'est rien de réel dans les choses qui durent , mais c'est un simple mode , ou rapport extérieur , qui dépend uniquement de l'esprit , en tant qu'il compare la durée des
Etres

DE PHYSIQUE. CH. VI. III

avec le mouvement du Soleil , & des autres Corps extérieurs , ou avec la succession de nos idées.

§. 98. Quand on fait attention à la chaîne qui amène nos idées , on s'apperçoit que l'esprit ne considère dans la notion abstraite du Temps que les Etres en général ; & qu'ayant fait abstraction de toutes les déterminations que ces Etres peuvent avoir , on ajoute seulement à cette idée générale qu'on en a retenue , celle de leur non - coexistence , c'est-à-dire , que le premier & le second ne peuvent point exister ensemble , mais que le second suit le premier immédiatement , & sans qu'on en puisse faire exister un autre entre deux , faisant encore ici abstraction des raisons internes , & des causes qui les font se succéder l'un l'autre. De cette manière , on se forme un Etre idéal , que l'on fait consister dans un flux uniforme , & qui doit être semblable dans toutes ses parties , puisque pour se former , on employe pour chaque Etre la même notion abstraite sans rien déterminer de sa nature , & que l'on ne considère dans tous ces Etres que leur existence successive sans se mettre en peine comment l'existence de l'un fait naître celle du suivant.

§. 99. Cet Etre abstrait que nous nous sommes ainsi formés , doit nous paroître indépendant des choses existantes , & subsistant par

lui-même ; car puisque nous pouvons distinguer la manière successive d'exister des Etres , de leurs déterminations internes , & des causes qui font naître cette succession , nous devons regarder le Tems comme un Etre à part , constitué hors des choses , & qui pourroit subsister sans les choses réelles & successives , puisque nous pouvons encore penser à cette existence successive , après que nous avons détruit par notre pensée toutes les autres réalités , c'est-à-dire , que nous en avons fait abstraction.

§. 100. Mais comme nous pouvons aussi rendre à ces déterminations générales les déterminations particulières qui en font des Etres d'une certaine espece , en appliquant notre attention à la fois à leur existence successive , & à leurs déterminations particulières , il nous doit sembler que nous faisons exister quelque chose dans cet Etre successif qui n'y existoit point auparavant , & que nous pouvons de nouveau l'ôter sans détruire cet Etre.

§. 101. Le Tems doit être aussi considéré nécessairement comme continu ; car si deux Etres successifs A. & B. ne sont point conçus comme continus dans leur succession , on en pourra placer un ou plusieurs entre deux qui existent après que A. aura existé , & avant que B. existe. Or par là-même on admet du tems entre l'existence successive de A. & de B. ; ainsi ,
 ON

DE PHYSIQUE. CH. VI. 119

On doit considérer le Temps comme continu. On se forme donc ainsi une notion imaginaire du Temps, en le considérant comme un Être composé de parties successives, continuës, sans différence interne, auquel tous les Êtres successifs coexistent, & qui devient leur mesure commune; & cette notion peut avoir son usage, quand il ne s'agit que de la grandeur de la durée, & de comparer les durées de plusieurs Êtres ensemble. Comme dans la Géométrie, on n'est occupé que de ces sortes de considérations, on peut fort bien alors mettre la notion imaginaire à la place de la réelle. Mais il faut bien se garder dans la Métaphysique & dans la Philosophie de faire la même substitution; car alors on tomberoit dans ces difficultés, de faire de la durée un Être éternel, & auquel tous les attributs de Dieu, dont j'ai parlé ci-dessus conviendroient.

§. 102. Le Temps n'est donc réellement autre chose que l'ordre des Êtres successifs; & on s'en forme l'idée, entant qu'on ne considère que l'ordre de leur succession. Ainsi, il n'y a point de Temps sans des Êtres véritables & successifs rangés dans une suite continuë; & il y a du Temps aussi-tôt qu'il existe de tels Êtres.

Le Temps n'est autre chose que l'ordre des coexistans.

§. 103. Mais cette ressemblance dans la manière de se succéder de ces Êtres, & cet ordre qui naît de leur succession, ne sont pas ces

Il est différent des Êtres successifs.

comme
le lieu &
le nombre
diffèrent
des choses
nombrées
& coexis-
tantes.

choses elles-mêmes, comme on a vû ci-dessus (§ 87.) que le nombre n'est pas les choses nombrées, & que le lieu n'est pas les choses placées dans ce lieu. Car le nombre n'est qu'un aggrégé des mêmes unités, & chaque chose devient une unité, quand on considère le tout simplement comme un Être; ainsi, le nombre n'est qu'une relation d'un Être considéré à l'égard de tous, & quoiqu'il soit différent des choses nombrées, cependant il n'existe actuellement qu'en tant qu'il existe des choses qu'on peut réduire comme des unités sous la même classe: ces choses posées, on pose un nombre; & quand on les ôte, il n'y en a plus. De même, le Temps qui n'est que l'ordre des successions continuës, ne sçauroit exister à moins qu'il n'existe des choses dans une suite continue: ainsi, il y a du Temps, lorsque les choses sont; & on l'ôte, quand on ôte ces choses; & cependant il est, comme le nombre, différent de ces choses qui se suivent dans une suite continuë. Cette comparaison du Temps & du Nombre peut servir à se former la véritable notion du Temps; & à comprendre que le Temps, de même que l'Espace, n'est rien d'absolu hors des choses.

Dieu n'est
point dans
le Temps, &
toute suc-
cession est
immuable
pour lui.

§. 104. Quant à Dieu, on ne peut point dire qu'il est dans le Temps, car il n'y a point de succession dans lui, puisqu'il ne lui peut point arriver de changement. Ainsi, il est toujours

DE PHYSIQUE. CH. VI. 121

jours le même , & il ne varie point dans sa nature ; & comme il est hors du monde , c'est-à-dire , qu'il n'est point lié avec les Etres dont l'union constituë le monde, il ne coëxiste point aux Etres successifs comme les créatures ; ainsi , sa durée ne peut point se mesurer par celle des Etres successifs : car quoique Dieu continue d'exister pendant le Tems , comme le Tems n'est que l'ordre de la succession des Etres , & que cette succession est immuable par rapport à Dieu , auquel toutes les choses avec tous leurs changemens , sont présentes à la fois ; Dieu n'existe point dans le Tems. Dieu est à la fois tout ce qu'il peut être , au lieu que les créatures ne peuvent subir que successivement les états dont elles sont susceptibles.

§. 105. On ne peut point admettre de parties actuelles du Tems, que celles que des Etres actuellement existans désignent ; car le Tems actuel n'étant qu'un ordre successif dans une suite continuë , on ne peut point admettre de portions de Tems qu'en tant qu'il y a eu des choses réelles qui ont existé , & cessé d'exister ; car l'existence successive fait le Tems , & un Etre qui coëxiste au moindre changement actuel dans la nature , a duré le plus petit tems actuel ; & les moindres changemens, comme , par exemple , les mouvemens des plus petits animaux , désignent les plus petites parties actuelles

tuelles du Tems dont nous puissions nous ap-
percevoir.

§. 106. On représente ordinairement le Tems par le mouvement uniforme d'un point qui décrit une ligne droite, parce que le point est là l'Être successif, présent successivement à différens points, & engendrant par sa fluxion une succession continuë à laquelle nous attachons l'idée de Tems. Nous mesurons aussi le Tems par le mouvement uniforme d'un objet; car lorsque le mouvement est uniforme, le mobile parcourera, par exemple, un pied dans le même Tems dans lequel il a parcouru un premier pied. Ainsi, la durée des choses qui coexistent au mouvement du mobile, pendant qu'il parcourt un pied, étant prise pour *un*, la durée de celles qui coexisteront à son mouvement, pendant qu'il parcourera deux pieds, sera *deux*; & ainsi de suite: en sorte que par là, le Tems devient commensurable, puisqu'on peut assigner la raison d'une durée à une autre durée, qu'on avoit prise pour *un*. Ainsi, dans les horloges l'équille se meut uniformément dans un cercle; & la vingt-quatrième partie de la circonférence de ce cercle fait *un*; & l'on mesure le Tems avec cette unité, en disant deux heures, trois heures, &c.; de même, on prend une année pour *un*, parce que les révolutions du Soleil dans l'Ecliptique sont égales, & on s'en sert pour mesurer d'autres durées par rapport à cette unité.

§. 107.

DE PHYSIQUE. CH. VI. 123

§. 107. On connoît les efforts que les Astronomes ont fait pour trouver un mouvement uniforme, qui les mît à portée de mesurer exactement le Tems, & c'est ce que M. Hughsens a trouvé par le moyen des Pendules dont il est l'inventeur, & dont je parlerai dans la suite.

§. 108. Nous avons vû que l'existence successive des Etres fait naître la notion du Tems; or comme ce sont nos idées qui nous représentent ces Etres, la notion du Tems naît de la succession de nos idées, & non du mouvement des Corps extérieurs; car nous aurions une notion du Tems, quand même il n'existeroit autre chose que notre Ame, & en tant que les choses qui existent hors de nous sont semblables aux idées de notre Ame qui les représentent, elles existent dans le Tems.

C'est la succession de nos idées, & non le mouvement des Corps, qui nous fait naître l'idée du Tems.

Le mouvement est si loin de nous donner par lui-même l'idée de la durée, comme quelques Philosophes l'ont prétendu, que nous n'acquérons même l'idée du mouvement, que par la réflexion que nous faisons sur les idées successives, que le Corps qui se meut excite dans notre esprit par son existence successive aux différens Etres qui l'environnent.

Voilà pourquoi nous n'avons point l'idée du mouvement en regardant la Lune ou l'éguille d'une Montre, quoique l'une & l'autre soient en mouvement, car ce mouvement est si lent que

Pourquoi nous ne nous apercevons point du mouvement.

ment, lorsqu'il est trop lent, ou trop prompt.

que le Mobile paroît dans le même point, pendant que nous avons une longue succession d'idées; & parce que nous ne pouvons pas distinguer les parties de l'Espace que le Corps a parcouru dans cet intervalle, nous croyons que le Mobile est en repos: mais lorsqu'au bout d'un certain tems, la Lune & l'éguille de cette Montre ont fait un chemin considérable, alors notre esprit joignant l'idée du point où il les a laissés, c'est-à-dire, leur coëxistence passée à de certains Etres, à celle de leur coëxistence actuelle à d'autres Etres, il acquiert par ce moyen l'idée du mouvement de ce Corps.

De même, quand le Mobile va avec tant de rapidité que nous n'avons eû aucune succession d'idée, pendant qu'il est allé d'un point à l'autre; nous disons que le Mobile a parcouru le chemin dans un instant, c'est-à-dire, qu'il n'y a employé aucun tems sensible: par la même raison à peu près, que lorsque les impressions, que chacune des sept couleurs fait sur notre retine; sont trop promptes, nous ne distinguons point chaque couleur en particulier; mais nous avons une sensation commune de toutes ces couleurs que nous avons nommée *Blancbeur*.

§. 109. Ainsi ce n'est que le mouvement médiocre qui peut nous faire naître la notion du Tems, parce qu'il a quelque proportion avec la succession de nos idées; mais il ne nous donne cette notion que, parce que l'Ame peut alors se représenter

DE PHYSIQUE CHAP. VI. 125

représenter distinctement les différens états du Mobile l'un après l'autre, sans en confondre plusieurs ensemble. Or le Tems qui est un Être idéal, est fort différent du mouvement qui est quelque chose de réel.

§. 110. Je ne puis donc imaginer comment on a pû dire dans un Mémoire qui a remporté le premier Prix de l'Académie des Sciences, (& où il a d'ailleurs des choses excellentes,) *que l'existence du mouvement dans un Corps, est l'existence du Tems dans le Corps ; que le Tems & le mouvement d'un Corps, c'est la même chose ; & enfin, que c'est un préjugé de l'enfance de croire que le Tems est la mesure du repos, comme celle du mouvement.* Car certainement je pourrois ne jamais remuer de ma place & avoir des idées successives ; or j'existerois pendant un certain tems, & j'aurois une idée de la durée de mon Être, par la succession de mes idées, quand même je ne me ferois jamais mû, & que je n'aurois jamais vû de Corps en mouvement, & que par conséquent je n'eusse aucune idée du mouvement. Ainsi, tant qu'il y aura des Êtres dont l'existence se succedera, il y aura nécessairement un Tems, soit que les Êtres soient en mouvement, soit qu'ils soient en repos.

§. 111. Ce qui fait que l'on a confondu le mouvement & le Tems, c'est que l'on n'a point distingué avec assez de soin le tems de ses mesures.

Méprise de M. de Croufas sur le Tems.

Pag. 504

Il y auroit un Tems, quand même il n'y auroit point de mouvement.

Il faut distinguer avec soin le Tems de ses mesures.

§. 112.

§. 112. Les mesures du Tems prises des Corps extérieurs nous étoient nécessaires pour mettre de l'ordre dans les faits passés, présens, & même à venir; & pour pouvoir donner aux autres une idée de ce que nous entendons *par une telle portion de Tems*, & pour nous en rendre compte à nous mêmes: car la succession de nos idées ne peut nous servir à aucun de ces usages; elle ne peut nous servir de règle à nous-mêmes, parce que rien ne peut nous assurer qu'entre deux perceptions qui paroissent se suivre immédiatement, il ne s'en est pas écoulé une infinité dont nous avons perdu le souvenir, & que des tems immenses séparent.

Cette succession de nos idées ne peut pas non plus nous servir de moyen, pour faire comprendre aux autres ce que nous entendons *par une telle portion de Tems*; car les idées se succèdent plus vite ou plus lentement dans les différentes têtes.

Voilà pourquoi nous avons été obligés de prendre les mesures du Tems hors de nous. Presque tous les Peuples se sont accordés à se servir du cours du Soleil pour mesurer le Tems & c'est apparemment à cause qu'il paroît marcher sur nos têtes que les hommes ont confondu le Tems & le mouvement, faute de distinguer le Tems des mesures établies pour mesurer les parties: car si le Soleil, par exemple, s'éteignoit & se rallumoit à des intervalles égaux, il nous serviroit également de mesure du Tems, quoiqu'il la Terre & lui fussent immobiles.

Pourquoi
l'on mesure
le Tems
par le mou-
vement
des Corps
extérieurs.

DE PHYSIQUE. CH. VI. 127

§. 113. Il n'y a point, & il ne peut point y avoir de mesure exactement juste du Tems ; car on ne peut appliquer une partie du Tems à lui-même pour le mesurer, comme on mesure l'Etendue par des pieds & des toises qui sont elles-mêmes des portions d'Etendue. Chacun à sa mesure propre du Tems dans la promptitude ou la lenteur avec laquelle ses idées se succèdent, & c'est de ces différentes vitesses, dont les idées se succèdent en différentes personnes, & dans la même personne en différent tems, que sont venues plusieurs façons de s'exprimer, comme celle-ci, par exemple, *j'ai trouvé le tems bien long* ; car le tems nous paroît long, lorsque les idées se succèdent lentement dans notre esprit.

Il n'y a point de mesure du Tems exactement juste, & pourquoi.

§. 114. On sent aisément que les mesures du Tems peuvent être différentes chez les différens Peuples, le cours annuel & journalier du Soleil, les vibrations d'un Pendule (qui sont de toutes les mesures la plus juste) nous ont fourni celles de *Minutes, d'Heures, de Jours, & d'Années* : mais il est très-possible que d'autres choses aient tenu lieu de mesures à d'autres Peuples. La seule qui soit universelle, c'est celle que l'on appelle *un instant* ; car tous les hommes connoissent nécessairement cette portion de Tems, qui s'écoule pendant qu'une seule idée reste dans notre esprit.

§. 115. Toutes les mesures du Tems ne sont fondées que sur la durée de notre Être, & sur celle

celle des Etres qui coexistent avec nous ; & dont nous rapportons l'existence à l'idée que nous avons de la nôtre : car ayant acquis l'idée de succession & de Tems, pendant que nous avons des idées successives, nous transportons cette idée au Tems, pendant lequel nous n'en avons point eû, comme dans l'évanouissement, par exemple ; & c'est ainsi, que nous acquérons l'idée de la durée du Monde & de l'Univers, en rapportant l'idée que nous avons de la durée de notre existence, au Tems qui s'est écoulé lorsque nous n'étions pas encore, & à celui qui s'écoulera quand nous ne serons plus.

Comment
nous ac-
quérons
l'idée de
l'Eternité.

§. 116. Nous concevons dans la durée de tous les Etres finis un commencement & une fin ; or si par abstraction nous ôtons de cette idée celle du commencement, alors la durée est l'Eternité à *parte ante* ; si nous en ôtons la fin, cette espèce de durée s'appelle, l'Eternité à *parte post*, & c'est ainsi que l'Ame de l'homme est éternelle ; enfin, si nous ôtons de l'idée que nous avons de la durée des Etres finis son commencement, & sa fin, la durée deviendra l'Eternité de Dieu, car il n'y a que Dieu qui puisse être Eternel à *parte post*, & à *parte ante*, c'est-à-dire, n'avoir ni commencement, ni fin. Ainsi, nous acquérons l'idée d'une durée infinie, comme toutes les autres idées de l'infini par des Additions & des Soustractions dont nous ne pouvons jamais voir la fin.

CHAPITRE



CHAPITRE VII.

Des Elemens de la Matière,

§. 117.

LES Philosophes de tous les tems se sont exercés sur l'origine de la Matière, & sur ses Elemens. Les Anciens avoient chacun leur sentiment différent sur ce sujet, les uns faisoient l'Eau, l'Element primitif de tous les Corps; les autres, l'Air; d'autres, le Feu; Aristote réunissant tous ces sentimens divers admettoit quatre Elemens des choses, l'Eau, l'Air, la Terre, & le Feu: il croyoit que du mélange de ces quatre prin-

Quels étoient selon les anciens Philosophes les principes des choses,

Tome I.

*

I

ci pes,

cipes, qui, selon lui, étoient simples, parce qu'ils n'étoient point resolubles en d'autres mixtes, resuoltoit tout ce qui nous entoure.

Idee de Descartes sur les Elemens de la matiere.

§. 118. Descartes, qui malgré l'intervalle du tems qui est entre Aristote & lui, lui a cependant succédé, a fait aussi des Elemens à sa manière; il a substitué aux quatre principes d'Aristote trois sortes de petits Corps de différente grosseur & différemment figurés, ces petits Corps ou Elemens resuoltoient, selon lui, des divisions primitives de la Matière, & formoient par leur combinaison, le Feu, l'Eau, la Terre, l'Air, & tous les Corps qui nous environnent.

Opinion nouvelle sur les Elemens, qui s'est formée de celle de Descartes.

La plupart des Philosophes d'aujourd'hui ont abandonné les trois Elemens de Descartes, & conçoivent simplement la Matière comme une masse uniforme & similaire, sans aucune différence interne; mais dont les petites parties ont des formes & des grandeurs si diversifiées, que la variété infinie qui régné dans cet Univers peut en resulter. Ainsi, ils ne mettent de différence entre les parties constituantes de l'or, & du papier, par exemple, que celle qui vient de la figure & de l'arrangement de ces parties.

Cette opinion est à peu près celle d'Epicure sur les Atomes.

Cette opinion qui est très-connuë, ainsi que celle de Descartes, est à peu de chose près celle d'Epicure sur les Atomes que Gassendi a renouvelés de nos jours; car ces parties solides & insécables de la Matière, qui ne sont distinguées les unes des autres que par leur figure, & leur grandeur

grandeur, ne différent des Atomes d'Epicure que par le nom.

§. 119. M. de Leibnits qui ne perdoit jamais de vûe le principe de la raison suffisante, trouva que ces Atomes ne lui donnoient point la raison de l'étendue de la Matière, & cherchant à découvrir cette raison, il crut voir qu'elle ne pouvoit être que dans des parties non étendues, & c'est ce qu'il appelle *des Monades*.

Le principe de la raison suffisante montre que les Atomes sont inadmissibles.

Peu de gens en France connoissent autre chose de cette opinion de M. de Leibnits que le mot *des Monades*; les Livres du célèbre Wolff, dans lesquels il explique avec tant de clarté & d'éloquence le système de M. de Leibnits, qui a pris entre ses mains une forme toute nouvelle, ne sont point encore traduits dans notre Langue: je vais donc tâcher de vous faire comprendre les idées de ces deux grands Philosophes sur l'origine de la Matière; une opinion que la moitié de l'Europe savante a embrassée, mérite bien qu'on s'applique à la connoître.

Exposition du système de M. de Leibnits sur les Monades ou Elemens de la matière.

§. 120. Tous les Corps sont étendus en longueur, largeur, & profondeur; or comme rien n'existe sans une raison suffisante, il faut que cette étendue ait sa raison suffisante par laquelle on puisse comprendre, comment, & pourquoi elle est possible; car de dire, *qu'il y a de l'étendue, parce qu'il y a de petites parties étendues*, ce n'est rien dire, puisque l'on fera la même que-

tion sur ces petites parties que sur le tout, & que l'on demandera la raison suffisante de leur étenduë : or comme la raison suffisante oblige d'alleguer quelque chose qui ne soit pas la même que celle dont on demande la raison, puisque sans cela on ne donne point de raison suffisante, & que la question demeure toujours la même; si l'on veut satisfaire à ce principe sur l'origine de l'étenduë, il faut en venir enfin à quelque chose de non-étendu, & qui n'ait point de parties, pour rendre raison de ce qui est étendu, & qui a des parties : or un Etre non-étendu & sans parties, est un Etre simple. Donc les composés, les Etres étendus existent, parce qu'il y a des Etres simples.

Il faut avoïer que cette conclusion étonne l'imagination, les Etres simples ne sont point de son ressort, on ne peut se les représenter par des Images, & l'Entendement seul peut les concevoir. Les Leibnitiens se servent, pour faire recevoir les Estres simples avec moins de répugnance, d'une comparaison assez juste ; si quelqu'un demandoit, disent-ils, comment il se peut faire qu'il y ait des Montres, il ne se contenteroit certainement pas si on lui répondoit ; *c'est parce qu'il y a des Montres* ; mais pour donner des raisons suffisantes & qui satisfassent, de la possibilité d'une Montre, il faudroit en venir à des choses qui ne fussent point *Montres*, c'est-à-dire, aux ressorts, aux rouës, aux pignons, à la chaîne, &c. Ce même raisonnement

DE PHYSIQUE. CH. VII. 133

ment a lieu pour l'étenduë ; car lorsque l'on dit qu'il y a des Corps étendus parce qu'il y a des atomes , c'est comme si l'on disoit : *il y a de l'étenduë , parce qu'il y a de l'étenduë* : ce qui est en effet ne rien dire du tout. On ne peut donc trouver la raison suffisante d'un Estre étendu & composé que dans des Estres simples & non étendus , de même que la raison suffisante d'un nombre composé ne peut se trouver que dans un nombre non composé , c'est-à-dire , dans l'unité. Il faut donc convenir , concluent ces Philosophes , qu'il y a des Estres simples , puisqu'il y a des Estres composés.

§. 121. Les atomes, ou parties insécables de la Matière ne peuvent être les Estres simples ; car ces parties, quoique physiquement insécables , sont étenduës , & sont par conséquent dans le même cas que les Corps qu'elles composent : ainsi , le principe de la raison suffisante refuse également aux plus petits Corps comme aux plus grands , cette simplicité qui leur est nécessaire , pour que l'on puisse trouver en eux la raison de l'étenduë de la Matière.

On ne peut dire que , comme il faut enfin parvenir à des choses nécessaires en expliquant l'origine des Estres, il n'y a qu'à poser que les atomes sont nécessairement étendus & indivisibles , & qu'alors on n'aura plus besoin de rechercher la raison de leur étenduë , puisque tous les Philosophes conviennent que ce qui

Les Atomes ne peuvent être les Estres simples dont la Matière est composée.

est nécessaire n'a pas besoin de démonstration pourquoi il est ; car on ne doit reconnoître pour nécessaire que ce dont le contraire implique contradiction (§. 20.) ce qui est nécessaire a donc besoin d'une raison suffisante qui fasse voir pourquoi il est nécessaire ; & cette raison ne peut être que la contradiction qui se trouve dans ce qui lui est opposé. Or comme il n'implique point contradiction que des Estres étendus soient divisibles, on ne peut recevoir l'indivisibilité des atomes comme nécessaire ; ainsi il en faut venir à des Estres simples.

La volonté du Créateur à laquelle les Atomistes recourent pour rendre raison de l'étendue de l'atome, ne peut, selon M. de Leibnits, résoudre cette question, parce qu'il ne s'agit pas de sçavoir pourquoi l'étendue existe, mais comment & pourquoi elle est possible. Or on a vû ci dessus que la volonté de Dieu est la source de l'actualité, mais non pas de la possibilité des choses. Donc, on ne peut y recourir pour rendre raison de la possibilité de l'étendue.

§. 122, M. de Leibnits après avoir établi la nécessité des Estres simples, explique leur nature & leurs propriétés.

Les Estres
simples ou
Monades
n'ont point
de parties.

Les Estres simples n'ayant point de parties, aucune des propriétés qui naissent de la composition ne sçauroit leur convenir ; ainsi, les Estres simples n'étant point étendus, sont indivisibles ; car n'ayant point plusieurs parties, qui sont *un*, on ne sçauroit les séparer.

§. 123.

DE PHYSIQUE. CH. VII. 135

§. 123. Ils n'ont point de figure, car la figure est la limitation de l'étendue; or ces Estres simples n'étant point étendus, ils ne peuvent avoir de figure: par la même raison, ils n'ont point de grandeur, & ils ne remplissent point d'espace, & n'ont point de mouvement interne; car toutes les propriétés conviennent au composé, & découlent de la composition: ainsi, les Estres simples sont tous différens des Estres composés, & ils ne peuvent être ni vûs, ni touchés, ni représentés à l'imagination par aucune image sensible.

Ni de figure.

§. 124. Un Estre simple ne peut être produit par un Estre composé, car tout ce qui peut provenir d'un composé, naît, ou d'une nouvelle association, ou de la dissociation de ses parties; or l'association ne peut produire qu'un Estre composé, & de la dissociation, quand elle est poussée à son dernier période, il ne peut venir que des Estres simples qui existoient déjà dans le composé: donc ils n'ont pas été produits par cette dissociation: donc un Estre simple ne peut venir d'un Estre composé.

Il ne peut venir non plus d'un autre Estre simple, car l'Estre simple étant indivisible, & n'ayant point de parties qu'on puisse séparer, rien ne peut se détacher de lui. Ainsi, un Estre simple ne sçauroit naître d'un Estre simple; or puisque les Estres simples ne peuvent provenir

La raison
suffisante
des Estres
simples est
dans Dieu.

136 INSTITUTIONS

des Estres composés, ni d'autres Estres simples ; il s'ensuit que la raison des Estres doit être dans l'Estre nécessaire, c'est-à-dire, dans Dieu. Et on ne peut dire que la raison des atomes ou parties insécables de la Matière pourroit être dans Dieu comme celle des Estres simples ;

(C.) Dieu n'a pû créer l'étendue sans créer auparavant les Êtres simples ; car il faut que les parties du composé existent avant le composé, mais les parties n'étant plus résolubles en d'autres, leur raison première doit se trouver dans le Créateur.

Les Estres simples contiennent la raison suffisante de tout ce qui se trouve dans les Estres composés.

§. 125. Les Estres simples étant l'origine des Estres composés, il faut que l'on trouve dans les Estres simples la raison suffisante de tout ce qui se trouve dans les Estres composés ; les Estres simples doivent donc avoir des déterminations intrinsèques, par lesquelles on puisse comprendre pourquoi les composés qui en résultent, sont plutôt tels qu'ils sont, que tout autrement, c'est-à-dire, pourquoi ils ont tels & tels attributs, telles & telles propriétés, &c. Or comme vous avez vû ci-dessus qu'il n'y a point d'Estres semblables dans la nature, tous les Estres simples doivent être dissemblables & contenir en eux des différences, qui empêchent qu'on ne puisse mettre l'un à la place de l'autre dans un composé, sans changer sa détermination, puisque si ces Estres simples n'étoient pas tous dissemblables, les composés qui en résultent ne le pourroient point être non plus.

§. 126.

DE PHYSIQUE. CH. VII. 137

§. 126. On observe dans les composés un changement perpétuel ; rien ne demeure dans l'état où il est ; tout tend au changement dans la nature ; or puisque la raison première de ce qui arrive dans les composés se doit enfin trouver dans les simples, dont les composés résultent, il se doit trouver dans les Êtres simples un principe d'action capable de produire ces changemens perpétuels, & par lequel on puisse comprendre pourquoi les changemens se font en un tel tems, plutôt que dans tout autre, & d'une telle manière, plutôt que de toute autre.

Les Êtres simples ont un principe d'action & c'est ce qu'on appelle *Force*.

Le principe qui contient la raison suffisante de l'actualité d'une action quelle qu'elle soit, s'appelle *force* ; car la simple puissance ou faculté d'agir n'est dans les Êtres qu'une possibilité d'action ou de passion, à laquelle il faut une raison suffisante de son actualité. C'est ainsi que l'on dit qu'un animal a la faculté de marcher, un arc, celle de chasser une flèche, une montre, celle de marquer les heures, parce qu'on peut expliquer par la structure de l'animal, de l'arc & de la montre, comment & pourquoi ces effets sont possibles, mais il ne s'agit point de là que ces effets soient actuels ; car si cela étoit, l'animal marcheroit toujours, & la montre indiquerait toujours les heures, mais c'est ce qui n'arrive pas. Il faut donc admettre entre cette possibilité une raison suffisante de l'actualité, c'est-à-dire, une force qui mette en œuvre cette puissance que l'Être a d'agir. Or la raison suffisante

fante de tout ce qui arrive aux composés devant se trouver à la fin dans les Etres simples, il s'ensuit que les Etres simples ont cette force, qui consiste dans une tendance continuelle à l'action, & cette tendance a toujours son effet quand il n'y a point de raison suffisante qui l'empêche d'agir, c'est-à-dire, quand il n'y a point de résistance; car on doit appeller résistance, ce qui contient la raison suffisante pourquoy une action ne devient point actuelle, quoique la raison de son actualité subsiste.

Les Etres
simples
sont dans
un mouve-
ment con-
tinuel.

Les Etres simples sont donc doiés d'une force, quelle qu'elle puisse être, par l'énergie de laquelle ils tendent à agir, & agissent en effet dès qu'il n'y a point de résistance. Or comme l'expérience prouve que la force des Estres simples se déploie continuellement puisqu'elle produit des changemens sensibles à chaque instant dans les composés, il s'ensuit que chaque Estre simple est en vertu de sa nature & par sa force interne, dans un mouvement qui produit en lui des changemens perpetuels & une succession continuë; & que son état interne & la suite des successions qu'il éprouve sont différens de l'état interne, & des successions qu'éprouve tout autre Estre simple dans l'Univers entier.

§. 127. Les composés durent malgré les changemens qu'ils subissent, la matiere demeure la même pendant qu'elle reçoit différentes formes,

DE PHYSIQUE. CH. VII. 139

formes, notre Corps, ni celui des Planetes, ni l'air, ni rien de ce qui nous entoure ne s'anéantit; cependant l'état de ces Etres change à tout moment; il faut donc que les Etres simples dont les Etres composés résultent, durent c'est-à-dire, qu'ils ayent des déterminations constantes & invariables, pendant qu'ils en ont d'autres qui varient continuellement; car si les simples n'étoient pas durables par leur nature, les composés ne pourroient durer: les Etres simples sont donc de véritables substances, c'est-à-dire, des Etres durables & susceptibles des modifications que leur force Interne produit, (§. 52.)

Il n'y a de véritables substances que les Etres simples.

Rien ne sçauroit arrêter cette force interne des Etres simples, ni changer les effets qui en sont une suite, parce qu'aucun agent naturel ne peut ni briser, ni détruire les Etres simples.

§. 128. On voit par là que les véritables Substances (c'est-à-dire) les Etres simples sont actives, puisqu'elles portent en elles le principe de leurs changemens, c'est-à-dire, cette force qui leur est essentielle, qui ne les quitte jamais, & qui ne peut s'éteindre: & l'on comprend ce que M. de Leibnits entendoit lorsqu'il disoit que le véritable caractère de la Substance est d'agir, qu'elle se distingue des accidens par l'action, & qu'il est impossible de la concevoir sans force.

J'ai dit ci-dessus que suivant le sentiment de M.

M. de Leibnits, chaque Monade, ou Etre simple (car c'est la même chose) contient une suite de changemens qui est différente de la suite des changemens, de tout autre Etre simple, ce qui est une suite nécessaire du principe des indiscernables. Nous en avons un exemple dans nos ames, car personne ne doute que la suite des idées d'une ame ne soit différente de la suite des idées de toutes les autres ames qui existent.

§. 129. Les différens états d'un Etre simple dépendent les uns des autres ; car un tel état successif n'étant point plus nécessaire qu'un autre, il faut qu'il y ait une raison suffisante pourquoy un tel état est actuel, & pourquoi plutôt en tel tems qu'en tout autre : or cette raison ne peut se trouver que dans l'état qui a précédé, & la raison de celui-ci sera dans l'état antécédent à lui, & ainsi de suite jusqu'au premier. Ce premier état, qui n'en suppose point d'autre antécédent à lui, a dépendu de Dieu ; mais tous les états conséquens sont liés entre eux, enforte que du premier découle le dernier qui y étoit contenu, & qui doit être tel, parce que le premier a été ainsi & non pas autrement : de même que l'état actuel d'un Horloge dépend de l'état précédent, celui là d'un autre, & ainsi de suite, jusqu'au premier qui a dépendu de la façon dont l'ouvrier a arrangé les rouës ; & c'est ainsi que la 47. proposition d'Euclide découle de la première, & y est contenuë.

§. 130.

DE PHYSIQUE. CH. VII. 141

§. 130. Tout est lié dans le monde ; chaque Etre a un rapport à tous les Etres qui coexistent avec lui , & à tous ceux qui l'ont précédé , & qui doivent le suivre : nous sentons nous-même à tout moment que nous dépendons des Corps qui nous environnent ; qu'on nous ôte la nourriture , l'air , un certain degré de chaleur , nous périssons , nous ne pouvons plus vivre ; toute la Terre dépend de l'influence du Soleil , & elle ne sçauroit se conserver , ni véger sans son secours. Il en est de même de tous les autres Corps ; car quoique nous ne voyions pas toujours distinctement leur liaison mutuelle , nous ne pouvons cependant par le principe de la raison suffisante & par l'analogie , douter qu'il n'y en ait une , & que cet Univers ne fasse un tout , un entier & une seule machine dont toutes les parties se rapportent les unes aux autres , & sont tellement liées ensemble , qu'elles conspirent toutes à une même fin.

Tout est
lié l'un à
l'autre
dans cet
Univers.

§. 131. Les raisons primitives de tout ce qui arrive dans les Corps , devant se trouver enfin dans les Elemens dont ils sont composés , il s'ensuit que la raison primitive de la liaison des Corps entre eux en tant qu'ils coexistent , & qu'ils se succèdent , se trouve dans les Etres simples : la liaison des parties du Monde dépend donc de la liaison des Elemens , qui en est le fondement , & la premiere origine. Ainsi , l'état de
chaque

chaque Element renferme une relation à l'état présent de l'Univers entier, & à tous les états qui naîtront de l'état présent, de même que dans une Machine bien faite, la moindre partie a une relation à toutes les autres : car l'état d'un Element quelconque A étant déterminé, l'harmonie & l'ordre demandent que l'état de ses voisins B C D, &c. soient aussi déterminés d'une telle manière, plutôt que de toute autre, pour conspirer avec l'état du premier ; & comme la même raison continuë pour tous les états des Elemens, tous les états futurs des Elemens auront aussi une relation à l'état présent qui doit co-exister avec eux, aux états passés dont cet état présent découle, & aux états qui le suivront ; & dont il est la cause. Ainsi, on peut dire que dans le système de M. de Leibnits, c'est un problème Métaphisico-Géométrique, *l'état d'un Element étant donné, en déterminer l'état passé, présent, & futur de tout l'Univers* : la solution de ce problème est réservée à l'éternel Géometre qui le résout à tout moment, en ce qu'il voit distinctement la relation de l'état de chaque Etre simple à tous les états passés, présens, & futurs de tous les autres Etres de l'Univers ; mais il sera toujours impossible aux Etres finis d'avoir une idée distincte de cette relation infinie, que toutes les choses qui existent ont entre elles, parce qu'alors ils deviendroient Dieu.

§. 132. Notre Ame se représente à la véri-

té

DE PHYSIQUE. CH. VII. 143

té l'Univers entier, mais c'est d'une manière confuse, au lieu que Dieu le voit d'une manière si distincte, qu'aucun des rapports qui y entrent ne lui échappent. C'est encore un des sentimens de M. de Leibnits, qui a le plus besoin d'être éclairci & d'être sauvé du ridicule, dont on pourroit le charger, que cette représentation de l'Univers entier, & de tous ses changemens, qu'il prétend être un attribut de notre Ame.

Notre ame a des représentations obscures de tout ce qui arrive dans tout l'Univers.

On fait, & tous les Philosophes conviennent que le mouvement se propage dans le plein à toutes les distances, la moindre pierre jettée dans l'Océan trouble l'équilibre de cette masse d'eau immense, & y forme des anneaux dont on ne discerne point distinctement la fin. Figurons nous, par exemple, un bateau qui flotte sur la Mer, & qu'on y jette à des distances différentes de ce bateau, des pierres de différente grosseur, on s'apperçoit que chaque pierre fait naître des anneaux, qui en forme d'ondes se propageront plus ou moins fort, à proportion qu'elles viennent de plus loin, & que la cause qui les a produites étoit plus puissante. Ainsi, ce bateau recevra successivement des impressions de toutes les pierres, dont chacune est telle qu'on en pourroit déterminer la cause, & la distance: or nous sommes dans le même cas que ce bateau, notre Corps nage dans un fluide infini, & il vient des ondes le frapper de toutes parts, lesquelles portent avec elles le caractère de leur origine

origine ; lorsqu'une impression dans les organes de nos sens est forte, & qu'elle excite en nous un mouvement violent, parce que l'objet qui en est la cause est proche, nous l'appercevons & nous en avons une idée fort claire ; à mesure que l'objet qui cause la sensation s'éloigne, l'impression qu'il fait sur les organes de nos sens devient moins forte, & la clarté de l'idée qu'elle excite en nous suit cette dégradation, & diminue à proportion ; car par la loi de continuité, la clarté de l'idée doit suivre la force de l'impression. Ainsi, quand l'objet est fort loin, & qu'il ne peut faire d'impression sensible sur nos sens, l'idée doit aussi devenir insensible, c'est-à-dire, doit former une représentation obscure ; or les impressions que les objets font sur nous, continuent à quelque distance qu'ils puissent être placés, parce que dans le plein tout mouvement doit produire des ondes à l'infini, comme cette pierre qu'on jette dans l'Océan, dont je viens de parler, & les ondes propagées & dilatées à l'infini doivent nécessairement venir jusqu'à nous, & par conséquent, il se doit faire dans notre ame une représentation relative au mouvement que nos organes ont éprouvé. Car si à une certaine distance les représentations que les objets excitent dans notre ame, venoient à cesser, quoique les impressions qu'ils font sur nos sens continuassent, il se feroit un saut dans la Nature, ce qui seroit contraire au principe de la raison.

DE PHYSIQUE. CH. VII. 145

raison suffisante (§. 13.) car il n'y auroit point de raison , pourquoi la clarté d'une idée auroit diminué par gradation , & suivi la proportion des impressions jusqu'à un certain point , & qu'à ce point elle vint à finir comme par un saut , quoique la raison pour laquelle elle devoit continuer subsistât toujours. Ainsi , dès qu'on admet le principe de la raison suffisante , & le plein qui en est une suite , on est obligé de convenir que nous recevons des impressions de tous les mouvemens qui arrivent dans l'Univers , & que notre ame en a des représentations obscures , à cause de la liaison constante qui est entre les impressions du Corps & les représentations de l'ame. Nous ne pouvons avoir à la vérité une représentation claire que des changemens les plus marqués , & qui affectent nos organes avec une certaine force ; mais toutes ces représentations existent , quoique notre ame ne les apperçoive point , à cause de leur foiblesse & de leur multiplicité infinie , qui fait qu'il est impossible de les distinguer , & que par conséquent , elles n'excitent en nous que des représentations obscures. Qu'une infinité de représentations obscures accompagnent nos idées les plus claires , c'est ce dont nous ne pouvons disconvenir , si nous faisons un peu d'attention sur nous mêmes. J'ai une idée toute claire , par exemple , de ce papier , sur lequel j'écris , & de la Plume dont je me sers : cependant , combien de représentations obscures sont enveloppées & cachées , pour ain-

si dire, dans cette idée claire; car il y a une infinité de choses dans la tiffure de ce papier, dans l'arrangement des fibres qui le compose, dans la différence & la ressemblance de ces fibres que je ne distingue point, & dont j'ai cependant une représentation obscure; car les fibres, leurs différences, & leur arrangement subsistant, il n'y a aucune raison pourquoi elles ne causeroient pas des impressions dans mes organes, & par conséquent des représentations dans mon Ame: mais ces impressions étant trop foibles & trop composées, je ne les distingue point, & il en naît dans mon Ame des représentations obscures. Ainsi, la représentation totale qui résulte du tout de ce papier est claire; mais les représentations partiales sont obscures. Il est aisé de voir par-là pourquoi dans le ventre de nos meres, nous sommes dans un état d'idées toutes obscures; c'est que notre Corps n'étant point encore développé, nos membres & nos organes sont affaiblés & concentrés presque dans un point; par conséquent il est impossible que l'animal ne soit également affecté par tout de la même impression. Ainsi, le moindre mouvement ébranle l'animal entier si fort, qu'il ne sauroit distinguer une impression d'une autre, ni par conséquent se former d'idées distinctes; au lieu que quand nous sommes sortis des enveloppes de l'*uterus*, notre Corps est tellement disposé, que le mouvement des raisons de lumière, par exemple, ne peut point ébranler les nerfs acoustiques, ni les sons

le

DE PHYSIQUE. CH. VII. 147

l'nerf optique, & embrouiller par-là des idées fort différentes, qui doivent être conçues & senties séparément pour qu'elles puissent être distinctes.

§. 133. Cette liaison de notre Ame avec l'Univers entier vient donc de l'union des Elements entre eux, & des rapports qu'ils ont tous les uns avec les autres, & ces rapports naissent de leur dissemblance; car cette dissemblance fait que chaque Element par son essence & par ses déterminations intrinseques, exige la coëxistence d'un tel Element auprès de lui plutôt que de tout autre, & l'on ne pourroit ôter un Element de sa place pour lui en substituer un autre, & conserver cependant la même suite de choses; un tel changement changeroit tout l'Univers, & il s'en formeroit un Univers nouveau: d'où l'on voit que l'on trouve dans la dissemblance des Elements, pourquoi cet Univers est tel qu'il est plutôt que tout autre. C'est encore par cette dissemblance que l'on peut comprendre comment des Etres non étendus peuvent former des Etres étendus; car les Elements existent tous nécessairement les uns hors des autres (puisque l'un ne peut jamais être l'autre,) & étant tous, comme on vient de le voir, unis & liés ensemble, il en résulte un assemblage de plusieurs Etres divers, qui existent tous les uns hors des autres, & qui par leur liaison font un tout; mais j'ai fait voir que nous ne pouvons nous représenter l'étendue que comme l'assemblage de plusieurs

K 2 choses

148. INSTITUTIONS

choses diverses coëxistantes, & qui existent les unes hors des autres (§. 77.): donc, concluent les Leibnitiens, un agrégat d'Étres simples doit être étendu. Ainsi, de l'union Métaphisique des Elemens entr'eux découle l'union Méchanique des Corps que nous voyons; car toute la Méchanique qui tombe sous nos sens dérive à la fin, & en remontant à la source première, de principes supérieurs & Metaphisiques.

§. 134. Les Composés ne peuvent subsister sans les simples, ni recevoir aucun changement qui ne soit fondé dans les Elemens; ainsi les Composés ne sont point des Substances par eux mêmes, mais des assemblages de Substances ou d'Étres simples. Car dans l'Étre composé, il n'y a rien de Substantiel que les Elemens; tout le reste, comme la grandeur, la figure des parties, leur situation entre elles, les qualités Physiques de la Matière, comme la dureté, la ductilité, la meabilité, &c. qui constituent le Composé, ne sont que des Modes; comme dans une Montre, par exemple, la figure des Roues, leur combinaison, la qualité du ressort, la dureté des parties, &c. constituent la Montre: cependant, on voit évidemment que toutes ces choses ne sont que des Modes, qui peuvent varier sans que la matière de la Montre périsse; & par conséquent il ne périt rien de substantiel, quoiqu'un composé cesse, & qu'il s'en forme un autre par la différente combinaison de ses parties,

Tout Étre composé n'est point une substance, mais un agrégat de substances, c'est-à-dire, d'Étres simples.

DE PHYSIQUE. CH. VII. 149

ties, puisque les Elemens continuent toujours de subsister, & de durer quelque séparation qui puisse arriver aux parties qui font les Composés. Cependant, l'étendue doit nous paroître une Substance, car nous voyons qu'elle dure, & qu'elle peut être modifiée (§. 52.); mais si nous examinons cette idée avec les yeux de l'Entendement, nous ferons obligés de reconnoître qu'elle n'est qu'un Phenomène, une abstraction de plusieurs choses réelles, par la confusion desquelles nous nous formons cette idée d'étendue; c'est de cette confusion que naissent presque tous les objets qui tombent sous nos sens, & dont les réalités sont souvent infiniment différentes des apparences (§. 53.) Ainsi, si nous pouvions voir distinctement tout ce qui compose l'étendue, cette apparence d'étendue, qui tombe sous nos sens, disparoîtroit, & notre Ame n'apperoiroit que des Etres simples existans les uns hors des autres, de même que si nous distinguons toutes les petites portions de matière différemment mues, qui composent un portrait, ce portrait qui n'est qu'un Phenomène disparoîtroit pour nous. Ainsi, la même confusion, qui est dans mes organes & qui fait que de la ressemblance d'un visage humain résulte l'assemblage de plusieurs portions de matière différemment mues, dont aucune n'a de rapport au Phenomène, qui en résulte pour moi, cette même confusion, dis-je, fait que le Phenomène de l'étendue résulte pour nous de l'assemblage

Comment
l'étendue
peut résulter
de l'assemblage
des Etres
simples.

des Etres simples & de leurs différences internes; mais comme il est impossible que nous nous représentions l'état interne de tous les Etres simples, duquel, cependant, le Phenomène de l'étendue dépend, toute perception des réalités nous doit échapper par notre nature; & il ne nous reste des idées confuses que nous avons de chacun de ces Etres simples, qu'une idée de plusieurs choses coéxistantes, & liées ensemble, sans que nous sachions distinctement comment elles sont liées, & c'est cette idée confuse qui fait naître le Phenomène de l'étendue.

Pourquoi
les Etres
simples
révoltent
tant l'ima-
gination.

§. 135. La répugnance que l'on a à concevoir comment des Etres simples & non étendus peuvent par leur assemblage composer des Etres étendus, n'est pas une raison pour les rejeter: cette révolte de l'imagination contre les Etres simples, vient vraisemblablement de l'habitude ou nous sommes de nous représenter nos idées sous des images sensibles, qui ne peuvent ici nous aider

Dans les choses dont on ne peut se faire d'images sensibles, & qu'on ne peut se représenter par des caractères, il faut tâcher d'y suppléer en ne perdant jamais les principes incontestables de vûe, & en tirant des conclusions par des conséquences liées entr'elles, sans faire jamais aucun saut dans nos raisonnemens.

Il en seroit des vérités Géométriques comme des Etres simples, si on n'avoit pas inventé des signes pour les représenter à l'imagination

tion , cependant ces vérités n'en seroient pas moins sûres, peut-être quelques jours trouvera-t'on un calcul pour les vérités Metaphysiques , par le moyen duquel par la seule substitution des caractères, on parviendra à des vérités comme dans l'Algebre. M. de Leibnits croyoit l'avoir trouvé; mais par malheur il est mort sans communiquer sur cela ses idées, qui du moins nous auroient mis sur la voie, si elles n'avoient pas donné tout ce que le nom d'un aussi grand homme promettoit.

§. 136. Il est fâcheux sans doute que tous les gens qui pensent ne soient pas d'accord sur les premiers principes des choses, il sembleroit que le droit que la vérité a sur notre assentiment devoit s'étendre sur toutes les notions & sur tous les tems. Cependant, combien de vérités ont été combattues des siècles entiers avant d'être admises; tel a été, par exemple, le véritable système du Monde, & de nos jours les forces vives. Il ne m'appartient pas de décider si les Monades de M. de Leibnits sont dans le même cas: mais soit qu'on les admette, ou qu'on les refuse, nos recherches sur la nature des choses n'en seront pas moins sûres; car nous ne parviendrons jamais dans nos expériences jusqu'à ces premiers Elemens qui composent des Corps, & les Atomes physiques (§. 172.), quoique composés encore d'Etres simples, sont plus que suffisans, pour exercer le desir que nous avons de connoître.



CHAPITRE VIII.

De la nature des Corps.

§. 137.

DESCARTES, le Pere Mallebranche . & tous leurs sectateurs ont fait consister l'essence du Corps dans l'étenduë ; ils croyoient qu'il ne falloit que de l'étenduë en longueur , largeur , & profondeur pour faire un Corps , & voici comment ils raisonnoient. L'essence d'une chose est ce qu'on reconnoît de premier dans cette chose , ce qui en est inf parable , & d'où dépendent toutes les propriétés qui lui conviennent. (37) Ainsi pour découvrir en quoi consiste l'essence de la Matière , il faut examiner quelles sont

DE PHYSIQUE. CH. IX. 153

sont les propriétés qui sont renfermées dans l'idée qu'on a de la Matière, comme la fluidité, la dureté, le mouvement, le repos, l'étendue, la figure, la divisibilité, &c., & considérer ensuite quels sont de tous ces attributs ceux qui en sont inséparables. Or la fluidité, la moëlle, le mouvement, & le repos pouvant être séparés de la Matière, puisqu'il y a plusieurs Corps qui sont sans dureté, ou sans fluidité, ou sans moëlle, quelques-uns qui ne sont point en mouvement d'une façon sensible, & d'autres qui ne sont point en repos, il s'ensuit que tous ces attributs n'étant point inséparables de la Matière, ne lui sont point essentiels.

Mais il reste quatre attributs que nous concevons comme inséparables de la Matière, qui sont la figure, la divisibilité, l'impénétrabilité, & l'étendue. Pour connoître quel est de ces quatre attributs celui qu'on doit prendre pour l'essence de la Matière, il faut donc examiner quel est celui, qui n'en suppose point d'autres, & qui doit se trouver le premier dans l'Être. On reconnoît facilement alors que la figure, la divisibilité, l'impénétrabilité supposent l'étendue, & que l'étendue ne suppose rien; mais que dès qu'elle est donnée, la figure, l'impénétrabilité & la divisibilité le sont aussi: donc, continuent ces Philosophes, on doit conclure que l'étendue est l'essence du Corps, puisque toutes ses autres propriétés dépendent de l'étendue.

Quatre attributs principaux des Corps.

Descartes & le P. Malebranche faisoient consister l'essence du Corps dans l'étendue.

Et ils ô-
troient tou-
te activité
aux créatu-
res.

§. 138. Cette définition de l'essence du Corps les conduisoit nécessairement à ôter toute force, & toute activité aux créatures ; car quelques réflexions que l'on fasse sur l'étendue, qu'on la limite comme on voudra, qu'on arrange ses parties de toutes les manières possibles, on ne voit point comment il en peut naître une force & un principe interne d'action : car la Matière étant, selon cette définition, une substance seulement passive, elle ne peut jamais devenir active par toutes les modifications possibles. Cependant comme l'expérience prouve que les Corps agissent & sont doués d'une activité, les Cartesiens ont eu recours, pour expliquer cette force active, à la volonté de Dieu. Ainsi, selon eux, ce ne sont point les créatures qui agissent, c'est Dieu lui-même qui meut immédiatement un Corps à l'occasion d'un autre ; & cela suivant une certaine loi qu'il s'est prescrite au commencement, & qu'il ne viole jamais que lorsqu'il fait des miracles ; car on appelle *miracle* un effet qui n'est point explicable par les loix du mouvement & par l'essence des Corps. Ainsi, les causes secondes paroissent bien avoir quelque efficace dans ce système, mais elles n'en ont réellement point. Dieu fait tout par son concours immédiat, les créatures sont les occasions, mais jamais les causes ; elles peuvent recevoir, mais elles ne peuvent jamais ni agir, ni produire.

DE PHYSIQUE. CH. VIII. 155

§. 139. Tout cet enchaînement de conséquences & de démonstrations des Cartésiens tombe bientôt par le principe de la raison suffisante ; car si l'essence du Corps consiste dans la simple étendue , & qu'il n'y ait point de différences internes dans les parties de la Matière qui les distinguent réellement , la Matière est similaire , & une de ses parties ne diffère de l'autre que par la position , comme les Cartésiens l'avouent eux - mêmes. Or nous avons vû (§. 12.) que le principe de la raison suffisante ne souffre point dans l'Univers de Matière similaire , & qui ne soit pas distinguée par des qualités internes. Ainsi l'essence du Corps ne peut consister dans la simple étendue , puisqu'il est nécessaire , pour satisfaire au principe de la raison suffisante , d'accorder une différence originaire dans les parties de la Matière , qui lui soit aussi essentielle que l'étendue - même.

Il faut donc qu'il y ait quelque chose dans la Matière d'où cette différence interne tire son origine ; mais elle n'en peut point avoir d'autre que la force interne ou tendante au mouvement qui est dans toute la Matière , & qui se diversifiant à l'infini , met une différence réelle entre toutes les parties de la Matière , en sorte qu'il est impossible de mettre l'une à la place de l'autre , parce qu'il n'y en a pas deux qui ayent la même force & le même mouvement , & par conséquent la même forme ; car toute forme suppose du mouvement , & par conséquent de la force.

Mais cette opinion se trouve fautive, lorsqu'on admet le principe d'une raison suffisante.

il faut ajouter à l'étendue la force active & passive, pour avoir une idée juste de l'essence du Corps.

Lia

La force est donc aussi nécessaire à l'essence du Corps que l'étendue ; car on ne sçauroit admettre aucune portion de Matière sans mouvement , puisqu'une portion de Matière quelconque , quelque petite qu'elle fût , seroit composée de parties similaires , si toutes ses parties étoient dans un parfait repos. Mais c'est ce qui ne peut être par le principe de la raison suffisante, (§. 12.)

§. 140. La première chose que nous comprenons des Corps, c'est que ce sont des Êtres composés de plusieurs parties. Ainsi , les propriétés d'un Être composé leur doivent convenir ; or il ne peut arriver de changemens dans le composé qu'à l'égard de sa figure , de sa grandeur , de la situation de ses parties & du lieu du tout : & par conséquent tous les changemens des Corps se doivent réduire à ceux - là. Mais comme aucun de ces changemens ne se peut faire sans le mouvement , tout changement doit être causé par le mouvement de la Matière , ou de ce qui est étendu. Ainsi ; tous les Corps , toutes les portions de Matière sont des Machines ; car nous appellons *Machine* un composé dont les changemens se font en vertu de sa composition & par le moyen du mouvement.

il n'y a point de Matière sans force ,

§. 141. L'étendue qui résulte de la composition n'est donc pas la seule propriété qui convient au Corps , il y faut ajouter encore le pouvoir

DE PHYSIQUE. CH. VIII. 157

voir d'agir : ainsi la force qui est le principe de l'action se trouve répandue dans toute la Matière, & il ne sçauroit y avoir de Matière sans force motrice, ni de force motrice sans Matière, comme quelques Anciens l'avoient fort bien reconnu.

ni de force
sans Ma-
tière.

§. 142. La raison nous montre & l'expérience nous confirme une autre propriété des Corps, c'est celle de résister, ou la force passive ; car en raisonnant d'après la force active qui est dans les Corps, on ne voit pas sur quoi elle agiroit, si les Corps n'étoient pas résistans, puisqu'il n'y auroit point alors de raison suffisante de leur action.

D'un autre côté, nous éprouvons tous les jours que lorsque nous voulons mettre en mouvement un Corps qui nous paroît en repos, nous ne pouvons y parvenir sans un effort qui surmonte la résistance de ce Corps lourd & paresseux, qui ne se met en mouvement que par une action continuée. Ce Corps a donc une force par laquelle il résiste au mouvement qu'on veut lui imprimer.

La force
passive
étoit né-
cessaire
pour que
le mouve-
ment s'exécutât a-
vec raison
suffisante.

Cette force résistante a été exprimée par Kepler d'une manière fort significative par les mots de *vis inertia*, force d'*inertie*. Sans cette force, aucune des loix du mouvement ne pourroit subsister, & tous les mouvemens se feroient sans raison suffisante : car dès qu'on admettroit que la Matière fût sans résistance, ou force d'*inertie*,

tie, il n'y auroit plus de proportion entre la cause & l'effet ; & l'on ne pourroit point juger de ce qu'un Corps a une telle quantité de mouvement & une telle masse, qu'il a fallu une telle force pour le lui communiquer. Car le plus grand Corps & le plus petit pourroient être mûs par la même force avec la même facilité & la même vitesse, s'ils étoient l'un & l'autre sans inertie : la moindre force suffiroit pour donner le plus grand mouvement à cette étendue légère, & pour ainsi dire, vuide ; & pour l'arrêter, quand elle est dans le plus grand mouvement, il ne faudroit qu'un effort infiniment petit.

Il n'y auroit aucune vérité déterminée dans les changemens qui arrivent dans les Corps, si la Matière étoit sans inertie, puisque ces changemens pourroient être indifféremment tels qu'ils sont, ou tous autres, sans qu'on en pût donner aucune raison, ce qui est entièrement contraire au principe de la raison suffisante, selon lequel les effets doivent être proportionnés aux causes. Mais cette proportion entre la cause & l'effet se trouve toujours dans l'action des Corps les uns sur les autres, dès qu'on admet de la résistance dans l'étendue : car alors une double étendue opposant une double résistance, il faut une double force pour lui imprimer le même mouvement ; & l'on peut dire en général que les forces sont comme les masses, quand les vitesses sont égales.

Ainsi,

DE PHYSIQUE. CH. VIII. 159

Ainsi, si l'on veut que le mouvement se fasse avec raison suffisante, c'est-à-dire, qu'il soit possible, il faut admettre dans les Corps cette force résistante, ou force passive, sans quoi on ne pourroit jamais déterminer quelle force seroit nécessaire pour faire un effet donné.

§. 143. L'étendue combinée avec la force d'inertie est ce qu'on appelle *Matiere* : car ordinairement on considère la *Matiere* comme une masse lourde & sans action ; & l'on appelle l'étendue *Matiere*, en tant qu'on la regarde comme quelque chose de passif.

L'étendue jointe à la force d'inertie, est ce qu'on appelle *Matiere*.

§. 144. Mais l'idée de la *Matiere* conçue de cette façon n'est encore qu'incomplète ; car aucun des changemens dont la *Matiere* est susceptible, ne pourroit arriver ou devenir actuel par l'étendue & la force d'inertie. Il faut donc y joindre la force motrice, laquelle contient la raison suffisante de l'actualité des changemens dans les Corps, & l'on a vû que cette force motrice est inséparable de la *Matiere*, parce que le principe de la raison suffisante n'admet point de *Matiere* similaire dans l'Univers.

Mais c'est improprement, car il faut ajouter la force motrice, qui est la raison suffisante de l'actualité du mouvement.

§. 145. Tous les changemens qui arrivent dans les Corps peuvent s'expliquer par ces trois principes, l'étendue, la force résistante, & la force active ; car en tant qu'étendu, le Corps a une grandeur, une figure, & une situation : ainsi,

Tout ce qui arrive dans les Corps peut se déduire de l'étendue, & de la force active & passive.

l'on peut comprendre par la propriété d'étendue quels changemens sont possibles dans les Corps, puisqu'on peut comprendre par là quels changemens & quelles limites ils peuvent recevoir dans leur figure & leur situation. Or tous ces changemens peuvent devenir actuels par la force motrice qui est le principe du mouvement; la force motrice peut donc faire comprendre comment les changemens, qui étoient possibles dans le Corps en vertu de son étendue, deviennent actuels. Mais aucun de ces changemens n'étant plus nécessaire qu'un autre, puisque le Corps par son étendue & sa force est également susceptible de les subir tous, il faut une raison pourquoi tels changemens arrivent, tandis que d'autres qui étoient aussi possibles par l'étendue & par la force motrice, n'arrivent point; & cette raison se trouve dans la force d'inertie ou force résistante. Ainsi, l'on peut comprendre par l'étendue, la force motrice & la force d'inertie, pourquoi de certains changemens sont possibles dans les Corps, comment ils deviennent actuels, & pourquoi les uns ont lieu plutôt que d'autres, & dans un tems plutôt que dans un autre; & l'on peut dire par conséquent que ces trois principes suffisent, & que c'est en eux que consiste la nature du Corps.

Et c'est dans ces trois principes que consiste leur essence.

§. 146. On voit par là que les Philosophes qui veulent que l'on n'admette en Philosophie que

DE PHYSIQUE. CH. VIII. 161

que des principes mécaniques , & qui prétendent que tous les effets naturels doivent être explicables mécaniquement , ont raison ; car la possibilité d'un effet se doit prouver par la figure , la grandeur , & la situation du composé , & son actualité , par le mouvement. Et quiconque raisonne ainsi , procède dans ses raisonnemens , comme la nature des choses l'exige.

§. 147. Ces trois principes , *çavoir, l'étendue, la force passive, & la force motrice*, ne dépendent point l'un de l'autre ; car ce sont les essentielles du Corps , & on a vû que les essentielles ne se déterminent point mutuellement , mais qu'elles peuvent seulement subsister ensemble sans se détruire. Ainsi , la force active & la force passive ne découlent point de l'étendue , & ces deux forces ne sont point une suite l'une de l'autre , ni l'origine de la propriété qu'on nomme étendue.

Ces trois principes ne dépendent point l'un de l'autre.

Il est aisé de voir que la force active ne résulte ni de l'étendue , ni de la force d'inertie ; car ni la figure , ni la grandeur , ni la combinaison des parties ne çauroient produire une tendance au mouvement , une force , ou un certain degré de vitesse , comme les Cartésiens l'avoient très-bien compris. La force d'inertie ne peut être non plus la cause de la force active à laquelle elle résiste : ainsi , l'on est obligé d'admettre la force active dans les Corps comme un principe fort différent de l'étendue & de la ré-

Tome I.

*

L

sistance ;

sistance , & qui n'en découle nullement : or comme on peut dire la même chose de la force d'inertie & de l'étendue , les trois propriétés ne dépendent point l'une de l'autre.

§. 148. La force active ne dépendant ni de l'étendue ni de l'inertie de la matière , on doit se la représenter comme un Etre à part qui dure & qui subsiste par lui-même , & qui donne l'Etre & la perfection à la matière , qui sans elle seroit un cahos & une masse similaire , qui ne pourroit exister.

Pourquoi la force active doit nous paroître une substance.

La force active doit paroître une substance , parce qu'elle a des Modes , la vitesse , par exemple , en est un ; car la force active consiste dans une tendance continuelle de changer de lieu , & c'est par cette tendance que le mobile devient capable de parcourir un certain Espace en un certain tems. Or cette capacité d'employer un certain tems à parcourir un certain Espace , c'est ce qu'on appelle vitesse ; la vitesse , est donc attachée à la force active , comme à son sujet : mais cette vitesse peut changer ; or , il n'y a que les Modes qui puissent changer dans un sujet ; donc la vitesse est un Mode de la force active , & la modification de la force consiste dans la variation de la vitesse.

On appelle l'état interne d'un Etre , les déterminations de ses changemens internes , c'est-à-dire , des changemens qui peuvent arriver dans lui-même , comme , par exemple ,
l'état

L'état interne de ma Montre dépend de la disposition des roues les unes à l'égard des autres ; mais son état externe est déterminé par les relations qu'elle obtient avec d'autres Êtres, comme d'être posée sur la table, sur la cheminée, &c. Ainsi, la force motrice étant susceptible de toutes sortes de degrés de vitesse, son état interne est déterminé par la vitesse, & cet état est plutôt tel dans un tems quelconque que tout autrement, parce qu'une vitesse donnée le détermine. D'où il suit que la vitesse est une limitation de la force motrice. On peut dire de même que l'état externe de la force motrice dépend de la direction de la vitesse ; car la direction n'ajoute rien de nouveau à la vitesse & à la force, elle ne produit d'autre effet que de faire obtenir au mobile des relations différentes aux Corps coexistans : donc l'état externe de la force motrice dépend de la détermination de la direction.

La vitesse & la direction sont des Modes de la force motrice,

§. 149. On regarde ordinairement la force motrice comme résultant de la matière modifiée par la vitesse, mais cette notion de la force motrice est absolument fautive ; car la possibilité des Modes dans un sujet doit venir ou des objets antérieurs, ou des Modes antécédens de ce sujet (§. 44.) Or, si la vitesse étoit un Mode de la matière, & qu'elle résultât des Corps extérieurs, il faudroit en trouver la raison dans ces Corps extérieurs, qui sont eux-même de la

La vitesse ne peut être un Mode de la matière.

L 2 matière

matière : ainsi, la même question reviendroit. Cette raison ne peut être non plus dans les Modes antécédens de l'étendue ; car l'étendue par elle-même, jointe à la force d'inertie, & sans la force motrice, n'a point de Modes actuels, elle en a seulement de possibles que la force rend actuels. Donc si on admettoit que la vitesse fut un Mode de la matière, ce seroit reconnoître dans un sujet des Modes auxquels il est inhabile, & qu'il ne sauroit recevoir.

De plus, tous les Modes sont les limites de leur sujet ; (§. 43.) or la vitesse ne peut point être la limite de la matière, parce qu'en limitant l'étendue & la force d'inertie, il n'en peut résulter que de la figure & du repos : la vitesse ne peut donc être un Mode de la matière.

D'ailleurs, dans la notion de la matière & de l'inertie, qui ne renferme que plusieurs choses existantes l'une hors de l'autre, unies en un & capables de résister, on ne trouve point la raison suffisante de l'actualité de la vitesse ; il faut donc la chercher ailleurs, & on la trouvera dans la force : la force motrice doit donc être conçue comme une substance, puisqu'elle peut recevoir des modifications par la vitesse, & qu'elle dure ; car nous ne pouvons douter que la force motrice ne dure, & il est aisé même de prouver que la quantité en demeure toujours la même dans l'Univers. Car puisque la matière ne périt point, & qu'elle ne sauroit être sans force,

DE PHYSIQUE CH. VII. 165

il est nécessaire que la quantité de la force demeure la même ; puisque la quantité de matière à laquelle elle est inséparablement attachée, ne diminue point, la force motrice doit donc nous paroître un sujet durable & modifiable, c'est-à-dire, une substance différente de la matière, & qui reçoit des limites par la vitesse, comme l'étendue en reçoit par la figure.

§. 150. L'Etendue est une des propriétés essentielles de la matière. Il est certain que la matière dure, puisque l'expérience nous montre que l'étendue subsiste dans la dissolution des composés ; l'esprit doit donc concevoir la matière comme un sujet durable : mais comme la matière peut avec la même étendue recevoir diverses figures, on doit aussi la concevoir comme un sujet modifiable. Or, puisque tout sujet qui dure & qui peut recevoir des Modes, est une substance, on doit concevoir la matière, c'est-à-dire, l'étendue jointe à la force d'inertie, comme une substance, quoiqu'elle tire sa substantialité des Etres simples, comme vous l'avez vû. (§. 134.)

§. 151. Il paroît d'abord bien étrange de composer les Corps de deux substances comme l'étendue & la force active, & d'admettre une espece d'action d'une substance immatérielle, telle que la force active, sur la matière ; mais comme d'un côté les Phénomènes mon-

Il n'y a de véritable substances que les Etres simples.

trent la substantialité de la force active, de même que celle de la matière, & que de l'autre, il y a des difficultés insurmontables, qui s'y opposent, on en doit conclure que ni la matière, ni la force active ne sont de véritables substances, mais qu'il faut remonter plus haut, & chercher leur source dans quelque chose d'antérieur, d'où l'on puisse montrer pourquoi la force active & la matière doivent paroître des substances & des substances différentes, & cette recherche nous conduira aux Elemens qui sont la source commune de l'une & de l'autre.

L'Étendue ni la force ne sont point de véritables substances.

§. 132. La matière & la force active, qui nous paroissent des substances, n'en sont pas réellement; de même que l'on a vû (§. 134.), que l'étendue n'est pas une substance, mais un aggregat, un composé de substances: il en est de même de la force active, & de la force passive; ce ne sont que des Phénomènes qui résultent de la confusion, qui régné dans nos organes, & dans nos perceptions,

Ce sont des Phénomènes qui résultent de la confusion des réalités.

§. 133. Les couleurs & toutes les qualités sensibles peuvent éclaircir ce que j'entens par cette confusion, d'où naissent les Phénomènes que nos sens apperçoivent; ce degré de confusion & d'imperfection de nos organes nous est nécessaire, pour voir les objets tels que nous les appercevons; un Être plus parfait que nous, auroit de toutes autres idées, & verroit les choses
tout

DE PHYSIQUE. CH. VIII. 167

tout autrement que nous ; & pour qu'il pût voir les mêmes objets que nous , & recevoir les mêmes impressions , il faudroit qu'il se dépouillât de la faculté d'appercevoir distinctement ; car la distinction des parties , & les Phénomènes qui résultent de leur confusion , & qui naissent de l'ensemble sont incompatibles : voilà pourquoi une statue qui est faite pour être placée sur une grande élévation nous paroît hideuse & grossière , quand nous la voyons de près , & hors du point de vûe , pour lequel elle est destinée , parce que l'on se fait alors une idée distincte de tous les traits , desquels le tout qui fait le visage , doit résulter ; & cela , parce que ces traits sont trop grands , pour qu'on les puisse confondre , passé une certaine distance , au point où il faut qu'ils le soient pour faire une image agréable.

C'est par la même raison que les Chœurs de l'Opera ne font point le même plaisir à ceux qui sont dans les coulisses , qu'à ceux qui sont dans les Loges ; car lorsqu'on est très-près des Voix qui font les Chœurs , on les distingue chacune en particulier , & l'on en perd l'ensemble qui en fait la beauté.

La façon dont les Peintres font leurs couleurs & surtout celle dont le blanc est composé , nous fournit encore un exemple palpable de cette vérité : car du bleu & du jaune mêlés ensemble nous donnent du vert , mais ce Phénomène qui n'étoit qu'une apparence , dispa-

Exemple
de cette
confusion
pris des
couleurs.

L 4 quand

quand nous nous servons d'un Microscope, qui nous fait voir distinctement ce que nous voyons confusement; car le Phénomène du vert n'existeroit que par cette confusion, & il n'auroit de réel que des particules bleues & jaunes mises auprès les unes des autres: de même la couleur blanche n'est qu'un Phénomène qui naît de la confusion, qui se fait sur notre retine, de toutes les couleurs primitives; le prisme fait disparaître ce Phénomène. Ainsi, un Etre dont les yeux seroient des prismes naturels, n'auroit pas plus d'idée du blanc qu'un sourd n'a l'idée du son. On voit qu'à mesure que notre vûe seroit plus distincte, les Phénomènes que nous prenons pour des réalités, disparaîtroient; & on sent aisément que cette distinction ascendante, & cette confusion décroissante pourroient avoir des degrés presque infinis, si nos organes en étoient susceptibles, & que tous les Phénomènes qui tombent sous nos sens, & que nous prenons pour des réalités, faute de distinguer ce qui les produit, disparaîtroient l'un après l'autre; & dans le système de M. de Leibnits cette gradation nous meneroit jusques aux Etres simples ou aux Monades, qui sont selon lui, l'origine de tout ce que nous voyons, & les seules substances réelles qui existent.

§. 154. Il est donc certain qu'il n'y a rien dans la Nature, comme les couleurs & les objets qui résultent de leurs assemblages, ni comme les saveurs

DE PHYSIQUE. CH. VIII. 169

saveurs, les sons, & toutes les qualités sensibles, & que toutes les choses n'existent qu'autant qu'il existe des Etres, qui, en confondant les réalités qu'ils ne sauroient discerner, font naître chez eux ces images, qui ne sont que des Phénomènes; car on entend par Phénomène, *des images ou apparences, qui naissent par la confusion de plusieurs réalités*; & il importe infiniment de distinguer l'image, qui naît en nous de la confusion d'une infinité de choses que nous ne distinguons point, de la réalité de ces choses; car cela est souvent fort différent, & c'est en se rendant attentif à cette distinction, que l'on peut pénétrer jusqu'à l'origine des Phénomènes.

§. 155. C'est par ce moyen que nous pouvons parvenir à découvrir, comment les Phénomènes de l'étenduë, de la force motrice & de la force d'inertie, résultent de la confusion des Etres simples. On a vû déjà comment le Phénomène de l'étenduë en résulte: la force active, & la force passive sont dans le même cas; car chaque Etre simple étant continuellement en action, & cette action ayant une relation, une harmonie avec les actions de tous les Etres simples, toutes ces actions qui conspirent ensemble, doivent paroître aux sens une seule & unique action. Ainsi, il est impossible que nous puissions nous représenter distinctement la force motrice: on la concevroit distinctement, si on
pouvoir

Comment les Phénomènes de l'étenduë, de la force active & de la force passive peuvent résulter de la confusion des Etres simples.

pouvoit se représenter de quelle façon la force réside dans un Etre simple, pour engendrer enfin, dans le composé que tous ces Etres forment par leur aggregat, cette force motrice ; dont les effets tombent sous nos sens : or comme nous ne pouvons point distinguer ces choses les unes des autres, nous appercevons dans la force une infinité de choses à la fois, que nous ne distinguons point, & que par cette raison nous confondons en une seule, & nous ne nous représentons que ce qui résulte de cette confusion, qui est une image infiniment différente des réalités qui y entrent. Ainsi, on voit que la force motrice, telle que nous nous la figurons & qu'elle tombe sous nos sens, n'est qu'un Phénomene, qui ne naît dans nous, que parce que nous voyons de très-loin les réalités qui la constituent, c'est une apparence comme l'étendue.

§. 156. La force passive ou la force d'inertie est aussi un Phénomene, parce que nous ne voyons point distinctement le principe passif qui se trouve dans chaque Element, ni la façon dont par la multiplication & la confusion de toutes leurs résistances relatives & conspirantes, la force d'inertie peut résulter dans les composés.

Les trois propriétés qui sont l'essence du Corps, sont donc des Phénomenes, mais on peut dire que ce sont des *Phénomenes substantiés*, comme les appelle M. *Wolf*, c'est-à-dire, des

DE PHYSIQUE. CH. VIII. 171

des Phénomènes qui nous paroissent des substances, mais qui n'en sont cependant pas ; car il n'y a de véritables substances que les Etres simples ; or comme on a vû dans le Chapitre précédent que les Elemens doivent contenir l'origine de tout ce qui se trouve dans les Corps qui en sont composés, puisqu'il se trouve de l'action & de la résistance dans les Corps, on en doit conclure que les Etres simples ont un principe actif, par lequel on peut comprendre pourquoi les composés agissent, & un principe passif, d'où les passions ou la faculté de partir des composés, resulte.

§. 157. L'étendue & la force paroissent donc des substances très-différentes, quoiqu'elles reconnoissent une même origine, qui est les Etres simples ; car l'étendue de la matière provient de l'agregat des Etres simples, & la force motrice & résistante se manifeste, en tant que ces Elemens agrégés possèdent en eux un principe actif & résistant. Or comme nous pouvons fort bien par abstraction mentale concevoir l'agregat, sans faire attention à ce qui est dans chaque agrégé, de même nous pouvons concevoir ce qui est dans chaque Element, sans faire attention à leur agrégation. Ainsi, les deux idées de l'étendue & de la force, doivent nous paroître très-différentes, & indépendantes l'une de l'autre, quoique l'une & l'autre n'ayent de substantiel que ce qu'elles tirent des Elemens ; car
cette

cette substantialité entre dans l'une & dans l'autre de ces notions d'une manière très-différente.

De la force primitive, & de la force dérivative.

§. 158. Il y a deux sortes de force motrice ; M. de Leibnitz appelle la force qui se trouve dans tous les Corps, & dont la raison est dans les Elemens, *force primitive*, & celle qui tombe sous nos sens, & qui naît dans le choc des Corps, du conflict de toutes les forces primitives des Elemens, *force dérivative* ; cette dernière force découle de la première, & n'est qu'un Phénomene, comme je vous l'ai expliqué plus haut (§. 155.).

§. 159. La force primitive étant le résultat des déterminations internes des Elemens, on ne peut l'expliquer distinctement, sans connoître les déterminations ; mais comme on n'est pas encore allé assez loin dans cette matière, pour connoître ces déterminations internes des Elemens, nous devons nous contenter pour le présent de sçavoir que cette force existe ; or c'est cette force primitive, que l'on regarde comme un sujet durable & modifiable (§. 152.), en faisant abstraction des modifications actuelles, qu'elle reçoit par la vitesse & la direction.

§. 160. La force primitive étant indifférente à toutes sortes de vitesses & de directions, on ne peut s'en servir pour rendre raison, pourquoi dans

dans un cas donné, un corps a une vitesse quel-
 conque, & pourquoi il se meut dans une cer-
 taine direction, puisqu'il pourroit se mouvoir
 en toute autre direction, & avec une toute
 autre vitesse. Ainsi, pour rendre raison des Phé-
 nomènes particuliers, on ne peut se servir de la
 force primitive; car il ne faut jamais alléguer
 des raisons éloignées, lorsque l'on en demande
 d'immédiates & de prochaines, puisque ce se-
 roit retourner aux formes substantielles de
 l'Ecole: mais par les raisons générales, on ne
 peut expliquer que les Phénomènes en géné-
 ral, & il faut en venir à des raisons immédia-
 tes, lorsqu'il s'agit des Phénomènes particu-
 liers. C'est donc par la force dérivative qui naît
 du choc des Corps, qu'on peut rendre raison
 des Phénomènes qui naissent du mouvement,
 par l'action des Corps les uns sur les autres, &
 par laquelle la force primitive est modifiée, &
 limitée, lorsqu'elle reçoit une certaine vitesse &
 une certaine direction: or comme le Corps ne
 peut point se donner par lui-même cette vitesse
 & cette direction, il faut qu'il la reçoive par le
 choc des Corps environnans, & par-là la for-
 ce dérivative devient explicable distinctement,
 parce que l'on peut expliquer par les loix du
 mouvement pourquoi un Corps ayant été cho-
 qué, il se meut avec une vitesse plutôt qu'avec
 toute autre, c'est-à-dire, pourquoi la force pri-
 mitive a été modifiée de cette manière dans un
 cas donné.

C'est par la
 force déri-
 vative
 qu'on peut
 rendre rai-
 son de ce
 qui arrive
 dans le
 choc des
 Corps.

Ce qu'on
doit enten-
dre par
Nature.

§. 161. Les Philosophes ont eu de grandes disputes sur ce qu'on appelle *Nature*. Plusieurs ont voulu bannir ce mot de la Philosophie, parce que, disoient-ils, on en fait une idole que l'on met à côté de Dieu pour expliquer les Phénomènes; mais comme on a vû que les Corps ont une puissance d'agir & de pâtir, & qu'ils ont aussi une force active & passive, puisqu'ils agissent, & qu'ils pâtissent en effet, on peut appeller, avec les Anciens, cette puissance d'agir & de pâtir jointe à la force active & passive, *Nature*, & l'on ne doit point se revolter contre ce mot ni contre l'usage que l'on en fait, lorsqu'on dit que *par la Nature des Corps*, tous les changemens qui leur arrivent, deviennent explicables: car par la puissance active, on voit pourquoi une action peut arriver, & par la force, pourquoi elle devient actuelle, & tous les changemens des Corps doivent être explicables par ces deux principes.

Fausse idée
de quel-
ques Phi-
losophes
sur la *Na-
ture*.

Quand on parle de la Nature en général, on entend un principe interne des changemens qui arrivent dans le monde: ainsi, ce n'est point un petit Dieu distinct du monde, qui a soin de gouverner cette machine, ce n'est que la force motrice jointe aux autres propriétés, qui composent avec elle l'essence des Corps; cette force motrice est le seul principe de mouvement dans l'Univers, & c'est par elle que l'on peut comprendre pourquoi les changemens possibles deviennent actuels. Ainsi, c'étoit un véritable fan-
tôme

DE PHYSIQUE. CH. VIII. 175

tôme que cette *Nature*, que M. Boyle a voulu détruire dans son Livre *sur la Nature*, lorsqu'il rejette ce qu'on appelle *Nature*, parce qu'il lui paroît absurde de composer le monde de deux substances qui se pénètrent, la matière, & la nature. Ainsi, quand on dit qu'un effet est naturel, lorsqu'il peut s'expliquer par l'essence de l'Être & par sa nature, cela veut dire par sa construction, & par son mouvement.

§. 162. Nous ne pouvons guère nous flatter de découvrir autre chose par nos recherches que des qualités Physiques, des figures, des mouvemens, &c. par où nous pouvons atteindre à la raison la plus proche de quelques effets; car il faut tâcher, autant qu'il est possible, d'expliquer les Phénomènes mécaniquement, c'est-à-dire, par la matière, & le mouvement; & quand la possibilité de cette explication surpasse nos forces, nous devons avouer notre ignorance, & nous bien souvenir que la volonté du Créateur étant la source de l'actualité, mais non de la possibilité des choses, nous n'avancions pas plus en recourant à cette volonté pour expliquer les Phénomènes, que, si en voulant rendre raison du mouvement regulier de l'éguille d'une Montre, nous disions que c'est parce que l'Ouvrier l'a voulu ainsi; car outre la volonté de l'Ouvrier, qui l'a porté à arranger ensemble d'une certaine manière des pignons & des roues, il falloit encore que cette combinaison pût produire

Comment
on doit
rendre rai-
son des
Phénomè-
nes.

duire une Montre, c'est-à-dire, qu'une Montre fût possible : ainsi, dans ce grand automate de l'Univers, l'état présent est né du passé, & fera naître le suivant ; & tous les changemens mécaniques découlent de l'arrangement des parties, & des règles du mouvement, & ce qui ne découle pas de ces principes, n'existe point.

§. 163. Quand on dit qu'il faut tâcher de rendre raison de tous les effets naturels par la matière & le mouvement, cela ne veut pas dire que l'on soit obligé de trouver cette raison pour tous les Phénomènes, ni de remonter jusqu'à la raison première des choses ; la foible portée de notre esprit & l'état présent des Sciences ne le permettent pas : mais on peut s'arrêter à des qualités Physiques, & se servir d'un Phénomène ou de plusieurs, dont on ne connoît point encore les raisons mécaniques ; (quoiqu'ils en ayent) pour rendre raison d'un autre Phénomène, qui en dépend. Ainsi, on se sert de l'élastilité de l'air, de la fluidité de l'eau, de la chaleur du feu, qui sont des qualités Physiques, dont on n'a pas encore trouvé l'explication mécanique (quoiqu'il y en ait une) pour rendre raison d'autres propriétés, qui se rencontrent dans la nature, & qui naissent du mélange de quelques-unes de celles-là, comme l'ascension de l'eau dans une pompe, que l'on explique par l'élastilité de l'air sans être obligé

DE PHYSIQUE. CH. VIII. 177

obligé de faire voir la raison de cette élasticité ; car c'est une nouvelle question , & quand même cette nouvelle question ne pourroit être résolue , cela n'empêcheroit qu'on ne pût expliquer l'ascension de l'eau par cette élasticité : de même , quand on rend raison des effets d'une Montre , on employe les principes mécaniques , quand il n'est question que de l'arrangement & de la configuration des parties ; mais quand on passe plus avant , à l'élasticité du ressort , & à la matière qui compose ces parties , en tant que fusible , malleable , &c. on arrive à des qualités Physiques , qui dépendent à leur tour d'autres principes mécaniques , que l'on n'apperçoit pas à la vérité toujours , & que l'on suppose comme donnés dans l'explication dont il s'agit : & quand même on connoitroit ces principes , on ne devroit pas les expliquer alors , parce que leur explication entraîneroit dans d'autres questions , qui ne sont pas celle qu'on traite.

§. 164. C'est ainsi qu'on peut , & qu'on doit se servir de l'attraction comme d'une qualité Physique , dont la cause mécanique est inconnue , pour rendre raison d'autres Phénomènes qui en résultent. Ainsi , on peut assurer , par exemple , que le Soleil attire les Planetes & d'autres matières qui les environnent , puisque les Phénomènes le démontrent , pourvu qu'on ne fasse pas de cette attraction une propriété in-

Précaution
nécessaire
pour ad-
mettre l'at-
traction
Newto-
niene,

Tomme I;

*

M

hérente

178 INSTITUTIONS

hérente de la matière, & qu'on ne détours
ne pas les Philosophes d'en chercher la cause
mécanique; car ceux qui ne veulent point
admettre dans la Philosophie des miracles per-
petuels, doivent rendre raison des effets, par
l'essence des choses & par le mouvement,
& tout ce qui n'est point explicable par ces
principes, n'est point du ressort de la Philoso-
phie, qui ne doit s'occuper que des effets na-
turels, qu'on doit concevoir distinctement, &
expliquer intelligiblement.

CHAPITRE



CHAPITRE IX.

De la divisibilité & subtilité de la Matière.

§. 165.

L'EXTENSION peut-être conçüe en longueur, largeur, & profondeur; ainsi, la Ligne A B. est étendue en longueur, la surface A B D E. est étendue en longueur & en largeur, & le cube A B C D E F G H. est étendu en longueur, largeur, & profondeur: ce sont là les trois dimensions de l'étendue.

Planche 24
Fig. 6. 81
& 21

§. 166. Tout Corps a ces trois dimensions;
M 2 &

à parler avec exactitude, il n'y a que des solides dans la Nature ; mais notre esprit ayant le pouvoir de faire des abstractions, nous pouvons considérer la longueur sans songer à la largeur, ni à la profondeur ; nous pouvons considérer de même la longueur & la largeur seulement, sans songer à la profondeur, & c'est sur ces abstractions de notre esprit que la Géométrie est fondée : les superficies, les lignes & les points ne sont donc point matière ; mais on les conçoit dans la matière par abstraction.

Fig. 6.
Comment nous pouvons nous former l'idée de la longueur, de la largeur, & de la profondeur.

§. 167. Cependant, on peut imaginer, pour aider l'imagination, & pour se former une idée distincte des trois dimensions de l'étendue, deux points A & B. distans l'un de l'autre, & supposer que le point A. allant trouver le point B. laisse, dans chaque partie de l'intervalle qui les sépare, une production de lui-même, il formera la ligne AB. que l'on suppose étendue en longueur seulement.

Fig. 7.

On peut supposer ensuite que la ligne AB. coulant le long de la ligne AD. laisse une production d'elle-même ; dans tout le chemin, qu'elle parcourt pour arriver du point A. au point D. il s'en formera la surface ABDE. que l'on suppose étendue en longueur & en largeur.

Fig. 10.
9.

Enfin, si la surface ABCDE. coule le long de la surface CDEF. il s'en formera le Cube ABCDEFGH. lequel a les trois dimensions de

DE PHYSIQUE. CH. IX. 181

de la Nature, puisqu'il est étendu en longueur, largeur, & profondeur.

§. 168. La plupart des Philosophes ayant confondu les abstractions de notre esprit avec le Corps Physique, ont voulu démontrer la divisibilité de la Matière à l'infini, par les raisonnemens des Géometres sur la divisibilité des lignes qu'on pousse jusqu'à l'infini; ce qui a donné lieu à ce labyrinthe fameux de la divisibilité du continu, qui a tant embarrassé les Philosophes: mais ils se seroient épargné toutes les difficultés que cette divisibilité entraîne, s'ils avoient pris soin de ne jamais appliquer les raisonnemens que l'on fait sur la divisibilité du Corps Géométrique, aux Corps naturels & Physiques.

De la divisibilité de l'étendue.

§. 169. Le Corps Géométrique n'est que la simple étendue, il n'a point de parties déterminées, & actuelles, il ne contient que des parties simplement possibles, qu'on peut augmenter tant qu'on veut à l'infini; car la notion de l'étendue ne renferme que des parties coëxistantes & unies, & le nombre de ces parties est absolument indéterminé, & n'entre point dans la notion de l'étendue. Ainsi, on peut, sans nuire à l'étendue, déterminer ce nombre comme on veut, c'est-à-dire, que l'on peut établir qu'une étendue renferme dix mille, ou un million, ou dix millions, ou, &c. de parties,

Il faut distinguer avec soin l'étendue géométrique, & l'étendue physique.

M 3. selon

selon que l'on voudra accepter une partie quelconque pour *un* : ainsi, une ligne renfermera deux parties, si on prend sa moitié pour *une*, & elle en aura ou dix, ou mille, si on prend sa dixième ou sa millième partie pour l'unité : ainsi, cette unité est absolument indéterminée, & dépend de la volonté de celui qui considère cette étendue.

Toute étendue géométrique est divisible à l'infini.

§. 170. Chaque étendue abstraite & géométrique peut donc être exprimée par un nombre quelconque, mais il en est tout autrement dans la Nature; tout ce qui existe actuellement, doit être déterminé en toute manière, & il n'est point en notre pouvoir de le déterminer autrement. Une Montre, par exemple, a ses parties, mais ce ne sont point des parties simplement déterminables par l'imagination, ce sont des parties réelles, actuellement existantes, & il n'est point libre de dire, *cette Montre a dix, cent, ou un million de parties*; car en tant que Montre, elle en a un nombre, qui constitue son essence, & elle n'en peut avoir ni plus ni moins, tant qu'elle restera Montre : il en est de même de tous les Corps naturels, ce sont tous des machines qui ont leurs parties déterminées & dissemblables, qu'il n'est point permis d'exprimer par un nombre quelconque.

Mais il n'en est pas de même de l'étendue Physique, qui est à la fin composée d'Étres simples.

Origine des Sophis-

§. 171. C'est en confondant l'étendue Géométrique, & l'étendue Physique, & en supposant

DE PHYSIQUE EN IX. 183

Tant que l'étendue Physique est toujours com-
posée à l'infini de parties étendues, que les
Anciens avoient formé ces arguments si faux,
& si specieux contre la possibilité du mouve-
ment.

més des
Anciens
contre le
mouve-
ment.

Le plus fameux de tous ces Sophismes étoit
celui que Zenon avoit appelé l'*Achille*, pour
marquer sa force invincible, il supposoit Achille
le courant après une Tortue, & allant dix fois
plus vite qu'elle, il donnoit une lieue d'avan-
ce à la Tortue; & il raisonnoit ainsi; tandis
qu'Achille parcourt la lieue que la Tortue a
d'avance sur lui, celle-ci parcourt un dixi-
ème de lieue; pendant qu'il parcourt le dixi-
ème, la Tortue parcourt la centième partie
d'une lieue; ainsi, de dixième en dixième, la
Tortue devancera toujours Achille, qui ne
l'atteindra jamais.

De l'A-
chille de
Zenon.

Premièrement, quand il seroit vrai qu'Achille
n'attrapât jamais la Tortue, il ne s'ensuyroit
pas pour cela que le mouvement fut impossi-
ble; car Achille & la Tortue se meuvent réel-
lement, puisqu'Achille approche toujours de
la Tortue, qui est supposée le devancer tou-
jours, quoiqu'insidamment; peu à peu.

cependant
il est évident
qu'il y a un
mouvement
réel & que
l'argument
est faux.

Mais, secondement, c'est un ingénieux Sophisme
étant fondé sur la divisibilité de l'étendue à
l'infini, le principe de la raison suffisante le ren-
verse facilement; car on a vu qu'il est prouvé
par ce principe, que l'étendue Physique est à
la fin composée d'Etres simples, & que par

conséquent ses divisions, même possibles, ont des bornes positives & réelles.

On a écrit des Traités entiers pour résoudre le Sophisme de Zenon, peut-être suffisoit-il pour le refuter de marcher en sa présence comme fit Diogene; mais outre cette réponse de fait, on vient de voir qu'il étoit aisé d'en faire une de droit.

Grégoire de Saint Vincent fut le premier qui en démontra la fausseté, & qui assigna le point précis, auquel Achille devoit atteindre la Tortue, & ce point se trouve par le moyen des progressions Géométriques infinies, au bout d'une lieue & d'un neuvième de lieue car la somme de toute progression Géométrique infinie, est finie; & cela, parce qu'Être infini, ou s'étendre à l'infini, sont deux choses très-différentes. Car un tout fini quelconque; un pied, par exemple, est un composé de fini, & d'infini: ce pied est fini, en tant qu'il ne contient qu'un certain nombre d'Êtres simples, mais je puis le supposer divisé en une infinité, ou plutôt en une quantité non-finie de parties, en considérant ce pied comme une étendue abstraite. Ainsi, si j'ai pris d'abord dans mon esprit la moitié de ce pied, & que je prenne ensuite la moitié de ce qui reste, ou un quart de pied, puis la moitié de ce quart ou un huitième de pied; je procéderai ainsi mentalement à l'infini, en prenant toujours de nouvelles moitiés décroissantes, qui toutes ensemble ne feront jamais

Différence
entre la di-
visibilité,
& l'exten-
sibilité à
l'infini.

jamais que ce pied, lequel devient alors un corps Géométrique, parce que de toutes ses propriétés je n'ai retenu dans mon esprit que celle d'étendue, sur laquelle ma division idéale s'est opérée. Ainsi, la divisibilité de l'étendue à l'infini est en même tems une vérité Géométrique, & une erreur physique : ainsi, tous les raisonnemens sur la divisibilité de la Matière tirés de la nature des Asymptotes de l'incommensurabilité de la diagonale du carré, des suites infinies & d'autres considérations Géométriques, sont absolument inapplicables aux Corps naturels, de même que les Théoremes de M. Keill, par lesquels il prétend prouver qu'avec un grain de sable on pourroit remplir l'Univers entier ; car on ne doit admettre dans la Physique, que des parties actuelles, dont l'existence peut être démontrée par l'expérience, ou par des raisonnemens incontestables.

§. 172. On a vû ci-dessus que les atômes ou parties insécables de la Matière sont inadmissibles, quand on les regarde comme des Matières simples, irrésolubles & primitives, parce qu'on ne peut point donner alors de raison suffisante de leur existence ; mais lorsqu'on reconnoît qu'ils tirent leur origine des Etres simples, on peut fort bien les admettre : car il est très-possible, & les expériences rendent très-vraisemblable qu'il y a dans l'Univers un certain nombre déterminé de parties de Matière, que

Il est vraisemblable qu'il y a dans l'Univers des parties étendues, que la Nature ne refuse plus en d'autres.

que la Nature ne résout jamais dans leur principe, qui restent indivisées dans la constitution présente de cet Univers, & que tous les Corps qui le composent, résultent de la composition & de la mixtion de ces particules solides; en sorte qu'on peut les regarder comme des Elemens doués de figures, & de différences internes, qui résultent de leurs parties.

Que la Nature s'arrête dans l'analyse de la Matière à un certain degré fixe & déterminé; c'est ce qui est assez probable, par l'uniformité qui régné dans ses Ouvrages, & par une infinité d'expérience.

10. Si la Matière étoit résoluble à l'infini, il seroit impossible que les mêmes germes & les mêmes semences produisissent constamment les mêmes animaux, & les mêmes plantes, que les plantes & les animaux acquissent leur croissance toujours exactement dans le même espace de tems, qu'ils conservassent toujours les mêmes propriétés; & qu'ils fussent tels à présent qu'ils étoient autrefois: car si le suc qui les nourrit, étoit tantôt plus subtil, & tantôt plus grossier, il seroit impossible qu'ils ne fussent pas sujets à des variations perpétuelles, puisque, lorsque les parties de ce suc seroient plus subriles, il faudroit plus de tems pour l'accroissement du même corps, que lorsque ce suc auroit plus de consistance; & ce corps par conséquent, seroit plus ou moins solide; & acquerroit sa croissance en plus ou moins de tems, selon que les parties

DE PHYSIQUE. CH. IX. 187

parties du suc qui le nourrit, seroient plus grossières ou plus subtiles : ainsi, la forme & la façon d'être dans les composés, seroient sujettes à mille changemens, & les espèces des choses seroient à tout moment brouillées,

Or il n'y a aucun de ces dérangemens dans l'Univers; les plantes, les animaux, les fossiles, tout enfin produit constamment son semblable avec les attributs, qui constituent son essence : la Matière n'est donc pas actuellement résolue à l'infini.

2°. Si les parties de la Matière se résolvoient à l'infini, non-seulement les espèces se mêleroient, mais il s'en formeroit tous les jours de nouvelles; or il ne se forme aucune nouvelle espèce dans la Nature, les Monstres même ne perpétuent point la leur; la main du Créateur a marqué les bornes de chaque Etre, & ces bornes ne sont jamais franchies : cependant, si la Matière se divisoit à l'infini, elles le seroient à tout moment, l'ordre qui règne dans l'Univers, & la conservation de cet ordre paroissent donc prouver qu'il y a des parties solides dans la Matière.

3°. Les dissolutions des Corps ont des bornes fixes aussi-bien que leur accroissement; ainsi le feu du miroir ardent, le plus puissant dissolvant que nous connoissons, fond l'or, le pulvérise, & le vitrifie; mais ses effets ne vont point au-delà : cependant, si la Matière étoit résoluble à l'infini, le feu devoit tout détruire;



& l'on ne pourroit dire, ni pourquoi les liquides n'acquerrent jamais qu'un certain degré de chaleur déterminé, ni pourquoi l'action du feu sur les Corps a des bornes si précises, si la solidité & l'irrésolubilité actuelle n'étoient pas attachées aux parties de la Matière, quand elles passent une certaine petitesse, & n'opposent pas par leur solidité une barrière insurmontable à l'action de ce puissant agent.

4°. Cette irrésolubilité des premiers Corps devient indispensablement nécessaire, si l'on adopte le système des germes, que les nouvelles découvertes, que l'on a faites par le moyen des Microscopes, semblent démontrer; tout le Monde connoît celles de M. Hartsoëker, & il devient tous les jours plus vraisemblable, que la Nature n'agit que par développement: or si chaque grain de bled contient le germe de tous les bleds qu'il doit produire, il faut nécessairement que les divisions actuelles de la Matière aient des bornes, quoique ces bornes soient inassignables pour nous.

Il est donc bien vraisemblable qu'il y a des particules de Matière d'une certaine petitesse déterminée; que la Nature ne divise plus.

La cohésion vient des mouvemens conspirans.

§. 173. Si l'on demande la raison suffisante de cette irrésolubilité actuelle des petits corps de la Matière; il sera aisé de la trouver dans les mouvemens conspirans de leurs parties, puisque les mouvemens conspirans, sont la cause de la cohésion, selon M. Leibnits.

§. 174.

DE PHYSIQUE. CH. IX. 189

§. 174. Quoique les divisions actuelles que la Matière peut subir, ayent des bornes réelles, les expériences nous découvrent une subtilité dans les parties des Corps naturels, qui étonne l'imagination, & qu'on ne sauroit assez admirer. M. Volf a observé dans l'espace d'un grain de poussière cinq cens œufs, dont il est éclos des animaux semblables à des poissons, & dans lesquels on remarque une infinité de parties, comme dans les plus grands animaux de la mer.

De l'extrême subtilité de la Matière.

Le même Auteur fait voir que l'espace d'un grain d'orge peut contenir vingt-sept millions d'animaux vivans, qui ont chacun vingt ou vingt-quatre pieds, & que le moindre grain de sable peut servir de demeure à deux cens quatre-vingt-quatorze millions d'animaux organisés, qui propagent leur espèce, & qui ont des nerfs, des veines, & des fluides qui les remplissent, & qui sont sans doute au corps de ces animaux, dans la même proportion que les fluides de notre corps sont à sa masse.

L'ouvrage des Tireurs & Batteurs d'or fournit de belles preuves de la subtilité des parties de la Matière. M. Boyle rapporte qu'un seul grain d'or battu en feuille, remplit l'espace de cinquante pouces quarrés, mesure géométrique; mais si on divise le côté d'un pouce en deux cens parties, ou la ligne en vingt, ce qui fait encore des parties visibles à l'œil, & sans Microscope, chaque pouce quarré aura quarante mille parties

parties d'or qu'on pourra encore distinguer sans Microscope, & par conséquent toute la feuille aura deux millions de parties visibles à l'œil seulement: & si l'on ajoute à cela, qu'une telle feuille est encore divisible dans son épaisseur en six feuilles au moins, comme on le peut conclure par les Observations de M. de Reaumur, qui a observé que l'épaisseur d'une feuille d'or est environ la $\frac{1}{30000}$. partie d'une ligne, & l'épaisseur de l'or à celle des fils d'argent la $\frac{1}{175000}$. partie d'une ligne, l'argent est par conséquent environ six fois moins épais qu'une feuille d'or: ainsi, cette feuille d'or réduite à l'épaisseur d'une feuille d'argent, seroit divisée en six, d'où il sensuit que chaque grain d'or renferme environ douze millions de parties discernables à la simple vûe. Or, comme ces parties ne sont que de l'or, & restent encore de l'or, quand on les regarde par des Microscopes, qui augmentent un objet jusqu'à vingt ou trente mille fois, & qui par conséquent montrent encore trente mille parties dans chacune de ces douze millions de parties, que l'œil seul distinguoit dans ce grain d'or, on peut concevoir jusqu'à quel point de finesse la nature subdivise la Matière. Car l'or est une mixtion d'autres Matières plus fines, qui ne sont point de l'or, & il renferme une infinité de pores remplis d'une autre Matière que sa Matière propre: or puisqu'après cette énorme division, on ne distingue encore ni les parties constituantes de l'or, ni la Matière qui passe

DE PHYSIQUE. CH. IX. 191

à travers ses pores, on peut encore moins espérer de voir jamais les figures & les mouvemens de ces parties des mixtes, qui doivent contenir la raison immédiate des qualités que nous remarquons dans l'or, lesquelles parties sont encore composées elles-mêmes des Etres simples.

§. 175. Ces considérations nous montrent que la subtilité des parties de la Matière est inexprimerable, & qu'il n'y a personne, qui puisse jamais déterminer le nombre des parties, dont un grain de sable est composé, puisque ce nombre passe notre imagination, & tout ce que nous pouvons nous figurer; & comme la raison nous montre que cette division n'a point de bornes, & que la Matière ne cesse point d'être divisible tant qu'elle est Matière, on peut dire que par rapport à nous la Matière est non-seulement divisible, mais divisée à l'infini, quoique réellement ses divisions aient des bornes; car ces bornes sont si reculées, qu'elles s'étendent jusqu'à l'infini pour nous, car l'infini pour nous est une quantité qu'aucun nombre ne peut exprimer.

§. 176. Il est donc évident qu'il y a dans la nature une infinité de Matières diversement figurées, & différemment mués, lesquelles échappent à nos sens & à nos observations par leur petitesse, & qui cependant produisent les Phénomènes

152 INSTITUTIONS

nomenes que nous observons ; & les raisons premières des qualités Phisiques se trouvant toutes dans ces Matières diversement figurées qu'il nous est impossible de distinguer, nous devons en conclure qu'il peut se passer une infinité de choses dans le moindre espace comme dans le monde entier : mais l'attention humaine ne pourra jamais les appercevoir, & c'est beaucoup pour notre entendement d'avoir pû seulement en connoître la possibilité. Ainsi, c'est perdre notre tems que de vouloir essayer de deviner ces mystères imperceptibles, & nous devons nous borner à observer soigneusement les qualités qui tombent sous nos sens, & les Phénomènes qui en resultent, & dont nous pouvons faire usage pour rendre raison d'autres Phénomènes qui en dépendent.

Les Corps contiennent deux sortes de matières, l'une qui agit & pèse avec eux, l'autre qui n'agit, ni ne pèse.

§. 177. Tous les Corps contiennent deux sortes de Matières, la Matière propre, & la Matière étrangère : la Matière propre peut être ou constante, ou variable ; la Matière constante est celle sans laquelle le Corps ne peut point subsister, la Matière variable est celle qui s'arrête quelquefois dans les pores les plus larges, comme l'air & l'eau, par exemple, qui augmentent le poid des Corps, en s'introduisant & s'arrêtant entre leurs parties. Toute la Matière propre d'un Corps repose, se meut, pèse, & agit avec lui ; mais la Matière étrangère ne se meut point avec le Corps, mais elle passe librement

DE PHYSIQUE. CH. IX. 193

brement à travers ses pores, comme l'eau à travers d'une caisse percée de plusieurs trous.

§. 178. La réalité de l'existence de ces deux Matières se démontre aisément par l'expérience ; car l'expérience nous apprend que les Corps ont différentes densités & des poids différens, l'eau, par exemple, pèse plus que l'air, & l'or est plus dense que le bois, & pèse davantage.

Or toutes les Matières jusqu'à l'or même, la plus dense de toutes, ayant des pores qui ne sont point remplis de la même matière, que leur matière propre, & n'y ayant point de vuide absolu dans l'Univers, il est nécessaire que ces pores soient remplis d'une matière étrangère, qui ne pèse point avec ces Corps, & qui ne choque point avec eux, lorsqu'ils en rencontrent d'autres dans leur chemin, mais qui remplit tous leurs interstices, & qui se meut à travers avec autant de liberté que l'air, à travers un crible, & l'eau, à travers un filet.

§. 179. C'est encore ce qui peut se prouver par la cohésion ; car puisque le principe de la raison suffisante bannit le vuide d'entre les parties des Corps, & montre qu'il ne sauroit y avoir deux parties de matière indiscernable l'une de l'autre dans l'Univers, il ne peut y avoir de figure ni de diversité dans la Nature que par le mouvement ; car si toutes les parties de

la matière reposoient les unes auprès des autres, il est évident qu'il n'en resulteroit qu'une parfaite continuité similaire sans aucune figure : il est donc nécessaire, non-seulement que toute la matière se meuve, mais que son mouvement soit varié à l'infini dans sa vitesse & dans sa direction, pour qu'il puisse en resulter les différentes qualités, & toutes les différences internes des parties de la matière : or, lorsque plusieurs parties de la matière paroissent être sans force & dans un repos parfait, il faut que le mouvement de ces parties tende vers les directions opposées avec la même force, & qu'elles s'arrêtent par conséquent dans la même place, ce qui fait la cohésion ; car on fait que deux Corps fortement pressés l'un contre l'autre, ne peuvent être séparés que difficilement, & semblent ne faire qu'un seul Corps. Le mouvement conspirant est donc l'origine de la cohésion, selon le sentiment de M. de Leibnitz & de ses Disciples : or nous avons vû que le degré de vitesse dont un Corps est mû, & la direction de son mouvement ne sont déterminés que par le mouvement de quelques autres Corps qui en contiennent la raison suffisante. (§. 149.) Ainsi, afin que des parties se meuvent dans des directions opposées avec des vitesses égales, & qu'elles coherent par ce moyen, il est nécessaire que le mouvement d'une matière externe, qui ne cohere point avec ces parties, détermine leur direction & leur vitesse ;

il

DE PHYSIQUE. CH. IX. 195

il y a donc des matières très-fines & très-rapidement mues qui se dérobent à nos sens ; & qui produisent plusieurs des effets que nous remarquons ; de ce genre , sont vraisemblablement la matière magnetique , la matière électrique , celle du feu , de la cohésion , de l'élasticité , de la pesanteur , & sans doute une infinité d'autres qui se modifient différemment , & qui concourent en diverses manières pour produire les qualités sensibles des Corps.

§. 180. Ces réflexions doivent précautionner contre la précipitation de quelques Philosophes , qui , lorsqu'ils voyent des Phénomènes que les fluides que l'on suppose , n'ont pû expliquer jusqu'à présent , tranchent le nœud qu'ils devoient délier , & décident qu'aucun fluide tel qu'il puisse être , ne peut produire les effets que nous observons ; car pour former une telle décision , il faudroit connoître toutes les façons dont la matière peut-être mue , & tout ce qui peut resulter de tous ses mouvemens divers ; mais c'est de quoi nous sommes encore bien éloignés.

Précaution
contre les
décisions
précipitées.

§. 181. Les seules expériences de l'électricité montrent assez quels effets singuliers la nature peut produire par le mouvement des matières subtiles , quoique la façon dont elles les emploie pour produire les effets soit inexplicable pour nous ; car ces matières se font appercevoir sensiblement dans les expériences de l'é-

N 2 lectricité

Exemples
tirées de
l'électricité
qui mon-
trent que
tout ce qui
s'opère par
la matiè-
re, & le
mouve-
ment, n'est
pas tou-
jours expli-
cable d'une
façon in-
telligible
par ces
principes.

lectricité, cependant celui qui entreprendroit d'expliquer mécaniquement par le moyen du mouvement & d'un fluide très-subtile tous les Phénomènes de l'électricité, entreprendroit un problème infiniment plus difficile que celui de la cause qui fait mouvoir les Planetes : car dans le mouvement des Planetes, il régné une grande régularité, & une grande uniformité, mais les Phénomènes de l'électricité sont diversifiés presqu'à l'infini ; cependant, oseroit-on conclure qu'il est impossible que les Phénomènes de l'électricité soient exécutés par des fluides, parce qu'on n'a pas encore découvert la manière dont ces Phénomènes s'exécutent ? Non sans doute, nous ne devons point nous décourager, parce que jusqu'à présent on n'a pû parvenir à deviner tous les secrets de la Nature : les premiers ressorts éluderont peut-être à jamais nos recherches par leur finesse & leur multiplicité ; mais en cherchant à les deviner, on ne laisse pas de faire sur la route bien des découvertes qui nous en approchent.

Précaution
à prendre
dans l'ex-
plication
méchani-
que des
Phénomè-
nes.

§. 182. Ainsi, quelque difficile que soit l'application des principes mécaniques aux effets Physiques, il ne faut jamais abandonner cette manière de Philosopher qui est la seule bonne, parce qu'elle est la seule dans laquelle on puisse rendre raison des Phénomènes d'une façon intelligible ; on ne doit pas sans doute en abuser, & pour expliquer mécaniquement les effets naturels

DE PHYSIQUE. CH. IX. 197

naturels, créer des mouvemens & des matières à son gré, (qui ordinairement même dans l'explication, ne produisent point l'effet qu'on s'en étoit promis,) & cela, sans se mettre en peine de démontrer l'existence de ces matières & de ces mouvemens. Mais il ne faut pas non plus borner la nature au nombre de fluides, dont nous croyons avoir besoin pour l'explication des Phénomènes, comme ont fait plusieurs Philosophes, & en particulier M. Hartsoëker qui avoit choisi, pour rendre raison des Phénomènes, deux espèces d'Elemens, l'un parfaitement fluide, l'autre absolument dur, & qui croyoit le monde composé de ces deux espèces de matières qu'il supposoit inaltérables; mais M. de Leibnits lui fit voir que ces deux matières ou elemens, n'étoient qu'une fiction, contraire au principe de la raison suffisante: car ce principe est la Pierre de touche qui distingue la vérité de l'erreur. Ceux qui connoissent la diversité qui régné dans la nature, & le mécanisme admirable qui y est employé, ne fixent point ainsi par une hypothèse téméraire le nombre & les qualités des ressorts qu'elle employe, mais ils n'admettent que ceux dont l'expérience ou des raisonnemens inébranlables démontrent l'existence.

§. 183. La petitesse des parties indivisées de la Matière surpasse si fort tout ce que nos sens peuvent découvrir, qu'il n'y a aucune espérance que nous en puissions jamais connoître les qua-

N 3

lités,

lités, les mouvemens, & les figures; ce qui nous fait voir combien nous sommes loin des Etres simples, dont ces parties solides sont formées.

§. 184. Ainsi, on se tromperoit si on croyoit pouvoir rendre raison des Phénomènes, qui tombent sous nos sens par la simple figure & la grandeur des parties sensibles, puisque nous ne savons point combien de mélanges des parties primitives & irrésolubles de la Matière, ont été nécessaires, avant que les parties qui tombent sous nos sens en aient résulté; car tant que la Matière d'un Corps est composée d'autres Matières mêlées ensemble, il faut déterminer la différence des parties de ce Corps par les Matières qui les composent, & par la proportion dans laquelle elles sont mêlées: ainsi, si quelqu'un vouloit expliquer les effets de la poudre à canon, par exemple, il faudroit qu'il commençât par déterminer de combien de sortes de Matières elle est composée, & la proportion de leur mixtion, avant que de passer à la figure de ses parties; car les Matières mêlées, & leur proportion, doivent précéder les causes mécaniques, c'est-à-dire, la détermination de la figure & de la grandeur des parties, dont il n'est permis de parler que lorsqu'on est arrivé aux Matières primitives: ces qualités Phisiques, qui sont l'effet des causes mécaniques, doivent nécessairement les précéder

ures du chap. neuvième.

Fig. 7

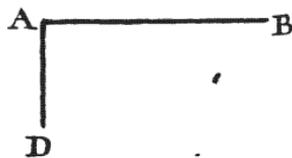


Fig. 8

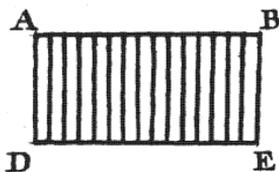


Fig. 10

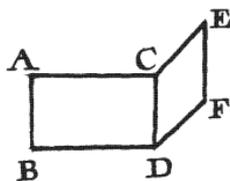


Planche 2.

DE PHYSIQUE. CH. IX. 199
être dans l'explication des Phénomènes.

§. 185. Mais comme il nous reste peu d'espérance de découvrir les Matières plus simples par les mixtions desquelles les Corps sensibles résultent, un Physicien qui ne veut pas perdre son tems, doit se contenter de découvrir les raisons les plus prochaines, que l'industrie humaine peut appercevoir, & n'admettre de Matières & de Mouvemens, que ceux dont l'existence peut être démontrée.



CHAPITRE X.

De la Figure, & de la Porosité de Corps.

§. 186.

Toute étendue finie a une figure.



A Figure est un attribut nécessaire du Corps ; car on entend par Corps une étendue qui a des bornes : or toute étendue terminée a nécessairement une Figure.

§. 187. On a vû dans le Chapitre précédent que tous les Corps que nous voyons, sont vraisemblablement composés par l'adunation & la mixtion des parties premières de la Matière, c'est-à-dire, des parties que la nature ne résout plus en d'autres, & qui sont indivisibles dans l'ordre

dre des choses qui existent ; or les premières parties de la Matière ont nécessairement une Figure , mais nous n'avons pas d'organes pour la distinguer ; nous sçavons seulement que leurs formes sont diverses , puisque le principe de la raison suffisante ne souffre point de Matière similaire dans l'Univers.

Nous ne savons point quel est la forme des parties indivisées de la matière.

§. 188. Pour avoir une idée de la façon dont les différens Corps qui tombent sous nos sens peuvent résulter de l'assemblage des parties indivisées de la Matière. Supposons , par exemple , que 3/ 4. ou un nombre quelconque de ces parties solides soient unies ensemble , & qu'elles composent une masse quelconque ; les particules ainsi composées pourront être appelées , *particules du premier ordre* : que plusieurs masse de ce premier ordre s'unissent ensemble , elles composeront plusieurs grosses particules , lesquelles pourront être appelées *du second ordre*. Ces particules du second ordre en s'unissant entr'elles , composeront encore une espèce de particules plus grosses que celles des deux ordres précédens , lesquelles seront *les particules du troisième ordre*. On sent qu'on peut pousser presque à l'infini cette progression de particules différentes les unes des autres , & que les particules d'un seul ordre sont elles-mêmes susceptibles d'une quantité innombrable de combinaisons , selon la façon dont elles s'arrangent.

Planche 3.
Fig. 11. 12.
C 13.

Observations qui portent à admettre différens ordres de particules dans l'Univers.

§. 189. Les Corps qui sont composés des particules d'un ordre seulement, sont plus homogènes que les autres, & l'on voit aisément que ceux qui sont composés des particules du premier ordre sont les plus homogènes de tous.

Les Corps composés de particules de plusieurs ordres sont hétérogènes, & le sont d'autant plus, qu'ils sont composés d'un plus grand nombre de particules, & que les ordres de ces particules diffèrent davantage les unes des autres.

§. 190. Diverses observations portent à admettre les différens ordres de particules, & à conclure que leurs combinaisons forment les différens Corps.

1°. L'Acier trempé, quoique plus dur, est plus cassant que l'acier non trempé; & cela parce que ses grains sont plus gros, comme le microscope le découvre: or plus les particules sphériques sont grosses, moins elles sont cohérentes.

Fig. 14.
Observation singulière sur notre sang.

2°. Lorsqu'on regarde les globules du sang avec un microscope, on voit lorsqu'ils se dissolvent, que chaque globule rouge est composé de six petits globules séreux tirant sur le jaune, & que chacun de ces globules séreux est composé de six autres globules lymphatiques; & on ne sçait point encore jusqu'où cette progression de petits globules se continue dans notre sang.

3°. On distingue quelquefois à l'œil les plus grosses

DE PHYSIQUE. CH. X. 203

grosses des particules qui composent les Corps , le microscope en découvre de toutes les façons. On remarque , à l'aide de cet instrument , des variétés infinies entre les particules qui composent les Corps ; & les différences sont quelquefois si remarquables , qu'on reconnoît les particules du même ordre , quand on les retrouve en différens composés.

§. 191. Comme toutes ces particules , de quelqu'ordre qu'elles soient , sont composées des parties indivisibles du premier Corps de la Matière , les parties qui les composent peuvent être séparées l'une de l'autre. Ainsi , les plus grandes particules peuvent se résoudre en de plus petites , & celles - là dans de plus petites encore , jusqu'à ce que l'on soit arrivé aux parties indivisibles de la matière. On voit aisément par là comment le Corps le plus dur peut être réduit en poudre très - fine par l'attrition , le feu , la putréfaction , ou par l'action de quelque menstrué : ces particules ainsi décomposées peuvent se rejoindre ensuite , soit qu'elles éprouvent les mêmes combinaisons , soit qu'elles en subissent d'autres. De là , lorsque les parties d'un animal ou d'une plante sont différentes , elles peuvent entrer dans la composition de quelque plante , ou de quelque animal différent du premier.

§. 192. Nous voyons dans ce qui arrive à l'Eau ;
qui

qui est un des Corps les plus simples que nous connoissons , combien les composés formés par les mêmes particules peuvent différer sensiblement les uns des autres ; car lorsque les parties de l'Eau sont rassemblées dans un verre , elles composent une masse liquide assez pesante ; élevées en vapeurs , elles se séparent l'une de l'autre , & échappent à nos sens ; ensuite elles reparoissent en forme de nuages , puis elles retombent en rosée , en neige , en glace , &c. & étant de nouveau fonduës , elles redeviennent cette masse liquide & pesante qui étoit dans le vase. On voit aisément que ces variations ne sont que différentes combinaisons des parties solides dont l'Eau est formée , & qu'il est très-vrai-semblable que la génération , l'accroissement & la corruption des Corps sensibles dépendent des divisions & des assemblages des parties irrésolubles de la matiere , lesquelles restent inaltérables à toutes ces variations , & conservent par leur stabilité , les espèces des choses.

§. 193. Les différens ordres de particules dont je suppose ici que les Corps sont composés , ne sont encore à la vérité que dans l'ordre des choses que quelques expériences rendent vrai-semblables , & dont il faut chercher la confirmation dans d'autres expériences : mais de quelque façon que se fasse le nombre innombrable de combinaisons nécessaires pour produire la diversité qui regne dans la nature , on
ne

ne peut trop admirer l'artifice par lequel tant de choses si diverses résultent de l'assemblage des premiers Corps.

§. 194. On ne peut mieux se représenter la façon dont les Corps en général sont composés, qu'en imaginant plusieurs cribles posés les uns sur les autres, il en résultera des masses percées de tous côtés, & c'est ainsi que tous les Corps paroissent au microscope. Ces nouveaux yeux que l'industrie humaine a su se procurer, nous ont fait voir que les parties des Corps que l'on croyoit les plus solides, sont à peu près arrangées comme dans la Figure 15. & il n'y a aucun Corps qui, regardé au microscope, ne paroisse contenir infiniment plus de pores que de matiere propre.

De la porosité des Corps.

Figure 154

§. 195. Mille exemples s'accordent avec celles du microscope pour nous démontrer cette extrême porosité des Corps.

Expériences qui le prouvent.

1°. Le mercure pénètre dans l'or, dans le cuivre, dans l'argent, enfin dans tous les métaux, aussi facilement que l'Eau pénètre dans une éponge.

2°. L'Eau pénètre dans les membranes des animaux & des végétaux, à qui elle porte les parties nutritives.

3°. L'Or même donne passage * à travers sa

* Un Globe d'or creux, rempli d'eau, & fermé hermétique-
substance

substance, à l'Eau, qui n'est que dix-neuf fois environ moins solide que lui.

4°. Les Fluides se pénètrent l'un l'autre ; ainsi, si vous versez sur de l'huile de vitriol, une certaine quantité d'eau, la mixtion commencera par s'élever, mais après que l'effervescence sera cessée, & que le mélange sera en repos, la liqueur descendra ; & cela, parce que l'eau s'est introduite dans les pores de l'huile.

5°. Les Corps les plus denses deviennent transparens, quand ils sont très-minces. Ainsi, une feuille d'or paroît transparente au microscope, ou au trou d'une chambre obscure : or cette transparence des Corps opaques, quand ils sont réduits en lames très-minces, vient en partie des pores qui séparent leur matière propre.

6°. Les Phénomènes de l'électricité, de l'Aimant, & de la lumière prouvent encore invinciblement cette extrême porosité des Corps.

7°. La fumée qui sort du soufre, va percer plusieurs linges & étoffes pour noircir l'argent ou l'or qu'on en a enveloppé, & il y a mille exemples dans la Chimie de cette pénétration des esprits, & des odeurs, à travers les pores des Corps.

§. 196. On a vû ci-dessus qu'il faut distinguer

ment, ayant été mis sous une presse, l'eau qui y étoit renfermée, sortit par les pores de l'Or, comme une pluie très-fine : M. Newton rapporte cette expérience dans son Traité d'Optique.

dans

DE PHYSIQUE. CH. X. 207

dans les Corps leur matière propre qui se meut & agit avec eux , d'avec la matière qui passe dans leurs pores , laquelle ne participe ni à leurs actions , ni à leurs passions : ainsi , comme il n'y a point de vuide dans la Nature , tous les Corps de volume égal , contiennent autant de matière absoluë ; mais cependant deux Corps de volume égal & mus avec la même vitesse , ne font pas le même effet , s'ils n'ont pas la même gravité spécifique , c'est-à-dire , s'ils ne contiennent pas également de matière propre : car la matière qui passe dans les pores des Corps ne pèse point avec eux , & ne participe ni à leur mouvement , ni à leur action.

En quel sens on peut dire qu'un corps est plus ou moins solide qu'un autre.

§. 197. La solidité est cette résistance que tous les Corps nous font éprouver , lorsque nous voulons les comprimer.

Le tact est le seul sens qui nous donne l'idée de la solidité , ce sens est répandu par tout notre Corps , & des autres sens ne sont eux-mêmes qu'un tact diversifié , l'ébranlement des nerfs ; quoiqu'insensible pour nous , étant la source de toutes nos sensations.

Nous n'avons l'idée de la solidité que par le tact.

Il paroît singulier que tous nos sens n'étant que des modifications du tact , l'idée de la solidité qui en est l'objet propre , ne nous vienne cependant que par un seul sens , & que nos yeux , ni nos oreilles ne nous donnent point cette idée.

Il est bien vraisemblable que le Créateur qui

a voulu que nos yeux jugeassent des couleurs & des figures , & qu'ils servissent à nous conduire , & que nos oreilles jugeassent des sons ; & nous servissent à la communication de nos pensées avec nos semblables , nous a caché l'ébranlement de la retine & du timpan , pour éviter la confusion que tant d'ébranlemens différens auroient mis dans nos sensations.

Un Estre privé de toute faculté tactile , & qui n'auroit de sens que celui des oreilles , éprouveroit à la vérité une espèce de douleur en entendant un bruit trop aigu ; mais quoique cette douleur ne soit causée que par l'ébranlement trop fort du timpan , cependant elle ne donneroit à cet Estre aucune idée de ce qui a causé cet ébranlement ; car le sentiment de la douleur ne nous donne point l'idée de ce qui la cause. Ainsi , quoique la source de nos sensations soit commune , quoique nos sens semblent se tenir , cependant rien n'est plus séparé que leurs objets , la main ne jugera jamais des sons , ni l'oreille des couleurs , & l'on peut leur appliquer ce beau Vers de M. Pope sur les différens Estres.

For ever near , and for ever separate ,

Toujours près l'un de l'autre , & toujours séparés.

Les Corps sont plus ou moins solides , selon qu'ils contiennent plus ou moins de matière propre sous un même volume.

§. 198.

DE PHYSIQUE. CH. X. 209

§. 198. Lorsque l'on compare la solidité d'un Corps à celle d'un autre Corps, on suppose toujours que des Corps sont d'un volume égal, c'est-à-dire, qu'un peut-être substitué à l'autre par rapport à leur étendue, quelque soit la forme de ces deux Corps. Ainsi, le Corps A. & le Corps B. par exemple, quoique de forme très-différente, ont cependant le même volume, parce que le Corps B. regagne en longueur, ce que le Corps A. a de plus que lui en largeur.

Fig. 16. C.
17.

§. 199. Quoique les Corps soient plus ou moins solides, selon qu'ils contiennent plus ou moins de matière propre sous un même volume, ils sont tous également résistans.

Lorsque l'on n'a pas encore des idées bien nettes des choses, on pourroit être tenté de croire que les fluides sont privés de cet attribut de la matière par lequel elle résiste; mais lorsque nous voulons les traverser, ils nous font sentir par la résistance qu'ils nous opposent, qu'ils possèdent aussi cette propriété de la matière.

§. 200. Si on connoissoit quelque Corps qui n'eût que de la matière propre, on pourroit connoître combien les Corps contiennent de matière propre, & de matière étrangère sous un volume déterminé; car si un Corps d'un pouce cubique, par exemple, ne contenoit que de la matière propre, & qu'il eût un poids quel-

Nous ne connoissons la masse réelle d'aucun Corps.

Tomé I.

* O conqu

conque, & qu'un autre Corps aussi d'un ponce cube ne pesât que la moitié du premier, le second Corps contiendrait autant de matière étrangère que de matière propre.

L'or sert ordinairement de mesure comparative de la solidité des Corps.

Mais comme nous ne connoissons point de telle portion de matière, on a choisi l'or, qui est un Corps très-dense, & cependant très-poreux, pour servir de commune mesure, & l'on a supposé que sous un volume quelconque, l'or contenoit autant de matière étrangère que de matière propre; ayant donc comparé la pesanteur des autres Corps à celle de l'or, & les faisant de même volume, on a déterminé leur gravité spécifique comparée à celle de l'or: ainsi, un volume d'eau quelconque pesant environ 19. fois $\frac{1}{2}$ moins qu'un égal volume d'or, & ayant par conséquent 19. fois $\frac{1}{2}$ moins de matière propre que l'or, qui n'en a déjà que la moitié, on a conclu que la quantité des pores & de la matière étrangère de l'eau étoit à sa matière propre comme 39. à 1. environ.

L'or est donc le Corps le plus dense que nous connoissons, cependant il a des pores: ainsi, il n'y a aucune portion de matière absolument dense, & la raison est sur cela d'accord avec l'expérience; car s'il y avoit quelque masse entièrement dense, elle composeroit un Corps entièrement dur & sans ressort, quoiqu'il y ait des parties que la nature ne résout plus en d'autres, car il ne peut point y avoir de Corps entièrement dense dans la nature, comme on l'a vu (§. 15.)

§. 201. Les Corps que nous croyons les plus denses à la simple vûë, & qui nous paroissent les plus continus dans leur surface, paroissent percés d'une infinité de pores, quand on les regarde avec un Microscope, telle est, par exemple, l'écorce d'arbre.

Ainsi, il n'y a de Corps dense que par comparaison à des Corps plus poreux.

§. 202. Si la matière propre du Corps subit quelque changement, le composé est changé & résolu dans ses principes; si les changemens n'arrivent qu'à la matière qui passe dans ses pores, ils ne sont qu'accidentels, & ce composé n'est point détruit.

§. 203. Les particules qui composent un Corps, peuvent être arrangées de façon que leurs superficies paroissent se toucher immédiatement dans tous leurs points, ou qu'elles ne se touchent que dans quelques points: si elles se touchent dans tous leurs points, le Corps est continu, & ses parties sont simplement possibles; & l'on appelle ce Corps, *un Corps dense*; dans le cas opposé, ce Corps est *un Corps poreux*.

§. 204. Si les parties propres qui composent un Corps, s'approchent l'une de l'autre, en sorte que ses pores deviennent plus petits, le volume de ce Corps diminue, & de poreux, il devient

Causes de
la rarefac-
tion, & de
la conden-
sation.

dense; cet effet s'appelle *condensation*: si au contraire ses interstices ou pores deviennent plus grands, le volume de ce Corps augmente, & de dense, il devient poreux; & cela s'appelle, *rarefaction*: ces deux effets sont causés par la quantité plus ou moins grande de la matière, qui passe dans les pores de ces Corps; quand cette matière y est en plus grande abondance, le Corps est rarefié, quand sa quantité diminuë, le Corps est condensé.

Définition
de la dureté,
& de la
moleffe.

§. 205. Si les parties d'un Corps cedent difficilement, en sorte que l'on sente la résistance qu'elles font, quand on veut les séparer, on appelle ce Corps, *un Corps dur*: mais si ses parties cedent facilement, & font très-peu de résistance, quand on veut les séparer, on appelle ce Corps, *un Corps mol*; & quand cette résistance est encore moindre, ce Corps devient fluide.

§. 206. La cohésion des Corps venant des mouvemens conspirans de leurs parties (§. 173.) ils sont plus ou moins durs, selon que les surfaces de leurs parties sont plus ou moins exactement appliquées l'une sur l'autre, & que leurs mouvemens conspirant plus ou moins; d'où naissent les différentes cohésions, qui font que certains Corps sont sécables, d'autres friables, d'autres cassans, &c.

§. 207. Si dans la superficie d'un Corps, il

Y

ya des éminences ou asperités qui débordent les autres parties, ce Corps est brute; mais sa surface est polie ou unie, lorsque l'une de ses parties ne surpasse point l'autre.

§. 208. Si les particules de matière constante qui composent un Corps, viennent à être séparées l'une de l'autre par un fluide qui se meut avec beaucoup de rapidité à travers, & qu'il n'y ait plus aucun contact entre ces parties, ce Corps devient fluide; & lorsque ces parties commencent à se rapprocher, en sorte que leur contact immédiat recommence, le Corps devient un Corps solide: le plomb subit successivement ces deux états, lorsqu'on l'expose au feu, & qu'on le laisse ensuite refroidir.

Comment un Corps devient fluide.

Quoique les corpuscules qui composent les Corps fluides, soient réellement séparés, cependant ils paroissent continus à l'œil, à cause de leur extrême subtilité, & de celle de la matière qui se meut entre eux: ainsi, il n'est pas étonnant que les fluides cedent facilement aux solides, qui les fendent en séparant leurs parties.

§. 209. Les Corps deviennent mols avant de devenir fluides, car le contact de leurs parties diminué peu à peu, avant de cesser entièrement, & de là naît successivement la mollesse, & la fluidité.

Cette séparation des parties qui composent les Corps, se fait par la matière variable qui

O 3 remplie

remplit leurs pores, laquelle se fraie de nouveaux chemins dans les Corps, & rompt ainsi le contact de leurs parties.

§. 210. Lorsqu'il ne peut s'introduire entre des parties qu'une certaine quantité de cette matière, les Corps restent mols, & ne deviennent point fluides; mais ces Corps redeviennent durs, si cette matière se retire d'entre leurs parties, soit par l'action du feu, soit par l'évaporation de cette matière, ou par la compression du Corps par laquelle on la force d'en sortir.

Je vous dirai dans le Chapitre XVI. comment les Newtoniens expliquent par l'attraction ces mêmes Phénomènes de la cohésion, de la dureté, de la mollesse, & de la fluidité; car selon quelques-uns d'entr'eux, c'est dans les détails que la nécessité d'admettre l'attraction se manifeste le plus; leurs Observations méritent assurément qu'on les étudie, & que l'on tâche de trouver une raison mécanique des Phénomènes qu'ils ont observés.

es du chapitre dix.

Fig. 12



Fig. 13



14



Fig. 15

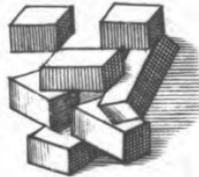


Fig. 17

B

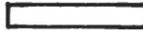


Planche 3.



CHAPITRE XI.

Du Mouvement, & du Repos en général, & du Mouvement simple.

§. 211.



LE Mouvement est le passage d'un Corps du lieu qu'il occupe dans un autre lieu. Définition du Mouvement.

§. 212. On distingue trois sortes de mouvemens, le mouvement absolu, le mouvement relatif commun, & le mouvement relatif propre. Trois sortes de mouvement.

§. 213. Le mouvement absolu est le rapport successif d'un Corps à différens Corps considérés comme immobiles, & c'est-là le mouvement réel, & proprement dit. Du mouvement absolu.

O 4 §. 214.

Du mouvement relatif commun.

§. 214. Le mouvement relatif commun est celui qu'un Corps éprouve, lorsqu'étant en repos, par rapport aux Corps qui l'entourent, il acquiert cependant avec eux des relations successives, par rapport à d'autres Corps, que l'on considère comme immobiles; & c'est le cas dans lequel le lieu absolu des Corps change, quoique leur lieu relatif reste le même; & c'est ce qui arrive à un Pilote, qui est sur le tillac pendant que son Vaisseau marche, ou à un poisson mort, que le courant de l'eau entraîne.

Du mouvement relatif propre.

§. 215. Le mouvement relatif propre est celui que l'on éprouve, lorsqu'étant transporté avec d'autres Corps d'un mouvement relatif commun, on change cependant sa relation avec eux, comme lorsqu'on marche dans un Vaisseau qui fait voile; car je change à tout moment ma relation avec les parties de ce Vaisseau, qui est transporté avec moi.

Exemples des différentes sortes de mouvement.

§. 216. Les parties de tout mobile sont dans un mouvement relatif commun; mais si elles venoient à se séparer, & qu'elles continuassent à se mouvoir comme auparavant, elles acqueriroient un mouvement relatif propre.

§. 217. Si un Vaisseau marchoit vers l'Orient; & qu'un homme se promenât dans un Vaisseau de la poupe à la proue, c'est-à-dire, de l'Orient

Tient vers l'Occident avec la même vitesse , dont le Vaisseau est emporté , cet homme auroit , pendant qu'il parcourt la longueur de ce Vaisseau , un mouvement relatif propre , mais son mouvement absolu ne seroit qu'apparent , puisqu'en changeant à tout moment sa situation , par rapport aux parties de ce Vaisseau , il répondroit cependant toujours aux mêmes points hors du Vaisseau.

Si au contraire cet homme marchoit dans ce Vaisseau de la poupe à la prouë , c'est-à-dire ; dans la même direction que le Vaisseau qui le porte , il auroit en même tems un mouvement relatif commun avec le Vaisseau , & un mouvement relatif propre ; car il changeroit à tout moment sa situation avec les parties de ce Vaisseau , & avec les Corps hors du Vaisseau : c'est cette sorte de mouvement que tous les Corps qui marchent sur la terre éprouvent , car la terre marche sans cesse.

§. 218. Si au lieu de cet homme , on imagine une pierre jettée horizontalement dans ce Vaisseau , dans un sens contraire à celui dans lequel le Vaisseau marche , mais avec une vitesse égale à celle dont il est emporté , cette pierre paroîtra à ceux qui sont dans le Vaisseau avoir un mouvement relatif propre , dans le sens dans lequel on l'a jettée ; mais ceux qui sont sur le rivage la verront dans un repos absolu , par rapport à sa direction horizontale , & ce repos est son état réel. Cette

Cette pierre est dans un repos absolu par rapport à son mouvement horifontal, parce qu'étant transportée avec ce Vaisseau, elle avoit acquise dans la direction dans laquelle ce Vaisseau marche, une force égale à celle dont le Vaisseau étoit emporté; or, comme on suppose qu'elle a été jettée en sens contraire par une force égale à celle qui emporte le Vaisseau, ces deux forces égales & opposées se détruisent mutuellement, & la pierre reste dans un repos absolu par rapport au mouvement horifontal; car la main qui l'a jettée, à trouvé en elle une force réelle, & celle qu'elle lui a imprimée, a été employée toute entière à la détruire. Il en arriveroit tout autrement, si cette pierre étoit jettée dans le Vaisseau par une main qui fût hors du Vaisseau; car alors la pierre auroit réellement un mouvement relatif propre de l'Orient vers l'Occident, & elle tomberoit dans la mer hors du Vaisseau.

§. 219. A l'égard du mouvement de cette pierre vers le centre de la Terre, il n'est pas arrêté; car le mouvement horifontal qui lui a été imprimé, ni celui du Vaisseau n'est point opposé au mouvement que sa gravité lui imprime vers le centre de la Terre.

Celui qui est dans le Vaisseau & qui croit que la pierre a marché d'Orient en Occident, attribué à la pierre le mouvement qui n'appartient qu'au Vaisseau; & il est trompé par ses

DE PHYSIQUE. CH. XI. 219

ses sens de la même manière que nous le sommes , quand nous croyons que le rivage que nous quittons s'enfuit , quoique ce soit le Vaisseau qui nous porte qui s'en éloigne , car nous jugeons les objets en repos , quand leurs images occupent toujours les mêmes points sur notre rétine. Ainsi , comme nous marchons avec le Vaisseau , ses parties occupent toujours la même place dans nos yeux , mais les parties du rivage , au contraire en occupant tantôt une partie , & tantôt une autre , nous les jugeons en mouvement par cette raison : ainsi , le mouvement vrai , & le mouvement apparent , sont quelquesfois très-différens.

Pourquoi le rivage paroît s'enfuir, lorsqu'on s'en éloigne.

§. 220. Le Repos est l'existence continuë d'un Corps dans le même lieu.

Du Repos en général.

On distingue entre Repos relatif & Repos absolu.

§. 221. Le Repos relatif est la continuation des mêmes rapports du Corps , que l'on considère , aux Corps qui l'entourent , quoique ces Corps se meuvent avec lui.

Du Repos relatif.

§. 222. Le Repos absolu est la permanence du Corps dans le même lieu absolu , c'est-à-dire , la continuation des mêmes rapports du Corps , que l'on considère , aux Corps qui l'entourent , considérés comme immobiles.

Du Repos absolu.

§. 223.

§. 223. Lorsque la force active ou la cause du mouvement n'est point dans le Corps mu, ce Corps est en repos, & c'est là le repos réel, & proprement dit.

Exemples
de ces deux
sortes de
Repos.

§. 224. Aucun Corps sur la terre n'est dans un Repos absolu, car la terre change sans cesse sa relation aux Corps qui l'environnent.

Les Corps qui sont attachés à la terre comme les Arbres, les Plantes, &c. sont dans un Repos relatif; car les Corps ne changent point de relation entre eux, mais la terre à laquelle ils sont attachés, & les Corps qui les entourent marchent sans cesse, ils sont dans un mouvement relatif commun. Ainsi, un Corps peut-être dans un Repos relatif; quoiqu'il se meuve d'un mouvement relatif commun.

§. 225. Mais pour éviter l'embarras que toutes ces distinctions mettroient dans le discours, on suppose ordinairement, lorsque l'on parle du mouvement & du repos, que c'est d'un mouvement & d'un repos absolu; car il n'y a de mouvement réel que celui qui s'opère par une force résidente dans le Corps qui se meut, & il n'y a de repos réel que la privation de cette force.

Il n'y a point dans ce sens de repos dans la Nature, car toutes les parties de la matière sont toujours en mouvement, quoique les
Corps

DE PHYSIQUE. CH. XI. 221

Corps qu'elles composent, puissent être en repos : ainsi, on peut dire qu'il n'y a point de repos interne.

§. 226. Il n'y a point de degrés dans le repos, comme dans le mouvement ; car un Corps peut se mouvoir plus ou moins vite, mais quand il est une fois en repos, il n'y est ni plus, ni moins.

Cependant le repos & le mouvement ne sont souvent que comparatifs pour nous, car les Corps que nous croyons en repos, & que nous voyons comme en repos, n'y sont pas toujours.

§. 227. Un Corps qui est en repos, ne commencera jamais de lui-même à se mouvoir ; car puisque toute matière est douée de la force passive, par laquelle elle résiste au mouvement, elle ne peut se mouvoir d'elle-même ; pour que le mouvement se fasse avec raison suffisante, il faut donc une cause qui mette ce Corps en mouvement : ainsi, tout Corps en repos resteroit éternellement en repos, si quelque cause ne le mettoit en mouvement, comme par exemple, lorsque je retire une Planche, sur laquelle une pierre est posée, ou que quelque Corps en mouvement communique son mouvement à un autre Corps, comme lorsqu'une bille de Billiard pousse une autre bille.

§. 228.

§. 228. Par le même principe de la raison suffisante, un Corps en mouvement ne cesseroit jamais de se mouvoir, si quelque cause n'arrêtoit son mouvement, en consumant sa force; car la matière résiste également au mouvement & au repos par son inertie.

§. 229. La force active & la force passive des Corps, se modifie dans leur choq, selon de certaines Loix que l'on peut réduire à trois principales.

P R E M I E R E L O I.

Loix générales du mouvement.

Un Corps persévère dans l'état où il se trouve, soit de repos, soit de mouvement, à moins que quelque cause ne le tire de son mouvement, ou de son repos.

S E C O N D E L O I.

Le changement qui arrive dans le mouvement d'un Corps, est toujours proportionel à la force motrice qui agit sur lui; & il ne peut arriver aucun changement dans la vitesse, & la direction du Corps en mouvement que par une force extérieure; car sans cela ce changement se feroit sans raison suffisante.

T R O I S I È M E L O I.

La réaction est toujours égale à l'action; car
un

DE PHYSIQUE. CH. XI. 223

un Corps ne pourroit agir sur un autre Corps, si cet autre Corps ne lui resistoit: ainsi, l'action & la reaction sont toujours égales & opposées.

§. 230. On considère plusieurs choses dans le mouvement.

1°. La force qui imprime le mouvement au Corps.

2°. Le tems pendant lequel le Corps se meut.

3°. L'Espace que le Corps parcourt.

4°. La vitesse du mouvement, c'est-à-dire; le rapport de l'Espace que le Corps a parcouru, & du tems employé à le parcourir.

5°. La masse des Corps, selon laquelle ils résistent à la force qui veut leur imprimer, ou leur ôter le mouvement.

6°. La quantité du mouvement.

7°. La direction du mouvement, soit qu'il soit simple, soit qu'il soit composé.

8°. L'élasticité des Corps auxquels on imprime le mouvement.

9°. L'effet de la force des Corps en mouvement, ou la quantité d'obstacles qu'ils peuvent déranger en consumant leur force.

10°. Enfin, la façon dont le mouvement se communique.

§. 231. Il n'y a point de mouvement sans une force qui l'imprime.

La cause active qui imprime le mouvement
au

Ce qu'il faut considérer dans le mouvement.

1.
De la force
motrice.

au Corps, ou qui le sollicite à se mouvoir, s'appelle force motrice.

L'effet de cette force quand elle n'est pas détruite par une résistance invincible, est de faire parcourir au Corps un certain Espace, en un certain tems, dans un Espace qui ne résiste point sensiblement; & dans un Espace qui résiste, son effet est de lui faire surmonter une partie des obstacles qu'il rencontre

Cette cause, qui tire le mobile de l'état de repos, dans lequel il étoit, & qui lui fait parcourir un certain espace, & surmonter une certaine quantité d'obstacles, communique à ce Corps une force qu'il n'avoit pas, lorsqu'il étoit en repos, puisque par la première Loi; ce Corps, de lui-même, ne seroit jamais sorti de sa place.

§. 232. Par la même Loi, lorsqu'un Corps en mouvement cesse de se mouvoir, il faut nécessairement que quelque force égale, & opposée à la sienne, ait arrêté son mouvement, & consumé sa force.

§. 233. Toute cause efficiente est égale à son effet pleinement exécuté: ainsi, des forces égales produiront toujours en s'épuisant des effets égaux.

§. 234. On appelle *Obstacle*, tout ce qui s'oppose au mouvement d'un Corps, & qui consume

consume la force en tout, ou en partie.

§. 235. Puisque par la première Loi du mouvement, un Corps de lui-même persevere toujours dans l'état où il se trouve; & que la force par laquelle un Corps se meut, ne peut se consumer en tout, ou en partie, qu'en surmontant des obstacles; un Corps qui seroit une fois en mouvement dans le vuide absolu, (s'il étoit possible,) continueroit à se mouvoir pendant toute l'éternité dans ce vuide, & y parcourroit à jamais des Espaces égaux en tems égaux, puisque dans le vuide aucun obstacle ne consumeroit la force de ce Corps en tout, ni en partie.

Le mouvement seroit éternel dans le vuide.

§. 236. Tout mouvement contient donc un infini en tems, puisque tout mouvement pourroit durer éternellement dans le vuide; mais tout mouvement ne contient pas un infini en vitesse; car un Corps qui se mouvroit éternellement dans le vuide, pourroit s'y mouvoir avec une vitesse plus ou moins grande.

§. 237. L'Espace parcouru par un Corps; est la Ligne décrite par ce Corps, pendant son mouvement.

Si le Corps qui se meut, étoit un point, l'Espace parcouru ne seroit qu'une Ligne mathématique; mais comme il n'y a point de Corps qui ne soit étendu, l'Espace parcouru a toujours quelque largeur. Quand on mesure

2.
De l'Espace parcouru.

le chemin d'un Corps, on ne fait attention qu'à sa longueur.

Planche 4.

Fig. 18.

3.
Du tems
pendant
lequel le
Corps se
meut.

§. 238. Si le Corps A. parcourt l'Espace C. D. il s'écoulera une portion quelconque de tems, pendant qu'il ira de C en D. quelque petit que l'Espace C D. puisse être; car le moment où ce Corps sera en C. ne sera pas celui où il sera en D. un Corps ne pouvant être en deux lieux à la fois: ainsi, tout Espace parcouru, l'est en un tems quelconque.

4.
De la vi-
tesse du
mobile.

§. 239. Outre l'Espace que le Corps en mouvement parcourt, la force qui le lui fait parcourir, & le tems qu'il y employe, on conçoit encore dans le mouvement une autre chose qu'on appelle *vitesse*: on entend par ce mot; la propriété qu'a le mobile de parcourir un certain Espace, en un certain tems.

Planche 4.

Fig. 18.

Il n'y a
point de
mouve-
ment sans
une vitesse
déterminée.

On connoît la vitesse d'un Corps par l'Espace qu'il parcourt en un tems donné: ainsi, la vitesse est d'autant plus grande que le mobile parcourt plus d'Espace en moins de tems; & par conséquent, si un Corps A. parcourt l'Espace C. D. en deux minutes, & que le Corps B. parcourre le même Espace en une minute, la vitesse du Corps B. sera double de celle du Corps A.

Il n'y a point de mouvement sans une vitesse quelconque, car tout Espace parcouru, est parcouru dans un certain tems; mais ce tems peut être plus ou moins long à l'infini; car
l'Espace

DE PHYSIQUE. CH. XI. 227

l'Espace C D, que je suppose être d'un pied, peut être parcouru par le Corps A. en une heure, ou dans une minute qui est la 60. partie d'une heure, ou dans une seconde qui en est la 3600. partie, &c.

Planche 4.
Fig. 18.

§. 240. Le mouvement, c'est-à-dire, sa vitesse, peut être uniforme, ou non uniforme, accélérée ou retardée, également ou inégalement accélérée & retardée.

§. 241. Le mouvement uniforme est celui qui fait parcourir au mobile des Espaces égaux en tems égaux: ainsi, dans le mouvement uniforme les Espaces parcourus sont comme les vitesses du mobile, & comme les tems de son mouvement.

Du mouvement uniforme.

§. 242. Dans un tems infiniment petit, on considère toujours le mouvement comme étant uniforme, c'est-à-dire, qu'à chaque instant infiniment petit, le mobile est supposé parcourir des Espaces égaux, soit que son mouvement dans un tems fini soit accéléré ou retardé, uniforme ou non uniforme.

§. 243. Il n'y a que dans un Espace qui ne feroit aucune résistance, dans lequel un mouvement parfaitement uniforme pût s'exécuter, de même qu'il n'y a que dans un tel Espace, dans lequel un mouvement perpétuel fût possible; car dans cet Espace il ne se pourroit rien rencontrer

rencontrer qui pût accélérer ou retarder le mouvement des Corps.

Preuve de l'impossibilité du mouvement perpétuel mécanique.

§. 244. L'inégalité de tous les mouvements que nous connoissons, est une démonstration contre le mouvement perpétuel mécanique, que tant de gens ont cherché : car cette inégalité ne vient que des pertes continuelles de force que font les Corps en mouvement, par la résistance des milieux dans lesquels ils se meuvent, le frottement de leurs parties; &c. Ainsi, afin qu'un mouvement perpétuel mécanique pût s'exécuter, il faudroit trouver un Corps qui fût exempt de frottement, ou qui eût reçu du Créateur une force infinie, puisqu'il faudroit que cette force lui fit surmonter des résistances à tout moment répétées; & que cependant, elle ne s'épuisât jamais, ce qui est impossible.

Nous ne connoissons point de mouvement parfaitement égal.

§. 245. Quoiqu'à parler exactement, il n'y ait point de mouvement parfaitement uniforme, cependant lorsqu'un Corps se meut dans un Espace, qui ne résiste point sensiblement; & que ce Corps ne reçoit, ni accélération, ni retardement sensible dans son mouvement, on considère ce mouvement comme s'il étoit parfaitement uniforme.

Du mouvement non uniforme.

§. 246. Le mouvement non uniforme est celui qui reçoit quelque augmentation ou quelque

DE PHYSIQUE. CH. XI. 229

quelque diminution dans sa vitesse.

§. 247. Un Corps a un mouvement accéléré, lorsque quelque nouvelle force agit sur lui, & augmente sa vitesse.

Du mouvement accéléré.

§. 248. Le mouvement d'un Corps ne peut cependant être accéléré, que lorsque la nouvelle force qui agit sur lui, agit en tout, ou en partie dans la direction dans laquelle le Corps se meut déjà.

§. 249. Le mouvement d'un Corps est retardé, lorsque quelque force opposée à la sienne lui ôte une partie de sa vitesse.

Du mouvement retardé.

§. 250. Le mouvement d'un Corps est également ou inégalement accéléré, selon que la nouvelle force qui agit sur lui, y agit également ou inégalement en tems égal; & il est également ou inégalement retardé, selon que les pertes qu'il fait, sont égales ou inégales en tems égaux.

§. 251. Quand le mouvement d'un Corps est également accéléré en tems égal, les vitesses de ce Corps croissent comme les tems de son mouvement.

§. 252. Il faut une plus grande quantité de force pour augmenter la vitesse d'un Corps

Il faut plus de force pour accélérer le mouve-

P 3

d'un

ment, que
pour l'im-
primer.

d'un degré que pour lui imprimer le premier degré de vitesse, lorsqu'il est en repos.

§. 253. Si le mouvement est uniforme, c'est à-dire, si la vitesse du Corps demeure la même, l'Espace parcouru augmentera en même proportion que le tems du mouvement de ce Corps, (en faisant abstraction des obstacles) de façon que si on multiplie la vitesse de ce Corps, par le tems de son mouvement, le produit sera l'Espace parcouru : si l'Espace est divisé par le tems, le produit marquera la vitesse, & ce même Espace divisé par la vitesse, donnera le tems : ainsi, dans le mouvement uniforme quand on a deux de ces choses, espace, tems, & vitesse, on aura nécessairement la troisième.

§. 254. Plus la vitesse d'un Corps est grande, plus il parcourt d'Espace dans un tems donné, & au contraire :

Dans le mouvement accéléré l'Espace parcouru est d'autant plus grand dans un tems donné, que la vitesse est plus augmentée ; & dans le mouvement retardé, l'Espace parcouru est d'autant moindre en un même tems, que la vitesse est plus diminuée ; car par la seconde Loi, les changemens qui arrivent dans le mouvement, sont toujours proportionnels à la force qui les produit.

§. 255.

DE PHYSIQUE. CH. XI. 231

§. 255. Si on compare plusieurs Corps qui sont dans un mouvement uniforme, & qui ont des vitesses égales, les Espaces parcourus seront comme les tems de leur mouvement.

De la comparaison du mouvement des Corps.

Si les vitesses sont inégales, & les tems égaux, les Espaces parcourus seront comme les vitesses. Si les vitesses & les tems sont inégaux, les Espaces seront en raison composée des raisons des vitesses, & des tems, ou comme les produits du tems de chacun de ces Corps multiplié par sa vitesse; & enfin, si les vitesses & les Espaces sont inégaux, les tems seront en raison directe des Espaces, & en raison inverse des vitesses; car il faut d'autant plus de tems à un Corps pour parcourir un Espace quelconque, que ce Corps a moins de vitesse.

§. 256. On distingue les vitesses, en vitesses absolues, & vitesses respectives.

La vitesse propre ou absoluë d'un Corps, est le rapport de l'Espace qu'il parcourt, & du tems pendant lequel il se meut.

Ce que l'on entend par vitesse absolue & vitesse respective.

La vitesse respectives, est la vitesse avec laquelle deux Corps s'approchent ou s'éloignent l'un de l'autre d'un certain Espace dans un tems déterminé, quelques soient leurs vitesses absolues: ainsi, la vitesse absoluë est quelque chose de positif; mais la vitesse respectives n'est qu'une simple comparaison que l'esprit fait de

P 4 deux

deux Corps, selon qu'ils s'approchent, ou s'éloignent l'un de l'autre.

5.
De la masse
des Corps.

§. 257. Les Corps résistent également au mouvement & au repos; cette résistance étant une suite nécessaire de leur force d'inertie, elle est proportionnelle à leur quantité de matière propre, puisque la force d'inertie appartient à chaque *minimum* de la matière : un Corps résiste donc d'autant plus au mouvement qu'on veut lui imprimer, qu'il contient une plus grande quantité de matière propre sous un même volume, c'est-à-dire, d'autant plus, qu'il a plus de masse, toutes choses d'ailleurs égales.

Ainsi, plus un Corps a de masse, moins il acquiert de vitesse par la même pression, & *vice versa*.

Les vitesses des Corps qui reçoivent des pressions égales, sont donc en raison inverse de leur masse.

§. 258. Il est une fois plus facile d'imprimer une certaine vitesse à un Corps, que d'imprimer au même Corps une vitesse double de la première : ainsi, il faut une double pression pour imprimer au même Corps une vitesse double; & il faut précisément la même pression pour donner à un Corps deux degrés de vitesse, ou pour donner un degré de vitesse à un autre Corps, dont la masse est double de celle du premier. Ainsi

DE PHYSIQUE. CH. XI. 233

Ainsi, la pression qui fait mouvoir différens Corps avec une même vitesse, est toujours proportionnelle à la masse de ces Corps, toutes choses égales d'ailleurs.

Le mouvement d'un Corps est d'autant plus difficile à arrêter, que ce Corps a plus de masse : ainsi, il faut la même force pour arrêter le mouvement d'un Corps qui se meut avec une vitesse quelconque, & pour communiquer à ce même Corps le même degré de vitesse qu'on lui a fait perdre.

§. 259. Cette résistance que tous les Corps opposent, lorsqu'on veut changer leur état présent, est le fondement de la troisième Loi du mouvement, par laquelle la réaction est toujours égale à l'action.

De l'égalité de l'action, & de la réaction.

L'établissement de cette Loi étoit nécessaire, afin que les Corps pussent agir les uns sur les autres ; & que le mouvement étant une fois produit dans l'Univers, il pût être communiqué d'un Corps à un autre avec raison suffisante.

Dans toute action, le Corps qui agit, & celui contre lequel il agit, luttent entr'eux, & sans cette espèce de lutte, il ne peut point y avoir d'action ; car je demande comment une force peut agir contre ce qui ne lui oppose aucune résistance.

Il ne peut y avoir d'action sans résistance.

Quand je tire un Corps attaché à une corde, quelqu'aîsément que je le tire, la corde est tendue

tenduë également des deux côtés, ce qui marque l'égalité de la réaction, & si cette corde n'étoit pas tenduë, je ne pourrois tirer ce Corps.

Objection
contre l'égalité de
l'action, &
de la réaction.

Réponse.

Mais, dit-on, comment puis-je faire avancer ce Corps, si je suis tiré par lui avec une force égale à celle que j'employe pour le tirer? Ceux qui font cette objection, ne font pas attention que lorsque je tire ce Corps & que je le fais avancer, je n'employe pas toute ma force à vaincre la résistance qu'il m'oppose; mais lorsque je l'ai surmontée, il m'en reste encore une partie que j'employe à avancer moi-même; & ce Corps avance par la force que je lui ai communiquée, & que j'ai employée à surmonter sa résistance; ainsi, quoique les forces soient inégales, l'action & la réaction sont toujours égales.

La raison de cette égalité de l'action & de la réaction, est qu'un Corps ne sauroit employer un degré de force à surmonter la résistance d'un autre Corps, sans en perdre lui-même une quantité égale à celle qu'il y a employée; car ce Corps ne peut garder & employer sa force en même tems: or cette force qu'il employe à surmonter cette résistance, n'est pas perduë, mais le Corps qui résiste, l'acquiert.

Quand la masse de ce Corps a une certaine proportion à la masse du Corps qui l'a poussé, ce Corps avance sensiblement, & quand sa masse surpasse à certain point celle du Corps
qui

DE P^HYSIQUE. CH. XI. 235

qui agit sur lui, ce Corps avance infiniment peu; mais dans l'un & dans l'autre cas, la réaction est toujours égale à l'action; c'est-à-dire, que la diminution de la force dans le Corps qui agit, est toujours égale à la force qu'il a communiquée: ainsi, un Corps perd autant de son mouvement qu'il en communique; puisque le mouvement d'un Corps ne peut lui être ôté que par une force égale & opposée, & dans ces deux choses si différentes, la cessation du mouvement & sa communication, la réaction est toujours égale à l'action.

On a vû ci-dessus que la communication du mouvement se fait en raison des masses, ce qui est encore une preuve que l'action est égale à la résistance; car les Corps résistent en raison directe de leur masse.

§. 260. Les Corps réagissent par leur force d'inertie, & en réagissant, ils tendent à changer l'état du Corps qui les pousse, & auquel ils résistent, & ils acquèrent dans cette réaction la force que le Corps qui agit sur eux, consomme en y agissant, car ces Corps résistent en acquérant le mouvement: ainsi, la force que les Corps acquèrent pour se mouvoir, ils l'acquèrent en partie par leur force d'inertie, qui est le principe de leur réaction: de sorte qu'à parler proprement, toute la force de la matière, soit qu'elle soit en repos, ou en mouvement, soit qu'elle communique le mouvement, soit qu'elle

le

236 INSTITUTIONS

le reçoive , toute son action , & sa réaction , toute son impulsion , & sa résistance , n'est autre chose que cette *vis inertia* en différentes circonstances.

C'est l'égalité de l'action , & de la réaction , qui fait aller un Navire par des rames.

§. 261. Un Navire va par des rames , parce que les rames poussent l'eau vers le côté opposé , & l'eau réagit contre les rames , & les repousse avec le batteau auquel elles tiennent , & cela avec une force égale à celle avec laquelle les rames l'ont fenduë ; ainsi , le Vaisseau va d'autant plus vite qu'il y a plus de rames , que les rames sont plus grandes , & qu'elles sont remuées plus vite ; & plus fortement.

C'est par cet artifice qu'on se soutient dans l'eau en nageant , car les pieds & les mains servent alors de rames.

Il en est de même des oiseaux. Quand ils volent , ils sont dans l'air avec leurs ailes ; ce que les hommes qui nagent , sont dans l'eau avec leurs pieds , & leurs mains.

De la quantité du mouvement.

§. 262. Il y a encore une chose à considérer dans le mouvement , c'est la quantité ; car la quantité du mouvement dans un instant infiniment petit , est proportionnelle à la masse & à la vitesse du Corps mù , en sorte que le même Corps a plus de mouvement quand il se meut plus vite ; & que de deux Corps dont la vitesse est égale , celui qui a le plus de masse , a le plus de mouvement : car le mouvement
imprimé

imprimé à un Corps quelconque , peut être conçu divisé en autant de parties que ce Corps contient de parties de matière propre , & la force motrice appartient à chacune de ces parties qui participent également au mouvement de ce Corps , en raison directe de leur grandeur : ainsi , le mouvement du tout , est le résultat de toutes les parties , & par conséquent , le mouvement est double dans un Corps dont la masse est double de celle d'un autre , lorsque ces Corps se meuvent avec la même vitesse.

Car supposé qu'un Corps A. qui a quatre de masse , & un Corps B. qui en a deux , se meuvent avec la même vitesse , ce Corps A. peut être coupé en deux parties égales , sans que son mouvement soit arrêté ; & alors chacune de ses moitiés sera égale au Corps B. & continuera à se mouvoir avec la même vitesse qu'avoit ce Corps A. entier ; avant qu'on l'eût coupé en deux. Ce Corps double avoit donc un mouvement double.

§. 263. Il n'y a point de mouvement sans une détermination particulière : ainsi , tout mobile qui se meut , tend vers quelque point.

X. Lorsqu'un Corps qui se meut , n'obéit qu'à une seule force qui le dirige vers un seul point , ce Corps se meut d'un mouvement simple.

§. 264. Le mouvement composé est celui dans lequel le mobile obéit à plusieurs forces , qui

7.
De la détermination du mouvement.

Du mouvement simple.

Du mouvement composé.

§ 38 INSTITUTIONS

qui le font tendre vers plusieurs Points à la fois.

Le mouvement simple est le seul que j'examine ici, je parlerai du mouvement composé dans le Chapitre suivant.

§. 265. Dans le mouvement simple, la Ligne droite tirée du mobile au point vers lequel il tend, représente la direction du mouvement de ce Corps, & si ce Corps se meut, il parcourra certainement cette Ligne.

Ainsi, tout Corps qui se meut d'un mouvement simple, décrit pendant qu'il se meut, une Ligne droite.

Nous ne connoissons à proprement parler, de mouvement simple, que celui des Corps qui tombent perpendiculairement vers le centre de la terre par la seule force de la gravité, à moins que les Corps ne se meuvent sur un plan immobile; car la gravité agissant également sur tous les Corps à chaque instant indivisible, son action se mêle à tous les momens, & de simples, elle les fait venir composés.

§. 266. La gravité ou la pesanteur, est aussi une des causes pour laquelle il ne pourroit y avoir de mouvement uniforme que dans le vuide absolu, ou sur un plan immobile; car, cette force fait parcourir aux Corps des Espaces inégaux en tems égaux.

§. 267.

§. 267. Les Corps qui reçoivent ou qui communiquent le mouvement, peuvent être ou entièrement durs, c'est-à-dire, incapables de compression, ou entièrement mols, c'est-à-dire, incapables de restitution après la compression de leurs parties, ou enfin à ressort, c'est-à-dire, capables de reprendre leur première forme après la compression.

De l'élasticité des Corps.

Ces derniers peuvent être encore à ressort parfait, de sorte qu'après la compression, ils reprennent entièrement leur figure; ou à ressort imparfait, c'est-à-dire, capables de la reprendre seulement en partie: nous ne connoissons point de Corps entièrement durs, ni entièrement mols, ni à ressort parfait; car, comme dit M. de Fontenelle, *la nature ne souffre aucune précision.*

Mais pour rendre les raisonnemens plus intelligibles, on suppose la précision la plus exacte: ainsi, on suppose que tous les Corps à ressort, ont un ressort parfait.

On appelle *Corps durs*, ceux dont la figure ne s'altère point sensiblement par le choc; tels sont, par exemple, les Diamans; & on nomme *mols*, les Corps qui par le choc prennent une nouvelle figure, qu'ils conservent après le choc, comme la cire, l'argile, &c. Je parlerai dans la suite de cet ouvrage des Corps élastiques, & de la façon dont le mouvement se communique entr'eux.

9.
De la force
des Corps
en mouve-
ment.

§. 268. Lorsqu'un Corps en mouvement ren-
contre un obstacle, il fait effort pour deranger
cet obstacle ; si cet effort est détruit par une ré-
sistance invincible, la force de ce Corps est
une *force morte*, c'est-à-dire, qu'elle ne pro-
duit aucun effet, mais qu'elle tend seulement
à en produire un.

Si la résistance n'est pas invincible, la force
est alors une *force vive*, car elle produit un
effet réel ; & cet effet est ce qu'on appelle *l'effet
de la force de ce Corps*.

La quantité de la force vive, se connoît par
le nombre & la grandeur des obstacles, que
le Corps en mouvement peut déranger en épuî-
sant sa force.

Il y a de grandes disputes entre les Philoso-
phes, pour savoir si la force vive, & la force
morte doivent être estimées différamment, &
c'est de quoi je parlerai dans le Chapitre 21. de
cet ouvrage.

10.
De la com-
munica-
tion du
mouve-
ment.

§. 269. Enfin, la dernière chose qui me reste
à examiner dans le mouvement, c'est la façon
dont il se communique ; car l'expérience nous
apprend qu'un Corps en mouvement qui en ren-
contre un autre en repos, lui communique une
partie de la force, qu'il avoit pour se mouvoir,
& alors le Corps qui a été choqué, passe de
l'état de repos dans lequel il étoit, à celui du
mouvement, & il continuë à se mouvoir après
le

le choc jusqu'à ce que quelque obstacle ait consumé sa force.

§. 270. La cause pour laquelle ce Corps continué à se mouvoir après l'absence du moteur, est une suite de la force d'inertie de la matière, force par laquelle les Corps restent dans l'état où ils sont, si quelque cause ne les en retire. Or, quand ma main jette une pierre, cette pierre & ma main commencent à se mouvoir ensemble, je retire ma main, & voilà une cause qui fait cesser son mouvement de ce côté, mais la pierre que je n'ai point retirée, continué à se mouvoir, jusqu'à ce que la résistance de l'air lui ait fait perdre le mouvement de projectile, que je lui avois imprimé, ou que la gravité la fasse retomber vers la terre: ainsi, la continuation du mouvement de cette pierre, après l'absence de ma main, est l'effet de la force que je lui ai imprimée.

C'est par cette raison, que quand un Vaisseau va fort vite, & qu'il est arrêté subitement, les choses qui sont dans ce Navire tendant à conserver le mouvement qu'elles ont acquis, en étant transportées avec lui, courroient risque d'être précipitées, si elles n'étoient pas retenues.

C'est par la même cause encore que le roulis que la mer cause au Vaisseau, & plus encore l'agitation d'une tempête rend les hommes malades, & les fait vomir, sur tout s'ils ne sont

Pourquoi
le roulis
d'un Vaisseau
cause
des vomis-
semens.

pas accoutumés à la mer ; car les liqueurs qui sont dans leur Corps ne reçoivent que peu à peu un mouvement *harmonique* , à celui du Vaisseau , & jusqu'à ce qu'elles l'ayent acquis , il s'y fait un trouble & une commotion , qui se manifeste par des vomissemens , & d'autres maladies , & il se passe alors dans le Corps des hommes la même chose , à peu près , que nous voyons arriver dans un vase plein d'eau , que l'on tourne en rond ; car l'eau ne prend que peu à peu le mouvement du vase , & elle le garde encore quelque tems , quand ce mouvement est arrêté.

CHAPITRE



CHAPITRE XII.

Du Mouvement composé.

§. 271.

L

LE Mouvement composé est celui dans lequel le Corps obéit à la fois à plusieurs forces, qui lui impriment des directions différentes, & qui le font tendre en même tems vers divers points.

*Définition
du mouve-
ment com-
posé.*

§. 272. Le mouvement d'un Corps, qui est poussé en même tems par deux forces, est différent selon que l'action de ces forces est dirigée.

1^o. Si ces forces agissent dans la même direction, le mobile se meut plus vite; mais la direction de son mouvement n'étant point chan-

Q₂ gée,

gée, ce Corps se meut d'un mouvement simple:

Des diffé-
rences que
les direc-
tions des
forces, qui
poussent
un Corps,
apportent
dans son
mouve-
ment.

2°. Si ces deux forces sont égales & opposées l'une à l'autre, elles se détruisent mutuellement. Alors le Corps ne sort point de sa place, & il n'y a aucun mouvement produit.

3°. Si les forces opposées sont inégales, elles ne se détruisent qu'en partie; & le mouvement qui en résulte, est l'effet du restant de ces deux forces.

4°. Si ces deux forces sont perpendiculaires l'une à l'autre, comme, par exemple, la force désignée par la Ligne AB. à la force active désignée par la Ligne AD. elles ne se détruiront ni ne s'accéléreront: chacune agira sur le Corps comme s'il étoit en repos; alors le chemin du mobile sera changé, & ce Corps aura un mouvement composé du mouvement imprimé par ces deux forces.

Fig. 19.
Planch. 4.

Il n'y a que dans le cas où les deux forces qui agissent sur le Corps, sont perpendiculaires l'une à l'autre, dans lequel chacune agisse sur lui comme si ce Corps étoit en repos.

5°. Enfin, si ces deux forces sont obliques l'une à l'autre, comme la force AF. à la force AE. ou bien comme la force AG. à la force AH. elles retarderont ou accéléreront le mouvement l'une de l'autre, selon que l'obliquité des Lignes qui les représentent, sera dirigée, & elles auront outre cela une action perpendiculaire l'une à l'autre, selon laquelle elles n'accéléreront ni ne retarderont le mouvement l'une de l'autre.

Planch. 4.
Fig. 20. &
21.

DE PHYSIQUE. CH. XII. 245

§. 273. Si le Corps A. est mû par une force quelconque dans la direction AB. & avec la vitesse désignée par cette Ligne AB. & que ce Corps soit poussé en même tems par une autre force, qui lui imprime la direction & la vitesse AC. ce Corps étant mû par deux forces qui tendent en même tems à lui faire parcourir les deux Lignes AB.AC. il obéira à ces deux forces, selon la quantité de leur action sur lui; & ce Corps aura un mouvement dont la direction & la vitesse seront composées, de la vitesse & de la direction des deux forces qui agissent sur lui.

Fig. 22.

§. 274. Pour déterminer quelle ligne un Corps qui est ainsi mû décrira dans son mouvement, imaginons que la ligne AC. & la ligne AB. soient divisées dans les parties égales entr'elles A, e, g, i, o, C. & A, F, H, K, M, B. & supposons que tandis que le mobile A. parcourt les divisions de la ligne AC. cette ligne coule parallèlement à elle-même le long de la ligne AB. enforte que dans le même tems, pendant lequel le Corps A. parcourt sur la ligne AC. l'espace A e, la ligne AC. parcourt sur la ligne AB. l'espace AF; il est certain qu'au bout de ce premier moment, le mobile se trouvera au point E. De même si dans le second instant, pendant lequel le mobile va de e. en g. sur la ligne AC. cette ligne coule de F. en H. sur la

Fig. 22.

Fig. 22.

Q 3

Un Corps
mû par
deux for-
ces, par-
court la
diagonale
d'un paral-
lelogram-
me.

ligne AB. le mobile au bout de ce second instant sera en G. par la même raison il sera en I. au bout du troisième instant, puis en O. dans le quatrième, puis enfin en D. dans le cinquième. Ainsi, si l'on tire les lignes CD, BD. parallèles à AB. & à AC. & qu'on acheve ainsi le parallélogramme ABCD. le Corps en obéissant aux deux forces AB. AC. qui agissent sur lui en même tems, décrira la diagonale AD. de ce parallélogramme; car la force qui le pousse vers AB. fait sur lui le même effet que le mouvement, par lequel j'ai supposé que la ligne AC. parcourroit la ligne AB.

La quantité du transport du Corps vers la ligne BD. est donc l'effet de la force qui agit de A. vers B. & la quantité de son transport vers la ligne CD. est l'effet de celle qui agit de A. vers C. ainsi, ces forces se retrouvent encore distinctes dans leur effet composé.

§. 275. Le mobile parcourt cette diagonale AD. dans le même tems dans lequel il auroit parcouru les lignes AC. AB. séparément; car par la seule force dirigée vers AB. le Corps s'approchera de la ligne BD. dans le même tems; soit que la force vers AC. lui soit imprimée ou non; de même, il s'approchera de la ligne CD. dans le même tems par la force qui le dirige vers AC. soit que la force vers AB. lui soit imprimée, soit qu'elle ne le soit pas. Donc lorsque la ligne AC. que j'ai supposée couler sur la ligne AB. fera

Fig. 22

DE PHYSIQUE. CH. XII. 247

sera arrivée en BD, le Corps A. qui parcourt cette ligne AC. sera alors au point C. de cette ligne AC. mais le point C. & le point D. seront alors coïncidents; Ainsi, tout Corps qui est mû par deux puissances qui font entr'elles un angle quelconque, parcourt la diagonale du parallélogramme formé sur les lignes, dont la longueur & la position représentent la direction & la vitesse de ces deux forces; & cette diagonale représente la vitesse du mouvement composé, & elle est le resultat des mouvemens imprimés au mobile.

§. 276. Il suit de-là que le mouvement d'un Corps peut toujours se résoudre en deux autres mouvemens, en faisant que la ligne dans laquelle un Corps se meut, devienne la diagonale d'un parallélogramme dont les deux côtés, dans leur longueur & leur position, représenteront les directions & les vitesses des deux mouvemens, dans lesquels celui du Corps que l'on considère sera résolu.

§. 277. L'angle EAB, que les lignes AB. AE, qui marquent les directions des forces, font entre elles, s'appelle l'angle de direction.

Fig. 22.

§. 278. La ligne parcourue par un Corps poussé en même tems par deux forces, est plus ou moins longue selon l'angle de direction des forces qui le poussent; car suppose que les li-

Q 4 gnes

Fig. 24.
25. & 26.

gnes AE. AB. soient égales dans les Figures 24. 25. & 26. on voit aisément que la ligne AD. qui est le chemin que le mobile parcourt dans le même tems ; n'est pas égale dans ces trois Figures.

Fig. 24.

Fig. 25.

§. 279. Plus l'angle de direction EAB. est aigu, comme dans la Fig. 24. plus la ligne AD. que le Corps parcourt est longue ; & plus cet angle EAB. est obtus comme dans la Fig. 25. plus le chemin du mobile est court ; car dans le premier cas la force qui pousse le Corps dans la ligne AE. & qu'on peut résoudre dans les lignes Af. & Ag. conspire avec la force qui pousse le Corps vers AB. & l'augmente de la quantité Ag. ou de son action perpendiculaire vers Af. & dans le second cas, la force qui pousse le Corps vers AE. décompose comme dans le cas précédent, s'oppose à la force vers AB. & la diminue de la quantité Ag. Ainsi, dans le premier cas, le mobile doit parcourir plus d'espace, puisque sa vitesse est augmentée, & par la raison contraire, il doit en parcourir moins dans le second ; car le tems de son mouvement est supposé le même.

§. 280. Comme les deux côtés d'un triangle pris ensemble, sont toujours plus longs que le troisième (Euclide Livre premier Prop. 20.) le Corps A. va par un chemin plus court, lorsqu'il obéit, à la fois, à deux puissances quelconques,

ques, que s'il obéissoit successivement à chacune d'elles en particulier.

§. 281. On voit par l'inspection de la Fig. 24. que le chemin d'un mobile peut être la diagonale d'une infinité de parallélogrammes divers; car la ligne AD. est en même tems la diagonale des parallélogrammes AEBD. & Af Dh. &c.

§. 282. Ainsi, un Corps peut parcourir la même ligne droite dans le même tems, soit qu'il soit poussé par plusieurs forces, ou par une seule force; le Corps A. par exemple, parcourera également la ligne AD. dans un tems donné, s'il est poussé par une seule force dirigée vers AD. & qui lui imprime cette vitesse AD. ou par les deux forces AB. AE. qui lui impriment les vitesses désignées par ces lignes AB. AE. & l'on peut également considérer le Corps qui parcourt la ligne AD. comme étant mû par ces deux différentes forces, ou par une seule qui leur soit égale; car la vitesse ou le mouvement vers AD. ne contient que la vitesse AB. dans la direction AB. & que la vitesse AE. dans la direction AE. Ainsi, l'effet est toujours le même, lorsque le mobile est poussé par trois ou quatre, ou une quantité quelconque de forces réunies, ou bien par une seule force qui lui imprime la même vitesse dans la même direction dans laquelle l'action de ces différentes forces se réuniroit; & l'on

Fig. 23.

l'on peut également considérer toutes ces forces comme étant réunies dans celle qui les représente, ou cette force unique, comme étant divisée dans les forces qui la composent.

De la résolution & de la composition du mouvement.

Utilité de cette méthode.

§. 283. Ces deux différentes façons de considérer le mouvement des Corps, s'appellent résolution & composition.

Cette méthode est d'un grand usage, & d'une grande utilité dans les Mécaniques, pour découvrir la quantité de l'action des Corps qui agissent obliquement les uns sur les autres.

Comment on connoît le chemin du mobile dans toutes les compositions du mouvement.

§. 284. On connoît le chemin d'un mobile mù par deux forces quelconques, lorsque l'on connoît la vitesse que chacune de ces deux forces lui imprime, & l'angle que leurs directions font entr'elles; car ce chemin est le troisième côté d'un triangle dont on connoît les deux autres côtés, & l'angle compris.

§. 285. Par ce moyen on connoît le chemin d'un Corps qui obéit à un nombre quelconque de forces qui agissent sur lui à la fois; car lorsqu'on a déterminé le chemin que deux de ces forces font parcourir au mobile par la règle de la §. précédente, ce chemin devient le côté d'un nouveau triangle, dont la ligne qui représente la troisième force devient le second côté, & le chemin du mobile la base; en procédant ainsi jusqu'à la dernière force, on parviendra à connoître

DE PHYSIQUE. CH. XII. 251

connoître le chemin du mobile par l'action réunie de routes les forces qui agissent sur lui; car le Corps A. poussé par les deux forces E. & D. dans les directions, & avec les vitesses AB. AG. décrira la diagonale AH. poussé ensuite par la force C. dans la direction, & avec la vitesse AF. il parcourera la ligne AT. Enfin, la force M. lui fera décrire la ligne AL. en lui imprimant la direction & la vitesse AK. Ainsi, AL. est le chemin du mobile A. poussé en même tems par les forces E, D, C, M.

Fig. 270

§. 286. Un Corps peut éprouver plusieurs mouvemens à la fois; car un Corps que l'on jette horizontalement dans un bateau, par exemple, éprouve le mouvement de projectile qu'on lui communique, & celui que la pesanteur lui imprime à tout moment vers la Terre; il participe outre cela au mouvement du vaisseau dans lequel il est. La Riviere sur laquelle est ce vaisseau s'écoule sans cesse, & le Corps participe à ce mouvement. La Terre sur laquelle coule cette Riviere, tourne sur son axe en vingt-quatre heures; voilà encore un mouvement nouveau que le Corps partage: Enfin, la Terre a encore son mouvement annuel autour du Soleil, la révolution de ses poles, le balancement de son équateur, &c. & le Corps que nous considérons participe à tous ces mouvemens; mais il n'y a que les deux premiers qui lui appartiennent, par rapport à ceux qui sont transportés

portés avec le Corps dans ce bateau ; car tous les Corps qui ont un mouvement commun avec nous , sont comme en repos par rapport à nous.

§. 287. Un Corps qui reçoit plusieurs déterminations , demeure dans la dernière comme dans le dernier degré de vitesse , s'il est abandonné à lui-même , & qu'aucune force n'agisse davantage sur lui ; il conserve cette détermination & cette vitesse , jusqu'à ce que la rencontre de quelque obstacle lui fasse perdre son mouvement , en consumant sa force , ou que quelque nouvelle puissance change sa direction. Cet effet est une suite nécessaire de la première Loi du mouvement , fondée sur la force d'inertie de la matière.

§. 288. Le mouvement composé , peut être uniformément ou non uniformément accéléré comme le mouvement simple.

Du mouvement en ligne courbe.

Si les deux forces qui poussent le Corps , sont inégalement accélérées , ou bien si l'une est accélérée , tandis que l'autre est uniforme , la ligne décrite par le Corps en mouvement , ne sera plus une ligne droite , mais une ligne courbe dont la courbure sera différente , selon la combinaison des inégalités des forces qui la font décrire ; car ce Corps obéira à chacune des forces qui le poussent , selon la quantité de son action sur lui (2^e. Loi §. 229.). Ainsi , par exemple ,
s'il

DE PHYSIQUE. CH. XII. 253

s'il y a une des forces qui renouvelle son action à chaque instant, tandis que l'action de l'autre force reste la même, le chemin du mobile sera changé à tout moment; & c'est de cette façon que tous les Corps que l'on jette retombent vers la terre (Chap. 19.)

§. 289. Tout mouvement en ligne courbe est nécessairement un mouvement composé du mouvement qui fait aller le Corps en ligne droite, & du mouvement qui l'en retire; car décrire une ligne courbe, c'est changer à tout moment de direction.

Le mouvement en ligne courbe, est toujours un mouvement composé.

§. 290. Le mouvement se fait toujours en ligne droite; car bien qu'un Corps mû par deux forces qui lui impriment des vitesses inégalement accélérées, décrive une ligne courbe; cependant le mouvement partial de ce Corps est toujours en ligne droite, & son mouvement total n'est en ligne courbe, que parce que les points vers lesquels le mobile est dirigé, changent à chaque moment, & que la petitesse des droites que ce mobile parcourt à chaque instant, nous empêchant de les distinguer chacune en particulier, tout cet assemblage de lignes droites infiniment petites & inclinées les unes aux autres, nous paroît une seule ligne courbe; mais chacune de ces petites droites représente la direction du mouvement à chaque instant infiniment petit, & elle est la diagonale

Le mouvement est toujours en ligne droite dans un instant infiniment petit.

diagonale d'un parallélogramme formé sur la direction des forces actuelles qui agissent sur ce Corps : ainsi , le mouvement est toujours en ligne droite à chaque instant infiniment petit , de même qu'il est toujours uniforme.

§. 291. Si la force accélérative cessoit tout d'un coup d'agir , le Corps continueroit à se mouvoir dans la ligne droite dans laquelle il se trouveroit dirigé dans cet instant ; car tout Corps qui se meut continue à se mouvoir dans une ligne droite , & avec des vitesses égales lorsque rien ne l'empêche selon la première Loi du mouvement (§. 229.) c'est en suivant cette Loi que tout Corps qui se meut en rond , tend à s'échapper par sa tangente ; & c'est ce qu'on appelle *la force centrifuge*.

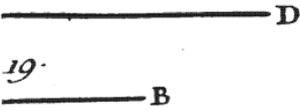
§. 292. Il y a encore une autre sorte de mouvement circulaire , c'est le mouvement relatif d'un Corps qui tourne sur lui-même , comme la terre , par exemple , dans son mouvement journalier : ce sont alors les parties de ce Corps qui tendent à décrire les droites infiniment petites dont je viens de parler (§. 290.)

On peut définir cette sorte de mouvement circulaire , *un mouvement dans lequel les parties changent de place , quoique le tout n'en change point*.

CHAP.

Figures du chapitre douze.

A.



19.

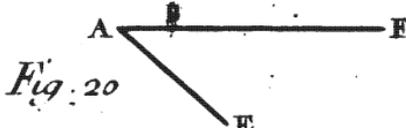


Fig. 20

Fig. 22

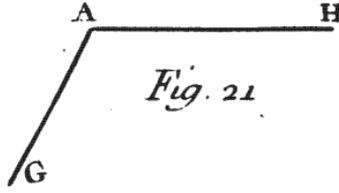
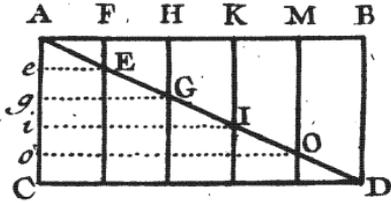


Fig. 21

Fig. 26

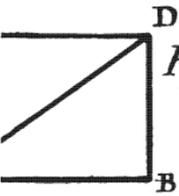


Fig. 23

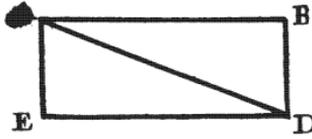


Fig. 25

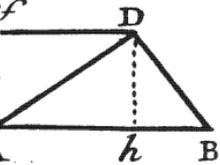


Fig. 24

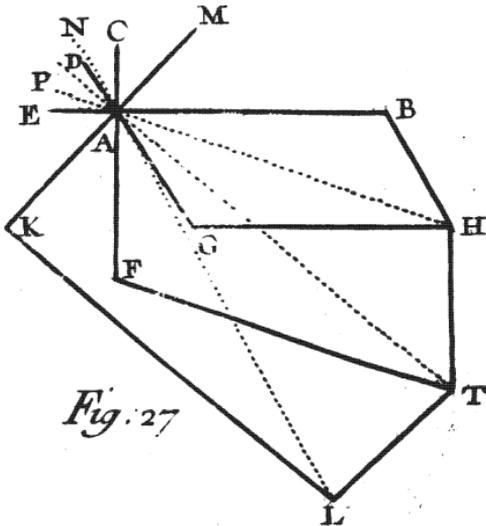
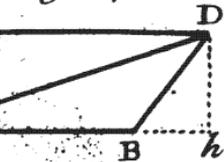


Fig. 27

Planche 4.



CHAPITRE XIII.

De la Pesanteur.

§. 293.



QN appelle Pesanteur la force par laquelle tout Corps étant abandonné à lui-même, tombe vers la surface de la terre.

*Définition
de la Pe-
santeur.*

§. 294. Cette même force qui fait tomber les Corps, lorsqu'ils ne sont soutenus par rien, leur fait presser les obstacles qui les retiennent, & qui les empêchent de tomber : ainsi, une pierre pèse sur la main qui la soutient, & tombe selon une ligne perpendiculaire à l'horison, si cette main vient à l'abandonner.

§. 295.

La gravité produit une force morte, ou une force vive, selon les circonstances dans lesquelles elle agit.

§. 295. La force qui anime les Corps à tomber, fait donc naître dans les Corps une force morte ou une force vive, selon les circonstances dans lesquelles elle agit.

§. 296. Quand les Corps sont retenus par un obstacle invincible, la gravité qui leur fait presser cet obstacle, produit alors une force morte; car elle ne produit aucun effet.

§. 297. Mais quand rien ne retient le Corps; alors la gravité produit une force vive dans ces Corps, puisqu'elle les fait tomber vers la surface de la terre.

§. 298. On s'est aperçu dans tous les tems; que de certains Corps tomboient vers la terre, lorsque rien ne les soutenoit, & qu'ils pressoient la main qui les empêchoit de tomber; mais comme il y en a quelques-uns dont le poids paroît insensible, & qui remontent, soit sur la surface de l'eau, soit sur celle de l'air, comme la plume, le bois très-léger, la flamme, les exhalaisons, &c. tandis que d'autres vont au fonds comme les pierres, la terre, les métaux, &c. Aristote, le pere de la Philosophie & de l'erreux, avoit imaginé deux appétits dans les Corps. Les Corps pesans avoient, selon lui, un appétit pour arriver au centre de la terre (qu'il croyoit être celui de l'Univers), & les Corps légers avoient

Opinion d'Aristote sur la pesanteur.

DE PHYSIQUE. CH. XIII. 257.

avoient un appétit tout contraire qui les éloignoit de ce centre, & qui les portoit en en-haut.

Mais on reconnut bien-tôt combien ces appétits des Corps étoient chimériques; & la légèreté positive fut une des erreurs d'Aristote, dont on se défabusa le plutôt.

§. 299. La pesanteur étant reconnue appartenir à tous les Corps sensibles, & la légèreté positive étant bannie, c'étoit déjà beaucoup, puisque c'étoit une erreur de moins; mais il restoit encore bien des vérités à découvrir sur cette propriété des Corps, & sur ses effets:

La pesanteur appartient à tous les Corps

§. 300. Aristote, c'est-à-dire, tout le monde, (car avant Galilée on ne connoissoit gueres d'autre preuve de vérité que l'autorité d'Aristote) Aristote, dis-je, croyoit que les différens Corps tomboient dans le même milieu avec des vitesses proportionnelles à leur masse; mais Galilée combattit cette erreur, & osa assurer, malgré l'autorité d'Aristote, que la résistance des milieux dans lesquels les Corps tombent, étoit la seule cause des différences qui se trouvent dans le tems de leur chute vers la terre; & que dans un milieu qui ne résisteroit point du tout; tous les Corps de quelque nature qu'ils fussent, tomberoient également vite: *Che se si levasse totalmente la resistenza del mezzo, tutte le materie descenderebbero con eguali velocita.*

Erreur d'Aristote sur la vitesse des Corps qui tombent.

Galilée combattit cette erreur.

Expérience qui fit penser à Galilée que tous les Corps tomberoient en même tems sans la résistance du milieu.

§. 301. Les différences que Galilée trouva dans le tems de la chute de plusieurs mobiles, qu'il fit tomber dans l'air de la hauteur de 100. coudées, le porta à cette assertion, parce qu'il trouva que ces différences étoient trop peu considérables pour être attribuées aux différens poids des Corps.

Ayant de plus fait tomber les mêmes mobiles dans l'eau & dans l'air, il trouva que les différences de leur chute respective dans les différens milieux, répondoient, à peu près, à la densité de ces milieux, & non à la masse des Corps: donc, conclut Galilée, la résistance des milieux, & la grandeur & la scabiosité de la surface des différens Corps, sont les seules causes qui rendent la chute des uns plus prompte que celle des autres.

Lucrece avoit deviné cette vérité.

Lucrece, lui même, tout mauvais Physicien qu'il étoit d'ailleurs, avoit entrevû cette vérité, & l'a exprimée dans le second Livre par ces deux vers.

*Omnia quæ propter debent per inane
quiescunt.*

*Aequè ponderibus non æquis concita
ferri.*

Expérience qui fit soupçonner à Galilée

§. 302. Une vérité découverte en amène presque toujours une autre: Galilée ayant encore remarqué que les vitesses des mêmes mobiles étoient

DE PHYSIQUE. CH. XIII. 239

étoient plus grandes dans le même milieu , lée que les
 quand ils y tomboient d'une hauteur plus gran- Corps a-
 de , il en conclut que puisque le poids du corps, voient en
 & la densité du milieu restant les mêmes , la tombant
 différente hauteur apportoit des changemens un mouve-
 dans les vitesses acquises en tombant , il falloit ment acce-
 que les corps eussent naturellement un mouve- léré vers
 ment accéléré vers le centre de la terre: Voici la terre.
 comme il s'exprime, Dialog. premier: *Dico per* pag. 164
ranto che un corpo grave ha da natura intrin-
sico principio di muoversi verso 'l comun centro
de i gravi eioe del nostro globo terrestre, con mo-
vimento continuamente accelerato.

Ce fut cette observation qui porta Galilée à
 rechercher les Loix que suivroit un corps qui
 tomberoit vers la terre d'un mouvement égale-
 ment accéléré.

§. 303. Il supposa donc que la cause (quelle
 qu'elle soit) qui fait la pesanteur , agit égale-
 ment à chaque instant indivisible , & qu'elle
 imprime aux corps qu'elle fait tomber vers la
 terre , un mouvement également accéléré en
 tems égal : en sorte que les vitesses qu'ils ac-
 quierent en tombant , sont comme les tems de
 leur chute.

C'est de cette seule supposition si simple , &
 si conforme au génie de la nature , que ce grand
 Philosophe a tiré toute sa théorie de la chute
 des corps dont je vais rendre compte : Théorie
 qui est à présent adoptée par tous les Philoso-

R 2 . phes.

phes, & dont chaque expérience est devenue une démonstration.

Démonstrations qui naissent de cette supposition.

Planch. 5.

Fig. 28.

§. 304. L'Espace parcouru dans une seconde par un corps qui tombe vers la terre par la force de la gravité, peut être représenté par l'aire du triangle ABC. comme je le démontrerai par la suite. Supposé donc que cet Espace ABC. soit parcouru par le corps A. d'un mouvement également accéléré, pendant le tems représenté par la ligne AB. lequel tems j'ai supposé d'une seconde, & que la ligne BC. représente la somme des vitesses acquises à la fin de cette seconde. Si la force, quelle qu'elle soit, qui accélère le corps vers la terre, cessoit d'agir, lorsque le corps est arrivé au point B. il est certain que ce corps, par la force d'inertie, continueroit à se mouvoir d'un mouvement uniforme avec la vitesse BC. acquise au point B. (2^e. Loi §. 229.) Or dans le mouvement uniforme, l'Espace parcouru est le produit de la vitesse & du tems. (§. 241.) Donc l'espace que le mobile A. parcourroit d'un mouvement uniforme pendant le même tems d'une seconde, & avec la vitesse BC. seroit le parallélogramme BCDE. formé par la ligne BD. = AB. qui représente le tems, & par la ligne BC. qui représente la vitesse; mais ce parallélogramme est double du triangle ABC. que j'ai supposé être parcouru par le corps d'un mouvement accéléré pendant le même tems AB. car ce triangle & ce parallélogramme ont mê-

170

DE PHYSIQUE. CH. XIII. 261

me base & même hauteur (Euclide , Liv. premier , Prop. 41.) Donc si la cause accélératrice venoit à cesser , l'espace que le corps parcourroit d'un mouvement uniforme , avec la somme des vitesses acquises par l'accélération , seroit double , en tems égal , de l'espace que ce corps auroit parcouru par un mouvement accéléré en acquérant cette même vitesse.

§. 305. Le corps A. parcourera donc dans le second instant , par la seule vitesse acquise au point B. & indépendamment de l'effet actuel de la pesanteur , l'espace BCDE. double de l'espace ABC. parcouru dans le premier instant ; mais la cause qui fait tomber ce corps étant supposée agir également à chaque instant indivisible , ce corps dans la deuxième seconde acquerera un second degré de vitesse égale à celui qui lui a fait parcourir l'espace ABC. dans la première ; il parcourera donc pendant la deuxième seconde un espace triple de l'espace parcouru dans la première ; sçavoir , l'espace BCDE. double de l'espace ABC. par un mouvement uniforme , & l'espace CEF. = ABC. par l'accélération imprimée par la gravité dans la deuxième seconde.

Fig. 29.

§. 306. Ce corps , par la même raison , parcourra dans le troisième instant un espace quintuple du premier , & un espace septuple dans le quatrième , & ainsi de suite ; & par conséquent les espaces que ce corps parcourra en tom-

R 3. bant

Fig. 29. bant pendant les tems égaux & consécutifs 1, 2, 3, 4, &c. feront comme les nombres impairs 1, 3, 5, 7, &c. & c'est ce qu'il est aisé de voir par la seule inspection de la Figure 29.

§. 307. Mais ces nombres impairs dont la progression représente les espaces inégaux parcourus par le mobile d'un mouvement uniformément accéléré en tems égal, étant ajoutés les uns aux autres à la fin de chacun de ces tems, forment la suite naturelle des nombres quarrés 1, 4, 9, 16, dont les nombres 1, 2, 3, 4, qui représentent les tems & les vitesses, se trouvent être les racines; car $1 \times 1 = 1$, $2 \times 2 = 4$, $3 \times 3 = 9$, & $4 \times 4 = 16$, &c. les espaces que les corps parcourent en tombant vers la terre, doivent donc être comme le quarré des tems de leur chute, & des vitesses acquises en tombant, s'ils y tombent d'un mouvement uniformément accéléré, comme l'avoit supposé Galilée.

On doit trouver toujours la même proportion entre l'espace & le tems, depuis le premier moment de la chute, jusqu'à la fin d'un tems quelconque: Ainsi, le corps au bout du cinquième instant, par exemple, aura parcouru un espace 25. au bout du septième un espace 49. & ainsi de suite.

§. 308. Quant à ce que j'ai supposé (§. 304.) que l'espace parcouru par le corps A. d'un mouvement accéléré pendant la première seconde, pouvoit

DE PHYSIQUE. CH. XIII. 263

pouvoit être représenté par l'aire du triangle ABC. il est aisé d'en montrer la vérité.

Car on vous a fait voir dans la Géométrie, que lorsque l'on érige sur une ligne droite AB. plusieurs autres lignes droites, comme DE. BC. en sorte que AD. soit à DE. comme AB. est à BC. les extrémités C. & E. de ces lignes sont dans une même ligne droite AC. & que la Figure est un triangle, parce qu'il n'y a que le triangle auquel la propriété d'avoir ses côtés proportionnels, convienne.

Or, nous avons vû (§. 303.) que dans la théorie de Galilée les tems sont comme les vitesses, c'est-à-dire, que le tems qu'il a fallu au mobile pour acquérir une vitesse quelconque, est au tems qu'il lui a fallu pour acquérir une autre vitesse, comme la première vitesse est à la seconde: ainsi, en exprimant le tems des chutes par les lignes AD. DB. il faudra représenter les vitesses respectives, acquises pendant ces tems par les lignes DE. BC. d'où le triangle ABC. résultera par la proposition de Géométrie que je viens de vous citer. Or ce triangle ABC. représente l'espace parcouru par le mobile dans sa chute pendant le tems AB. car vous avez vû dans le chap. 11. (§. 241.) que dans le mouvement uniforme l'espace parcouru est le produit de la vitesse & du tems: vous avez vû aussi dans le même chapitre (§. 242.) que dans un instant infiniment petit le mouvement est toujours uniforme. Donc l'espace parcouru dans

Fig. 30.

Planch. 5.

Fig. 30.

R 4 le

le premier instant infiniment petit, sera un parallélogramme infiniment petit formé par la ligne qui représente le tems, & par celle qui représentera la vitesse: or le triangle entier ABC. peut être considéré comme étant divisé en parallélogrammes infiniment petits, la somme desquels formera le triangle ABC. par la proposition citée. Donc l'aire de ce triangle peut représenter l'espace parcouru par le mobile dans un tems fini quelconque de sa chute, comme je l'ai supposé dans la (§. 304.)

§. 309. Il est très-possible que les corps en tombant parcourent un très-petit espace sans accélérer leur mouvement, par la raison qu'il faut du tems pour produire tous les effets naturels; mais si cela est ainsi, il est impossible que nous nous en appercevions, à cause de la petitesse extrême de cet espace; ainsi, cela ne change rien aux démonstrations ci-dessus.

Expérience
ce que fit
Galilée, &
dans la-
quelle il
trouva que
les corps
en tombant
vers la ter-
re par leur
seule pes-
santeur, par-

§. 310. Galilée ayant démontré ce qui doit arriver à un mobile qui tomberoit vers la terre par un mouvement également accéléré, chercha à s'assurer par l'expérience que la nature suit réellement cette proportion, dans la chute des graves. Il imagina, pour y parvenir, une expérience très-ingénieuse. Il fit un grand tuyau de bois haut de douze coudées, & large environ d'un pouce, au dedans duquel il colla un parchemin

DE PHYSIQUE. CH. XIII. 265

parchemin très-léger, afin qu'il fût uni autant qu'il le pouvoit être ; & ayant élevé le bout supérieur de ce canal sur un plan horifontal de la hauteur d'une, de deux, & successivement de plusieurs coudées, en sorte que ce canal devenoit un plan incliné, il laissa tomber une petite boule de cuivre parfaitement rondo, & parfaitement polie le long de ce canal, & la faisant tomber successivement de la longueur entiere, ou du quart, ou de la moitié de ce canal, il trouva toujours dans ses expériences, qu'il assure avoir répétées jusqu'à cent fois, que les tems de la chute étoient en raison sous-double des espaces parcourus ; or, en faisant un plan incliné de ce canal dans lequel la boule tomboit, Galilée ralentissoit le mouvement du mobile, & en rendoit, par ce moyen, la vitesse discernable, ce qui n'eût pas été possible dans une chute perpendiculaire aussi courte ; car les corps tombent plus lentement par un plan incliné, que par un plan perpendiculaire, & ils suivent les mêmes loix dans l'une & l'autre de ces chutes (§. 425. & 428.) ainsi, il lui étoit aisé de sçavoir par ce moyen quel espace la pesanteur faisoit parcourir au mobile pendant un certain tems, & il mesura ce tems par la quantité d'eau qui s'étoit écoulée d'un vase pendant que le corps parcouroit ces différens espaces.

roient des espaces qui sont entre eux, comme les quarrés des tems.

§. 311. Riccioli & Grimaldo, chercherent, Expériences
comme

ce de Riccioli & de Grimaldo, qui confirme celle de Galilée.

comme avoit fait Galilée, à s'assurer de cette vérité par l'expérience. Ils firent tomber des mobiles du haut de plusieurs tours différemment élevées, & ils mesurèrent le tems de la chute de ces corps de ces différentes hauteurs par les vibrations d'un pendule, de la justesse duquel Grimaldo s'étoit assuré en comptant le nombre de ses vibrations depuis un passage de la queue du Lion par le Méridien jusqu'à l'autre.

Ces deux savans Jesuites trouverent par le résultat de leurs expériences, que ces différentes hauteurs étoient exactement comme les quarrés des tems des chutes.

Les oscillations des pendules confirment cette découverte.

§. 312. Les tems des oscillations des pendules qui sont toujours en raison sous-doublée de leurs différentes longueurs, sont encore une démonstration de cette vérité; car la pesanteur est la seule cause de ces oscillations.

La vérité de cette découverte de Galilée, est unanimement reconnue.

§. 313. Ainsi, cette découverte de Galilée est devenue, par les expériences, le fait de Physique dont on est le plus assuré; & tous les Philosophes, malgré la diversité de leurs opinions sur presque tout le reste, conviennent aujourd'hui que les corps en tombant vers la terre, parcourent des espaces qui sont comme les quarrés des tems de leur chute, ou comme les quarrés de vitesses acquises en tombant.

§. 314.

DE PHYSIQUE. CH. XIII. 267

§. 314. Le Pere Sebastien, ce Géometre des sens, avoit imaginé une Machine composée de quatre paraboles égales qui se coupoient à leur sommet; & au moyen de cette Machine, dont on trouve la description & la figure dans les Mémoires de l'Académie des Sciences A. 1699. il démontroit aux yeux du corps, du témoignage desquels les yeux de l'esprit ont presque toujours besoin, que la chute des corps vers la terre, s'opère selon la progression découverte par Galilée.

Machine
du P. Se-
bastien, qui
démontre
aux yeux
cette dé-
couverte
de Galilée.

§. 315. Il est donc bien certain depuis cette découverte :

Vérités
qui naissent
de la dé-
couverte
de Galilée.

1°. Que la force qui fait tomber les corps, est toujours uniforme, & qu'elle agit également sur eux à chaque instant.

2°. Que les corps tombent vers la terre d'un mouvement uniformément accéléré.

3°. Que leurs vitesses sont comme les tems de leur mouvement.

4°. Que les espaces qu'ils parcourent sont comme les carrés des tems ou comme le carré des vitesses; & que par conséquent les vitesses & les tems sont en raison sous-double des espaces.

5°. Que l'espace que le corps parcourt en tombant pendant un tems quelconque, est sous double de celui qu'il parcoureroit pendant le même tems d'un mouvement uniforme, avec la somme des vitesses acquises; & que par conséquent

l'équent cet espace est égal à celui que le corps parcoureroit d'un mouvement uniforme avec la moitié de ces vitesses, &c.

La gravité est ce qui fait peser les corps.

6°. Que la force, qui fait tomber les corps vers la terre, est la seule cause de leur poids; car puisqu'elle agit à chaque instant, elle doit agir sur les corps, soit qu'ils soient en repos, soit qu'ils soient en mouvement; & c'est par les efforts que les corps font sans cesse pour obéir à cette force qu'ils résistent sur les obstacles qui les retiennent.

Elle agit également sur les corps en mouvement, & sur les corps en repos.

§. 316. La gravité agit également sur les corps à chaque instant, soit qu'ils soient en repos, soit qu'ils soient en mouvement; & la vitesse qu'elle leur imprime, est égale en tems égal, quelle que soit la vitesse qu'ils ont déjà acquis. (§. 315. num. 3°.)

Les corps commencent à tomber avec une vitesse infiniment petite.

§. 317. La gravité agissant également à chaque instant sur les corps, soit qu'ils soient en repos, soit qu'ils soient en mouvement, les corps commencent à tomber avec la vitesse infiniment petite, avec laquelle ils tendoient à tomber vers la terre, avant que l'obstacle, qui les retenoit, fût enlevé; ainsi, M. Mariotte s'est trompé dans la onzième Proposition de la seconde Partie de son Traité de la Percussion, lorsqu'il conclut d'une expérience qu'il y rapporte, que la vitesse avec laquelle les corps commencent à tomber, n'est pas infiniment petite; car si cette vitesse n'étoit

DE PHYSIQUE: CH. XIII. 269

n'étoit pas incomparablement plus petite que toute vitesse finie, la vitesse d'un corps qui tombe, devroit être infiniment grande dans un tems fini; mais un corps en tombant n'acquiert pas une vitesse infinie dans un tems fini: donc, &c.

§. 318. Si la direction d'un corps qui est tombé d'une hauteur quelconque, venoit à être changée, sans que sa vitesse fût altérée, en sorte que ce corps, au lieu de continuer à descendre, vint à remonter, il auroit en remontant un mouvement uniformément retardé; car ce corps étant tombé de A. en E. en deux secondes, par exemple, doit conserver par sa force d'inertie la vitesse acquise en E. à moins que quelque cause ne vienne à la lui ôter. Or par cette vitesse acquise en E. le corps parcoureroit d'un mouvement uniforme en deux secondes l'espace ED. double de l'espace AE. parcouru d'un mouvement accéléré en tombant. Mais la gravité agissant également sur les corps, soit qu'ils soient en repos, soit qu'ils soient en mouvement, soit qu'ils montent, soit qu'ils descendent (§. 315. *num.* 1^o.) ce corps aura en remontant un mouvement composé du mouvement uniforme, qu'il auroit eu indépendamment de l'action actuelle de la gravité, & du mouvement que la gravité lui imprime à chaque instant; mais ce mouvement imprimé par la gravité qui accéléroit le mouvement de ce corps lorsqu'il descendoit, doit

Fig. 31.

Les corps en tombant d'une hauteur quelconque, acquièrent la force nécessaire pour remonter à la même hauteur.

doit le retarder lorsqu'il remonte, puisque l'action de la gravité est toujours dirigée ici bas vers la terre, dont ce corps s'éloigne en remontant : ce corps aura donc en remontant un mouvement également retardé en tems égal; ainsi; dans la première seconde, dans laquelle le corps d'un mouvement uniforme auroit parcouru en remontant l'espace AE. avec la vitesse acquise en E. (§. 315. *num.* 5^o.) n'arrivera qu'en C. car la gravité lui ôte en remontant tout ce qu'elle lui avoit donné dans la première seconde en descendant : de même lorsque ce corps est arrivé en C, si la gravité cessoit d'agir sur lui, & de le retirer en enbas, il parcoureroit en remontant dans la deuxième seconde, l'espace CF. double de l'espace AC. car la vitesse qui lui a fait parcourir en descendant l'espace AC. est la seule qui lui reste alors; mais la gravité agissant toujours également, ce corps n'arrivera qu'en A. dans cette deuxième seconde; la gravité diminuera sa vitesse dans la même raison qu'elle l'avoit augmentée en tombant; & par conséquent l'espace total que ce corps parcourera en remontant pendant les deux secondes, sera égal à celui qu'il avoit parcouru en descendant.

§. 319. Il suit de-là :

1^o. Qu'un corps en tombant acquiert par l'action de la gravité des vitesses capables de

DE PHYSIQUE CH. XIII. 271

le faire remonter en tems égal , malgré les efforts de la gravité , qui le retire sans cesse en en-bas à la même hauteur d'où il est tombé , suppose que quelque chose change sa direction , sans alterer sa vitesse ; & c'est ce qui se voit dans les oscillations des pendules. (§. 445.)

2°. Que le corps en remontant parcourera des espaces qui seront en raison inverse de ceux qu'il a parcourus en descendant: en sorte que les espaces parcourus en descendant pendant les tems 1. 2. 3. &c. étant 1. 3. 5. &c. les espaces parcourus , en remontant pendant les mêmes tems seront 5. 3. & 1. Car dans le premier cas , la vitesse du corps augmente à chaque instant , au lieu que dans le second , chaque instant la diminue ; ainsi , la gravité retarde le mouvement des corps qui remontent dans la même proportion dans laquelle elle accelere celui des corps qui descendent.

Et enfin 3°. Qu'un corps que l'on jette en en-haut , monte jusqu'à ce que la gravité lui ait fait perdre tout le mouvement qui lui avoit été imprimé pour monter ; & que par conséquent ce corps remontera à la même hauteur de laquelle il acquerreroit en tombant par la force de la gravité , une vitesse égale à celle qui lui a été communiquée pour remonter.

§. 320. Ainsi, les hauteurs auxquelles les corps peuvent remonter par la vitesse acquise en tombant, sont toujours comme le carré de leurs vitesses; & deux corps qui remonteroient avec des vitesses inégales, remonteroient à des hauteurs qui seroient entr'elles comme les carrés de ces mêmes vitesses.

CHAP.

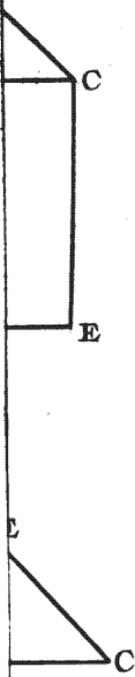
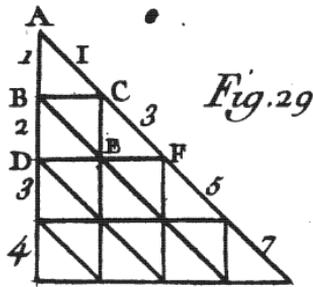
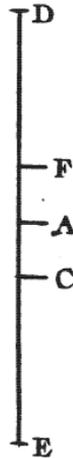
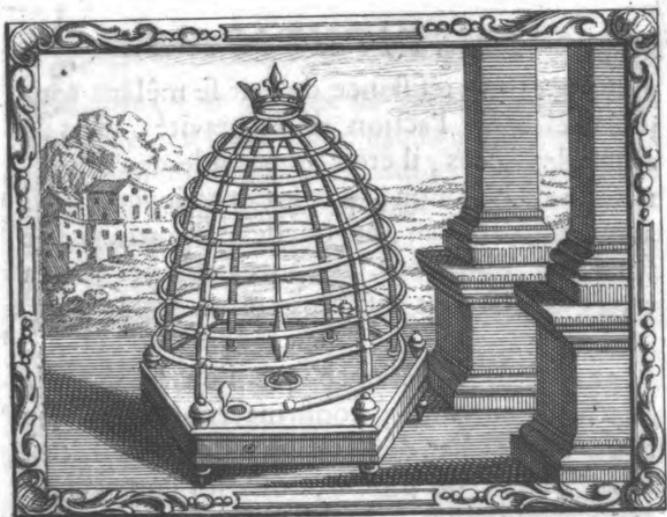


Fig. 31





CHAPITRE XIV.

Suite des Phenomenes de la Pesanteur.

§. 321.



Q N a vû dans le Chapitre précédent que Galilée assuroit que les différens corps tomberoient également vite vers la terre, dans un milieu qui ne résisteroit point ; mais il avoit, pour ainsi dire, deviné cette vérité plutôt qu'il ne l'avoit prouvée ; car bien que les raisons sur lesquelles il s'appuyoit, fussent vraisemblables (§. 300. & 301.) cependant on pouvoit encore douter si l'espèce des corps, leur forme, leur contexture intime, &c. n'apportoient point quelque changement dans leur

Tome I.

*

§

gravité;

gravité; car la résistance de l'air se mêlant toujours ici-bas à l'action de la gravité, dans la chute des corps, il étoit impossible de connoître, avec précision, par les expériences qu'il avoit fait dans l'air, en quelle proportion cette force qui anime tous les corps à tomber vers la terre, agit sur les différens corps.

322. Une expérience que l'on fit dans la Machine du vuide, confirma ce que Galilée avoit prévu; car de l'or, des flocons de laine, des plumes, du plomb, tous les corps enfin étant abandonnés à eux-mêmes, tombèrent en même tems de la même hauteur au fonds d'un long récipient purgé d'air.

Cette expérience paroissoit décisive; mais cependant comme le mouvement des corps qui toiboient dans cette Machine, étoit très-rapide, & que les yeux ne pouvoient pas s'appercevoir des petites différences du tems de leur chute, supposé qu'il y en eût, on pouvoit encore douter si les corps sensibles possèdent la faculté de peser à raison de leur masse, ou bien si le poids des différens corps suit quelqu'autre raison que celle de leur masse.

Expérience de M. Newton sur les oscillations des différens pendules.

M. Newton, imagina, pour décider cette question, de suspendre des boules de bois creuses & égales à des fils d'égales longueurs, & de mettre dans ces boules des quantités égales en poids d'or, de bois, de verre, de sel, &c. & en faisant ensuite osciller librement ces pendules,

il

DE PHYSIQUE. CH. XIV. 275

Il examina si le nombre de leurs oscillations seroit égal en tems égal ; car la pesanteur cause seule l'oscillation des pendules (§. 445.) & dans ces oscillations, les plus petites différences deviennent sensibles. M. Newton trouva ; par cette expérience, que tous les différens pendules faisoient leurs oscillations en tems égal ; or le poids de ces corps étant égal, ce fut une démonstration que la quantité de matière propre des corps est directement proportionnelle à leur poids (en faisant abstraction de la résistance de l'air, qui étoit égale dans cette expérience) & que par conséquent la pesanteur appartient à tous les corps sensibles à raison de leur masse.

Newton ;
Prin. liber
3. prop. 6.
p. 366.

§. 323. Il suit clairement de cette expérience :

Vérités qui
naissent de
cette expérience.

1^o. Que la force qui fait tomber les corps vers la terre, se proportionne aux masses, en sorte qu'elle agit comme cent sur un corps qui à cent de masse, & comme un sur un corps qui ne contient qu'un de matière propre.

2^o. Que cette force agit également sur tous les corps, quelle que soit leur forme, leur contenance, leur volume, &c.

3^o. Que tous les corps tomberoient également vite ici-bas vers la terre, sans la résistance que l'air leur oppose, laquelle est plus sensible sur les corps qui ont plus de volume & moins de masse ; & que par conséquent la résistance de

S 2 l'air

l'air est la seule cause pour laquelle certains corps tombent plus vite que les autres, comme l'avoit assuré Galilée.

Le poids
des corps
est comme
leur masse.

4°. Que le poids des différens corps dans le vuide, est directement proportionnel à la quantité de matière propre qu'ils contiennent: en sorte que quelque changement qui arrive dans la forme d'un corps, son poids dans le vuide reste toujours le même, si sa masse n'est point changée.

Différence
entre la pé-
santeur des
corps &
leur poids.

§. 324. Il est important de remarquer ici; qu'il faut distinguer avec soin la pesanteur des corps d'avec leurs poids: la pesanteur, c'est-à-dire, cette force, qui anime les corps à descendre vers la terre, agit de même sur tous les corps, quelle que soit leur masse; mais il n'en est pas ainsi de leurs poids; car le poids d'un corps est le produit de la pesanteur par la masse de ce corps: ainsi, quoique la pesanteur fasse tomber également vite dans la Machine du vuide (§. 322.) les corps de masse inégale, leur poids n'est cependant pas égal; car les corps ne pressent l'obstacle qui les soutient, que par l'effort qu'ils font pour obéir à la force de la gravité qui agit sans cesse sur eux: or cette force agissant comme cent sur celui qui a cent parties de matière propre, & comme dix sur celui qui n'en a que dix; le corps qui a cent parties de matière propre, doit peser dix fois davantage sur l'obstacle qui le soutient, que le corps

DE PHYSIQUE. CH. XIV. 277

corps qui n'en a que dix, quoique ces corps tombent également vite.

§. 325. Le différent poids des corps d'un volume égal dans le vuide, sert à connoître la quantité comparative de matière propre & de pores qu'ils contiennent; car si une petite boule de sureau, PE. d'un pouce de diamette, pèse une once dans le vuide, & qu'une boule d'or du même diamette y pèse 87. onces, la matière propre de l'or sera à la matière propre du sureau, comme 87. est à l'unité; ainsi, le différent poids des corps de volume égal dans le vuide, est ce qu'on appelle *la pesanteur spécifique des corps.*

Manière de connoître la pesanteur spécifique des Corps.

§. 326. On connoitroit avec précision, par ce moyen, combien chaque corps contient de pores & de matière propre, si on avoit quelque masse de matière propre sans pores; mais comme tous les corps que nous connoissons sont extrêmement poreux, & que tous les corps le doivent être nécessairement, nous ignorons la quantité absolue des pores & de la matière propre que chaque composé contient, & nous en connoissons seulement la quantité comparative.

§. 327. Les découvertes dont je viens de rendre compte dans ces deux Chapitres, avoient appris la proportion dans laquelle la chute des corps s'accélère, on sçavoit par celles de Gal-

S. 3. lée.

lée, qu'ils parcourent des espaces inégaux en tems égaux ; & que ces espaces sont comme les quarrés des tems. L'expérience de la chute des corps dans le vuide, & surtout celle des pendules faite par M. Newton, avoit fait voir que la force qui fait tomber les corps, se proportionne à leur masse, mais on ne sçavoit point encore, du moins avec certitude, quel espace cette force leur fait parcourir au commencement de leur chute, dans un tems donné ; on sçavoit seulement que quel que soit cet espace dans le premier moment, il est triple dans le second, quintuple dans le troisième, & ainsi de suite (§. 306.)

§. 328. Personne ne doute que la pesanteur ne soit l'unique cause des oscillations du pendule. Or, on démontre par un Théorème que je supposerai ici, & que vous verrez quelques jour dans l'excellent Traité de *Horologio oscillatorio*, de M. Huguens, que le tems d'une oscillation est au tems de la chute verticale, par la moitié du pendule, comme la circonférence du cercle est à son diamètre, ou comme 355. à 113. & je suppose ici, pour plus de facilité, que ce soit comme 3, est à 1. Or la longueur du pendule qui bat les secondes à Paris, ayant été trouvée par le moyen des observations astronomiques de 3. pieds 8. lignes $\frac{1}{2}$ environ, si l'on prend le tiers d'une seconde, ou de 60. tierces, c'est-à-dire, 20. tierces, le corps auroit parcouru pendant

Horol. oscill. pag. 87. 178. C
183.

DE PHYSIQUE. CH. XIV. 279

dant le tems de 20. tierces dans sa chute verticale, 18. pouces & 4. lignes, qui font la demie longueur du pendule; mais les espaces parcourus sont comme les quarrés des tems employés à les parcourir; Ainsi, comme le quarré de 20. tierces, tems de la chute verticale, par la demie longueur du pendule, est au quarré de 60. tierces, tems de l'oscillation entière, c'est-à-dire, comme 400. est à 3600. de même 18. pouces 4. lignes, qui est la chute verticale, sont à un quatrième terme qui marquera l'espace parcouru pendant l'oscillation entière, & le quatrième terme se trouve être environ quinze pieds de Paris, je dis environ; car j'ai négligé les fractions pour me servir des nombres ronds les plus approchans. Ainsi, M. Huguens trouva par ce moyen que les corps parcourent ici-bas 15. pieds de Paris environ dans la premiere seconde, lorsqu'ils tombent vers la terre par la seule force de la gravité.

Quel est l'Espace que les corps parcourent ici-bas en tombant dans la premiere seconde.

L'on peut faire par ce moyen des expériences sur les hauteurs tombées bien plus exactes, que si on entreprenoit de déterminer ces hauteurs immédiatement; car les plus petites différences sont sensibles sur les pendules; ainsi, dire qu'un pendule de 3. pieds 8. lignes oscille à Paris dans une seconde, ou dire que les corps tombent verticalement de 15. pieds environ dans la premiere seconde, dans cette latitude, c'est dire la même chose.

Mais afin que ce calcul pût servir pour toutes

les latitudes , il faudroit trois choses.

1°. Que la pesanteur fût la même dans toutes les Régions de la terre. 2°. Que l'espace que les corps parcourent en tombant dans le premier moment de leur chute, fût égal, quelle que soit la hauteur d'où ils tombent. Et 3°. Que l'air ne leur résistât point sensiblement.

On verra dans la suite que les deux premières suppositions sont fausses, & que la pesanteur varie dans les différentes latitudes, & aux différentes hauteurs.

A l'égard de la troisième supposition, c'est-à-dire, de la non-résistance de l'air, on peut la faire sans erreur; car cette résistance est insensible dans les vibrations des pendules, puisque des pendules de même longueur, mais qui décrivent des arcs très-différens, les décrivent cependant dans un tems sensiblement égal: & que dans le vuide de Boyle, selon les expériences faites par M. Derham (§. 460.) le mouvement du pendule ne s'accélère que de quatre secondes environ en une heure.

Transf.
Phil. N.
294.

L'air retarde la chute de tous les corps.

Mais la résistance de l'air, dont l'effet est presque insensible sur les pendules, à cause de leur poids & des petites hauteurs dont ils tombent, devient très-considérable sur des mobiles qui tombent de haut, & elle est d'autant plus sensible que les corps qui tombent, ont plus de volume & moins de masse.

Transf.

§. 329. Le Docteur Desaguliers a fait sur la résistance

DE PHYSIQUE, CH. XIV. 281

résistance que l'air apporte à la chute des corps, & sur les retardemens que cette résistance apporte dans leur chute, des expériences que leur justesse, & les témoins devant qui elles ont été faites, ont rendu très fameuses : il fit tomber de la lanterne qui est au haut de la coupole de S. Paul de Londres, qui a 272. pieds de hauteur, en présence de Messieurs Newton, Halley, Derham, & de plusieurs autres Sçavans du premier ordre, des mobiles de toute espèce, depuis des Sphères de plomb de deux pouces de diametre, jusqu'à des Sphères formées avec des vessies de cochons très-desséchées & enflées d'air, de cinq pouces de diametre environ. Le plomb mit 4. secondes $\frac{1}{2}$. à parcourir les 272. pieds, & les Sphères faites avec des vessies, 18. secondes $\frac{1}{2}$. environ, en sorte que le plomb eut parcouru les 272. pieds environ 14. secondes plutôt que les vessies.

Phil. N.
362.

Expérience
ce du Doc-
teur Des-
gulliers
sur la chute
des corps
dans l'air.

Les Sphères de plomb qui étoient tombées en 4. secondes $\frac{1}{2}$. de 272. pieds, auroient dû tomber, selon la théorie de Galilée, de 324. pieds dans les 4. secondes $\frac{1}{2}$. en comptant la chute initiale selon le calcul d'Huguens (§. 328.) de 16. pieds Anglois environ dans la premiere seconde ; mais il faut ôter de ces 324. pieds qu'elles auroient dû parcourir, selon le calcul d'Huguens & de Galilée, en 4. secondes $\frac{1}{2}$. environ 35. pieds, dont elles devoient être tombées dans le dernier quart de seconde de leur chute, parce que l'on comptoit la fin de la chute
de

de cette balle , de l'instant auquel on entendoit du haut du dôme le bruit qu'elle faisoit en tombant , & que le tems que le son met à parcourir 272. pieds , est d'un quart de seconde environ. Ainsi, ces 35. pieds pour le tems du mouvement du son , étant ôtés des 324. reste 289. pieds que ces Sphères de plomb auroient dû parcourir dans le vuide , dans les 4. secondes $\frac{1}{2}$. de leur chute ; mais elles n'en parcoururent que 272. L'air par sa résistance retarda donc leur chute de 17. pieds environ en 4. secondes $\frac{1}{2}$.

Une Sphère de carton de 5. pouces de diamètre , mit 6. secondes $\frac{1}{2}$. à faire les 272. pieds & l'on trouve par un calcul semblable au précédent , que la résistance de l'air lui ôta 53. pieds.

Unseau d'eau étant jetté du haut du dôme où se faisoient ces expériences , retomba dans une pluie très-legere , par la résistance qu'il rencontra dans l'air en tombant de cette hauteur.

Il est essentiel de remarquer que le Barometre étoit environ à 30. pouces , lorsqu'on fit ces expériences.

Expériences de M. Mariotte sur la même matière.

Mar. Traité de la Perc. p. 116.

§. 330. M. Mariotte a fait aussi plusieurs expériences sur la chute des corps du haut de la plate-forme de l'Observatoire de Paris. Mais comme sa hauteur n'est que de 166. pieds , je ne les rapporterai point, je me contenterai d'une remarque qu'il fit , & qui me paroît très-curieuse; c'est qu'un boulet de canon, & une boule de mail de même grosseur , passerent un espace d'environ

DE PHYSIQUE. CH. XIV. 283

d'environ 25. pieds, avec des vîtesses sensiblement égales : ensuite le boulet anticipa la boule, & enfin il atteignit le bas lorsque la boule de mail en étoit encore à 4. pieds : la même égalité dans le commencement de la chute, se trouva entre des corps dont le diamètre étoit très-différent ; car une boule de cire de trois pouces de diamètre, & une de six pouces, tomberent de 30. pieds avec une vîtesse égale ; mais à la fin de la chute, la grosse boule précéda la petite de 6. à 7. pieds.

§. 331. Ce même M. Mariotte rapporte que Mariotte
idem selon ses expériences, une boule de plomb de 6. lignes de diamètre, paroïssoit parcourir environ 14. pieds dans la première seconde ; par conséquent la résistance de l'air lui faisoit perdre un pied dans la première seconde : mais il paroît bien difficile qu'on puisse s'appercevoir de cette différence. La différence totale qui se trouve à la fin de la chute, entre l'espace parcouru par le corps, & celui qu'il auroit dû parcourir dans le vuide, est, ce me semble, la seule chose dont on puisse s'assurer ; & cette différence totale ne donne la différence initiale que par conjecture ; l'égalité, du moins sensible, que M. Mariotte dit avoir trouvé dans la vîtesse de la chute d'une boule de mail & d'un boulet de canon, en passant les 25. premiers pieds, pourroit peut-être même faire croire que cette diminution n'est pas si grande dans la première seconde. (§. 332.)

Les Corps
en tombant
dans l'air
n'accéle-
rent pas
sans cesse
leur mou-
vement.

§. 332. Ce qui est bien certain par toutes les expériences, c'est que l'air retarde la chute de tous les corps, & qu'il la retarde d'autant plus qu'ils ont plus de superficie par rapport à leur masse : or puisque l'air retarde la chute de tous les corps, les corps qui tombent dans l'air, ne doivent pas accélérer sans cesse leur mouvement; car l'air, comme tous les Fluides, résistant d'autant plus qu'il est fendu avec plus de vitesse, sa résistance doit à la fin compenser l'accélération de la gravité, quand les corps tombent de haut. Galilée avoit encore découvert cette vérité, & en a donné une démonstration dans le théorème 13. de son dialogue troisième.

§. 333. Les corps descendent donc dans l'air d'un mouvement uniforme, après avoir acquis un certain degré de vitesse, que l'on appelle *leur vitesse complete*, & cette vitesse est d'autant plus grande, à hauteur égale, que les corps ont plus de masse sous un même volume.

§. 334. Le tems après lequel le mouvement accéléré des mobiles, se change en un mouvement uniforme en tombant dans l'air, est différent selon la surface & le poids du mobile, & selon la hauteur dont il tombe; ainsi, ce tems ne peut-être déterminé en général.

Expé- §. 335. En 1669. dans la naissance de l'Académie

DE PHYSIQUE. CH. XIV. 285

démie des Sciences, M. de Frenicle fit plusieurs expériences pour déterminer l'espace que les corps parcourent en tombant dans l'air, avant d'avoir acquis leur vitesse complete, c'est-à-dire, avant que la résistance de l'air ait changé le mouvement accéléré en uniforme.

Ce Philosophe trouva, par ces expériences, qu'une petite boute de moële de sureau, qui avoit quatre lignes de diametre, acquiert sa vitesse complete, après avoir parcouru environ 20. pieds, & qu'une petite vessie de coq-d'inde enflée d'air, acquiert la sienne après avoir parcouru seulement 12. pieds.

Ainsi, plus les corps ont de surface, par rapport à leur solidité, & plutôt ils acquierent leur vitesse complete en tombant dans l'air; c'est pourquoi l'on ne peut faire ces expériences que sur des corps très-legers, à cause des petites hauteurs, auxquelles nous pouvons atteindre.

§. 336. Le même M. de Frenicle s'étoit trompé sur le tems de la chute des corps de différente masse & de même volume dans l'air, il assuroit que dans un lieu fermé, une boule de plomb & une boule de bois de même diametre tomboient en même tems de 147. pieds de haut, ce qui est entierement faux, une expérience mal faite l'avoit jetté dans l'erreur: cet exemple nous fait voir que nous devons être d'autant plus circonspects sur les expériences

se de M.
de Frenicle
qui le
prouve.

Hist. de
Du Hamel
p. 86.

Méprise de
M. de Frenicle sur le
tems de la
chute des
différens
corps.

Hist. de
Du Hamel
p. 87.

ces

ces que nous faisons , que l'amour propre nous parle toujours en leur faveur.

Calcul de M. Pitot qui montre comment la pluie peut tomber sur la terre sans rien endommager.

Mem. de l'Acad. année 1728. p. 376.

§. 337. M. Pitot a calculé qu'une goutte d'eau qui seroit la 10.000.000.000. partie d'un pouce cube d'eau tomberoit dans l'air parfaitement calme de 4. pouces $\frac{7}{15}$. par secondes d'un mouvement uniforme, & que par conséquent elle y feroit 235. toises par heure: on voit par cet exemple, que les corps légers qui tombent du haut de notre atmosphère sur la terre, n'y tombent pas d'un mouvement accéléré, comme ils tomberoient dans le vuide par la force de la pesanteur; mais que l'accélération qu'elle leur imprime, est bientôt compensée par la résistance de l'air: sans cela, la plus petite pluie seroit des ravages infinis; & loin de fertiliser la terre, elle détruiroit les fleurs & les fruits, la Providence y a pourvû par la résistance de l'air qui nous entoure.

Les corps tombent perpendiculairement à la surface de la terre.

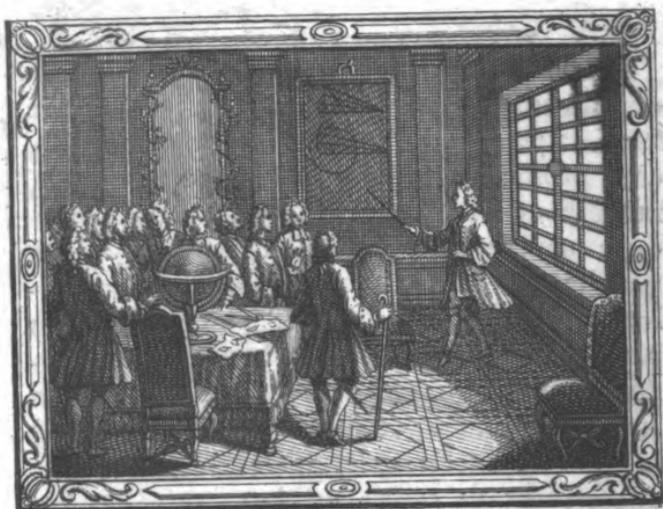
§. 338. Les corps abandonnés à eux-mêmes tombent vers la terre, selon une ligne perpendiculaire à l'horison; car il est constant par l'expérience que la ligne de direction des graves est perpendiculaire à la surface de l'eau: or la terre étant certainement sphérique, ainsi que toutes les observations géographiques & astronomiques le démontrent, le point de l'horison vers lequel les graves sont dirigés dans leur chute, peut toujours être considéré comme l'extrémité d'un des

DE PHYSIQUE. CH. XIV. 287

des rayons de cette sphère. Ainsi, si la ligne selon laquelle les corps tombent vers la terre, étoit prolongée, elle passeroit par son centre, supposé que la terre fût parfaitement sphérique; mais la terre au lieu d'être une Sphère parfaite, étant un sphéroïde aplati vers les poles, & élevé vers l'équateur selon les mesures par lesquelles Messieurs de Maupertuis, Clairaut, & les autres Académiciens qui ont été au pôle, viennent de fixer sa figure, (§. 383.) la ligne de direction des graves ne tend point directement au centre de la terre; *leur lieu de tendance* se trouve être un certain espace autour de ce centre: cependant on suppose ordinairement que les corps en tombant tendent directement au centre de la terre, parce que cette supposition se peut faire sans erreur sensible, leur direction étant toujours perpendiculaire à la surface,

Et tendent par conséquent à son centre.

CHAP.



CHAPITRE XV.

Des Découvertes de M. Newton sur la pesanteur.

§. 339.

IL n'y a point de Phénömes dans la Nature, dont l'explication ait plus embarrassé les Philosphes, que ceux de la pesanteur.

§. 340. On a vü dans le chap. 14^e. qu'Arístote les expliquoit comme tous les autres effets physiques, c'est-à-dire, par des mots vuides de sens. *

* Aristote étoit sans doute un grand homme, mais c'étoit un mauvais Physicien, & c'est tout ce que j'ai prétendu dire dans les endroits de cet ouvrage où je condamne ce Philosophe.

§ 341.

§. 341. Descartes, qui par sa façon méthodique de raisonner, avoit dégouté les hommes du jargon inintelligible des Ecoles, lequel avoit encore obscurci Aristote, parut rendre une raison plausible de la pesanteur; & expliquer ce Phénomene si ordinaire, & si surprenant, d'une façon satisfaisante.

Il avoit supposé que la terre étoit entourée d'un grand tourbillon de matière subtile, qui circule autour d'elle d'Occident en Orient, & qui l'emporte dans sa rotation journalière, & que cette matière subtile repoussoit les corps pesans vers la terre, par la supériorité de la force centrifuge qu'elle acqueroit en tournant.

Comment
Descartes
expliquoit
la chute
des corps
vers la terre.

§. 342. Il faut avouer, que lorsqu'on ne compte pas à la rigueur, rien ne paroît plus ingénieux, & plus simple que cette explication que Descartes donnoit de la pesanteur; mais lorsqu'on entre dans le détail des Phénomènes qui accompagnent la chute des corps, ce qui paroïssoit d'abord si simple, se trouve sujet à de grandes difficultés.

Cette explication
est sujette à
de grandes
difficultés.

Les deux principales roulent sur la progression, dans laquelle la chute des corps s'opère; & sur sa direction dans leur chute; car si le tourbillon qui emporte la terre dans sa rotation journalière, causoit la pesanteur, les corps ne devroient point tomber, selon la progression découverte par Galilée, & au lieu d'être

Tome I.

*

T

dirigés

dirigés vers le centre de la terre dans leur chute, ils devroient tendre perpendiculairement à son axe.

De quelle
façon M.
Hugens a
remédié
aux deux
principa-
les.

§. 343. M. Hugens a repondu à ces deux difficultés, en supposant que la matière qui fait la pesanteur, va dix sept fois plus vite que la terre, & que le mouvement de cette matière se fait en tout sens; car par ces deux suppositions, on peut expliquer pourquoi les corps tombent selon la progression de Galilée, & pourquoi ils sont dirigés vers le centre de la terre, & non pas perpendiculairement à son axe.

§. 344. Je ne m'arrêterai point à vous rapporter ici les autres objections que l'on a fait contre cette explication de Descartes, ni la façon dont les grands hommes qui ont suivi son sentiment, ont cru pouvoir y remédier; vous pouvez les voir dans leurs ouvrages, dont plusieurs sont à votre portée; mon but est de vous faire connoître ici la façon dont M. Newton explique les mêmes Phénomènes par l'attraction, & comment le cours des Astres lui a fait découvrir que tous les corps célestes tendent vers le centre de leur révolution par la même cause qui fait la pesanteur sur la terre.

§. 345. La matière par son inertie tend toujours à conserver son état présent: ainsi, tout corps

corps mû en rond tend à s'échaper par la tangente, c'est-à-dire, par chacune des droites infiniment petites qu'il parcourt à chaque instant, & c'est cet effort que le corps fait pour continuer à se mouvoir dans cette petite ligne droite, qu'on appelle *force centrifuge*. Donc aucun corps ne pourroit se mouvoir circulairement, si quelque force ne lui faisoit changer à tout moment sa direction, & ne le forçoit à décrire une ligne courbe.

Le mouvement en ligne courbe est donc toujours un mouvement composé ; or on fait que toutes les Planetes tournent autour du Soleil dans des courbes, il faut donc nécessairement que deux puissances, dont l'une les fait aller en ligne droite, & l'autre les en retire continuellement, agissent sur elles, & les dirigent dans leur cours.

On fait que la force qui seroit seule décrire une ligne droite aux Planetes, est la force de projectile, qui leur a été imprimée au commencement par le Créateur ; mais quelle est celle qui les retire de cette ligne droite à chaque instant, & qui les force à décrire une ligne courbe, & à tourner autour d'un centre ; voilà ce que M. Newton s'est proposé de découvrir.

Il est nécessaire de connoître les découvertes de Kepler sur le cours des Astres, pour entendre comment M. Newton parvint à découvrir que tous les corps célestes tendent vers leur

T 2 centre,

Les corps célestes s'échapperoient tous par la tangente, si quelque force ne les en retiroit.

centre, & que c'est ce principe qui les retient dans leur orbite, & qui fait la pesanteur sur la terre.

Explication des deux analogies de Kepler.

Planche 6.

Fig. 32.

§. 346. Une des loix découvertes par Kepler est, *que les Planetes en tournant autour du Soleil décrivent des aires égales en tems égaux*, en forte que si l'on conçoit du point B. d'où une Planete est partie, au point C. où elle arrive, deux lignes droites B. S. C. S. tirées au Soleil S. l'aire du secteur éclipse S. B. C. formé par ces deux lignes, & par l'arc de la courbe que la Planete a parcouru, croît en même proportion que le tems pendant lequel elle se meut.

§. 347. La seconde loi de Kepler est, *que le tems qu'une Planete employe à faire sa revolution autour du Soleil, est toujours proportionnel à la racine quarré du cube de sa moyenne distance à cet Astre*, vous avez vû l'explication de cette loi dans les Elemens de la Philosophie de Newton, que nous avons lus ensemble; ainsi, je ne vous la repeterai point ici.

Elemens de Newton
ph. 20.

Démonstrations que M. Newton a tirées des loix de Kepler.

§. 348. M. Newton, en cherchant à connoître la cause de ces loix découvertes par Kepler, a démontré, à l'aide de la plus sublime géométrie.

1°. Que si un corps qui se meut est attiré vers un centre mobile ou immobile, il décrira
autour

DE PHYSIQUE. CH. XV. 223

autour de ce centre des aires proportionnelles au tems, & réciproquement, que si un corps décrit autour d'un centre des aires proportionnelles au tems, il y a une force qui le porte vers ce centre.

*Fig. des
Aires.*

2°. Que si un corps qui se meut autour d'un centre qui l'attire, acheve sa revolution dans un tems proportionel à la racine quarrée du cube de la moyenne distance à ce centre, la force qui l'attire, diminue comme le quarré de sa distance au centre vers lequel il est attiré, & réciproquement, &c.

§. 349. Ainsi, la premiere loi de Kepler, c'est-à-dire, la proportionalité des aires & des tems, fit découvrir à M. Newton, une force centrale en général, qu'il appelle *la force centripete*, & la seconde, qui est le rapport entre le tems de la revolution des Planetes, & leur distance au centre, lui fit connoître la loi que suit cette force.

§. 350. Non-seulement les Planetes principales observent ces loix en tournans autour du Soleil, mais les Planetes secondaires les suivent aussi en tournant autour de la Planete principale, qui est le centre de leur revolution: ainsi, les Planetes secondaires tendent vers les Planetes principales, autour desquelles elles tournent, dans la même proportion que les Planetes principales tendent vers le Soleil, leur

Toutes les
Planetes
observent
les loix de
Kepler
dans leur
cours.

T 3 centre,

centre, puisque les unes & les autres observent les mêmes loix dans leur cours.

§. 351. Ce n'est pas ici le lieu de montrer ; comment tous les corps célestes confirment cette découverte par la regularité de leur cours, & comment les Cometes ne semblent venir étonner notre Univers, que pour rendre un nouveau témoignage à ces vérités aperçues par M. Newton : cet article appartient au livre où je vous parlerai de notre Monde planetaire, & je ne vous indique même ici les découvertes que M. Newton a fait sur le cours des Astres, que parce que ce sont ces découvertes qui l'ont conduit à connoître que la même cause qui les dirige dans leur cours, opère la chute des corps vers la terre.

Comment M. Newton est parvenu à découvrir que la Lune en tournant autour de la terre, observe la seconde loi de Kepler.

§. 352. La Lune tend vers la terre, car elle parcourt en tournant autour d'elle des aires égales en tems égaux ; mais par la seule considération de la révolution de la Lune autour de la terre, on ne connoît point encore la loi que suit cette tendance ; car quoi que j'aie dit que les Planètes secondaires suivent les deux loix découvertes par Kepler, en tournant autour de leur Planete principale, c'est en comparant le tems de la révolution, & l'éloignement de deux Planètes qui tournent autour d'un même centre, que l'on découvre que le tems de leur révolution est proportionel à la racine quarrée du cube

cube de leur moyenne distance à ce centre, & que l'on voit par conséquent qu'elles observent la seconde loi de Kepler, & que la force qui agit sur elles, décroît comme le quarré de la distance; car sans comparaison il n'y a point de proportion.

§. 353. Jupiter, & Saturne, ayant chacun plusieurs Satellites, on trouve aisément par une règle de trois que vous connoissez, que ces Satellites suivent dans leurs révolutions les deux loix de Kepler; mais la terre n'ayant que la Lune pour Satellite, on n'a point de Planete de comparaison, pour s'assurer que la Lune en tournant autour de la terre suit la deuxième loi de Kepler, & pour connoître selon quelle proportion la Lune tend vers la terre.

§. 354. M. Newton, à force de sagacité & de calcul, a démontré dans le corollaire premier de la proposition 45. de son premier Livre, *Principia Mathematica.* que lorsqu'une Planete se meut autour d'un centre mobile dans un orbite sans approchant du cercle (tel que l'Orbe qui décrit la Lune autour de la terre), on peut déterminer par le mouvement de ses apsidés* en quelle raison la puissance qui

* On appelle aphelie, le point A. de l'orbite le plus éloigné du Soleil S. ou du corps qui est le centre de la révolution, & perihelie le point B. qui en est le plus proche; la ligne AB. qui passe par l'aphelie A. & le perihelie B. s'appelle la ligne des apsidés.

Fig. 38.

lui fait parcourir son orbite agit sur elle, & en appliquant cette proposition au cours de la Lune, il déterminâ que l'attraction de la terre sur cette Planete, décroît dans une raison un peu plus grande que la raison doublée des distances; mais ce fut la comparaison de la chute des corps, & du tems periodique de la Lune qui l'assura entierement, que la force qui retient la Lune dans son orbite, décroît dans cette proportion.

§. 355. Les corps que l'on jette horizontalement retombent vers la terre: cependant en faisant abstraction de la résistance de l'air, ces corps par leur inertie devoient suivre à l'infini la ligne droite dans laquelle on les jette, si aucune autre force n'agissoit sur eux: il est certain que la force qui retire à tout moment ces corps de la ligne droite dans laquelle on les a jettés, & qui les fait retomber vers la terre en décrivant une courbe, est la même qui les y fait tomber en ligne perpendiculaire, quand on les abandonne à eux-mêmes: or, l'expérience nous apprend que les corps que l'on jette, font d'autant plus de chemin avant de retomber vers la terre, que la force projectile qu'on leur a imprimée est grande. Donc avec une force projectile suffisante, un corps pourroit tourner au tour de la terre sans y retomber, & la circulation de ce corps projeté au tour de la terre, seroit une preuve aussi certaine de

de sa gravité, que sa chute vers la terre en ligne perpendiculaire, lorsqu'on l'abandonne à lui-même.

§. 356. En appliquant cette considération à la Lune, M. Newton conclut par analogie, que la révolution de la Lune autour de la terre pourroit bien être l'effet de la même force, qui fait tomber les corps pesans vers la terre; ainsi, en faisant donc des corps qui tombent ici-bas vers la terre par la pesanteur, une Planete de comparaison, il raisonna ainsi: si la force qui dirige la Lune dans son orbite, décroît comme le quarré de la distance au centre de la terre, & si cette même force fait la pesanteur des corps graves, elle doit être 3600. fois plus grande sur les corps qui sont placés près de la surface de la terre que sur la Lune; car les espaces parcourus par des corps animés par différentes forces, sont dans le commencement de leur chute proportionnels à ces forces: or, la Lune dans son éloignement moyen est éloignée du centre de la terre de 60. demi diametres de la terre environ, & tous les corps qui sont près de la surface de la terre sont regardés comme étant à un demi diametre de son centre, à cause des petites hauteurs auxquelles nous pouvons atteindre: ainsi, si cette force décroît comme le quarré de la distance, elle doit faire parcourir 3600. fois moins d'espace à la Lune qu'aux corps graves ici-bas dans le premier instant de leur chute.

La même cause produit la pesanteur des corps sur la terre, & dirige la Lune dans son cours.

§. 357.

§. 357. La distance de la Lune au centre de la terre étant comme je viens de le dire, d'environ 60. demi diametres de la terre dans son éloignement moyen, soit B. K. H. l'orbire de la Lune, & BF. l'arc. de cet orbire qu'elle parcourt en une minute, il est certain que tout mouvement circulaire étant un mouvement composé, la Lune en décrivant cet arc BF. obéit à deux forces, sçavoir, à la force projectile qui la dirigeroit seule dans une ligne droite d'Orient en Occident, vers BE. & à la force centripete, qui la feroit tomber perpendiculairement vers la terre en B. T. si la Lune n'obéissoit qu'à cette seule force.

Fig. 34.
Démonstration de cette vérité par le moyen mouvement de la Lune comparé à la chute des corps.

Or, en décomposant le mouvement composé, on peut connoître la quantité de l'action de chacune des forces composantes, & par conséquent, le chemin que chacune d'elles eût fait parcourir au mobile, si elle avoit seule agi sur lui : ainsi, en faisant que l'arc BF. devienne la diagonale du parallelogramme B. D. G. F. on aura les lignes BG. BD. qui représenteront le chemin que chacune des deux forces, qui font parcourir à la Lune l'arc BF. en une minute, lui eût fait parcourir séparément pendant ce même tems.

Fig. 34.

Sans la force qui la porte vers la terre, la Lune parcoureroit dans une minute la tangente BG. & par conséquent, l'effet de la force centripete est de la retirer de cette tangente par la ligne GF. égale à BD. C'est donc la force centripete.

centripete, qui fait qu'au bout d'une minute la Lune se trouve en F. au lieu d'être en G. G. F. ou B. D. qui lui est égale, est donc l'espace que la force qui porte la Lune vers la terre, fait parcourir à la Lune dans une minute, indépendamment de la force projectile, qui la pousse dans la tangente BE. c'est donc la valeur de $GF = BD$. qu'il faut trouver. Fig. 34.

§. 358. Or, il y a plusieurs manières de trouver la valeur de cette ligne $BD = GF$.

La plus courte & la plus simple dépend d'une proposition démontrée par Messieurs *Hughens* & *Newton*, sçavoir, qu'un corps qui fait sa révolution dans un cercle tomberoit dans un tems donné vers le centre de sa révolution, par la seule force centripete, d'une hauteur égale au carré de l'arc qu'il décrit dans le même tems, divisé par le diamètre du cercle. *Princip. Mathem. lib. 1. corol. 9. prop. 4. § 36. & Hughens de Vi Centrif. prop. 6.*

Cette proposition étant reçue de tous les Géometres, il est aisé de trouver par son moyen la valeur de la ligne GF. & par conséquent celle de la ligne BD. qui lui est égale.

On sçait par les mesures de M. *Picard*, que la circonférence de la terre est de 123249600. pieds de Paris, on sçait par conséquent que l'orbite de la Lune qui est 60. fois plus grande, est de 7394976000. pieds, & que le diamètre de cet orbite est de 2353893840. pieds. Fig. 34.

La révolution de la Lune autour de la terre se fait en 27. jours 7. heures 43' sidérales, ou dans

Fig. 34.

dans 39343. minutes. Ainsi, en divisant l'orbe de 7394976000. pieds par 39343. l'on trouve que l'arc BF. que la Lune parcourt dans une minute, est de 187961. pieds, donc suivant la proposition de Messieurs *Hughens & Newton*, le quarré de cet arc BF². qui est de 35329337521. P. étant divisé par le diametre de l'orbe de la Lune, c'est-à-dire, par la ligne BG. qui est de 2353893840. pieds, l'on a GF. ou BD = $\frac{BF^2}{BG}$. c'est-à-dire, $\frac{35329337521}{2353893840} = 15$. pieds de Paris environ.

§. 359.

Fig. 35.

* Il y a deux remarques à faire sur cette évaluation de l'arc BF. & de la petite ligne BD. c'est qu'afin qu'elle soit juste, il ne faut prendre de l'orbite de la Lune qu'une partie parcourue dans un tems très-petit, comme j'ai fait dans l'exemple ci-dessus, afin que cet arc puisse être pris pour la Diagonale du parallelogramme BDGF. car on sait que dans un tems très-petit la ligne parcourue par un corps dans son mouvement circulaire, peut être considérée sans erreur sensible, comme une petite droite qui est la diagonale des deux directions que le corps a actuellement; sans cette condition de la petitesse de l'arc BF. par rapport à la grandeur du cercle BFE. il ne seroit pas permis de regarder GF. comme l'espace tombé vers le centre, ce seroit HF. mais lorsque l'arc BF. est très-petit, la différence entre GF. & HF. est insensible.

Fig. 35.

La seconde remarque est, que la démonstration de Messieurs *Hughens & Newton* est pour un cercle, & que les Planetes font leur révolution dans des élliptes, dont quelques-unes même ne sont pas des élliptes régulières, comme celle que décrit la Lune PE.

Mais M. *Hughens* a démontré que chaque courbe dans laquelle une de ses parties que ce soit, a la même courbure qu'un certain cercle qu'on nomme *Osculateur*; parce que dans cet endroit il y a une partie commune à la courbe & au cercle, & par la considération de ce cercle, dont M. *Hughens* a appris à trouver le rayon pour chaque point de la courbe, on peut trouver l'expression de la force centripete dans toutes les courbes.

§. 359. L'espace que la force qui porte la Lune vers la terre , lui fait parcourir en une minute , est donc de quinze pieds de Paris , & un peu plus. Donc si la même force qui dirige la Lune dans son orbite , fait tomber les corps vers la terre , & si cette force décroît comme le quarré de la distance au centre de la terre , les corps doivent parcourir ici-bas près de la surface de la terre 54000. pieds dans la première minute, ou 15. pieds dans la première seconde, c'est-à-dire, 3600 fois plus d'espace qu'ils n'en parcourroient dans le même tems , s'ils étoient transportés à la hauteur où est la Lune , puisque 36000. est le quarré de 60. éloignement de la Lune à la terre en demi diametres de la terre ; or vous avez vû dans le chapitre précédent que les corps tombent ici-bas de 15. pieds de Paris dans la première seconde , cette force agit donc 3600. fois moins sur la Lune que sur les corps graves qui tombent ici-bas. Donc c'est la même force qui retient la Lune dans son orbite , & qui fait tomber les corps ici-bas , & cette force décroît comme le quarré de distance au centre.

La force qui retient la Lune dans son orbite , & qui fait tomber les corps décroît comme le quarré de la distance au centre de la terre.

courbes , & comparer cette force , non-seulement pour chaque point de la même courbe ; mais aussi de courbe à courbe : cette proposition à beaucoup servi à M. Newton : ainsi , c'est M. Hughens que l'on peut dire avoir été le précurseur de Newton, bien plus que Descartes , dont il n'a presque rien emprunté.

§. 360.

§. 360. Tout le monde sçait , mais on ne peut trop le répéter , que M. Newton avoit abandonné l'idée qu'il avoit conçûe , que la même force qui retient les Planetes dans leur orbite , opère ici-bas la pesanteur & la chute des corps , parce qu'ayant de fausses mesures de la terre , & n'ayant point eu de connoissance dans la folitude , où il vivoit alors , de celles de M. Picard prises en 1669. ni même de celle de Norwood son compatriote en 1636. il ne trouvoit pas entre le moyen mouvement de la Lune , & la chute des corps sur la terre le rapport qui devoit s'y trouver , si ces deux Phénomènes étoient opérés par la même cause , rapport que je viens de vous faire voir , que les véritables mesures lui donnerent.

Cette force se proportionne aux masses.

§. 361. Si les mouvemens célestes & les loix de Kepler ont découvert à M. Newton , une des loix , selon laquelle la pesanteur & le cours des Planetes s'opère , ce qui se passe ici-bas dans la chute des corps , lui a découvert une autre loi , que la force qui opère ces Phénomènes , suit aussi inviolablement , c'est qu'elle se proportionne aux masses.

§. 362. On a vû au chapitre 14. (§. 322.) que des Pendules égaux en poids font leurs vibrations en tems égaux , quand le fil auquel on les suspend est égal , quel que soit l'espece des corps

DE PHYSIQUE CH. XV. 303

corps qui les composent, & que par conséquent la force qui fait tomber les corps ici-bas, appartient à toute la matière propre des corps, & réside dans chacune de ses parties, en sorte que dans différens corps, elle est toujours directement proportionnelle à la quantité de matière propre qu'ils contiennent. Donc puisqu'on vient de voir dans les sessions précédentes, que la même force qui fait tomber les corps vers la terre, retient la Lune dans son orbite, cette force réside dans le corps entier de la Lune, en raison directe de la matière propre de cette Planete, comme elle réside ici-bas dans les différens corps, en raison directe de leur quantité de matière propre : or, les Planetes principales, en tournant autour du Soleil, & les Planetes secondaires, en tournant autour de leur Planete principale, suivent les mêmes loix que la Lune dans sa révolution autour de la terre. Donc la force qui les retient dans leur orbite agit sur chacune d'elles, en raison directe de la quantité de matière propre qu'elles contiennent.

§. 363. De plus, le tems que les Planetes employent à faire leur révolution autour du Soleil, étant proportionnel à la racine quarrée du cube de leur moyenne distance à cet Astre, la force qui les porte vers le Soleil décroît comme le quarré de leur distance au Soleil. Donc à égale distance du Soleil la force qui les porte vers lui, agiroit sur elles également. Donc alors elles

elles parcourroient des espaces égaux en tems égal vers le Soleil, & si elles perdoient toute leur force projectile, elles arriveroient en même tems à cet Astre, de même que tous les corps qui tombent ici-bas de la même hauteur arrivent en même tems à la surface de la terre, quand la résistance de l'air est ôtée : or la force qui agit également sur des corps inégaux, doit nécessairement se proportionner à la masse de ces corps. Donc la force qui fait tomber les corps vers la terre, & qui fait tourner les Planetes autour de leur centre, se proportionne à leurs différentes masses; & par conséquent le poids de chaque Planete sur le Soleil, est en raison directe de la quantité de matière propre que chacune d'elles contient.

§. 364. On prouvera la même chose des satellites de Jupiter, & des Lunes de Saturne, par rapport à leur Planete principale; car le tems de leur révolution autour de la Planete qui leur sert de centre, est proportionnel à la racine quarrée du cube de leur moyenne distance à cette Planete.

§. 365. Vous voyez par tout ce que je viens de vous dire, quel chemin immense la raison humaine a eu à faire, avant de parvenir à découvrir quelles loix suit la cause qui opère la pesanteur, puisqu'il a fallu que les corps célestes, qui sont placés si loin de nous, nous l'ayent, pour ainsi dire, appris.

§. 366.

§. 366. Quelques-uns ont crû que le poids de la même quantité de matière propre , étoit variable dans le même endroit de la terre , de fausses expériences les avoient jettés dans cette erreur , & c'est un écueil dont il faut d'autant plus se garder , que l'amour propre nous parle toujours en faveur de celles que nous avons faites. Le poids des mêmes corps peut varier , à la vérité , dans le même endroit de la terre , mais c'est seulement par l'augmentation ou la diminution de la matière propre de ces corps , & c'est ce qui arrive aux Plantes qui se fannent , & à tous les corps qui s'évaporent ; mais le poids des corps à la même distance , du centre de la terre , est toujours comme la quantité de matière propre qu'ils contiennent.

Fausse opinion sur le poids des corps.

§. 367. Mais quand cette distance augmente , alors le poids des corps diminue , je dis leur poids absolu ; car leur poids comparatif reste toujours le même : ainsi , un homme qui porte 100^l. près de la surface de la terre , par exemple , porteroit 900^l. s'il étoit trois fois plus éloigné de son centre , mais le poids de 100^l. y seroit la neuvième partie du poids de 900^l. comme ici-bas.

§. 368. Puisque la force qui fait tomber & peser les corps sur la terre , agit d'autant moins sur eux , qu'ils sont plus éloignés du centre de

Tome I.

*

V. la

306 INSTITUTIONS

la terre, ils y tomberont d'autant moins vite qu'ils seront plus éloignés de ce centre, mais à égale distance, ils y tomberont tous également vite, de sorte qu'une boule de papier transportée à la région de la Lune, & qui ne pesera sur la terre que la 3600. partie de ce qu'elle pèse ici-bas, tomberoit sur la terre en même tems que la Lune, si la Lune venoit à perdre tout son mouvement de projectile, & cette boule & la Lune parcoureroient des espaces égaux pendant tout le tems qu'elles mettroient à tomber, en faisant abstraction de toute résistance du milieu dans lequel elles tomberoient; car c'est comme si on supposoit la masse de la Lune divisée en autant de parties qu'elle contient de fois cette boule de papier.

§. 369. On a vu dans le chap. 13. que Galilée avoit démontré avant M. Newton, que la force, telle qu'elle soit, qui anime les corps à descendre vers la terre, étant supposée agir également à chaque instant indivisible, elle doit leur faire parcourir des espaces, comme les quarrés des tems & des vitesses, & sa démonstration suffisoit pour connoître l'action de la gravité sur les corps qui tombent ici-bas, parce que les hauteurs auxquelles nous pouvons atteindre, sont trop médiocres pour produire dans la chute initiale des corps des différences sensibles.

Mais la théorie de Galilée eût été bien insuffisante, si l'on eût pu faire des expériences

à

DE PHYSIQUE. CH. XV. 307

à des hauteurs assez grandes pour s'apercevoir du décroissement de la pesanteur ; car cette théorie supposoit une force uniforme , & M. Newton a démontré , comme on vient de le voir , que l'énergie de cette force décroît comme le quarré de la distance.

§. 370. M. Richer fut le premier qui s'aperçut dans un voyage qu'il fit à l'Isle de Cayenne en 1672. que l'Horloge à Pendule qu'il avoit apporté de Paris , retardoit considérablement sur le moyen mouvement du Soleil , & que par conséquent , il falloit que les oscillations du Pendule de cet Horloge fussent devenues plus lentes en approchant de l'équateur ; or la durée des oscillations d'un Pendule qui décrit des arcs de cycloïde ou de très-petits arcs de cercle , dépend , ou de la résistance que l'air apporte à ses oscillations , ou de la longueur du Pendule , ou enfin de la force avec laquelle les corps tendent à tomber vers la terre.

Expérience de M. Richer sur le Pendule

§. 371. La première de ces trois causes , c'est-à-dire , la résistance de l'air , est si médiocre , qu'elle peut sans erreur sensible être comptée pour rien , d'autant plus que le Pendule de M. Richer éprouvoit cette résistance à Paris , comme à Cayenne ; la seconde qui est la longueur du Pendule , n'avoit point changé , puisque c'étoit le même Horloge ; il falloit donc

Conséquences qui naissent de cette expérience.

V 2 que

que la force qui fait tomber les corps fût moindre à Cayenne qu'à Paris, c'est-à-dire, à 5. degrés environ, qui est la latitude de l'Isle de Cayenne, qu'à 49. degrés environ qui est celle de Paris, puisque les oscillations du même Pendule étoient plus lentes dans cette Isle qu'à Paris.

§. 372. On nia long-tems cette expérience de M. Richer ; quelques-uns prétendirent qu'on devoit l'attribuer à la chaleur du climat, qui avoit allongé la verge de métal, à laquelle le Pendule étoit suspendu, mais outre qu'il est prouvé par l'expérience que l'allongement causé par la chaleur de l'eau bouillante même est moindre que celui de l'expérience de Richer ; on a toujours été obligé de racourcir le Pendule en approchant de l'équateur, quoiqu'il fasse souvent moins chaud sous la ligne, qu'à 15. ou 20. degrés de la latitude ; & en dernier lieu, les Académiciens des Sciences qui sont au Perou, ont été obligés de racourcir leur Pendule à Quito pendant qu'il y geloit très-fort : le racourcissement du Pendule dans l'Isle de Cayenne étoit donc uniquement causé par la diminution de la pesanteur vers l'équateur.

Quelles
sont les
causes de
la diminu-

§. 373. En supposant le mouvement diurne de la terre, dont je ne crois pas que personne doute à présent, quoiqu'il ne soit pas démontré en

DE PHYSIQUE. CH. XV. 309

en rigueur, deux raisons peuvent diminuer la pesanteur des corps; sçavoir, la force centrifuge que les parties de la terre acquierent par sa rotation; (car la force centrifuge tendant à éloigner les corps du * centre de la terre, elle est opposée à la pesanteur, qui les y fait tendre) & les variations qui peuvent se trouver en différens endroits de la terre, dans la force qui fait tomber les corps vers la terre, c'est-à-dire, dans la pesanteur même.

tion de la pesanteur.

§. 374. La force centrifuge des corps égaux qui décrivent dans le même tems des cercles inégaux, est proportionnelle aux cercles qu'ils décrivent: ainsi, la force centrifuge des parties de la terre doit être d'autant plus grande que l'on approche davantage de l'équateur, puisque l'équateur est le grand cercle de la terre: c'est donc sous l'équateur où la force centrifuge diminuera le plus la pesanteur.

Digression sur la figure de la terre.

§. 375. On voit aisément que la figure actuelle de la terre doit résulter de la pesanteur primitive, & de la force centrifuge, & que soit que la forme de la terre (supposée en repos, lorsqu'elle sortit des mains du Créateur) ait été

* Ce n'est que sous l'équateur où la force centrifuge détruit une partie de la pesanteur égale à elle-même; mais dans tous les autres endroits de la terre, elle la diminue inégalement, & d'autant moins qu'on s'éloigne davantage de l'équateur.

La forme
actuelle de
la terre dé-
pend de la
pesanteur
primitive,
& de la for-
ce centri-
fuge com-
binées.

celle d'une Sphère parfaite, ou d'un spheroïde quelconque, la force centrifuge doit avoir altéré cette forme; car la force diminuant inégalement la pesanteur des colonnes de la matière (supposée homogène & fluide) qui compose la terre, selon qu'elles sont plus ou moins près de l'équateur, les colonnes dont la pesanteur est plus diminuée, doivent devenir plus longues pour être en équilibre avec celles dont la pesanteur est moins diminuée: ainsi, la force centrifuge doit avoir nécessairement altéré la figure primitive de la terre.

Mais la
forme pri-
mitive a
dépendu
de la seule
pesanteur.

§. 376. Mais quelle a été cette première forme de la terre? voilà ce qu'on ne pourroit sçavoir qu'en connoissant la pesanteur primitive; car il est certain que la forme de la terre, supposée en repos, a dû être l'effet de la seule pesanteur; il est donc certain, que si la pesanteur primitive, c'est-à-dire, la pesanteur non-diminuée par la force centrifuge étoit bien connue, les expériences sur les Pendules dans différentes régions de la terre détermineroient sa figure avec certitude; car ces expériences nous donneroient la diminution, que la force centrifuge apporte à la gravité primitive; dans les différentes latitudes; & il seroit aisé d'en déduire l'altération qu'elle a dû apporter à la figure primitive de la terre; dont la matière est supposée avoir été fluide & homogène dans le tems de la création.

§. 377. Aussi Messieurs *Hughens* & *Newton* pensoient ils que la connoissance des différentes pesanteurs dans les différentes régions de la terre pourroit suffire à déterminer sa figure ; *M. Newton* croyoit même que c'étoit la façon la plus sûre de la déterminer : *Et certius per experimenta pendulorum, deprehendi possit, quam per arcus geographice mensuratos in meridiano.*

*Principia
Liber 3.
Pag. 82.*

§. 378. La gravité primitive ne pouvant guère être connue que par des Phénomènes, qui ne la déterminent qu'à *posteriori*, l'expérience de *M. Richer* parut fort surprenante, quoi qu'elle fût une suite de la théorie des forces centrifuges ; mais on ne la trouva pas suffisante pour déterminer la figure de la terre ; car la terre pouvoit avoir eû dans son origine une forme telle que la pesanteur eût été plus forte aux poles qu'à l'équateur, quoique la force centrifuge la diminuoit à l'équateur, & ne la diminuoit point aux poles,

§. 379. Messieurs *Hughens* & *Newton*, parlant tous deux de cette expérience de *M. Richer*, que plusieurs expériences postérieures avoient confirmée, & de la théorie des forces centrifuges, dont *M. Hughens* étoit l'inventeur, conclurent que la terre devoit être un sphéroïde aplati vers les poles, quoique ces deux Philosophes eussent pris des loix de pesanteurs différentes,

Messieurs
Hughens,
& *Newton*
croyoient
la terre un
sphéroïde
aplatis.

différentes, M. HUGHENS la croyant par tout la même, & M. NEWTON la supposant différente en différens lieux de la terre, & dépendante de l'attraction mutuelle des parties de la matière : la seule différence qui se trouvoit, dans la figure que ces deux Philosophes attribuoient à la terre, étoit qu'il résulteroit de la théorie de M. NEWTON un plus grand aplatissement que de celle de M. HUGHENS.

Les mesures de Messieurs Cassini donnoient un sphéroïde oblong pour la forme de la terre.

§. 380. Mais M. Cassini en achevant la méridienne de France commencée par M. Picard, ayant trouvé que les degrés Méridionaux étoient plus grands que les Septentrionaux, & le sphéroïde allongé vers les poles étant la suite nécessaire de ces mesures, le nom de Monsieur Cassini, & la célébrité de ses opérations, lesquelles lui donnerent toujours le sphéroïde allongé, fournissoient un nouveau motif de doute sur la figure de la terre, & contrebalañoient l'autorité de Messieurs HUGHENS & NEWTON, & les conséquences qu'ils avoient tiré de l'expérience de Richer, d'autant plus que les raisonnemens de ces deux grands Géometres, quoique fondés sur les loix de la statique, tenoient cependant toujours à quelques hypothèses, & quoique ces hypothèses fussent, comme dit M. de MAUPERTUIS, de celles qu'on ne peut guères se dispenser d'admettre, cependant en faisant d'autres hypothèses sur la pesanteur, très-contraintes, mais enfin possibles, on pouvoit à toute

Préface de la figure de la terre.

DE PHYSIQUE. CH. XV. 315

toute force concilier l'expérience incontestable de Richer, & la diminution des degrés Septentrionaux qui résulteroit des mesures de Messieurs Cassini : ainsi, la question de la figure de la terre, dont la décision importe tant à la Géographie, à la Navigation, à l'Astronomie, restoit indécidée.

§. 381. Enfin, en 1736. l'Académie des Sciences résolut pour la déterminer, de faire mesurer à la fois un degré du Méridien, sous l'équateur, & au cercle polaire ; ainsi, l'on peut dire, que ces deux voyages sont une espèce d'hommage qu'elle a rendu au nom de Cassini.

§. 382. Nous sçavons le résultat du voyage du Pole, & M. de Maupertuis nous a fait voir par la relation qu'il nous en a donnée, combien cette entreprise, si glorieuse à la Nation, a pensé lui coûter de regrets, puisqu'on ne peut lire sans crainte les dangers que lui, Messieurs Clairaut, le Monier, & les autres Sçavans hommes qui ont entrepris ce voyage, ont couru, & ils nous ont appris par leur exemple, que l'amour de la vérité peut faire affronter d'aussi grands dangers, que le desir de ce que les hommes appellent plus communément gloire.

§. 383. Il résulte de leurs mesures, les plus exactes qui aient peut-être jamais été prises, que le degré du Méridien qui coupe le cercle polaire

*Figure de
la Terre
pag. 125.*

Les mesures des Académiciens qui ont été au Pole, donnent à la Terre la figure d'un sphéroïde aplati vers les Poles.

polaire, est plus grand que le degré mesuré par M. Picard entre Paris & Amiens de 437. toises sans compter l'aberration, & de 377. toises en la comptant, d'où il résulte que la Terre est un sphéroïde aplati vers les Poles. Ainsi, voilà cette fameuse question décidée, & l'on peut dire que c'est une découverte aussi utile aux Sciences que glorieuse à la Nation, à qui elles en sont redevables.

Ce sont les travaux des François qui ont fait naître les découvertes de M. Newton.

§. 384. On attend le retour des Académiciens qui sont encore au Perou, pour déterminer la quantité de l'aplatissement; celui qui résulte des mesures prises au Pole est à peu près tel que M. Newton l'avoit déterminé par sa Théorie. Ainsi, il est vrai de dire que c'est aux mesures & aux observations des François, que M. Newton a dû ses découvertes admirables (§. 360.) & qu'il en devra vraisemblablement la confirmation.

Je vous ai fait cette digression sur la figure de la terre, à cause de la grande relation qu'il y a entre cette figure, & la pesanteur.

Fig. du Ch. 16.

Fig. 32

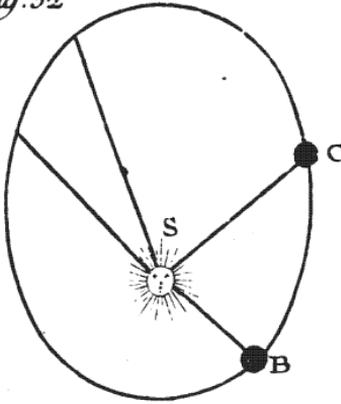


Fig. 33

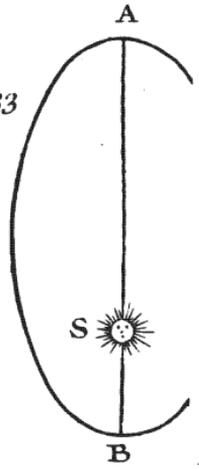


Fig. 36

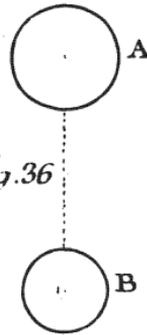


Fig. 35

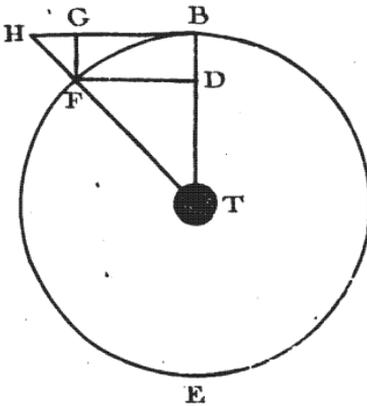
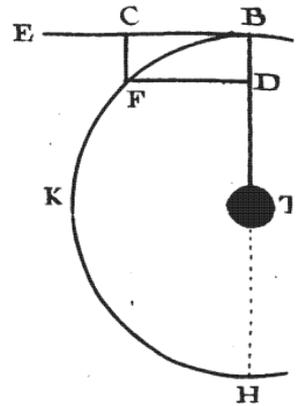


Fig.





CHAPITRE XVI.

De l'Attraction Newtonienne.

§. 385.

Tous les Phénomènes que je viens de vous exposer dans les trois derniers Chapitres, sont opérés selon les Newtoniens par l'Attraction que tous les corps exercent les uns sur les autres.

Cette attraction est selon eux, une propriété donnée de Dieu à toute la matière, par laquelle toutes ses parties tendent l'une vers l'autre en raison directe de leur masse, & en raison inverse du quarré de leurs distances.

Ce que les Newtoniens entendent par l'attraction.

§. 386. On trouve le germe de cette idée dans

316 INSTITUTIONS

dans Kepler, la façon dont il s'exprime dans l'introduction du Livre où il traite de la Planette de Mars, est trop remarquable, pour ne pas rapporter ici les termes dont il se sert.

*Si duo lapides in aliquo * loco mundi collocarentur propinqui invicem, extra orbem virtutis tertii cognati corporis, illi lapides ad similitudinem duorum Magnetum coïrent loco intermedio, quilibet accedens ad alterum tanto intervallo, quanta est alterius moles in comparatione.*

Si terra & luna non retinerentur vi animali, aut aliâ aliquâ equipollenti qualibet, in suo circuitu, terra ascenderet ad lunam quinquagesimâ quartâ parte intervalli, luna descenderet ad terram quinquaginta tribus circiter partibus intervalli, ibique jungerentur. Posito tamen quod substantia utriusque sit unius & ejusdem densitatis.

* Si deux pierres étoient placées dans quelque lieu, dans lequel aucun autre corps ne pût agir sur elles, elles viendroient l'une vers l'autre comme deux aimans, & se joindroient dans un lieu intermédiaire; & le chemin qu'elles feroient l'une vers l'autre, seroit en raison renversée de leur masse.

Si la lune & la terre n'étoient pas retenues dans leur orbe, par une *ame agissante*, ou par quelque force équivalente, la terre monteroit vers la lune environ jusqu'à la cinquante quatrième partie de l'espace qui les sépare, la Lune descendroit vers la terre environ jusqu'à la cinquante troisième partie de cet espace, & là, elles se joindroient, supposé que leur densité soit la même.

§. 387. Kepler n'est pas le seul qui ait parlé de l'attraction. Frenicle, un des premiers Académiciens des Sciences la concevoit comme une force mise par le Créateur dans son Ouvrage pour le conserver ; & Roberval la définissoit : *Vim quamdam corporibus insitam quâ partes illius in unum coire affectent.*

§. 388. Il est certain, que si on accorde aux Newtoniens cette supposition d'une attraction répandue dans toutes les parties de la matière, ils expliquent merveilleusement par cette attraction les Phénomènes astronomiques, la chute des corps, le flux & le reflux de la mer, les effets de la lumière, la cohésion des corps, les opérations chimiques ; & que presque tous les effets naturels deviennent une suite de cette force que l'on suppose répandue dans toute la matière, quand on l'a une fois admise : ainsi, dans ce système, la terre & la lune tournent autour du Soleil, parce que le Soleil les attire l'une & l'autre ; mais la terre ayant plus de masse que la lune, & étant beaucoup plus près de cette Planette, que le Soleil, force la lune à tourner autour d'elle, par la supériorité de son attraction.

Comment l'attraction opère la chute des corps, & les Phénomènes astronomiques, quand on l'a une fois admise.

Toutes les irrégularités de la lune dans son cours, sont une suite palpable de la combinaison de l'attraction du Soleil & de la terre sur la lune ; car l'énergie de cette attraction variant

riant avec les positions des corps qui s'attirent; elle doit changer continuellement la courbe que la lune décrit autour de la terre, puisque cette Planette s'approche & s'éloigne successivement de la terre, & du soleil.

L'attraction étant regardée par quelques Newtoniens comme une propriété essentielle de la matière, elle est toujours supposée réciproque: ainsi, la terre en gravitant vers le Soleil, fait graviter le Soleil vers elle, & le Soleil & la terre s'attirent réciproquement l'un l'autre en raison directe de leurs masses; mais ils s'avancent l'un vers l'autre en raison inverse de ces mêmes masses, & le chemin que la terre fait vers le Soleil, est au chemin que le Soleil fait vers la terre dans le même tems, par cette seule attraction, comme la masse du Soleil est à la masse de la terre, de même, la terre en forçant la Lune à tourner autour d'elle par la supériorité de son attraction, obéit elle-même à l'attraction que la Lune exerce sur elle; cette attraction de la Lune altère beaucoup la courbe que la terre décrit en tournant autour du Soleil, elle est cause en partie des marées auxquelles l'attraction du Soleil contribue aussi d'une quantité déterminée.

C'est par la même raison que la terre va plus lentement, quand elle est dans le signe des poissons, parce qu'étant alors plus près des Planètes de Mars & de Vénus, les attractions que ces deux Planètes exercent sur elle, contrebalancent

DE PHYSIQUE. CH. XVI. 319

balancent en partie celle du soleil, & retardent par conséquent le chemin de la terre vers cet astre.

Les Cometes elles-mêmes trouvent leur route toute tracée par cette attraction ; & M. Newton ayant calculé selon ce principe , lorsque la Comete de 1680. parut , le chemin qu'elle devoit faire , eut la satisfaction de la voir répondre chaque jour aux points qu'il avoit marqués.

Les altérations que Jupiter , & Saturne , reçoivent dans leur cours, sont encore un effet calculé de cette attraction ; car lorsque ces deux puissantes Planettes se trouvent en conjonction ; leur cours subit les changemens qui doivent résulter de leur attraction mutuelle ; cette conjonction qui arrive rarement à cause du tems que ces deux énormes Globes mettent à faire leur révolution dans leur orbe , arriva du tems de M. Newton, & il les vit éprouver d'une façon sensible , les dérangemens qu'il avoit prévus & calculés.

Tous les Phénomènes astronomiques enfin qui paroissent presqu'expliquables dans le système des tourbillons, ne semblent être que des corollaires nécessaires de l'attraction universelle répandue dans la matière ; car non-seulement cette attraction fait voir pourquoi une Planette tourne autour d'une autre, pourquoi la terre, par exemple , tourne autour de la terre ; mais elle fait voir aussi en combien de tems elle y doit

doit tourner, & l'on prendroit sur cela les calculs pour des observations tant ils se rapportent ensemble.

L'attraction produit aussi les effets chimiques, la cohésion des corps, &c.

§. 389. Ce principe si fécond dans l'Astronomie, ne l'est pas moins dans la plupart des effets qui s'opèrent ici-bas, la pesanteur & la chute des corps vers la terre, l'aplatissement de la terre vers les poles, & son élévation à l'équateur se déduisent aussi merveilleusement bien de l'attraction en raison renversée du carré des distances.

Mais alors elle décroît dans une plus grande raison, que celle des carrés.

Les Newtoniens qui font de l'attraction une propriété inséparable de la matière, la veulent faire régner par tout, mais quand ils veulent expliquer par son moyen, la cohésion des corps, les effets chimiques, les Phénomènes de la lumière, &c. ils sont obligés de supposer d'autres loix d'attraction, que celle qui dirige le cours des Astres, & qui agit en raison double inverse des distances.

M. Newton en calculant les effets qui doivent résulter des différentes loix possibles d'attraction, a trouvé & démontré : *que si l'attraction qu'un corps éprouve dans le contact est beaucoup plus forte que celle qu'il éprouve à toute distance finie, cette attraction décroît dans une plus grande raison que celle du carré des distances; & vice versa.*

Les Disciples de M. Newton, dont la plupart ont poussé leurs conjectures beaucoup plus loin

DE PHYSIQUE. CH. XVI. 321

loin que lui en bien des choses ont conclu de ce théorème, que puisque l'on ne peut attribuer selon eux, ces Phénomènes à aucun fluide ambiant, ni aux mouvemens conspirans des parties des corps, ni à aucune cause externe, il falloit qu'il y eût entre les parties de ces corps une force interne capable de les tenir unies ensemble; & que puisque cette force augmente à un tel point dans le contact qu'il devient sensible, & que les corps ne peuvent plus alors être séparés qu'avec peine, il falloit que l'attraction qu'ils exercent alors l'un sur l'autre, détermit dans une plus grande raison, que celle du carré des distances.

On pourroit nict premièrement cette conclusion précipitée; qu'aucun fluide ambiant, ni les mouvemens conspirans des parties des corps ne peuvent être la cause de ces Phénomènes; mais je ne m'engagerai pas ici dans le détail des Phénomènes & de leurs causes mécaniques; mon but étant seulement de vous faire voir en général, comment les Newtoniens prétendent expliquer ces Phénomènes par l'attraction, & quelles sont les raisons qui doivent faire rejeter cette attraction, lorsqu'on la donne pour cause.

Les Newtoniens expliquent par cette attraction qu'ils supposent agir au moins en raison du cube des distances, & qui est si puissante dans le contact, presque tous les Phénomènes qui nous entourent: ainsi, disent-ils, si les par-

Tome I.

*

X

ties

522 INSTITUTIONS

ties des corps cohérent ensemble, c'est que se touchant par plusieurs points de leur surface, l'attraction en raison des cubes, qui seule agit alors entr'elles d'une façon sensible, les attache fortement l'une à l'autre. Ainsi, les différentes cohésions, la dureté, la mollesse, la fluidité, dépendent des différens degrés de contact des parties qui composent les corps: voilà pourquoi la poix ou quelqu'autre matière gluante mise entre deux corps, remplissant les interstices qui se trouvent entre leurs parties, & unissant leur surface, augmente leur cohésion.

C'est cette attraction qui fait que toutes les gouttes des fluides ont la forme sphérique, & qu'elles s'aplatissent du côté par lequel elles touchent le suport qui les soutient, & qu'elles s'applatissent plus ou moins selon que ce suport est plus ou moins attirant, c'est-à-dire, selon qu'il est plus ou moins dense; & que les parties du fluide qui compose ces gouttes, s'attirent plus ou moins fortement l'une l'autre; c'est par la même raison que la surface de l'eau contenue dans un vase est concave, & que celle du mercure y est convexe; car les parties de l'eau s'attirant moins fortement l'une l'autre, que les bords du vase ne les attirent, s'élèvent vers ces bords; mais il arrive le contraire au mercure par la raison contraire.

C'est cette attraction qui élève l'eau dans

L'ascension de l'eau dans les tubes capillaires, si difficile à expliquer dans les détails par la pression d'une matière subtile, est une suite de l'attraction.

DE PHYSIQUE. CH. XVI. 323

l'attraction des parties du tube, plus puissante sur l'eau, que l'attraction mutuelle que les parties de l'eau exercent les unes sur les autres ; mais le mercure au contraire, ne monte jamais dans les tubes capillaires, à cause de la densité de ses parties, dont l'attraction mutuelle est supérieure à celle du verre : c'est encore, selon eux, par ce même principe que l'huile monte dans le coton d'une lampe, que l'encens s'attache à ma plume, que la sève circule dans les plantes, &c.

les tubes capillaires

La réfraction, & même la réflexion de la lumière dans de certaines circonstances dépend aussi, selon les Newtoniens, de cette attraction, en raison inverse du cube des distances : ainsi, le rayon se brise d'autant plus que le milieu qu'il traverse est plus dense, parce que ce milieu l'attire d'autant plus fortement, qu'il est plus dense ; le rayon se réfléchit à une certaine obliquité d'incidence, en passant du cristal dans l'air, parce qu'à une certaine obliquité, l'attraction du cristal sur le rayon est plus puissante que son mouvement vertical, par lequel il tend à pénétrer le cristal ; le rayon s'infléchit en passant près des bords des corps, parce qu'à une très-petite distance les corps l'attirent sensiblement : enfin, le prisme sépare les différens rayons, parce qu'il les attire chacun différemment.

Les effets de la lumière dépendent aussi de l'attraction selon les Newtoniens.

Les fermentations, les cristallisations, les dissolutions, les effervescences ; tous les effets

chimiques enfin, sont aussi soumis à cette attraction si puissante dans le contact, & M. Frenid célèbre Anglois a donné une chimie entière fondée sur ce principe, mais comme les effets chimiques sont infiniment compliqués, on est obligé de supposer souvent des loix nouvelles d'attraction, quand celles des cubes n'est pas suffisante pour le détail des explications : ainsi, l'on est obligé de faire varier les loix à mesure que les Phénomènes varient.

§. 390. Quelques Newtoniens sentant l'inconvenient de supposer ainsi des loix d'attraction selon les besoins, & à combien de reproches cette facilité de créer de nouvelles loix de la nature pour chaque effet, les exposoit, ont imaginé d'expliquer tous les Phénomènes tant célestes que terrestres, par une seule & même attraction, qui agit comme une quantité algébrique $\frac{a}{x^2} + \frac{b}{x^3} + \&c.$ x marquant la distance, c'est-à-dire, (car vous n'entendez pas encore cette langue) comme le quarré, plus le cube, plus, &c. à des distances éloignées, comme par exemple, à celle des Planetes ; la partie de l'attraction qui agit comme le cube, est presque nulle, & ne dérange qu'infiniment peu l'autre partie de l'attraction, qui agit comme le quarré, & d'où dépend l'éllipticité des orbites (§. 348.)

Mais à des distances très-petites, & dans le contact

DE PHYSIQUE. CH. XVI. 325

contact des corps, la partie de l'attraction qui agit en raison du cube, ou d'une plus grande puissance devient à son tour très-forte, par rapport à l'autre, qui est alors presqu'insensible.

Cette explication est assurément très-ingénieuse, & prévient bien des objections & des reproches que l'on pourroit faire aux Partisans trop zélés de l'attraction.

§. 391. M. Keill, a mis à la fin de son *Introductio ad veram Astronomiam*, plusieurs propositions; par le moyen desquelles il prétend que l'on pourroit déduire géométriquement la plupart des Phénomènes de cette attraction si puissante dans le contact.

Usage que
Messieurs
Freind &
Keill ont
fait de ce
principe
d'attrac-
tion.

Selon ces propositions, non-seulement la cohésion & les effets chimiques sont des suites de l'attraction; mais le ressort des corps & les Phénomènes de l'électricité s'y trouvent aussi soumis.

M. Keill, frere de celui dont je viens de parler, a fait un traité de la sécretion animale, qu'il explique aussi par l'attraction.

On trouve la source de toutes ces applications de l'attraction dans les questions que M. Newton a mis à la fin de son optique. Les disciples de ce grand homme ont cru que ses doutes même pouvoient servir de fondement à leurs hypothèses: il faut avouer que quelques-unes de ces hypothèses sont un peu forcées, & qu'il y a bien de la différence pour la justesse & la pré-

cision entre les applications que l'on fait de l'attraction aux Phénomènes célestes, & l'usage que l'on en fait dans les autres effets dont je viens de parler; aussi cet usage de l'attraction n'est-il pas aussi universellement reçu par les Newtoniens mêmes, que celui que l'on fait pour l'explication des Phénomènes astronomiques.

Idee de M. de Maupertuis, sur la loi qui fait l'attraction dans notre système planétaire.

Acad. des Sciences. 1732.

§. 392. M. de Maupertuis est de tous les Philosophes François, celui qui a poussé le plus loin ses recherches sur l'attraction; il donna en 1732. à l'Académie des Sciences un Mémoire, dans lequel il recherche la raison de la préférence, que le Créateur a donné à la loi d'attraction, en raison inverse du quarré des distances, qui a lieu dans les Phénomènes astronomiques, & dans la chute des corps, sur les autres loix possibles, qui semblent avoir eu un droit égal à être employées; & il trouve par son calcul, que de toutes les loix qu'il a examinées, il n'y a que celle en raison inverse du quarré des distances qui donne la même attraction pour le tout & pour les parties qui le composent, & qui joigne à cet avantage celui de la diminution des effets avec l'éloignement des causes; ces deux avantages de l'uniformité & de l'analogie, ont paru à M. de Maupertuis pouvoir être les raisons qui ont déterminé le Créateur à choisir la loi d'attraction, en raison inverse du quarré des distances, par préférence à toutes les autres loix qu'il a parcourues.

§. 393.

DE PHYSIQUE. CH. XVI. 327

§. 393. La considération des effets qui doivent résulter de la loi d'attraction, en raison double inverse des distances, telle qu'elle a lieu dans la nature, selon les Newtoniens, fait découvrir un Phénomène bien singulier, c'est que selon cette loi, dans l'intérieur d'une Sphère creuse, il pourroit y avoir dans l'hypothèse de l'attraction en raison double inverse des distances, un monde destitué des Phénomènes de la pesanteur, & dont les habitans iroient en tout sens avec une égale facilité; car dans la concavité d'une surface sphérique, les parties de cette surface qui agissent sur le corpuscule placé dans un point quelconque de la concavité, ont toujours des actions égales, la partie la plus étroite exerçant sur le corpuscule, à raison de la plus grande proximité, une attraction, qui contrebalance celle qui est exercée par la plus large, ces deux choses, la distance du corpuscule, & la longueur de la surface sphérique qui agit sur lui, croissant toujours en même proportion dans cette loi. Ainsi, selon ce système, dans une Sphère concave les corps ne seroient point pesans, mais ils s'attireroient l'un l'autre d'une façon très-sensible, puisque leur attraction mutuelle ne seroit point absorbée comme ici-bas, par une attraction plus puissante.

Le Mémoire de M. de Maupertuis, dont je viens de parler est comme tout ce que fait ce Philosophe, plein de sagacité & de finesse de

X 4 calcul

Phénomène singulier qui résulteroit de l'attraction en raison inverse du carré des distances dans une Sphère concave.

calcul, il n'y donne son opinion sur la raison de préférence de la loi inverse des quarrés sur toutes les autres, que comme un doute, mais ce sont assurément les doutes d'un grand homme.

§. 394. Si ce Philosophe avant de rechercher la raison de préférence d'une loi d'attraction sur une autre, avoit recherché la raison suffisante de l'attraction elle-même, il est vraisemblable qu'il auroit bien-tôt reconnu que cette attraction, telle que les Newtoniens la proposent, c'est-à-dire, en tant qu'on en fait une propriété de la matière, & la cause de la plûpart des Phénomènes, est inadmissible; car selon les principes de M. de Maupertuis même, s'il y a eu une raison de préférence pour la loi d'attraction que Dieu a employée, il y en doit avoir eu une pour l'attraction elle-même.

Le principe de la raison suffisante fait voir que l'attraction n'est qu'un Phénomène.

Planche 6.
Fig. 16.

§. 395. Ce principe de la raison suffisante auquel vous avez vû dans le Chapitre premier qu'il est impossible de renoncer, détruit ce Palais enchanté fondé sur l'attraction; car soit le corps A. qui soit attiré par le corps B. selon une certaine loi à travers le vuide BA. le corps A. s'approchera du corps B. dans la direction AB. avec une vitesse à tout moment accélérée, l'état du corps A. lorsqu'il se meut avec cette vitesse accélérée, & dans une direction déterminée, est assurément différent de l'état précédent, c'est-à-dire

DE PHYSIQUE. CH. XVI. 329

dire , de l'état de repos , dans lequel il étoit avant d'être transporté dans la Sphère d'activité du corps B. car le corps mû ne peut être substitué , sauf toutes les déterminations , à la place du corps en repos ; il est donc arrivé un changement dans le corps A. ce changement a eu sa raison : ainsi , il faut chercher cette raison , ou dans le corps mû , ou hors de lui , & dans les Etres extérieurs qui agissent sur lui.

Cette raison n'est point dans ce corps , car ce corps A. qui étoit d'abord en repos , ne pouvoit se mouvoir de lui-même , ni se donner une certaine vitesse & une certaine direction , étant par sa nature indifférent au mouvement , & au repos , & à toutes les directions & les vitesses.

Cette raison n'est pas non plus hors de lui ; car l'espace AB. étant vuide par supposition , & les Newtoniens excluant toute matière subtile intermediaire , ou émanante du corps B. vers le corps A. il n'entre rien dans le corps A. qui soit parti du corps B. par où on puisse expliquer le changement qui s'est fait dans le corps A. Par conséquent ce corps A. n'a rien perdu , & n'a rien reçu , puisque rien n'y est entré , & que rien n'en est sorti , & que toutes ses déterminations internes sont les mêmes , que lorsqu'il étoit en repos : cependant il est arrivé un changement dans ce corps A. Ainsi , il faut dire , que ce changement n'a point eu de raison suffisante , & le Créateur même ne pourroit point dire :

Fig. 26

370 INSTITUTIONS

dire, (dans cette supposition) si un corps qui est en repos, se mouvra, & selon quelle loi, en ne jugeant que sur ce qu'il peut voir & connoître dans ce corps même, & en faisant abstraction du corps attirant & ne voyant que le corps attiré, & ce qui agit immédiatement sur lui; car on juge des changemens d'un corps, par le changement de ses déterminations internes, par ce qui survient de mutable à ce corps, qui fait que son état présent est différent de celui qui l'a précédé. Ce sont là les données du problème, par le moyen desquelles il faut aller à ce que l'on cherche: or, on peut dire que dans le système de l'attraction, Dieu même ne pourroit résoudre ce problème; car toutes les déterminations du corps demeurant parfaitement les mêmes, & aucune altération ne pouvant y survenir du dehors, il est absolument impossible, même à Dieu, l'unique fondement de prédiction étant ôté, de dire si ce corps doit se mouvoir, ou non, & quelle loi il suivra dans son mouvement.

L'attraction ne peut être une propriété inhérente, ni donnée de Dieu à la matière.

§. 396. On ne peut dire que Dieu pourroit connoître ce qui arriveroit au corps dans la supposition présente, en ce que l'attraction que l'on suppose, étant une propriété appartenante à toute la matière, Dieu a pû prévoir ce qui doit arriver en conséquence de cette propriété; car l'attraction fait mouvoir les corps avec une certaine vitesse, & selon une certaine direction:

or

DE PHYSIQUE. CH. XVI. 331

or, cette direction, ni cette vitesse ne sont point nécessaires, puisque cette attraction dirige ici-bas les corps graves vers le centre de la terre, & que dans la Lune, elle les fait tendre vers le centre de la Lune, & dans les autres Planetes vers les centres de ces Planetes, & qu'elle les y fait arriver plus ou moins vite, selon la masse & le diametre de ces Planetes, comme M. Newton l'a fait voir.

Donc par la seule considération d'un corps, & de ce qui agit immédiatement sur lui, Dieu même ne pourroit prévoir quelle seroit en vertu de son attraction, sa direction, ni sa vitesse, puisque cette vitesse est différente dans les différentes Planetes, & diversement altérée dans la même Planete, suivant les différens éloignemens du corps au centre de cette Planete : or, la direction & l'accélération d'où résulte le degré de vitesse étant variables, & la cause que l'on leur assigne, c'est-à-dire, l'attraction ne pouvant rendre raison de l'un ni de l'autre, il suit clairement que cette cause n'est point une cause recevable, puisqu'elle ne contient rien par où un Etre intelligent puisse comprendre pourquoi la vitesse & la direction qui sont ici les déterminations de l'Etre qu'on considère, sont plutôt telles que tout autrement; car c'est elle seule qui distingue une cause suffisante d'une cause insuffisante (v. chap. 1^r. §. 9. & 10.)

Il fait de tout ce qu'on vient de dire, que puisque la direction & la vitesse qui résultent de

Et c'est ce
qui découle
nécessairement
de la doctrine
des essen-
ces.

de l'attraction sont variables , l'attraction n'est point une propriété de la matière ; car les propriétés étant fondées dans l'essence sont nécessaires comme elle , (v. ch. 3.) or le nécessaire ne peut-être possible que d'une seule manière ; de plus , l'attraction ne découle point de l'essence de la matière ; ainsi , elle ne peut point être , non plus que la pensée , un attribut donné de Dieu à la matière ; car on a vu dans le ch. 3. que les propriétés sont incommunicables , & ne peuvent point être transplantées dans les sujets par la simple volonté de Dieu , étant absolument contraire au principe de la raison suffisante que les essences soient arbitraires : or , puisque l'attraction ne peut point être essentielle à la matière , qu'elle ne découle point de son essence , il s'en suit que Dieu n'a pu lui donner cette propriété.

§. 397. On ne peut donc se dispenser de reconnoître , que l'attraction , si on entend par ce mot autre chose qu'un Phénomène , dont on cherche la cause , seroit absolument sans raison suffisante.

§. 398. Puisque tout ce qui est , doit avoir une raison suffisante pourquoi il est ainsi plutôt qu'autrement , la direction & la vitesse imprimées par l'attraction , doivent donc trouver leur raison suffisante dans une cause externe , dans une matière qui choque le corps , que l'on regarde comme attiré , & qui détermine par son action
la

DE PHYSIQUE. CH. XVI. 333

la direction & la vitesse de ce corps, auquel ces déterminations sont indifférentes par lui-même. Ainsi, il faut chercher par les loix de la Mécanique une matière capable par son mouvement de produire les effets que l'on attribue à l'attraction.

§. 399. De sçavoir si celle que Messieurs Descartes, Hughs, & autres ont supposé, suffit pour satisfaire à tous les Phénomènes, c'est encore un problème; mais quand même aucune de ces matières n'y satisferoit, la vérité n'en souffriroit rien, & il n'en sera pas moins constant que tous ces effets doivent être opérés par des causes mécaniques, c'est-à-dire, par la matière, & le mouvement.

Un défaut dans lequel quelques Anglois trop zélés pour l'attraction, sont tombés, c'est de faire de toutes les objections contre les tourbillons des démonstrations en leur faveur. Ainsi, quand ils ont détruit quelques-unes des explications mécaniques que l'on a tâché de donner aux Phénomènes qu'ils attribuent à l'attraction, ils en concluent, *qu'il faut donc attribuer tous ces effets à l'attraction de toute la matière*; mais cette conclusion n'est nullement légitime; car c'est faire un saut dans le raisonnement, ce qui n'est pas permis en bonne logique.

Je ne vous parlerai point des observations que Monsieur Bouguer vient de faire dans la Montagne de Simbolasso au Perou, sur le fil à plomb des Instrumens Astronomiques,

car

Keil's *Antimal Secretion.*

Expérience faite au Perou par M. Bou-

guer sur
le fil à
plomb,

car n'étant point données encore au Public, on n'en peut rien sçavoir, sinon que M. Bouguer a crû appercevoir d'une manière sensible une déviation dans la direction du fil à plomb de son Quart de cercle, & qu'il a attribué ce dérangement à l'attraction: mais la justesse de cette expérience dépend des plus petites différences, suivant M. Bouguer même; il peut s'y mêler des circonstances étrangères, qui doivent se dérober à l'exactitude, & à la perspicacité de l'observateur; en un mot M. Bouguer ne propose point ses observations comme absolument décisives; il les donne pour avertir qu'on les répète, & qu'on fasse attention aux erreurs qui pourroient peut-être retomber de ce côté-là, sur la mesure de la terre; mais quand même cette observation seroit hors de tout doute, il resteroit encore à examiner, si quelque matière subtile n'est point la cause de ce Phénomène; car rien n'est moins concluant en faveur de l'attraction, que de faire voir que telle ou telle explication mécanique d'un Phénomène ne peut subsister: il viendra peut-être un tems où l'on expliquera en détail les directions, les mouvemens, & les combinaisons des fluides, qui opèrent les Phénomènes, que les Newtoniens expliquent par l'attraction, & c'est une recherche dont tous les Physiciens doivent s'occuper.

Il faut rechercher la cause mécanique qui opère les Phénomènes qu'on attribue à l'attraction.

CHAP.



CHAPITRE XVII.

Du repos, & de la chute des Corps sur un plan incliné.

§. 400.



L'Action de la gravité est toujours uniforme, & toujours dirigée perpendiculairement vers le centre de la terre (§. 303. & 338.) Ainsi, lorsqu'un Corps qui tombe vers la terre change sa direction par son mouvement, il faut nécessairement que quelque cause étrangère se soit mêlée à l'action de la gravité sur lui.

Par quelles causes un Corps qui tombe vers la terre, change sa direction.

§. 401. Ces causes étrangères peuvent être actives

336 INSTITUTIONS

actives ou passives; les causes actives sont celles qui impriment un nouveau mouvement aux corps, comme lorsque je jette une pierre qui seroit tombée par la seule force de sa gravité.

Les causes passives sont celles qui n'impriment aucun nouveau mouvement au corps, mais qui changent seulement sa direction.

Les plans inclinés, c'est-à-dire, les superficies planes, qui font un angle oblique avec l'horison, sont des causes passives qui changent la direction du corps sans lui imprimer aucun mouvement.

§. 402. Si ces plans étoient parallèles ou perpendiculaires à l'horison, ils ne changeroient point la direction des corps qu'on y auroit placés; mais dans le premier cas ils opposeroient un obstacle invincible à la descente de ce corps, comme le plan AB. au corps P. car ce corps étant entièrement soutenu par le plan y resteroit en repos toute l'éternité, à moins que quelque cause extérieure n'agît sur lui pour le tirer de ce repos.

Fig. 38. Dans le second cas, c'est-à-dire, si le plan étoit perpendiculaire à l'horison comme dans la Figure 38. il n'apporteroit aucun obstacle à la chute du corps P. & ce corps descendroit vers la terre le long de ce plan, de même que si ce plan n'y étoit pas, (en faisant abstraction du frottement) car l'action de la gravité étant toujours dirigée perpendiculairement à l'horison, le plan vertical A. B. ne peut apporter aucun obstacle à son action.

§. 403.

DE PHYSIQUE. CH. XVII. 337

§. 403. Mais lorsque ce plan est incliné à l'horison, comme dans la Figure 39. alors il s'oppose en partie à la descente du corps vers la terre.

Les plans inclinés changent la direction des corps en s'opposant à leur chute.

Fig. 394

Les corps qui tombent par un plan incliné, ont donc une gravité absolue, & une gravité respectve, c'est-à-dire, diminuée par la résistance du plan.

Leur gravité absolue est la force avec laquelle ils descendroient perpendiculairement vers la terre, si rien ne s'opposoit au mouvement qui les y porte, & leur gravité respectve est cette même force diminuée par la résistance du plan.

La ligne AC. perpendiculaire à l'horison, s'appelle la hauteur du plan.

Défini-
tions.

Fig. 395

§. 404. La ligne AB. oblique à l'horison, s'appelle la longueur du plan.

§. 405. La ligne BC. qui est parallèle à l'horison, s'appelle la base du plan, & l'angle ABC. que le plan AB. fait avec l'horison, s'appelle l'angle d'inclinaison de ce plan.

§. 406. La gravité respectve d'un corps dans un plan incliné, est à sa gravité absolue, comme la longueur du plan est à la hauteur; car ce plan ne s'oppose à la descente perpendiculaire du corps, & ne diminue par conséquent

Tome I.

#

X.

3a

338 INSTITUTIONS

sa gravité absolue qu'autant qu'il est incliné à l'horison, puisque s'il y étoit perpendiculaire, il ne s'y opposeroit point du tout (§. 401.) Donc plus ce plan est incliné à l'horison, ou ce qui est la même chose, moins il a de hauteur, plus le corps est soutenu par le plan, & moins il a par conséquent de gravité respective: donc la gravité respective de ce corps sur ce plan, est à sa gravité absolue, comme la hauteur du plan est à sa longueur.

La gravité respective est à la gravité absolue dans un plan incliné, comme la hauteur du plan est à sa longueur.

Fig. 40.

§. 407. La gravité respective du même corps sur des plans différemment inclinés, est comme l'angle d'inclinaison de ces plans, car plus cet angle augmente, plus la gravité respective du corps est grande, & au contraire.

Ainsi, la gravité respective du corps P. est plus grande sur le plan AD. que sur le plan AC. car l'angle ADB. est plus grand que l'angle ACB.

§. 408. Si l'angle de l'inclinaison devenoit un angle droit, la gravité respective se confondroit avec la gravité absolue, à laquelle elle seroit égale; car alors le plan ne résistant point à la chute du corps, il ne diminueroit point sa gravité absolue.

§. 409. Si cet angle devenoit nul, la gravité deviendroit aussi nulle, & le corps n'auroit plus aucune tendance à se mouvoir le long du plan, lequel

DE PHYSIQUE. CH. XVII. 339

lequel seroit alors horizontal, & si cet angle devenoit infiniment petit, la gravité respective de ce corps deviendroit infiniment petite.

§. 410. Un plan incliné ne peut par lui-même empêcher le corps qui est posé sur lui de descendre vers la terre, il ne peut que retarder sa chute : ainsi, afin qu'un corps reste en repos sur un plan incliné, il faut que quelqu'autre force que la résistance du plan l'y soutienne.

Du repos
des corps
sur un plan
incliné.

§. 411. Un corps qui reste en repos sur un plan incliné est tenu en équilibre par deux puissances qui contrebalancent sa gravité absolue. 1°. La résistance du plan qui agit, selon la ligne BD. perpendiculaire à ce plan, car le plan étant pressé selon cette ligne par le poids P. presse ce poids selon la même direction, à cause de l'égalité de l'action & de la réaction. 2°. La force extérieure qui soutient le corps, sur le plan.

Comment
un corps
peut-être
tenu en é-
quilibre sur
un plan in-
cliné.

Fig. 41.

§. 412. La résistance du plan reste toujours la même dans un même plan, mais la direction de la puissance qui soutient le corps sur ce plan peut changer, & il faut que cette force soit différente dans ses différentes directions pour empêcher les corps de tomber ; car elle soutient plus ou moins dans ces directions différentes.

Quelle
proportion
la force qui
soutient le
corps sur
un plan in-
cliné, doit
avoir au
poids dans
les diffé-
rentes di-
rections.

§. 413. Si la puissance qui soutient le corps sur

Y 2 le

345 INSTITUTIONS

Fig. 42. le plan est verticale comme la puissance SP. il faut qu'elle soit égale au poids du corps ; car alors elle le soutient tout entier , & le plan incliné n'est plus compté pour rien.

Fig. 43. §. 414. Cette puissance devra être d'autant moindre que sa direction s'éloignera plus de la direction verticale , en sorte que quand cette direction sera paralelle au plan incliné comme dans la Fig. 43. pour que ce corps P. soit soutenu sur le plan AB. il faudra que la puissance S. soit au poids du corps P. comme la hauteur du plan est à sa longueur , c'est-à-dire , comme la gravité respective de ce corps à la gravité absolue ; car la gravité respective de ce corps est la seule chose que cette puissance ait à contrebalancer dans cette direction.

Cette direction paralelle au plan , est celle dans laquelle la puissance qui soutient le corps doit être la plus petite ; car alors la résistance du plan agit entièrement , & par conséquent la puissance qui empêche le corps de tomber a d'autant moins à soutenir.

§. 415. A mesure que la direction de la puissance qui soutient le corps , s'éloigne du parallelisme au plan , cette puissance doit être plus grande pour empêcher le corps de tomber , en sorte qu'elle doit être plus grande dans la direction OP. que dans la direction SP. jusqu'à ce qu'enfin si elle devenoit perpendiculaire au plan
comme

Fig. 44.
C 43.

DE PHYSIQUE. CH. XVII. 341

comme la puissance $K P$. elle ne pourroit plus, quelque grande qu'elle fût, empêcher le corps de tomber le long du plan; car elle n'auroit que la même action que le plan AB . lui-même, & par conséquent elle ne pourroit empêcher le corps de tomber le long de ce plan.

Fig. 45

§. 416. Enfin, cette puissance pourroit être infiniment petite, si le plan étoit infiniment peu haut, ce qui n'a pas besoin d'être prouvé.

§. 417. Si le poids L . (que je suppose être la puissance qui soutient le corps P . sur le plan AB .) si le poids L . dis-je, au lieu de tenir le corps P . en équilibre sur le plan AB . le faisoit monter parallèlement le long de ce plan, tandis qu'il descendroit lui-même perpendiculairement le long de la ligne AC . la hauteur dont le poids P . montera, sera à celle dont le poids L . descendra, comme la hauteur du plan est à sa longueur; car suppose que le poids L . ait fait monter le poids P . de B . en R . dans le plan AB . c'est comme si ce poids P . étoit monté perpendiculairement de la hauteur RH . mais le poids L . qui descend perpendiculairement est descendu de la hauteur entière BR . or à cause des triangles semblables RBH . ABC . RH . est à BR . comme AC . est à AB . (Euclide Liv. 6. prop. 4.) Donc la hauteur dont le poids P . est monté, est à celle dont le corps L . est descen-

Fig. 46

Y 3. du,

342 INSTITUTIONS

du , comme la hauteur du plan est à sa longueur , & les hauteurs auxquelles ces deux poids monteront & descendront seront en raison réciproque de leur poids.

Pourquoi il est plus difficile de monter une montagne , que de marcher dans une plaine.

§. 418. Il est aisé de voir par tout ce qui vient d'être dit, pourquoi un carosse monte plus difficilement une montagne qu'il ne roule sur un terrain horizontal ; car il faut que les chevaux soutiennent pendant qu'ils montent une partie du poids du carosse , lequel est à son poids total , comme la hauteur perpendiculaire du plan , c'est-à-dire , de la montagne , est à sa longueur ; & c'est par la même raison que l'on roule plus aisément sur un terrain uni , que sur le terrain raboteux ; car les inégalités du terrain font autant de petits plans inclinés.

Fig. 47.

§. 419. Deux corps P. & S. qui se tiennent en équilibre sur des plans inégalement inclinés , mais dont la hauteur est la même , sont entr'eux comme la longueur des plans , sur lesquels ils s'appuyent ; car ils sont alors l'un pour l'autre ce que seroient des poids qui les tiendroient en repos sur ces plans , & dont la direction seroit parallèle à ces plans (§. 414.)

De la chute des corps par un plan incliné.

Fig. 48.

§. 420. Lorsqu'aucune force ne retient les corps posés sur un plan incliné , ils descendent nécessairement vers la terre le long de ce plan (§. 410.) & le mouvement du corps peut-être alors

DE PHYSIQUE. CH. XVII. 343

alors considéré comme un mouvement composé, & le plan dans lequel il descend comme la diagonale du parallélogramme formé sur les deux directions composantes, sçavoir, la perpendiculaire vers la terre, que la gravité imprime à tout moment aux corps, & l'horizontale causée par l'inclinaison du plan.

§. 421. Mais cette résistance du plan qui imprime au corps la direction horizontale, ne lui imprime aucun mouvement, puisque si elle avoit son effet entier, cet effet seroit le repos du corps; elle ne fait donc réellement que retarder le mouvement que la gravité imprime aux corps, & changer la direction de ce mouvement.

§. 422. Ainsi, les corps en descendant dans un plan incliné, n'ont d'autre mouvement que celui que la gravité leur imprime sans cesse pour arriver au centre de la terre.

§. 423. Puisque les corps descendent dans un plan incliné par la seule force de leur gravité, ils y descendent donc d'un mouvement également accéléré; car la raison de la gravité respectivement à la gravité absolue d'un corps sur un plan incliné étant toujours comme la hauteur du plan à sa longueur (§. 406.) & la gravité agissant toujours uniformément, le corps doit se mouvoir d'un mouvement également

Y 4 accéléré

144 INSTITUTIONS

accélééré , en descendant dans le plan incliné pendant tout le tems qu'il y descend.

Les corps suivent les mêmes loix dans leur chute par un plan incliné que dans leur chute perpendiculaire.

§. 424. La descente des graves dans un plan incliné suit donc les mêmes loix que leur chute perpendiculaire : ainsi , les espaces qu'ils parcourent dans le plan incliné sont comme les quarrés de leurs tems , ou de leurs vîteses ; l'espace qu'ils parcourent d'un mouvement accélééré est égal à l'espace qu'ils parcoureroient d'un mouvement uniforme pendant un tems égal , & avec la moitié des vîteses acquises pendant l'accélération , & enfin les espaces parcourus dans les tems égaux & successifs de la chute croissent comme les nombres impairs 1. 3. 5. 7. &c. (ch. 13. §. 306.)

Mais les espaces qu'ils parcourent , & les vîteses qu'ils acquierent , ne sont pas égales en tems égal.

§. 425. Mais si les corps suivent dans leur chute par les plans inclinés les mêmes proportions que dans leur chute perpendiculaire , les vîteses qu'ils y acquierent , & les espaces qu'ils parcourent ne sont pas égaux en tems égaux , aux vîteses qu'ils acquierent & aux espaces qu'ils parcourent , lorsqu'ils descendent perpendiculairement.

§. 426. La vîtesse d'un corps qui tombe dans un plan incliné est l'effet de sa gravité respective , & sa vîtesse dans un plan perpendiculaire est celui de sa gravité absolue ; ces vîteses doivent donc être différentes , puisque les causes qui

DE PHYSIQUE. CH. XVII. 345

qui les produisent sont différentes.

La vitesse que le corps acquiert en tombant dans un plan incliné, est donc à la vitesse qu'il acquiert en tombant perpendiculairement en un tems égal, comme la hauteur du plan est à sa longueur, c'est-à-dire, comme la gravité respective & la gravité absolue qui produisent ces vitesses, sont entr'elles (§. 406.) & ces vitesses conservent entr'elles la même raison pendant tous les tems égaux de la chute,

Les vitesses dans le plan incliné, sont aux vitesses perpendiculaires en tems égal, comme la hauteur du plan à sa longueur.

§. 427. Voilà pourquoi Galilée se servit du plan incliné pour découvrir les loix que les corps suivent dans leur chute; car les corps observant les mêmes proportions dans leur chute oblique, & dans leur chute perpendiculaire, & leur chute oblique s'operant plus lentement, il lui étoit plus aisé de discerner les espaces que les corps parcouroient, lorsqu'ils tomboient par un plan incliné, que lorsqu'ils tomboient perpendiculairement.

Ainsi, les corps tombent plus lentement dans un plan incliné, que par une ligne perpendiculaire.

§. 428. Les espaces que le corps parcourt en tombant dans un plan incliné sont à ceux qu'il parcoureroit en tombant perpendiculairement dans un tems déterminé, comme la vitesse du corps dans le plan incliné, est à la vitesse perpendiculaire au bout de ce tems, c'est-à-dire; comme la hauteur du plan est à sa longueur.

§. 429. Si de l'angle rectangle que la hauteur

346 INSTITUTIONS

Fig. 49.

teur perpendiculaire du plan fait toujours avec l'horifon, on tire une ligne BD. perpendiculaire au plan incliné AC. la ligne AD. fera à la ligne AB. comme la ligne AB. est à la ligne AC. (Euclide Liv. 6. prop. 8.) Or, on vient de voir que l'espace parcouru dans le plan incliné est à la chute perpendiculaire dans le même tems, comme la hauteur du plan est à sa longueur. Le corps parcourera donc dans le plan incliné l'espace AD. dans le même tems dans lequel il tomberoit perpendiculairement de A. en B. puisque la ligne AD. est à la ligne AB. comme la hauteur du plan est à sa longueur, & il n'y a dans le plan AC. que cet espace AD. qui puisse être parcouru en même tems que l'espace AB. car il n'y a dans le plan incliné ABC. que cet espace AD. qui puisse être à l'espace AB. comme AB. est à AC. (Euclide Liv. 6. prop. 8.)

§. 430. Ainsi, lorsqu'on connoît l'espace qu'un corps parcoureroit dans sa chute perpendiculaire en un tems donné, on connoît celui qu'il parcoureroit dans le même tems dans un plan incliné, dont cette chute perpendiculaire seroit la hauteur en tirant de l'angle droit formé par la ligne verticale, & par l'horizontale une ligne perpendiculaire au plan incliné.

§. 431. C'est de cette proposition que l'on tire cette autre-ci qui est d'un usage très-étendu, sçavoir : *Que dans un cercle dont le diamètre*

tre

DE PHYSIQUE. CH. XVII. 347

tre est perpendiculaire à l'horison , la chute d'un corps par une corde quelconque menée des extrémités du diamètre à la circonférence , se fait en un tems égal à celui dans lequel le corps parcoureroit le diamètre entier.

Dans le cercle ABC. le diamètre AB. perpendiculaire à la ligne horizontale LM. peut être considéré comme la hauteur des plans inclinés AM. AG. or les angles ARB. AKB. sont droits (Eucl. Liv. 3. prop. 31.) Ainsi , les lignes BK. BR. sont perpendiculaires aux plans inclinés AM. AG. & par conséquent les corps qui tomberoient du point A. arriveroient en même tems en R. en K. & en B.

Les corps parcourent en tems égal toutes les cordes d'un cercle dont le diamètre est perpendiculaire à l'horison.

Fig. 500.

On prouvera de la même façon que le corps doit parcourir les cordes KB. RB. dans le même tems dans lequel il parcoureroit le diamètre AB. car on peut mener par le point A. les cordes AF. AH. égales & parallèles aux cordes RB. KB. or ces cordes AF. AH. seront parcourues dans le même tems que le diamètre AB. (par la §. 431.) Donc les cordes RB. KB. qui leur sont égales & parallèles, seront aussi parcourues dans le même tems que ce diamètre AB.

Fig. 501

§. 432. Il suit évidemment de cette proposition que le point dans lequel la ligne tirée perpendiculairement de l'angle droit au plan incliné rencontre le plan , est dans la circonférence du cercle , dont la hauteur du plan est le diamètre.

§. 433.

§. 433. Ainsi dans un cercle dont le diamètre est perpendiculaire à l'horison, toutes les cordes tirées des extrémités de ce diamètre à la circonférence, sont parcourus ainsi que le diamètre lui-même dans un tems égal, & les corps étant abandonnés à eux-mêmes, arriveront en même tems au point B. soit qu'ils partent du point R. ou du point K. ou du point O. ou du point A. ou enfin d'un point quelconque de la circonférence ABC. car chacune de ces cordes peut être considérée comme des parties de plusieurs plans inclinés, dont le diamètre AB. est la hauteur.

Fig. 55.

La raison pour laquelle toutes les cordes sont parcourues en tems égal, c'est qu'elles sont d'autant plus inclinées qu'elles sont plus courtes, & d'autant plus verticales, qu'elles sont plus longues.

§. 434. Le tems qu'un corps employe à tomber par un plan incliné est d'autant plus long que ce plan est plus incliné, & ce tems est au tems de la chute perpendiculaire comme la longueur du plan est à sa hauteur.

§. 435. Ainsi, les tems de la chute d'un corps par des plans différemment inclinés, mais dont la hauteur est la même, sont comme les longueurs de ces plans, ce qui n'a pas besoin

DE PHYSIQUE. CH. XVII. 349

besoin de preuve après ce qui vient d'être dit.

§. 436. J'ai dit (à la §. 425.) que les vîteses acquises dans le plan incliné, n'étoient pas égales aux vîteses que le corps auroit acquis en tombant perpendiculairement pendant le même tems, mais ce qui est vrai dans les tems partiels de la chute, ne l'est plus dans le tems total: car dans les parties de la chute, on compare les vîteses acquises dans la chute oblique pendant un tems quelconque, aux vîteses que le corps acquereroit en tombant perpendiculairement pendant le même tems; mais dans la chute totale, on compare les vîteses acquises dans les tems totaux des deux chutes, l'oblique, & la perpendiculaire. Or, ces tems sont inégaux, puisqu'ils sont entr'eux comme la longueur & la hauteur du plan sont entr'elles. Ainsi, les vîteses de deux corps, dont l'un tomberoit perpendiculairement, & l'autre par un plan incliné, seroient égales, à la fin de leur chute, quoiqu'elles fussent inégales dans un tems quelconque de la chute: ainsi, dans le plan incliné ABC. l'espace AB. & l'espace AD. sont parcourus dans le même tems, mais la vîtesse que le corps a acquis au point B. & au point D. n'est pas égale, la vîtesse acquise au point B. est à celle que le corps a acquis en D. comme AC. à AB. c'est-à-dire, comme la longueur du plan est à sa hauteur.

Les vîteses acquises à la fin de la chute perpendiculaire & de la chute oblique, sont égales, mais les tems de ces chutes sont inégaux.

Fig. 42.

Mais

Mais lorsque le corps est arrivé en D. & qu'il continue à tomber de D. en C. sa vitesse croît en même raison que le tems de son mouvement : ainsi , la vitesse acquise en C. est à la vitesse acquise en D. comme AC. à AD. ou à AB. c'est-à-dire , comme la longueur du plan est à sa hauteur , puisque les vitesses croissent comme les tems , (§. 434.) Les vitesses acquises en B. & en C. sont donc égales , puisqu'elles sont l'une & l'autre à la vitesse acquise en D. comme AC. à AB.

Cette proposition n'est pas du nombre de celles dans lesquelles la géométrie persuade l'esprit presque malgré lui ; car il est aisé de sentir que la force par laquelle le corps tend à descendre vers la terre , étant la seule qui le fasse descendre dans le plan incliné , quand cette force a eu tout son effet , elle doit avoir communiqué au corps la même vitesse , quelque soit le chemin par lequel il soit tombé : ainsi , le corps a acquis la même vitesse , lorsqu'il a atteint l'horison , soit qu'il y soit parvenu par une ligne perpendiculaire , ou par un plan incliné , ou par plusieurs plans inclinés contigus , pourvu qu'il soit tombé de la même hauteur perpendiculaire.

§. 437. Il suit de là , qu'un corps qui est tombé perpendiculairement de L. en I. a acquis la même vitesse que s'il étoit tombé de H. en I. ainsi :

Fig. 51.

DE PHYSIQUE. CH. XVII. 351

ainsi, s'il continuoit de tomber de I. en K. par le plan incliné IK. son mouvement seroit le même que s'il étoit tombé de H. en K.

Mais comme son mouvement est plus lent par le plan incliné IK. que par le plan perpendiculaire IM. (§. 426.) un corps qui tomberoit de L. en I. puis de I. en K. arriveroit plus tard à l'horison en K. que s'il y étoit arrivé par le plan perpendiculaire LM. quoique par l'un & par l'autre chemin il ait acquis la même vitesse; car il a employé cette vitesse à parcourir un espace plus long dans le premier cas que dans le second.

§. 438. Ainsi, un corps en descendant par le plan incliné LM. aura acquis la même vitesse en M. que s'il étoit tombé de I. en M. ou de Q. en G. & si étant arrivé en M. il continuoit son chemin le long du plan incliné MN. il auroit la même vitesse en N. que s'il étoit tombé de Q. en N. ou de Q. en P. & si étant arrivé en N. il continuoit encore son chemin par NO. il auroit acquis en O. la même vitesse, que s'il étoit tombé de Q. en R. Ainsi, un corps qui tombe par plusieurs plans inclinés contigus comme LM. MN. NO. aura acquis, lorsqu'il sera parvenu à l'horison la même vitesse, que s'il étoit tombé de la hauteur perpendiculaire de ces plans représentée par la ligne QR. en supposant que
dans

Fig. 524

Unecourbe
Peut être
considérée
comme
une infinité
de plans
inclinés
contigus.

dans les changemens de direction en M. & en N. il n'y ait eu aucun frottement qui ait diminué la vitesse du corps.

Les corps suivent dans les courbes les mêmes loix que dans les plans inclinés.

§. 439. Une courbe n'étant autre chose qu'une infinité de plans inclinés contigus infiniment petits, les corps en descendant dans la courbe QH. acquéreroient la même vitesse que s'ils étoient tombés de Q. en R.

§. 440. Lorsque les angles d'inclinaison de deux plans sont égaux, ils sont également inclinés, quoique leur hauteur & leur longueur soient différentes, car leur inclinaison dépend de l'angle qu'ils font avec l'horison, & non de leur hauteur ou de leur longueur.

Les plans également inclinés ABC. abc: ayant l'angle d'inclinaison B. & b. égal par supposition, & l'angle en C. & en c. étant droit dans l'un & dans l'autre, ces plans forment des triangles semblables, dont les côtés sont proportionnels (Euclide Liv. 6. prop. 4.) ainsi, AB. est à ab. comme AC. est à ac. Dans les plans également inclinés, les hauteurs sont donc proportionnelles aux longueurs; & si deux corps descendent dans deux plans ou dans plusieurs plans contigus également inclinés, les tems qu'ils emploieront à tomber par ces plans, seront entr'eux en raison sous-double de leur longueur, ce qui

Fig. 53.
54.

Fig. du Chap. 17.

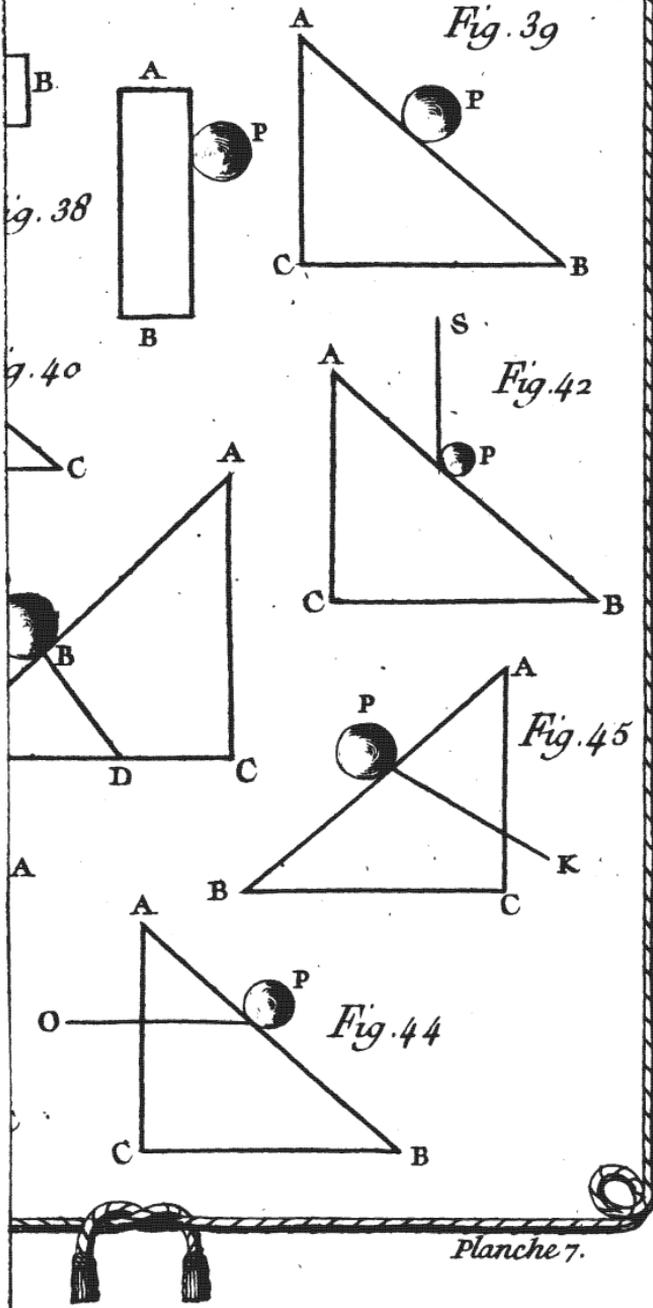


Planche 7.

Fig. 47

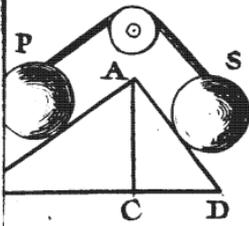


Fig. 48

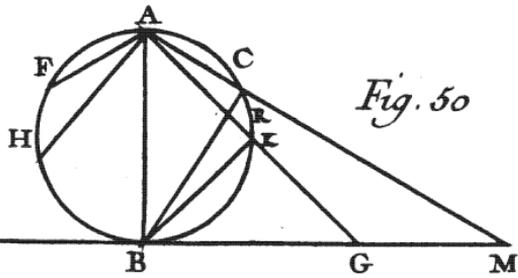
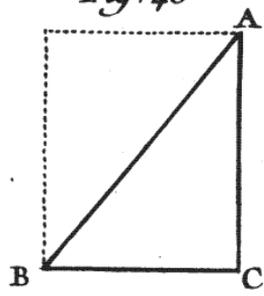


Fig. 50

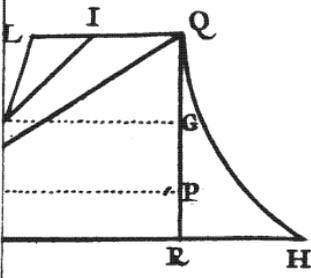


Fig. 53

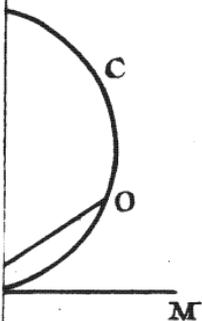
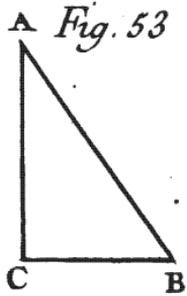


Fig. 54

DE PHYSIQUE CH. XVII. 353

qui n'a pas besoin de preuve, puisque ces tems sont toujours en raison sous-double des espaces parcourus (§. 315. n^o. 4^o.)

§. 441. Si au lieu de plans contigus on imagine deux courbes composées de plans inclinés infiniment petits, les tems de la chute dans les deux courbes seront dans la même raison que dans les plans également inclinés.

§. 442. Il suit de tout ce qui a été dit dans ce Chapitre, que les corps en tombant par une superficie quelconque, soit courbe, soit inclinée, acquièrent la vitesse nécessaire pour remonter à la même hauteur, si leur direction venoit à être changée, sans que leur vitesse fût diminuée, soit qu'ils remontassent par la même superficie, ou par quelque autre dont la hauteur fût la même; car les corps en tombant par un plan incliné suivent les mêmes loix qu'en tombant perpendiculairement: or dans la chute perpendiculaire les corps acquièrent des vitesses capables de les faire remonter à la même hauteur dont ils sont descendus, & ces vitesses leur sont ôtées en remontant de la même façon qu'elles leur avoient été imprimées en descendant, & c'est là la cause de l'oscillation des Pendules, dont je vais vous parler dans le Chapitre suivant.

Les corps acquièrent dans les plans inclinés la vitesse nécessaire pour remonter à la même hauteur, dont ils sont tombés.



CHAPITRE XVIII.

De l'Oscillation des Pendules.

§. 443.

Ce que
c'est qu'un
Pendule.

UN Pendule est un corps grave, suspendu à un fil, & attaché à un point fixe autour duquel il peut se mouvoir par l'action de la gravité, lorsqu'on l'a mis une fois en mouvement.

Quelle est
la cause de
ses vibra-
tions.

Fig. 56.

§. 444. Si le corps P. suspendu à un fil BP. est attaché au point immobile B. & qu'étant tiré de la position BP. perpendiculaire à l'horizon, il soit élevé en C. par exemple, & ensuite abandonné à lui-même, il est certain qu'il descendra

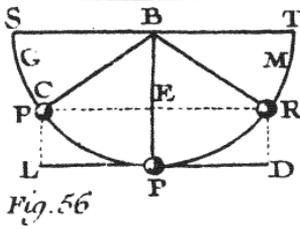


Fig. 56

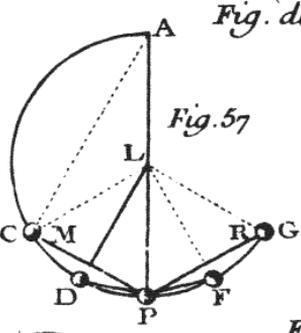


Fig. 57

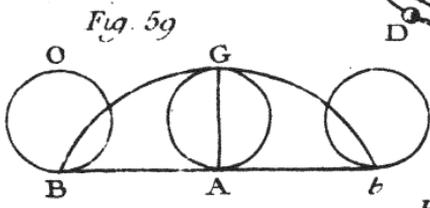


Fig. 59



Fig. 61

Fig. 60

Fig. 65

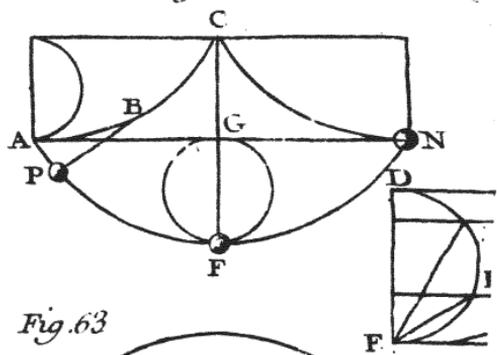
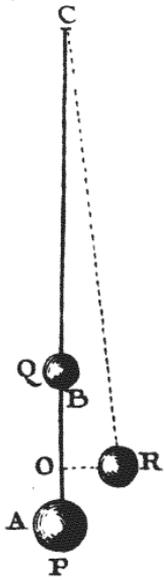
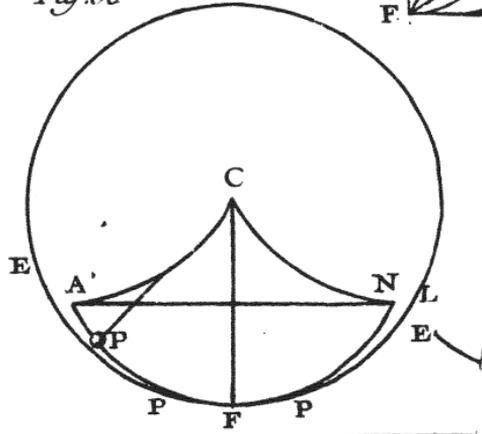


Fig. 63



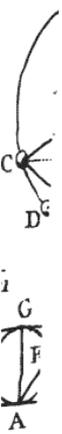
DE PHYSIQUE. CH. XVIII. 355

vers la terre par la force de sa gravité autant qu'il lui sera possible.

Si ce corps étoit entièrement libre, il suivroit la ligne perpendiculaire CL. mais étant attaché en B. par le fil BP. il ne peut obéir qu'en partie à l'effort de la gravité qui le porte dans cette ligne CL; ainsi, il est contraint de descendre par l'arc CP.

Le corps P. en tombant de C. en P. par l'arc CP. a acquis la même vitesse, que s'il étoit tombé de la hauteur perpendiculaire EP. & par conséquent il a la vitesse nécessaire pour remonter à cette même hauteur, par la même courbe en tems égal, supposé que quelque cause change sa direction sans altérer sa vitesse (§. 319. n°. 1°.) Cette cause, qui change la direction que la gravité imprime au corps P. est le fil BP. car lorsque le corps est arrivé en P. il ne peut plus descendre vers la terre; cependant il conserve toute la vitesse, que la gravité lui avoit imprimée de C. en P. Or, si dans ce moment la gravité cessoit d'agir sur le corps, & qu'il ne fût plus retenu par le fil BP. il suivroit la ligne droite PD. tangente du cercle CP. dans lequel le corps se meut (premiere loi §. 229.); mais le fil BP. opposant au point P. un obstacle invincible à sa gravité, le corps tend à s'échapper par la tangente PD. dont le fil BP. le retire au premier moment pour lui faire commencer une autre tangente, dont il est à tout moment retiré: ainsi, le fil BP. faisant changer à tout moment

Z 2 ment



356 INSTITUTIONS

ment de direction à ce corps, il lui fait parcourir l'arc du cercle PR. & cet arc PR. est égal à CP. car ce corps par la force acquise en tombant de C. en P. doit remonter à la même hauteur d'où il étoit tombé, puisque la gravité lui ôte de P. en R. tout ce qu'elle lui avoit donné de C. en P. (§. 318.)

C'est de la même manière à peu près que les corps célestes font leur révolution dans des courbes autour du Soleil sans tomber dans cet astre, comme je l'expliquerai en parlant de l'Astronomie.

Lorsque le corps P. est arrivé en B. toute la force qu'il avoit pour remonter étant consumée, il tombera de nouveau en P. par la pesanteur, d'où il remontera en C. & ainsi de suite. Cette allée & ce retour du Pendule BP. de C. en P. & de P. en R. est ce qu'on appelle les oscillations, les vibrations de ce Pendule, dont on voit que la pesanteur est l'unique cause.

Fig. 56.

Ce que
est qu'une
vibration.

Les Pen-
dules dans
leurs vi-
brations
décrivent
des arcs de
cercle.

§. 445. Le corps P. étant retenu par le fil BP. dans la circonférence du cercle GPM. dont ce fil BP. est le rayon, l'arc CPR. qu'il décrira sera un arc de cercle.

§. 446. Ainsi, le fil BP. auquel le corps qu'on oscille, est attaché, est pour ce corps un obstacle, qui s'oppose à la force qui le porte vers la terre, & c'est cette seule force de la gravité, qui fait faire des vibrations à ce corps.

§. 447.

DE PHYSIQUE CH. XVIII. 357

§. 447. La ligne droite SBT. parallèle à l'horizon, & passant par le point B. autour duquel le Pendule BP. oscille, s'appelle l'axe d'oscillation & le point B. auquel le fil BP. est attaché, s'appelle le point de suspension.

Défini-
tions.

Fig. 564

Dans les Pendules on considère le poids du corps suspendu comme étant concentré en un seul point.

§. 448. Les Pendules peuvent être simples ou composés.

§. 449. Les Pendules simples sont ceux auxquels il n'y a qu'un poids suspendu ; & les Pendules composés sont ceux auxquels plusieurs poids sont attachés à différentes distances du point de suspension.

Des Pen-
dules sim-
ples.

Des Pen-
dules com-
posés.

§. 450. Si l'air ne résistoit point au mouvement du Pendule, & que le fil auquel il tient n'éprouvât aucun frottement à son point de suspension, on sent aisément qu'un corps qui auroit commencé à faire des oscillations de C. en P. & de P. en R. les continueroit pendant toute l'éternité, puisqu'en tombant de C. en P. il acquiert la vitesse nécessaire pour remonter de P. en R. & qu'étant arrivé en R. il retombe en P. par la force de sa gravité, pour remonter ensuite en C. par la force acquise en descendant, & ainsi de suite.

Un Pen-
dule feroit
des oscil-
lations
pendant
toute l'é-
ternité,
dans un
milieu non
résistant
sans les
frottemens

Fig. 565

Z 3

§. 451

§. 451. Mais comme nous ne connoissons point de corps exempt de frottement, & que l'air dans lequel les Pendules oscillent, résiste à leur mouvement, tout pendule étant abandonné à lui-même perd à la fin son mouvement, & au bout d'un certain tems les arcs qu'il décrit diminuent, jusqu'à ce qu'enfin les arcs devenant infiniment petits, le Pendule reste en repos dans la direction perpendiculaire à l'horison qui est sa direction naturelle.

§. 452. On fait cependant abstraction de la résistance de l'air & du frottement, que le Pendule éprouve à son point de suspension, lorsqu'on traite des oscillations des Pendules, parce qu'on ne les considère que dans un tems très-court, & que dans un petit espace de tems, ces deux obstacles ne font pas un effet sensible sur le Pendule.

Fig. 57. §. 453. Si les arcs du cercle CP. PG. que le corps P. parcourt dans ses vibrations sont très-petits, ils différeront très-peu en longueur & en inclinaison des cordes MPRP. qui les soutiennent; ainsi le corps fera une demie oscillation de C. en P. dans un tems sensiblement égal à celui qu'il employeroit à parcourir la corde MP. ou le diamètre AP. du cercle ACP. dans lequel il oscille (§. 433.)

§. 455:

DE P H Y S I Q U E. CH. XVIII. 359

§. 454. Il suit de là qu'un Pendule, qui fait ses oscillations dans des arcs de cercle très-petits, les fait dans des tems sensiblement égaux, quoique les arcs qu'il parcourt ne soient pas égaux; car ces arcs étant parcourus dans des tems sensiblement égaux à ceux que le corps employeroit à parcourir les cordes qui les soutiennent, & ces cordes étant toutes parcourues en tems égal (§. 433.) le Pendule P. parcourera les petits arcs CPG. DPF. dans des tems sensiblement égaux; ainsi, deux Pendules d'égale longueur que l'on fait osciller dans de petits arcs de cercle différens, font leurs vibrations si également, que dans cent vibrations, à peine différent-ils d'une seule.

Les oscillations dans de très-petits arcs de cercle inégaux, se font dans des tems sensiblement égaux.

Fig. 57.

§. 455. Les vîteses des corps qui oscillent dans des arcs de cercle différens CB. DB. sont entre elles, lorsqu'ils sont arrivés au point B. comme les soutendantes de l'arc-qu'ils ont parcouru; car en tirant les lignes horizontales CF. DE. les vîteses que le corps a acquis en tombant par les arcs CB. DB. sont les mêmes que celles qu'il auroit acquis en tombant perpendiculairement de F. en B. & de E. en B. (§. 438.) Or la vîtesse acquise de F. en B. est à la vîtesse acquise de G. en B. en raison sous doublée de GB. à FB. (§. 315. num. 4^o.) ou comme la ligne CB. est à la ligne GB. (§. 429.); de même la vîtesse acquise de E. en B. est à la vîtesse de G. en B. en raison sous-doublée de EB. à GB.

Les vîteses acquises par des arcs inégaux, sont comme leur soutendantes.

Fig. 58.

Z. 4 c'est-à-dire,

c'est-à-dire, comme la ligne DB. est à la ligne GB. & par conséquent la vitesse de F. en B. est à celle de E. en B. comme la corde CB. est à la corde DB. mais la vitesse acquise en tombant par les arcs CB. DB. est égale à la vitesse que le corps acquerrait en tombant perpendiculairement de F. en B. & de E. en B. (§. 444.) Donc les vitesses acquises en tombant par ces arcs sont aussi entre elles comme les cordes CB. DB. qui les soutendent.

Fig. 58.

§. 456. Il suit de là , que si dans le cercle GB. on prend les arcs B_1 . B_2 . B_3 . dont les soutendantes soient respectivement 1. 2. 3. &c. les vitesses d'un Pendule qu'on feroit descendre successivement par les arcs 1 B. 2 B. 3 B. &c. seroient 1. 2. & 3. respectivement au point B. c'est-à-dire , comme les cordes qui soutendent ces arcs. On peut donner aux corps par ce moyen des degrés de vitesse précis & différens ; & cette méthode est d'un grand usage pour connoître les loix du choc des corps , dont je parlerai dans la suite.

Galilée est l'inventeur des Pendules.

Et M. Hughs des Horloges à Pendule.

§. 457. Galilée fut le premier qui imagina de suspendre un corps grave à un fil , & de mesurer le tems dans les observations Astronomiques & dans les expériences de Physique , par ses vibrations ; ainsi , on peut le regarder comme l'inventeur des Pendules, mais ce fut M. Hughs qui les fit servir le premier à la construction

tion des Horloges. Avant ce Philosophe les mesures du tems étoient très-fautives, ou très-pénibles; mais les Horloges qu'il construisit avec des Pendules, donnent une mesure du tems infiniment plus exacte que celle qu'on peut tirer du cours du Soleil; car le Soleil ne marque que le tems relatif ou apparent, & non le tems vrai. Voilà pourquoi les Horloges à Pendules retardent ou avancent quelquefois, de 15. ou 16. minutes sur le cours du Soleil, comme je l'expliquerai plus en détail en parlant de l'Astronomie.

§. 458. Quoique les vibrations du même Pendule dans de petits arcs de cercle inégaux s'achevent dans des tems sensiblement égaux (§. 454.) cependant ces tems ne sont pas égaux géométriquement; mais les oscillations dans de plus grands arcs se font toujours dans un tems un peu plus long, & ces petites différences qui sont très-peu de chose dans un tems très-court, & dans de très-petits arcs, deviennent sensibles, lorsqu'elles sont accumulées pendant un tems plus considérable, ou que les arcs different sensiblement. Or mille accidens, soit du froid, soit du chaud, soit de quelque saleté qui peut se glisser entre les rouës de l'Horloge, peuvent faire que les arcs décrits par le même Pendule ne soient pas toujours égaux, & par conséquent le tems marqué par l'éguille de l'Horloge, dont les vibrations du Pendule sont la mesure, seroit ou plus court

court ou plus long, selon que les arcs que la Pendule décrit seroient augmentés ou diminués.

§. 459. L'expérience s'est trouvée conforme à ce raisonnement, car M. Derham ayant fait osciller dans la machine de Boyle un Pendule, qui faisoit ses vibrations dans un cercle; il trouva que lorsque l'air étoit pompé de la machine, les arcs que son Pendule décrivait étoient d'un cinquième de pouce plus grands de chaque côté que dans l'air, & que ses oscillations étoient plus lentes de deux secondes par heure.

Transf.
Phil. n^o.
294

Les vibrations du Pendule étoient plus lentes de six secondes par heure dans l'air, lorsqu'on ajustoit le Pendule, de façon que les arcs qu'il décrivait, fussent augmentés de cette même quantité d'un cinquième de pouce de chaque côté; car l'air retarde d'autant plus le mouvement des Pendules que les arcs qu'ils décrivent sont plus grands.

§. 460. Le Pendule parcourt de plus grands arcs dans le vuide par la même raison qui fait que les corps y tombent plus vite, c'est-à-dire, parce que la résistance de l'air n'a plus lieu dans le vuide.

§. 461. M. Derham remarqua de plus que les arcs décrits par son Pendule étoient un peu plus grands

DE PHYSIQUE. CH. XVIII. 363

grands lorsqu'il avoit nouvellement nettoyé le mouvement qui le faisoit mouvoir.

§. 462. M. HUGHENS qui avoit prévu ces inconveniens, imagina pour y remédier, & pour rendre les Horloges aussi justes qu'il est possible, de faire osciller le Pendule qui les régle dans des arcs de cycloïde, au lieu de lui faire décrire des arcs de cercle; car dans la cycloïde tous les arcs étant parcourus dans des tems parfaitement égaux, les accidens qui peuvent changer la grandeur des arcs décrits par le Pendule, ne peuvent apporter aucun changement au tems mesuré par ses vibrations, lorsqu'elles se font dans des arcs de cycloïde.

Pourquoi M. HUGHENS imagina de faire osciller des Pendules dans des arcs de cycloïde.

C'est que dans cette courbe tous les arcs sont parcourus dans des tems parfaitement égaux.

Comment la cycloïde se décrit.

§. 463. Cette courbe qui est très-fameuse parmi les Géomètres par le nombre & la singularité de ses propriétés, se forme par la révolution d'un point quelconque d'un cercle, dont la circonférence entière s'applique successivement sur une ligne droite.

Lorsque le cercle BO. applique successivement tous les points de sa circonférence sur la ligne droite BAb. en sorte que son point B. par lequel il touchoit cette ligne au commencement de sa révolution, se trouve toucher l'autre extrémité b. de cette ligne, quand la révolution du cercle sur cette ligne est achevée, on voit aisément que cette ligne BAb. sera égale à la circonférence du cercle BO. qui s'est

Fig. 594

364 INSTITUTIONS

s'est appliquée successivement sur elle comme pour la mesurer.

Si l'on conçoit maintenant que le point B. du cercle BO. qu'on appelle le point décrivant ; laisse à tous les points par lesquels il passe en allant de B. en b. une production de lui-même, il s'en formera la courbe Bgb. & c'est cette courbe qu'on appelle *une Cycloïde*. Les roues d'un carrosse, en tournant décrivent dans l'air des cycloïdes.

Définition §. 464. Le cercle BO. dont la révolution a formé la cycloïde Bgb. s'appelle le cercle générateur de cette cycloïde : le point G. est le sommet de la cycloïde, & la ligne horizontale BAB. est sa base.

§. 465. Si l'on conçoit le cercle générateur BO. parvenu dans sa révolution au point dans lequel son diamètre GA. partage la cycloïde, & sa base en deux parties égales, alors ce diamètre devient l'axe de la cycloïde.

Des propriétés de la cycloïde. §. 466. Si je voulois vous démontrer toutes les propriétés de cette courbe, il faudroit en faire un traité entier. Je me contenterai donc de vous indiquer ici celles qui sont nécessaires au sujet que je traite; vous en supposerez les démonstrations, ou si vous voulez les connoître; vous les trouverez dans l'excellent Livre de M. *Hughens de Horologia Oscillatorio*, ou dans le **Traité**

DE PHYSIQUE. CH. XVIII. 385

Traité que M. Wallis a donné de la Cicloïde.

1°. Cette courbe se décrit elle-même par son évolution, en sorte que si CA. CN. sont deux ^{Première} demi-cicloïdes renversées, formées par le même ^{propriété} cercle générateur DA. lesquelles se réunif- ^{de la ci-} sent au point C. ayant leur sommet en A. & ^{cicloïde.} en N. & que l'on conçoive un fil CBA. égal

à la demi-cicloïde CA. à laquelle je le suppose ^{Hughens de} appliqué. Si l'on attache à l'extrémité de ce ^{Hovol. Of-} fil un poids P. ce fil deviendra un Pendule égal ^{cid. part. 3.} à la demi-cicloïde CA. or si ce poids P. est ^{prop. 5. 6.} abandonné à lui-même, il tombera vers la ^{7.} terre autant qu'il lui sera possible par sa gravité, ^{Fig. 60.} & en tombant, il déploiera le fil CA. lequel

en se déployant de A. en F. décrira par son extrémité auquel tient le poids P. une courbe AF.

Si le poids P. qui a déployé le fil CBA. & qui l'a amené dans la direction perpendiculaire CF. continue à se mouvoir par l'action de sa gravité, lorsqu'il est arrivé en F. il décrira en remontant de F. en N. une courbe FN. égale à ^{Fig. 60.} AF. & quand le point P. sera arrivé au point N.

le fil CBP. sera appliqué à la demi-cicloïde CN. à laquelle il est égal : donc la courbe entière AFN. sera décrite par l'évolution & la révolution de la demi-cicloïde CA. ou du fil CBP. qui lui est égal, & cette courbe AFN. se trouve être une cicloïde égale aux deux demi-cicloïdes CA. CN. & ayant le même cercle générateur, & elle est par conséquent double du fil CBP. égal à chacune de ces demi-cicloïdes. Afin

366 INSTITUTIONS

Afin que les Pendules décrivent des arcs de cicloïde dans leur évolution & leur révolution, il faut qu'ils soient suspendus entre des demi-cicloïdes de métal, contre lesquelles ils s'appuyent sans cesse en se déployant, & qui les empêchent de décrire des arcs de cercle.

Deuxième propriété.

2°. Le tems de la chute d'un corps par un arc quelconque d'une cicloïde renversée, est au tems de la chute perpendiculaire par l'arc de la cicloïde, comme la demie circonférence du cercle est à son diamètre.

Idem p. 2.
prop. 25.

C'est cette propriété de la cicloïde dont vous pouvez voir la démonstration dans le Traité de M. Hughens, qui fit découvrir à ce Philosophe la proportion entre le tems d'une oscillation, & l'espace tombé dont j'ai parlé.

Troisième propriété.

3°. De cette propriété de la cicloïde, il en naît une autre, c'est que tous les arcs d'une cicloïde renversée sont parcourus en tems égal, par un corps qui tombe dans cette courbe par son propre poids; car puisque par la propriété précédente les tems de la chute d'un corps par des arcs quelconques de cicloïde, sont au tems de sa chute perpendiculaire par l'axe de cette cicloïde dans une raison constante, ces tems sont égaux entr'eux.

Quatrième propriété.

Hughens
de Horol.
Oscil. p. 2.
prop. 1.

4°. Cet isochronisme des arcs de la cicloïde est fondé sur une propriété de cette courbe, dont je ne vous ai pas encore parlé, & qui se prouve par une démonstration assez compliquée, c'est que toute tangente de la cicloïde

est

DE PHYSIQUE. CH. XVIII. 367

est parallele à la corde de son cercle générateur comprise entre le sommet de la cicloïde, & le point auquel la parallele à la base tirée du point de tangence, coupe le cercle générateur: ainsi, la tangente HBN. est parallele à la corde EA. dans la cicloïde MGL.



Fig. 610

Il est aisé de voir comment l'isochronisme des arcs de la cicloïde découle de cette propriété, quoique ce ne soit pas par là qu'on l'a découvert, car la gravité agira sur le corps au point de cette courbe où il se trouve, de la même manière qu'elle y agiroit sur la corde du cercle générateur qui correspond à ce point, puisque chaque point de la cicloïde a la même inclinaison que la corde du cercle générateur qui lui correspond: or on a vû que sur toutes les cordes d'un cercle tirées des extrémités de son diamètre, le corps reçoit des impulsions de la pesanteur proportionnelles aux cordes qu'il parcourt, c'est-à-dire, d'autant plus grandes que ces cordes sont plus longues: ainsi, dans la cicloïde chaque point de cette courbe ayant la même inclinaison que la corde du cercle générateur qui lui correspond, le corps reçoit à chacun de ces points des impulsions de la pesanteur proportionnelles à la corde, ou au double de cette corde, c'est-à-dire à l'arc qui lui reste à parcourir; car chacun de ces arcs est double de la corde du cercle générateur qui lui correspond: ces impulsions sont par conséquent d'autant moindres que ces arcs sont plus courts, & d'autant plus grandes

Hughens
de Horol -
Oscil. p. 3.
prop. 5. C.
7.

Fig. 620



grandes qu'ils font plus grands, ces arcs étant d'autant plus inclinés qu'ils font plus courts. Suivant cela, deux corps qui partent en même tems des points H. & B. de la cicloïde DFO. avec des vîteses initiales proportionnelles aux arcs HF. BF. qu'ils ont à parcourir, arriveroient en même tems au point F. s'ils continuoient à se mouvoir avec les vîteses initiales de H. en F. & de B. en F. d'un mouvement uniforme ; or comme on peut faire le même raisonnement sur tous les points qui font entre H. & F. & entre B. & F. les corps qui partent de ces différens points, doivent atteindre le sommet F. en même tems.

Je me suis arrêté à prouver cette quatrième propriété de la cicloïde, & surtout à en faire sentir la raison Physique, parce que c'est celle qui sert le plus à la justesse des Pendules qui oscillent dans des arcs de cicloïde.

Cinquième
propriété.

§. 467. Je ne puis passer sous silence une des plus belles propriétés de la cicloïde, & assurément celle qui est la plus surprenante de toutes, c'est que cette courbe est la ligne de la plus vite descente d'un point à un autre.

La cicloïde
est la ligne
de la plus
vite des-
cente.

§. 468. Le problème de la ligne de la plus vite descente d'un corps tombant obliquement à l'horison par l'action de la pesanteur d'un point donné à un autre point donné, est fameux par l'erreur du grand Galilée, qui a crû que cette
ligne

DE PHYSIQUE. CH. XVIII. 369

ligne étoit un arc de cercle, & par les différentes solutions que les plus grands Géometres de l'Europe en ont donné; vous lirez un jour ces solutions dans les *Acta Eruditorum*, & dans les *Transactions Philosophiques*, & vous verrez que tous ces grands hommes arrivèrent au même but par différens chemins, & que tous trouverent que cette ligne étoit une demi-cicloïde renversée, qui a pour origine & pour sommet les deux points donnés.

§. 469. La solution de ce problème semble une espece de paradoxe, puisqu'il s'ensuit que la ligne droite qui est toujours la plus courte entre deux points donnés, n'est pas celle qui est parcourue dans un moindre espace de tems, & cela étonne d'abord un peu l'imagination; cependant la géometrie le démontre, & il n'y a pas à en appeller, & cela dépend de cette propriété de la cicloïde, par laquelle les vitesses initiales d'un corps à un point quelconque de cette courbe, sont proportionnelles aux arcs qui lui restent à parcourir.

Cette propriété de la cicloïde semble d'abord un paradoxe.

§. 470. Ainsi la ligne de la plus vite descente est aussi celle dont tous les arcs sont parcourus en tems égaux, & il est utile de remarquer que ces deux propriétés qui dépendent visiblement du même principe, je veux dire des vitesses initiales proportionnelles aux arcs à parcourir, ne se trouvent réunies dans une même

Tome I.

*

A à courbé,

courbe, qu'en suivant le système, ou pour mieux dire, les découvertes de Galilée sur la progression de la chute des corps.

Solution
du problè-
me de la
cicloïde
par la diop-
trique don-
née par
Jean Bern-
oulli.

*Acta Ern-
dis.* 1697.
p. 206.

§. 471. M. Jean Bernoulli, ce fameux Mathématicien qui avoit proposé le problème de la ligne de la plus vite descente, le résolut par la dioptrique, en démontrant que tout rayon rompu dans l'atmosphère doit décrire une cicloïde; ce grand Géometre suposoit dans sa solution que la lumière en traversant des milieux d'une densité hétérogène, devoit se transmettre par le chemin du plus court tems, comme Fermat l'avoit prétendu contre Descartes, & comme Messieurs Hughsens & Leibnits l'avoient soutenu depuis Fermat.

§. 472. On sent aisément avec quel plaisir M. de Leibnits adopta une opinion qui prenoit sa source dans le principe d'une raison suffisante; car Fermat prétendoit que puisque le rayon ne va d'un point à un autre, ni par le chemin direct, ni par le plus court, il étoit convenable à la Sagesse de l'auteur de la Nature qu'il y allât par le chemin qu'il parcourt dans le moins de tems possible.

Ce n'est pas ici le lieu d'entrer dans cette discussion; vous pouvez voir ce que M. de Mairan a rapporté de la dispute de Descartes & de Fermat dans les Mémoires de l'Académie des Sciences Année 1722. en attendant que je
vous

vous en parle, lorsque je vous expliquerai la réfraction de la lumière.

§. 473. Vous avez vû ci-dessus qu'afin qu'un Pendule décrive des arcs de cicloïde, il est nécessaire qu'il soit suspendu entre deux demi-cicloïdes, comme dans la Fig. 60. lesquelles étant ordinairement de métal, l'empêchent de décrire un arc de cercle.

Or, quoique les deux demi-cicloïdes C A. CN. empêchent le corps P. de décrire l'arc de cercle E FL. cependant il y a vers le sommet de la cicloïde un petit espace PFP. dans lequel le Pendule se meut de la même façon que s'il oscilloit librement dans le cercle EFL. & c'est là la véritable raison pour laquelle les oscillations du Pendule dans de très-petits arcs de cercle différens, s'achevent cependant dans des tems sensiblement égaux, comme je l'ai dit.

Fig. 60

Voilà pourquoi on ne suspend guères les grands Pendules entre des arcs de cicloïde; la petitesse des arcs qu'ils décrivent, suffisant pour rendre leurs vibrations isochrones, & ce n'est que pour les petits Horloges dont le Pendule est très-court, que l'on se sert de la cicloïde.

§. 474. Il s'agit de l'égalité du petit arc de cercle PFP. & de cette portion de la cicloïde AFN. que le tems pendant lequel un corps fait une oscillation dans un très-petit arc de cercle, est au tems de la chute perpendiculaire par la

Proportion
entre le
tems d'une
oscillation
& celui de
la chute
verticale

A a 2 demie

par la demie longueur du Pendule.

Fig. 62.

demie longueur du Pendule, comme la circonférence du cercle est à son diamètre, puisque le tems d'une oscillation dans une cicloïde suit cette proportion.

Cette égalité du tems des oscillations dans un petit arc de cercle aux tems des oscillations dans de petits arcs de cicloïde, étoit nécessaire à trouver, pour en déduire, comme fit M. Hughs, l'espace que la gravité fait parcourir ici-bas dans la premiere seconde aux corps qu'elle fait tomber vers la terre; car les Pendules qui font leurs oscillations par la seule force de la gravité, décrivent des arcs de cercle, & non pas des arcs de cicloïde.

§. 475. La durée des oscillations de deux Pendules qui oscillent dans des arcs de cercle semblables, sont en raison sous-doublée de la longueur de ces Pendules.

Vous avez vû dans le chapitre 13. (§. 315. num. 4^o.) qu'un corps qui tombe vers la terre par la seule force de la gravité, parcourt en tombant des espaces qui sont comme les quarrés des tems employés à tomber, ou des vitesses acquises en tombant, à la fin de chacun de ces tems.

Or dans les oscillations des Pendules les espaces parcourus sont des arcs de cercle, dont les rayons sont les longueurs des Pendules: ainsi, le tems de la chute par l'arc EB. est au tems de la chute par l'arc semblable GD. en raison

du Pendule qui bat les secondes à Paris, déterminée par M. Picard,

Mesure universelle proposée par M. HUGHENS.

Ce qu'on appelle pied borair.

gueur pour le Pendule qui bat les secondes à Paris, à 3. pieds de Paris, 8. l. $\frac{1}{2}$. & ce fut cette longueur & la proportion que M. HUGHENS avoit trouvé entre le tems d'une oscillation, & la quantité de la chute verticale (§. 328.) qui fit naître à M. HUGHENS l'idée de faire de la longueur du Pendule qui fait ses vibrations en une seconde à Paris, une mesure universelle pour tous les pays & pour tous les tems, & pour rendre cette mesure univoque, il avoit donné le nom de *pied borair* au tiers de cette longueur.

§. 478. Mais afin que cette mesure fût universelle, il faudroit que la pesanteur fût la même à tous les points de la surface de la terre; car la pesanteur étant la seule cause de l'oscillation des Pendules (§. 444.) & cette cause étant supposée rester la même, il est certain que la longueur du Pendule qui bat les secondes devroit être invariable, puisque la durée des vibrations dépend de cette longueur, & de la force avec laquelle les corps tombent vers la terre, & que par conséquent la mesure qui en résulte seroit universelle pour tous les pays, & pour tous les tems, car nous n'avons aucune observation, qui puisse nous porter à croire que l'action de la gravité soit différente dans les mêmes lieux en différens tems.

§. 479. Il faut avouer que cette idée est très-belle

belle , & qu'une mesure universelle seroit très-desirable , mais la supposition nécessaire pour la rendre telle , je veux dire la pesanteur égale dans toutes les regions de la terre , se trouve entierement fausse ; car des observations incontestables ont fait connoître que l'action de la pesanteur est différente dans différens climats ; & qu'il faut toujours allonger le Pendule vers le Pole , & le racourcir vers l'Equateur , afin qu'il fasse ses vibrations en tems égal : ainsi ; cette mesure proposée par M. Hughsens ne peut être universelle par tous les endroits de la terre , mais seulement pour les pays situés dans la même latitude que Paris , puisque c'est à Paris que la longueur du Pendule qui bat les secondes a été déterminée , & pour rendre cette mesure universelle , il faudroit avoir par l'expérience des tables des différences des longueurs du Pendule , qui battrait les secondes dans les différentes latitudes sur les deux hemispheres ; comme nous en avons par la théorie pour notre hemisphere , & en rapportant toutes ces longueurs à la longueur du Pendule qui bat les secondes à Paris , ce qui serviroit aussi à déterminer la figure de la terre (§. 377.)

C'est un projet dont l'exécution auroit plus d'une utilité pour la Physique , mais il faut pour ces opérations des mains très-exercées , & des esprits très attentifs , & il n'est nullement aisé de déterminer ces longueurs par l'expérience avec la précision nécessaire pour en faire sentir

Cette mesure ne peut être universelle, & pour-quoi.

376 INSTITUTIONS

les différences qui dépendent quelquefois de moins d'un quart de ligne.

§. 480. Il faut surtout pour y parvenir avoir établi bien surément la longueur du Pendule qui bat les secondes dans une certaine latitude, & c'est ce que nous pouvons nous flatter d'avoir pour la latitude de Paris depuis les expériences que M. de Mairan a faites en 1735. pour la déterminer.

M. Picard & M. Richer avoient déjà donné cette longueur; mais dans les choses qui dépendent de l'expérience, il ne fufât pas d'avoir raison, il faut être bien sûr de l'avoir, & on n'avoit point encore sur la longueur du Pendule avant 1735. cette sorte de certitude qui ne laisse rien à désirer.

Comment on connoît la longueur du Pendule qui bat les secondes dans un lieu quelconque par la seule force de la pesanteur.

§. 481. Pour connoître la quantité de l'action de la pesanteur, dans un certain lieu, il ne suffit pas d'avoir une Horloge à Pendule qui batte les secondes avec justesse dans ce lieu; car ce n'est pas la seule pesanteur qui meut le Pendule d'une Horloge, mais l'action du ressort, & en général tout l'assemblage de la machine agit sur lui, & se mêle à l'action de la gravité pour le mouvoir, & c'est un problème très-difficile & très-délicat de déterminer combien en vertu de la construction de l'Horloge, la longueur du pendule qui bat les secondes de cette Horloge, est altéré

DE PHYSIQUE. CH. XVIII. 377

altérée par rapport à celle d'un pendule qui fait ses oscillations dans le même tems par l'action de la seule pesanteur ; cependant c'est cette longueur qu'il faut trouver pour connoître la quantité de l'action de la seule pesanteur , dans l'endroit pour lequel on veut déterminer la longueur du Pendule à secondes.

On se sert pour y parvenir d'un corps grave suspendu à un fil , lequel étant tiré de son point de repos , fait les oscillations dans de petits arcs de cercle par la seule action de la pesanteur , & pour connoître combien ce pendule fait d'oscillations en un tems donné , on se sert d'un Horloge à pendule bien réglé sur le tems moyen , & qui bat les secondes de ce tems bien exactement , & l'on compte le nombre d'oscillations que le pendule sur qui la seule pesanteur agit , & qu'on appelle *Pendule d'expérience* , a fait pendant que le pendule de l'Horloge a battu un certain nombre de secondes ; car le nombre des oscillations que les pendules font en tems égal étant en raison sous-double inverse de leurs longueurs (§. 475.) lorsqu'on connoît le nombre d'oscillations que deux pendules font en un tems donné , on connoît en quelle raison sont leurs longueurs , en quarrant ces nombres ; ainsi les quarrés des oscillations que le pendule de l'Horloge & le pendule d'expérience font en tems égal , donnent le rapport entre la longueur du pendule d'expérience , & celle du pendule

378 INSTITUTIONS

pendule simple qui feroit ses oscillations par la seule force de la pesanteur, & qui feroit isochrone au pendule composé de l'Horloge, & qui par conséquent battoit les secondes dans la latitude, où l'on fait l'expérience, & cette longueur est celle du pendule que l'on cherche.

§. 481. C'est de cette façon que M. de Mairan à déterminé la longueur nécessaire au pendule pour battre les secondes à Paris par la seule action de la pesanteur à 3. pieds, 8 lignes, $\frac{17}{30}$. ou environ $\frac{5}{9}$. d'un fil de pite (fil tiré de la feuille d'une espèce d'aloës) presque aussi délié qu'un cheveu, & auquel une boule de cuivre d'un pouce de diamètre étoit suspendue.

Détermination de la longueur du Pendule qui bat les secondes à Paris, par M. de Mairan en 1735.

§. 482. Cette longueur tient à peu près le milieu entre celles que Messieurs Picard & Richer avoient données, & si on la prend de 3. pieds 8. lignes $\frac{5}{9}$. elle est la même que celle que M. Newton rapporte au troisième Livre de ses Principes, d'après les mesures de Messieurs Varin & des Hayes prises en 1682.

§. 483. On peut voir dans l'excellent Mémoire de M. de Mairan toutes les précautions qu'il a prises pour s'assurer de la justesse de ses expériences, & on verra que les desirs de ceux qui ne prennent que la peine de désirer, ne peuvent pas même aller au de-là.

C'est

DE PHYSIQUE. CH. XVIII. 379

C'est à ces mesures que les Académiciens qui ont été mesurer un degré du Méridien sous l'Équateur, & au cercle polaire, rapportent toutes les observations qu'ils ont faites sur la longueur du Pendule, dans ces différens climats.

C'est à cette longueur que les Académiciens qui ont été au Pole, & à l'Équateur, ont rapporté leurs observations sur le Pendule

§. 484. Tout ce que j'ai dit jusqu'à présent des Pendules, ne doit s'entendre que des Pendules simples, c'est-à-dire, des Pendules auxquels un seul poids est suspendu, & dont le fil est supposé exempt de toute pesanteur; car lorsque le fil auquel le poids est attaché, a une pesanteur sensible par rapport à ce poids, alors le Pendule simple devient un pendule composé (§. 449.) puisque le poids du fil qu'il faut alors compter, fait le même effet qu'un second poids qui tiendroit au même fil, & que les Pendules composés ne sont autre chose que des Pendules auxquels plusieurs poids sont attachés à des distances invariables tant les uns des autres que du point de suspension, &c.

§. 485. Les Pendules composés suivent les mêmes loix que les Pendules simples, mais ils les suivent avec de certaines modifications.

Des Pendules composés.

§. 486. Pour déterminer le tems des oscillations d'un Pendule composé, & les arcs qu'il décrit, il faut considérer une chose dont je n'ai point encore parlé, parce qu'elle appartient principalement

380 INSTITUTIONS

lement aux Pendules composées , c'est le *centre d'oscillation*.

Du centre
d'oscilla-
tion.

§. 487. Le centre d'oscillation d'un Pendule composé , est le point dans lequel les efforts ou actions des poids qui le composent , se réunissent pour faire à ce Pendule ses vibrations dans un certain tems ; ainsi , le centre d'oscillation & le centre de gravité ont un rapport nécessaire.

Du centre
de gravité.

§. 488. On appelle *centre de gravité* le point par lequel passe nécessairement la ligne qui partageroit le corps en deux parties également pesantes , en sorte que si chaque moitié étoit mise dans le bassin d'une balance , elles se tiendroient en équilibre.

§. 489. Toute la gravité d'un Corps peut être conçue rassemblée dans ce seul point , en sorte que les autres parties sont considérées comme en étant entièrement privées , & c'est ainsi que l'on conçoit la pesanteur des Pendules simples.

§. 490. Le centre de gravité d'un Corps est toujours dans une ligne perpendiculaire à l'horizon , en sorte que ce Corps peut être soutenu , soit qu'il soit suspendu par le point même de son centre de gravité , soit qu'il le soit par un point quelconque de cette ligne qu'on appelle *ligne du centre*.

§. 491.

§. 491. Le centre d'oscillation est toujours dans cette ligne du centre de gravité.

Quand deux ou plusieurs corps tiennent ensemble, soit qu'ils soient contigus, soit qu'ils soient séparés, ils ont un centre de gravité commun, ce centre est un point quelconque dans la ligne droite qui joindroit les centres de ces corps; & ce point est toujours situé de façon que la distance des corps à ce point, est toujours en raison réciproque de leur gravité.

§. 492. Le centre d'oscillation d'un Pendule simple dont le fil est supposé sans pesanteur (ce qui est le cas ordinaire), n'est point dans le point de son centre de gravité, comme on le croiroit d'abord, mais dans la ligne de ce centre de gravité, un peu plus bas que le point du centre, duquel il est plus loin ou plus près, selon une certaine proportion entre le rayon de la boule qui compose le pendule, & la longueur du fil auquel elle est attachée, & cela, parce qu'il faut avoir égard à la distance du centre de gravité de la boule au point de suspension; car cette distance sera d'autant plus grande, la longueur du fil restant la même, que le rayon de la boule sera plus grand, & au contraire. C'est à M. Hughens à qui l'on doit encore cette remarque; & c'est lui qui a déterminé cette proportion entre le rayon de la boule, & la longueur du pendule pour trouver le centre d'oscillation.

Du centre d'oscillation des Pendules simples dont le fil est sans poids sensible.

§. 493.

§. 493. La véritable longueur du Pendule simple, dont le fil est supposé sans pesanteur, n'est donc pas la longueur du fil depuis le point de suspension jusqu'au point auquel la boule y est attachée, ni jusqu'au centre de gravité de cette boule; mais cette longueur est à compter depuis le point de suspension, jusqu'au centre d'oscillation, lequel n'est le même que le centre de gravité, que lorsque la longueur du fil excède à un certain point le rayon de la boule; car alors l'abaissement du centre d'oscillation devient insensible, & n'est plus à compter.

Quel est le centre d'oscillation d'un Pendule simple quand le fil a un poids sensible.

§. 494. Quand le fil du Pendule simple a une pesanteur qui peut être sensible par rapport à celle du poids qui y est attaché, alors ce Pendule n'est plus considéré comme un pendule simple, mais comme un pendule composé (§. 484.); & son centre d'oscillation n'est plus alors dans la boule suspendue; il est sur le fil même dans un point quelconque au-dessus de cette boule, c'est-à-dire, dans un point où l'on conçoit que l'action de la gravité du fil, & du poids, se rassemble, & ce point est d'autant plus haut que le poids du fil est plus grand par rapport à celui de la boule, & au contraire.

Dans ce cas, la vraie longueur est la distance qui se trouve entre le point de suspension, & ce centre d'oscillation, & les oscillations de ce pendule seront plus promptes, que si ce fil étoit sans pesanteur; car alors la vraie longueur du

du Pendule fera moins grande (§. 476.)

§. 495. On a vû (§. 476.) qu'un poids suspendu à un fil, fait ses oscillations d'autant plus lentes que ce fil est plus long, ou, ce qui revient au même, que le corps est plus loin du point de suspension, & au contraire; ainsi, si à un fil C A. long de quatre pieds, par exemple, qui porte un poids P. à son extrémité A. on ajoute en Q. un second poids R. un pied plus haut, c'est-à-dire, à 3. pieds du point de suspension, le corps P. qui est à 4. pieds du point de suspension doit faire ses oscillations plus lentes que le corps B. qui n'en est qu'à trois pieds, cependant ces deux poids tenant à un même fil, ce fil ne peut pas faire ses vibrations plus longues & plus courtes en même tems; il les fera donc dans un tems qui tiendra le milieu entre la lenteur avec laquelle il eût oscillé, si le poids P. attaché à quatre pieds du point de suspension y eût été seul, & la promptitude dont ces oscillations eussent été, s'il n'avoit eû que le poids R. attaché en Q. Ainsi, le second poids hâte les vibrations du premier, & le premier retarde celles du second, & le centre d'oscillation de ce pendule sera dans le point dans lequel, si ces deux poids étoient réunis, le Pendule simple qu'ils composeroient alors, feroit ses vibrations dans un tems égal au tems des vibrations du Pendule composé, auquel ils tiennent séparément. Ainsi, chercher le centre d'oscillation d'un

Comment on connoît le centre d'oscillation d'un Pendule composé.

Fig. 634

Fig. 65.

d'un Pendule composé, c'est chercher la longueur d'un pendule simple qui feroit ses vibrations dans un tems égal à celles de ce Pendule, & la véritable longueur du Pendule composé est celle du Pendule simple qui lui feroit isochrone comme le Pendule CB par exemple, au Pendule COA . Or comme les longueurs des Pendules sont comme les quarrés des tems de leurs oscillations, on voit aisément que le Pendule simple CB , dont les vibrations seroient isochrones à celles du Pendule composé COA , auroit plus de trois pieds, & moins de quatre, puisque ses oscillations ne seroient ni si lentes que celles du poids attaché à quatre pieds, ni si promptes que celles du poids attaché à trois pieds: par conséquent, un pendule simple est toujours plus court que le pendule composé auquel il est isochrone, & le centre d'oscillation du pendule composé COA , sera entre les deux poids P . & R , c'est-à-dire, environ au point Q .

§. 496. On voit de-là que pour déterminer ce qui arrive aux pendules composés, il faut que nous les décomposions; car nous ne pouvons voir les objets que par parties, & pour considérer le composé, il faut toujours que nous le simplifions.

§. 497. On sent aisément que dans le pendule COA , composé de deux poids, plus l'un
des

DE PHYSIQUE. CH. XVIII. 385

des poids est près du point de suspension, c'est-à-dire, plus les deux poids sont loin l'un de l'autre, plus le centre d'oscillation est près du point de suspension, & au contraire, en sorte que si ces deux poids étoient également loin du point de suspension, leurs centres d'oscillations se confondroient, & le pendule composé deviendrait un pendule simple, puisque le pendule simple qui lui seroit isochrone, seroit de la même longueur que lui.

§. 498. Ainsi, tout pendule auquel un seul poids est suspendu, peut être considéré comme un pendule composé, en supposant le poids suspendu divisé en plusieurs parties, dont les différentes gravités sont réunies dans le centre d'oscillation de ce pendule.

§. 499. Tout ce qu'on dit d'un pendule composé de deux poids, on peut le dire d'un pendule composé de trois, de quatre, ou d'un nombre quelconque de poids; car les proportions sont toujours inviolablement les mêmes.

§. 500. Dans tout ce que je vous ai dit sur les pendules dans ce chapitre, je n'ai point déterminé le poids, ni l'espèce des corps suspendus, car la résistance de l'air étant presque insensible sur les pendules, & la gravité se proportionnant aux masses, tous les corps, de quelque espèce qu'ils soient, font leurs vibra-

Le poids & la matière des corps qui composent le pendule, sont indifférens.

Et cela parce que la gravité

Tome I.

*

B b

tions

se propor-
tionne aux
masses.

tions également vite , toutes choses d'ailleurs égales , ce qui est encore une preuve que la gravitation agit selon la quantité directe de la matière propre des corps (§. 361.) car toutes les vérités se donnent mutuellement la main.

CHAP.



CHAPITRE XIX.

Du Mouvement des Projectiles.

§. 501.

JE n'ai considéré dans les deux Chapitres précédens que le mouvement des corps qui tombent vers la terre par la seule force de la gravité ; mais lorsque quelque force étrangère se mêle à son action ; comme quand je jette une pierre , alors le mouvement de cette pierre doit être nécessairement différent de celui qu'elle auroit eû, si elle étoit tombée vers la terre par son propre poids seulement.

§. 502. La force que j'imprime à la pierre
Bb 2 que

que je jette, s'appelle la *force projectile*. Cette force peut être dirigée perpendiculairement ou parallèlement à l'horison, ou bien elle peut faire un angle quelconque avec lui.

Quel est le chemin du mobile, quand la force qui le pousse, est dirigée perpendiculairement vers l'horison.

Ou lorsque cette force est dirigée perpendiculairement en en-haut.

Pourquoi les corps que l'on jette perpendiculairement, retombent au même lieu.

§. 503. Lorsque cette force est dirigée perpendiculairement à l'horison, le chemin du mobile n'est point changé; mais son mouvement vers la terre est seulement accéléré.

Si cette force pousse le corps selon une ligne qui tende perpendiculairement en en-haut; alors ce corps montera perpendiculairement; mais son mouvement de projectile qui le porte en en-haut; s'affoiblira à chaque instant, & lorsqu'il l'aura perdu entièrement, il descendra vers la terre par la force de la gravité, qui alors agira seule sur lui (§. 319. *num.* 3^o.)

§. 504. Les corps que l'on jette perpendiculairement, ne tombent cependant pas perpendiculairement vers la terre, mais ils retombent en décrivant une courbe; car les corps ont déjà acquis un mouvement par la rotation de la terre, lorsqu'on commence à les jeter: ainsi, ils retombent vers la terre par un mouvement composé du mouvement que la gravité leur imprime, & du mouvement qu'ils avoient acquis par la rotation de la terre: voilà pourquoi ils retombent au même point d'où on les avoit projetés, quoique la terre ait marché pendant le tems qu'ils ont employé à tomber.

§. 505.

DE PHYSIQUE. CH. XIX. 389

§. 505. Si le corps est poussé selon une ligne qui soit parallèle à l'horison, ou bien si cette ligne fait avec l'horison un angle quelconque, alors le mouvement de ce corps deviendra un mouvement composé du mouvement, que la force extérieure qui agit sur lui, lui a communiqué, & du mouvement que la gravité lui imprime à chaque instant (§. 315. num. 1^o).

Quel est le chemin du mobile, lorsque la force projectile fait un angle avec l'horison.

§. 506. La force de projectile imprimée au corps reste toujours uniforme, dans un milieu non résistant (§. 315. num. 1^o) (& c'est dans un tel milieu que je considère ici le mouvement de projectile) la force de projectile restant donc toujours la même, & la gravité renouvelant à chaque instant son action (§. 315.) le corps en obéissant à ces deux forces, qui agissent à la fois sur lui, & dont l'une est uniforme, & l'autre accélérée, changera à tout moment sa direction; & par conséquent la ligne qu'il décrira, sera nécessairement une ligne courbe (§. 286.)

§. 507. Je vais commencer par examiner quelle est cette courbe dans un milieu qui ne résiste point, lorsque la direction de la force projectile est parallèle à l'horison.

On a vu dans le chap. 12. (§. 274.) que tout corps mû par deux forces dont les directions font entre elles un angle quelconque, décrit en leur obéissant la diagonale du parallélogramme, formé par les lignes qui représentent ces forces.

B b 3

Ainsi.

Planche
30.
Fig. 66.

Ainsi, soit le corps B. jetté dans la direction horizontale BR, & soit cette ligne BR. qui représente la force projectile divisée dans les parties égales BM. MG. GR. le corps par la force d'inertie doit parcourir dans un milieu non résistant des espaces égaux en tems égaux, en suivant le mouvement de projectile imprimé dans la direction BR. (§. 234.) puisque la force qui le pousse vers BR. est supposée rester toujours la même; ainsi, le tems du mouvement de ce corps vers le point R. peut être supposé divisé comme cette ligne en trois parties égales; or supposé que dans le premier moment la force projectile eût fait aller le corps de B. en M. si elle avoit seule agi sur lui, & que pendant ce même tems la gravité l'eût fait aller de B. en E, si son action eût été sans mélange, il est clair que le mobile en obéissant à ces deux forces, décrira dans le premier moment la diagonale BS. du parallelogramme BEMS.

Dans le second moment pendant lequel la force projectile (qui est toujours la même) ferait parcourir au corps l'espace ST. égal à BM. la gravité lui auroit fait parcourir l'espace SP. triple de BE: selon la progression de Galilée (§. 305.)

Fig. 66.

Ainsi, le corps dans le second moment en obéissant à chacune de ces deux forces selon la quantité de son action sur lui, décrira la diagonale SL. du parallelogramme STPL.

De même dans le troisième moment l'espace que

DE PHYSIQUE. CH. XIX. 39F

que la gravité feroit parcourir au corps étant quintuple du premier, & la force projectile restant la même, le corps décrira la diagonale LD. Or les diagonales BS, SL, LD. réunies ne forment pas une ligne droite, & cela, parce que le mouvement de projectile imprimé au corps est uniforme, ou supposé tel, & que le mouvement imprimé par la gravité est un mouvement également accéléré: ainsi le corps à chaque instant infiniment petit, s'approchera du centre de la terre par une diagonale infiniment petite, & toutes ces diagonales infiniment petites étant jointes les unes aux autres, formeront une courbe, laquelle se trouve être une demi-parabole.

§. 508. Vous avez assez étudié les sections coniques pour sçavoir qu'une de propriétés de la parabole est que les parties de son axe prises entre son origine, & les ordonnées à cet axe sont entr'elles comme les quarrés de ces ordonnées; ainsi dans la parabole EAC. les parties AP. AM. de l'axe AR. sont entr'elles comme les quarrés des ordonnées BP. & DM.

Fig. 67A

§. 509. Or, il est aisé de voir que les mêmes propriétés se trouvent dans la courbe que les projectiles décrivent en tombant; car les parties BE. BH. BK. de la ligne BK. qui représentent les espaces parcourus par l'action de gravité sont entr'elles comme les quarrés des lignes

La ligne que le corps décrit quand il est jetté dans une direction oblique.

Bb 4 ES.

parallèle à
l'horison,
est une pa-
rabole.

Fig. 66.

ES. HL. KD. qui représentent les tems des chutes ; car BE. est 1. BH. est 4. & BK. est 9. & ES. est 1. HL. 2. & KD. 3. & par conséquent la ligne BK. peut être considérée comme l'axe de la demi-parabole BD. & les lignes ES. HL. KD. comme les ordonnées à cet axe. La courbe que les projectiles décrivent en tombent vers la terre dans un milieu non résistant, est donc une parabole, puisqu'elle en a les propriétés.

§. 510. Lorsque la direction de la force qui a jetté le corps est oblique à l'horison, la courbe qu'il décrit est encore une parabole, soit que l'angle formé par l'horison & par la ligne qui représente cette direction, soit obtus, soit qu'il soit aigu ; car le mouvement imprimé par la force projectile étant toujours uniforme dans un milieu non résistant, & celui de la gravité étant toujours également accéléré en tems égal, la courbe qui résulte de la combinaison de ces deux forces, doit être la même dans toutes les directions, puisque les forces sont les mêmes.

§. 511. Une des propriétés de la parabole est encore que le parametre de son axe ou d'un de ses diametres * est troisième proportionnelle

Fig. 67.

* On appelle Diametres d'une parabole toutes les lignes menées d'un des points de la parabole parallèlement à son axe, comme

DE PHYSIQUE. CH. XIX. 393

à l'abscisse de ce diametre & son ordonnée ; c'est-à-dire , à la ligne BE. qui représente l'espace dont le corps est tombé par l'action de la gravité dans le premier tems de la chute ; & la ligne SE. qui représente l'espace parcouru dans le même tems par la vitesse imprimée par la force projectile : ainsi , puisque l'on connoît que l'espace parcouru dans la premiere seconde par l'action de la gravité est de quinze pieds , si on connoît l'espace que la force projectile peut faire parcourir au corps dans le même tems d'une seconde , le quarré de ce dernier espace qui représente l'ordonnée , étant divisé par quinze pieds , qui est l'espace parcouru par la gravité , lequel espace est représenté par l'abscisse , donnera le parametre de la parabole que le corps doit décrire ; or quand on connoît le parametre d'une parabole , on peut la décrire : par conséquent on connoît le chemin du mobile ; quand on connoît l'espace que la force projectile peut lui faire parcourir en un tems donné ; car celui qu'il parcourt par la force de la gravité est toujours le même .

Wolf. A.
richm.
(§. 302.)

Il suit de cette proposition , que si le mouvement de projectile de deux corps leur fait parcourir des espaces égaux en tems égaux , les

comme la figure NO. Le parametre est la ligne quadruple de la partie de l'axe comprise entre le foyer & le sommet de la parabole ; & l'abscisse est la partie de l'axe comprise entre le sommet de la parabole , & l'ordonnée à son axe ou à un de ses diametres.

paraboles

paraboles qu'ils décriront , auront le même paramètre.

Fig. 66.

§. 512. La ligne de direction du mouvement de projectile est toujours tangente de la parabole que le corps décrit ; ainsi, la ligne BR. touche la parabole BD. au point B. seulement , car la gravité agissant sur le corps dans le premier instant de son mouvement , elle change la direction de ce corps dans ce premier instant ; par conséquent , la ligne qui représente la force qui pousse ce corps , étant une ligne droite , elle ne peut toucher la courbe que ce corps décrit qu'en un seul point.

Fig. 68.

§. 513. La parabole BED. s'appelle le chemin du mobile , & la ligne droite ST. qui soutient cette parabole BD. décrite par ce corps dans son mouvement , s'appelle l'amplitude de ce chemin , & l'angle CBT. s'appelle l'angle d'élévation.

Supposition nécessaire , pour que le chemin du projectile soit une parabole.

§. 514. En déterminant que le chemin des projectiles étoit une parabole , on a été obligé de faire plusieurs suppositions : car pour réduire les effets Physiques aux calculs Mathématiques , on est toujours obligé de supposer bien des choses , & lorsqu'ensuite on veut repasser des calculs Mathématiques aux effets Physiques , on trouve bien du déchet sur l'exacritude , & sur la précision.

DE PHYSIQUE. CH. XIX. 395

1°. On a supposé que les lignes MS. GL. RD. qui représentent l'action de la gravité sur les corps étoient parallèles entr'elles, car si elles n'étoient pas parallèles, la courbe décrite par le corps ne feroit plus une parabole; mais l'action de la gravité étant toujours dirigée vers le centre de la terre, les lignes MS. GL. RD. qui représentent cette action, ne sont point parallèles, puisqu'elles se réuniroient au centre de la terre, si elles étoient prolongées.

Fig. 66.

2°. On a supposé de plus, que les espaces parcourus par la force projectile étoient égaux en tems égaux, mais ils ne le sont point à cause de la résistance de l'air, qui diminue sans cesse cette force, & par conséquent, les espaces qu'elle fait parcourir.

3°. Enfin, on a encore supposé que les espaces parcourus par l'action de la gravité, sont tous en raison du quarré des tems, mais c'est ce qui n'est point exactement vrai; car cette même résistance de l'air altère aussi la proportion de ces espaces.

§. 515. La première supposition peut être faite sans erreur sensible, car l'étendue des plus grandes projections que nous puissions faire sont si courtes, par rapport à la distance qu'il y a de la surface de la terre à son centre, que les différences qui résultent du manque de parallélisme dans les lignes, qui représentent l'action de la gravité, sont une parfaite égalité pour nous.

M.

Hist. de
l'Acad.
1679.

M. Blondel a calculé qu'une pièce d'artillerie pointée horifontalement sur une montagne élevée de cent toifes, & qui chassera à la longueur de deux mille cinq cent toifes, en comptant les lignes verticales paralleles, chassera à la longueur de 2499. toifes, 5. pieds, 6. pouces $\frac{1}{2}$. en comptant le changement causé par le manque de parallelisme dans les lignes, qui représentent l'action de la gravité, & par quelque altération inévitable, qui se trouve toujours dans la ligne horifontale de projection. Or que font pour nous 5. pouces $\frac{1}{2}$. sur 2500. toifes? Cette différence est encore bien plus petite dans les projections ordinaires; ainsi l'on voit que l'on peut sans erreur la compter entierement pour rien.

Dans l'air
la ligne
que décri-
vent les
corps pro-
jetés, de-
vient une
courbe
très-appro-
chante de
l'hyperbo-
le.

Newton
Principia
Liv. 2.
prop. 4.

§. 516. A l'égard de la résistance de l'air au mouvement vertical, & à l'horifontal que l'on suppose nulle, lorsque l'on détermine que la courbe décrite par les projectiles en tombant est une parabole, son effet est si sensible dans la chute des corps ordinaires, que la courbe qu'ils décrivent en tombant dans l'air, n'est plus une parabole; mais une courbe fort approchante de l'hyperbole, laquelle reçoit des altérations selon la masse & la forme des corps, & selon la nature de l'air dans lequel ils tombent.

La parabole

§. 517. Ainsi, la parabole ne sert à déterminer

Figures du ch. dix neuf.

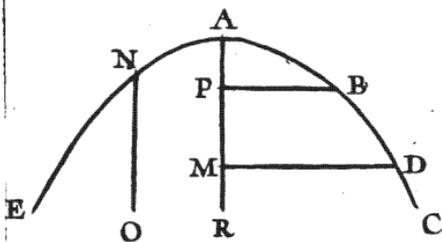
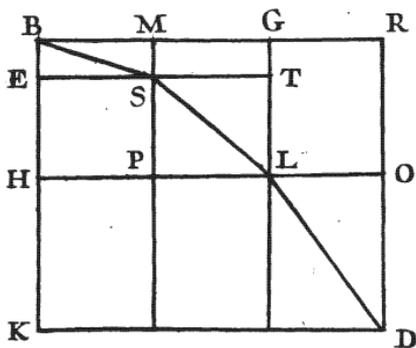
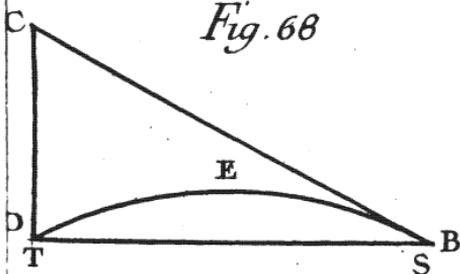


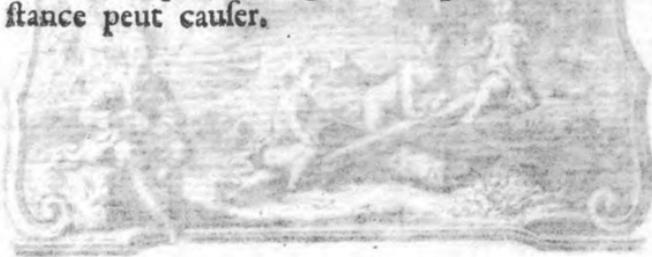
Fig. 68



DE PHYSIQUE. CH. XIX. 397

ner le mouvement des projectiles que dans un milieu non résistant, & c'est cependant cette courbe qui est le fondement de l'art de l'artillerie, car la résistance de l'air est presque insensible sur un corps aussi pesant qu'un boulet de canon, & il est d'ailleurs aisé de remédier dans ce cas aux petites irrégularités que cette résistance peut causer.

le que les projectiles décrioient dans un espace non résistant, est le fondement de l'art de l'artillerie.



CHAP.



CHAPITRE XX.

*Des Forces Mortes , ou Forces Pressantes
& de l'Equilibre des Puissances.*

§. 518.

LA Force motrice qui est le principe du mouvement fait parcourir au corps un certain espace , ou lui fait déranger un certain nombre d'obstacles ; quand son action n'est point arrêtée , selon qu'elle s'exerce plus ou moins ; mais lorsque son action est arrêtée par quelque obstacle invincible , alors elle ne fait parcourir aucun es-
SANT
page

pace au corps sur lequel elle agit , mais elle lui fait faire un effort , elle lui imprime une tendance pour déranger cet obstacle , & pour lui imprimer un mouvement.

§. 519. On distingue ces deux Forces , par ces mots de *Force morte* , ou *Force virtuelle* , & de *Force vive*. La *Force morte* consiste dans une simple tendance au mouvement : telle est celle d'un ressort prêt à se détendre ; & la *Force vive* est celle qu'un corps a lorsqu'il est dans un mouvement actuel.

Il y a deux sortes de Forces , comment il faut les distinguer.

§. 520. Les Forces mortes s'appellent encore *Forces pressantes* , parce qu'elles pressent les corps qui leur résistent , & qu'elles font effort pour les déranger de leur place.

§. 521. Les Forces pressantes peuvent ou rester en repos avec les corps qu'elles pressent , ou bien parcourir avec eux un certain espace.

§. 522. Les Forces pressantes , qui restent en repos avec les corps sur lesquels elles agissent , sont :

1°. Le poids des corps , lequel les porte vers le centre de la terre , c'est par cette force que tout corps presse l'obstacle qui le soutient.

2°. L'effort que fait un ressort tendu pour se détendre , & pour éloigner de lui les puissances qui le retiennent.

Quelles sont les forces pressantes en repos.

3°.

400 INSTITUTIONS

3°. La cohésion & la force magnetique par lesquelles deux corps se pressent mutuellement l'un l'autre , à peu près comme nos mains s'appliquent l'une contre l'autre , lorsque nous les terrons.

Quelles
sont les for-
ces pressan-
tes , qui
changent
de lieu a-
vec le
corps.

§. 523. Les Forces pressantes qui , en restant appliquées au corps sur lequel elles agissent , se meuvent avec lui , sont :

1°. Le poids qui est dans le bassin d'une balance , & qui force ce bassin à descendre avec lui.

2°. Un ressort qui vient à se détendre , & à pousser devant lui les obstacles qui le retiennent.

3°. Ma main qui presse un corps posé sur une table , & qui parcourt cette table avec lui.

4°. Un corps attaché à un autre corps avec lequel il tourne en rond , & qu'il tire par sa force centrifuge , &c.

§. 524. Ainsi , on appelle également *Force pressante* , la force par laquelle un corps en tire un autre , & celle par laquelle un corps presse sur un autre : en un mot tout ce qui fait effort pour déranger de sa place un corps auquel il tient , soit qu'il le touche immédiatement , comme le poids qui est dans le bassin d'une balance , soit qu'il lui tienne par un autre corps , comme le corps tourné en rond , qui tire celui auquel une corde l'attache ; soit enfin qu'il le presse simplement comme une pierre posée sur une table.

§. 525

DE PHYSIQUE. CH. XX. 401

§. 525. Toute Force motrice produit une pression ; mais la pression de la force morte est détruite à tout moment, & celle de la force vive ne l'est pas.

§. 526. Les obstacles sur lesquels les forces pressantes agissent, peuvent être ou invincibles, ou de nature à céder.

§. 527. Quand les obstacles sont invincibles, l'action de la force qui tend à les déplacer, est à tout moment détruite par ces obstacles, & à tout moment reproduite par l'effort continuel que fait la force pressante pour vaincre cette résistance. Ainsi, les petits degrés que la force pressante imprime à l'obstacle qui retient son action, périssent en naissant, & naissent en périssant ; & c'est dans cette réciprocation constante, dans ce retour de production & de destruction que consiste l'effet de la pesanteur d'un corps, lorsqu'il est retenu par un obstacle invincible ; & c'est cette pression aussi-tôt détruite, que produite, qu'on appelle *force morte*.

§. 528. Quoique les forces mortes ne produisent aucun effet, elles peuvent cependant être considérées comme actives ou comme passives.

§. 529. La Force morte que je considère
Tome I. C c comme

402 INSTITUTIONS

comme active, est la force que les corps ont pour tenir quelque puissance en équilibre.

En quoi
consistent
les forces
mortes.

§. 530. La Force morte que je considère comme passive, est celle que reçoit un corps sans mouvement, lorsqu'il est sollicité de se mouvoir, & qu'il reste cependant en repos.

Quel est
leur effet.

§. 531. Lorsque la force morte est détruite par un obstacle invincible, son effet est le même, soit que son action dure un moment, soit qu'elle soit continuée des millions d'années; car dans l'un & dans l'autre cas, elle ne produit aucun effet réel; mais elle tend seulement, à chaque instant, à en produire un: ainsi, quelque long-tems que la pression contre un obstacle invincible puisse être continuée, la force qui la produit, ne s'épuise jamais.

§. 532. Dès que l'action de la Force morte sur un obstacle invincible cesse, son effet, qui est la pression du corps qui lui résiste, cesse aussi; & son effet ne survit jamais à son action.

Toute pression se consume pendant qu'elle agit, & son effet, dans un moment, ne dépend point de son effet dans un autre, de sorte qu'elle est toujours détruite dans un instant infiniment petit, soit par la pression contraire d'un obstacle invincible, soit en communiquant ou en détruisant de la force.

On appelle résistance ce qui détruit la pression,

DE PHYSIQUE. CH. XX. 463

sion, & c'est pour cela que la réaction est toujours égale à l'action, ce qui veut dire seulement que la résistante est égale à la pression qu'elle détruit.

§. 533. Un obstacle invincible pour une force, ne l'est pas pour une autre, si cette force est supérieure à la première.

§. 534. Lorsque les obstacles sur lesquels la force motrice agit, ne sont pas invincibles, l'action de cette force sur ces obstacles est de les faire sortir de leur place, & alors les petits degrés de mouvement, que cette force communique, à chaque instant infiniment petit, au corps sur qui elle agit, s'y accumulent, & s'y conservent, & cette force oblige le corps à changer de place; & dans ce cas la *force morte* se change en *force vive*.

Quand l'obstacle cède, les forces pressantes ou *forces mortes*, deviennent *forces vives*.

§. 535: On voit déjà que la force morte & la force vive diffèrent entr'elles essentiellement, puisque l'une ne produit aucun effet, & que l'autre produit un effet réel, qui est le déplacement de l'obstacle: ainsi, ces deux espèces de force ne peuvent pas plus être comparées qu'une ligne & une surface: ce sont des quantités hétérogènes, & entre lesquelles il y a l'infini.

Je parlerai des forces vives dans le Chapitre 21. Je n'examine ici que l'effet de la simple pression.

C c 2 §. 536.

Comment
les force-
mortes doi-
vent être
estimées.

§. 536. Dans les corps en repos on estime la force qu'ils ont pour tenir quelque puissance en équilibre, par le produit de leur masse ou de leur matière propre multipliée par leur vitesse virtuelle ou élémentaire, c'est-à-dire, par la vitesse initiale qu'ils auroient, si cette puissance, qui les retient, venoit à faire quelque mouvement.

§. 537. Le corps est quelque tems à acquérir la force motrice; car tout effet suppose un tems dans lequel il s'opère.

§. 538. La puissance qui agit sur le corps, & qui lui communique la force motrice, reste appliquée à ce corps, jusqu'à ce qu'il ait acquis cette force qu'elle lui communique.

La puissance motrice reste appliquée au corps, & parcourt avec lui un certain espace dans le premier instant, dans lequel la puissance transporte l'obstacle.

§. 539. Dans ce premier instant, dans lequel la puissance motrice reste appliquée au corps sur qui elle agit, l'intensité de cette puissance est le produit de la masse par la vitesse initiale; car tant que le corps pressé n'a pas encore acquis tout son mouvement la puissance qui lui communique le mouvement, est alors une force morte.

§. 540

DE PHYSIQUE. CH. XX. 405

Les puissances peuvent différer entr'elles selon la grandeur des masses qu'elles peuvent transporter, & selon l'espace infiniment petit qu'elles peuvent parcourir avec elles en tems égal ; & c'est ce qu'on appelle *l'intensité des puissances.*

§. 540. On ne peut point connoître la grandeur d'une seule puissance : il faut comparer l'action momentanée de deux puissances qui agissent sur des masses égales ou inégales, & qui les poussent avec un increment de vitesse plus ou moins grand, afin de pouvoir connoître en quelle raison ces puissances agissent ; car toutes nos connoissances ne sont que comparatives.

De la comparaison des puissances.

§. 541. Si dans un espace égal, les puissances déplacent des masses inégales, leurs intensités seront comme les masses déplacées, multipliées par leurs vitesses initiales.

§. 542. Si les masses déplacées sont égales & les espaces inégaux, les intensités seront comme les espaces.

§. 543. Si les masses & les espaces sont inégales, les intensités des puissances seront comme ces masses, & ces espaces, c'est-à-dire, en raison composée des deux.

Cc 3 §. 544

§. 544. Les masses déplacées sont toujours en raison directe de la grandeur des puissances, & en raison inverse des espaces.

§. 545. Ainsi, les intensités des puissances sont égales, si les espaces parcourus sont en raison réciproque des masses déplacées. Par exemple, si les masses déplacées sont 8. & 6. & les espaces parcourus 3. & 4. respectivement, l'intensité de chacune de ces deux puissances sera 24. car dans ce cas, la première masse est à la seconde, comme la vitesse initiale de la seconde est à la vitesse initiale de la première : ainsi, le produit des espaces parcourus, & des masses déplacées, multipliés l'un par l'autre, représente l'intensité des puissances qui communiquent la force motrice.

§. 546. Les puissances égales qui agissent dans une direction directement opposée, se servent l'une à l'autre d'un obstacle invincible, & détruisent mutuellement l'effet l'une de l'autre : ainsi, toute puissance opposée peut être considérée comme un obstacle invincible, par rapport à la puissance qu'elle contrebalance ; & tout obstacle invincible peut être considéré comme une puissance égale à la puissance dont il arrête l'effet.

§. 547. Dans l'équilibre des puissances, les forces

forces mortes sont en raison composée des masses, & de leur vitesse virtuelle.

Ainsi, quand 10. livres paroissent en équilibre avec 2. livres, comme dans une romaine, ce n'est en effet qu'une illusion; car ce n'est pas entre 2. & 10. qu'est l'équilibre, mais entre 2. & 10. disposées de façon, que les deux livres, auroient 5. fois plus de vitesse que les 10. si elles venoient à se mouvoir, ce qui rétablit l'équilibre.

Pourquoi
2. livres &
10. livres
paroissent
en équilibre.

L'équilibre est donc un repos causé par l'opposition & l'égalité de deux ou de plusieurs forces.

§. 548. Deux forces ne peuvent être en équilibre, & se détruire mutuellement, que lorsqu'elles feroient parcourir à la même masse des espaces égaux en tems égaux, si elle venoit à céder à leur action, dans le premier moment quelle y céderoit, car ces forces pourroient déranger les mêmes masses, quoiqu'elles ne pussent pas les transporter également loin en tems égal; & si une de ces puissances, par exemple, pouvoit faire parcourir au même corps un espace infiniment petit, double de l'espace infiniment petit que l'autre puissance lui feroit parcourir dans un même tems, l'intensité de cette puissance seroit double de celle de l'autre puissance; car lorsque les masses sont égales, les puissances sont comme les espaces. (§. 542.)

§. 549. Les puissances égales & opposées se détruisent mutuellement, & alors leur destruction est le seul effet qu'elles produisent.

Lorsque deux puissances sont en équilibre, elles sont égales.

De l'équilibre des puissances.

§. 550. Afin que deux puissances puissent être en équilibre, il faut que leurs directions se réunissent en un point, & concourent dans la même ligne, sans quoi elles ne seroient point opposées, ou bien elles ne le seroient qu'en partie.

§. 551. Si deux puissances agissent sur le même corps dans une direction contraire, & avec des forces inégales, la force de la puissance plus foible sera détruite, ainsi qu'une égale partie de la force de la puissance supérieure, en sorte que la plus forte puissance poussera la plus foible devant elle avec la force qui lui restera; & l'effet produit sera égal à la force restée à la puissance supérieure.

§. 552. Si les directions opposées de deux puissances égales en tout, se réunissent sur un même obstacle, ni ces puissances, ni cet obstacle ne sortiront de leur place; & ces puissances détruiront mutuellement l'effet l'une de l'autre, tant qu'elles continueront à presser cet obstacle dans une direction opposée.

§. 553.

§. 553. Afin que les trois puissances ABC. dont les directions se réunissent au point D. soient en équilibre, il faut que leurs intensités soient entr'elles comme les trois lignes DG. GE. ED. parallèles aux directions des trois puissances ABC. lesquelles forment entr'elles le triangle DGE. ou DEF. car si la puissance B. en tirant le point D. lui eût donné la vitesse DG. & que la puissance C. lui eût donné la vitesse DF = GE. le point D. eût parcouru la diagonale DE. du parallélogramme GDFE.

Donc afin que la puissance A. tienne le point D. en repos, & contrebalance les puissances C. & B. il faut qu'elle puisse donner au corps B. la vitesse ED. car alors la force vers DE. sera égale aux deux forces vers DG. & vers DF = GE. puisque les forces sont entr'elles comme les vitesses qu'elles communiqueroient au même corps (257.) Les côtés du triangle DGE. expriment donc en quelle raison ces trois puissances qui se tiennent en équilibre, sont entr'elles.

§. 554. Une puissance est en équilibre avec 4. 5. ou un nombre quelconque de puissances, lorsque toutes les puissances qui la contrebalancent, peuvent être renfermées dans une seule puissance, dont l'intensité soit égale à l'intensité de la puissance contrebalancée, & si de plus elles concourent avec elle dans la même ligne.

Soit ce point A. tiré par les cinq puissances
D.

Planche
II.

Fig. 69.

En quel
proportion
les puissances
qui sont
en équilibre,
doivent être
entr'elles.

Fig. 69.

Fig. 70. D. E. F. G. B. enforte que la puissance B. soit en équilibre avec les quatre autres puissances D. E. F. G. Si ces cinq puissances sont respectivement proportionnelles aux lignes AD. AE. AF. AG. AB. ayant formé le triangle ADC. ou le parallelogramme ADCE. les puissances AE. AD. seront renfermées dans la seule puissance AC. qui agira dans la direction AC. ainsi les puissances AD. AE. AC. seront en équilibre par la §. précédente.

L'action de toute puissance peut se résoudre en deux autres puissances.

Fig. 70.

Les puissances AG. AF. étant ensuite renfermées de la même façon dans la puissance Ah. ces deux nouvelles puissances AC. & Ah. seront réduites par le même moyen à la seule puissance Ab. qui se trouvera égale & directement opposée à AB. puisqu'elle sera dans la même ligne, & qu'elle représente les forces AE. AD. AF. & AG. qui étoient en équilibre avec AB.

§. 555. Il suit de la §. 553. que l'action de toute puissance peut se résoudre en l'action de deux ou de plusieurs puissances ; & cela d'une infinité de manières différentes, à cause de la quantité infinie de triangles qui peuvent avoir le même côté. (§. 281.)

Ainsi, on peut considérer l'effet opéré par plusieurs puissances, comme étant l'effet d'une seule force qui leur est égale, & au contraire.

PROVE

§. 556. C'est sur tout dans la combinaison de l'action

DE PHYSIQUE. CH. XX. 411

l'action des forces pressantes que l'on trouve l'accomplissement de la troisième Loi du mouvement, par laquelle la réaction est toujours égale à l'action (§. 258.) car les forces pressantes n'agissent jamais sans une résistance égale, soit que l'obstacle cède, soit qu'il résiste invinciblement,

de l'égalité de l'action & de la réaction par l'équilibre des puissances

Ainsi, dans l'équilibre où se tiennent deux ou plusieurs puissances, quoiqu'elles se pressent l'une l'autre, & que la moindre augmentation de force les pût faire sortir de leur place, cependant elles y restent toutes, tant que les efforts qu'elles s'opposent mutuellement, sont égaux.

CHAPITRE



CHAPITRE XXI.

De la Force des Corps.

§. 557.



Un corps ne peut passer subitement du mouvement au repos, ni du repos au mouvement.

VOUS avez vû dans le Chapitre premier, que le principe de la continuité, fondé sur celui de la raison suffisante, ne souffre point de faut dans la nature, & qu'un corps ne sçauroit passer d'un état à un autre, sans passer par tous les degrés qui sont entre deux; ainsi, par cette Loi un corps qui est en repos, ne sçauroit passer subitement au mouvement, il faut qu'il y aille successivement, & comme par nuances, en acquerant l'un après l'autre tous les degrés de mouvement qui sont entre

DE PHYSIQUE. CH. XXI. 415

entre le repos, & le mouvement qu'il doit acquérir.

§. 558. Un corps qui est en mouvement, possède une certaine force qui augmente, lorsque la vitesse de ce corps augmente, & qui diminue, lorsque la vitesse diminue. Donc puisque l'on vient de voir qu'un corps ne reçoit point sa vitesse totale tout d'un coup; mais qu'il l'acquiert par gradation, la force qui accompagne cette vitesse, passe aussi successivement de la cause pressante, dans le corps qu'elle met en mouvement.

Les corps acquièrent la force successivement comme la vitesse.

§. 559. Ainsi, il se présente naturellement deux façons de considérer la force des corps, la première, lorsque la force est encore naissante, ou prête à naître, & la seconde, lorsque la force est déjà née dans le corps, c'est-à-dire, lorsque le corps est dans l'état d'un mouvement actuel, & fini.

Deux façons de considérer la force des corps.

§. 560. Lorsque la force est encore dans sa naissance, elle est l'effet de la pression d'une cause étrangère sur le corps qui la reçoit, cette pression imprime au corps un élément de mouvement, s'il peut céder, & obéir à la cause qui le sollicite, & si le corps est retenu par un obstacle invincible, qui ne lui permette point d'acquérir de la vitesse, & d'accumuler en lui les degrés de force, que la cause qui agit sur

Toute pression produit ou une tendance au mouvement ou une vitesse infiniment petite.

lui

lui, peut lui donner, cette cause lui communique simplement une tendance au mouvement ; de cette espèce, est la force de la gravité, quand son action est retenue.

Tout le monde convient que c'est cette force qui fait descendre les corps vers la terre ; or un corps qui est sur une table, ou suspendu à un fil, ne sçauroit descendre vers la terre, parce que la résistance de la table, ou du fil l'en empêche, cependant il presse la table, & il tend le fil, & il montre par-là sa tendance au mouvement, qui ne peut avoir d'effet, tandis que ces obstacles qu'il ne sçauroit vaincre, s'y opposent. La pression du corps pesant est donc sans effet dans ces deux cas, ou plutôt les effets qu'elle produit, c'est-à-dire, la tension du fil, & la pression de la table, sont *des effets non nuisibles*, qui n'épuisent point la cause pressante : ainsi, la cause pressante ne perd rien alors de sa force parce qu'elle ne la déploie point ; mais elle tend simplement à la déployer, & *cette force* demurerait éternellement en elle sans s'altérer, si les obstacles restoient toujours invincibles. L'on appelle cette force que la cause pressante déploie sans succès, *force morte*.

Ce qu'on appelle *force morte*.

De l'élément de la *force vive*.

§. 561. Lorsqu'on ôte l'obstacle invincible qui empêchoit l'effet de la cause pressante, & qu'on lui donne la liberté de se déployer, & de transférer de la force dans le corps pressé ; aussitôt le corps cède, & ne renvoie plus les pressions

DE PHYSIQUE. CH. XXI. 415

pressions de cette cause, mais il les reçoit & les accumule dans lui, & alors ces pressions qui n'étoient que de simples efforts, une force morte, deviennent une force vive, mais une force vive infiniment petite, l'élément de la force vive, son commencement qui ne peut devenir une force vive finie, que lorsqu'elle est répétée une infinité de fois, & accumulée par une infinité de pressions successives dans le corps qui reçoit le mouvement, & comme cette force infiniment petite qui est l'élément de la force vive, est l'effet de la pression qui étoit une force morte, lorsque ce corps étoit encore retenu, & qu'il ne pouvoit point recevoir le mouvement, & que ces deux forces, c'est-à-dire, la force morte & l'élément de la vive ont une même mesure qui est la masse du corps multipliée par la vitesse infiniment petite que la pression lui communique, à chaque instant infiniment petit, on les confond ordinairement, & on le peut faire sans erreur; mais j'aime cependant mieux les distinguer ici, parce qu'il y a une différence réelle entre elles; car dans le premier cas les degrés de force infiniment petits sont détruits à tout moment, au lieu que dans le second, ils s'accumulent dans le corps qui reçoit le mouvement.

La mesure de la force morte est le produit de la masse par la vitesse initiale.

§. 562. Lorsque la pression imprime au corps qui lui cède, le premier degré de force, ou l'élément de la force vive, cet élément est proportionnel

La mesure de cet élément de vitesse est

316 INSTITUTIONS

la même
que celle
de la force
morte.

portionnel au petit espace que la pression fait parcourir au corps dans un petit tems donné, ou à la vitesse infiniment petite qu'elle lui communique dans ce petit tems, & une pression qui feroit parcourir au même corps un espace double, en même tems, seroit double, (§. 541.) & comme cette pression, qui produit dans le premier moment un élément de force vive lorsque l'obstacle cède infiniment peu, est la même qui produisoit une force morte, lorsque cet obstacle ne cedit point du tout à son effort, on connoît la quantité de la pression qu'un obstacle invincible détruit, par rapport à une autre pression à laquelle l'obstacle cède infiniment peu dans un tems infiniment petit, par l'espace, que cette pression, qui agit contre un obstacle invincible, feroit parcourir à cet obstacle dans un tems donné, si la force qu'elle communique au corps sur qui elle agit, devenoit vive de morte qu'elle étoit auparavant; comparé à l'espace, que l'autre pression à laquelle l'obstacle cède infiniment peu, fait parcourir dans le même tems à un corps égal en masse au premier, en considérant toujours les effets dans un instant infiniment petit.

Comment
on connoît
l'effort des
Machines,
& ce qu'elles
peuvent
produire
d'effets.

§. 563. C'est de cette manière qu'on mesure les efforts des Machines, par les petits espaces que les masses pressées parcoureroient, si on leur donnoit la liberté de céder aux efforts qu'on les presse, & en examinant le rapport que ces petits espaces ont entre eux. La

DE PHYSIQUE. CH. XXI. 417

La force des Machines est du genre des forces mortes, de même que la force de tous les corps qui tendent à un mouvement actuel, mais qui n'y sont point encore, & on doit estimer leur rapport, lorsqu'on les compare entr'elles par le produit de leur masse dans leurs vitesses initiales, lesquelles sont toujours proportionnelles à l'effort que ces corps font pour se mouvoir.

Ainsi, soient les deux bras d'une Romaine M. E. N. E. chargés à leurs extrémités de deux poids M. & N. qui s'y tiennent en équilibre : on saura le rapport de ces forces, si on considère ce qui arriveroit si l'un des bras obéissoit à l'effort du corps qui le presse, on voit qu'alors le bras M E. viendrait en m E. & le bras N E. en n E. & que par conséquent le corps M. décriroit le petit arc M m. pendant que le corps N. décriroit le petit arc N n. dans le même tems, leurs efforts seront donc comme ces petits espaces M m. N n. multipliés par leurs masses; car ces petits espaces sont comme leur vitesse initiale: mais les efforts sont égaux par la supposition, ainsi, la masse M. est à la masse N. comme l'espace N n. est à l'espace M m. c'est-à-dire, que les masses sont en raison renversée des espaces par la proposition seize du sixième Livre d'Euclide; mais comme les triangles M m E. N n E. sont semblables, leurs côtés sont proportionnels (Euclide Prop. 4. Liv. 6.) Ainsi, N n. M m. = N E. M E. c'est-à-dire, les espaces

Planche
II.

Fig. 7 L.

Exemple
de l'effort
des Machines
près de
la Romaine.

Tom. I.

*

D d parcourus

Fig. 71.

parcours sont entr'eux comme la longueur des bras de la Romaine, mettant donc à la place de la raison des petits espaces $Nn.$ à $Mm.$ la raison de la longueur des bras $NE.$ $ME.$ qui lui est égal, on aura $M:N=NE:ME.$ c'est-à-dire, que les poids $M.$ & $N.$ sont en raison réciproque de la longueur des bras de la Romaine, ce qui est la proposition fondamentale de la Statique.

Exemple
tiré de la
proposition
fondamen-
tale de
l'Hydro-
statique.

Fig. 72.

§. 564. On démontrera de la même manière la proposition fondamentale de l'Hydrostatique, que les fluides sont en équilibre, lorsque leurs surfaces sont à une hauteur égale dans les vases, & les tuyaux qui les contiennent; car supposons que dans le vase $AT.$ la superficie $AB.$ soit dix fois plus grande que celle du tuyau $CD.$ & que cette superficie descende en $a b.$ il est clair que la superficie $CD.$ du tuyau communiquant montera en $c d.$ d'autant plus haut que la superficie du vase est plus grande que celle du tube: or si ces deux quantités d'eau doivent être en équilibre, il est nécessaire que les produits de leurs masses multipliés dans leurs vitesses initiales soient égaux; or puisque la vitesse initiale de l'eau du tube est 10. tandis que celle du vase est 1. il faut que la masse dans le tube soit aussi 10. fois plus petite, & par conséquent que les hauteurs des fluides soient égales, puisque la surface $CD.$ est seulement la dixième partie de la surface $AB.$

§. 565

§. 565. De cette manière on parvient toujours à déterminer le rapport de toutes fortes de puissances, qui se tiennent en équilibre au moyen de leurs vîteses initiales, & toute la Statique, tant des fluides que des solides, est comprise sous cette règle.

Tous les Mathématiciens conviennent de ce principe, ils mesurent toujours le rapport des efforts ou des forces mortes par les produits des masses multipliés par les vîteses initiales, & personne ne s'est jamais avisé de révoquer cette vérité en doute; mais il n'en est pas de même de la force vive, c'est-à-dire de la force qui réside dans un corps qui est dans un mouvement actuel, & qui a une vîtresse finie, c'est-à-dire, une vîtresse infiniment plus grande que cette vîtresse initiale dont je viens de parler.

§. 566. Sans entrer encore dans la discussion de la mesure de cette force vive, on s'aperçoit aisément qu'elle est d'un autre genre que la force morte, qu'elle doit être infiniment plus grande que son élément, & qu'elle doit lui être comme une ligne est à un point, ou comme une surface est à une ligne.

M. de Leibnits qui a découvert le premier la véritable mesure de la force vive, a distingué avec beaucoup de soin ces deux forces, & il a si bien expliqué leurs différences qu'il eût

D d 2. été

M. de
Leibnits est
l'inventeur
des forces
vives.

ABA E-

*rud. An-
née 1686.
ſuiv.*

*Il faut di-
stinguer a-
vec ſoin la
force vive
de ſon éle-
ment.*

été impossible de s'y méprendre, & de les confondre, si au lieu de se révolter contre cette découverte, on l'avoit examinée.

§. 567. On a vû (§. 560.) qu'une pression imprimée au corps qui lui cède, une vitesse initiale, & une force infiniment petite, & que cette force infiniment petite passe dans le corps sur qui la cause pressante agit; à cette pression succède une autre pression, & à celle-ci encore une autre, & ainsi de suite jusqu'à ce que le corps ayant reçu successivement une infinité de pressions toutes efficaces, & qu'il conserve toutes, ce corps se meuve avec une vitesse finie, & qu'il ait acquis une force, qui est la somme de toutes ces pressions accumulées & assemblées dans lui.

Fig. 73.

Or personne ne peut nier que de trois ressorts AB. CD. EF. également forts, & également tendus, chacun possède la même force; & que je puis mettre l'un à la place de l'autre, sans alterer l'effet qui doit résulter de la force de ces ressorts: ainsi, si un corps a acquis toute la force qui résidoit dans le ressort AB. & qu'un autre corps ait acquis toute la force qui résidoit dans les deux autres ressorts égaux CD. EF. ce second corps aura deux fois plus de force que le premier, & un corps qui auroit la force de trois de ces ressorts égaux & semblables, auroit trois fois plus de force, que celui qui n'auroit que la force d'un de ces ressorts, & ainsi de suite.

Rien

DE PHYSIQUE. CH. XXI. 421

Rien ne paroît plus évident que cette proposition, & si on vouloit la nier, je ne sçais plus ce qu'il y auroit de sûr dans les connoissances humaines, ni sur quel principe on pourroit bâtir en Philosophie; il vaudroit autant, ce me semble, renoncer à toute recherche.

La gravité presse uniformément les corps graves à chaque instant, & dans tous les points où ils se trouvent pendant leur chute vers la terre; je puis donc considérer la gravité, quant à ses effets, comme un ressort infini NR. qui presse également un corps A. dans tout l'espace AB. & qui le suit en le pressant toujours également, & en accélérant continuellement son mouvement vers B. par les nouvelles pressions qu'il lui imprime dans tous les points qui sont entre A. & B. Or si on exprime la pression que le corps éprouve en A. par la ligne Am, celle qu'il reçoit dans le moment le plus proche a. par la ligne an, la pression suivante par bp. & ainsi de suite jusqu'en B. où le corps se trouve actuellement, on voit que toutes ces lignes Am, an, bp. &c. font le rectangle Ab. & que la force vive acquise en B. doit être représentée par ce rectangle, puisqu'elle est composée de la somme de toutes les pressions reçues pendant le tems AB. lesquelles pressions les lignes Am, an, bp, Bb. représentent: ainsi, la force vive du corps A. arrivée au point B. sera à celle d'un corps R. qui seroit descendu de A. en R. comme le rectangle Ab. au rectangle AL. c'est-

Fig. 74.
Les forces vives des corps sont comme le carré des vitesses. Preuves de cette vérité par la chute des corps.

Dd 3 à-dire,

422 INSTITUTIONS

à-dire , comme les espaces AB. AR. car les rectangles qui ont la même hauteur , sont entr'eux comme leurs bases (Euclide Livre 6. Prop. premiere.)

Fig. 74.

Les forces que les corps ont reçues en A. & en R. doivent être nécessairement comme ces lignes AB. AR. car par la §. précédente , les forces vives doivent être entre elles comme le nombre des ressorts égaux , & semblables qui se sont détendus , & qui ont communiqué leurs forces aux corps en mouvement : or le nombre de ces ressorts est évidemment ici comme les espaces AB. AR. puisque dans un espace double il y a deux fois plus de ressorts que dans un espace sous double. Donc les forces vives des corps que la gravité fait descendre , doivent être entre elles comme les espaces AB. AR.

On a vû au chap. 13. qu'il est démontré par la théorie de Galilée que les espaces que la gravité fait parcourir aux corps qui tombent vers la terre , sont comme les quarrés des vîtesses : donc les forces vives que les corps acquèrent en tombant , sont aussi comme les quarrés de leurs vîtesses , puisque ces forces sont comme les espaces.

Combien
cette dé-
couverte
fut comba-
tue dans
les com-
mence-
mens.

Cette assertion parut d'abord une espece d'Héresie Physique. *D'où viendrait ce quarré*, disoit-on ? mais on voit qu'il est aisé par ce qui vient d'être dit dans les sections précédentes, de le déduire de l'accumulation de toutes les pres-
sions

sions qui ont agi sur le corps dans un tems infini.

§. 568. Toutes les expériences ont confirmé depuis cette découverte, dont on a l'obligation à M. de Leibniz, & elles ont fait voir que dans tous les cas, la force des corps qui sont dans un mouvement actuel, & fini, est proportionnelle aux quarrés de leurs vîteses multipliées dans leur masse, & cette estimation des forces est devenue un des principes les plus féconds de la Méchanique.

Toutes les expériences l'ont confirmée.

Les Philosophes sont d'accord sur les expériences qui prouvent cette estimation des forces vives, & ils conviennent tous, que les matières déplacées, les ressorts tendus, les fibres aplaties, les forces communiquées, &c. que tous les effets des corps en mouvement enfin, sont toujours comme le quarré de leur vîtesse multipliée par leur masse.

Il sembleroit d'abord qu'il ne devoit y avoir aucune dispute sur cette matière; car puisque de l'aveu de tout le monde, toute force est égale à son effet pleinement exécuté, & que des expériences non contestées prouvent que tous les effets des corps en mouvement, sont comme les quarrés de leurs vîteses multipliées par leurs masses, il paroît indispensable de conclure que les forces de ces corps sont aussi comme le quarré de leurs vîteses.

D d 4 §. 569.

Objection
contre les
forces vi-
ves tirées
de la confi-
dération
du tems.

§. 569. Les adversaires des forces vives ont cru pouvoir se dérober à cette conclusion par la considération du tems ; lequel, disent-ils, doit toujours être la mesure commune de deux forces que l'on compare ; or les corps qui avec des vitesses doubles font des effets quadruples, ne les font que dans un tems double : donc, conclue-t-on, leur force n'est que double en tems égal, c'est-à-dire, en raison de la simple vitesse, & non du carré de cette vitesse.

Reponse
à cette Ob-
jection.

Il me semble qu'il y a une réponse bien simple à cette Objection ; car pouvoir produire plus d'effets, & agir pendant plus de tems, c'est là ce que j'appelle, & ce que je crois que tout le monde doit appeller, *avoir plus de force*, & la mesure totale de cette force doit être ce que le corps peut faire, depuis le tems qu'il commence à se mouvoir, jusqu'à celui où il aura épuisé toute sa force, quelque soit le tems qu'il y employe, & le tems ne doit pas plus entrer dans cette considération que dans la mesure de la richesse d'un homme, qui doit avoir été toujours la même, soit qu'il ait dépensé son bien dans un jour, ou dans un an, ou dans cent ans.

§. 570. La question de la force des corps ne doit pas rouler sur une force métaphisique sans emploi & sans résistance, car je ne sçais quelle est la force de celui qui ne se bat point ; si donc

DE PHYSIQUE. CH. XXI. 425

Donc rien ne résiste à la force d'un corps, s'il se meut seulement avec sa masse & sa vitesse, je ne le connois que comme *vite*, & je ne puis découvrir quelle est sa force, ni ce que c'est.

Mais si ce corps vient à rencontrer d'autres corps qu'il fait mouvoir, des ressorts qu'il tend, des masses qu'il transporte, qu'il déplace, ou qu'il comprime, alors je le connois comme *fort*, & je puis estimer sa force par la quantité d'effets qu'il produit en la consumant, & je ne puis craindre de me tromper en estimant cette force, par les effets qui l'ont consumée.

Le tems est à considérer dans les occasions, dans lesquelles pendant un plus long-tems il peut y avoir un plus grand effet produit, comme dans le mouvement uniforme; car alors l'espace total parcouru qui est le seul effet produit, sera plus ou moins grand, selon que le mouvement du corps sera continué plus ou moins de tems; mais un corps qui a eû la force de fermer un tel nombre de ressorts, ou de remonter à une telle hauteur, ne fermera jamais une plus grande quantité de ressorts semblables, & ne remontera jamais plus haut, quelque tems qu'il y employe.

Si avec un tems plus long le corps pouvoit produire un plus grand effet, comme, par exemple, de remonter à une plus grande hauteur que celle dont il est tombé, alors l'effet seroit plus grand que sa cause, & le mouvement perpétuel mécanique seroit possible; car il ne se-

En quelles circonstances le tems est à considérer.

Le mouvement perpétuel mécanique seroit possible, si dans un tems plus

roit

long, la même force pouvoit produire plus d'effets.

roit question que d'employer un tems, d'une longueur suffisante; mais tout le monde regarde le mouvement perpétuel mécanique comme impossible; donc quand il s'agit d'estimer la force d'un corps, les obstacles surmontés sont seuls à compter.

§. 571. Ainsi, la force détruite est toujours égale à l'effet qu'elle a produit, quelque soit le tems dans lequel elle l'a produit; car si ce tems a été plus court, & la résistance égale, le corps aura consumé plus de force, & surmonté par conséquent une plus grande partie de cette résistance à chaque instant, & si le tems a été plus long, il fera arrivé tout au contraire, mais dans l'un & l'autre cas, il y a eu la même force dépensée; & la même quantité d'effets produits, ensorte que pour surmonter une résistance qui est 100. il faut toujours cent degrés de force, quelque tems que l'on mette à la surmonter.

Absurdités qui s'en suivroient de la considération du tems dans l'estimation des forces.

§. 572. Je demanderai, de plus, aux personnes qui appuyent tant sur cette distinction du tems, si un corps, qui en vertu d'une double vitesse produit des effets quadruples pendant un tems double, n'agit pas dans le second tems par sa force, si ce n'est pas sa force qui le fait agir alors, si ce n'est pas enfin sa force qu'il consume dans ce second tems comme dans le premier.

DE PHYSIQUE CH. XXI. 427

Il faut bien qu'ils repondent que *oui*, or un corps avec une vitesse *deux* fermera trois ressorts dans la premiere seconde, tandis qu'un corps dont la vitesse est sous-double de la sienne, n'en fermera qu'un, & dans la deuxieme seconde, le corps qui avoit la vitesse *deux* fermera un quatrieme ressort, tandis que celui dont la vitesse étoit un, restera dans un parfait repos; or, je demande comment il peut rester quelque force dans la deuxieme seconde, au corps qui avoit *deux* de vitesse, s'il n'a eu en commençant à se mouvoir qu'une force double du corps qui avoit *un* de vitesse, puisque dans la premiere seconde il a dépensé le triple de force, & produit le triple d'effets semblables; il ne lui devroit assurément rien rester, puisque même il a plus dépensé dans la premiere seconde qu'il n'étoit censé avoir: il faut donc convenir que l'effet quadruple que le corps qui avoit *deux* de vitesse, a produit en deux secondes, a été produit par une force quadruple, ou bien il faudra dire que l'effet a été plus grand que sa cause, ce qui est absurde.

Si l'on admettoit que la force supérieure, qui ferme quatre ressorts, ne fût que double de la force inférieure, qui s'est consumée en fermant un ressort seulement, il s'ensuivroit que le corps qui a *deux* de vitesse, ne consume dans le premier instant que la même force du corps qui a *un* de vitesse, quoiqu'il dérange dans ce premier instant le triple d'obstacles égaux, & que par conséquent

conséquent un homme qui au bout d'une lieue seroit tombé de lassitude, auroit cependant eu la même force que celui qui ne se seroit lassé qu'après avoir parcouru trois lieues dans le même tems : il faut avouer que ce sont là des assertions un peu étrangères.

Il est donc bien difficile de se résoudre à estimer les forces autrement que par les effets, dans lesquels elles se sont consumées, puisque si elles avoient été plus grandes que ces effets, elles ne se seroient point consumées en les produisant, & que si elles avoient été moindres, elles ne les auroient point produits.

On refuse d'admettre les forces vives en convenant des expériences qui les établissent.

§. 573. Les forces vives sont peut-être le seul point de Physique, sur lequel on dispute encore en convenant des expériences qui le prouvent ; car si vous demandez à ceux qui les combattent quels seront sur des obstacles égaux les effets de deux corps égaux en masse, mais dont les vitesses sont 4. & 3. ils vous répondront que l'un fera un effet ; comme 16. & l'autre comme 9. or, l'on sent aisément que quelque distinction, & quelque modification qu'ils apportent ensuite à cet aveu que la force de la vérité leur arrache, il reste toujours certain que l'effet étant quadruple, il a fallu une force quadruple pour le produire.

§. 574. Il seroit inutile de vous rapporter ici toutes les expériences qui prouvent cette vérité,

DE PHYSIQUE. CH. XXI. 429

ré ; vous les verrez un jour dans l'excellent Mémoire que M. Bernoulli a présenté à l'Académie des Sciences en 1724. & en 1726. & que l'on trouve dans le Recueil des Pièces qui ont remporté, ou mérité les Prix qu'elle distribue, & vous en avez déjà vû une partie dans le Mémoire que M. de Mairan a donné en 1728. à l'Académie contre les forces vives, & que nous avons lû ensemble, & dans lequel ce fameux Procès est exposé avec beaucoup de clarté, & d'éloquence.

Comme cet ouvrage me paroît être ce que l'on a fait de plus ingénieux contre les forces vives, je m'arrêterai à vous en rappeler ici quelques endroits, & à les réfuter.

M. de Mairan dit, n^o. 38. & 40. de son Mémoire: » Qu'il ne faut pas estimer la force des » corps par les espaces parcourus par le mobile » dans le mouvement retardé, ni par les obstacles surmontés, les ressorts fermés, &c. mais » par les espaces non parcourus, par les parties » de matières non déplacées, les ressorts non » fermés, ou non aplatis: or dit-il, ces espaces, ces parties de matière, & ces ressorts » sont comme la simple vitesse. Donc, &c.

Un des exemples qu'il apporte, est celui d'un corps qui remonte par la force acquise en tombant à la même hauteur d'où il étoit tombé, & qui surmonte en remontant les obstacles de la pesanteur: » Car un corps tombé de la hauteur 4. & qui a acquis 2. de vitesse en tombant,

Examen
de quelques
endroits du
Mémoire
de M. de
Mairan,
contre les
forces vi-
ves.

» bant, parcoureroit en remontant par un mou-
 » vement uniforme, & avec cette vitesse 2. un
 » espace 4. dans la premiere seconde; mais la
 » pesanteur qui le retire en en-bas, lui faisant
 » perdre dans cette premiere seconde 1. de
 » force & 1. de vitesse, il ne parcourt que
 » 3. dans la premiere seconde, de même dans
 » la deuxième seconde où il lui reste encore 1.
 » de vitesse & 1. de force, & où il parcoureroit 2.
 » par un mouvement uniforme, il ne parcourt
 » qu'un, parce que la pesanteur lui fait encore
 » perdre mn , quelles sont donc les pertes de ce
 » corps; mn , dans la premiere seconde, & mn
 » dans la deuxième? ce corps qui avoit 2. de vites-
 » se, a donc perdu 2. de force, les forces étoient
 » donc comme ses vitesses, conclut M. de Mai-
 » ran, & non comme le quarré de ses vitesses.

Num. 39.
 U 44.

Mais pour sentir le vice de ce raisonnement, il suffit de considérer (comme dans la §. 567.) l'action de la pesanteur comme une suite infinie de ressorts égaux, qui communiquent leur force aux corps en descendant, & que le corps referme en remontant; car alors on verra que les pertes d'un corps qui remonte, sont comme le nombre des ressorts fermés, c'est-à-dire, comme les espaces parcourus, & non pas comme les espaces non parcourus.

Dans les obstacles surmontés comme les déplacements de matière, les ressorts fermés, &c. on ne peut réduire, même par voie d'hipothèse ou de supposition, le mouvement retardé en
 uniforme;

DE PHYSIQUE. CH. XXI. 431

uniforme , comme M. de Mairan l'avance dans son Mémoire , & quelque estime que j'aie pour ce Philosophe , j'ose assurer que lorsqu'il dit n^o. 40. 41. & 42. qu'un corps , qui par un mouvement retardé , ferme trois ressorts dans la première seconde , & 1. dans la deuxième , en fermeroit 4. dans cette première seconde , & 2. dans la deuxième par un mouvement uniforme , & une force constante , il dit , je ne crains point de l'avancer , une chose entièrement impossible ; car il est aussi impossible qu'un corps avec la force nécessaire pour fermer 4. ressorts en ferme 6. (quelque supposition que l'on fasse) qu'il est impossible que 2. & 2. fassent 6. car si on suppose avec M. de Mairan que le corps n'auroit consumé aucune partie de sa force pour fermer 4. ressorts dans la première seconde d'un mouvement uniforme , je dis que ces 4. ressorts ne seroient point fermés , ou qu'ils le seroient par quelqu'autre agent ; que si on suppose au contraire , qu'ayant épuisé une partie de sa force à fermer ces trois premiers ressorts dans la première seconde , & n'ayant plus que la force capable de lui faire fermer un ressort dans la deuxième seconde , le corps , reprendroit une partie de sa force pour en fermer deux dans cette deuxième seconde par un mouvement uniforme , (car il faut faire l'une ou l'autre de ces suppositions) on suppose visiblement dans le dernier cas , que le corps a renouvelé sa force , ce qui sort entièrement de
la

la question ; ainsi , il n'est point vrai que la force totale d'un corps soit représentée , par ce qu'elle eût fait , si elle ne se fût point consumée ; car elle ne pouvoit jamais faire un effet plus grand que celui qui l'a détruite , & elle ne contenoit en puissance que ce qu'elle a déployé dans l'effet produit : ainsi ce raisonnement très-sûbtil ; & qui pourroit d'abord séduire , ne porte que sur ce faux principe , que la quantité de mouvement & la quantité de la force sont une même chose , & que la force peut être supposée uniforme comme le mouvement ; quoiqu'elle ait surmonté une partie des obstacles qui doivent la consumer : mais c'est ce qui est entièrement faux , & ce qui ne peut être admis , même par supposition ; car supposer en même tems qu'une force reste la même , & que cependant elle a produit une partie des effets qui doivent la consumer , c'est supposer en même tems les contradictoires : ainsi , la mesure de la force des corps dans les mouvemens retardés , n'est point les parties de matière non déplacées , les ressorts non tendus , les espaces non parcourus en remontant ; mais , les espaces parcourus en remontant , les parties de matière déplacées , & les ressorts tendus.

M. de Mairan dit encore n°. 33. que , » de
 » même qu'une force n'est pas infinie , parce
 » que le mouvement uniforme qu'elle produi-
 » roit dans un espace non résistant , ne cesseroit
 » jamais , il ne s'ensuit pas non plus à la rigueur ,
 » qu'il

DE PHYSIQUE CH. XXI. 433

» que la force motrice de ce même corps en
» soit plus grande, parce qu'elle dure plus long-
» tems. Mais on voit aisément que dans le mou-
vement uniforme supposé éternel, il n'y a nulle
destruction de force, au lieu que lorsque la force
motrice pendant un tems double a dérangé
des obstacles quadruples, il y a eû une dé-
pense réelle de force, laquelle n'a pû se faire
sans un fond de force quadruple, & qu'ainsi,
ces deux cas ne peuvent se comparer.

Je me flatte que M. de Mairan regardera les
remarques que je viens de faire sur son Mé-
moire, comme une preuve du cas que je fais
de cet ouvrage; j'avoue qu'il a dit tout ce que
l'on pouvoit dire en faveur d'une mauvaise
cause: ainsi, plus ces raisonnemens sont sédui-
sans, plus je me suis crû obligé de vous faire
sentir qu'ils ne portent aucune atteinte à la
doctrine des forces vives.

§. 575. Cette doctrine peut être confirmée par
un raisonnement fort simple, & que tout le
monde fait naturellement quand l'occasion s'en
présente: que deux voyageurs marchent égale-
ment vite, & que l'un marche pendant une
heure, & fasse une lieue, & l'autre deux lieues
pendant deux heures, tout le monde convient
que le second a fait le double du chemin du
premier, & que la force qu'il a employé à faire
deux lieues, est double de celle que le premier
a employé pour faire une lieue; or, supposant

Raisonne-
ment très-
sensible
qui prouve
les forces
vives.

Tom. I.

*

E c

maintenant

maintenant qu'un troisième voyageur fasse ces deux lieues en une heure, c'est-à-dire, qu'il marche avec une vitesse double, il est encore évident que le troisième voyageur, qui fait deux lieues dans une heure, employe deux fois autant de force que celui qui fait ces deux lieues en deux heures : car on sçait que plus un courrier doit marcher vite, & faire le même chemin en moins de tems, plus il lui faut de force, ce que tout courrier sent si bien qu'il n'y en a point qui ne veuille être d'autant mieux payé, qu'il va plus vite ; or puisque le troisième voyageur employe deux fois plus de force que le second, & que le second en employe deux fois plus que le premier, il est évident que le voyageur qui marche avec une double vitesse pendant le même tems, employe quatre fois plus ; & que par conséquent les forces que ces voyageurs auront dépensées, seront comme le quarré de leurs vitesses.

§. 576. Les ennemis des forces vives trouvent le moyen d'é luder la plûpart des expériences qui les prouvent, parce qu'ils ne peuvent les nier ; ils rejettent, par exemple, toutes celles que l'on fait sur les enfoncemens des corps dans des matières molles, & il est vrai qu'il se mêle toujours inévitablement dans ces expériences ; & dans les exemples que l'on tire des créatures animales, des circonstances étrangères qui éternisent les disputes.

§. 477.

DE PHYSIQUE. CH. XXI. 435

§. 577. Mais M. Herman rapporte un cas qui ne laisse lieu à aucun subterfuge, & dans lequel on ne peut disputer que la force du corps n'ait été quadruple en vertu d'une double vitesse; ce cas est celui dans lequel une boule A. qui a *un* de masse, par exemple, & *deux* de vitesse, frappe successivement sur un plan horizontal, supposé parfaitement poli, une boule B. en repos, qui a 3. de masse, & une boule C. qui a 1. de masse; car ce corps A. donnera un degré de vitesse à la boule B. dont la masse est 3. & il donnera le degré de vitesse qui lui reste à la boule C. qu'il rencontre ensuite, & dont la masse est *un*, c'est-à-dire, égale à la sienne, & ce corps A. ayant alors perdu toute sa vitesse restera en repos.

Académie de Petersbourg, Tome premier.

Expérience décisive de M. Herman en faveur des forces vives.

Fig. 75.

Or, examinons quelle est la force des corps B. & C. auxquels le corps A. a communiqué toute sa force, & toute sa vitesse, certainement la masse du corps B. étant 3. & sa vitesse *un*, sa force sera *trois* de l'aveu même de ceux qui refusent d'admettre les forces vives, le corps C. dont la vitesse est *un*, & la masse *un*, aura aussi *un* de force: donc le corps A. aura communiqué la force *trois* au corps B. & la force *un* au corps C.: donc le corps A. avec 2. de vitesses a donné 4. de force: donc il avoit cette force; car s'il ne l'avoit pas eû, il n'auroit pû la donner: donc la force du corps A. qui avoit 2. de vitesse & *un* de masse, étoit 4. c'est-à-

Fig. 75.

E e 2 dire.

dire, comme le quarré de cette vitesse multiplié par sa masse.

§. 578. Il y a un rapport admirable entre la façon dont le corps A. perd sa force par le choc dans cette expérience, & celle dont un corps, qui remonte par la force acquise en descendant, perd la sienne par les coups redoublés de la gravité; car un corps qui avec la vitesse 2. remontera à la hauteur 4. perd *un* de vitesse, quand il a remonté à la hauteur *trois*, de même que la boule A. perd *un* de vitesse, en mettant en mouvement la boule B. dont la masse est *trois*; & le corps qui remonte, perd le deuxième degré de vitesse qui lui reste, en remontant de la hauteur 3. à la hauteur 4. c'est-à-dire, en parcourant un espace sous-triple du premier, de même que le corps A. perd le degré de vitesse, qui lui reste, en frappant le corps C. sous-triple du corps B. Ainsi, la même chose arrive, soit que la force des corps leur soit communiquée par l'impulsion, soit qu'elle soit l'effet de leur gravité.

§. 579. Quoique dans cette expérience de M. Herman, un corps avec deux de vitesse ait communiqué 4. degrés de force à des corps égaux à lui qui peuvent exercer cette force, & la communiquer à d'autres corps, ce qui ne laisse aucun lieu aux prétextes que l'on allégué contre la plupart des autres expériences qui prouvent les forces vives, cependant la difficulté

Cependant la difficulté du tems reste toujours dans cette expérience.

DE PHYSIQUE. CH. XXI. 437

Faculté du tems (si c'en est une) reste toujours dans cette expérience , puisque la boule A. n'a communiqué sa force aux boules B. & C. que successivement , aussi tous les adversaires des forces vives , & M. Papin qui les combattit contre M. de Leibnits leur inventeur , & M. Jurin qui s'est déclaré en dernier lieu contre cette opinion , ont-ils toujours défié M. de Leibnits , & les partisans des forces vives de leur faire voir un cas dans lequel une vitesse double produisit un effet quadruple dans le même tems , dans lequel une vitesse simple produit un effet simple , jusques là même qu'ils ont tous promis d'admettre les forces vives , si on pouvoit leur trouver un tel cas dans la nature : voici comme s'exprime M. Jurin. *Id si facere dignati fuerint me ipsis discipulum , parum id quidem est , at multos egregios viros ausim promittere.**

§: 580. Comme les loix du mouvement ne permettent pas , lorsqu'un corps en choque un seul autre , de transporter toute la force de ce corps dans un autre de masse quadruple par un seul coup , M. de Leibnits pour satisfaire à cette espèce de défi eut recours au levier , par le moyen duquel il vint à bout de transporter

* Et s'ils peuvent trouver un tel effet dans la nature , je leur promets , non seulement d'être leur disciple , ce qui seroit peu de chose ; mais de leur en procurer de beaucoup plus dignes que moi.

par un seul coup toute la force d'un corps dans un autre de masse quadruple, auquel il communiquoit la moitié de sa vitesse, mais la considération du levier donna encore lieu à des exceptions qui rendirent cette expérience de M. de Leibnitz infructueuse pour la conversion de ses adversaires : ainsi, l'objection tirée de la considération du tems subsistoit toujours.

Expérience
qui détruit
entièrement l'ob-
jection tirée
du tems

§. 581. Mais on a renversé entièrement cette objection en trouvant le cas que les adversaires des forces vives croyoient introuvable, ce cas est celui dans lequel un corps A. suspendu librement dans l'air, & dont la vitesse est *deux*, & la masse supposée *un*, choque en même tems sous un angle de 60. degrés, *deux* corps B. & B. dont la masse de chacun est *deux*; car dans ce cas le corps choquant A. demeure en repos après le choc, & les corps B. & B. partagent entr'eux sa vitesse, & se meuvent chacun avec un degré de vitesse; or ces corps B. & B. dont la masse est *deux*, & qui ont reçu chacun un degré de vitesse ont chacun *deux* de force, quelque parti que l'on prenne; donc le corps A. avec une vitesse 2. a communiqué une force 4. dans un seul & même tems, ce qui est précisément le cas exigé par les adversaires des forces vives; ainsi, cette expérience fait tomber entièrement l'objection tirée de la considération du tems, dont les ennemis des forces vives ont fait jusqu'à présent tant de bruit.

Fig. 76.

Fig. 76.

§. 582.

§. 582. De plus, la force est toujours la même, soit qu'elle ait été communiquée dans un petit tems ou dans un grand tems; le tems dans lequel les ressorts communiquent leur force, par exemple, dépend des circonstances dans lesquelles ils se déploient; car il y a des circonstances dans lesquelles la force d'un ressort peut se transmettre dans un même corps plus vite que dans d'autres circonstances, cependant la force que ce ressort lui communique, est toujours la même: ainsi, quatre ressorts égaux communiqueront la même force au même corps, soit qu'ils la lui communiquent en une, en deux, ou en trois minutes, comme dans les Fig. 77. 78. & 79. & ce tems pourroit être varié à l'infini, selon qu'on laisseroit à ces ressorts plus ou moins de liberté d'agir, quoique la force communiquée fût toujours la même; ainsi, le tems n'a rien à faire dans la communication du mouvement.

Autre preuve tirée du tems dans lequel les ressorts communiquent leur force.

Fig. 77. 78. & 79.

§. 583. On fait encore une objection contre les forces vives, qui paroît d'abord assez forte; elle est tirée de la considération de ce qui arrive à 2. corps qui se choquent avec des vitesses qui sont en raison inverse de leur masse, car si ces corps sont sans ressorts sensibles, ils resteront en repos après le choc; or il sembleroit d'abord que le corps, qui a le plus de vitesse ayant plus de force dans la doctrine des

Autre objection contre les forces vives.

E e 4 forces

forces vives, devroit pousser l'autre corps devant lui.

Reponse. Mais pour entendre comment deux corps avec des forces inégales peuvent cependant rester en repos après le choc, considérons un

Fig. 30. ressort R. qui se détend en même tems des deux côtés, & qui pousse de part & d'autre des corps de masse inégale, l'inertie de ces corps étant le seul obstacle, qu'ils opposent à la détente du ressort, & cette inertie étant proportionnelle à leur masse, les vitesses que le ressort communiquera à ces corps, seront en raison inverse de leur masse; & par conséquent ils auront des quantités égales de mouvement, mais leurs forces ne seront pas égales, comme M. Jurin & quelques autres voudroient l'inferer, ces forces seront entre elles comme la longueur CB. & la longueur CA. c'est-à-dire, comme le nombre des ressorts qui ont agi sur eux; ainsi, leurs forces seront inégales, & se trouveront entre elles, comme le carré de la vitesse de ces corps multiplié par leur masse.

Mac-Laurin Pièces des Prix de l'Académie.

Bernoulli Pièces des Prix. Dissertation sur le Mouvement.

Or, lorsque le ressort R. s'est détendu jusqu'à un certain point, si ces corps retournoient vers lui avec les vitesses qu'il leur a communiquées en se détendant, on voit aisément que chacun de ces corps auroit précisément la force nécessaire, pour remettre les parties du ressort qui ont agi contre lui dans leur premier état de compression, & qu'ils employeroient à fermer ce ressort des forces inégales, puisqu'en se

se détendant il leur avoit communiqué des forces inégales, qu'ils ont consumées à le fermer, & si le ressort étoit arrêté dans son état de compression, lorsque ces corps viennent de le refermer, les deux corps, dont toute la force a été employée à le fermer, resteroient alors en repos.

Or, quand deux corps qui ne sont point élastiques, se rencontrent avec des vitesses qui sont en raison inverse de leurs masses, ils font l'un sur l'autre le même effet que l'on vient de voir, que le corps A. & le corps B. auroient fait sur les parties du ressort R. pour le fermer, & il est aisé de voir par cet exemple comment les corps peuvent consumer des forces inégales dans l'enfoncement de leurs parties, & rester en repos après le choc.

Fig. 30.

§. 584. M. de s'Gravesande a imaginé une expérience qui confirme merveilleusement cette théorie, il affermit dans la Machine de Mariotte une boule de terre glaise, & la fit choquer successivement par une boule de cuivre, dont la masse étoit trois & la vitesse *un*, & par une autre boule de même métal dont la vitesse étoit 3. & la masse *un*, & il arriva que l'enfoncement fait par la boule *un*, dont la vitesse étoit *trois*, fut toujours beaucoup plus grand que celui que faisoit la boule 3. avec la vitesse *un*, ce qui marque l'inégalité des forces; mais quand ces deux boules avec les mêmes vitesses que

Expérience qui confirme cette réponse.

que ci devant choquoient en même tems, la boule de terre glaise suspendue librement à un fil, alors la boule de terre glaise n'étoit point ébranlée, & les deux boules de cuire restoient en repos & également enfoncées dans la terre glaise, & ces enfoncemens égaux ayant été mesurés, ils se trouverent plus grands que l'enfoncement que la boule *trois* avec la vitesse *un* avoit fait, lorsqu'elle avoit frappé seule la boule de terre glaise affermie, & moindre que celui qui y avoit été fait par la boule 1. avec la vitesse 3. car la boule 3. avoit employé sa force à enfoncer la terre glaise, & son enfoncement avoit été augmenté par l'effort de la boule 1. qui a pressé la boule de terre glaise contre la boule 3. ce qui a diminué l'enfoncement de cette boule *un*; ainsi, les corps mous qui se rencontrent avec des vitesses en raison inverse de leurs masses, restent en repos après le choc, parce qu'ils employent leurs forces à enfoncer mutuellement leurs parties; car ce n'est pas un simple repos qui joint ces parties, mais une véritable force, & pour aplatir un corps & enfoncer ses parties, il faut surmonter cette force qu'on appelle *cohérence*, & il ne se consume dans le choc que la force qui est employée à enfoncer ces parties.

Raisonnement de M. Jurin contre les forces vives.

§. 585. Le raisonnement le plus spécieux que l'on ait fait contre les forces vives, est celui de M. Jurin rapporté dans les *Transactions Philosophiques*. II

DE PHYSIQUE. CH. XXI. 443

Il suppose un corps placé sur un plan mobile, que l'on fait mouvoir en ligne droite avec la vitesse un , par exemple, il est sur qu'un corps posé sur ce plan, & dont on suppose que la masse est un , acquiert la vitesse un , & par conséquent la force un par le mouvement du plan.

Il suppose ensuite, qu'un ressort capable de donner à ce même corps la vitesse un , soit assujetti sur ce plan, & vienne à se détendre & à pousser ce corps dans la même direction dans laquelle il se meut déjà avec le plan, ce ressort en se détendant communiquera un degré de vitesse à ce corps; & par conséquent un degré de force: or dit M. Jurin, quelle sera la force totale de ce corps? elle sera *deux*, mais sa vitesse sera aussi *deux*, donc la force de ce corps sera comme sa simple vitesse multipliée par sa masse, & non comme le carré de cette vitesse.

Voici en quoi consiste le vice de ce raisonnement: supposons pour plus de facilité, au lieu du plan mobile de M. Jurin un bateau, AB. qui avance sur une rivière dans la direction BC. & avec la vitesse un , & le corps P. transporté avec le bateau; ce corps acquiert la même vitesse que le bateau: ainsi, sa vitesse est un . Si l'on attache dans ce bateau un ressort capable de donner à ce corps P. un degré de vitesse, ce ressort, qui communiquoit au corps P. hors du bateau la vitesse un , ne la lui communiquera plus

Fig. 81.

En quoi consiste le vice de ce raisonnement.

plus, lorsqu'il sera transporté dans le bateau ; car l'appui contre lequel le ressort s'appuye dans le bateau, n'étant pas un appui inébranlable, & le bateau cédant à l'effort, que le ressort fait vers A. ce ressort se détend en même tems des deux côtés, & il faut alors avoir égard à la réaction ; ainsi, ce ressort ne communiquera pas au corps P, la vitesse *un* dans le bateau, mais il lui communiquera cette vitesse moins quelque chose, & cette différence sera plus ou moins grande, selon la proportion qui se trouvera entre la masse du bateau AB. & celle du corps P. & la même quantité de force vive, qui étoit dans le bateau AB. dans le ressort R. & dans le corps P. avant que le ressort R. se fût détendu, se retrouvera après sa détente dans le bateau & dans le corps pris ensemble. Ainsi, ce cas que M. Jurin défie tous les Philosophes de concilier avec la doctrine des forces vives, n'est fondé que sur cette fausse supposition que le ressort R. communiquera au corps P. transporté sur un plan mobile ou dans un bateau, la même force qu'il lui communiquerait, si le ressort étoit appuyé contre un obstacle inébranlable & en repos, mais c'est ce qui n'est point, & ce qui ne peut point être, que dans le seul cas où la masse du vaisseau seroit infinie par rapport à celle du corps.

Fig. 81.

M. Newton faisoit la force des corps pro-

§. 586. Quoique l'autorité ne doive point être comptée lorsqu'il s'agit de la vérité, cependant je me crois obligé de vous dire que

M.

DE PHYSIQUE. CH. XXI. 445

M. Newton n'admettoit point les forces vives, car le nom de M. Newton vaut presque une objection : ce Philosophe examine dans la dernière Question de son Optique le mouvement d'un bâton inflexible AB. aux deux bouts duquel on a attaché les corps A. & B. & il suppose que que le centre de gravité de ce bâton AB. qu'il ne considère que comme une ligne, se meuve le long de la droite CD. tandis que les corps A. & B. tournent sans cesse autour de ce centre, il arrive que lorsque la ligne AB. est perpendiculaire à CD. (comme dans la Figure 82.) la vitesse du corps A. est nulle, & celle du corps B. est *deux* ; ainsi, le mouvement de ces corps est alors *deux* : mais quand cette ligne AB. est coïncidente ou presque coïncidente avec la ligne CD. (comme dans la Figure 83.) alors la somme des mouvemens des corps A. & B. devient 4. M. Newton conclut de cette considération, & de celle de l'inertie de la matière que le mouvement va sans cesse en diminuant dans l'Univers ; & qu'enfin notre Système aura besoin quelque jour d'être reformé par son Auteur, & cette conclusion étoit une suite nécessaire de l'inertie de la matière, & de l'opinion dans laquelle étoit M. Newton, que la quantité de la force étoit égale à la quantité du mouvement ; mais quand on prend pour force le produit de la masse par le carré de la vitesse, il est aisé de prouver que la force vive demeure toujours la même, quoique la

portionnelle à leur quantité de mouvement.

Fig. 82.

Fig. 82.

Fig. 82.
G 83.

Phénomène inexplicable sans la doctrine des forces vives, & qui a fait conclure à M. Newton que la force étoit variable dans l'Univers.

Fig. 82.
G 83.

446 INSTITUTIONS

quantité du mouvement varie peut être à chaque instant dans l'Univers , & que dans tous les cas , & spécialement dans celui que je viens de citer d'après M. Newton , la force vive demeure inébranlable , quelque soit la position de la ligne AB. par rapport à la ligne CD. que parcourt son centre de gravité. Ainsi les miracles continuels qui résultent de la position de cette ligne AB. n'ont plus lieu dans la doctrine des forces vives.

§. 587. La force des corps en mouvement étant proportionnelle à leur masse & au carré de leurs vitesses , il s'ensuit qu'en augmentant également la vitesse & la masse d'un corps , on augmente sa force inégalement.

Différence de nos Machines de guerre & de celles des Anciens.

Les Anciens avoient fait des machines pour rompre les murs dont la masse étoit immense ; & qui avec une très-petite vitesse faisoient un très-grand effet : nous nous servons d'une industrie toute contraire dans les nôtres ; car la poudre fait un très-grand effet en augmentant la vitesse d'une très-petite masse ; & une des raisons de la supériorité de nos Machines sur celles des Anciens , c'est que la force des corps augmentant en raison du carré de la vitesse , & seulement en raison directe de la masse , cette sorte d'augmentation fait un bien plus grand effet.

§. 588. On a vu dans ce Chapitre que toutes les

DE PHYSIQUE. CH. XXI. 447

les expériences concourent à prouver les forces vives, mais la Méthaphysique parle presque aussi fortement que la Physique en leur faveur.

Descartes en donnant des Loix du mouvement fausses, s'étoit égaré en suivant un beau principe, celui de la conservation d'une égale quantité de force dans l'Univers; ce grand Philosophe pensoit que le *semel jussit, semper parat*, * de Seneque, étoit plus convenable à la Puissance & à la Sagesse du Créateur, que d'être obligé de renouveler sans cesse le mouvement qu'il avoit une fois imprimé à son Ouvrage comme le pensoit M. Newton.

Pourquoi Descartes à donné des Loix de mouvement fausses,

Cette idée si belle, si vrai-semblable, si digne de la grandeur de la Sagesse de l'Auteur de la Nature, ne peut cependant se soutenir, quand on fait la force des corps égale à leur quantité de mouvement: car, indépendamment du cas que j'ai rapporté d'après M. Newton à la §. 586. & dans lequel il se fait une production & un anéantissement continuel de mouvement par le seul changement de position; Messieurs Hughens, Wren & autres ont démontré, que l'on peut augmenter ou diminuer le mouvement à l'infini dans le choc des corps, en plaçant les corps, qui se choquent d'une cer-

* Il a commandé une fois, & il obéit toujours à ce qu'il a ordonné,

taine

taine manière, & en leur donnant de certaines masses.

Mais M. de Leibnits par sa nouvelle estimation des forces, a accordé la raison Métaphysique trouvée par Descartes & qu'il n'appliquoit pas bien & les effets Physiques découverts en partie depuis Descartes; car en distinguant, comme a fait M. de Leibnits, la quantité du mouvement & la quantité de la force des corps en mouvement, & en faisant cette force proportionnelle au produit de la masse par le carré de la vitesse, on trouve que quoique le mouvement varie à chaque instant dans l'Univers, la même quantité de force vive s'y conserve cependant toujours; car la force ne se détruit point sans un effet qui la détruit, & cet effet ne peut être que le même degré de force communiqué à un autre corps, puisque celui qui prend, ôte toujours à celui à qui il prend, autant de force qu'il en retient pour lui; ainsi, la production du moindre degré de force dans un corps, emporte nécessairement la perte d'un égal degré de force dans un autre corps & réciproquement: ainsi, la force ne sçauroit périr en tout, ni en partie, qu'elle ne se retrouve dans l'effet qu'elle a produit, & l'on peut tirer de-là toutes les Loix du mouvement.

L'égal
conserva-
tion des
forces vi-

Or, cette conservation des forces seroit une raison Métaphysique très-forte, toutes choses d'ailleurs égales, pour déterminer & estimer

la

DE PHYSIQUE. CH. XXI. 449

la force des corps en mouvement par le carré de leurs vitesses ; car ce n'est pas le produit de la masse par la vitesse qui se trouve , quand on poursuit la force dans ses effets , mais le produit de la masse par le carré de la vitesse ; or , que le mouvement périsse & renaisse , il n'y a rien là de contraire aux bons principes ; pourvû que la force qui le produit , reste la même ; car vous avez vû au Chapitre 8. que la vitesse est un mode de la force motrice : or quand la vitesse devient plus ou moins grande , il n'y a rien de substantiel créé , ou annihilé , la force motrice qui étoit dans les corps , est seulement modifiée par la variation de la vitesse , & cette force elle-même , qui est quelque chose de réel , & qui dure comme la matière , ne scauroit être détruite , ni produite de nouveau ; car il est aisé de faire voir géométriquement que dans tout ce qui se passe entre des corps à ressort de quelque manière qu'ils se choquent , la même quantité de force se conserve inaltérable , si l'on prend pour force le produit du carré de la vitesse par la masse , mais si les forces des corps en mouvement n'eussent pas été dans cette raison , la même quantité des forces vives , qui sont la source du mouvement dans l'Univers , ne se seroit pas conservée.

ves est une
raison très-
forte en
leur faveur

§. 589. Il est vrai qu'il n'y a que dans les corps à ressort , dans lesquels la force des corps

Tome I.

* Ff

en

De l'emploi de la force dans

Le choc des
corps à res-
sort.

en mouvement puisse se poursuivre & se calculer toute entière , parce qu'après le choc ces corps se restituent dans le même état où ils étoient auparavant , & l'on peut trouver l'emploi de leurs forces dans d'autres corps qu'ils ont mis en mouvement , ou dont ils ont augmenté le mouvement sans altérer leur figure.

Et dans le
choc des
corps qui
n'ont point
de ressort.

§. 590. Quant à ce qui se passe entre des corps incapables de restitution , c'est là un de ces cas où il n'est pas aisé de suivre la force vive, parce qu'elle a été consumée à déplacer les parties des corps , à surmonter leur cohérence, à rompre leur contexture , à tendre peut être des ressorts qui sont entre leurs parties , & que sçait-on à quoi ? Mais ce qui est de bien certain c'est que la force ne périt point , elle peut à la vérité paroître perdue , mais on la retrouveroit toujours dans les effets qu'elle a produits , si l'on pouvoit toujours appercevoir ces effets.

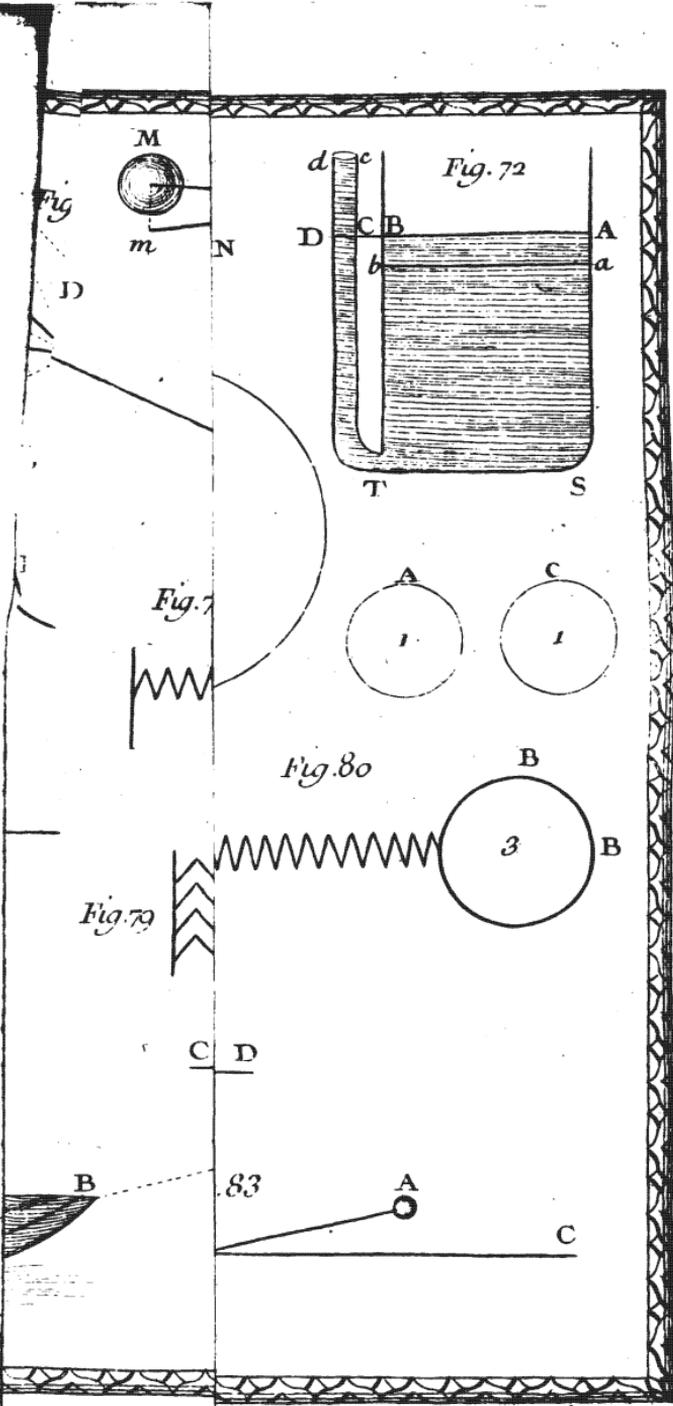


Planche 11.

T A B L E DES MATIERES

Contenuës en cet Ouvrage.

A

- A**BSTRACTIONS. Utilité des Abstractions, Page 105.
- Action & reaction.* De leur égalité. 233 , Il ne peut y avoir d'action sans resistance , 233. Objection contre l'égalité de l'action & de la réaction , 234. Réponse , 234. C'est l'égalité de l'action & de la réaction qui fait aller un Navire par des rames , 236.
- Ame.* Notre ame a des representations obscures de tout ce qui arrive dans l'Univers , 143.
- Analogies de Kepler.* (Explication des deux ,) 292. Démonstrations que M. Neuton a tirées des Loix de Kepler , 292. Toutes les Planetes observent les Loix de Kepler dans leurs cours , 293.
- Atômes* , ne peuvent être les Etres simples , dont la matiere est composée , 133. Le principe de la raison suffisante , montre que les Atômes sont in-admissibles , 131.
- Attraction.* Discussion sur l'Attraction , 7. Ce que les Neutoniens entendent par Attraction , 315. Comment l'Attraction opère la chute des Corps & les Phénomenes Astronomiques , quand on l'a une fois admise , 317. L'Attraction produit aussi , suivant le Neutoniens les effets chimiques , la cohésion des
- F f 2

T A B L E

corps, &c. 320. Maisalors elle décroît dans une plus grande raison que celle des quarrés , 320. C'est cette Attraction qui élève l'Eau dans les Tubes Capillaires , 322. *Et suivantes.* Les effets de la Lumiere dépendent aussi de l'Attraction , selon les Neutoniens , 323. Usage que Messieurs Freind & Keill ont fait de ce principe d'Attraction , 325. Idée de M. de Maupertuis, sur la Loi qui fait l'Attraction dans notre système planétaire , 326. Phénomene singulier, qui résulteroit de l'Attraction en raison inverse du quarré des distances , dans une Sphère concave , 327. Le principe de la raison suffisante fait voir que l'Attraction n'est qu'un Phénomene , 328. L'Attraction ne peut être une propriété inherente, ni donnée de Dieu à la Matière , 330. C'est ce qui découle nécessairement de la Doctrine des Essences , 332. Expérience faite au Perou par Monsieur Bouguer, sur le fil à Plomb , 333. *Et suiv.* Il faut chercher la cause mécanique qui opère les Phénomenes, qu'on attribue à l'Attraction , 334. Précaution nécessaire pour admettre l'Attraction Neutonienne , 177
Attributs. (Les) sont incommunicables , 65. Les attributs ou propriétés découlent de l'Essence , 59. Difference entre déterminations essentielles & attributs , 60

C

CICLOÏDE. Ses propriétés , 364. Comment la Cicloïde se Décrit , 363. La Cicloïde est la ligne de la plus vite Descente , 368. Cette propriété de la Cicloïde, semble d'abord un paradoxe 369. Solution du problème de la Cicloïde , par la Dioptrique, donnée par Jean Bernoulli , 370.
Cohesion. (La) vient des mouvemens conspirans , 188

DES MATIÈRES

Connoissances. Sur quoi nos connoissances sont fondées , 152

Continu (Ce que l'on appelle ,) 101

Continuité. (De la Loi de ,) 30. Exemples de cette Loi dans la Géometrie , 31. Ce principe sert à démontrer les Loix du mouvement , 34. Ce principe de la Continuité , prouve qu'il n'y a point de corps durs dans l'Univers , 34. Méprise de Descartes , pour n'avoir pas fait attention à cette Loi , 36.

Contradiction (Du principe de ,) 18. Il est le fondement de toute certitude , 18.

Corps. Quatre attributs principaux des corps , 153. Descartes & le Pere Mallebranche faisoient consister l'essence du corps dans l'étendue , 153. Et ils otoient toute activité aux créatures , 154. Mais cette opinion se trouve fautive , lorsqu'on admet le principe d'une raison suffisante , 155. Il faut ajouter à l'étendue , la force active & passive , pour avoir une idée juste de l'essence du corps , 155. Tout ce qui arrive dans les corps , peut se déduire de l'étendue & de la force active & passive , 159. Et c'est dans ces trois principes que consiste leur essence , 160. Ces trois principes ne dépendent point l'un de l'autre , 161. De la Porosité des corps , 205. Experience qui la prouve , 205. En quel sens on peut dire qu'un corps est plus ou moins solide qu'un autre , 207. Les corps suivent les mêmes Loix dans leur chute , par un plan incliné , que dans leur chute perpendiculaire , 144. Mais les espaces qu'ils parcourent , & les vitesses qu'ils acquièrent , ne sont pas égales en tems égal , 144. Erreur d'Aristote sur la vitesse des corps qui tombent , 257. Galilée combat cette erreur , 257. Experience qui fit penser à Galilée que tous les corps tomberoient en même tems , sans la resistance du milieu , 258. Lucrece avoit deviné cette verité , 258. Experience qui fit soupçonner à Galilée

T A B L E

que les corps avoient en tombant un mouvement accéléré vers la terre, 258. *& suivantes.* Démonstrations qui naissent de cette supposition, 260. Expérience que fit Galilée, & dans laquelle il trouva que les corps, en tombant vers la Terre par leur seule pesanteur, parcourent des espaces qui sont entre eux, comme les quarrés des tems, 264. *& suiv.* Expérience de Riccioli & de Grimaldo, qui confirme celle de Galilée, 265. *& suiv.* Les oscillations des Pendules, confirment cette découverte, 266. La vérité de cette découverte de Galilée, est unanimement reconnue, 266. Machine du P. Sebastien, qui démontre aux yeux cette découverte de Galilée, 267. Vérités qui paissent de la découverte de Galilée, 267. Les corps commencent à tomber avec une vitesse infiniment petite, 268. Les corps en tombant d'une hauteur quelconque, acquierent la force nécessaire pour remonter à la même hauteur, 270. Quel est l'espace que les corps parcourent ici bas en tombant dans la première seconde, 279. L'air retarde la chute de tous les corps, 280. Expérience du Docteur Desaguliers, sur la chute des corps dans l'air, 281. Expérience de M. Mariotte, sur la même matière, 282. Les corps en tombant dans l'air, n'accélèrent pas sans cesse leur mouvement, 284. Expérience de M. Frenicle, qui le prouve, 284. *& suiv.* Méprise de M. Frenicle sur le tems de la chute des differens corps, 285. Les corps tombent perpendiculairement à la surface de la terre, 286. Et tendent par conséquent à son centre, 287. Comment Descartes expliquoit la chute des corps vers la Terre, 289. Cette explication est sujette à de grandes difficultés, 289. De quelle façon M. Huguens a remedié aux deux principales, 290. Les corps suivent dans les courbes les mêmes loix, que dans les plans inclinés, 352. *Courbe.* (Une) peut être considérée comme une

DES MATIERES.

infinité de Plans inclinés contigus, 351. Les corps célestes échapperoient tous par la tangente, si quelque force ne les en retiroit, 291

D

DECISIONS précipitées (précaution contre les,) 195

Descartes. Combien nous lui avons d'obligation, 5. Pourquoi Descartes a donné des Loix de mouvement fausses, 447

Dieu. Ses attributs, 41. Il est éternel, 41. Immuable, 41. Simple, 41. Le monde ni notre ame ne peuvent être l'Être nécessaire, 42. L'Être nécessaire, c'est-à-dire, Dieu doit être unique, 43. Dieu est un être intelligent, 44. Et son intelligence est infiniment au dessus de la notre, 45. Il est libre, 46. Infiniment sage, 46. Infiniment bon, 52. Infiniment puissant, 52. Son entendement est le principe de la possibilité, & sa volonté la source de l'actualité des choses, 53. Dieu n'est point dans le tems, & toute succession est immuable pour lui, l'actualité des choses dépend de la volonté de Dieu, 69.

Direction. Par quelles causes un corps qui tombe vers la Terre, change sa direction, 335.

Dureté. (Définition de la) & de la Moleſſe, 212.

E

ELASTICITE' (De l') des corps. 239.

Equilibre. Pourquoi 2. livres, & 10. livres paroissent en équilibre, 407.

Essence. Ce que c'est qu'Essence, & en quoi elle consiste, 57. Les Essences sont nécessaires, 64. Elles sont invariables comme les nombres. *Idem.* Elles ne dépendent point de la volonté de Dieu. *Idem.*

T A B L E

l'Absurdité inséparable de l'opinion qui fait les essences des choses arbitraires ,	68.
Espace. Définitions de l'espace très - opposées , 90. La moitié des Philosophes a crû & croit encore l'Espace vuide , & l'autre le croit rempli de matiè- re , 91. Opinion singuliere de M. <i>Newton</i> , sur l'Espace , 93. Dispute de M. de <i>Leibnitz</i> , & du Doc- teur <i>Clarke</i> , sur l'Espace , <i>Idem.</i> Difficultés qui naissent de l'opinion de l'Espace pur , 94. & 95. Comment nous nous formons l'idée de l'Espace , & de ses propriétés , 96. L'Espace est l'ordre des choses qui coexistent , 100. L'Espace est aux Etres , comme le nombre aux choses nombrées , 107. De l'Espace parcouru ,	225.
Etendue. Toute Etendue finie a une figure , 200. Comment nous pouvons nous former l'idée de la longueur , de la largeur , & de la profondeur , 180. De la Divisibilité de l'Etendue , 181. Il faut distin- guer avec soin l'Etendue Géométrique , & l'Eten- due Phisique , <i>Idem.</i> Toute Etendue Géométrique est divisible à l'infini 182. Mais il n'en est pas de même de l'Etendue Phisique , qui est à la fin com- posée d'Etres simples , <i>Idem.</i> Comment l'Etendue peut résulter de l'assemblage des Etres simples ,	149.
Différence entre la divisibilité & l'extensibilité à l'infini , 184. Il est vraisemblable qu'il y a dans l'Univers des parties étendues , que la nature ne résout plus en d'autres ,	185.
Eternité. Comment nous acquérons l'idée de l'E- ternité ,	128.
Etre. Définition de ce qu'on appelle un Etre , 56. Les Etres ont des Déterminations variables , & des déterminations constantes. <i>Idem.</i> Les Etres simples contiennent la raison suffisante de tout ce qui se trouve dans les Etres composés , 136. Les Etres sim- ples ont un principe d'action , & c'est ce qu'on appelle <i>Force</i> , 137. Les Etres simples sont dans	

DES MATIERES.

un mouvement continuë, 138. Il n'y a de véritables substances, que les Etres simples, 139. Tout Etre composé n'est point une substance, mais un aggregat de substances, c'est-à-dire, d'Etres simples, 148. Pourquoi les Etres simples révoltent tant l'imagination, 150. Les Etres simples, sont des Phénomènes, qui résultent de la confusion des réalités, *Idem.* Exemple de cette confusion pris des couleurs, 167. Comment les Phénomènes de l'Etendue, de la Force active, & de la Force passive, peuvent résulter de la confusion des Etres simples, 169. Il n'y a de véritables substances que les Etres simples, 165.

Expérience. Utilité de l'expérience, 10.

F

FLUIDE, comment un corps devient fluide. 213. *Forces*, la Force passive est nécessaire pour que le mouvement s'exécute avec raison suffisante, 157. Pourquoi la Force active doit nous paroître une substance, 162. La vitesse & la direction sont des modes de la Force motrice, 163. Et non de la matière, *ibid.* De la Force primitive, & de la Force dérivative, 172. C'est par la Force dérivative qu'on peut rendre raison de ce qui arrive dans le choc des corps, 163. Il faut plus de force pour accélérer le mouvement que pour l'imprimer, 229. *& suiv.* De la Force motrice, 224. de la Force des corps en mouvement, 240. Des différences que les directions des Forces qui poussent un corps, apportent dans son mouvement, 244. Un corps mû par deux Forces parcourt la diagonale d'un parallélogramme, 246. La Force qui retient la Lune dans son orbite, & qui fait tomber les corps décroît comme le quarré de la distance au centre de la Terre, 301. Cette Force se proportionne aux

T A B L E

masses, 302. Il y a deux sortes de Forces, comment il les faut distinguer, 399. Quelles sont les Forces pressantes en repos, *idem.* Quelles sont les Forces pressantes, qui changent de lieu avec le corps, 400. En quoi consistent les Forces mortes, 402. Quel est leur effet, *idem.* Quand l'obstacle cède, les Forces pressantes ou Forces mortes, deviennent Forces vives, 403. Comment les Forces mortes doivent être estimées, 404. Les corps acquièrent la force successivement comme la vitesse, 413. Deux façons de considérer la Force des corps, *idem.* De l'Element de la Force morte, 414. De l'Element de la Force vive, 414. La mesure de la Force morte est le produit de la masse par la vitesse initiale, 415. La mesure de cet Element de vitesse est la même que celle de la Force morte, *ibidem.* & *suiv.* M. de Leibnitz est l'inventeur des Forces vives, 419. Il faut distinguer avec soin la Force vive de son Element, 420. Les Forces vives des corps sont comme le quarré des vitesses, 421. Preuves de cette vérité par la chute des corps, *idem.* Combien cette découverte fut combatue dans les commencemens, 422. Toutes les expériences l'ont confirmé, 423. On refuse d'admettre les Forces vives en convenant des expériences qui les établissent, 428. Objection contre les Forces vives tirée de la considération du Tems, 424. Réponse à cette Objection, *idem.* En quelles circonstances le tems est à considérer, 425. Absurdités qui s'en suiviroient de la considération du tems dans l'estimation des Forces, 426. Expérience qui détruit entièrement l'objection tirée du tems, 438. Autre preuve tirée du tems dans lequel les ressorts communiquent leur force, 439. Objection contre les Forces vives, 439. Réponse, 440. Expérience qui confirme cette Réponse, 441. Phénomène inexplicable sans la doctrine des Forces vives, & qui a fait conclure à

DES MATIERES.

M. Newton que la Force étoit variable dans l'Univers, 445. De l'emploi de la Force dans le choc des corps à ressort, 449. & *suiv.* Et dans le choc des corps qui n'ont point de ressort, 450.

G

G EOMETRIE (utilité de la) 3.
Gravité, la gravité est ce qui fait peser les corps, 268. Elle agit également sur les corps en mouvement, & sur les corps en repos, *idem.* Du centre de Gravité, 380.

H

H ERMAN, Expérience décisive de M. Herman en faveur des Forces vives, 435.
Hypotheses. Définition des Hypotheses, 86. Elles sont nécessaires en Physique, 9. quand elles peuvent devenir dangereuses, *idem.* Ce qui les rend probables, 87. Ce qui les infirme, *idem.* Les Hypotheses sont un des grands moyens de l'art d'inventer, 88. Les bonnes Hypotheses ont toujours été faites par les plus grands hommes, 89. Utilité des Hypotheses, 75. Abus des Hypotheses par les Disciples de M. Descartes, *idem.* Les Disciples de M. Newton sont tombés dans le défaut contraire, *idem.* Comment on fait une Hypothese, 76. Les Hypotheses sont le fil qui nous a conduit aux plus sublimes découvertes, *idem.* Sans Hypothese on auroit fait peu de découvertes dans l'Astronomie, 77. C'est à elles que l'on doit le véritable système du Monde, *idem.* Elles donnent souvent l'idée de faire de nouvelles expériences tres-utiles, 78. C'est par le moyen des Hypotheses que M. Hughs a découvert que Saturne étoit entouré d'un Anneau, 80. La Division n'est fondée que sur des Hypotheses, 81. Les Hypotheses sont non seulement très-utiles, mais même

T A B L E

Quelquefois très-nécessaires, *idem*. Comment il faut se conduire quand on fait une Hypothese, 82. Ecueil à éviter dans les Hypotheses, 83. Une seule expérience contraire, suffit pour rejeter une Hypothese, 84. Une Hypothese peut être vraie dans une de ses parties & fausse dans l'autre, *idem*. Preuves tirées des tourbillons de Descartes, 85.

F

F **IDEES**. Exemples d'idées déceptrices, 19. Il faut se défier de son imagination, & ne se rendre qu'à l'évidence, 17.
Indiscernables : Du principe des indiscernables, 28. Comment il découle de celui d'une raison suffisante, 29. Il bannit toute matière similaire de l'Univers, *idem*.
Jurin. Raisonnement de M. Jurin contre les Forces vives, 442. En quoi consiste le vice de ce raisonnement, 443.

L

L **IEU**, définition du lieu, 108. Du lieu absolu & du lieu relatif, 109. Comment on détermine le lieu d'un Etre, 110.
Lune, comment M. Newton est parvenu à découvrir que la Lune en tournant autour de la Terre observe la seconde Loi de Kepler, 294.

M

M **ACHINES**. Comment on connoit l'effort des Machines, & ce qu'elles peuvent produire d'effets, 416. Exemple de l'effort des Machines près de la Romaine, 417. Différence des Machines de guerre & de celles des Anciens, 446.
Mairan, (M. de) Examen de quelques endroits du Mé-

DES MATIÈRES :

- moire de M. de Mairan, contre les Forces vives, 429.
- Masse* des Corps, 232. Nous ne connoissons la masse réelle d'aucun corps, 209.
- Modes*, ce qu'on appelle Modes, 62. Leur possibilité découle de l'essence, mais non de leur actualité, *idem.*
- Monades*. Exposition du système de M. de Leibnits sur les Monades ou Elemens de la matière, 131. Les Etres simples ou Monades n'ont point de parties, 134. Ni de figure, 135. La raison suffisante des Etres simples est dans Dieu, 135.
- Matière*, quelles étoient selon les Anciens Philosophes les principes des choses, 129. Idée de Descartes sur les Elemens de la matière, 130. Opinion nouvelle sur les Elemens, qui s'est formée de celle de Descartes, *idem.* Cette opinion est à peu près celle d'Epicure sur les Atômes, *idem.* Nous ne sçavons point quelle est la forme des parties indivisées de la Matière, 201. Observations qui portent à admettre différens ordres de particules dans l'Univers, 202. L'étendue jointe à la Force d'inertie, est ce qu'on appelle *Matière*, 159. Mais c'est improprement, car il faut ajouter la Force motrice, qui est la raison suffisante de l'actualité du Mouvement, *idem.* De l'extrême subtilité de la matière, 189. Les Corps contiennent deux sortes de matières, l'une qui agit & pèse avec eux, l'autre qui n'agit ni ne pèse, 192. Il n'y a point de matière sans force, ni de force sans matière, 156. & *suiv.*
- Monde*. Ce Monde - ci est le meilleur des Mondes possibles, 49.
- Mouvement*. Définition du Mouvement, 215. Trois sortes de Mouvement, *idem.* Du Mouvement absolu, *idem.* Du Mouvement relatif commun, 216. Du Mouvement relatif propre, *idem.* Exemples des différentes sortes de Mouvement, *idem.* 216. Pourquoi le rivage paroît s'enfuir, lorsqu'on s'en éloigne, 219. Loix générales du mouvement, 221. Ce qu'il faut

T A B L E

considérer dans le mouvement, 223. Il n'y a point de mouvement sans une vitesse déterminée, 226. Du Mouvement uniforme, 227. Preuve de l'impossibilité du Mouvement perpétuel mécanique, 228. Nous ne connoissons point de Mouvement parfaitement égal, *idem*. Du Mouvement non uniforme, *idem*. Du Mouvement accéléré, 229. Du Mouvement retardé, *idem*. De la quantité du Mouvement, 236. De la détermination du Mouvement, 237. Du Mouvement simple, *idem*. Du Mouvement composé, 143. De la comparaison du Mouvement des corps, 231. Pourquoi nous ne nous apercevons point du Mouvement, lorsqu'il est trop lent ou trop prompt, 123. & *suiv.* Du tems pendant lequel le corps se meut, 226. Origine des Sophismes des Anciens contre le Mouvement, 182. & *suiv.* Le Mouvement seroit éternel dans le vuide, 225. De la communication du Mouvement, 240. De la résolution & de la composition du Mouvement, 250. Utilité de cette méthode, *idem*. Comment on connoît le chemin du mobile dans toutes les compositions du Mouvement, *idem*. Du Mouvement en ligne courbe, 252. Le Mouvement est toujours en ligne droite dans un instant infiniment petit, *idem*. Les Corps parcourent en tems égal toutes les cordes d'un Cercle, dont le diametre est perpendiculaire à l'horison, 347. Quel est le chemin du mobile, quand la force qui le pousse, est dirigée perpendiculairement vers l'horison, 388. ou lorsque cette force est dirigée perpendiculairement en en-haut, *idem*. Pourquoi les Corps que l'on jette perpendiculairement retombent au même lieu, *idem*. Quel est le chemin du mobile, lorsque la Force projectile fait un angle avec l'horison, 389.

DES MATIERES.

N

NATURE. Ce qu'on doit entendre par *Nature*, 174. Fausse idée de quelques Philosophes, sur la Nature, *Idem.*
M. Newton faisoit la force des corps proportionnelle à leur quantité de mouvement, 444. & *suiv.*

O

OR. Ce metal sert ordinairement de mesure comparative de la solidité des corps, 210.
Oscillation. Du centre d'*Oscillation*, 380. Du centre d'*oscillation* des Pendules simples, dont le fil est sans poids sensible, 381. Quel est le centre d'*Oscillation* d'un Pendule simple, quand le fil a un poids sensible, 282. Comment on connoit le centre d'*oscillation* d'un Pendule composé, 383.

P

PARABOLE. La ligne qu'un corps décrit quand il est jetté dans une direction oblique ou parallele à l'horison, est une Parabole, 391. & 392. Supposition nécessaire, pour que le chemin du projectile, soit une Parabole, 394. Dans l'air, la ligne que décrivent les corps projectés, devient une courbe très approchante de l'hyperbole 396. La Parabole que les projectiles décriroient dans un espace non résistant, est le fondement de l'art de l'Artillerie, 396.
Pesanteur. Définition de la pesanteur, 255. La gravité produit une force morte, ou une force vive, selon les circonstances dans lesquelles elle agit, 256. Opinion d'*Aristote* sur la pesanteur, *Idem.* La pesanteur appartient à tous les corps, 257. Différence entre la pesanteur des corps & leur poids, 276.

T A B L E

Manière de connoître la pesanteur spécifique des différens corps , 277. La même cause produit la pesanteur des corps sur la Terre , & dirige la Lune dans son cours , 297. Démonstration de cette vérité , par le moyen mouvement de la Lune , comparé à la chute des corps , 298. Quelles sont les causes de la diminution de la pesanteur , 308. *& suiv.*

Pendule. Ce que c'est qu'un Pendule , 354. Quelle est la cause de ses vibrations. *Idem.* Des Pendules simples , 257. Des Pendules composés. *Idem.* Un Pendule feroit des Oscillations pendant toute l'Eternité , dans un milieu non résistant ; sans les frottemens. *Idem.* Les Oscillations dans de très petits Arcs de Cercle inégaux , se font dans des tems sensiblement égaux , 359. Les vitesses acquises par des Arcs inégaux , sont comme leurs sous-tendantes , *Idem.* Galilée est l'inventeur des Pendules , 360. Et M. Hughens , des Horloges à Pendule , *Idem.* Pourquoi M. Hughens imagina de faire osciller des Pendules dans des arcs de Cycloïde , 363. Expérience de M. Richer sur le Pendule , 307. Conséquences qui naissent de cette expérience , *idem.* Expérience de M. Newton sur les oscillations des différens Pendules , 274. Vérités qui naissent de cette expérience , 275. Les Pendules dans leurs vibrations décrivent des arcs de Cercle , 356. Proportion entre le tems d'une oscillation , & celui de la chute verticale par la demie longueur du Pendule , 371. *○* 372. Les longueurs des Pendules sont entre elles comme les quarrés des oscillations dans des arcs semblables , 373. Longueur du Pendule qui bat les secondes à Paris , déterminée par M. Picard , *idem.* *& suiv.* Mesure universelle proposée par M. Hughens , 374. Ce qu'on appelle *pièce horaire* , *idem.* Cette mesure ne peut être universelle , & pourquoi , 375. Comment on connoît la longueur du Pendule qui bat les secondes dans un lieu quelconque , par la seule force de la pe-

D E S M A T I E R E S.

- Anteur**, 378. C'est à cette longueur que les Académiciens qui ont été au Pole, & à l'Equateur ont rapporté leurs observations sur le Pendule, 379. Des Pendules composés, *Idem.*
- Pensée**. La pensée ne peut être l'attribut de la matière, 66.
- Phénomènes**. Comment on doit rendre raison des Phénomènes, 175. Précaution à prendre dans l'explication mécanique des Phénomènes, 196.
- Physique**. L'étendue de la Physique, nous conduit à la connoissance d'un Dieu, 83. Précis des preuves de cette grande vérité, *Idem.*
- Place**. Ce que l'on appelle place, III.
- Plans inclinés**. Ils changent la direction des corps en s'opposant à leur chute, 337. La gravité respective, est à la gravité absolue dans un Plan incliné, comme la hauteur du Plan est à sa longueur, 338. Du repos des corps sur un Plan incliné, 339. Comment un corps peut être tenu en équilibre sur un Plan incliné, *Idem.* Quelle proportion la force qui soutient le corps sur un Plan incliné, doit avoir au poids dans les différentes directions, *Idem.* Les vitesses dans le Plan incliné, sont aux vitesses perpendiculaires en tems égal, comme la hauteur du Plan à sa longueur, 345. Ainsi les corps tombent plus lentement dans un Plan incliné que par une ligne perpendiculaire, *Idem.* Les corps acquièrent dans les Plans inclinés, la vitesse nécessaire pour remonter à la même hauteur, dont ils sont tombés, 353. De la chute des corps, par un Plan incliné, 342.
- Plein**. Trois principales objections contre le plein, auxquelles il est facile de répondre, 95.
- Possible**. Définition du possible & de l'impossible, 19. De quelle manière l'entendement Divin est la source des possibles, 67. Différence entre possible & actuel, 26.
- Poids**. Fausse opinion sur le poids des corps, 305. Le

*
G g

T A B L E

Poids des corps est comme leur masse ,	276.
Pression. Toute pression produit ou une tendance au mouvement , ou une vitesse infiniment petite ,	413.
Principe. Ce que c'est que principe , 16. Abus de ce mot par M. Descartes ,	17.
Probabilité. Utilité des Probabilités dans la Physique ,	47.
Puissance. De la comparaison des Puissances , 405.	
De l'équilibre des Puissances , 408. En quelle proportion les puissances qui sont en équilibre , doivent être entr'elles , 409. L'action de toute puissance peut se résoudre en deux autres puissances , 410. Preuve de l'égalité de l'Action & de la Réaction , par l'équilibre des puissances , <i>Idem</i> & <i>suiv.</i>	

R

R AISON <i>suffisante.</i> Du principe d'une raison suffisante , 22. Il est le fondement de toutes les vérités contingentes , <i>Idem.</i> Absurdités qui naissent de la négation de ce Principe , <i>Idem.</i> Ce principe est la seule chose qui nous fasse discerner la veille , & le sommeil , 24. Archimède a le premier employé ce principe dans la mécanique , 25. Mais c'est M. de <i>Leibnitz</i> , qui en a fait voir toute l'étendue & toute l'utilité , <i>Idem.</i> Le principe d'une raison suffisante bannit de la Philosophie tous les raisonnemens à la scholastique , 27. Il est le fondement de la morale ,	28.
Raréfaction. Causes de la Raréfaction , & de la Condensation ,	212.
Repos. Du repos en général , 219. Du repos relatif , <i>Idem.</i> Du repos absolu , <i>Idem.</i> Exemple de ces deux sortes de repos ,	220.

DES MATIERES.

S

- S**ANG. Observation singuliere sur nôtre Sang, 202.
- Situation.* Ce que c'est que situation, 111.
- Solidité.* Nous n'avons l'idée de la solidité que par le tact, 207.
- Substance.* De la substance, 70. Définition de la substance par les Scholastiques, 71. Idée de M. Locke, sur la substance. *Idem.* Véritable notion de la substance 72. Tout Etre durable & modifiable est une substance, 73. Ni l'étendue ni la force ne sont de véritables substances, 166.

T

- T**EMS. Analogie entre le tems & l'espace, 113.
- L'idée ordinaire que l'on se fait du tems est fautive, 114. Elle mene dans les mêmes difficultés que celle de l'espace pur, *Idem.* Le principe de la raison suffisante, prouve que le tems n'est rien hors des choses, *Idem.* Comment on vient à se former l'idée du tems comme d'un Etre absolu, qui existe indépendamment des Etres successifs, 115. Le tems n'est autre chose que l'ordre des coexistans, 119. Il est différent des Etres successifs, comme le lieu & le nombre différent des choses nombrées & coexistantes, *Idem.* & *sui.* Méprise de M. de Croufas sur le tems, 125. Il y auroit un tems, quand même il n'y auroit pas de mouvement, *Idem.* Il faut distinguer avec soin le tems de ses mesures, *Idem.* Pourquoi l'on mesure le tems par le mouvement des corps extérieurs, 126. Il n'y a point de mesure du tems exactement juste, & pourquoi, 127. C'est la succession de nos idées, & non le mouvement des corps qui nous fait naître l'idée du tems, 128.
- Terre.* Digression sur la Figure de la Terre, 309. La

TABLE DES MATIERES.

forme actuelle de la Terre, dépend de la pesanteur primitive, & de la force centrifuge combinées, 310. Mais la forme primitive a dependu de la seule pesanteur, *Idem.* Messieurs Hughs & Newton croyoient-la terre un sphéroïde aplati, 311. Les mesures de Messieurs Cassini donnoient un sphéroïde oblong, pour la forme de la Terre, 312. Les mesures des Académiciens qui ont été au Pole, donnent à la Terre la figure d'un sphéroïde aplati vers les Poles, 314. Les travaux des François ont fait naître les découvertes de M. Newton, *Idem.*

V

VIBRATION. (Ce que c'est qu'une), 356.
Vitesse. Ce que l'on entend par *vitesse absolue & vitesse respective*, 231. De la vitesse du mobile, 226.
 Les vitesses acquises à la fin de la chute perpendiculaire, & de la chute oblique, sont égales; mais les tems de ces chutes sont inégaux, 349.
Univers. Les imperfections des parties contribuent à la perfection du tout dans cet Univers, 49. Tout est lié l'un à l'autre dans cet Univers, 141.
Vaisseau. Pourquoi le Roulis d'un Vaisseau cause des vomissemens, 241.
Vuide. Le principe de la raison suffisante bannit le vuide de l'Univers, 924

Z

ZENON. De l'Achille de Zenon 183

Fin de la Table des Matières.

E R R A T A.

PAge 17. ligne 22. l'incertitude, *lis.* la certitude. P. 19. l. 23. un triangle, *lis.* Biangle; P. 60. l. 6. pourque, *lis.* pourquoi. *Idem* l. 9. on y peut, *lis.* on n'y peut. *Idem* l. 10. d'ou les déterminations, *lis.* d'ou ces déterminations. P. 83. l. 25. remplis, *lis.* rempli. P. 94. l. 21. du limite, *lis.* des limites. P. 96. l. 18. or le, *lis.* or ce. P. 97. l. 12. si nous, *lis.* si nous nous. P. 102. l. 25. or si les corps, *lis.* or si ces corps. *Idem.* contigus, *lis.* continus. P. 103. l. 11. des coexistances, *lis.* des coexistans. P. 117. l. 21. pour se, *lis.* pour le. P. 120. l. 4. un aggrégé, *lis.* un aggregat. P. 126. l. 2. extérieurs, *lis.* extérieurs. P. 127. l. 19. d'une Pendule, *lis.* d'un Pendule. P. 135. l. 7. car toutes les, *lis.* car toutes ces. P. 136. l. 2. des Estres, *lis.* de ces Estres. *Idem* l. 6. Dieu n'a pu, *lis.* car Dieu n'a pu. *Idem.* l. 7. car il faut, *lis.* & écla, parce qu'il faut. *Idem.* l. 9. les parties, *lis.* ces parties. P. 137. l. 28. Entre cette, *lis.* Outre cette. P. 145. l. 27. toute claire, *lis.* très-claire. P. 148. l. 20. meabilité, *lis.* malleabilité. P. 149. l. 21. distinguons, *lis.* distinguions. *Idem* l. 26. que de la, *lis.* que la. *Idem.* l. 27. l'assemblage, *lis.* de l'assemblage. P. 155. l. 23. tendante, *lis.* tendance. P. 160. l. 27. & 28. la nature, *lis.* l'essence. P. 162. l. 3. les trois, *lis.* ces trois. P. 163. l. 26. antérieurs, *lis.* extérieurs. P. 166. l. 12. la force, *lis.* la source. P. 180. l. 21. A B. *lis.* A D. & l. 22. A D. *lis.* A B. *Idem.* l. 25. point D. *lis.* point B. P. 183. l. 6. de tous les, *lis.* de tous ces. P. 194. l. 25. (§. 149.) *lis.* (§. 160.) P. 195. l. 28. les effets, *lis.* ces effets. *Idem* l. 15.

nous ne devons point, *lis.* nous ne devons donc point. P. 198. l. 28. ces qualités, *lis.* ainsi ces qualités. P. 200. titre du Chap. 10. de corps, *lis.* des corps. P. 203. l. 11. du premier corps, *lis.* ou premiers corps. P. 210. l. 28. quoiqu'il y ait, *lis.* or quoiqu'il y ait. *Idem* l. 30. *ôtez* car. P. 216. l. 26. dans un, *lis.* dans ce. P. 217. l. 11. de la poupe à la prouë, *lis.* de la prouë à la poupe. P. 220. l. 10. les corps, *lis.* ces corps. *Idem.* l. 13. marchent, *lis.* marchant. P. 226. l. 20. parcoure, *lis.* parcourt. P. 234. l. 31. à certain, *lis.* à un certain. P. 237. l. 7. & 8. le résultat de toutes les parties, *lis.* le resultat du mouvement de toutes les parties. *Idem* l. 13. & 14. mouvent, *lis.* meuvent. P. 238. l. 21. momens, *lis.* mouvemens. *Idem* l. 22. venir, *lis.* devenir. P. 248. l. 15. ou de, *lis.* outre. P. 254. l. 6. accelevative, *lis.* accélératrice. P. 261. l. 17. égale, *lis.* égale. P. 270. lig. 9. n'arrivera, *lis.* il n'arrivera. *Idem* l. 11. premiere, *lis.* deuxième. *Idem* l. 22. dans la même raison, *lis.* dans la même raison inverse. P. 271. l. 19. dans la même proportion dans laquelle, *lis.* dans une proportion inverse de celle dans laquelle. P. 275. l. 3. (§. 443.) *lis.* (§. 443.) P. 287. l. 12. leur lieu, *lis.* mais leur lieu. P. 289. l. 25. & sur sa, *lis.* & sur leur. P. 297. l. 8. *ôtez* ainsi, *Idem* l. 9. *ôtez* donc. *Idem.* l. 24. de distance, *lis.* de la distance. P. 308. l. 19. de la latitude, *lis.* de latitude. P. 310. l. 3. car la, *lis.* car cette. P. 319. l. 29. la Terre, *lis.* la Lune. P. 321. l. 9. qu'il, *lis.* qu'elle. P. 324. l. 3. Frenid, *lis.* Freind. P. 326. l. 6. l'on fait, *lis.* l'on en fait. P. 327. l. 20. longueur, *lis.* largeur. P. 331. l. 27. elle seule,

lis. cela seul, P. 336. mettez en mar-
 ge vers le milieu de la §. 402. plan-
 che 7. fig. 35. P. 337. l. 25. comme
 la longueur du Plan est à sa hauteur,
lis. comme la hauteur du Plan est à
 sa longueur. P. 338. l. 3. (§. 401.)
lis. (§. 402.) *Idem* L. 26. & 27.
 la gravité deviendrait, *lis.* la gravité
 respective deviendrait. P. 340. l. 13.
 à la gravité, *lis.* à sa gravité. P. 341.
 à la marge, vis-à-vis la §. 417. fig.
 46. *lis.* planche 8. fig. 46. P. 356.
 à 16. dont j'ai parlé, *lis.* dont j'ai
 parlé, §. 328. P. 367. la figure 61.
 est très-mal faite, elle est ren-
 versée, & la tangente est mal tirée.
 P. 368. l. 4. D. F. O. *lis.* F. H. O.
Idem. vis-à-vis cette l. 4. mettez fig.
 62. P. 370. l. 4. M, Jean Ber-
 noulli, ce fameux Mathématicien,
lis. le fameux Mathématicien Jean
 Bernoulli. P. 375. l. 12. par tous,
lis. pour tous. *Idem* L. 22. & en
 rapportant, *lis.* & rapporter. P. 383.
 R. 9. en o. un second poids R. *lis.*
 en q. un second poids B. *Idem* L.
 21. & 22. que le poids R. attaché
 en o. *lis.* que le poids B. attaché
 en Q. P. 384. l. 6. C. B. *lis.* C. R.
Idem l. 10. C. B. *lis.* C. R. *Idem* L.
 20. P. & R. *lis.* P. & B. *Idem* l. 21. au
 point Q. *lis.* au point o. P. 389. l. 21.
 (§. 286.) *lis.* (§. 289.) P. 390. l. 8.
 & §. 234.) *lis.* (§. 235.) première l.
 de la Note de la page 393. comme la

figure, *lis.* comme la ligne. P. 422.
 l. 2. infini, *lis.* fini. P. 426. L. 14.
 tout au contraire, *lis.* tout le contraire.
 P. 428. l. 6. étrangères, *lis.* étrangères.
 P. 430. l. 30. par voix, *lis.* par voie.
 P. 434. L. 17. & 18. quatre fois plus,
lis. quatre fois plus de force. *Idem* L.
 29. animales, *lis.* animées. P. 440. l.
 9. à la distance, *lis.* à la détente. P. 446.
 l. 5. inébranlable; *lis.* la même. P.
 448. la dernière, déterminer & esti-
 mer, *lis.* déterminer à estimer. P.
 449. l. 15. & cette force. *lis.* mais
 cette force. *Idem* L. 18. car il est
 aisé, *lis.* & il est aisé. P. 62. Note
 marginale, mais non de leur actualité,
 retranchez de. P. 64. première Note
 marginale, ces essences, *lis.* les essences.
 P. 73. seule Note marginale, & modi-
 fiable, *lis.* & modifiable. P. 257.
 première Note marginale, à tous les
 corps, *lis.* à tous les corps sensibles.
 P. 326. seule Note marginale, sur la
 loy qui fait, *lis.* sur la loy qui suit.
 P. 352. Note marginale, les corps
 suivent dans les courbes, *lis.* les corps
 suivent, en tombant par des courbes.
 P. 409. seule Note marginale, en
 quel proportion, *lis.* en quelle pro-
 portion. P. 415. seconde Note marg.
 la mesure de cet Element de vitesse,
lis. la mesure de l'Element de la force
 vive. P. 417. seule Note marginale
 près, *lis.* prix. P. 424. première
 Note marg. tirées *lis.* tirée.



CATALOGUE

DES LIVRES QUI SE VENDENT
à Paris chez PRAULT fils, Libraire,
Quay de Conty, vis-à-vis la descente du
Pont-neuf, à la Charité, 1740.

De Monsieur DE VOLTAIRE.

- L**A Henriade, Poëme, dernière édition, considérable-
ment augmentée & corrigée, 1737. in-8°.
Elemens de la Philosophie de Newton, seconde édition,
marquée de Londres, in-8°. *figures.*
La Vie de Moliere, avec des Jugemens sur ses Ouvrages,
1739. in-12.
Oedipe, *Tragedie*, in-8°.
Herode & Marianne, *Tragedie*, in-8°.
Brutus, *Tragedie*, in-8°.
L'Indiscret, *Comedie*, in-8°.
L'Enfant Prodigue, *Comedie*, in-8°.

De Monsieur DE CREBILLON fils.

- Lettres de la Marquise de M**, au Comte de R**, nouvelle
édition, à laquelle on a joint le Silphe, du même Auteur,
2. vol. in-12.
Les Egaremens du Cœur & de l'Esprit, ou les Mémoires de
M. de Meilcourt, 1738. 3. *Parties*, in-12.

De Monsieur l'Abbé PREVOST.

- Le Philosophe Anglois, ou la vie de M. de Clevand, nou-
velle édition, 8. vol. in-12. les trois derniers volumes se
vendent séparément,

Mémoires & Aventures d'un homme de qualité qui s'est retiré du monde, 1732. 7. vol. in-12. le septième se vend séparément.

De Monsieur DE MARIVAUX.

La Vie de Marianne, ou les Aventures de Madame la Comtesse de M***. 8. Parties in-12. elles se vendent séparément.

Le Paysan parvenu ou les Mémoires de M***. 1736. cinq Parties in-12. elles se vendent séparément.

Le Spectateur François, 1728. 2. vol. in-12.

De Monsieur DE MONCRIF, de l'Académie Française.

Essay sur la nécessité & sur les moyens de plaire, seconde édition, 1738. in-12.

Les Ames rivales, histoire fabuleuse, & le Temple de Gnide, nouvelle édition, 1739. in-12.

De différens Auteurs.

Histoire de la Poësie Française, avec une défense de la Poësie, par M. l'Abbé MASSIEU, de l'Académie Française, 1739. in-12.

Les Oeuvres de M. l'Abbé DE PONS, contenant divers excellens Ouvrages de belles Lettres, 1738. in-12.

Remarques de Vaugélas sur la Langue Française, avec les Notes de Thomas Corneille, nouvelle édition, augmentée de celles de M. PATRU, 1738. 3. vol. in-12.

Dictionnaire Italien, Latin, & François, par M. l'Abbé ANTONINI, 1738. in-4°. le Tome second contenant le Dictionnaire François Italien, sous presse.

Le Siège de Calais, nouvelle Historique, 1739. in-12. troisième édition.

La Paysanne parvenue, ou les Mémoires de Madame la Marquise de L. V. par M. le Chevalier DE MOUY, 1738. douze Parties, in-12. figures.

Le Diable Boiteux, par M. LE SAGE, nouvelle édition 1737. 2. vol. in-12. figures.

Les Oeuvres de Madame de Villedieu, nouvelle édition, 12. vol. in-12. sous presse.

Institutions de Physique, 1740. in-8°. figures.

Mémoires de M. DU GUAY-TRUIN, 1740. in-4°.

Histoire des Incas du Perou, nouvelle Traduction de l'Espagnol de GARCILLASSO DE LA VEGA, ornée de Cartes & de Figures, 1739. 2 vol. in-8°. *sous presse.*

La Vie du Pape Sixte cinq, traduit de l'Italien de Gregorio Lepi, 1737. 2 vol. in-12. figures.

Traité de Musique Théorique & Pratique, par M. RAMEAU, 1737. in-8°. figures.

Ouvrages imprimés à Trevois.

LE Dictionnaire critique & historique, de M. BAYLE, 1734. 8 vol. in-fol.

Oeuvres diverses du même, édition augmentée de plusieurs Ouvrages de cet Auteur qui n'ont point encore paru, 1737. 4 vol. in-fol. *On trouve du tome quatrième séparément.*

Du Droit de la Nature & des Gens, par RUFFENDORF, avec les Commentaires de M. DE BARBEYRAC, 1739. 3 vol. in-4°.

Les Devoirs de l'homme & du Citoyen par le même, 2 vol. in-12. 1740.

Histoire des Révolutions d'Angleterre, depuis le commencement de la Monarchie, par le P. DORLEANS, 1737. 4. vol. in-12. figures.

Les intérêts présents des Puissances de l'Europe, par M. ROUSSET, 1737. 17. vol. in-12.

Histoire d'Angleterre, par M. RAPIN THOIRAS, tomes 11. 12. & 13. 1737. in-4°.

Memoires de M. le Maréchal DE VILLARS, dernière édition, 1739. 3 vol. in-12.

Memoires de M. le Maréchal Duc DE BERWICK, 1738. 2. vol. in-12.

Les Essais de Michel, Sieur DE MONTAGNE, nouvelle édition, 1739. 6 vol. in-12.

Lettres galantes de Madame DU NOYER, nouvelle édition, à laquelle on a joint les Memoires, 1738. 6. vol. in-12.

Les Poésies de M. l'Abbé de Chaulieu, & du Marquis de la Fare, nouvelle édition, 2. vol. in-8°. 1739.

T H E A T R E S.

Le Théâtre François, ou Recueil des meilleures Pièces de l'ancien Théâtre, 1737. 12. vol. in-12.

Les Oeuvres de Racine, dern. Edit. 1736. 2. vol. in-12. figures.

- Le Théâtre de Quinault, nouvelle édition, 1739. 5. vol. in-12.
 Oeuvres de Campistron, nouvelle édition, 1739. 2. vol.
 Le Théâtre de M. de Montfleury, père & fils, nouvelle
 édition, 1739. 3. vol. in-12.
 Oeuvres de Champmeslé, 1735. 2. vol. in-12.
 Oeuvres de Renard, dernière édition, 1731. 5. vol. in-12.
 Théâtre de Legrand, dernière édition, 1731. 4. vol. in-12.
 Oeuvres de M. de Crebillon, dernière édition, 1735. 2. vol.
 in-12.
 Oeuvres de Théâtre de M. Nericault Destouches, 1736. 3.
 vol. in-12.
 Le Théâtre François & Italien de M. de Boissy, 6. vol. in-8°.
 La Bibliothèque des Théâtres, 1733. in-8°.
 Le Théâtre de M. Piron, un volume in-8°. contenant
 Les Fils ingrats, *Comédie.*
 Calistènes, *Tragedie.*
 Gustave, *Tragedie.*
 Les Courses de Tempé, *Pastorale.*
 La Métromanie, *Comédie.*

Toutes ces Pièces se vendent séparément.

Le nouveau Théâtre François, ou Recueil des meilleurs
 Pièces représentées depuis quelques années, 1732. 3. vol.
 in-8°. contenant,

Tome premier.

- Sabinus, *Tragedie.*
 Abenfaid, *Tragedie.*
 Les Amans déguisez, *Comédie.*
 Pharamond, *Tragedie.*
 Le Retour de Mars, *Comédie.*

Tome second.

- Teglis, *Tragedie.*
 Childeric, *Tragedie.*

- Les Caractères de Thalie,
Comédie.
 Lisimachus, *Tragedie.*
 Le Fat puni, *Comédie.*

Tome troisième.

- Médus, *Tragedie.*
 Le Somnambule, *Comédie.*
 Mahomet II. *Tragedie.*
 Bajazet premier, *Tragedie.*

Toutes ces Pièces se vendent séparément.

APPROBATION.

JAi lu, par ordre de Monseigneur le Chancelier, un Manuscrit qui a pour titre : *Institutions de Physique*, cet Ouvrage dans lequel on a exposé les principes de la Philosophie de M. Leibnits & ceux de M. Newton, est écrit avec beaucoup de clarté, & je n'y ai rien trouvé qui puisse en empêcher l'Impression. A Paris ce 18. Septembre 1738. Signé, PITOT.

PRIVILEGE DU ROY.

LOUIS, par la grace de Dieu, Roi de France & de Navarre, A nos ames & féaux Conseillers les Gens tenans nos Cours de Parlement, Maîtres des Requêtes ordinaires de notre Hôtel, Grand Conseil, Prévôt de Paris, Baillifs, Sénéchaux, leurs Lieutenans Civils & autres nos Justiciers qu'il appartiendra, SALUT. Notre bien amé LAURENT-FRANÇOIS PRAULT fils, Libraire à Paris, Nous ayant fait remontrer qu'il souhaiteroit faire imprimer & donner au Public un Manuscrit qui a pour titre, *Institutions de Physique* : S'il nous plaisoit lui accorder nos Lettres de Privilège sur ce nécessaires ; offrant pour cet effet de le faire imprimer en bon papier & beaux caractères, suivant la feuille imprimée & attachée pour modèle sous le contre-seel des Présentés : A CES CAUSES, voulant traiter favorablement ledit Exposant, Nous

lui

lui avons permis & permettons par ces Présentes, de faire imprimer ledit Ouvrage ci-dessus spécifié en un ou plusieurs Volumes, conjointement ou séparément, & autant de fois que bon lui semblera, & de le vendre, faire vendre & débiter par tout notre Royaume pendant le temps de six années consécutives, à compter du jour de la date desdites Présentes; Faisons défenses à toutes sortes de personnes de quelque qualité & condition qu'elles soient, d'en introduire d'impression étrangère dans aucun lieu de notre obéissance; comme aussi à tous Libraires, Imprimeurs & autres, d'imprimer, faire imprimer, vendre, faire vendre, débiter, ni contrefaire ledit Ouvrage ci-dessus exposé, en tout ni en partie, ni d'en faire aucuns Extraits sous quelque prétexte que ce soit d'augmentation, correction, changement de titre, même de traduction étrangère ou autrement, sans la permission expresse & par écrit dudit Expositant ou de ceux qui auront droit de lui, à peine de confiscation des Exemplaires contrefaits, de trois mille livres d'amende contre chacun des contrevenans, dont un tiers à nous, un tiers à l'Hôtel Dieu de Paris, l'autre tiers audit Expositant, & de tous dépens, dommages & intérêts, à la charge que ces Présentes seront enregistrées tout au long sur le Registre de la Communauté des Libraires & Imprimeurs de Paris, dans trois mois de la date d'icelles; que l'impression de cet Ouvrage sera faite dans notre

tre

être Royaux & non ailleurs ; & que l'Impre-
stant se conformera en tout aux Règlemens de
la Librairie , & notamment à celui du dixième
Auril mil sept cent vingt-cinq ; & qu'avant que
de l'exposer en vente, le Manuscrit ou Imprimé
qui aura servi de Copie à l'impression dudit Ou-
vrage, sera remis dans le même état où l'Appro-
bation y aura été donnée, es mains de notre
très-cher & féal Chevalier le Sieur Dagueffeu,
Chancelier de France, Commandeur de nos
Ordres, & qu'il en fera ensuite remis deux
Exemplaires dans notre Bibliothèque Publique,
un dans notre Château du Louvre, & un dans
celle de notre très-cher & féal Chevalier le
Sieur Dagueffeu, Chancelier de France, Com-
mandeur de nos Ordres ; le tout à peine de nul-
lité des Présentes ; du contenu desquelles vous
mandons & enjoignons de faire jouir l'Exposant
ou ses ayans cause pleinement & paisiblement,
sans souffrir qu'il leur soit fait aucun trouble ou
empêchement : Voulons que la Copie desdites
Présentes, qui sera imprimée tout au long au
commencement ou à la fin dudit Ouvrage, soit
tenue pour dûement signifiée, & qu'aux Copies
collationnées par l'un de nos amés & féaux Con-
seillers & Secretaires, foi soit ajoutée comme à
l'Original ; commandons au premier notre
Huissier ou Sergent de faire pour l'exécution
d'icelles tous Actes requis & nécessaires sans
~~demander autre permission, & nonobstant~~ Clau-
meur de Haro, Charte Normande & Lettres à

