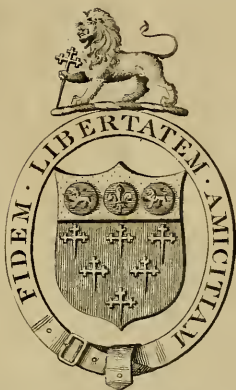


Adams
775
Si2D
v.1



John Quincy Adams.

Accessions

(26873)

Shelf No.

★ 5968.30



F. 1.

GIVEN BY

*For Charles F. Adams Jr.
Sept. 30, 1891.*

DESCRIPTION

ET USAGE

D'UN CABINET

DE PHYSIQUE EXPERIMENTALE.

TOME PREMIER.

*L'Auteur commence tous les ans ses Cours
de Physique après la Saint Martin, dans
son Cabinet de Machines, rue Saint Jacques,
près Saint Yves, maison de l'Université.*

ET URGENT

UN CABINET

DE MACHINES

DE PHYSIQUE

DESCRIPTION

ET USAGE

D'UN CABINET

DE

PHYSIQUE EXPERIMENTALE,

Par M. SIGAUD DE LA FOND, ancien Professeur de Mathématiques, Démonstrateur de Physique expérimentale en l'Université, de la Société Royale des Sciences de Montpellier, des Académies d'Angers, de Baviere, de Valadolid, de Florence, &c.

2 vol. in-8°. avec figures, 12 liv. brochés.

TOME PREMIER.



A PARIS,

Chez P. FR. GUEFFIER, Libraire-Imprimeur,
au bas de la rue de la Harpe.

M. DCC. LXXV.

Avec Approbation, & Privilège du Roi.

Adams
775
.Si2D
v.1

27.

(26873)

Hon. Charles Francis Adams Jr.
Sept. 10, 1891.



A MONSIEUR
TRUDAINE DE MONTIGNY,

CONSEILLER D'ÉTAT , INTENDANT DES
FINANCES, DE L'ACADÉMIE ROYALE
DES SCIENCES , &c. &c.

MONSIEUR,

EMPLOYER les momens qu'un Ministère laborieux accorde à vos délassemens , à cultiver la Physique , à vérifier les nouvelles découvertes , à étendre leurs progrès , & à faciliter les recherches des Savans , en leur procurant des instrumens bien supérieurs à ceux dont on ait fait usage jusqu'à ce jour , ce sont autant de titres à la vénération & à la reconnoissance des Physiciens. Ils eussent

suffi, MONSIEUR, pour me faire desirer de vous présenter l'hommage d'un travail qui s'accorde avec votre goût pour l'expérience; mais l'approbation que vous avez donnée à la construction de mes appareils & à ma manière d'opérer, lorsque j'ai eu l'honneur de vous compter au nombre de mes Auteurs, est un nouveau motif qui m'est bien plus personnel encore. L'intérêt de l'Auteur se joint ici aux sentimens que vous lui inspirez. Un Ouvrage de ce genre que vous voudrez bien agréer, peut-il se présenter sous de plus favorables auspices? Permettez donc, MONSIEUR, que j'aie l'honneur de vous l'offrir comme le témoignage certain des sentimens de reconnoissance & du profond respect avec lesquels je suis,

MONSIEUR,

Votre très-humble &
très-obéissant serviteur,
SIGAUD DE LA FOND.

APPROBATION.

J'AI lu par l'ordre de Monseigneur le Garde des Sceaux, un Manuscrit intitulé, *Description & usage d'un cabinet de Physique expérimentale*, par M. Sigaud de Lafond. J'estime que cet Ouvrage, écrit avec clarté & précision, doit être utile aux Physiciens & aux Amateurs, & qu'on peut en permettre l'impression.

A Paris, ce 22 Février 1775. VALMONT DE BOMARE

PRIVILEGE DU ROI.

LOUIS, par la grace de Dieu, Roi de France & de Navarre : A Nos amés & féaux Conseillers les Gens tenants le Grand Conseil, Maîtres des Requêtes ordinaires de l'Hôtel, Grand Conseil, Prévôt de Paris, Baillis, Sénéchaux, leurs Lieutenans Civils & autres nos Justiciers qu'il appartiendra : SALUT. Notre amé le sieur SIGAUD DE LAFOND, nous fait exposer qu'il désireroit faire imprimer & donner au Public un ouvrage intitulé, *Description & usage d'un cabinet de Physique expérimentale*, s'il Nous plaïoit lui accorder nos Lettres de Privilège pour en faire vendre & débiter par tout notre Royaume, pendant le temps de six années consécutives, à compter du jour de la date des Présentes. Faisons défenses à tous Imprimeurs, Libraires & autres personnes de quelque qualité & condition qu'elles soient, d'en introduire d'impression étrangere dans aucun lieu de notre obéissance; comme aussi d'imprimer, ou faire imprimer, vendre, faire vendre, débiter, ni contrefaire ledit ouvrage, ni d'en faire aucuns extraits sous quelque prétexte que ce puisse être, sans la permission expresse & par écrit dudit Exposant, ou de ceux qui auront droit de lui, à peine de confiscation des exemplaires contrefaits, d'un 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 Exposant, ou à celui qui aura droit de lui, & de tous dépens, dommages & intérêts, à la charge que ces Présentes seront enregistrées tout au long sur le registre de la Communauté des Imprimeurs & Libraires de Paris dans trois mois de la date d'icelles; que l'impression dudit Ouvrage sera faite dans notre Royaume & non ailleurs, en bon papier & beaux caractères, que l'Impétrant se conformera en tout aux réglemens de la

Librairie, & notamment à celui du 10 Avril 1725, à peine de déchéance de la présente Permission; qu'avant de l'exposer en vente, le Manuscrit qui aura servi de copie à l'impression dudit Ouvrage, sera remis dans le même état où l'approbation y aura été donnée, es mains de notre très-cher & féal Chevalier, Garde des Sceaux de France, le Sieur HUE DE MIROMENIL; qu'il en sera ensuite remis deux exemplaires dans notre Bibliothèque publique, un dans celle de notre Château du Louvre, un dans celle de notre très-cher & féal Chevalier Chancelier de France le Sieur de MAUPEOU, & un dans celle dudit Sieur HUE DE MIROMENIL; le tout à peine de nullité des Présentes: du contenu desquelles nous mandons & enjoignons de faire jouir ledit Exposant & ses ayans cause, pleinement & paisiblement, sans souffrir qu'il leur soit fait aucun trouble ou empêchement. Voulons que la copie des Présentes, qui sera imprimée tout au long, au commencement ou à la fin dudit Ouvrage, soit tenue pour dûment signifiée, & qu'aux copies collationnées par l'un de nos amés & féaux Conseillers, Secrétaires, foi soit ajoutée comme à l'original. Commandons au premier notre Huissier ou Sergent sur ce requis, de faire par l'exécution d'icelles, tous actes requis & nécessaires, sans demander autre permission, & nonobstant clameur de haro, charte nequande, & lettres à ce contraires: Car tel est notre plaisir. Donné à Paris, le vingt-deuxième jour du mois de Mars, l'an de grace mille sept cent soixante - quinze, & de notre regne le premier.

Par le Roi en son Conseil. LEBEGUE.

Reçistré sur le Registre XIX de la Chambre Royale & Syndicale des Libraires & Imp. de Paris, n°. 8. fol. 407. conformément au Règlement de 1723, qui fait défenses, Articl. IV, à toutes personnes de quelque qualité & condition qu'elles soient, autres que les Libraires & Imprimeurs, de vendre, débiter, faire afficher aucuns livres pour les vendre en leurs noms, soit qu'ils s'en disent les Auteurs ou autrement, & à la charge de fournir à la susdite Chambre huit exemplaires prescrits par l'Article 108 du même Règlement A Paris, ce 21 Avril 1775.

HUMBLLOT, Adjoint.

P R É F A C E.

REGARDÉE de tout temps comme la plus intéressante & la plus utile de toutes les Sciences , la Physique fut cultivée dans tous les siècles : mais bien différente de ce qu'elle étoit anciennement , depuis que le flambeau de l'expérience éclaire la marche du Physicien , il n'est point de siècle où elle ait fait plus de véritables progrès que dans le nôtre. L'expérience de *Toricelli* fut , sans contredit, l'époque de la révolution subite qui fit changer de face à l'étude de la Physique.

Le génie sublime de *Paschal* , qui fut modifier de différentes manières cette importante expérience , & qui enrichit encore la Physique de plusieurs autres également importantes ; l'industrie d'*Otto de Guericke* , qui produisit la machine pneumatique ; la sagacité de *Robert Boyle* , qui la perfectionna , & qui fut en tirer le plus grand parti , pour

nombre de recherches nouvelles , toutes également intéressantes & propres à inspirer le goût de l'expérience ; le zele & les travaux infatigables de plusieurs Savans , qui s'emparèrent ensuite de la route qu'on venoit de leur tracer , & qui entraînent après eux une grande partie des plus célèbres Profélytes des préjugés de l'ancienne Ecole , acheverent cette heureuse révolution.

Ce fut alors que la Physique , sortant pour ainsi dire de son berceau , nous fit appercevoir une partie des richesses qu'elle nous prodigua par la suite. Ce fut alors que l'Histoire naturelle , la Chymie , la Médecine théorique , & quantité d'autres sciences , commencerent à mettre à profit les secours qu'elle leur offroit ; & c'est , sans contredit , à la Physique expérimentale qu'elles doivent toutes aujourd'hui une grande partie de l'éclat qui les distingue.

Plus persuadé que jamais de cette vérité notre siècle se livre entièrement à cette pré-

cieuse méthode, & on lui doit nombre de découvertes plus intéressantes les unes que les autres, que les théories les plus sublimes n'eussent pu soupçonner. Mais, par une fatalité qu'on ne peut trop déplorer, on voit, en parcourant l'histoire de ces découvertes, que l'expérience a toujours eu à lutter contre la prévention & l'esprit de système, & qu'elles ne sont arrivées qu'à pas lents à ce degré de perfection qui nous les rend si précieuses.

Bien long - temps avant *Paracelse*, les Physiciens n'ignoroient point que la combustion, la fermentation & l'effervescence dégagoient de presque tous les corps une substance élastique qu'ils nommerent *spiritus silvestre*, mais dont ils ne connurent point la nature. *Paracelse* la confondit avec l'air ordinaire. *Vanhelmont*, son Disciple, la nomma *gas silvestre*, & la regarda comme une vapeur incoercible qu'on ne pouvoit rassembler dans des vases, ni réduire sous forme visible. *Boyle* la nomma *air artificiel* ;

& malgré le génie d'observations qui le conduisoit dans toutes ses recherches , il n'éten-
dit guere plus loin que *Vanhelmont* les progrès de cette connoissance. *Halles* la faifit
sous un nouveau jour, & on peut dire , à
sa gloire, que s'il ne parvint point à nous
donner des idées plus précises de la nature
de ce fluide, il nous ouvrit une nouvelle route
propre à nous conduire plus sûrement au but
auquel nous eussions dû arriver depuis long-
temps, si l'esprit de systême n'eût encore re-
tardé les progrès que nous ne pouvions atten-
dre que de l'expérience.

Je ne parlerai donc point ici des travaux
de *Macbride*, de *Meyer*, de *Jaquin*, de
Crans, & de quantité de célèbres Phyfi-
ciens qui se sont particulièrement occupés
de cet objet. Quelques importans qu'ils soient,
l'esprit de systême auquel leurs Auteurs se
sont livrés, leur dérobe une partie de l'uti-
lité qu'on pouvoit s'en promettre, mais dont
on est dédommagé par ceux du Docteur

Priesley, en Angleterre, & encore plus par ceux de M. *Lavoisier*, en France. L'exactitude singulière qu'on remarque dans ses opérations, la simplicité & la clarté qu'il a mises dans leur exposition, la retenue avec laquelle il présente ses conclusions, nous font tout espérer de la suite des travaux de ce célèbre Académicien. C'est en consultant l'expérience, l'esprit dégagé de tout préjugé & de toute opinion, qu'il convient de suivre la marche de la nature, & qu'on parvient à la forcer jusques dans ses derniers retranchemens.

Franklin, ce génie supérieur à qui nous sommes redevables de nos connoissances les plus intéressantes en matière d'électricité, ne se laissa point séduire par tous les systèmes ingénieux qui partageoient les plus savans Electriciens de l'Europe. Il ne consulta que l'expérience; la nature lui confia son secret sur la fameuse bouteille de Leyde : il découvrit l'efficacité des pointes pour nous ga-

rantir des funestes effets de la foudre , & détourner de dessus nos têtes ce redoutable météore. Malgré la confiance qu'on devoit avoir à un procédé confirmé par l'expérience la moins équivoque , malgré les essais multipliés qu'on en avoit fait avantageusement , en Angleterre , l'esprit de système & la prévention ne s'opposèrent que trop longtemps , en France , à l'exécution d'une pratique aussi précieuse à l'humanité , & dont tous les Savans reconnoissent actuellement l'efficacité.

La fusion des métaux , par l'intermede du feu électrique , leur calcination , leur réduction en chaux métalliques , leur révivification , sont encore le fruit de l'expérience & des travaux utiles de ceux qui se sont livrés à cette excellente maniere d'étudier la Physique.

On ne peut donc trop louer la méthode de ces célèbres Physiciens , qui , se défiant de leurs propres idées , ne proposent que mo-

deffement leurs doutes sur les caufes , & nous présentent avec toute l'exaétitude & la précision poffibles , des faits , des analogies & des conclufions constatées par l'expérience. On ne peut donc trop encourager ces Amateurs qui fe multiplient tous les jours , & qui , fe livrant avec zèle à l'étude des faits , s'emprefsent de fe procurer les meilleurs appareils relatifs à leurs goûts & au genre de travail qu'ils veulent fuivre. On ne peut donc que grandement efpérer de ce goût général pour l'expérience , qui s'étend jufques dans nos Provinces les plus éloignées , de cette noble émulation qui furmonte les difficultés qui s'y oppofent , & engage actuellement prefque tous les Professeurs de Phyfique à fe procurer d'excellentes machines , & à monter des cabinets. Que ne doit-on pas attendre des travaux multipliés de cette multitude de Savans auffi zélés pour les progrès de la Phyfique , fi , profitant mieux que *Descartes* d'un précepte excellent qu'il établit , ils re-

noncent à toute prévention particulière, & sur-tout à ce je ne sais quoi de faux que chacun met dans sa manière d'envisager les objets extérieurs, s'ils ne perdent jamais de vue cette observation importante pour l'étude de la Physique, faite par l'un des plus savans Physiciens de l'Europe! Un disciple d'*Aristote*, dit le célèbre *Mussenbroek*, dans son Discours sur la meilleure manière de faire les expériences, les saisit, les apperçoit d'un autre œil qu'un Carthésien, & le Carthésien différemment encore de ceux qui suivent les principes de *Stahl* & de *Newton*. Embrasser un système, c'est presque se condamner à ne voir les choses que d'un certain biais, & éviter de les voir de tout autre; c'est, pour ainsi dire, se mettre sur les yeux un verre teint d'une couleur particulière, sans s'embarrasser si ce verre altérera ces objets ou s'il les ternira. Il faut donc abjurer tout parti & avoir secoué le joug de toute autorité; pour entreprendre de bien faire des expé-

riences ; il faut y apporter un génie particulier & un jugement très-fain. Le génie sert à nous faire découvrir de nouvelles routes , & le jugement nous conduit à travers ces routes avec la discrétion & la prudence qui nous empêchent de nous égarer.

Ce sont ces observations qui nous ont engagé à composer un Ouvrage dans lequel, mettant de côté toutes les théories physiques, nous ne présentassions à nos Lecteurs, que des instrumens & des expériences : mais pour leur rendre en même temps le service de ces instrumens commode & familier, nous nous sommes proposés de leur indiquer la manière de s'en servir, les précautions qu'il convient de prendre en quantité de circonstances, pour que le succès de l'expérience fût assuré & constant. Nous nous sommes encore proposés de les mettre sur la voie des travaux qu'ils pouvoient suivre, de leur indiquer ce qu'on avoit déjà fait & ce qui restoit encore à faire pour hâter les progrès de la science.

Nous ne nous sommes donc point bornés à décrire simplement des machines , & à indiquer leurs usages. Nous avons cru devoir suivre la marche ordinaire d'un cours de Physique expérimentale. Nous avons divisé cet Ouvrage en onze Sections principales ; nous avons distribué ces Sections en autant d'Articles particuliers qu'elles en ont été susceptibles ; & lorsque ces Articles ont pu fournir différentes branches de division , nous les avons eux-mêmes divisés en plusieurs Paragraphes : il est même quelques-uns de ces Paragraphes que nous avons cru devoir subdiviser en plusieurs Nombres , afin de ne point confondre des objets disparates , & de mettre , dans notre Ouvrage , tout l'ordre dont il étoit susceptible.

Nous avons toujours exposé avec soin , dans chaque branche de division , l'état de la question qu'on se propose d'y résoudre , les difficultés qu'elle présente , les appareils dont on peut faire usage pour remplir cet objet.

La description de chaque appareil est toujours suivie de la manière d'en faire usage ; ou de la manière de faire l'expérience : vient ensuite la conclusion qui suit naturellement de cette expérience. Souvent nous ajoutons des observations particulières sur la manière de procéder ; ces observations sont le fruit de l'habitude que nous avons acquise à manier des machines & à étudier les inconvéniens qu'on rencontre dans le service de plusieurs. Elles seront particulièrement utiles aux Amateurs & aux Savans mêmes , qui n'auront point encore cette habitude : elles leur épargneront des recherches toujours pénibles & ennuyeuses. Nous ajoutons encore ; lorsque l'occasion s'en présente , des réflexions qui indiquent au Physicien la matière qu'il doit traiter & les Ouvrages qu'il peut consulter à ce sujet.

Il est quelques articles auxquels nous donnons un peu plus d'étendue. Ce sont ceux dont nous n'avons point fait mention dans nos Le-

cons de Physique expérimentale, & qu'on ne trouve point communément traités dans les ouvrages de ce genre. Tels sont par exemple, dans le premier volume, l'article destiné aux appareils nécessaires, pour connoître les véritables principes des mixtes. Nous y donnons une idée suffisamment étendue de l'analyse chymique, des différentes especes d'analyses, des moyens de les faire, des défauts qu'on ne peut s'empêcher de leur reprocher, malgré les soins qu'on a pris pour les perfectionner.

On trouvera, dans le second volume, un article suffisamment étendu sur l'air fixe ou sur l'air principe. Cette matiere encore neuve en Physique, exigeoit une exposition qui pût mettre le Physicien au fait de la question, & sur la voie des recherches qu'il doit faire à ce sujet. Nous avons traité de la même manière l'article qui concerne l'air, relativement à la respiration des animaux. Il n'est pas moins important que le précédent. Nous

nous sommes comportés de la même façon ; dans la Section du feu , par rapport au Phlogistique. Abandonné jusqu'ici aux recherches & aux spéculations des Chymistes , le Physicien ne doit point négliger une connoissance aussi importante & qui peut répandre le plus beau jour sur la théorie du feu.

Quant au principal objet de cet Ouvrage ; les machines , nous les avons décrites avec soin. Nous les avons présentées avec toute la perfection à laquelle elles ont été conduites par nos prédécesseurs , par nos soins particuliers , & par l'industrie de plusieurs excellens Artistes que nous employons habituellement. Abstraction faite du luxe qu'on peut mettre dans les matériaux & dans les ornemens dont elles sont susceptibles , on ne trouvera point de machines plus belles , plus exactes & plus commodes à manier que celles que nous décrivons.

On verra avec plaisir les changemens que nous avons faits à plusieurs appareils , & par-

ticuliérement à ceux qui appartiennent à l'électricité : spécialement occupés, depuis quelques années, de cet objet, nous n'avons rien épargné pour faire produire les plus grands effets à nos machines, sans augmenter prodigieusement leur volume. Le succès a répondu complètement à notre attente.

Nous nous sommes également attachés à simplifier & à perfectionner les dépendances de ces appareils. Nous les avons suffisamment multipliées, pour qu'on soit à portée de faire, avec les plus légers changemens dans leurs combinaisons, toutes les expériences imaginées jusqu'à ce jour. Si de nouvelles découvertes nous obligent d'en augmenter le nombre, nous les construirons de manière qu'elles puissent s'affortir autant qu'il sera possible, & se combiner avec les machines que nous employons actuellement.

Presque toutes ces machines différentes de celles que nous avons décrites dans notre *Traité de l'électricité*, nous ont paru beau-

coup plus commodes , & c'est la raison pour laquelle nous n'avons pas voulu nousastreindre à l'usage de ces dernières. Notre Traité, malgré cela , n'en fera pas moins utile à ceux qui voudront parcourir l'histoire de toutes les découvertes faites en matière d'électricité , jusqu'au tems où nous l'avons publié.

Notre ouvrage aura encore cet avantage ; que ceux qui nous confieront le soin de leur procurer des appareils en tout genre , pourront nous indiquer plus commodément & d'une manière plus précise ceux qu'ils désireront. Ils connoîtront d'avance la forme & la construction de ceux que nous aurons à leur communiquer. Ils apprendront la manière de les manier , & les effets qu'ils doivent en attendre. Les changemens dont ils pourront être susceptibles , ne feront point essentiels , & n'exigeront point de ces détails particuliers dans lesquels nous étions obligés d'entrer avant la publication de cet Ouvrage.

Ces détails d'ailleurs sont toujours difficiles à faire , par le peu d'étendue qu'on peut leur donner dans une lettre ; ils sont souvent fatigans pour ceux qui les lisent , lorsqu'ils ne sont point accompagnés d'une figure , dont toutes les parties numérotées peuvent s'étudier séparément.

Si cet Ouvrage , neuf en son genre , répond à nos desirs & au zele qui nous l'a fait entreprendre , nous nous croirons bien dédommagés du travail auquel il nous a assujetti. Il ne nous restera plus rien à désirer ; pour remplir l'objet que nous nous sommes proposés, que de réimprimer nos Leçons de Physique expérimentale ; d'y faire les changemens , les corrections & les additions considérables dont elles sont susceptibles ; & nous espérons que cet Ouvrage sera en état de paroître dans le cours de l'année prochaine.



DESCRIPTION

ET USAGE

D'UN CABINET

DE

PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE.

L'OBSERVATION & l'expérience sont la base Objet de cet Ouvrage. de nos connoissances physiques. L'une & l'autre exigent d'excellents instrumens propres à représenter les phénomènes de la nature, & souvent à démontrer la certitude des causes qu'on leur assigne. La construction de ces instrumens, la maniere d'en faire usage ; les conclusions qui suivent de leurs effets ; sont donc de la plus grande importance en physique. C'est à ces trois objets que nous consacrons spécialement cet Ouvrage. Pour

le rendre néanmoins d'un service plus étendu , nous exposerons avec soin l'état des questions que le Physicien doit traiter : nous indiquerons , lorsqu'elles en seront susceptibles , les difficultés qu'elles présentent , les recherches qu'on aura faites pour les résoudre , ce qui reste encore à faire , & sur-tout les Ouvrages qui nous paroîtront les plus propres à satisfaire la curiosité du Physicien sur chacun de ces objets.

SECTION PREMIERE.

Des Appareils nécessaires pour démontrer les Principes des Corps , & ce qui résulte de la combinaison de ces Principes.

Division de
cette Sect.

NOUS diviserons cette Section en deux principaux Articles. Le premier traitera des Appareils nécessaires pour analyser les mixtes. Le second de ceux dont on peut faire usage pour démontrer la cause de la cohérence entre les parties intégrantes des mixtes.



ARTICLE PREMIER.

*Des Appareils nécessaires pour analyser
les Mixtes.*

LES principes des corps ou les élémens de la matiere , font sans contredit le premier objet des recherches du Physicien. Il doit donc savoir décomposer les corps , séparer leurs principes ; il doit considérer les combinaisons de ces principes , étudier les loix de ces combinaisons , & se rendre raison des variétés qu'il observe dans la composition des mixtes.

S'il ne doit point ignorer cette multitude d'opinions ridicules qui se succéderent & qui se détruisirent successivement dans l'Ecole , tant que livrés à l'esprit de système & au feu de leur imagination , les Physiciens se plurent à engendrer des principes métaphysiques , il ne doit consulter ici que l'expérience , & profitant des secours que la Chymie peut lui fournir , il ne doit admettre pour véritables principes que ces substances simples ou homogenes qui résultent de la dernière décomposition des mixtes , & qui demeurent

rent constamment les mêmes & inaltérables, malgré l'activité des agents qu'on peut employer pour les décomposer.

L'analyse qu'on regarde, à juste titre, comme la première & l'une des plus importantes opérations de la Chymie, mérite donc également la première place parmi les plus importantes opérations de la Physique expérimentale. En quoi consiste l'analyse? Combien en distingue-t-on d'espèces? Comment procède-t-on dans ces différens cas? Nous croyons devoir en donner une légère idée pour faciliter l'intelligence des appareils que nous nous proposons de décrire, & pour en faire connoître plus particulièrement l'usage.

De l'analyse en général.

L'analyse est une opération par laquelle on décompose les mixtes. C'est par son moyen qu'on en sépare successivement les principes suivant l'ordre de leurs combinaisons. On remarque, en effet, que les principes qui se séparent les premiers ne méritent point, à proprement parler, cette dénomination; que ce sont des substances véritablement composées qui doivent être analysées elles-mêmes plus ou moins de fois, avant qu'on puisse atteindre à la séparation

de ces substances simples & homogènes, que nous regardons actuellement comme les premiers principes des mixtes. De-là cette diversité de principes de différents ordres qu'on admet en Chymie, pour rendre plus méthodiquement & plus facilement en même temps raison de la composition & de la décomposition des mixtes. On trouvera cette matière traitée d'une manière lumineuse dans l'excellent Dictionnaire de Chymie de M. *Macquer*.

Tous les corps ne sont point susceptibles d'être analysés de la même manière. De-là ces différens moyens que la Chymie emploie pour la décomposition des mixtes. Quelque différens qu'ils paroissent, on peut néanmoins les réduire à deux généraux, à *l'analyse par le feu* & à *l'analyse par les menstrues*.

Deux espèces d'analyse.

On emploie l'action du feu lorsque le mixte sur lequel on opère, contient des principes plus volatils les uns que les autres, & qui peuvent tous céder à l'activité de cet agent. Tout l'art consiste alors à modérer le feu de manière qu'on fasse subir à ce mixte différens degrés de chaleur qui aillent en augmentant, depuis celui qui paroît suffisant pour exalter les principes les plus volatils,

Analyse par le feu.

6 Description d'un Cabinet

jusqu'à celui qui est nécessaire pour enlever ceux qui sont les plus fixes. Cette opération se nomme en général , *distillation*.

De la distillation.

On la distingue communément en deux especes , eu égard à la variété des produits qu'elle fournit ; ils se présentent , en effet , sous la forme d'une liqueur , ou sous une forme seche : dans le premier cas l'opération conserve le nom de *distillation* : dans le second on l'appelle *sublimation* ; nous n'aurons égard qu'à la premiere , c'est la seule dont la connoissance soit nécessaire au Physicien.

Trois especes de distillations.

La distillation prend elle-même différens noms , suivant la forme & la disposition des vaisseaux dans lesquels elle s'opere ; de-là la *distillation montante* ou *per ascensum* , la *distillation latérale* ou *per latus* ; la *distillation descendante* ou *per descensum* ; trois opérations que le Physicien doit connoître , décrire avec soin , & faire observer en même temps qu'elles ne diffèrent point essentiellement entre elles.

A P P A R E I L S.

Pour ces trois especes de distillations.

Alambic ou appareil d'une distillation.

L'INSTRUMENT dont on se sert pour une distillation montante , se nomme *alambic*.

On le fait de plusieurs matieres , de métal , Planche
de verre , ou de grès. Fait de métal , son I.
service est bien plus étendu & plus propre lation mon-
aux grandes opérations : il est composé d'un tante.
grand vaisseau de cuivre étamé en-dedans ,
qu'on appelle la *cucurbite* ; A, (Pl. I, fig. 1.) Fig. 1.
C'est dans ce vaisseau qu'on renferme ordi-
nairement les substances qu'on veut analyser :
on remarque vers sa partie supérieure , deux
anses *bb* , qui le rendent plus maniable ; le
petit canal *a* , qu'on a soin de boucher exac-
tement avec un bouchon de liege , sert , lors-
que le cas le requiert , à introduire de l'eau
dans ce vaisseau à proportion qu'elle s'éva-
pore pendant l'opération.

On recouvre la *cucurbite* d'un autre vaif-
seau B, (Pl. I, fig. 2.) , qu'on nomme le Fig. 2.
chapiteau , c'est une espece de cône dont la
base est rétrecie pour s'ajuster à la *cucurbite*.
Le rétreçissement de cette base forme une
gouttiere *aa* , qui s'ouvre dans un canal *ab* ,
qu'on appelle le *bec du chapiteau* ; on adapte
à ce canal un vaisseau E , connu en général ,
sous le nom de *réipient* ; il est destiné à re-
cevoir les produits de la distillation : on le
nomme *matras* , lorsque son col est très-
long ; on l'appelle *balon* , lorsqu'il est très-

Planche gros & que son col est très - court.

I. Le cône B , est entouré d'un grand sceau de cuivre C , appelé le *refrigerant* par rapport à son usage ; on a soin de le tenir plein d'eau froide , afin de refroidir & de condenser les vapeurs qui s'élevent sous le chapiteau : lorsque cette eau s'est échauffée à un certain point , on l'évacue par le robinet D , & on la renouvelle.

Le chapiteau & la cucurbite doivent s'emboîter de façon que les vapeurs ne puissent passer par leur jonction. Dans le cas où celle-ci ne seroit point assez exacte , on la ferme avec un lut dont nous parlerons plus bas.

Il est des cas où l'on fait usage d'une autre cucurbite A , (Pl. I , fig. 3.) ; celle-ci est assez communément d'étain ; on la fait assez souvent cependant , de cuivre étamé en-dehors & en-dehors , & on la nomme *bain-marie* ; elle se place dans la précédente A , (fig. 1.) , & on la recouvre du même chapiteau B , (fig. 2.) ; ces trois vaisseaux doivent être faits de manière qu'ils puissent s'emboîter les uns dans les autres. La figure (4) représente tout l'appareil établi sur son fourneau F ; celui-ci est composé de deux cavités séparées par une grille O : on y remarque

deux ouvertures G & H, la première faite pour introduire des matières combustibles dans la cavité supérieure, qu'on appelle le *foyer*, la seconde H, pénètre dans la cavité inférieure qu'on nomme le *cedrier*: celle-ci est destinée à livrer passage à l'air qui entretient l'action du feu sur les matières combustibles, & à recevoir les cendres. On y remarque outre cela, un canal latéral I, qui s'ouvre au-dehors & qui pénètre dans le foyer; on l'appelle la *cheminée*: elle donne issue à la fumée.

Planche
I.

Quelqu'étendu que soit le service de cet instrument, il ne peut suffire à tous les besoins du Physicien. Il est quantité de substances corrosives qui attaqueroient le métal & corroderoient la cucurbite. Il doit donc se pourvoir de quelques alambics de verre A, (Pl. I, fig. 5.). Il en est de cette dernière espèce, dont le chapiteau B, (fig. 6.) tient à la cucurbite: on les nomme, à cause de cela, *alambic d'une pièce*; on y introduit les matières par le goulot C du chapiteau, & on ferme cette ouverture avec un bouchon de cristal D, usé à l'émeril.

Fig. 5.

Fig. 6.

Cornue ou
appareil de
la distillation
descendante.

On appelle *cornue* ou *retorte*, une espèce de bouteille ovale ABC, (Pl. I, fig. 7.),

Fig. 7.

Planche I. dont le col B C , fait avec le ventre du vaisseau, un angle plus ou moins aigu. On donne le nom de *distillation latérale* ou *per latus* , à celle qui se pratique avec ces sortes d'instrumens. On les fait communément de verre , plus fréquemment de grès , mais rarement de métal.

Appareil de
la distillation
descendante.

Quoiqu'on fasse très-peu d'usage de la *distillation descendante* ou *per descensum* , nous dirons cependant un mot de son appareil, il est on ne peut plus simple.

On prend un verre à boire , ou tout autre vaisseau dont la forme approche de celle d'un verre ; on le recouvre d'une toile assujettie avec un fil , de façon qu'elle soit un peu lâche ; on place sur cette toile la substance qu'on veut analyser : on l'arrose d'un peu d'eau pour la soustraire à la trop grande activité du feu : on recouvre le tout d'une plaque de cuivre faite comme le bassin d'une balance : on met dans ce bassin des cendres chaudes & quelques charbons allumés ; la chaleur volatilise les parties du mixte , les vapeurs tendant à s'éloigner du foyer de cette chaleur , se ramifent à travers le linge , se rassemblent par gouttes sur les parois du vaisseau & se précipitent dans l'eau qui se trouve au fond.

U S A G E

Des précédens appareils.

ON conçoit facilement par la seule description des appareils précédens , que la distillation est essentiellement la même dans tous les cas : que les vapeurs exaltées par le feu font effort pour s'éloigner du foyer de la chaleur ; qu'elles s'élevent sous le chapiteau de l'alambic , dans la distillation montante ; qu'elles s'échappent par le bec de la cornue dans la distillation latérale ; qu'elles se précipitent enfin , dans le fond du verre dans la distillation descendante. Nous laissons au Physicien le soin de développer cette théorie , & d'expliquer le mécanisme de l'exaltation de ces vapeurs.

En général , l'exactitude de la distillation dépend de la promptitude avec laquelle les vapeurs exaltées par la chaleur , se condensent & se rassemblent dans le récipient. Lorsqu'elles circulent pendant quelque temps dans des vaisseaux chauds, elles y prennent une odeur désagréable que les Chymistes nomment *empyreume*.

observations
sur cette opé-
ration.

Planche I. D'où il suit que l'alambic de verre est le
 I. moins parfait de tous les instrumens de cette
 Défaut des alambic. espece , ou celui dont les produits sont les
 plus défectueux : les vapeurs qui s'élevent
 sous son chapiteau n'y sont point assez promptement refroidies, la liqueur qui coule par le bec de cet instrument est encore chaude lorsqu'elle arrive dans le récipient , & elle y porte une odeur empyreumatique.

Moyens de remédier à ce défaut. Le refrigerant adapté au chapiteau d'un alambic de cuivre remédie en partie à ce défaut , si on a soin de renouveler souvent l'eau froide ; mais les vapeurs ne sont pas toujours assez promptement refroidies dans cet instrument , & elles conservent encore un peu de cette odeur désagréable qu'on se propose de détruire.

Serpentin. On remédie parfaitement à cet inconvénient en adaptant un serpentín à ces sortes d'alambics. Ce serpentín est un canal d'étain
 Fig. 4. L K , (Pl. I , fig. 4.) , tourné en forme de spirál & renfermé dans un grand sceau de cuivre K , qu'on remplit d'eau froide , nous avons fait ce vaisseau transparent pour qu'on fâisît plus aisément la forme du serpentín. On évacue l'eau par le robinet S , lorsqu'elle s'échauffe , & on la renouvelle. Ce canal

spiral soudé par ses extrémités au haut & au bas du sceau K, s'adapte d'une part au bec du chapiteau, & par son autre extrémité au récipient M.

Planche
I.

Quoique les jointures de l'alambic de cuivre soient faites avec tout le soin possible, il faut néanmoins le fermer quelquefois avec une plus grande exactitude. On se sert pour cela d'un lut : on les lutte en général, toutes les fois que les substances sur lesquelles on opère sont extrêmement volatiles, & qu'on a intérêt de ne rien perdre de leurs produits. On lutte toujours celles des alambics de verre, lorsque le chapiteau ne tient point à la cucurbite.

Luts.

On se contente pour l'ordinaire de coler sur ces jointures une bande de papier couverte d'amidon ou de colle de farine, mais lorsque le lut doit être plus exact, on se sert de l'efflorescence de la chaux qu'on détrempe dans du blanc d'œuf ; on employe assez souvent un morceau de parchemin ou de vessie mouillée, qu'on lie fortement sur les jointures. Les Chymistes se servent encore de plusieurs autres especes de luts dont le détail nous paroît inutile.

Différens
degrés de
feu.

On expose à différens degrés de feu les

Planche substances qu'on veut analyser ; de-là la distillation à feu nud , au bain de sable , au bain-marie & au feu de reverbere.

I.
Feu nud. On distille à *feu nud* , lorsque la cucurbite ou la cornue sont posées immédiatement sur les charbons du fourneau.

Bain de sable. La distillation se fait au *bain de sable* , lorsque le vaisseau distillatoire est enterré dans un monceau de sable renfermé dans une espece de poële A , (Pl. I , fig. 8.) , placée sur le fourneau. Ce degré de feu moins violent que le précédent, devient d'autant plus actif que la cucurbite ou la cornue sont plus profondément enfoncées dans le sable.

Bain-marie. On distille au *bain-marie* lorsque la cucurbite est placée dans une seconde cucurbite remplie d'eau , & que cette dernière est établie sur le fourneau. Dans ce cas on se sert des deux cucurbites A & A , (Pl. I , fig. 1 & 3.) ; on modère alors à discrétion le degré de chaleur qu'on fait éprouver à la substance sur laquelle on opère ; mais lorsque l'opération exige le plus grand degré de feu , on distille à *feu de reverbere*.

On se sert dans ce cas , d'une cornue qu'on pose immédiatement sur les charbons du

fourneau A B , (Pl. II , fig. 1.) , on la recouvre d'un dôme C : celui-ci porte latéralement une échancrure en *a* , qui répond à une semblable *b* , qu'on remarque vers le haut & sur la circonférence du fourneau ; ces deux échancrures réunies forment un trou qui livre passage au col de la cornue ; on donne à ce fourneau le nom de *fourneau de reverbere* , parce que le dôme dont il est recouvert réfléchit la chaleur des charbons sur le ventre de la cornue.

Il est des cas où il est important d'éloigner le récipient du fourneau : on se sert pour cela de plusieurs vaisseaux A , B , (Pl. II , fig. 2.) , qu'on appelle des *allonges* , ils s'unissent les uns aux autres & ils servent d'intermédiaire entre le col de la cornue & celui du récipient.

Il est bon d'observer que lorsque la cornue doit être exposée à l'action d'un feu très-violent , qu'elle soit de verre ou de grès , on la garantit de la trop grande activité du feu en l'enduisant extérieurement de terre à four détrempée dans de l'eau ; il faut avoir soin ensuite , de laisser sécher cet enduit au soleil ou à une certaine distance d'un feu très-moderé : il est bon de prendre les mêmes

Planche II.

Feu de reverbere.

Fig. 1.

Allonges.

Fig. 2.

Maniere de garantir les vaisseaux de verre de la trop grande activité du feu.

Planche précautions pour les cucurbites des alambics , lorsqu'elles sont de verre & qu'elles doivent être fortement chauffées par l'action immédiate du feu , ou même dans un bain de sable.

I I.

Défauts de l'analyse par le feu.

Tous les corps ne sont point également susceptibles de s'analyser exactement par le feu ; c'est ce qu'on remarque particulièrement lorsqu'on analyse des corps très-composés & dont les principes ont une forte adhérence entre eux. Dans ce cas , le degré de chaleur suffisant pour attaquer , par exemple , le principe le plus volatil , enlève encore avec celui-ci , une portion d'un autre principe moins volatil qui n'eût pu céder à ce degré de chaleur sans l'adhérence qui l'unit au premier & qui le fait participer jusqu'à un certain point à son excès de volatilité.

On observe encore un autre défaut dans cette espèce d'analyse : elle n'est pas toujours propre à fournir les principes prochains des mixtes ; il est plusieurs de ces principes , comme on l'observe spécialement dans certains végétaux , qui sont eux-mêmes très-composés , & dont la texture délicate s'altère par le feu au point de n'être plus reconnoissables.

Il est d'autres cas où l'action du feu de- Planche
vient inutile : c'est ce qui arrive , par exem- II.
ple , lorsqu'on veut analyser deux métaux
mêlés qui résistent également à l'action
de cet agent.

Ce sont ces inconvénients & quelques au- Analyse
tres encore que nous passons sous silence par les men-
strues.
mais que le Physicien doit connoître , qui
ont fait imaginer *l'analyse par les men-
strues*.

On donne le nom de *menstrue* à tout dis-
solvant quelconque ; l'eau , l'esprit-de-vin ,
l'éther , les acides , &c. sont autant de
menstrues particuliers , relativement aux sub-
stances qu'ils peuvent attaquer & dissoudre.
Tout l'art consiste à choisir & à employer ce-
lui de ces menstrues qui est propre à agir
sur le mixte qu'on veut traiter , ou à séparer
de ce mixte le principe qu'on veut obtenir.

L'eau est le véritable menstrue des parties
salines & gommeuses d'un mixte , l'esprit-de-
vin s'empare des parties résineuses , l'éther
dissout les parties huileuses , les acides atta-
quent spécialement les terres calcaires , les
parties métalliques , &c.

Planche

II.

A P P A R E I L S

*Nécessaires pour l'analyse par les
menstrues.*

Appareils
nécessaires à
ces sortes
d'analyses.

C E S appareils sont en très-petit nombre : quelques capsules de grès ou de verre, quelques bains de sable, quelques vaisseaux de verre ou de cristal, avec des couvercles de même matiere ; de l'eau distillée en assez grande quantité, de l'esprit-de-vin, de l'éther, des flacons remplis d'acide vitriolique, d'acide marin, d'acide nitreux, de vinaigre, &c. suffisent à toutes les opérations de ce genre, & doivent se trouver dans le Cabinet d'un Physicien.

U S A G E

De ces appareils.

Le service de ces instrumens n'exige point une instruction particuliere : on connoitra facilement leur usage par le simple exposé d'une opération de cette espece.

Analyse
d'une sub-
stance végé-
male.

Supposons qu'on se propose d'analyser une substance végétale qui contienne des parties gommeuses, résineuses & huileuses,

& que ces dernières soient indissolubles dans l'esprit-de-vin. Planche
II.

On mettra cette substance dans une capsule de verre ou de grés, & on l'y laissera macérer pendant quelque temps dans une quantité suffisante d'eau distillée ; l'action de ce menstrue qu'on pourra encore augmenter à l'aide d'une douce chaleur, se portera sur les parties gommeuses qu'il dissoudra ; celles-ci se trouveront donc alors répandues & disséminées entre les molécules de l'eau.

Il convient ici que le Physicien explique de quelle manière l'eau attaque ces sortes de parties, les détache du mixte auquel elles appartiennent, & par quel mécanisme elles se soutiennent & elles flottent dans la masse d'eau qui les tient en dissolution.

Cette première opération finie, on rapprochera ces parties & on les obtiendra séparément, en faisant évaporer le menstrue avec lequel elles sont combinées : on retirera donc de la capsule le résidu ou la masse qui aura résisté à l'action de l'eau ; on posera ensuite cette capsule sur un bain de sable & on l'y laissera suffisamment de temps pour que les parties aqueuses soient totalement évaporées ; les parties gommeuses du mixte

Planche se trouveront alors suffisamment rappro-
 I I. chées.

On mettra le résidu dans une autre capsule surmontée de son couvercle , on versera par-dessus suffisante quantité de bon esprit-de-vin ; cette liqueur attaquera & séparera les parties résineuses qu'on rassemblera encore par le même procédé que nous venons d'indiquer.

On transportera le nouveau résidu dans une semblable capsule & on versera par-dessus de l'éther , ayant soin de fermer exactement le vaisseau ; cette dernière liqueur s'emparera des parties huileuses , & comme elle est extrêmement volatile , il ne sera pas nécessaire d'avoir recours à l'action du feu pour la faire évaporer.

On obtiendra donc successivement les parties gommeuses , résineuses & huileuses du mixte qu'on aura soumis à ces opérations.

On se sert souvent du même procédé pour analyser les métaux parfaits & les débarrasser des parties hétérogènes auxquelles ils sont unis , mais on se sert pour cet effet d'un menstrue acide. Il est cependant important d'observer que cette opération ne peut se faire exactement que dans le cas où l'acide qu'on

Même procédé pour analyser les métaux.

emploie n'agit pas également sur les différentes parties qui constituent le mixte. Planche
II.

Supposons, par exemple, qu'une masse donnée soit composée d'un mélange d'or & d'argent. C'est un fait reconnu en Chymie, que l'acide nitreux qui dissout très-bien l'argent, n'agit point sur l'or, & que l'eau régale qui est le vrai dissolvant de l'or, n'attaque point l'argent; phénomène singulier qui a occupé pendant longtemps les recherches des plus célèbres Chymistes, & que le Physicien doit expliquer.

Dans ce cas on emploiera indifféremment l'acide nitreux ou l'eau régale, suivant qu'on voudra dissoudre l'or ou l'argent; on mettra donc le mixte dans une capsule, & si on verse par-dessus de l'acide nitreux, cet acide s'emparera de l'argent, le dissoudra, & l'or restera intact au fond du vaisseau.

Il est bon d'observer ici 1^o, que les deux espèces d'analyses qui sont l'objet de cet article, ont souvent besoin d'être combinées entre elles, pour arriver à une décomposition plus parfaite du mixte sur lequel on opère. 2^o. Que les produits que l'un & l'autre fournissent, sont souvent eux-mêmes de véritables composés qu'il faut analyser sépa-

Observation sur les deux espèces d'analyses précédentes.

Planche rément plus ou moins de fois, avant qu'on
 II. puisse atteindre aux premiers principes de ces mixtes. Un peu d'habitude & de travail mettront le Physicien à portée de se satisfaire à cet égard ; & il s'assurera qu'il n'existe dans la nature que quatre substances primordiales qui méritent jusqu'à présent & à juste titre, le nom de principes. Ces substances sont la terre, l'eau, l'air & le feu, qu'on désigne plus communément en Chymie, sous le nom de *phlogistique*. A l'exception de quelques corps pris dans le règne minéral, tous les autres se résolvent en ces quatre substances, que nous regardons comme les premiers élémens des mixtes, parce qu'elles ont constamment résisté à toute décomposition, & qu'elles sont demeurées inaltérables malgré toute l'activité des agens qu'on a employés pour les décomposer.

On ne découvre que quatre principes primitifs par la dernière analyse des mixtes.

Nous les ferons plus particulièrement connoître & nous en développerons les propriétés lorsque nous traiterons de l'air, du feu, de l'eau & de la terre.



ARTICLE SECOND.

Des Appareils nécessaires pour démontrer la cause de la cohérence entre les parties intégrantes des mixtes.

DE la combinaison des principes de différens ordres que le Physicien doit distinguer dans la composition des mixtes, naissent les parties intégrantes de ces mixtes; celles-ci diversement combinées entre elles, forment des masses de différentes especes; les unes dures, d'autres molles, d'autres fluides ou liquides. La cause de ces différences que le Physicien doit caractériser par des définitions exactes, a fait naître une multitude d'hypothèses, parmi lesquelles nous ne distinguerons ici que les deux qui partagent encore les sentimens de l'Ecole.

De la combinaison des principes.

De la cause de la cohésion.

Les Carthésiens font dépendre ces différens états, ou la variété qu'on remarque dans la cohérence entre les parties intégrantes des mixtes, du repos respectif de ces parties & de la maniere selon laquelle elles sont soumises à la pression d'un fluide ambiant.

Opinion des Carthésiens.

Opinion des Newtoniens.

Les Newtoniens l'attribuent à l'attraction

Planche de cohésion ; ce sont deux hypothéses qui
II. méritent d'être développées avec soin. Celle
de *Descartes* est trop universellement connue pour indiquer particulièrement l'Ouvrage qu'on pourroit consulter à cet égard. On trouvera de quoi satisfaire sa curiosité sur celle de *Newton*, dans un excellent Ouvrage de M. *Sigorne*, intitulé, *Institutions Newtoniennes* : elle est encore très-complètement développée dans le Cours de Physique de *Mussenbroek* & dans quantité d'autres Ouvrages modernes. Nous nous bornerons à faire connoître les preuves expérimentales sur lesquelles ces deux opinions sont établies. Parmi la multitude d'expériences qu'on invoque de part & d'autre, nous ne nous arrêterons qu'aux principales, à celles qui paroissent favoriser davantage l'opinion pour laquelle elles militent.



Appareils dont les effets paroissent favoriser l'opinion des Carthésiens sur la cause de la cohésion.

PREMIER APPAREIL.

AU fond d'un vaisseau cylindrique de cristal V , (Pl. II , fig. 3.) , on mastique un plan A B , de métal , de glace , ou de toute autre matiere compacte susceptible d'être bien dressée : ce plan travaillé sur un second C D , doit tellement lui convenir , qu'appliqués l'un sur l'autre ils se touchent sensiblement par tous les points de leurs surfaces : au plan C D , est adaptée une tige E F , qui lui sert de manche.

Deux plans qui adhèrent entre eux par la seule pression d'un fluide extérieur.

Fig. 3.

USAGE

De cet Appareil.

CES deux plans posés l'un sur l'autre ne contractent aucune adhérence sensible tant qu'ils sont plongés dans l'air sans le secours d'aucun autre fluide étranger qui les presse plus fortement à l'extérieur ; mais si on applique le doigt sur le manche E F , pour con-

Planche II. tenir le plan *CD*, sur le plan *AB*, & qu'on verse alors une quantité suffisante de mercure dans le vaisseau *V*, l'adhérence de ces plans deviendra très-sensible, & elle sera d'autant plus forte que la colonne de mercure sera plus haute. Voilà donc, disent les Carthéfiens, une adhérence entre deux corps, occasionnée par la pression d'un fluide extérieur.

SECOND APPAREIL.

Les plans
de Magde-
bourg.

Fig. 4.

FAITES dresser & travailler l'un sur l'autre, deux plans de glace *AB*, *CD*, (Pl. II, fig. 4.) ; ces plans doivent avoir deux pouces ou trente lignes de diamètre & six lignes d'épaisseur : montez-les l'un & l'autre dans un cercle de cuivre traversé par une lame de même métal *ab*, pour y fonder deux crochets *E*, *F*. Il faut qu'ils soient solidement retenus dans leur cercle & par du mastic & par un biseau qui permet à la surface travaillée d'excéder un peu le cercle ; on les suspend lorsqu'on le juge à propos, dans un châssis fait de trois fils de laiton & monté sur une base triangulaire de même matière.

U S A G E

Planche
II.*De cet Appareil.*

AYANT légèrement humecté avec une petite goutte d'eau les deux faces qui doivent se toucher , promenez-les l'une sur l'autre en appuyant modérément dessus pour exclure & la lame d'air qui pourroit être interceptée entre ces plans , & toute portion surabondante d'humidité ; ils adhéreront tellement alors par la pression de l'air extérieur , qu'on ne pourra les séparer qu'avec la plus grande difficulté , en les tirant perpendiculairement à leurs surfaces ; nouvelle preuve , suivant les Carthésiens , que la pression d'un fluide extérieur peut suffire pour unir fortement entre eux , deux corps qui sont en contact & qui sont soumis à toute l'efficacité de cette pression. Mais cette adhérence dépend-elle précisément de cette pression ? C'est ce que le Physicien doit examiner , & il a besoin pour cet effet de la machine pneumatique.

Planche

II.

TROISIEME APPAREIL.

Machine
pneumati-
que.

LA Machine pneumatique est composée d'un corps de pompe, de son piston, d'une platine, d'un canal de communication entre le corps de pompe & les vaisseaux qu'on pose sur la platine, enfin d'un robinet.

Fig. 5.

Le corps de pompe A B, (Pl. II, fig. 5.), est un cylindre de cuivre creux, exactement calibré dans toute sa longueur : dans ce cylindre monte & descend un piston C, fait de plusieurs tranches de liége appliquées les unes sur les autres & recouvertes avec autant de cuirs gras interposés & repliés sur chaque liége. Nous avons été obligés de rendre la pompe transparente pour faire voir le piston. Les tranches de liége dont il est composé sont enfilées & retenues par une vis & un écrou, sur une tige de fer C D, terminée en forme d'étrier, pour qu'on puisse faire descendre le piston avec le pied. D E, est une seconde tige de fer soudée vers la partie inférieure de la première & terminée par une espèce de poignée E F : elle sert à faire remonter le piston qu'on retire de bas en haut avec la main, tandis qu'on dirige cette opération avec le bout du pied, placé au-dessous de l'étrier.

Le robinet de cette machine, que nous re- Planche
présentons séparément (fig. 8.), exige la plus II.
scrupuleuse exactitude ; on lui donne com- Fig. 8.
munément trois pouces de longueur, & on
l'applique le plus près qu'il est possible du
corps de pompe. La clef *ab*, en est la prin-
cipale piece, elle est retenue en place par un
écrou qui se visse à son extrémité *a*, & qui
ferme une plaque de cuivre mince garnie d'un
cuir gras, contre le bord de la douille dans
laquelle il roule.

Cette clef que nous représentons séparé- Fig. 6.
ment (fig. 6.), est percée en deux sens diffé-
rens ; 1°. d'un trou *ab*, perpendiculaire à
son axe & qui sert à établir une communica-
tion entre le corps de pompe & le vaisseau
ou le récipient *G*, (Pl. II, fig. 5.), qu'on Fig. 5.
applique sur la platine de la machine pneu-
matique. 2°. D'un canal oblique *cd*, (fig. 6.), Fig. 6.
qui regne dans l'épaisseur & sur la longueur
de la clef. L'origine *c*, de ce canal étant
tournée du côté du corps de pompe, il éta-
blit une communication entre la capacité de
la pompe & l'air extérieur ; de sorte qu'en
levant le piston on force la colonne d'air qui
vient de s'introduire dans la pompe, à se
porter au-dehors par ce canal ; si on tourne au

Planche II. contraire, l'origine *c* du même canal, de façon qu'elle se porte du côté de la platine, il s'établit alors une communication entre le récipient & l'air extérieur, & c'est par cette voie qu'on reporte de nouvel air sous le récipient.

Fig. 8. L'ouverture extérieure *d*, (figure 8.) ; de ce canal est continuellement bouchée par un soupape *c d* : ce n'est autre chose qu'une espece de coq de cuivre garni d'un cuir gras & poussé par un ressort *e*, contre l'orifice extérieur de la clef ; ce ressort retient cette soupape en situation : l'effort que l'air fait pour s'échapper du corps de pompe, lorsqu'il est poussé par le piston, suffit pour forcer le ressort & soulever la soupape, mais lorsqu'on veut renouveler l'air du récipient ou y introduire une portion de la masse d'air extérieur, il faut presser avec le doigt la queue *c* de la soupape.

La platine *H*, est séparée du robinet par un pilastre *fg*, de cinq à six pouces de hauteur : la partie *f* de ce pilastre, surmonte la platine & excède son plan de six lignes : elle est tarrodée, pour qu'on puisse visser dessus quantité de pieces que nous décrirons ailleurs, dont la base seroit trop petite pour les poser simplement sur la platine : la lon-

gueur du pilastre *fg*, est percée d'un canal de deux lignes ou environ de diametre. Planche II.

Toute la machine est portée sur un pied de bois triangulaire qui doit avoir vingt-quatre à vingt-six pouces de base ; les trois consoles qui paroissent unir la platine à la pompe , servent plus à l'ornement qu'à la solidité de l'appareil.

On doit l'invention de cette machine à *Otto-deguerikue*, Bourguemestre de Magdebourg : elle fut ensuite perfectionnée par *Boyle* & par plusieurs autres célèbres Physiciens. Ceux qui seront curieux de connoître plus particulièrement l'histoire de cette machine & des degrés de perfection par lesquels on l'a successivement amenée à l'état où elle se trouve aujourd'hui , pourront consulter les *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences*.

La bonté de cette machine dépend de l'exactitude avec laquelle elle évacue l'air du récipient , & du temps qu'elle peut contenir le vuide sous ce vaisseau. On juge de ces deux effets en plaçant sous le récipient un petit baromètre tronqué qu'on nomme communément la *jeauge* ou *l'éprouvette de la machine pneumatique*. On peut regarder

Planche II. cette dernière comme très-exacte, lorsqu'elle fait le vuide au point de faire descendre le mercure dans l'éprouvette à une ligne près du niveau, & lorsqu'elle le retient dans cet état pendant l'espace de vingt-quatre heures : il faut néanmoins avoir soin d'évacuer le récipient une seconde fois, une demie heure ou environ, après la première opération, parce qu'il se dégage de l'air qui s'échappe du cuir & qui fait remonter le mercure, sans qu'on puisse s'en prendre à l'imperfection de la machine. On donne différentes formes à ces sortes d'éprouvettes, la suivante est sans contredit la meilleure.

Eprouvette
de la machine
pneumatique.

Fig. 7.

abc, (Pl. II, fig. 7.), est un tube de verre courbé, dont les deux branches, *ab*, *bc*, de trois pouces ou environ de longueur, sont parallèles entre elles; la branche *ab*, est soudée hermétiquement en *a*. On la remplit exactement de mercure qu'on purge d'air par ébullition; on applique ce tube sur une lame de cuivre *AB*, montée verticalement sur un pied creux de même métal *P*, pour poser cet instrument sur le centre de la machine pneumatique. Ce pied est percé d'un trou *o*, celui-ci donne passage à l'air du récipient & lui permet de se porter dans le corps de pompe;

pompe; on tire une ligne du niveau du mercure, pris dans la branche *A b*, & on divise en deux parties égales, la colonne de mercure renfermée dans la branche *b a*, ce qui donne la division *d e*. On divise ensuite la planche en-dessus & en-dessous en parties égales, communément en lignes, mais on a soin de placer cette graduation dans un ordre contraire, comme on peut l'observer dans la figure.

Planche II.

La première division comprise dans l'espace *a e*, indique par lignes la chute de la colonne correspondante de mercure, & la seconde *f d*, marque son élévation progressive dans la seconde branche *b A*.

Plus la machine est exacte, plus la colonne de mercure qui s'élève dans la branche *b A*, s'approche de la ligne *d e*: mais on ne peut jamais l'amener à la hauteur de cette ligne, pour des raisons que nous indiquerons ailleurs.

U S A G E

De la Machine Pneumatique.

L'USAGE de cette machine se connoît facilement d'après ce que nous avons dit de sa construction. Nous observerons ici qu'il faut avoir soin de bien dresser le bord des récipients.

Préparation des vaisseaux dans lesquels on se propose de faire le vuide.

Planche piens , & en général , de tous les vaisseaux
II. dans lesquels on se propose de faire le vuide.

On se sert pour cela d'une plaque de fer plane , sur laquelle on répand du grès ou du sable passé au tamis & modérément mouillé. On fait promener ces vaisseaux circulairement sur le sable , jusqu'à ce qu'il en ait usé les bords & que ceux-ci paroissent porter également sur un plan.

Nécessité d'un cuir mouillé entre le récipient & la platine.

Quelque précaution qu'on ait apporté à dresser ces vaisseaux , quelque plane que soit la platine de la machine , l'air extérieur se feroit encore aisément jour & passeroit librement sous le récipient , si on n'avoit soin d'étendre sur la platine un morceau de peau de mouton passée à l'huile. Il faut choisir cette peau un peu épaisse & de même épaisseur dans son étendue ; elle doit être mollette & bien imbibée d'eau chaque fois qu'on en fait usage.

Maniere de conserver le vuide.

Si on se propose de conserver le vuide pendant quelques jours , il faut verser un peu d'eau sur la platine autour du récipient , deux fois au moins , dans l'espace de vingt-quatre heures , pour conserver l'humidité du cuir. Dès qu'il se dessèche il livre plus ou moins d'accès à l'air extérieur & le vuide en devient d'autant moins parfait.

Il est quantité de circonstances dans lesquelles l'humidité du cuir pourroit nuire au succès de l'expérience : dans ce cas, au lieu de poser le récipient sur un cuir mouillé, on le lutte à la platine avec de la cire molle, dont on fait un cordon autour de ce vaisseau. On se sert pour cela de cette espèce de cire verte dont on fait usage dans les offices pour attacher les cristaux sur des surtouts. Cette méthode d'ailleurs est beaucoup plus exacte que la précédente, & pour faire le vuide & pour le conserver long-temps.

Nous observerons encore qu'on fait le vuide plus promptement & plus exactement lorsqu'on a attention de ne tourner le robinet & de n'ouvrir la communication entre le récipient & le corps de pompe, que lorsque le piston commence à descendre, & mieux même lorsqu'il est déjà descendu d'un pouce ou environ. Un peu d'habitude à manipuler rend cette pratique commode & familière. Revenons à l'expérience des plans de Magdebourg.

QUATRIÈME APPAREIL.

LES plans AB, CD, (Pl. II, fig. 8.), étant unis entr'eux, on suspend au plan in-

C ij

Planche
II.
Autre ma-
niere plus
exacte.

Plans de
Magdebourg
dans le vuide.

Fig. 9.

Planche férieure, un poids G, de huit à dix onces ; on
 I I. attache ensuite les deux plans au crochet du
 châssis H I, & on place le tout sur la platine
 de la machine pneumatique : on recouvre
 cet appareil d'un récipient R.

U S A G E

De cet appareil.

LES choses étant ainsi disposées, on fait
 le vuide avec toute l'exactitude possible, &
 on remarque que les deux plans restent adhé-
 rens ; ce qui prouve manifestement que si la
 pression de l'air extérieur influe sur l'adhé-
 rence de ces plans, elle n'est cependant pas
 la seule cause de ce phénomène.

Nous observerons ici que les plans étant
 de même matière que le récipient, il est fort
 aisé de répondre à la difficulté que les Car-
 thésiens pourroient opposer, en attribuant
 cet effet à la matière subtile qui passe libre-
 ment, suivant eux, par les pores du vaisseau.



PARAGRAPHE SECONDE.

Appareils qui favorisent l'opinion de Newton sur la cause de la cohésion.

IL convient ici, avant toutes choses, que le Physicien développe avec précision ce qu'on doit entendre par *attraction*, quelles Loix elle suit dans les phénomènes qu'elle nous fait observer; & il doit sur-tout faire remarquer que l'attraction n'est, à proprement parler, qu'une loi générale de la nature, en vertu de laquelle toutes les parties de la matière ont une tendance réciproque pour s'unir.

Planche III.

PREMIER APPAREIL.

A & B, (Pl. III, fig. 1.), sont deux balles de moufquet auxquelles on adapte à vis deux crochets de fil de métal *a, b*; on fait, à l'aide d'un instrument bien tranchant, un segment d'une ligne ou environ, de diamètre, sur la surface de chacune de ces balles, & dans la partie opposée aux crochets *a, b*.

Adhérence très-marquée entre deux balles de plomb.

Fig. 1.



Planche
III.

U S A G E

De cet Appareil,

APPLIQUEZ l'un sur l'autre les deux segments, tachez d'en exclure tout fluide interposé, en les faisant mouvoir un peu & en les pressant assez pour que leurs surfaces puissent se toucher immédiatement en plusieurs points. Ces deux balles adhéreront tellement entr'elles, que l'une étant suspendue à un point fixe R, un poids de plus de vingt livres, attaché au crochet de celle de dessous, ne pourra les séparer.

On démontre facilement ici, qu'il doit exister une cause d'adhérence bien différente & bien supérieure à la pression de tout fluide ambiant quelconque. Cette dernière force ne pourroit excéder la pression de deux colonnes de mercure de vingt-huit à vingt-neuf pouces de hauteur, & dont la base seroit égale à l'un des grands cercles de ces balles. Or, il s'en faut étonnamment que cette pression équivale à la force avec laquelle elles adhèrent entr'elles.

Si l'attraction de cohésion se manifeste aussi sensiblement entre deux solides, elle se décelle également entre les liquides.

SECOND APPAREIL.

Planche
III.La balance
du D. Taylor,
Fig. 2.

SUR le milieu d'une tablette A B, (Pl. III, fig. 2.), s'éleve un pilastre creux C D, de huit à dix pouces de hauteur, dans lequel monte & descend une tige de métal *ab*: celle-ci porte la châsse d'une balance E F, extrêmement mobile. Cette balance peut donc s'élever & s'abaisser à volonté; on la fixe à la hauteur qu'on juge convenable par une vis de pression *c*. Le poids P, suspendu au-dessous du bras E, fait équilibre au bassin H, attaché à l'extrémité du bras opposé F. On suspend au-dessous du poids P, un morceau de bois de sapin G, d'un pouce quarré de surface & de cinq à six lignes d'épaisseur, ayant soin auparavant de le bien imbiber d'eau. On place au-dessous de ce morceau de bois, un vaisseau de cristal I, en partie rempli d'eau, & l'appareil est en état.

U S A G E

De cet Appareil.

LA balance étant disposée de manière que le morceau de bois G, soit à un pouce au-dessus ou environ, de la surface de l'eau comprise dans le vaisseau I; on met ce mor-

Planche ceau de bois en équilibre avec un contre-
 III. poids suffisant placé dans le bassin H, & on
 remarque qu'un grain & même moins d'un
 grain en sus, suffit pour rompre l'équilibre
 & faire trébucher ce bassin.

On fait ensuite descendre la tige *ab*, jus-
 qu'à ce que la surface inférieure du morceau
 de bois G, soit tangente à la surface de l'eau
 du vaisseau I : on rétablit l'équilibre & on re-
 marque alors qu'il faut ajouter quarante-huit,
 cinquante & quelquefois même cinquante-
 cinq grains, pour rompre cet équilibre &
 faire trébucher le bassin H, ce qui prouve
 l'attraction mutuelle qu'exercent entre elles
 les gouttes d'eau renfermées dans le bois qui
 en est imbibé, & les molécules correspon-
 dantes du même liquide contenu dans le vais-
 seau I.

On peut ajouter à ces preuves expérimentales nombre d'observations déduites de la figure qu'affectent les gouttes de liqueur sur des plans de densité différente. On peut encore observer la figure qu'elles prennent lorsqu'elles sont très-proches du point de contact; celle qu'elles présentent lorsqu'elles se réunissent & qu'elles se confondent. Ce sont autant d'observations importantes que le Phy-

ficien ne doit point négliger : il les trouvera parfaitement bien décrites dans les Elémens de Physique de *Sgravesande*, & dans les Institutions Newtoniennes de *l'Abbe Sigorne*. Planche III.

L'appareil suivant sert à démontrer cette même attraction entre des solides & des liquides.

TROISIEME APPAREIL.

PREPAREZ le volet d'une fenêtre exposée aux rayons du soleil, de maniere que vous puissiez introduire par une ouverture A, (Pl. III, fig. 3.), pratiquée à ce volet, un rayon de lumiere BC; ayez un guéridon DE, qui porte une lame triangulaire de cuivre D. Appareil de Grimaldi pour démontrer l'attraction entre des solides & des liquides. Fig. 2.

U S A G E

De cet Appareil.

MARQUEZ la trace du rayon solaire lorsque rien ne s'oppose à sa direction naturelle, & vous lui verrez suivre une ligne droite BC, tirée de l'ouverture de la fenêtre, au point où il viendra aboutir dans la Chambre. Recommencez l'expérience, mais en plaçant le guéridon de maniere que la pointe de la lame D, se trouve à une très-petite distance au-

Planche III. dessous de ce rayon dans un des points de son trajet , & vous observerez qu'au lieu d'arriver directement en C , ce rayon sera attiré par la pointe D & se courbera vers F , ce qui prouve l'attraction qu'un solide exerce contre un fluide.

QUATRIEME APPAREIL.

Attraction
manifestée
par la con-
version de
deux liquides
en solide.

AYEZ deux flacons , l'un rempli d'huile de tartre & l'autre d'huile de chaux ; ayez avec cela une petite capsule ou une soucoupe de cristal.

U S A G E

De cet Appareil.

VERSEZ dans la capsule une petite quantité de l'une des deux liqueurs ; versez par-dessus une quantité semblable de l'autre liqueur ; l'une & l'autre très-limpides & très-coulantes : agitez le mélange avec le doigt ou avec une spatule de bois ; vous verrez alors les deux liqueurs se combiner & perdre insensiblement leur liquidité. En continuant de les agiter vous les convertirez en une masse , une espece de pâte suffisamment solide pour prendre & retenir la forme que vous jugerez à propos de lui donner.

On doit expliquer ici la nature des deux liqueurs dont on fait usage ; la précipitation que leur mélange occasionne & la cause de cette précipitation , & rien ne confirme mieux , l'attraction de cohésion , dont il est ici question.

III.

SECTION SECONDE.

Des Appareils nécessaires pour démontrer les propriétés générales des corps.

QU'ENTEND - on par propriétés ? Combien en distingue-t-on d'espèces ? Quelle différence met-on entre les propriétés & les modes des corps ? Ce sont autant de questions que le Physicien doit traiter , avant d'entrer dans le détail des objets que nous nous proposons de considérer dans cette Section.

On range communément parmi les propriétés générales des corps , leur *étendue* , leur *figure* , leur *impénétrabilité* , leur *porosité* , leur *divisibilité* , leur *mobilité* . Chacune de ces propriétés nous fournira la matière d'un Article particulier , à l'exception des deux premiers que nous croyons devoir réunir dans l'Article suivant.

Division de
cette Sect.

Planche
III.

ARTICLE PREMIER.

*Des Appareils propres à démontrer ce quē
concerne l'étendue & la figure des corps.*

De l'éten-
due.

GRAND débat entre les Physiciens sur la nature de l'étendue, sur ce qui la constitue. Fait-elle l'essence des corps? Autre question trop long-temps agitée dans l'Ecole, & faite uniquement pour exercer l'imagination de ceux qui aiment les disputes métaphysiques. Il est cependant important d'exposer succinctement ces questions, & de fixer les idées qu'il convient de s'en former. On peut consulter à ce sujet le Cours de Physique du *D. Desaguilliers*, & les Institutions Newtoniennes de *la Marquise du Châtelet*.

De la fi-
gure.


Toute étendue est bornée & conséquemment figurée; c'est un point sur lequel on est universellement d'accord: mais on ne l'est pas également sur l'espece particulière de figure que chaque être matériel affecte. Les uns admettent des figures similaires, d'autres prétendent qu'elles sont toutes variées dans chaque individu de même espece. C'est sur quoi il convient de consulter l'expérience.

après avoir exposé les raisons sur lesquelles chaque opinion s'appuie. Planche
III.

A P P A R E I L.

L'INSTRUMENT représenté (Pl. III, fig. 4), Microscope
Fig. 4. est un Microscope à trois verres dont nous parlerons plus amplement en traitant de l'Optique. Il est composé d'un corps A, qui renferme trois verres convexes : le premier est de quinze lignes de foyer & se nomme *l'oculaire*, parce qu'il est placé au haut du tube & du côté de l'œil de l'Observateur. Le second s'appelle *l'objectif* ; il porte trente lignes de foyer. Il est placé à la somme de la distance de son foyer & de celui de l'oculaire. Le troisieme est un verre lenticulaire d'un très-court foyer ; on en fait ordinairement depuis une ligne jusqu'à six, & on les pose au bas du tube à une distance plus ou moins éloignée de l'objectif, suivant la proportion qui paroît la plus convenable. L'effet de ces trois verres consiste à augmenter d'une manière très-sensible, les dimensions des objets placés au foyer de la lentille.

Le corps de l'instrument est monté à vis dans une lame de cuivre B, solidement fixée sur la tige EF : celle-ci glisse le long de la

Planche tige C D. Elles sont l'une & l'autre renfer-
 III.  mées en partie dans une petite caisse O P.

Au-dessus de cette caisse on remarque une platine G, fixée à angles droits à la tige C D : cette platine percée à son centre, reçoit une cage *d*, (fig. 5.), dans laquelle on glisse les porte-objets.

Fig. 5.

Ces objets sont éclairés par un miroir de réflexion M, qu'on dispose sous un angle de quarante-cinq degrés, & de manière que la lumière qu'il reçoit soit réfléchië sur l'objet qu'on veut observer, & que nous supposons transparent. On ajoute communément à cet

Fig. 4.

instrument deux autres pieces T & V, (fig. 4.). La première est une loupe destinée à réfléchir la lumière sur les objets opaques qu'on veut examiner. La seconde est une pince faite pour saisir des insectes & autres objets de cette espece, & les contenir sous la lentille.

Lorsqu'on veut mettre ces objets à la distance convenable de la lentille, on fait monter ou descendre le corps A de l'instrument : celui-ci est susceptible de deux mouvemens : l'un prompt & l'autre lent. Le mouvement prompt s'exécute en desserrant la vis *e*, qui fixe la bride I, sur la longueur des tiges. Dans ce cas, on fait monter ou descendre libre-

ment la tige E F , & le mouvement de cette Planche
 tige entraîne celui du microscope. Lorsqu'on III.
 commence à distinguer l'objet , on acheve
 de mettre l'instrument au point où il doit
 être en faisant usage de la vis de rappel K.
 Pour cela on ferre la vis e : on fixe la bride I
 sur la tige C D & on fait tourner la vis K à
 droite ou à gauche. Elle communique un mou-
 vement lent au corps de l'instrument , qui
 monte ou qui descend , jusqu'à ce que l'ob-
 jet soit parfaitement distinct ou tranché.

S'il est des corps sur la figure desquels il
 peut rester quelque incertitude , ce sont sans
 contredit les cristallisations des sels ; leur
 figure passe assez généralement pour similaire.
 Ce sont donc ceux-ci qu'il convient de sou-
 mettre à l'expérience.

U S A G E

De cet Appareil.

FAITES dissoudre à froid ou à chaud , sui- Observations
sur les cristal-
lisations des
sels.
 vant la qualité du sel dont vous ferez usage ;
 faites, dis-je, dissoudre dans autant de vais-
 seaux particuliers , quelques grains de sel de
 différentes especes , & dans une quantité suf-
 fisante d'eau distillée. On prend par préfé-

Planche III. rence de l'eau distillée , parce qu'elle doit être purgée , autant qu'il est possible , de tout corps étranger qui pourroit , par son mélange , altérer la forme des cristallisations.

Fig. 6. Prenez avec le bec d'une plume quelques gouttes de ces dissolutions ; étendez-les sur des lames de verre A B , (Pl. III , fig. 6.) , bien nettes & bien transparentes , placez-les horizontalement sur une table & laissez-les dans cet état jusqu'à ce que l'eau qui sert de véhicule aux parties salines , ait eu le temps de s'évaporer. Ces parties seront alors rapprochées & formeront sur ces lames des cristallisations particulières.

Fig. 5. Placez-séparément chacune de ces lames dans la cage *d*, (fig. 5.) & de-là sous la lentille du microscope, mais choisissez une lentille qui grossisse peu. Je me sers assez ordinairement pour cette expérience , d'une lentille de cinq lignes de foyer. Disposez le miroir de réflexion M (fig. 4), de manière que l'objet soit parfaitement éclairé , sans cependant l'être trop ; ce qui occasionneroit des iris. On évite cet inconvénient en diminuant l'ouverture par laquelle la lumière parvient à l'objet. On la diminue à l'aide d'un modérateur qui se met au-dessous & qui tient à la cage *d* : on

le voit en R, (fig. 5.) détaché du microscope & Planche
de la cage. III.

Les choses étant ainsi disposées & la lentille de l'instrument étant placée à son foyer, on observe que chaque espèce de sel affecte une forme particulière dans sa cristallisation ; & on remarque que quoique chaque espèce de sel ait une cristallisation dont la forme paroît constante & similaire, au premier aspect, la lentille y fait néanmoins découvrir des différences très-sensibles.

Fig. 5.

En réfléchissant sur la diversité des formes que chaque cristallisation affecte, le Physicien peut expliquer facilement le mécanisme des sensations que les substances salines excitent. Il peut démontrer aisément que la diversité de ces sensations dépend particulièrement du mélange des substances sapides & qu'on peut varier leur action sur l'organe du goût, en émoussant plus ou moins leurs pointes ou leurs angles : (consultez à ce sujet nos *Leçons de Physique Expérimentale*) un mélange fait avec deux parties d'esprit-de-vin & une partie d'acide nitreux, démontre cette vérité d'une manière satisfaisante.

Applications
au mécanisme
du goût.

Planche
IV.

ARTICLE SECOND.

*Des Appareils propres à démontrer
l'impénétrabilité des Corps.*

L'ÉTENDUE matérielle ou l'étendue des corps oppose toujours une résistance plus ou moins marquée, & cette résistance occasionne l'impénétrabilité : elle fait qu'un corps occupant un espace, en exclut tout autre corps qui voudroit s'en emparer. On démontre cette vérité par voie d'analogie, en faisant observer que l'air qui paroît le moins impénétrable, jouit cependant très-complètement de cette propriété.

PREMIER APPAREIL.

Appareil
propre à dé-
montrer l'im-
pénétrabilité
de l'air.

Fig. 1.

AB, (Pl. IV, fig. 1.), est un vaisseau de cristal d'un pied ou environ de profondeur, & rempli d'eau jusqu'aux trois quarts de sa capacité. On pose sur la surface de cette eau une tranche de liege C, sur laquelle on attache un petit morceau de bougie allumée, de façon que le tout soit spécifiquement moins pesant que l'eau & conséquemment surnage. On allume la bougie & on recouvre l'appareil

d'un vaisseau cylindrique D E, fermé par le Planche
haut. IV.

U S A G E

De cet Appareil.

SI on plonge le vaisseau D E jusqu'au fond *ab* du grand vase A B, la tranche de liege C, descend à proportion de l'immersion, & la bougie reste allumée. L'eau ne s'éleve donc point dans le vaisseau D E, par la résistance qu'elle éprouve à son élévation, de la part de l'air renfermé dans la capacité de ce vaisseau. L'air est donc impénétrable.

Il est cependant important de considérer ici la compressibilité de l'air, & de faire observer que, quoiqu'impénétrable, ce fluide cède néanmoins jusqu'à un certain point à l'effort de l'eau : qu'il se condense vers la voûte du vaisseau, & qu'il abandonne à l'eau qui tend à s'y élever, une portion de l'espace qu'il occupe. De-là le défaut de la cloche du plongeur qu'il convient de décrire ici, & qui mérite malgré cela d'être connue. On peut encore consulter à ce sujet, nos *Leçons de Physique expérimentale.*

Observation
sur la com-
pressibilité de
l'air.

Planche
IV.

SECOND APPAREIL.

Autre Appareil propre au même effet.

Fig. 2.

A, (Pl. IV, fig. 2.), est un entonnoir de cristal exactement mastiqué au goulot C d'un flacon ou d'une bouteille B. La jonction de ces deux vaisseaux est tellement formée en C, que l'air ne peut s'insinuer par cet espace.

U S A G E

De cet Appareil.

VERSEZ brusquement de l'eau dans l'entonnoir, afin d'en engorger la queue. Cet orifice étant obstrué, l'air de la bouteille B ne pourra s'échapper, & il résistera efficacement à l'eau, malgré l'effort qu'elle fera pour s'introduire dans la capacité de ce dernier vaisseau.

Pour peu qu'on réfléchisse sur les deux expériences que nous venons de rapporter, on verra manifestement que l'air est impénétrable, & conséquemment que cette propriété convient à tous les corps. Il reste donc au Physicien à rendre raison de quantité de phénomènes qu'on observe, & qu'on seroit tenté de regarder comme autant de pénétrations de la matière. Ces phénomènes s'expliquent

Pénétrations apparentes.

aifément lorsqu'on considère la multitude Planche.
prodigieuse de pores qui se trouvent répan- IV.
dus entre les parties intégrantes de tous les
mixtes, & qui vont faire l'objet de l'Article
suivant.

ARTICLE TROISIEME.

*Des Appareils propres à démontrer la
porosité des Corps.*

Tous les corps sont poreux ; la porosité est une propriété aussi universelle que la précédente, & dont on constate également l'existence par voie d'analogie, en examinant séparément différens corps pris indistinctement dans les trois regnes de la nature.

Il conviendrait ici qu'avant de procéder à la démonstration de la vérité qu'on se propose d'établir, le Physicien fit quelques observations sur la constitution des corps : qu'il fit connoître ce qu'on entend par leur volume, leur masse, leur densité absolue & respective, leur rareté, &c.

Planche
IV.

PREMIER APPAREIL.

Appareil propre à démontrer la porosité des substances animales.

Fig. 3.

A, (Pl. IV, fig. 3.), est un bassin de cristal beaucoup plus large que profond. B C, est un morceau de peau quelconque, on prend cependant ordinairement un morceau de peau de mouton passée en huile; elle est plus commune & très-propre à cet effet. Elle est reployée sur elle-même pour contenir deux onces ou environ de mercure: on la lie avec une ficelle & on en forme une espèce de nouet.

U S A G E

De cet appareil.

SAISISSEZ ce nouet d'une main & à une distance assez élevée au-dessus du bassin A, pressez-le de l'autre main. Le mercure cédant à la compression que vous lui ferez éprouver, se fera jour à travers la peau, sortira par ses pores & tombera dans le bassin sous la forme d'une pluie d'argent.

En considérant attentivement la quantité prodigieuse de globules de mercure qui se tamisent dans une petite étendue de la surface de cette peau, on peut juger jusqu'à un certain point, de la multitude innombrable de

pores qui se trouvent disséminés sur la surface d'une peau animale quelconque ; puisque toutes feroient observer le même phénomène. Cette expérience doit donc naturellement conduire le Physicien à parler de la transpiration insensible , qui est une des plus importantes fonctions de l'économie animale. Il doit particulièrement s'attacher à considérer la quantité de cette évacuation , les variétés qu'elle éprouve en quantité de circonstances , les effets qui en résultent & la nécessité indispensable de cette fonction. Nous en avons donné une idée suffisamment étendue dans nos *Leçons sur l'économie animale*.
Tome 2.

Planche
IV.

De la transpiration cutanée.

SECOND APPAREIL.

S, (Pl. IV, fig. 4.) est un petit support de bois placé sur la platine de la machine pneumatique , sur lequel on établit un vaisseau cylindrique de cristal A. On renferme dans celui-ci un œuf de poule B, on le remplit d'eau & on le recouvre d'un récipient R.

Autre Appareil destiné au même usage.

5^e.

Fig. 4.

U S A G E

De cet Appareil.

F A I T E S le vuide sous le récipient R, & vous observerez qu'à proportion que vous ferez agir la pompe, l'air compris dans l'œuf s'échappera par une multitude de pores répandus sur sa surface. Cet air s'élevera sous la forme de petits globules à travers la masse d'eau, & viendra se développer sous le récipient R. L'expérience réussit beaucoup mieux, lorsque l'œuf est un peu vieux, parce qu'il contient alors une plus grande quantité d'air qui prend la place de la partie laiteuse à mesure qu'elle se dissipe.

Il est nombre de circonstances où il seroit avantageux & même important, de conserver les œufs frais pendant long-temps.

Le Physicien ne doit point ignorer les différens moyens qu'on a imaginés & qu'on a mis en pratique à cet effet, l'expérience précédente leur donne lieu d'en parler, & il ne peut trop recommander la pratique de *M. de Reaumur*: nous l'avons décrite dans nos *Leçons de Physique expérimentale*.

TROISIEME APPAREIL.

Planche
IV.

A B, (Pl. IV, fig. 5.) est un flacon ou une bouteille dont le cul est renforcé & le bord C B, usé de maniere qu'elle peut s'appliquer exactement sur la platine de la machine pneumatique & y faire l'office d'un récipient. Cette bouteille est percée à son fond & on a mastiqué à cette ouverture, un tube D E, ouvert à ses deux extrémités. Ce tube est destiné à établir une communication entre l'intérieur de la bouteille & le corps de pompe de la machine pneumatique ; il empêche en même temps que l'eau dont la bouteille doit être en partie remplie, ne s'écoule par l'ouverture faite au fond de ce vaisseau.

Appareil propre à démontrer la porosité des substances végétales.

Au col du même vaisseau est adapté & exactement mastiqué, une virole de métal F, par l'ouverture de laquelle on introduit dans la bouteille une substance végétale G H, telle qu'une branche d'arbre, une tige de plante, &c. Il faut avoir soin surtout que cette substance soit elle-même exactement mastiquée à l'ouverture par laquelle elle passe dans le vaisseau, & que l'air extérieur ne puisse s'y introduire par cet orifice. On se sert com-

Planche
IV.

modément à cet effet , de cire molle , dont on remplit en partie la virole F. On renverse cet appareil & on fait passer de l'eau dans la bouteille par le canal D E : elle doit être remplie jusqu'à l'origine E de ce canal.

U S A G E

De cet Appareil.

ON pose le flacon A B sur le cuir de la machine pneumatique , & on fait agir la pompe ; l'air compris dans la partie supérieure de ce vaisseau s'évacue , & celui qui est renfermé dans la substance végétale cédant à son expansion , se dégage & se fait jour à travers les pores de cette substance , d'où il s'élançe dans la masse d'eau , sous la forme de petits globules. On voit donc les pores dont cette substance est remplie.

Au défaut de cet appareil on peut se contenter d'attacher avec de la cire molle , au fond d'un vaisseau cylindrique semblable à celui de la figure 4 , les substances végétales qu'on veut soumettre à l'expérience , & on les traite alors de la même manière que l'œuf dont nous venons de parler. C'est ainsi qu'on procède lorsqu'on veut constater la porosité des coquilles d'une noix.

L'expérience de l'encre de sympathie peut encore trouver ici sa place. Elle se fait en écrivant sur du papier blanc avec une dissolution de sel de saturne ; l'écriture disparaît dès que le papier est sec. Ce papier mis entre les premiers feuillets d'un livre, si on verse sur les derniers quelques gouttes d'une dissolution de chaux vive & d'orpiment rouge, & qu'on mette ensuite le livre en presse pendant quelques momens, l'évaporation de cette dernière liqueur colore l'écriture & la fait reparoître.

Planche
IV.

Encre de
sympathie.

QUATRIÈME APPAREIL.

AYEZ plusieurs vaisseaux de cristal semblables à celui qui est représenté par A. B, (Pl. IV, fig. 6.) ; ce sont des especes de verres dont la coupe a huit à dix pouces de profondeur, pour empêcher que les matieres qu'on y met en dissolution ne s'épanchent lorsqu'elles se tuméfient & qu'elles s'élevent vers le haut du vaisseau.

Appareil
propre à démontrer la
porosité des
substances mi-
nérales.

Fig. 6.

Planche
IV.

U S A G E

De cet Appareil.

METTEZ dans l'un de ces vaisseaux un gros de limaille de fer ; mettez dans un autre même poids de limaille ou de raclure de cuivre rouge. Versez dans l'un & dans l'autre quatre gros ou environ d'acide nitreux ; vous observerez aussitôt une violente effervescence, une forte ébullition, accompagnées de vapeurs très-épaisses , & en peu de temps les métaux feront dissous & répandus dans leur dissolvant. Ils sont donc poreux , puisqu'ils donnent accès à ce dissolvant.

Observations
sur les dissolu-
tions.

Cette expérience offre nombre de phénomènes tous également propres à satisfaire la curiosité du Physicien. Quelle est la cause immédiate de la dissolution d'un métal ? Comment arrive-t-il que les métaux , quoique spécifiquement plus pesants que leur dissolvant , y demeurent cependant suspendus ? Pourquoi tous les métaux ne se dissolvent-ils pas également dans le même dissolvant ? Pourquoi , par exemple , celui qui dissout très-bien l'or , ne peut-il également dissoudre l'argent & réciproquement ? Comment se fait-il qu'un dissolvant saturé d'un métal , en attaque encore

un autre plus facile à dissoudre, & abandonne souvent le premier sur la surface de celui qu'on lui présente ensuite ? Tous ces effets dépendent d'une théorie particulière qu'on connoît en Chymie sous le nom de *Théorie des affinités*, dont nous donnerons une légère idée. Planche IV.—

A P P E N D I X

Des Appareils propres à démontrer la Théorie des affinités.

AFFINITÉ en Chymie, ou *attraction de cohésion* en Physique, sont deux expressions tout-à-fait synonymes, & si le Chymiste distingue différentes especes d'affinités, il ne prétend pas pour cela assigner autant de causes particulières, mais bien une diversité d'effets tous dépendans de la même cause, différemment modifiée; & le Physicien ne peut trop insister sur ces différences qui répandent le plus beau jour sur une théorie des plus importantes. Il doit distinguer d'abord avec soin, *l'affinité d'aggrégation*, de *l'affinité de composition*.

La première a lieu entre les parties simi- Affinité d'aggrégation.

Planches d'une même substance, elle fait observer une cohésion beaucoup plus forte entre les parties qui se réunissent.

IV.

Affinités de composition.

La seconde se fait également remarquer ; mais avec moins d'intensité entre des parties hétérogènes qui concourent à la formation d'un mixte.

Dans ce dernier cas, il convient d'étudier les propriétés du mixte qui résulte de l'union de ces principes hétérogènes, & d'observer qu'elles participent pour l'ordinaire, & qu'elles tiennent le milieu entre celles de chacun des principes hétérogènes.

PREMIER. APPAREIL.

Appareil pour démontrer que les propriétés d'un mixte participent à celles de chacun de ses principes.

UN vaisseau A B, (Pl. IV, fig. 6.), un flacon rempli d'acide nitreux, une once de marbre blanc pulvérisé, suffisent à l'opération suivante.

USAGE

Fig. 6.

De cet Appareil.

LA poudre de marbre mise dans le vaisseau A B, on verse par-dessus & à plusieurs reprises, quatre onces d'acide nitreux. Il se fait d'abord une forte effervescence, une ébullition très-marquée. Laissez calmer ces

mouvements & examinez ensuite les qualités du mélange, vous le trouverez modérément salé, un peu amer & légèrement piquant, l'odeur en fera pareillement affoiblie. Or, les principes de ce mixte sont la poudre de marbre qui ne porte ni odeur ni saveur, & l'acide nitreux qui répand une odeur extrêmement forte, & dont la saveur est très-piquante & même corrosive.

L'alliage des métaux produit des phénomènes semblables, & offre au Physicien une multitude d'observations très-importantes.

Lorsqu'on combine ensemble trois principes ou trois substances, parmi lesquelles il s'en trouve une qui n'a d'affinité qu'avec l'une des deux autres, mais que cette affinité est égale à celle que ces deux dernières ont entre elles; la combinaison des trois a lieu, & c'est ce phénomène que les Chymistes désignent sous le nom d'*affinité d'interméde*.

Affinité d'interméde.

Le soufre, par exemple, n'a aucune affinité & ne peut s'unir immédiatement avec l'eau, mais ajoutez à l'eau de l'alkali fixe, cette dernière substance ayant à-peu-près le même degré d'affinité avec l'eau qu'avec le soufre, elle leur servira d'interméde. Les trois substances se combineront alors, & il en

Planche réfultera un mixte qu'on connoît sous le nom
 IV. de *foye de soufre*.

Affinité de
 précipitation

Deux substances étant combinées, si on leur présente une troisieme qui n'ait que très-peu d'affinité avec l'une des deux premieres, mais dont l'affinité avec l'autre soit supérieure à celle qui unit les deux premieres, il se formera alors une décomposition & une nouvelle composition. La troisieme se combinera avec celle des deux avec laquelle elle aura une forte affinité, & l'union entre les deux premieres sera détruite en même temps. Ce phénomène est connu en Chymie sous le nom de *précipitation*; c'est un des plus importants à connoître, & qu'on peut facilement démontrer par le procédé suivant.

SECOND APPAREIL.

Appareil
 d'une précipitation
 chymique; l'Arbre de Diane.

FAITES à froid un amalgame de quatre gros d'argent en feuilles & de deux gros de mercure; faites dissoudre cet amalgame dans quatre onces d'acide nitreux bien pur & médiocrement concentré; étendez cette dissolution dans une livre & demie d'eau distillée; gardez cette liqueur dans un flacon bien bouché.

Faites

Faites encore un nouvel amalgame de Planche
mercure & d'argent , mais dans lequel le I V.
mercure domine au point que cet amalgame
soit mou & maniable comme du beurre.

U S A G E

De cet Appareil.

METTEZ gros comme une lentille de cet
amalgame dans un verre bien conique A B ,
(Pl. IV, fig. 7.) ; versez par-dessus trois onces Fig. 7.
ou environ de la liqueur dont nous venons
de parler ; posez le verre sur une table &
laissez-le en cet état : l'acide nitreux dissou-
dra le mercure qui domine dans le petit bou-
ton d'amalgame ; l'argent compris dans
la dissolution se précipitera , s'attachera sur
ce bouton métallique & s'y élèvera sous la
forme de petits rameaux d'argent qui conser-
veront leur brillant métallique. Deux phéno-
menes curieux & faciles à expliquer dans la
théorie des affinités.



Planche
IV.

ARTICLE QUATRIEME.

Des Appareils propres à démontrer la prodigieuse divisibilité des corps.

TOUT corps est divisible , mais jusqu'à quel point est-il divisible ? C'est une question purement métaphysique dont nous abandonnons la solution à ceux qui aiment ces sortes de paradoxes.

Il est cependant important au Physicien d'approfondir une question aussi long-temps agitée dans l'Ecole. Il pourra consulter à ce sujet ; *les Théoremes de Keil* ; il y trouvera les démonstrations les plus solides en faveur de la divisibilité de la matiere à l'infini. Il pourra consulter encore une Lettre de M. l'Abbé *Deidier* , intitulée , *Lettre d'un Abbé sur la divisibilité de la matiere*. Nous nous bornerons à démontrer seulement que la matiere est susceptible d'un nombre prodigieux de divisions , & nous produirons les moyens propres à constater cette importante vérité.

PREMIER APPAREIL.

Planche
IV.

AB, (Pl. IV, fig. 8.), est un grand vaisseau de cristal propre à contenir dix à douze livres d'eau ; ayez outre cela , le poids d'un grain de carmin & un verre ordinaire.

Prodigieuse divisibilité de la matière démontrée par les dissolutions.

Fig. 8.

USAGE

De cet Appareil.

METTEZ la petite dose de carmin au fond du verre ; versez par-dessus quelques gouttes d'eau & délayez le corps colorant avec le bout du doigt ; versez encore quelques gouttes d'eau & continuez à délayer le carmin jusqu'à ce qu'il soit parfaitement étendu dans l'eau & que vous ne sentiez plus de petites molécules sous le doigt : achevez de remplir le verre & continuez à étendre le carmin. Jetez alors cette teinture dans le vase AB, qui sera rempli d'eau ; ayez encore soin de bien remuer toute la masse , pour que la teinture s'y distribue uniformément , & l'eau deviendra sensiblement colorée. Calculez ensuite le poids de cette masse d'eau ; réduisez-la en grains ; comparez ce dernier nombre à celui qui exprime le poids du corps

E ij

Planche colorant, & vous aurez une idée assez ap-
 IV. prochante de la division du carmin ; division
 que vous pourrez doubler en ajoutant une nou-
 velle masse d'eau semblable à la précédente ,
 puisqu'elle sera encore suffisamment teinte
 pour qu'on s'en apperçoive.

La dissolution d'un grain pesant de coche-
 nille dans suffisante quantité d'huile de tartre ,
 le même poids de limaille de cuivre rouge
 dissous dans de l'esprit volatil de sel ammo-
 niac , vous feront observer un semblable phé-
 nomene si vous jetez ces dissolutions dans
 des vases de même grandeur que le précé-
 dent , mais remplis d'eau distillée : cette der-
 niere condition est indispensable pour éviter
 les précipitations qui auroient lieu & qui al-
 téreroient les couleurs qu'on doit observer
 si on se servoit d'eau ordinaire.

SECOND APPAREIL.

Même vé-
 rité démon-
 trée par les
 évaporations.

Fig. 9.

A , (Pl. IV , fig. 9.) , est un petit vais-
 seau de métal rempli d'esprit-de-vin , & dans
 lequel on met un porte-mèche H , garni de
 quelques brins de coton imbibés de la même
 liqueur. CF & ED , sont deux tiges de mé-
 tal qui s'élevent au-dessus du vaisseau A : elles
 sont garnies intérieurement & vers le haut ,

de lames à ressort surmontées de deux petites Planche
rosettes en forme de coquilles , entre les- IV.
quelles on place une éolipile de verre G.

U S A G E

De cet Appareil.

REMP LISSEZ l'éolipile G , jusqu'aux deux
tiers ou environ de sa capacité, d'une liqueur
odorante ; on prend communément pour
cela, de l'esprit recteur de lavande , & on
procède de cette maniere.

La lampe A étant allumée , on fait chauf-
fer modérément au-dessus de sa flamme ,
l'éolipile G ; dont on plonge ensuite le bec I,
dans la liqueur qu'on se propose d'y intro-
duire : il y en entre quelques gouttes seule-
ment , & cette petite quantité suffit. On fait
alors chauffer cette éolipile au point de ré-
duire en vapeurs la liqueur qui s'y est intro-
duite , & lorsqu'elle est en cet état , on
plonge brusquement le bec de l'éolipile dans
la liqueur odorante ; elle y entre brusque-
ment & on retire l'éolipile lorsqu'elle paroît
suffisamment remplie.

Ce procédé est fondé sur l'extrême dila-
tabilité des vapeurs comparée à celle de l'air ;

Planche phénomène important à connoître , & que
 IV. le Physicien doit développer. On remet alors
 l'éolipile sur la lampe ; la liqueur s'échauffe ;
 sa chaleur augmente jusqu'à l'ébullition ; elle
 se réduit en vapeurs. Celles-ci se répandant
 dans toute la masse d'air qui remplit la salle
 où l'on fait l'expérience , elles parfument cette
 masse au point que l'odeur de la lavande se
 fait sentir dans tous les endroits de cette salle
 où l'on veut en faire l'épreuve.

Or , en considérant l'étendue de la masse
 d'air parfumée , & la comparant à la quan-
 tité d'évaporation qui a eu lieu pour cet effet ,
 on juge facilement de la prodigieuse ténuité
 des parties odorantes.

Observation
 sur la manière
 de connoître
 le résultat de
 cette expé-
 rience.

Pour faire ce calcul avec l'exactitude dont
 il est susceptible , il faut avant l'évaporation ,
 s'assurer du poids de la castolette & de la
 liqueur dont elle est remplie , la repérer en-
 suite après l'expérience ; pour connoître le
 déchet occasionné par l'évaporation : obser-
 ver autant qu'il est possible , le rapport des
 parties odorantes à la quantité de liqueur
 évaporée qui leur servoit de véhicule ; mesu-
 rer les dimensions de la salle & les réduire
 en lignes cubiques , afin que multipliées en-
 suite les unes par les autres , on puisse con-

noître la quantité de lignes cubiques d'air qui se trouvent imprégnées de l'odeur de la lavande. Planche
IV.

Nous abandonnons ici nombre d'observations qui pourroient toutes également confirmer la prodigieuse divisibilité de la matière, telles sont celles qu'on peut faire sur la ductilité des métaux, considérée dans les procédés du Batteur & du Tireur d'or; les observations microscopiques qui offrent une multitude étonnante & variée de phénomènes dignes de l'attention du Physicien. Nous les avons décrites dans nos *Leçons de Physique expérimentale*.

ARTICLE CINQUIÈME.

Des Appareils concernant la mobilité des corps & leur prétendue force d'inertie.

IL n'est aucun corps qu'on ne puisse faire passer d'un lieu dans un autre, & conséquemment qui ne soit mobile. Nous ne nous occuperons point ici à constater cette propriété dans les corps, mais bien à examiner quelles sont les circonstances qui influent sur leur mobilité, & qui les rendent plus mobiles les uns que les autres.

Planche
IV.

On conçoit trop aisément de quelle manière la figure , la masse , le volume & le plus ou le moins d'aspérités sur la surface des corps , peuvent apporter quelque changement à leur mobilité , pour insister sur ces objets que le Physicien doit cependant considérer avec attention. Nous ne nous occuperons que du seul obstacle à la mobilité qui fit naître , vers la fin du siècle dernier , une dispute sur laquelle les sentimens sont encore partagés.

Lorsqu'on considère la mobilité d'un corps qui se meut dans le vuide , on conçoit que quoique tout obstacle soit éloigné , ce corps est cependant d'autant moins mobile de quelque sens qu'on veuille le mouvoir , qu'il porte plus de masse avec lui. La masse opposeroit-elle donc une résistance réelle au mouvement ? Seroit-il donc vrai de dire qu'il existeroit dans la nature une véritable *force d'inertie* ? C'est-à-dire , que la matiere feroit éprouver à la puissance qui tendroit à la déplacer , une résistance différente de celle qui vient de la pesanteur , dont nous parlerons amplement ailleurs , & qui tend constamment à porter les corps sublunaires vers le centre de notre globe ? C'est une grande question que le Physicien doit mettre dans tout son jour.

PREMIER APPAREIL.

Planche
V.

C, C, C, (Pl. V, fig. 1.), font des points fixes auxquels on suspend deux billes de matière non élastique; deux billes de plomb, par exemple, égales en masse. On remarque derrière ces billes un arc gradué DE, dont les divisions sont égales & disposées de façon que l'origine de chaque division répond de part & d'autre au centre de chacune des billes. Si on ne veut point multiplier les appareils, on peut se servir pour cette expérience, de celui de *Mariotte*, que nous décrirons plus bas.

Appareil de
Newton.

Fig. 12

U S A G E

De cet Appareil.

ÉLEVEZ l'une des deux billes, supposons la bille B, jusqu'à une certaine graduation, supposons la seconde; abandonnez-la à elle-même: elle viendra choquer la bille A, & l'une & l'autre ne remonteront après le choc, que jusqu'à la première graduation en sens contraire.

C'est d'après cette expérience que *Newton* admet une résistance réelle dans la matière, différente de celle qui naît de la pesanteur, & il prétend que sans cette résistance les deux

Planche V. billes devroient se mouvoir après le choc avec une vitesse égale à celle de la bille choquante avant le choc.

SECOND APPAREIL.

Appareil de
l'Abbé Nol-
let.

Fig. 2.

SUR une tablette *CF*, (Pl. V, fig. 2.), s'élevent deux montans de cinq à six pieds de hauteur *GL* & *IK*, retenus par une traverse *MN*, évidée dans le milieu pour recevoir deux billes d'ivoire *A* & *B*, qu'on attache & qu'on retient l'une à l'autre avec un peu de cire molle.

Le marteau *D*, de même matiere que les billes, est mobile sur sa queue *b*, & peut s'élever à une hauteur plus ou moins grande, par une espece de ressort *R*, auquel est attaché un fil *eH*, qui passe sur une poulie *Q*.

USAGE

De cet Appareil.

En retirant le cordon *eH*, on lâche le ressort, la tête du marteau frappe la bille *B*; elle se détache de la bille *A*: l'une & l'autre tombent sur la tablette *CF*, mais la bille *B* précède la bille *A*.

L'Abbé *Nollet* conclud de cette expé-

rience , que la force qu'on a été obligé d'em- **Planche**
prunter du marteau pour accélérer la chute **V.**
de la bille B , & lui faire dévancer la bille A ,
est une nouvelle preuve de la résistance que
la matiere oppose à son mouvement & con-
séquentemnt de la force d'inertie reconnue
par *Newton* & par plusieurs célèbres Phy-
siciens.

En réfléchissant sur ces expériences , il est
aisé de démontrer que ni l'une ni l'autre ne
prouvent qu'il existe une force réelle dans la
matiere , par laquelle cette matiere résiste au
mouvement qu'on veut lui imprimer , ou à
l'accroissement qu'on veut faire prendre à sa
vitesse lorsqu'on la suppose en mouvement.
Elles prouvent seulement que le mouvement
est le produit d'une force qu'on imprime à
la matiere pour la retirer de l'état de repos
dans lequel on la faisoit , & que tout effet
étant proportionné à sa cause , cette force
doit être d'autant plus grande , qu'on se pro-
pose d'imprimer plus de mouvement au corps
qu'on veut mouvoir.



Planche
V.

SECTION TROISIEME.

*Des Appareils pour les expériences
du mouvement.*

Idee du mou-
vement.

LE mouvement est un des principaux modes de la matiere, dont le repos n'est que la simple privation, quoiqu'également un mode du même sujet. Au défaut d'une définition plus exacte, les Physiciens regardent le mouvement comme le transport d'un mobile qui passe d'un lieu dans un autre, & ils le distinguent en trois especes; *uniforme* lorsqu'il fait parcourir au mobile, des espaces égaux en temps égaux. *Non uniforme*, lorsque les espaces parcourus dans le même temps sont inégaux. *Mixte*, lorsqu'il participe aux deux précédentes especes.

Ses especes.

Le mouvement uniforme peut être *simple* ou *composé*: il est simple lorsque le mobile n'est animé que par une seule puissance ou par plusieurs qui le sollicitent vers un même point. Composé, lorsque les puissances qui le maîtrisent tendent à le porter vers différents points, non cependant diamétralement opposés.

On considère dans le mouvement simple Planche V.
la *vitesse*, exprimée par l'espace parcouru dans un temps donné. La *force* ou la *quantité de mouvement*, qui est comme le produit de la masse, par la vitesse & les loix auxquelles le mobile est astreint dans son mouvement. Ce sont autant de considérations particulières qui méritent toute l'attention du Physicien, & que nous avons développées dans nos *Leçons de Physique expérimentale*.

On démontre en Physique, qu'un corps mis en mouvement par une force donnée, doit persévérer dans cet état, avec la même vitesse & suivant la même direction, jusqu'à ce qu'une cause étrangère apporte quelque changement à cet état. On démontre pareillement que soumis à l'action simultanée de plusieurs puissances, un mobile se prête en même temps à l'effort de chacune de ces puissances. On démontre encore qu'un corps mis en mouvement communique une partie de la force qu'il a reçue à d'autres corps qu'il rencontre sur son passage. On démontre qu'il existe dans la nature des obstacles qui s'opposent à la perpétuité du mouvement, qui altèrent la vitesse & même quelquefois la direction du mobile. On démontre outre

Planche V. cela, que tout corps est naturellement soumis à l'effort d'une force particulière qui le sollicite vers un centre, & qu'abandonné à lui-même, il obéit constamment à cette force. On démontre enfin, qu'il en existe une autre en certaines circonstances, qui tend à l'éloigner de ce centre. Nous traiterons donc 1^o, des Appareils du mouvement composé; 2^o, de ceux dont on fait usage pour démontrer les loix de la communication du mouvement. 3^o. De ceux dont on se sert pour vérifier les loix du mouvement réfléchi. 4^o. Des Appareils qui font connoître les obstacles à la perpétuité du mouvement. 5^o. De ceux qui démontrent les loix du mouvement réfracté. 6^o. De ceux qui vérifient les effets de la pesanteur. 7^o. Enfin des Appareils des forces centrifuges.

Division de
cette Section.

ARTICLE PREMIER.

Des Appareils du mouvement composé.

TOUT mobile étant un être passif & également indifférent pour toute modification possible, doit nécessairement se prêter à toutes celles qu'on tend à lui imprimer en même

temps. Pour cet effet, il doit composer son mouvement & prendre une direction moyenne entre celles que chacune des puissances qui l'animent, tend à lui imprimer. C'est d'après ce principe universellement reçu, que si deux puissances égales & opposées à angle droit, agissent en même temps contre un mobile, on lui verra décrire la diagonale d'un quarré, dont deux côtés adjacens représenteront la direction & l'intensité de chacune de ces puissances.

Planche
V.

P R E M I E R A P P A R E I L.

EF, (Pl. V, fig. 3.), est un plan vertical élevé sur un soc GH; *ab* & *cd*, sont deux fils de métal tendus vers le haut du plan & disposés parallèlement à ce plan, de façon que la poulie B, puisse se mouvoir librement entre ces deux fils. Pour rendre ce mouvement plus aisé, l'axe de la poulie porte à ses extrémités deux rouleaux dont les gorges roulent sur la longueur de ces fils. La châsse de la poulie B, est attachée à un cordon *ef*; celui-ci passe sur la circonférence d'un petit rouleau *o*, mobile sur son axe: un corps M est attaché à l'extrémité *h* d'un autre cordon *gh*; ce cordon passe sur la gorge de la poulie B, & est

Appareil du
mouvement
composé

Fig. 3.

Planche fixé en r , au coq qui retient les fils de métal ab, cd .

V.

U S A G E

De cet appareil.

ON conçoit facilement que le mobile M étant suspendu au cordon gh , & placé vers le point A , l'un des angles du carré $ABDC$, si on vient à tirer le cordon ef , on déterminera la poulie B , à glisser le long des fils de métal ab, cd : or, par ce seul mouvement le mobile M recevra deux impressions égales & opposées à angle droit; puisqu'en même temps que le cordon gh glissera parallèlement à l'horison en suivant la poulie B , il se raccourcira d'une quantité égale à l'espace qu'il parcourra, selon la direction $B \cdot D$. Ce mobile fera donc tout-à-la fois dirigé avec des forces égales, selon les directions AC, AB , & on observera que pour se prêter également à ces deux impulsions, il décrira la diagonale AD du carré $ABDC$.

Le même effet auroit lieu si le mobile étoit mis en mouvement par deux chocs égaux, imprimés selon deux directions semblables aux deux précédentes.

SECOND APPAREIL.

Planche
V.

SUR les angles d'une espece de billard *ABCD*, (Pl. V, fig. 4.) font élevées deux consoles *EF* & *GH*, qui servent d'appui à deux régulateurs *IK*, *LM*, mobiles sur leurs pivots & portant chacun par en bas un arc divisé en un certain nombre de parties égales. Au haut de ces régulateurs sont suspendus deux pendules *ab*, *cd*, égaux en longueur & terminés inférieurement par deux petites masses d'ivoire *e*, *f*, de façon que le centre de gravité de chacune étant à une même distance des points de suspension, leurs vibrations se font dans le même temps ou sont isochrones.

Autre appa-
reil destiné au
même effet.Fig. 4^o

U S A G E

De cet Appareil.

PLACEZ une bille d'ivoire *O*, vers l'angle *A* du billard, & opposez les régulateurs à angle droit, mais de maniere que les marteaux *e*, *f*, touchent également la bille. Élevez ces deux marteaux à une même hauteur, en leur faisant parcourir le même arc : que cette hauteur soit cependant telle, que le choc du marteau *e* puisse seulement pousser la bille jusqu'à l'angle

Planche B, du billard. Abandonnez en même temps ces deux marteaux à eux-mêmes, ils frapperont ensemble la bille O, & ils lui imprimeront deux directions opposées à angle droit, l'une qui tendra à la porter selon la longueur & l'autre selon la largeur du billard. Vous observerez alors que la bille suivra la diagonale, & comme les forces qui l'animent sont égales, au lieu de se porter en C, elle arrivera vers le point R, extrémité du côté BR, que nous supposons égal à AB.

Si on réitere l'expérience & que le marteau *f* soit élevé plus haut que le marteau *e*, & suffisamment, toutes fois, pour qu'il puisse pousser la bille jusqu'à l'angle D du billard, alors l'action simultanée des deux marteaux lui fera décrire la diagonale AC, & elle parviendra à l'angle C: d'où il suit que non-seulement elle compose son mouvement des deux impressions qui l'animent en même temps, mais encore qu'elle se prête à l'action de ces deux puissances à raison de leur intensité. C'est ce qu'on exprime très-bien lorsqu'on dit que si deux forces inégales agissent en même temps & à angle droit, contre un mobile, il suivra la diagonale d'un parallélograme dont les deux côtés adjacens représenteront les directions & l'intensité de ces puissances.

On peut, à l'aide de ce même appareil, faire agir les puissances sous différens angles, & on observera des variétés dans la longueur des diagonales que le mobile parcourra. Mais ce sont autant de phénomènes importans qu'on démontre beaucoup mieux par une théorie géométrique, que par l'expérience qui ne peut donner que des à-peu-près. Il convient encore ici de faire remarquer & de démontrer que dans tous ces cas, la diagonale est parcourue précisément dans le même temps que le mobile emploieroit à parcourir un seul des côtés du parallélograme ou du carré, si une seule des deux puissances agissoit contre lui.

C'est sur ces principes universellement reçus qu'est fondée toute la théorie de la composition & de la décomposition des forces; théorie importante en Physique & qu'on ne peut traiter d'une manière trop étendue.



Planche
V.

ARTICLE SECOND.

Des Appareils nécessaires pour les expériences de la communication du mouvement.

LORSQU'UN corps en mouvement rencontre sur son passage un autre corps, il le choque; & si cet obstacle est susceptible d'être déplacé, il le transporte avec lui en vertu de la force qu'il lui communique dans le choc. Mais si l'obstacle est invincible, la résistance qu'il fait éprouver au mobile, détruit toute la force de ce dernier, & on observe nombre de phénomènes que nous développerons plus bas.

Dans le premier cas, le choc peut se faire entre des corps *durs*, *mous* ou *élastiques*. Les deux premières espèces sont soumises aux mêmes loix quant au transport du mobile; il suffira donc de considérer le choc dans l'une ou dans l'autre de ces deux espèces de corps.

Division de
cet Article.

Nous diviserons cet Article en deux Paragraphes. Le premier traitera des Appareils propres à démontrer les effets du choc entre des corps mous, le second entre des corps élastiques.

PARAGRAPHE PREMIER.

Planche
V.

*Des Appareils propres à déterminer les effets
du choc entre des corps mous.*

QUOIQUE les corps durs & les corps mous soient soumis aux-mêmes loix quant au déplacement de l'obstacle que le mobile rencontre, les impressions du choc sont cependant différentes entre ces deux especes de corps, & c'est une observation qu'on ne doit point négliger. Elle sert à faire connoître que la communication du mouvement qui est instantanée entre des corps durs, n'est que successive entre des corps mous.

Pour déterminer par expérience les effets du choc entre des corps de quelque espece qu'ils soient, il faut un appareil fait avec la plus grande exactitude, & tel que celui que nous allons décrire.

A P P A R E I L.

SUR un foc triangulaire *AB*, (Pl. V, fig. 5.) qui se calle & qui se met d'à-plomb par trois vis qui le traversent *a*, *b*, s'éleve un montant *DE*, de cinq à six pieds de hauteur. On remarque vers le haut une rainure à jour

Machine de
Mariotte.

Fig. 50

Planche F, dans laquelle glissent deux portans H, I ;
 V. situés perpendiculairement au plan du montant , & qu'on retient en situation par deux vis de pression adaptées postérieurement sur la queue de ces portans , comme on peut le remarquer en A , (fig. 6.), où nous avons fait graver une partie du profil de la machine , pour en développer plus commodément les parties.

Fig. 6.

En *a*, extrémité de l'un de ces portans , on voit un point fixe , auquel on attache un fil qui vient passer par les yeux d'une piece de cuivre *e* B, reployée sur elle - même. Cette piece est percée & taraudée pour recevoir une vis C D , terminée en forme de crochet auquel on suspend une bille : cette vis monte & descend dans son écrou & sert à élever ou à abaisser la bille qu'elle porte , afin que son centre se trouve dans la même ligne horifontale que celui de sa voisine , suspendue de la même maniere au second portant de la machine.

Après avoir passé par les yeux de la piece de cuivre , le fil attaché en *a* revient embrasser la circonférence d'une poulie *d* , & est ramené sur une cheville E posée latéralement sur la hauteur du montant de la machine ,

mais à une hauteur convenable pour qu'on puisse la saisir aisément, la faire rouler dans son trou pour allonger ou raccourcir le fil. Planche V.

A quelque distance au-dessus du foc de la machine, on voit une espece de chassis de bois MN, (fig. 5.), dont la planche antérieure est creusée en biseau pour recevoir deux regles de bois O & P, divisées chacune en un nombre quelconque de parties égales.

Fig. 5.

Au devant de cette traverse sont tendus parallèlement entre eux & à un pouce ou environ de distance, deux fils de laiton *ab, cd*, (fig. 7.); on fait passer dans cet espace les tiges de métal auxquelles les billes sont suspendues. Sur l'un de ces fils glisse un petit index de cuivre *e* qui s'appuie sur l'autre; il sert à indiquer la graduation à laquelle les billes ou l'une des billes doit s'élever après le choc.

Fig. 7.

U S A G E

De cet Appareil.

ON conçoit assez facilement l'usage de cet appareil par la seule description que nous venons d'en donner; nous nous bornerons donc à indiquer ici les principales expériences auxquelles il est destiné.

Planche
V.

Lorsqu'on veut déterminer les effets du choc entre des corps mous, on se sert communément de billes faites de terre glaise bien détrempée & bien molle. On en fait deux de même poids qu'on traverse avec un fil de métal retenu dans l'intérieur de la bille par un petit morceau de liege attaché à l'extrémité inférieure du fil de métal : l'autre extrémité doit être contournée en forme de crochet, pour suspendre cette bille à la machine. On en fait une troisième de même matière mais d'un poids différent ; on la fait ordinairement sous double en masse, & dans ce cas, on peut considérer la petite comme le tiers d'une masse dont chacune des deux autres représente les deux tiers, & les résultats des expériences en sont bien plus faciles à développer.

Choc entre
deux corps
mous égaux
en masse, dont
l'un est en
repos.

Fig. 5.

Les deux billes égales en masse étant suspendues aux extrémités des fils de la machine, (Pl. V, fig 5.), & leurs centres étant placés dans le même plan & dans la même ligne, on dispose les deux tablettes O & P de manière que l'origine de la graduation réponde de part & d'autre au centre de la bille, ou plus commodément au fil de métal qui la traverse. Cela fait, l'une des billes restant en repos, si on élève l'autre par un arc d'un certain

nombre de degrés, & qu'on l'abandonne à elle-même, on remarquera, après le choc, que les deux billes se mouveront dans la direction de la bille choquante, & qu'elles mesureront l'une & l'autre un arc sous-double de celui que la bille choquante aura parcouru avant le choc.

Pour développer la raison de ce phénomène, on doit faire observer 1°. qu'une bille suspendue à un fil & élevée à une hauteur donnée, doit remonter en sens contraire jusqu'à la même hauteur, en vertu de la force qu'elle a acquise pendant sa chute. 2°. Que si elle ne s'élève pas précisément à cette hauteur, le petit déchet qu'on remarque vient de la résistance de l'air dans lequel elle se meut, & du léger frottement qu'elle essuie à ses points de suspension. 3°. Que dans le choc entre deux corps mous dont l'un est en repos, la force du corps choquant doit se distribuer suivant le rapport des masses; de sorte qu'après le choc, le corps choquant & le corps choqué doivent se mouvoir avec la même vitesse.

Les mêmes principes ayant lieu lorsque les deux corps sont en mouvement, mais dans le même sens, on remarque que si on éleve

Choc entre
les mêmes
corps & tous
les deux en
mouvement
& dans le
même sens.

V. —

Planche V. l'une de ces billes par un arc de six degrés, par exemple, & l'autre par un arc de deux, elles mesureront après le choc un arc de quatre degrés.

Pour faire cette expérience on a soin de placer les deux regles O & P de façon que l'origine de leur graduation réponde au centre de la bille choquée. On doit donc alors considérer à quelle graduation répond celui de la bille choquante, & l'élever à la sixième graduation au-delà. On place alors, comme on a dû le faire dans le cas précédent, & comme il conviendra de le faire dans tous ceux que nous allons exposer, l'index *e*, (fig. 7.), à la graduation à laquelle on attend les billes, mais un peu en-deçà cependant, pour compenser la perte que la résistance du milieu & le frottement occasionnent nécessairement dans leur mouvement. On met, pour plus grande commodité encore, un petit morceau de papier sur l'index & de manière que ce papier l'excède un peu: la tige qui porte la bille venant à frapper le papier, on juge plus aisément de la hauteur à laquelle cette bille s'est élevée.

Fig. 7.

Choc entre
les mêmes
corps mûs en
sens contrai-
rés.

Les deux mêmes billes se mouvant en sens contraire, elles demeurent en repos après le choc, si elles se meuvent avec des vitesses

égales ; c'est-à-dire , si elles ont été élevées à la même hauteur , puisque leurs forces sont alors égales & opposées. Mais si elles se meuvent avec des vîtesses inégales , elles continueront à se mouvoir dans la direction de la plus forte , avec une vîtesse qui sera égale à la moitié de l'excès de la force de cette dernière.

En raisonnant d'après les mêmes principes , on peut soumettre des billes inégales en masse aux mêmes expériences.

Cette théorie bien développée , il se présente plusieurs applications importantes que le Physicien ne doit point négliger. Parmi celles-ci l'action d'un courant d'eau contre les vannes d'une roue mérite particulièrement son attention. On trouvera cette théorie très-bien développée dans le Cours de Physique expérimentale du *D. Desaguilliers*. Elle l'est encore parfaitement bien dans celui de *Muschenbroek* ; mais comme il étoit grand partisan des forces vives , il ne faut point s'en rapporter à sa manière d'estimer les forces dans les corps en mouvement. Nous l'avons développée d'une manière plus facile à saisir & plus à la portée de tout le monde , dans nos *Leçons de Physique expérimentale*.

- P A R A G R A P H E S E C O N D .

Des Appareils nécessaires pour les expériences du choc entre des corps à ressort.

QU'ENTEND-ON par ressort dans un corps ? Quelle est la cause de ce ressort ? Ce sont deux questions importantes qu'il est à propos de traiter avant d'exposer les phénomènes du choc entre des corps à ressort. Il est même encore important de faire observer qu'un corps à ressort qui frappe un autre corps cède à l'impression du choc , & que sa figure s'altère sensiblement dans le choc ; mais que la restitution de son ressort reporte les parties déplacées par le choc , dans la même situation où elles étoient avant le choc. On se sert pour cela de l'appareil suivant.

P R E M I E R A P P A R E I L .

Planche

VI.

AB, (Pl. VI, fig. 1.), est un quarré de

Appareil pour démontrer l'altération de la figure d'un corps à ressort dans le choc.

marbre noir solidement monté dans une tablette de bois. C, est une petite boule d'ivoire de huit à neuf lignes de diamètre , cette bille placée sur la surface du marbre , ne le touche que par un petit point.

Fig. 1.

U S A G E

Planche
VI.*De cet Appareil.*

SI on fait choquer cette bille contre le marbre en la laissant tomber dessus d'une hauteur un peu considérable ; l'une & l'autre cédant à l'impression du choc , la bille s'applatira , le marbre se creusera & les deux corps se toucheront par une surface plus ou moins étendue : mais faisant abstraction ici de l'excavation du marbre , pour ne considérer que l'applatissement de la bille , voici comment on parviendra à s'en assurer.

Ternissez le marbre en poussant votre haleine sur sa surface , & faites choquer plus ou moins fortement la bille ; l'applatissement qu'elle éprouvera alors formera sur cette surface un segment de sphere qui touchera le marbre & qui enlèvera le terne dans toute l'étendue de son contact. On verra donc alors sur la surface du marbre , un petit cercle poli tel que *a* , & ce cercle indiquera la quantité de l'applatissement.

D'après cette expérience , on conçoit manifestement que les corps à ressort participent à la nature des corps mous , puisqu'ils cèdent

Planche
VI.

à l'impression du choc. La communication du mouvement doit donc se faire suivant les mêmes loix que nous avons déjà indiquées ; mais en supposant ces corps parfaitement élastiques, on conçoit également que la restitution de leur ressort ajoute au corps choqué & fait perdre au corps choquant une force égale à celle qui se communique dans le choc, ce qui suffit pour développer, comme il convient, les effets du choc entre ces sortes de corps, qu'on doit considérer dans les mêmes circonstances que nous venons d'indiquer par rapport aux corps mous. On conçoit donc de-là,

Choc entre deux billes à ressort égales en masse, & dont l'une est en repos.

Fig. 5. Pl. V.

1°. Que si deux corps, supposons deux billes d'ivoire égales en masse, sont suspendues à l'appareil indiqué (Pl. V, fig. 5.), & que l'une des deux soit en repos, la bille choquante demeurera en repos après le choc, & que la bille choquée se mouvra avec toute la vitesse de la choquante.

Toutes deux en mouvement dans le même sens.

2°. Que si elles sont toutes deux en mouvement & dans le même sens, elles feront échange de leurs vitesses après le choc.

Mues en sens contraire avec les mêmes vitesses.

3°. Que si elles se meuvent en sens contraire avec des vitesses égales, elles retourneront en arriere en mesurant les mêmes arcs par lesquels elles se seront approchées.

4°. Que si-elles se meuvent en sens contraire avec des vîtesses inégales, elles retourneront en arriere, ayant fait échange de leurs vîtesses.

Planche
VI.

Avec des
vîtesses diffé-
rentes.

Ayant égard au rapport des masses, si elles sont différentes, on pourra leur appliquer aisément la même théorie.

L'explication du phénomène indiqué (n°. 1.) peut satisfaire pour résoudre les suivans, pour lesquels il faut se procurer l'appareil que voici.

SECOND APPAREIL.

AB, CD, (Pl. VI, fig. 2.) sont deux regles de bois réunies à la distance de huit à dix pouces, par les traverses T, T. Sur la longueur de la regle CD, sont attachés à des distances convenables, de petits crochets *a*, *a*, *a*, &c. La regle AB est garnie de chevilles *b*, *b*, *b*, &c. disposées parallèlement aux crochets *a*, *a*, *a*, auxquels sont attachés des fils de soie qui pendent au-dessous à la distance de quinze à dix-huit pouces, & qui viennent se rouler sur les chevilles *b*, *b*, *b*, de façon que les centres des billes, qui doivent être suspendues à ces fils, soient rangés dans la même ligne & dans le même plan.

Appareil né-
cessaire pour
démontrer les
effets du choc
entre plu-
sieurs billes.

Fig. 2.

Cet appareil s'applique au haut du mon-

Planche

VI.

Fig. 5. Pl. V.

Fig. 3.

tant DE, (Pl. V. fig. 5.) & y est retenu par deux vis de pression G & H appliquées aux extrémités des tenons EF qui embrassent le montant DE. On voit la disposition de cet appareil Pl. VI, fig. 3.)

U S A G E

De cet Appareil.

ON fait communément usage de sept billes pour ces fortes d'expériences. En les supposant d'abord de même masse, on a soin de les disposer de manière qu'elles soient contiguës les unes aux autres, ce qui dépend de la disposition des crochets *a, a, a* &c. & des chevilles *b, b, b*, &c. Cela posé on remarquera,

Choc entre plusieurs billes égales en masse & contiguës.

1°. Que si on élève une seule des billes, celle qui se trouve à l'une des extrémités de la file, & qu'on l'abandonne à elle-même, la dernière se déplacera après le choc & parcourra, en s'éloignant, un arc semblable à celui de la bille choquante : toutes les autres demeureront en repos.

2°. Que si on répète la même expérience élevant deux billes du même côté, & en les entretenant dans leur contiguité, les deux dernières

dernières se déplaceront après le choc & Planche
parcourront conjointement un même arc. IV.

3°. Que si on en élève trois, les trois dernières produiront le même effet.

4°. Que si on en élève quatre, celle du milieu suivra alternativement les trois qui se déplaceront de chaque côté.

On peut encore, à l'aide du même appareil, démontrer les deux fameuses propositions d'*Huyghens*; l'une, que si un corps vient à la rencontre d'un autre corps dont la masse soit plus grande ou plus petite que la sienne, mais qui soit en repos, le corps choquant lui communiquera plus de vitesse s'il le choque par l'intermédiaire d'un troisième corps en repos dont la masse soit moindre que celle du corps choquant & plus grande que celle du corps choqué.

Choc entre plusieurs corps contigus inégaux en masse.

La seconde, que la vitesse imprimée par le corps choquant sera autant grande qu'elle puisse être, si la masse qui sert d'intermédiaire & qu'on suppose encore en repos, est moyenne proportionnelle entre celle du corps choquant & celle du corps choqué. On trouvera le développement de ces deux phénomènes dans un excellent Ouvrage de M. *Huyghens*, intitulé, *de motu corporum ex percussione*.

Planche VI. - Nous ne traiterons point à part du choc des corps contre un obstacle infurmontable , parce que nous n'avons point d'appareils particuliers pour en démontrer les effets ; deux mots suffiront pour les indiquer.

1°. Si un corps dur vient heurter un obstacle infurmontable , il consommera toute sa force contre cet obstacle & il demeurera en repos après le choc.

2°. Si un corps mou se trouve dans le même cas , il consommera pareillement toute sa force , mais il s'applatira & il conservera , après le choc , la déformation qu'il aura éprouvée dans sa figure.

3°. Si le corps choquant est élastique , il s'applatira également , il perdra tout son mouvement direct ; mais la restitution de son ressort le reportera en arriere avec une force égale à celle qu'il aura consommée dans le choc. Ce dernier effet , connu sous le nom de *réflexion* , est soumis à une loi invariable qu'on démontre par un appareil particulier qui va faire l'objet de l'Article suivant.



ARTICLE TROISIEME.

De l'Appareil propre à démontrer la loi générale du mouvement réfléchi.

UNE seule & unique loi détermine les effets de la réflexion dans un corps à ressort, & on démontre que tout corps parfaitement élastique qui se réfléchit, fait son angle de réflexion égal à son angle d'incidence. S'il tombe perpendiculairement, il s'en retourne par la même ligne perpendiculaire & forme, en descendant & en remontant, deux angles droits avec le plan qu'il choque. La même loi a lieu lorsque le choc se fait obliquement, & on se sert de l'appareil suivant pour en démontrer la certitude aussi exactement qu'il est possible.

A P P A R E I L.

SUR une tablette T, (Pl. VI, fig. 4.), qu'on calle & qu'on met de niveau par trois vis *a, a*, se meut circulairement sur une charniere, une petite caisse remplie par un marbre noir & poli A. Cette caisse, qui décrit un arc dans son mouvement, s'arrête & se

Appareil du
mouvement
réfléchi.

Fig. 4.

Planche fixe par une vis de pression B, sur tous les
 VI. points de l'arc B D d'un plan qui s'éleve verticalement sur un des côtés de la tablette T.

Sur un des petits côtés de la même tablette, s'éleve un montant M N, au haut duquel on a assemblé une potence NG, retenue fixement en situation par une console s. Cette potence est percée en c d'un trou suffisamment grand pour laisser passer librement une bille d'ivoire de six à huit lignes de diametre.

Vers le bas du montant M N, on remarque une espece de caisse R, mobile sur la hauteur de ce montant, & qu'on fixe à une hauteur convenable par une vis de pression P. Cette caisse porte une gouttiere G qui regne sur toute sa largeur : cette gouttiere est d'environ dix lignes de hauteur.

On remarque en V, vers le haut & postérieurement au montant, un fil V X, auquel on suspend un petit poids. C'est un à-plomb qui répond à une ligne verticale tracée sur la face postérieure de ce montant : il sert à mettre la machine de niveau.

U S A G E

Planche
VI.*De cet appareil.*

ON dispose le marbre A de façon qu'il fasse un angle connu avec l'horison. On laisse tomber la bille par le trou *c* : on recule pour cet effet une petite lame de cuivre *b* qui bouche en-dessous cette ouverture. Elle tombe par une perpendiculaire & elle vient frapper en E le marbre A , sous l'angle sous lequel il est disposé. Après le choc on la voit se réfléchir selon la ligne EF & former , par sa réflexion, un angle égal à son angle d'incidence. Pour s'assurer du mouvement de cette bille dans sa réflexion , & démontrer qu'elle suit la ligne EF , on dispose la caisse R de façon que le milieu de la gouttiere G soit dans la direction de cette ligne , & on voit la bille se porter dans cette gouttiere.

Il ne faut cependant pas s'attendre à voir réussir constamment cette expérience : une bille d'ivoire n'est point un corps parfaitement élastique , & quoiqu'on ait égard à ce défaut, il est nombre de points sur sa surface où il se fait plus sensiblement remarquer. Cette bille d'ailleurs éprouve toujours un petit

Planche frottement , en passant par le trou *c* , & ce
 VI. frottement la dérouté plus ou moins de la
 verticale qu'elle devroit suivre rigoureusement dans sa route. Ainsi il convient de répéter plusieurs fois cette expérience , & on doit être satisfait si sur trois elle réussit une seule fois.

Il est peu de principes en Physique , dont les applications soient plus étendues , & on ne peut trop réfléchir sur cet objet. Le jeu de paulme , celui du billard , &c. sont fondés l'un & l'autre sur cette théorie , & un Joueur qui la mettroit bien en pratique , feroit sans contredit redoutable à son adversaire. On peut en voir une démonstration très-simple & très-curieuse , par rapport au jeu de billard , dans les *Elémens de Géométrie de M. l'Abbé de la Chapelle*.

ARTICLE QUATRIEME.

Des Appareils nécessaires pour démontrer les obstacles à la perpétuité du mouvement.

UNE force imprimée à un mobile doit constamment le mouvoir de la même maniere

& à perpétuité : c'est une fuite nécessaire de son indifférence à toute modification quelconque : tant que cette force réside dans ce mobile , elle doit constamment produire le même effet. Or , on observe que tout corps mis en mouvement par une force donnée , perd plus ou moins sensiblement de sa vitesse & parvient en peu de temps au repos d'où on l'a tiré. Il existe donc dans la nature des obstacles à la perpétuité du mouvement ; ces obstacles sont les différens milieux dans lesquels les corps se meuvent & les frottemens auxquels ils sont assez communément exposés. Nous allons indiquer les moyens de les apprécier & d'évaluer aussi exactement qu'il est possible , les effets qu'ils produisent.

PARAGRAPHE PREMIER.

Des Appareils pour déterminer la résistance des milieux.

POUR évaluer comme il convient la résistance des milieux , il faut considérer leur viscosité , leur densité , la surface du mobile & la vitesse avec laquelle il se meut.

Plus un milieu est visqueux , plus il résiste à sa division , & conséquemment plus le mo-

Planche VI. S'il est plus dense il comprend plus de parties sous le même volume , & la résistance qu'il oppose devient proportionnellement plus grande , ce qu'on peut confirmer par l'appareil suivant.

P R E M I E R A P P A R E I L .

Appareil pour démontrer que la résistance croît comme la densité du milieu. Fig. 5. A B , (Pl. VI , fig. 5.) , est une caisse de bois doublée de plomb , séparée en deux cavités par un diaphragme C D. Sur les deux côtés de cette caisse s'élevent deux supports traversés & réunis par une tige de métal E F , sur laquelle sont suspendus deux pendules de même longueur G H , I K , terminés par deux boules de métal.

U S A G E

De cet Appareil.

Si on éleve ces deux pendules à une même hauteur , les deux caisses étant seulement remplies d'air & qu'on les abandonne en même temps à eux-mêmes , la résistance du milieu étant la même pour l'un & pour l'autre , ils feront le même nombre de vibrations isochrones , en supposant toutefois qu'ils soient

également bien suspendus & qu'ils éprouvent le même frottement à leurs points de suspension. Planche VI.

Mais si on remplit d'eau l'une des cavités de la caisse, l'autre cavité restant remplie d'air, & qu'on répète la même expérience, comme l'eau est environ huit cents fois plus dense que l'air, celui de ces pendules qui se mouvra dans l'air y éprouvera proportionnellement moins de résistance & y fera un plus grand nombre de vibrations, avant d'arriver au repos d'où on l'aura tiré.

Veut-on démontrer que la surface du mobile doit entrer en considération lorsqu'il s'agit d'estimer la résistance qui vient de la part du milieu ? l'appareil suivant est destiné à cet usage.

SECOND APPAREIL.

A & B, (Pl. VI, fig. 6.), sont deux espèces de moulinets de même poids & également mobiles sur leurs pivots, mais disposés de manière que l'un A présente, au milieu qu'il divise, le tranchant de ses aîles, & l'autre B, le plan des siennes.

Appareil propre à estimer la résistance relative à la surface du mobile.

Fig. 6.

Sur l'axe de chacun de ces moulinets sont fixés deux crochets *a*, *b*, qu'on fait reposer

Planche VI. sur la tête du ressort C. On bande ce ressort en le retirant en arriere & en l'arrêtant sous une petite griffe *d*, fixée vers le haut de la tige du milieu E F.

U S A G E

De cet Appareil.

LE ressort étant tendu & les deux moulinets dans la situation que nous venons d'indiquer, si on lâche le ressort, en baissant la cheville D qui se meut de haut en bas dans une coulisse, le ressort se détendra & frappera également, en se détendant, les deux crochets *a*, *b*. Il imprimera donc la même force aux deux mobiles, & les deux moulinets se mouveront avec la même vitesse initiale. Mais comme ils sont inégalement soumis à la résistance du milieu, le moulinet B qui présente la face de ses aîles, aura perdu tout son mouvement, tandis que le moulinet A continuera encore à se mouvoir. La résistance du milieu augmente donc à raison de la surface que le mobile lui présente.

Comme il ne seroit guere possible de donner à une machine toute l'exactitude qu'elle doit avoir, pour démontrer que cette résis-

tance augmente encore lorsque le mobile se meut plus vite, nous laissons au Physicien à développer cette théorie & à faire voir que cette résistance croît directement comme le quarré de la vitesse augmente. C'est encore à la théorie qu'il est réservé de considérer les différences qui peuvent survenir à ces sortes de résistances, à raison des mouvemens différens dont les milieux peuvent être agités, & à raison de quantité de circonstances que l'expérience ne peut indiquer que trop imparfaitement pour les faire entrer ici en considération. Nous en avons donné une idée suffisante dans nos *Leçons de Physique expérimentale*.

Planche
VI.

PARAGRAPH E S E C O N D.

Des Appareils propres à démontrer les effets des frottemens.

ON distingue deux especes de frottemens en général. On appelle *frottement de la premiere espece*, celui qui se fait entre deux surfaces qui glissent l'une sur l'autre. On nomme *frottement de la seconde espece*, celui qui a lieu lorsqu'un corps roule sur un autre.

Parmi les différens appareils qu'on a ima-

Planche VII. ginés pour déterminer la grandeur des frottemens & pour en établir la théorie, il en est deux sur-tout qui méritent de trouver place dans le cabinet d'un Physicien.

PREMIER APPAREIL.

Appareil du
D. Desaguilliers.

Fig. 1.

SUR une petite tablette AB, (Pl. VII, fig. 1.), font élevés verticalement & retenus fortement avec des vis & des écrous, deux doubles montans Pp, Pp, entre lesquels font suspendus, par des pivots assez fins, quatre rouleaux 1, 2, 3 & 4. Sur le haut des montans extérieurs font taraudés deux écrous, dans lesquels on fait avancer ou reculer deux vis Q, Q. C est un cinquieme rouleau beaucoup plus grand & plus épais que les précédens, dont l'arbre DE se termine par deux pivots assez longs pour s'engager dans les trous des vis Q, Q, & pour reposer sur l'intersection des quatre rouleaux latéraux, lorsqu'on éloigne suffisamment les vis Q & Q.

Le rouleau C est mis en mouvement par un ressort spiral qui s'enveloppe sur lui-même & qui est attaché d'une part sur un canon arrêté par une vis de pression sur un des points de l'arbre DE. L'autre extrémité du même ressort tient à la potence F. Lorsque ce res-

fort se développe , après avoir été tendu , il entraîne avec lui le mouvement du rouleau C , qui fait alors des vibrations semblables à celles d'un balancier. Planche VII.

V , est un pilastre sur le haut duquel se meut une petite bascule b , laquelle étant engagée sous l'un des croifillons du rouleau C , l'empêche de céder à l'impression du ressort & de retourner sur lui-même lorsqu'on a tendu ce ressort , en faisant tourner le rouleau C sur son arbre & dans un sens convenable à cet effet.

R , est un autre pilastre sur le haut duquel se meuvent par une espece de charniere , deux tiges de métal de même poids & de mêmes dimensions cd , ef . Ces deux tiges peuvent poser ensemble sur l'arbre DE , où on peut , à l'aide de la vis g qui traverse la tige ef , empêcher que la premiere cd ne pose sur cet arbre. Il suffit pour cela de faire avancer la vis g de maniere qu'elle soutienne la tige cd . h & i sont deux petits poids égaux en masse & destinés à être suspendus au besoin , aux extrémités des deux tiges dont nous venons de parler.

Planche
VII.

U S A G E

De cet Appareil.

1°. ON peut démontrer aisément avec cet appareil, que le frottement de la première espèce nuit beaucoup plus au mouvement d'un corps que celui de la seconde.

Différence
entre le frot-
tement de la
première es-
pèce & celui
de la seconde.

Pour cet effet, on dispose d'abord le grand rouleau C, de façon que ses pivots soient engagés dans les trous des vis Q, Q. Dans ce cas, le frottement est de la première espèce; puisque toute la surface des pivots frotte dans la circonférence des trous qui les reçoivent.

On bande alors le ressort d'un certain nombre de tours, deux suffisent pour rendre l'expérience bien sensible. Mais pour procéder avec exactitude, on engage la bascule *b*, sous l'un des croisillons du rouleau C; on fait tourner ce dernier sur lui-même & on compte ses révolutions par le passage des croisillons sur la bascule.

Le ressort étant tendu de deux tours, on retire la bascule & on compte le nombre de vibrations que fait le rouleau C avant d'être réduit au repos.

On procède de la même manière pour la **Planche** seconde expérience, avec cette différence **VII.** qu'on recule les vis Q, Q , pour que les pivots de l'arbre DE portent sur l'interfection des quatre rouleaux latéraux. Dans ce cas, le frottement est de la seconde espèce; puisque le mouvement de l'arbre entraînant celui des rouleaux latéraux, les pivots frottent successivement sur différens points de leurs circonferences. On compte encore le nombre des vibrations du rouleau C , & on trouve que dans ce second cas, il en fait un bien plus grand nombre.

2°. Si on veut démontrer de quelle manière l'étendue des surfaces frottantes influe sur la grandeur des frottemens, on remet les pivots dans les deux vis Q, Q ; on bande encore le ressort de deux tours; mais avant de lâcher la détente, on fait tomber les deux tiges de métal cd & ef , sur l'arbre DE , de façon cependant, qu'il n'y ait que la seule tige ef qui frotte, la tige cd étant portée sur la vis g . On lâche la bascule b & on compte le nombre de vibrations du rouleau C .

Différence
des frotte-
mens occa-
sionnée par la
différence des
surfaces.

On répète la même expérience après avoir retiré la vis g & disposé les deux tiges cd & ef , de manière qu'elles frottent l'une & l'au-

Planche
VII.

tre sur l'arbre D E. Dans ce cas, la charge de l'arbre est la même, mais la surface frottante est double. Or, malgré cette différence, on en observe très-peu dans le nombre des vibrations du rouleau C.

Cette expérience contredit tout-à-la fois & l'opinion de ceux qui prétendoient que le frottement augmentoit à raison des surfaces frottantes & l'opinion de ceux qui assuroient que la différence dans l'étendue de ces surfaces n'en apportoit aucune à la grandeur du frottement. On ne peut néanmoins disconvenir que cette dernière opinion ne soit fondée sur un raisonnement très-spécieux que le Physicien ne doit point ignorer. On le trouvera très-bien développé dans le Cours de Physique expérimentale du *D. Desaguilliers* : il y paroît même confirmé par une expérience très-séduisante. Nous avons donc cru devoir indiquer l'appareil dont les Partisans de cette opinion font usage.

Appareil qui paroît prouver que l'étendue des surfaces frottantes n'influe point sur la grandeur des frottemens.

SECOND APPAREIL.

A B, (Pl. VII, fig. 2.), est une planche bien dressée de dix-huit pouces de longueur & de huit de largeur. D est une autre petite planche de six pouces de longueur, de quatre pouces

Fig. 2.

pouces de largeur & d'un pouce d'épaisseur , Planche
à l'un des petits côtés de laquelle on attache un VII.
fil de soie. *a* est une poulie qui roule sur son
axe : elle est montée de manière que la queue
bc , qui porte sa châsse , puisse s'élever ou
s'abaisser à volonté dans une coulisse *d* , atta-
chée à l'un des petits côtés de la planche *A B*.

U S A G E

De cet Appareil.

LA planche *D* étant placée sur son épais-
seur , vers l'extrémité *B* de la planche *A B* ,
on fait passer le fil qui tient à la petite plan-
che , sur la poulie *a* , qu'on dispose de ma-
nière qu'il soit parallèle à la surface de la
planche *A B*. On suspend alors à l'extrê-
mité de ce fil un petit bassin qu'on charge
progressivement de poids , jusqu'à ce que la
charge soit suffisante pour entraîner la plan-
che *D* & la faire mouvoir sur la longueur de
la planche *A B*.

Cette première épreuve faite , on reporte
la planche *D* vers l'extrémité *B* de la planche
A B , mais on la pose sur la plus large de
ses surfaces. On descend la poulie *a* , pour
remettre le fil dans une situation parallèle au

Planche VII. plan A B, & on remarque, dit-on, que le même poids suffit pour entraîner la planche, quoiqu'elle frotte par une surface bien plus étendue.

Observation sur cette expérience. Nous observerons 1°. que des surfaces de cette espèce ne sont point propres à faire ces expériences avec l'exactitude qu'on doit y apporter; 2°. que quoique le même poids fût pour entraîner la planche dans le second cas, elle se meut néanmoins un peu moins vite que dans le premier, ce qui revient parfaitement à ce que nous avons fait observer avec la machine à rouleaux, lorsque nous avons comparé le frottement produit par la différence des surfaces.

Différence des frottemens occasionnée par la variété des charges. 3°. Pour déterminer de quelle manière la charge des parties frottantes influe sur la grandeur des frottemens, on reprend la machine à rouleaux (fig. 1.) ; on la laisse dans la situation où elle étoit pour l'expérience rapportée (n°. 2.). On relève la tige frottante *ef*, pour ne laisser frotter que la tige *cd*. On attache à l'extrémité de cette dernière l'un des petits poids *h* ou *i*; on bande le ressort de deux tours & on compte le nombre de vibrations.

On réitère la même expérience après avoir ramené sur l'axe la seconde tige *ef*, qu'on

charge pareillement du second poids. La charge devient alors double sur l'axe, & on observe, le ressort étant tendu de la même manière, que le balancier C fait près d'un tiers moins de vibrations que dans le cas précédent; ce qui justifie assez l'usage où l'on est d'estimer le frottement dans les machines au tiers de la charge.

Planche
VII.

Quoique l'appareil du Docteur *Desaguliers* soit suffisant pour déterminer les cas les plus généraux des frottemens, & qu'il ne soit pas même possible de se procurer des machines sur l'exactitude desquelles on puisse absolument compter, lorsqu'il s'agit d'établir & de confirmer par expérience, une théorie bien exacte en ce genre, nous ne pouvons trop recommander l'appareil du célèbre *Mussenbroek*; il est nombre de cas particuliers sur lesquels il peut satisfaire davantage la curiosité du Physicien.

TROISIEME APPAREIL.

AB, (Pl. VII, fig. 3.), est un cylindre de bois de quatre pouces de diamètre, dont l'axe DD est d'acier très-poli. Cet axe se termine sous deux diamètres différens; le diamètre CC est double ou triple du diamètre

Tribometre
de Mussen-
broek.

Fig. 3.

Planche
VII.

tre D D. On peut choisir tout autre rapport pour les dimensions de ces deux diamètres ; il suffit seulement qu'on connoisse ce rapport.

On a soin de se procurer des coussinets semi-circulaires & bien polis de différens métaux, de plusieurs bois & tous appropriés avec les deux diamètres de cet arbre.

Chaque paire de coussinets s'enchâsse dans deux supports de bois F F, de la même manière qu'on enlave les coussinets d'un tour en l'air, dans les poupées qui portent l'arbre de ce tour. Ces deux supports s'établissent solidement & à des distances convenables, sur un chassis E E, élevé sur quatre montans de vingt-cinq à vingt-six pouces de hauteur.

Les traverses qui portent ces supports sont creusées à jour sur leur épaisseur ; c'est à travers ces rainures que passent deux queues à vis adhérentes à chacun des supports F F, & on les contient à la distance requise, par le moyen de quatre écrous qui les attachent aux traverses.

Sur un des points de la surface du cylindre A B, est attaché un ruban qui fait un tour ou deux sur le cylindre & à l'extrémité duquel on suspend un bassin R ; il est destiné à recevoir les poids nécessaires pour faire rou-

ler l'axe sur les couffins. P & Q, sont des poids qu'on varie de différentes manieres & qu'on suspend aux extrêmités d'une corde qui embrasse seulement le cylindre A B.

U S A G E

De cet Appareil.

LA description que nous venons de donner de cet appareil suffit pour en indiquer l'usage. On juge ici de la grandeur des frottemens par la quantité de poids qu'on est obligé de mettre dans le bassin R pour faire rouler le cylindre, soit qu'il ne porte que son poids, qu'on doit connoître, sur les couffins dans lesquels il roule, soit qu'il soit chargé de différens poids, soit qu'il frotte sur le plus grand ou sur le plus petit diametre des points qui terminent son axe, soit qu'il frotte dans des couffins de même ou de différente matiere.

Ceux qui seront curieux de connoître toutes les expériences que *Mussenbroek* a faites sur cet important objet, & de comparer les résultats de leurs expériences à ceux de ce célèbre Physicien, pourront consulter son Cours de Physique, dernière édition, Tome I, page 202.

Planche
VII.

ARTICLE CINQUIEME.

*Des Appareils pour les expériences du
mouvement réfracté.*

ON fait que l'effort de la pesanteur, dont nous parlerons dans l'Article suivant, ramène tous les corps vers la surface de notre globe & change constamment la direction qu'on leur imprime parallèlement ou obliquement à l'horison. Mais outre cet obstacle à la direction du mobile, qui n'a lieu que dans les deux circonstances que nous venons d'indiquer, il en existe un autre qui se fait remarquer constamment lorsqu'un mobile traverse obliquement des milieux de différente densité; l'altération qu'il occasionne dans le mouvement du mobile, ou mieux le changement qu'il apporte à sa direction, est connu sous le nom de *réfraction*, ou de *mouvement réfracté*, dont voici la loi générale par rapport à tous les corps qui changent obliquement de milieu, à l'exception de la lumière, dont nous parlerons en particulier.

Loi générale de la réfraction.

Tout corps qui se meut obliquement d'un milieu dans un autre, de différente densité,

se refracte en s'éloignant ou en s'approchant de la perpendiculaire. Il s'en approche lorsqu'il passe d'un milieu plus dense dans un milieu moins dense, ou mieux d'un milieu plus attirant dans un milieu moins attirant. Il s'en éloigne au contraire, lorsqu'il passe d'un milieu dont la force attractive est moindre, dans un autre dont la force attractive est supérieure.

Quoique cette loi, invariable dans la nature, soit plus susceptible d'être démontrée par le calcul que par l'expérience, qui ne répond pas toujours avec la plus grande exactitude à la théorie, nous indiquerons un appareil assez simple & assez commode en même temps, pour la constater autant qu'il est possible.

P R E M I E R A P P A R E I L.

SUR l'un des rayons d'un quart de cercle **Planche**
A B C, (Pl. VIII, fig. 1.), on établit & on **VIII.**
fixe solidement le canon d'un fusil : il faut avoir
soin sur-tout, d'établir cette machine assez
solidement pour qu'elle ne puisse céder à
l'effort de la poudre, qui tend à la faire re-
culer. On dispose, à trois ou quatre toises
de distance, un grand vaisseau, une grande

Appareil
pour juger de
la refraction
dans l'eau.

Fig. 1.

Planche
VIII.

cuve de cinq pieds ou environ de longueur, qu'on remplit d'eau & sur l'un des côtés de laquelle on adapte un robinet R, pour l'évacuer à volonté. On recouvre l'ouverture du vaisseau avec un châssis garni de papier : on élève sur le côté E D, un second châssis F garni pareillement de papier. Ce dernier doit avoir un pied ou environ de largeur, sur dix-huit à vingt pouces de hauteur, & il doit être mobile, de façon qu'il puisse s'approcher ou s'éloigner du côté G de la cuve. On a soin de garantir ce côté de l'impression des balles, en y appliquant une planche très-épaisse & bien unie.

U S A G E

De cet appareil.

LE canon étant chargé à l'ordinaire, on met une méche à l'œil de ce canon, & on tourne le quart de cercle de façon que l'instrument fasse un angle donné avec l'horison. On allume la méche ; la poudre s'enflamme & la balle vient frapper la planche qui recouvre le côté G de la cuve. Elle fait en chemin deux trous I & K, qui sont allignés au point A ; mais au lieu d'arriver en L, continuité de la ligne A K, elle arrive un peu

plus haut, supposons en H, & elle s'éloigne de la perpendiculaire P Q, tirée sur le point où elle rencontre le milieu réfringent. Planche VIII.

On s'assure de la refraction qu'elle éprouve, en traversant l'eau & conséquemment de l'inflexion de la ligne A K, en vidant le réservoir & en plaçant l'œil au trou I; on voit aisément que le point H est sensiblement plus élevé que le point L, où cette balle eût frappé la planche si elle avoit suivi la même ligne droite A K.

Le Physicien doit exposer la cause de cette refraction & calculer si on doit y avoir égard, comme plusieurs le prétendent, dans les cas où l'on veut atteindre un but placé dans une masse d'eau.

Une observation plus importante encore, & qu'on peut confirmer aisément avec la même machine, c'est que la refraction se change quelquefois en réflexion. Ce phénomène a lieu chaque fois qu'on tire trop obliquement à la surface de l'eau; on peut s'en assurer en disposant le canon de façon qu'il fasse un angle très-aigu avec la surface de l'eau; un angle de quatre à cinq degrés, par exemple. Dans ce cas, au lieu d'entrer dans l'eau & de s'y réfracter, la balle se réfléchit au

La refraction se change quelquefois en réflexion.

Planche
VIII.

point *n*, & va frapper en *S*, une planche qu'on établit verticalement sur l'extrémité opposée de la cuve.

La théorie de ce phénomène donne l'explication des ricochets, & fait en même temps connoître de quel danger sont menacés ceux qui se tiendroient imprudemment de l'autre côté de la rivière, sur laquelle on tireroit un peu trop obliquement, ou sous un angle très-aigu.

Si on veut confirmer par expérience que l'obliquité d'incidence est une des conditions indispensables pour que la réfraction ait lieu, on peut se servir de l'appareil suivant.

SECOND APPAREIL.

Appareil pour démontrer que la réfraction ne peut avoir lieu sans l'obliquité d'incidence.

SUR une tablette *CD* (Pl. VIII, fig. 2.); qui se calle & se met de niveau par quatre vis *V, V, V, V*, qui la traversent, s'élevent deux consoles *AA, BB*, réunies vers le haut par une piece de bois *E*. Celle-ci est percée selon sa hauteur, d'un trou d'un pouce ou environ; ce trou est garni d'un entonnoir de métal *F*, au-dessous duquel on remarque une petite plaque *a*, qui se meut horifontalement pour boucher & déboucher à volonté, l'ouverture inférieure de l'enton-

Fig. 2.

noir. G est un vaisseau de cristal de dix pouces ou environ de hauteur, dont le fond est couvert de terre molle bien détrempée, jusqu'à la hauteur de deux à trois pouces.

Planche
VIII.

U S A G E

De cet Appareil.

LA machine étant mise de niveau & l'axe du vaisseau G répondant perpendiculairement à l'ouverture de l'entonnoir F, on met une balle de métal P dans cet entonnoir; on fait glisser la platine *a*, pour déboucher l'orifice; la balle tombe perpendiculairement dans le vaisseau G & fait une excavation dans la terre glaise. On enleve cette balle avec une pince, pour ne point déformer le chatton qu'elle vient de se creuser. On remplit d'eau le vaisseau G & on réitère l'expérience. Quoiqu'elle passe, dans ce second cas, de l'air dans l'eau, elle n'éprouve aucune réfraction & elle vient se loger dans le même chatton, ce qui prouve qu'un corps qui passe perpendiculairement d'un milieu dans un autre, n'éprouve point de réfraction.

Planche
VIII.

ARTICLE SIXIEME.

Des Appareils nécessaires pour démontrer les effets de la gravité.

Division de
cet Article.

La gravité, la pesanteur, la force centripete, sont trois expressions synonymes; elles désignent le même phénomène, cette tendance générale qu'on observe dans tous les corps vers un centre déterminé. Comme nous ne parlerons ici que des corps sublunaires qui appartiennent à notre globe, nous diviserons cet Art. en cinq §. Nous parlerons dans le premier, des appareils propres à démontrer que tous les corps sont soumis à l'action de la pesanteur; qu'ils sont tous maîtrisés vers le centre de notre globe. Dans le second, de ceux dont on se sert pour démontrer qu'ils y sont tous également soumis, quoiqu'exposés à des variations plus ou moins manifestes, relativement à la latitude dans laquelle ils se trouvent. Nous traiterons dans le troisième des appareils nécessaires pour constater les loix du mouvement accéléré & retardé. Dans le quatrième, de ceux qui font connoître les effets de la combinaison de la

pesanteur avec toute autre force. Dans le cinquieme enfin , de ceux qu'on a imaginé pour expliquer la cause de la pesanteur. Planche VIII.

PARAGRAPHE PREMIER.

Des Appareils propres à démontrer que tous les corps sont soumis à l'action de la pesanteur.

QUOIQU'ON soit revenu depuis long-temps des préjugés de l'ancienne Ecole , il est encore nombre de corps , tels que la fumée , la flamme , les vapeurs & quantité d'autres , dont la pesanteur spécifique est moindre que le fluide dans lequel ils nagent , ce qui peut faire naître quelque difficultés sur l'affertion présente. Il n'est donc pas hors de propos de faire observer & de confirmer par expérience , que ces corps ne sont rien moins que légers , quoiqu'ils paroissent fuir naturellement le centre des graves. Nous en excepterons ici le feu & la flamme , dont nous aurons occasion de parler en particulier.

PREMIER APPAREIL.

AB, (Pl. VIII, fig. 3.) , est un fleau de balance bien mobile , attaché à la potence

Appareil propre à démontrer que les vapeurs sont pesantes.
Fig. 3.

Planche
VIII.

CD. On suspend à l'un des bras de ce fleau, une capsule de cristal F, plus large que profonde, remplie d'eau ou de tout autre fluide évaporable. On peut encore, pour plus grande commodité, poser simplement la capsule dans le bassin même de la balance, & placer dans le bassin opposé, un contre-poids P, suffisant pour établir l'équilibre.

U S A G E

De cet Appareil.

ON laisse cet appareil en situation, pendant l'espace de plusieurs heures : pendant ce temps le liquide compris dans la capsule F s'évapore & on voit le poids P devenir prépondérant à proportion de l'évaporation. Les vapeurs ne sont donc rien moins que légères, puisque réunies à la masse qui les fournit, elles augmentent le poids de cette masse.

S E C O N D A P P A R E I L.

Appareil propre à démontrer la pesanteur de la fumée.

Fig. 4.

SUR la platine P de la machine pneumatique, (Pl. VIII, fig. 4.), on établit un support de bois AB, sur lequel on pose un bougeoir C. On met dans ce bougeoir un morceau de bougie & mieux un bout de

chandelle dont la méche soit bien allumée. **Planche VIII.**
On recouvre le tout d'un long récipient EF, **VIII.**
retréci par le haut.

U S A G E

De cet Appareil.

LES choses ainsi disposées , on fait agir la pompe : dès le premier coup de piston la lumière s'affoiblit : si on continue , elle s'allonge , elle abandonne la méche & elle s'éteint. La fumée qui la fuit & qui s'éleveroit jusqu'au haut du récipient , si elle étoit dépourvue de pesanteur , retombe sur la platine & fait voir que ce n'est point à raison de sa légèreté qu'elle s'élève ordinairement dans l'atmosphère.

P A R A G R A P H E S E C O N D.

Appareil propre à démontrer que tous les corps sont également maîtrisés par la gravité.

IL ne faut point confondre le poids d'un corps avec sa pesanteur : le Physicien doit développer ces deux idées & faire observer que lorsqu'on dit en Physique , que tous les

Planche VIII. corps font également pefans , on entend feulement qu'ils ont tous la même tendance vers le centre des graves. L'appareil fuivant le démontre d'une maniere très-fatisfaisante.

A P P A R E I L.

Appareil pour démontrer que tous les corps font également pefans.

Fig. 5.

A B, (Pl. VIII, fig. 5.), est un tube de cristal de trois à quatre pieds de longueur & de deux pouces ou environ de diametre. Il est bouché à ses deux extrémités avec des viroles de cuivre qui y font exactement maffiquées. La virole inférieure B, est percée d'un trou taraudé, propre à recevoir le robinet C, dont la vis doit être fuffifamment groffe, pour que le trou de la virole permette qu'on introduife dans le tube , des corps d'un certain volume. Il faut avoir foïn d'interpofer un collier de cuir entre la vis du robinet & l'écrou , & généralement entre toutes les pieces qui fe montent les unes fur les autres & dans lesquelles on veut faire le vuide.

J'introduis communément dans le tube , un morceau de papier & un morceau de plomb laminé, l'un & l'autre coupé circulairement & de quatre à cinq lignes de diametre. La bafe D du robinet , porte un écrou qui

qui se viffe sur la tetine de la machine pneu- Planche
matique. VIII.

U S A G E

De cet Appareil.

Si on renverse le tube à plusieurs reprises, lorsqu'il est encore rempli d'air, on observera que le morceau de plomb frappera le fond du tube lorsque le papier n'aura encore parcouru que les deux tiers ou environ de sa course, ce qui dépend de la longueur du tube & de la densité de l'air qui s'y trouve renfermé; mais si on applique ce tube sur la platine de la machine pneumatique & qu'on le vuide d'air aussi exactement qu'il est possible, on n'observera plus de différence sensible dans le temps de la chute de ces deux corps; deux phénomènes importans à développer & qui donnent lieu de faire connoître l'erreur de nos Anciens sur la pesanteur. On trouvera à ce sujet, des expériences très-curieuses faites à Londres, si on consulte le *Cours de Physique expérimentale du D. Desaguilliers.*

Le Physicien ne doit point encore oublier de faire observer ici les variations auxquelles l'intensité de la pesanteur se trouve exposée dans les differens climats. Il doit faire remar-

Planche VIII. quer que son intensité diminue des poles à l'équateur; il doit calculer la progression selon laquelle s'exécute cette diminution, rapporter l'histoire de cette découverte, faite par M. Richer, en 1672; rappeler les contestations qu'elle excita, ce que plusieurs Savans entreprirent pour terminer cette dispute, comment cette vérité fut constatée, les conséquences qu'on en tira relativement à la longueur des verges des pendules à secondes, destinés à être portés dans différentes latitudes, &c.

PARAGRAPHES TROISIEME.

Appareils propres à démontrer les loix du mouvement accéléré & du mouvement retardé.

TOUT corps abandonné à lui-même devient alors soumis à l'action de la pesanteur, tombe & accélère sa chute en tombant. Mais un corps qui tombe peut se mouvoir perpendiculairement ou obliquement à l'horison: il est donc important d'examiner les loix de la pesanteur dans ces deux circonstances.

Quoiqu'on regarde la pesanteur comme une loi générale de la nature, rien n'empê-

che , pour en développer plus facilement les effets , de la considérer comme une force constante qui agit uniformément sur un corps, pendant tout le temps de sa chute. Ses effets ou son action sur les corps qu'elle maîtrise , doit donc augmenter proportionnellement au temps pendant lequel elle se développe. D'où il suit qu'un corps qui se meut librement en vertu de sa pesanteur , doit accélérer son mouvement , & c'est une théorie des plus importantes en Physique.

Planche
VIII.

On conçoit que si la pesanteur agit constamment & de la même manière , pendant chaque instant consécutif de la chute d'un corps , ce corps se meut en vertu de la force qu'il a reçue pendant la durée des instans précédens , & en vertu de celle qu'il reçoit pendant la durée de l'instant actuel pendant lequel il se meut encore. Il se meut donc en vertu de deux forces , dont l'une , celle qui est acquise , est regardée comme *uniforme* , & celle qu'il acquiert comme *accélératrice*.

Principes généraux pour démontrer les loix de la pesanteur.

Or , on démontre qu'une force uniforme produit un effet double de celui que produit , dans le même temps , une force accélératrice. D'où l'on conclut qu'un corps soumis , pendant plusieurs instans , à l'action de la pesan-

Planche
VIII.

teur, & qui se meut librement & perpendiculairement à l'horison, accélère son mouvement selon la progression des nombres impairs, 1, 3, 5, 7, 9, &c.

On démontre pareillement, d'après les mêmes principes, qu'un corps lancé de bas en haut avec une force donnée, parcourt des espaces qui vont en décroissant, selon la progression des nombres 9, 7, 5, 3, 1.

On démontre d'après une expérience faite par M. *Huyghens*, qu'un corps abandonné à lui-même, dans le climat de Paris, parcourt quinze pieds pendant la durée de la première seconde de sa chute, & c'est d'après ces données, que le Physicien doit développer amplement, qu'il peut rendre raison de tous les phénomènes de la chute des corps, & résoudre tous les problèmes qui ont rapport à cette théorie, plus susceptible d'être démontrée géométriquement que de toute autre manière.

On peut considérer le mouvement d'un corps qui se meut obliquement à l'horison, comme celui d'un corps qui se meut sur un plan incliné. Or, il est facile de démontrer & de confirmer par expérience, qu'un corps qui se meut librement sur un plan incliné,

est soumis aux mêmes loix , quant à sa chute , qu'un corps qui se meut librement & perpendiculairement à l'horison.

PREMIER APPAREIL.

AB & CD , (Pl. IX, fig. 1.), sont deux cordes de métal ou de boyaux tendues obliquement & formant un angle de vingt-deux degrés ou environ. Ces cordes éloignées l'une de l'autre à la distance de trois à quatre pouces , doivent avoir dix à douze pieds de longueur , pour que l'expérience soit suffisamment sensible. G est un poids qui glisse librement à l'aide d'une poulie qui embrasse la corde AB. Ce poids doit être monté de manière que son centre de gravité se trouve sensiblement au-dessous de la corde , afin que la pointe qu'on remarque à sa partie supérieure , conserve la même situation.

IX.

Appareil propre à démontrer l'accélération des graves.

Fig. 1.

H est un pendule qui se meut librement sur ses points de suspension A a , & dont la verge excède un peu vers f. La longueur de ce pendule doit être telle , qu'il fasse exactement une vibration , tandis que le mobile G parcourt la neuvieme partie de la corde AB.

On place sur la longueur de la corde CD, un petit timbre K, mobile, & on le fixe où

Planche l'on veut par une vis de pression. Ce timbre
IX. doit être frappé par un marteau que le poids
G fait mouvoir en passant.

Le pendule H fait également sonner un second timbre I, dont le son est différent de celui du timbre K, & cet appareil doit être monté de façon que la queue *f* du pendule venant à se mouvoir, lâche une soie qui retient le poids G; d'où il suit que ce poids part au premier son du timbre I & qu'il arrive à la fin de la première division, où il fait sonner le timbre K, au moment où le pendule fait sonner le timbre I pour la seconde fois.

U S A G E

De cet Appareil.

LA corde AB étant divisée en neuf parties égales, on dispose le poids G à l'origine de la première division, & on fixe le timbre K de manière qu'il réponde sur la corde parallèle, à l'extrémité de cette même division. On fait partir le pendule & on examine avec attention si sa longueur est telle qu'il convient pour que le second coup du timbre I coïncide avec le premier du timbre K; ce qui démontre que le poids G a parcouru son pre-

mier espace pendant la durée de la première vibration du pendule. Si cet effet n'est pas bien exact, on remonte ou on descend la lentille H, jusqu'à ce que la longueur du pendule soit arrivée à sa juste mesure. On remonte la lentille pour faire accélérer le pendule, & on la descend pour le faire retarder.

Lorsque le pendule est tel qu'il convient, on réitère l'expérience & on voit que le poids G arrive à la fin du premier espace pendant la durée de la première vibration. On reporte ensuite le timbre K vis-à-vis l'extrémité inférieure du quatrième espace : on réitère l'expérience, & le poids G arrive à la fin de ce quatrième espace, lorsque le pendule a achevé sa seconde vibration. On continue la même expérience, & le poids G a parcouru les neuf divisions à la fin de la troisième vibration : d'où il suit que les espaces parcourus suivent la progression des nombres impairs, 1, 3, 5, &c.

Un corps qui se meut sur un plan incliné est donc également soumis à l'action de la pesanteur : mais on remarque cette différence, que son mouvement est ralenti par l'inclinaison du plan, d'une quantité proportionnée à cette inclinaison, & c'est une théorie que le

Planche
IX.

Physicien ne peut trop étudier, & qu'il doit développer avec la plus grande exactitude.

Il peut, à l'aide de cette théorie, assigner avec précision l'espace qu'un mobile parcourroit sur la longueur d'un plan incliné, dans le même temps qu'il tomberoit de la hauteur verticale de ce plan; ce qui le conduit à démontrer qu'un corps qui se meut librement selon la corde d'un cercle donné, emploie le même temps à parcourir la longueur de cette corde, qu'à tomber librement de toute la hauteur du diamètre vertical de ce cercle. On peut même confirmer cette vérité avec l'appareil suivant.

SECOND APPAREIL.

Appareil propre à démontrer que les cordes d'un cercle sont parcourues dans le même temps que le diamètre.

Fig. 2a

A E B G, (Pl. IX, fig. 2.), est un cercle de trois à quatre pieds de diamètre. Les extrémités de l'un de ses diamètres A B, sont percées de deux trous faits pour recevoir l'alidade B C, creusée en forme de gouttière, de sept lignes de largeur ou environ. Cette alidade successivement placée en A & en B, & tournant librement sur ces deux points, peut mesurer toutes les cordes du cercle. On remarque en O, une espèce de pince à ressort qui s'ouvre en tirant le fil qui y est atta-

ché. On en voit une semblable sur l'alidade *BC*, mais cette dernière tient à une bride qui glisse sur l'alidade & qui se fixe à la hauteur qu'on desire, par une vis de pression *E*. Cette bride porte outre cela une queue faite en forme de coq : celle-ci embrasse la circonférence du cercle & sert à fixer l'alidade sur un des points de la circonférence, & à la contenir dans le degré d'obliquité qu'on veut lui donner.

Planche
IX.

U S A G E

De cet Appareil.

L'ALIDADE *BC* étant placée au point *B* & fixée en *E*, on met une boule de métal de six lignes ou environ de diamètre, sous la pince *D* : on en met une semblable en *A*, sous la pince correspondante. On attache un fil de communication au bouton de chacune de ces pincés & on dirige ce fil de manière qu'en le tirant on fasse ouvrir en même temps les deux pincés. Les deux billes tombent ensemble & arrivent au même moment en *B*, où l'on peut placer, si on le juge à propos, une caisse pour les y recevoir. Elles parcourent donc en même temps, l'une le diamètre vertical & l'autre une des cordes du même cercle.

Planche
IX.

On peut réitérer la même expérience, en changeant l'inclinaison de l'alidade BC, & conséquemment en lui faisant représenter une toute autre corde du même cercle.

Cette importante théorie conduit naturellement à celle des oscillations du pendule, dont nous ne donnerons ici qu'une légère idée, parce que cette matière est peu susceptible d'être traitée par expérience. Elle doit donc être étudiée dans les Ouvrages des célèbres Mathématiciens qui l'ont développée avec tout le soin qu'elle mérite. On peut consulter à ce sujet, *Desaguilliers*, *Mussenbroek*, *Sgravesande*, *Huyghens*, &c.

On distingue les pendules en *simples* & en *composés*, quoiqu'à proprement parler, tout pendule soit nécessairement composé. Nous laissons à ceux qui traiteront cette matière, à faire connoître ce qu'on entend par ces deux espèces de pendules; ce qu'on appelle *oscillations* ou *vibrations* dans un pendule; ce qu'on nomme *centre d'oscillation*, *centre de mouvement*. Ce sont autant de définitions qui doivent précéder l'exposition des phénomènes dont nous allons donner un précis suffisant & relatif au but de cet Ouvrage.

On peut, à l'aide de l'appareil que nous

venons de décrire (fig. 2.), en supposant Planche
cependant qu'on implante un style au centre du IX.
cercle & qu'on y suspende un fil , à l'extré- Fig. 29
mité inférieure duquel on attache un poids
tel que la bille M , on peut , dis-je , faire
observer

1°. Qu'un corps qui se meut autour d'un centre & qui décrit un arc de cercle , arrive un peu plus tard à l'extrémité de cet arc que s'il tomboit en parcourant la corde de ce même arc.

2°. Que cette différence sera d'autant plus sensible qu'on fera décrire un plus grand arc à ce mobile.

3°. Que les oscillations d'un pendule d'une longueur un peu considérable & qui se font dans de très-petits arcs , ne diffèrent pas sensiblement quant à leur durée, de celle de la chute d'un corps par la corde de ces mêmes arcs.

4°. Que la différence dans le poids des pendules n'influe point sensiblement sur la durée de leurs vibrations.

5°. Que les vibrations d'un même pendule sont sensiblement isochrones , quoiqu'elles se fassent dans des arcs différens.

6°. Enfin que la longueur du pendule varie

Planche **IX.** singulièrement le temps de ses vibrations, & que ces vibrations considérées dans deux pendules, qui ne diffèrent qu'en longueur, sont entr'elles, quant à leur durée, en raison inverse ou réciproque de la racine quarrée de leurs longueurs; c'est-à-dire, que si l'un des pendules est quatre fois plus court que l'autre, le plus court fera deux vibrations tandis que le plus long n'en fera qu'une.

La perfection du pendule ne répondit point assez bien à l'attente de *M. Huyghens*, pour que nous parlions ici de la *cycloïde* qu'il imagina d'y adapter. Nous laissons à celui qui voudra traiter cette matière, le soin d'exposer l'idée de ce Savant sur l'application de cette courbe au pendule. Nous nous bornerons à indiquer un appareil très-simple & très-propre en même temps à démontrer les principales propriétés de cette courbe, dont la génération & le développement doivent être traités géométriquement.

TROISIEME APPAREIL.

Appareil propre à démontrer les propriétés de la cycloïde.
Fig. 3.

SUR un plan *A G*, (Pl. IX, fig. 3.), on a creusé la gouttière *C D*, faisant portion d'une cycloïde. On a appliqué à côté une seconde gouttière *A B*, faisant portion d'une

circonférence de cercle & une troisieme EF, Planche
qui représente la corde de cet arc. Le tout IX.
est soutenu sur la base TT.

U S A G E

De cet Appareil.

ON démontre , à l'aide de cet appareil ,
que si deux billes de métal sont placées , l'une
au haut de la corde EF & l'autre à l'origine
de l'arc AB , & qu'on les abandonne en
même temps à elles-mêmes , celle de ces
deux billes qui parcourra la corde se mouvra
plus vite & arrivera plus promptement à la
fin de sa chute F , ce qui confirme qu'un corps
qui se meut & qui oscille dans un arc de cer-
cle d'une certaine étendue , se meut moins
vite que lorsqu'il parcourt la corde du mê-
me arc.

Si on replace ces deux billes , l'une dans la
même gouttiere EF, & l'autre dans la gouttiere
CD, creusée en portion de cycloïde, ces deux
billes abandonnées en même temps & de la
même hauteur , arriveront ensemble au bas
de leur gouttiere.

Elles arriveront encore en même temps ,
si l'une de ces billes tombe du haut de

Planche IX. la gouttiere EF, & l'autre de tout point quelconque pris dans la gouttiere CD; ce qui prouve qu'un pendule, qui se meut entre deux arcs de cycloïde, fait des vibrations de même durée, soit qu'il se meuve dans de grands ou dans de petits arcs, & ce fut la principale des raisons qui déterminèrent *M. Huyghens* à adapter la cycloïde aux pendules. Mais comme l'arc d'un cercle comparé à une portion de cycloïde, se confondent sensiblement ensemble vers leurs extrémités inférieures, deux billes placées vers le bas des gouttieres AB & CD, les parcoureront en même temps qu'une troisième parcourroit une portion quelconque de la corde EF, propriétés importantes de la chute des corps dans de petits arcs de cercle, & que le Physicien doit nécessairement faire observer. Aussi les savans Horlogers, qui étudierent & qui découvrirent cette propriété, furent-ils en profiter pour régler aussi exactement le mouvement des pendules sans les faire osciller dans des arcs de cycloïde.

Ce seroit encore très-bien ici qu'il conviendrait d'exposer les inventions ingénieuses de MM. *Graham*, le *Roy*, & de plusieurs autres, pour conserver aux pendules

une longueur constante, nonobstant les dilata-
tions & les allongemens auxquels les verges
de ces pendules sont exposées, à proportion
que la température de l'air augmente, ou
qu'il survient de nouveaux degrés de chaleur.

Planche
IX.

P A R A G R A P H E Q U A T R I E M E.

*Des Appareils propres à faire observer les
effets de la combinaison de la pesanteur
avec toute autre force.*

NOUS avons fait observer précédemment,
que tout corps soumis à l'action simultanée
de plusieurs puissances, compose son mouve-
ment de la direction de chacune de ces puis-
sances & prend une direction moyenne en-
tre celles que chacune de ces puissances tend
à lui faire suivre. Or, tout corps qu'on lance
parallèlement ou obliquement à l'horison, se
trouve nécessairement soumis à l'action de
deux puissances; 1°. à l'action de la force pro-
jectile qui le dirige suivant une direction pa-
rallèle ou oblique à l'horison; 2°. à l'action
de la pesanteur qui se fait sentir efficacement
sur tous les corps qui ne sont point soutenus.
Il doit donc composer son mouvement &
prendre une direction moyenne entre les
deux qu'il reçoit en même temps.

En faisant ici abstraction de toute résistance possible , la force projectile est une force constante & uniforme qui produit des effets semblables en temps égaux , tandis que la pesanteur est une force accélératrice dont les effets vont en augmentant. Le mobile doit donc constamment se prêter davantage à cette dernière , à proportion qu'il y est plus long-temps soumis , & il doit en conséquence décrire une ligne courbe qui mérite d'être examinée avec toute l'attention possible.

Tous les Physiciens sont d'accord que , dans l'état présent des choses , nonobstant les obstacles qui s'y opposent , cette courbe doit être regardée comme une véritable *parabole* , dont nous abandonnons la théorie , que le Physicien ne doit point négliger , pour ne parler que de l'expérience qui confirme cette vérité.

P R E M I E R A P P A R E I L .

Planche X. AB, (Pl. X, fig. 1.), est un plan de bois élevé sur une tablette CD qu'on calle & qu'on met de niveau par le moyen de trois vis & d'un aplomb Ab, placé sur l'un des côtés de la machine. Sur l'épaisseur du plan AB, est creusée une gouttière circulaire AE de

Appareil propre à démontrer la chute parabolique des corps.
Fig. 1.

de sept lignes de largeur. EF , est un second plan ajouté au premier, mais postérieurement & à la suite de la gouttière, sur lequel on a tracé des espaces égaux ac , cd , de , destinés à représenter les impressions uniformes de la force projectile. af , ch , iK , représentent celles de la pesanteur & conséquemment ils représentent des espaces qui vont en croissant comme la suite directe des nombres impairs, 1, 3, 5, 7, &c. La diagonale aH , inclinée aux points g , i , doit être censée semblablement inclinée dans tous les points de sa longueur; puisqu'au lieu des quantités sensibles ac , cd , de , on eût pu prendre des quantités insensibles ou infiniment petites, pour représenter tous les instans infiniment petits, pendant lesquels le mobile se meut selon la direction ae . G est un anneau d'un pouce de diamètre ou environ, disposé sur le plan EF , aux angles g ou i . On peut en mettre un semblable à chacun de ces points. H est un trou de même diamètre, creusé sur la tablette CD à l'extrémité de la courbe aH .

Planche
X.

U S A G E

De cet appareil.

LA machine étant exactement callée ou mise de niveau, on laisse tomber du haut de la gouttiere A E, une bille de cuivre ou de tout autre métal, de six lignes ou environ de diametre. Cette bille descend d'un mouvement accéléré, & s'échappant au point E, elle tend à se mouvoir selon la dernière impression qu'elle a reçue dans sa chute. Elle tend donc à suivre la ligne *ae*, mais n'étant plus soutenue alors, elle obéit tout-à-la-fois à l'impression de la force projectile qui l'anime, & à l'action de la pesanteur. Elle compose donc son mouvement des deux directions qu'elle reçoit, l'une représentée par *ac*, & l'autre par *af*, & conséquemment elle suit la diagonale *ag*. La pesanteur tendant à lui faire parcourir, dans le second instant, un espace triple de celui qu'elle lui a fait parcourir pendant la durée du premier instant, elle compose son mouvement des directions *gh* & *gL*, & elle décrit la diagonale *gi*, à l'extrémité de laquelle elle rencontre l'anneau G, par lequel elle passe : maitrisée alors

par les forces représentées par $i m$ & $i K$, elle décrit la diagonale $i H$ & elle vient se précipiter dans le trou H . Elle décrit donc la courbe parabolique tracée sur le plan devant lequel elle se meut. Planche X.

On conçoit facilement que quelque exact que soit cet appareil, il ne faut pas espérer de voir constamment la bille décrire la parabole $ag i H$: le frottement qu'elle éprouve dans la gouttière $A E$, & conséquemment la manière selon laquelle elle s'en échappe, la déroute souvent du chemin qu'elle devoit suivre. Observation sur cet Appareil.

Ce qu'on ne peut trop recommander dans la construction de cette machine, c'est que la gouttière soit bien unie & qu'on ait bien étudié la chute de la bille dans le premier instant, avant de tracer le premier parallélogramme $a f g c$, d'où dépend essentiellement la direction de la diagonale ag , & conséquemment la chute totale de la bille.

Pour démontrer que les fluides, pareillement exposés à l'action simultannée d'une force projectile & de la pesanteur, décrivent une parabole, on se sert de l'appareil suivant.

Planche

X.

Appareil
propre à dé-
montrer la
chûte para-
bolique des
liquides.

Fig. 2.

S E C O N D A P P A R E I L .

R S , (Pl. X , fig. 2.) , est une caisse plus longue que large & bien unie intérieurement , sur l'un des grands côtés de laquelle s'éleve un plan vertical blanchi. On trace sur ce plan les portions paraboliques A E D , A L M , A I K . Sur l'un des petits côtés de cette caisse s'éleve un montant qui porte une espece de gouffet P ; c'est sur ce gouffet qu'on établit solidement un tube cylindrique de verre B , de quinze à dix-huit lignes de diametre , & suffisamment solide pour qu'on puisse le remplir de mercure. Ce tube est garni inférieurement d'une virole de métal T : cette virole porte un robinet dont la clef se termine par un ajutage A , qu'on peut tourner en toutes sortes de sens.

U S A G E

De cet Appareil.

O N remplit de mercure le tube B , & on tourne d'abord l'ajutage A dans une position verticale. Le mercure n'obéit alors qu'à la pesanteur qui le sollicite de haut en bas , mais dont la direction , changée par la position de l'ajutage , l'oblige à s'élever de bas

en haut , & il s'élançe par une ligne verticale presque à la hauteur de son niveau, dans le réservoir. Planche
X.

On dispose ensuite l'ajutage dans la direction horifontale A H : le mercure jaillissant par cette ouverture, devient à son issue , soumis à l'action de la pesanteur , & il décrit la parabole AED.

Si on tourne l'ajutage de façon qu'on lui fasse prendre la direction oblique AF ou AG, le mercure décrit alors la parabole AIK ou ALM.

D'où il suit que tout corps quelconque , solide ou liquide , soumis tout-à-la fois à l'action d'une force projectile & à celle de la pesanteur , décrit une parabole. C'est la courbe qu'affecte un boulet ou une bombe lorsqu'on pointe les pieces d'artillerie selon une direction parallèle ou oblique à l'horifon. C'est une matiere qu'on ne peut trop étudier & qu'on trouvera très-clairement développée dans le *Traité d'artillerie de M. Leblond*. On y apprendra de quelle maniere , ou mieux sous quel angle , il convient de diriger les pieces pour atteindre sûrement le but qu'on se propose de frapper ; & en général on y trouvera la solution de

Planche X. tous les problèmes relatifs à cette importante partie de la guerre.

Nous ne pouvons nous permettre d'entrer ici dans le détail de toutes les variations auxquelles l'action de la pesanteur peut être soumise par sa combinaison avec une force projectile donnée, & conséquemment de développer la nature & les propriétés de différentes courbes qui peuvent en résulter. Cette théorie, peu susceptible d'être démontrée par expérience, doit être particulièrement étudiée dans les Ouvrages des Mathématiciens. Ceux qui voudront se livrer à l'étude de l'astronomie & connoître parfaitement les mouvemens des corps célestes, qui ne dépendent tous que d'une multitude de combinaisons variées de ces deux forces, trouveront de quoi satisfaire leur curiosité dans l'excellent Ouvrage de M. de Lalande.

PARAGRAPHÉ CINQUIÈME.

Des Appareils qu'on a imaginés pour expliquer la cause de la pesanteur.

S'IL n'est pas donné au Physicien de remonter & d'assigner la cause de ces phénomènes, que nous regardons comme l'effet

d'une loi générale de la nature, dont nous ne pouvons que calculer les effets, remarquer les différences relatives aux circonstances variées qui les modifient singulièrement; il ne doit point passer sous silence les différentes hypothèses auxquelles l'envie de tout expliquer, donna successivement naissance. Il pourra se satisfaire à cet égard en consultant un Ouvrage du Pere *Castel*, intitulé, *Traité de la pesanteur*. Nous ne parlerons ici que de l'hypothèse de *Descartes*, comme plus ingénieuse, mieux fondée & plus séduisante que les autres.

Bien persuadé que si plusieurs corps circulent dans un même espace d'où ils ne puissent s'échapper, l'excès de force centrifuge des uns, occasionnera la force centripète des autres, comme nous le démontrerons plus bas, ce célèbre Physicien imagina que la chute des corps sublunaires vers le centre de la terre, n'étoit que l'effet de l'excès de la force centrifuge du tourbillon de la terre; idée extrêmement ingénieuse & qu'il convient de mettre dans tout son jour, mais que nous nous contenterons de faire connoître par l'expérience que *Descartes* proposa pour la confirmer.

Opinion de
Descartes.

Planche
X.

Planche
X.

Appareil du
globe de Des-
cartes.

Fig. 3.

P R E M I E R : A P P A R E I L .

A, (Pl. X, fig. 3.), est un globe creux de cristal qu'on établit entre deux poupées CD, EF, sur les pivots desquelles il puisse tourner librement. Ce globe est mené par une roue B, dont la corde peut se bander plus ou moins, en faisant monter cette roue le long du pilastre FG. Celui-ci est creusé de deux rainures à jour dans lesquelles glisse le châssis de la roue qu'on arrête à la hauteur convenable, par les deux vis de pression qui saillent au-devant de ce pilastre.

U S A G E

De cet Appareil.

ON remplit d'eau le globe A, & on introduit dans cette eau une goutte ou deux d'un autre liquide spécifiquement moins pesant : je me contente d'y laisser une bulle d'air qui y occupe un segment d'un pouce ou environ. L'air ne fait aucune tache sur les parois du globe, l'huile au contraire qu'on pourroit substituer à sa place & dont plusieurs Physiciens font usage, laisse une couche grasse sur ses parois & les ternit. On ferme le globe

avec une virole ou un bouchon à vis : on l'établit entre les poupées & on le fait tourner rapidement sur son axe. On voit la bulle d'air se diviser en plusieurs petits globules : ces globules se réapndent dans les différens cercles parallèles à l'équateur du globe & se précipitent tous aux centres particuliers de chacun de ces cercles pour se rassembler dans la longueur de l'axe du globe. Planche X.

L'excès de la force centrifuge de l'eau n'occasionne donc point ici la force centripete de la bulle d'air , puisqu'au lieu d'arriver au centre du globe & de s'y contenir , cet air se distribue sur toute la longueur de son axe. L'expérience que *Descartes* réclamoit en faveur de son opinion est donc bien éloignée de répondre aux vues de son Auteur , & c'est ce que *M. Huyghens* avoit prévu & démontré avant d'avoir consulté l'expérience.

Cette opinion étoit néanmoins trop ingénieuse & trop mécanique pour qu'on l'abandonnât aisément, aussi plusieurs célèbres Physiciens tâcherent - ils de la modifier & de l'amener à un degré de perfection qui pût lui donner toute la vraisemblance qu'on peut désirer en pareilles circonstances.

Parmi toutes les modifications qu'on lui

Planche donna , il convient de distinguer celle de
 X. M. *Bulfinger* ; c'est, fans contredit, la plus ingénieuse & la plus mécanique. Il attribue deux mouvemens au tourbillon de la terre , l'un qui l'entraîne du midi au septentrion & l'autre de l'est à l'ouest : or , en vertu de ces deux mouvemens , tout corps soumis à l'impression de l'excès de leur force centrifuge , doit nécessairement suivre une diagonale qui le dirige au centre de ce globe. Voici l'appareil destiné à représenter cet effet.

SECOND APPAREIL.

Appareil de
Bulfinger.
 Fig. 4.

LE globe A, (Pl. X, fig. 4.), est entouré d'une espece de méridien de cuivre BC, dans lequel il se meut circulairement sur deux pivots B & C. Le méridien lui-même se meut sur deux autres pivots D & E, opposés à angles droits aux deux premiers. Le tout circule entre les deux poupées de la machine précédente. *a, b, d, c*, sont quatre poulies embrassées par une corde de renvoi & disposées de maniere que la rotation du méridien entraîne nécessairement celle du globe.

U S A G E

Planche
X.

De cet Appareil.

ON remplit encore d'eau le globe A, & on y introduit pareillement une bulle d'air. On le fait tourner sur le méridien BC; il participe alors au mouvement de ce méridien, mais tiré outre cela par la corde de renvoi, il se meut sur son axe particulier. Le globule d'air se trouve donc alors maîtrisé par deux forces opposées à angles droits, & conséquemment devroit, en suivant la diagonale des deux directions qu'elles tendent à lui imprimer, se porter directement au centre du globe A. Or, le résultat de l'expérience est encore le même que dans l'opération précédente.

Nous observerons cependant ici que cette machine ne répond point aux données de *Bulfinger* : que si le globe est entraîné par deux forces dont les directions font entre elles un angle droit, la masse d'eau qu'il contient ne décrit point réellement les deux cercles indiqués, mais une espèce de courbe rentrante qui forme, à peu de chose près, un 8 de chiffre. Malgré le défaut d'exactitude qu'on reproche à juste titre à cette ma-

Observation
sur l'appareil
du *Bulfinger*.

Planche X. chine, on conçoit que deux tourbillons de matiere fluide mûs en deux sens différens, ne peuvent subsister en même temps & d'une maniere permanente.

Idée plus exacte de la pesanteur.

L'idée la plus exacte qu'on puisse se former de la pesanteur, c'est de la regarder comme un phénomène qui suit de la loi générale d'attraction, ou mieux, qui n'est autre chose que l'effet de cette loi, & si cette dernière n'est pas strictement un effet de la volonté pure & simple du Créateur, comme tout nous porte à le croire, nous ne pouvons disconvenir que la cause physique de cette loi est encore bien éloignée de la foible portée de l'esprit humain.

Bornons-nous donc à examiner plus particulièrement les effets de la pesanteur générale : à suivre les loix constantes auxquelles tous les corps sont soumis à cet égard : à comparer les rapports de vitesse qui les approchent du centre vers lequel ils tendent, relativement à la distance à laquelle ils en sont éloignés & aux autres circonstances qui modifient plus ou moins l'action de la pesanteur.

C'est particulièrement en étudiant les effets des distances qu'on est parvenu à démontrer

que les vîtesses avec lesquelles deux corps s'approchent d'un même centre, font en raison réciproque, du quarré de leurs distances à ce centre, & cette théorie est on ne peut mieux établie, lorsqu'on considère la chute des corps placés dans l'orbe de la lune, & qu'on la compare à celle de ceux qui sont placés vers la surface de notre globe. Nous avons suffisamment fait connoître & développé ce rapport dans nos *Leçons de Physique expérimentale*.

Planche
X.

ARTICLE SEPTIEME.

Des Appareils des forces centrifuges.

ON démontre que tout corps qui se meut circulairement ou dans toute autre courbe quelconque, acquiert par sa rotation, une tendance à s'éloigner du centre de son mouvement, & qu'il s'en éloigneroit effectivement s'il ne trouvoit un obstacle qui s'oppose à cet effet. Cette tendance est connue en Physique sous le nom de *force centrifuge*.

Quoiqu'il soit important de considérer les effets de cette force dans toutes les courbes qu'un corps peut décrire, nous ne les con-

fidérerons ici que dans les corps qui se meuvent circulairement, comme plus susceptibles de se prêter, dans cette circonstance, aux expériences que nous nous proposons d'indiquer. Nous abandonnerons à ceux qui voudront embrasser cette théorie selon une plus grande étendue, le soin de considérer cette même force dans toute autre courbe, d'exposer l'obstacle qui retient ces corps dans les orbés qu'ils décrivent & les modifications variées auxquelles ils sont exposés.

P R E M I E R A P P A R E I L .

Planche
XI.

Appareil propre à démontrer la force centrifuge.

Fig. 1.

AB, (Pl. XI, fig. 1.), est une espede de godet de quatre à cinq pouces de profondeur, entouré vers le haut d'un cercle de métal, dans les deux oreilles *a* & *b*, duquel on passe une corde CD, pour en former une fronde. Il faut donner au cordon CD, toute la longueur qu'on peut lui laisser, pour qu'un homme puisse faire tourner cet appareil autour de sa main sans que le godet frappe le quarréau.

U S A G E

Planche
XI.*De cet Appareil.*

LE godet AB étant rempli d'eau jusqu'au bord, on saisit avec la main l'extrémité du cordon : on fait mouvoir ce vaisseau circulairement, comme on fait mouvoir une fronde & on lui imprime une vitesse un peu rapide. On observe alors que quoique l'ouverture du vaisseau se trouve renversée perpendiculairement, chaque fois qu'il passe au zenith de celui qui le fait tourner, l'eau demeure constamment dedans sans qu'il s'en échappe une goutte. La force centrifuge qui tend à porter l'eau vers le fond du vaisseau, surpasse donc la force centripete qui tend à la faire tomber lorsque l'ouverture du vaisseau est renversée.

SECOND APPAREIL.

SUR l'un des angles d'une table triangulaire ABC, (Pl. XI, fig. 2.), dont les côtés ont vingt-huit à trente pouces de longueur, s'éleve un montant BD, sur la hauteur duquel on établit une roue R qui peut se mouvoir de bas en haut dans une coulisse, & qu'on fixe à

Machine des
forces centra-
les.

Fig. 2.

Planche
XI.

une hauteur convenable par deux vis de pression *a*, *b*. Cette roue est embrassée par une corde qui se croise derrière & au bas du montant sur une poulie *E* à double gorge, afin que cette corde ne s'embarasse pas. Elle passe de-là sur deux poulies de renvoi placées obliquement de chaque côté du montant *BD*, & au-dessous de la poulie *E*, d'où elle revient par deux ouvertures *c*, *d*, raser à deux pouces ou environ, la surface de la table pour embrasser deux grosses poulies *F*, *G*, sur lesquelles elle se croise. Ces deux poulies mobiles sur deux longs pivots qui leur servent d'axe, sont fixées aux angles *A* & *C* de la table. Il convient même de creuser plusieurs gorges sur l'épaisseur de ces poulies, & de connoître les rapports entre les diamètres de ces gorges. Il faut avoir soin de marquer le centre de ces poulies pour le faire coïncider avec celui de différentes pièces qui se montent dessus. *AB*, (Pl. XI, fig. 3.), est un portant de deux pieds de longueur, sur les deux extrémités duquel s'élevent deux petits mentonnets *AE*, *BF*, de deux pouces de hauteur, traversés par un fil de métal *ab*, qu'on y retient & qui y est tendu par une vis *b*. Sur la longueur de ce fil sont en-

filées

Fig. 3.

filées deux billes d'ivoire C, D, de quinze à dix-huit lignes de diamètre & de même poids. Planche XI.

Il faut avoir soin que ce fil soit bien dressé & que les billes puissent glisser librement sur sa longueur. La tablette de ce portant doit être blanchie & divisée de part & d'autre, depuis son milieu, jusqu'à ses extrémités en un certain nombre de parties égales, supposons en pouces.

Le portant AB, (Pl. XI, fig. 4.), est tout-à-fait semblable au précédent, avec cette seule différence que les billes C & D sont différentes en masse & d'une quantité connue. J'ai coutume de les prendre dans le rapport de 1 à 2. Fig. 4.

Sur le milieu du portant AB, (Pl. XI, fig. 5.), on voit un vaisseau C solidement établi: il est ouvert par le haut & sur deux points de ses côtés. On adapte à ces dernières ouvertures & on y mastique solidement les deux tubes de verre DE, FG, renflés vers leurs extrémités E & G. Ces deux tubes, posés dans une situation inclinée, sont encore retenus par deux anneaux à ressort *abc*, qui embrassent les boules E & G. Ces ressorts sont attachés à vis en *c* sur les mentonnets du portant. Fig. 5.

Sur le portant AB, (Pl. XI, fig. 6.), on Fig. 6.

Planche
XI.

a assemblé deux plans de bois inclinés à l'horison, & sur chacun desquels on a creusé deux rainures pour recevoir quatre tubes cylindriques de verre, retenus vers le milieu de ce portant par un morceau de bois, dans l'épaisseur duquel ils sont implantés. Les deux tubes *cd*, *ef*, sont remplis d'eau & renferment l'un une petite balle ou un cylindre de cuivre, l'autre une petite boule de liege. Les deux autres *gh* & *ik*, sont remplis chacun de deux liqueurs de différente densité; l'un contient de l'eau & de l'huile de térébenthine, l'autre de l'huile de tartre & de l'esprit-de-vin coloré sur l'orfeil. Les rainures qui reçoivent ces tubes doivent être d'une couleur un peu tranchante, pour qu'on puisse distinguer aisément ces liqueurs.

U S A G E

De cet Appareil.

Fig. 3.

1°. ON monte le portant AB, (fig. 3.) sur l'une des poulies, supposons F de la machine décrite (fig. 2.), de manière que le centre de ce portant réponde exactement au centre de la poulie. On éloigne également les billes C & D du centre de la rotation, & on tend suffisamment la corde pour que

Fig. 2.

son mouvement puisse entraîner celui de la poulie & du portant. Lorsque la roue est en mouvement, on observe que les billes acquièrent, par leur rotation, une force centrifuge qui les éloigne du centre de leur mouvement, les fait glisser sur la longueur du fil de métal qui leur sert de rayon vecteur, & elles vont frapper les extrémités correspondantes du portant AB.

2°. Si on substitue à ce premier portant celui de la (fig. 5.), ayant soin de remplir d'eau ou de tout autre fluide, le vaisseau C, jusqu'à ce que la liqueur commence à se faire voir à l'origine des tubes qui tiennent à ce réservoir; on observe que la force centrifuge entraîne cette masse de liqueur dans les deux boules E & G, & lui fait surmonter l'effort de la pesanteur, puisqu'elle s'élève alors au-dessus du niveau de son réservoir.

Il suit de-là que tout corps qui circule, de quelque espèce qu'il soit, solide ou liquide, acquiert, par cette circulation, une force centrifuge à laquelle il obéit lorsqu'il ne se trouve point d'obstacle qui puisse la surmonter.

3°. Le portant AB, (fig. 4.), étant placé sur la même machine, & les deux billes C & D étant

Planche unies entre elles par une soie un peu lâche
 XI. dont on noue les deux bouts ; si ces billes sont
 placées à la même distance du centre du mou-
 vement , la force centrifuge de la bille D ,
 dont la masse est double , deviendra propor-
 tionnellement plus grande ; elle surmontera
 donc celle de la bille C & elle entraînera
 cette dernière avec elle. L'une & l'autre
 iront frapper l'extrémité B du portant AB ,
 ce qui prouve que la force centrifuge aug-
 mente avec la masse du corps qui circule.

4°. Si on place la petite bille C à une dis-
 tance beaucoup plus éloignée du centre du
 mouvement , & qu'on rapproche la bille D
 très-près de ce centre , la vitesse de la petite
 sera proportionnellement plus grande que
 celle de la grosse bille , & malgré l'excès de
 masse de cette dernière , la force centrifuge
 de la Bille C deviendra supérieure à celle de
 la bille D. La petite entraînera donc la grosse
 & elles iront l'une & l'autre frapper l'extré-
 mité A du portant ; ce qui prouve que la
 vitesse concourt à l'augmentation de la force
 centrifuge.

Il ne suffit pas de connoître ces principes ,
 qui servent de base à la théorie de la force
 centrifuge ; il faut en connoître toutes les

modifications, examiner de quelle maniere la masse & la vitesse entrent comme élémens dans le calcul de cette force. Nous en avons donné une idée assez précise dans nos *Leçons de Physique expérimentale*. Planche
XI.

5°. Le dernier portant AB, (fig. 6.), placé sur l'une des poulies de la machine, sert à démontrer le principe sur lequel *Descartes* avoit établi sa théorie de la pesanteur. Il démontre que si plusieurs corps sont renfermés dans un même espace, d'où ils ne puissent s'échapper, l'excès de force centrifuge des uns occasionnera la force centripete des autres. En faisant en effet mouvoir ce portant, on voit la bille de cuivre se porter vers le haut du tube & la boule de liège se précipiter au bas du sien. On remarque pareillement que l'huile de tartre gagne la partie supérieure du tube qui la renferme & qu'elle précipite au-dessous d'elle l'esprit-de-vin qui occupoit la partie supérieure du même tube, lorsque le portant étoit en repos. On voit enfin pour la même raison, l'eau monter vers la partie supérieure de son tube & l'huile de térébenthine portée vers le centre commun de la rotation de la machine. Fig. 6.

Planche
XI.

SECTION QUATRIEME.

*Des Appareils nécessaires pour démontrer
les principes de la Statique.*

Objet de
cette Sect.

LA Statique traite de la connoissance des machines & des avantages qu'on peut en attendre. On distingue les machines en *simples* & en *composées*; les simples sont le *levier*, la *balance*, la *poulie*, le *tour*, le *plan incliné*, la *vis* & le *coin*: les composées résultent de la combinaison plus ou moins multipliée des précédentes.

Division de
cette Sect.

On distingue dans une machine, la puissance, la résistance, le point d'appui, la vitesse, la ligne de direction & le centre de gravité. Chacun de ces objets mérite l'attention du Physicien, mais particulièrement le centre de gravité, dont nous exposerons, en peu de mots, les propriétés, avant de passer à la considération des machines. Nous diviserons donc cette Section en dix Articles; le premier concernera les centres de gravité: les sept suivans, les machines simples que nous venons d'indiquer: le neuvieme donnera une idée des machines composées, &

le dixieme traitera des cordes, dont l'appli-
cation & la connoissance sont indispenfables
dans le service de la plûpart des machines.

Planche
XI.

ARTICLE PREMIER.

*Des Appareils nécessaires pour démontrer
les propriétés des centres de gravité.*

LE centre de gravité d'un corps ou d'un
système de corps, est un point autour duquel
routes les parties de ce corps sont en équi-
bre. C'est dans ce point que se réunit l'effort
de la pesanteur qui tend à porter le corps
vers le centre des graves.

Dès que ce point cesse d'être soutenu, le
corps obéit à la pesanteur qui le maîtrise ;
il se précipite vers le centre de la terre. On
a sçu profiter de différentes manieres de cette
propriété pour la construction d'une multi-
tude de machines, dans le détail desquelles
nous ne pouvons nous permettre de des-
cendre. Nous en ferons connoître quelques-
unes ; celles qui sont d'un plus fréquent usage
en Physique.

La boussole, ou le compas de mer, doit à

Planche
XI.

cette propriété sa situation constante & parallèle à l'horison. Suspendue entre quatre pivots, placés au-dessus de son centre de gravité, elle suit tous les mouvemens du vaisseau, sans que le plan sur lequel son cadran est tracé, se dérange de son parallélisme. Nous en donnerons la description à l'Article *aimant*.

L'odometre, qui sert à mesurer le chemin que fait une voiture dans un temps donné, est un rouage dont le premier moteur est un centre de gravité qui n'est jamais soutenu; il tend donc constamment à descendre & il descend effectivement, en parcourant le cercle que la voiture lui fait décrire. Nous ne pouvons donner ici qu'une légère idée de cette ingénieuse machine, mais on en comprendra aisément la construction par ce simple exposé.

P R E M I E R A P P A R E I L.

L'odometre.
Fig. 7.

A, (Pl. XI, fig. 7.), est un morceau de cuivre assez épais, d'une forme approchante de la triangulaire. Cette piece est attachée & fixée au-dessus de son centre de gravité à un arbre C, mobile sur ses pivots. Cet arbre

porte un pignon D, qui engraine dans les dents d'une premiere roue E. L'arbre de cette roue G, porte également un pignon M, qui engraine dans les dents d'une seconde roue semblable à la premiere. Le pignon de cette seconde en mene une troisieme & ainsi de suite : le nombre de ces roues n'est pas fixé. La machine dont je fais usage est composée de sept pignons & de sept roues.

Le rapport entre le nombre des aîles des pignons & celui des dents des roues, doit être le même dans ce systême de roues, & quoique ce rapport ne soit point déterminé, nous croyons qu'il ne peut être que très-bien & très-commode pour calculer les effets, en prenant le rapport de 1 à 4, c'est celui que nous avons choisi dans la construction de notre machine.

L'arbre de chaque roue traverse la platine antérieure K de la cage & porte une aiguille qui parcourt la circonférence d'un cadran correspondant, divisé en quatre parties égales, en supposant que le rouage soit dans le rapport indiqué. Ces divisions numérotées sur chaque cadran indiquent successivement le nombre de tours que fait le centre de gravité A.

Planche
XI.

U S A G E

De cet Appareil.

Fig. 8.

LA cage de ce rouage étant fixée dans une boîte de métal, (fig. 8.), on attache cette boîte entre deux des rayons d'une roue de carrosse, ayant eu soin auparavant de disposer toutes les aiguilles de façon qu'elles répondent chacune au plus petit des quatre nombres gravés sur leur cadran, & on fait marcher la voiture. Lorsqu'elle a parcouru un chemin donné, on l'arrête & on regarde laquelle de ces aiguilles s'est déplacée la dernière & le nombre auquel elle répond indique le nombre de tours que les roues de la voiture ont faits : or, chaque tour d'une roue de voiture ordinaire mesure dix-huit pieds ou trois toises de terrain dans sa révolution ; ce qui suffit pour calculer & connoître le chemin que la voiture a fait.

S E C O N D A P P A R E I L .

Planche
XII.

Double cône
qui monte sur
un plan in-
cliné.

LES deux tablettes AC & BC, (Pl. XII, fig. I.), sont attachées en C par une charnière qui leur permet de s'écarter plus ou moins & de former un angle plus ou moins

Fig. I.

aigu. Ces tablettes plus larges vers leurs extrémités A & B que vers C, forment un plan incliné, comme l'inspection de la figure l'indique. DE, est une masse de bois formant deux cônes réunis en F par leurs bases. Planche XII.

U S A G E

De cet Appareil.

ON écarte les tablettes AC & BC, de façon que leur écartement en AB soit égal à la longueur de l'axe DE, du double cône DFE. On pose alors la base de ce cône vers le sommet C de l'angle ACB, formé par les deux tablettes. On l'abandonne à lui-même & on le voit monter, en roulant, jusqu'au haut des plans inclinés CA, CB. Or, on démontre que le centre de gravité de ce corps descend constamment entre ces tablettes, quoique la totalité du corps monte effectivement de toute la hauteur du plan incliné.

TROISIEME APPAREIL.

AB, (Pl. XII, fig. 2.), est un plan incliné dont la longueur est de douze à quinze pouces, la hauteur de douze à quinze lignes & la largeur de quatre à cinq pouces. C est une

Même effet avec un cylindre dont le centre de gravité est porté vers la circonférence.

Fig. 2.

Planche XII. portion cylindrique de bois, de trois pouces de hauteur & dont la base est un cercle de six pouces de diametre. Vers la circonférence & dans toute la hauteur de ce cylindre, est enchâssé un petit cylindre de plomb *a*, d'un pouce de grosseur, pour éloigner le centre commun de gravité du centre de figure *C*, & le transporter vers un des points de la circonférence de cette machine.

U S A G E

De cet Appareil.

LE cylindre *C* posé par un des points de sa circonférence sur un plan horizontal, ne peut s'y tenir en situation que dans deux positions seulement ; lorsqu'il est appuyé sur son point *a*, ou sur celui qui lui est diamétralement opposé ; dans l'un & dans l'autre cas, son centre de gravité est soutenu, puisque la perpendiculaire abaissée de ce centre passe par le plan sur lequel le cylindre est porté. Ce même cylindre étant placé vers le bas du plan incliné *AB*, de façon que la perpendiculaire abaissée de son centre de gravité, tombe au-delà de l'appui de ce plan, on le voit entraîné par la chute de son centre de

gravité, rouler & s'élever vers le haut du plan incliné. Planche XII. ↴

Tels sont en général les principaux appareils dont les Physiciens font usage pour démontrer les effets du centre de gravité; mais il convient de traiter cette matière d'une manière plus étendue, d'étudier les positions variées que ce centre peut affecter dans différens corps, les effets de toutes ces positions & d'assigner les moyens qu'on a imaginés pour découvrir la situation de ce centre, dans un corps donné, ou dans un système de corps.

ARTICLE SECOND.

Des Appareils propres à démontrer la théorie des leviers.

LE levier considéré dans son état de précision, est une ligne inflexible & sans pesanteur, dans laquelle on distingue un point d'appui, une puissance & une résistance. On l'appelle *levier du premier genre*, lorsque le point d'appui est situé entre la puissance & la résistance. Il est du *second genre*, lorsque la résistance est établie entre le point d'appui &

Division des leviers.

Planche la puissance. On le nomme enfin *levier du*
 XII. *troisième genre*, lorsque la puissance est dis-
 posée entre le point d'appui & la résistance.

Loi géné-
 rale d'équili-
 bre.

De quelqu'espece que soit le levier, *il y*
aura toujours équilibre entre la puissance &
la résistance, lorsque leurs masses seront en
raison réciproque de leurs distances au point
d'appui. Rien de plus fécond que cette théo-
 rie, que l'on peut démontrer géométrique-
 ment, métaphysiquement & par expé-
 rience. La dernière est du ressort de cet Ou-
 vrage, & c'est celle que nous allons faire
 connoître.

P R E M I E R A P P A R E I L.

Appareil des
 leviers.
 Fig. 3.

AB, (Pl. XII, fig. 3.), est un grand chaf-
 fis de cuivre de deux pieds de largeur & de
 quatorze pouces de hauteur, divisé en quatre
 parties par une espece de croix CD, EF.
 Le croisillon EF, porte une rainure à jour
ab, qui regne dans toute sa longueur jus-
 qu'à deux pouces près de ses extrémités E &
 F. La portion CG du chassis est pareille-
 ment ouverte & présente une rainure *cd*,
 dans laquelle glisse la poulie G, qu'on retient
 en place par une vis de pression adaptée pos-
 térieurement sur la queue de sa châsse. La

portion inférieure DI du même chaffis, porte pareillement une rainure à jour *ef*, dans laquelle glisse une autre poulie H. Planche XII.

Ce chaffis se calle & se met d'aplomb par quatre vis *pppp*, qui traversent ses pieds, & à l'aide d'un fil aplomb *gh*.

AB, (Pl. XII, fig. 4.), est une espee de coq qui glisse dans la rainure *ab*, (fig. 3.), & qui s'arrête par une vis de pression C, sur tout point quelconque de cette rainure. Fig. 4.
Fig. 3.

AB, (Pl. XII, fig. 5.), est une lame d'acier bien dressée & bien trempée, divisée en quatre parties égales; elle fait l'office de levier. Elle glisse dans une chappe C, où elle est retenue par une vis de pression D & une lame à ressort *ab*. Sur les deux côtés de cette chappe sont adaptés, à angles droits, deux pivots taillés en forme de couteau. Ces pivots servent d'axe au levier & se placent sur le coq AB, (fig. 4.), sur lequel le levier roule & se met en équilibre. La forme qu'on donne à l'axe n'est point indifférente & mérite d'être considérée en particulier. On peut consulter à cet égard, nos *Leçons de Physique expérimentale*. Fig. 5.
Fig. 4.

Planche
XII.

U S A G E

De cet appareil.

Fig. 5. 1°. Le levier AB, (Pl. XII, fig. 5.), étant suspendu par son milieu dans sa châsse C & placé sur le coq AB, (fig. 4.), on fixe celui-ci sur le milieu de la rainure *ab*, (fig. 3.), dans le chassis AB. On suspend alors aux extrêmités du levier des poids égaux & ils sont en équilibre entre eux.

2°. Le levier étant fixé dans sa chappe à sa première division, son bras B₁ est trois fois plus long que le bras A₁: on commence par mettre le levier en équilibre avec lui-même, à l'aide d'un poids approprié à cet effet qu'on suspend à l'extrêmité A de ce levier, (fig. 5.), on porte la châsse C vers l'extrêmité E de la rainure *ab*, (fig. 3.), & on voit qu'une masse comme 1, suspendue à l'extrêmité B de ce levier, fait équilibre à une masse comme 3, suspendue à son extrêmité A. Le levier est encore du premier genre & les masses sont encore, comme dans le premier cas, en raison réciproque de leurs distances au point d'appui C.

3°. Les choses restant dans le même état ;
la

la chappe C étant toujours placée à la première division du levier AB, (fig. 5.), & le contre-poids demeurant suspendu en A, on attache une soie à l'extrémité B de ce levier : on fait passer cette soie sur la circonférence de la poulie G, (fig. 3.), pour changer la direction du poids qui doit être suspendu à l'extrémité de cette soie, & le faire agir de bas en haut contre le levier, tandis que les poids placés sur la longueur IB, le sollicitent à se mouvoir de haut en bas.

Si on regarde le poids suspendu à l'extrémité du cordon de soie comme faisant l'office de puissance, le levier deviendra du second genre, & on aura équilibre lorsque les masses seront en raison réciproque de leurs distances à l'axe. Une masse comme 3 suspendue à la (2) division fera en équilibre avec une masse comme 1, suspendue à l'extrémité de la soie ; parce que la distance de cette dernière à l'axe, fera trois fois plus grande que celle de la première masse. Pareillement une masse comme 3, suspendue à la (3) division, fera en équilibre avec une masse comme 2, suspendue à l'extrémité de la même soie ; parce que le rapport de la

Planche XII. distance à l'axe fera encore réciproque à celui des masses.

Ces expériences confirmeront la même théorie pour le levier du troisieme genre , si on regarde le poids qui fait l'office de puissance , dans le cas précédent , comme la résistance , & si on donne le nom de puissance à celui qui représentoit la résistance.

En réfléchissant sur ces phénomènes , on ne peut s'empêcher d'observer que tout l'avantage du levier du troisieme genre tourne au profit de la résistance. Comment l'Auteur de la nature a-t-il donc pû préférer cette espece de levier dans la disposition des muscles du corps des animaux ? C'est une question très - importante & très-curieuse à traiter : elle fournit occasion d'expliquer une des plus belles fonctions de l'économie animale , *l'action musculaire*. Nous avons satisfait à cette question & nous avons développé cette fonction d'une maniere assez étendue dans le premier volume de nos *Leçons sur l'Economie animale*.

La théorie des leviers conduit à la solution de plusieurs problèmes plus curieux les uns que les autres. On explique , par exemple , très-facilement de quelle maniere il con-

vient de distribuer la vollée d'un carrosse Planche XII.
lorsque les chevaux sont de forces inégales, ce qui peut devenir très-important en quantité de circonstances. On démontre avec la même facilité, ce que deux hommes porteroient d'un fardeau suspendu sur la longueur d'un bâton dont ils soutiendroient les extrémités, &c.

SECOND APPAREIL.

A, B, (Pl. XII, fig. 6.), sont deux poulies fixes, montées dans deux châsses soutenues sur deux colonnes AC & BD. Ces colonnes peuvent s'approcher ou s'éloigner l'une de l'autre, en glissant dans les rainures *c, d* de la tablette *T V*, sur laquelle elles sont fixées & retenues en situation par deux vis de pression placées au-dessous de cette tablette.

Appareil propre à démontrer la charge de deux puissances qui soutiendroient un fardeau appliqué sur la longueur d'un levier.

Fig. 6.

ab, est un levier d'acier suspendu par ses extrémités à des cordons de soie qui embrassent la circonférence des poulies A & B. *p, p*, sont deux petits poids sous-doubles chacun du poids du levier *ab*, & destinés à le tenir en équilibre lorsqu'il est suspendu. R, est un fardeau donné attaché à un cordon qui embrasse & qui glisse sur la longueur du levier *ab*.

Planche
XII.

U S A G E

De cet Appareil.

1°. LE levier ab étant suspendu & tenu en équilibre par les contre-poids p, p , on place le fardeau R sur le milieu de ce levier & on le retient en équilibre avec quatre masses P, P, P, P , qui sont chacune égale au quart du poids du fardeau R , deux de chaque côté : d'où l'on conclut que lorsque deux puissances sont à la même distance du fardeau, elles en soutiennent chacune la moitié.

2°. On approche le fardeau R plus près de l'une des extrémités du levier ab , supposons qu'on le place au point C , (fig. 7.), de façon que Cb soit triple de Ca . Dans ce cas, l'équilibre se rompt en faveur de la puissance appliquée à l'extrémité b ; mais on le rétablit en suspendant au fil qui soutient l'extrémité a , un poids triple P, P, P , de celui qui est attaché au fil qui tient à l'extrémité b ; & de façon que la somme des quatre poids soit égale au poids du fardeau R , ce qui répond parfaitement à la théorie du levier.

On démontre facilement l'application de cette théorie, en considérant le levier ab

comme un double levier du second genre , & en prenant successivement les extrémités *a* & *b* , comme faisant l'office de point d'appui.

ARTICLE TROISIEME.

Des Appareils propres à démontrer les propriétés de la balance.

LA balance est de deux especes , *ordinaire* ou *romaine* : l'une & l'autre est un véritable levier du premier genre ; elles ne diffèrent entre elles que par la position de l'axe ou du point d'appui. Il est également éloigné des deux extrémités dans la balance ordinaire , & plus près de l'une que de l'autre dans la romaine.

PREMIER APPAREIL.

LE levier AB , (Pl. XIII, fig. 1.), se nomme *le fleau de la balance* ; c'est un levier d'acier trempé & bien dressé , au milieu duquel on remarque l'axe C , taillé en forme de couteau & fixé perpendiculairement à égale distance des points de suspension A & B.

Planche XIII.

Balance ordinaire.
Fig. 1.

Planche
XIII.

Cet axe roule dans les yeux de la châsse HI, suspendue en G à un point fixe. Ces yeux doivent être faits d'une matière très-dure qui puisse résister au tranchant de l'axe, & c'est une observation qui mérite d'être faite. Le fleau est surmonté d'une pointe qu'on appelle *aiguille*, & dont l'extrémité *a* doit coïncider avec la pointe *b* de la châsse, lorsque la balance est dans une situation horizontale. On ménage communément au-dessous du fleau, une petite masse d'acier pour contrebalancer le poids de l'aiguille. Il seroit beaucoup plus exact de substituer à sa place un poids ajusté sous ce fleau; il contrebalanceroit plus exactement le poids de l'aiguille, lorsque la balance trébuche d'un côté ou de l'autre.

Aux points de suspension A & B, qui doivent être également taillés en forme de couteau, sont suspendus à deux anneaux ou à deux crochets arrondis sur leur circonférence, les bassins E & F, qui sont de même poids.

U S A G E

De cet Appareil.

CETTE machine sert à indiquer le poids des corps qu'on place dans l'un des bassins :

on le compare à celui de certains poids qu'on met dans le bassin opposé, & dont la valeur est de pure convention, mais déterminée & connue.

L'exactitude de cette machine dépend de plusieurs conditions ; 1^o, la balance doit être très-mobile ; 2^o, le centre de gravité du fleau doit être un peu au dessous, mais très-peu éloigné du centre du mouvement ; 3^o, les bassins doivent être eux-mêmes très-mobiles sur leurs points de suspension. On doit s'attacher à développer ces conditions, elles sont de la dernière importance pour la perfection de cet appareil. La première se fait trop facilement pour insister dessus ; on peut démontrer les deux suivantes avec les appareils que voici.

SECOND APPAREIL.

ABC, (Pl. XIII, fig. 2.), est une espèce de fleau suspendu dans sa châsse, à une distance très-marquée au-dessus de son centre de gravité *a*.

Appareil pour démontrer que le centre du mouvement doit être peu éloigné de celui de gravité.

Fig. 2.

U S A G E

De cet Appareil.

Si on vient à faire trébucher l'un des bras de ce fleau , supposons le bras BC , son centre de gravité *a* s'élevera dans l'arc *ab* & retombera par un mouvement accéléré qui l'emmenera en sens contraire & qui le fera osciller comme un pendule , pendant un temps d'une durée assez considérable. La balance n'aura donc point cette précision qu'on cherche dans ces sortes d'instrumens.

Si les deux centres de gravité & de mouvement étoient confondus , le fleau se tiendrait en équilibre dans toutes les positions inclinées qu'on pourroit lui faire prendre. Mais on conçoit en même temps que pour peu que l'un des bras devint prépondérant , la balance trébucheroit tout d'un coup sans revenir sur elle-même , & qu'il seroit très-difficile d'atteindre au point d'équilibre. Son extrême mobilité, qu'on regarde comme une perfection dans la théorie de cette machine , deviendrait un inconvénient dans la pratique. On est donc obligé de gêner un peu ces sortes d'instrumens pour en rendre le service

plus commode, & c'est la raison pour laquelle on dispose le centre du mouvement un peu au-dessus du centre de gravité. Mais comme cette correction est une imperfection réelle, il n'en faut user que sobrement & n'éloigner ces deux centres que le moins qu'il est possible.

Planche
XIII.

TROISIEME APPAREIL.

AB, (Pl. XIII, fig. 3.), est un fleau de balance fort mobile dans sa châsse; à l'extrémité de l'un de ses bras, supposons CA, on suspend librement un bassin, tandis que le poids R, fait en forme de parallépipède, se place, par le moyen d'une coulisse, en-dessus ou en-dessous de son bras CB.

Appareil
qui démontre
que les bas-
sins doivent
être suspen-
dus libre-
ment.

Fig. 3.

U S A G E

De cet Appareil.

LE poids R étant placé au-dessus du fleau, on met dans le bassin opposé un contre-poids suffisant pour faire équilibre au poids R, lorsque le fleau est dans une situation horizontale; les masses sont alors égales & à égales distances de l'axe ou du point d'appui: mais pour peu qu'on fasse trébucher cette balance, l'équilibre sera rompu en faveur du

Planche XIII. poids R ou du contre-poids. Ce dernier deviendra prépondérant, si on fait baisser le bras CA ; le poids R le deviendra au contraire, si on incline le bras CB.

Mais si le poids R étoit attaché au-dessous du bras CB, comme il est indiqué par la ponctuation, le contraire arriveroit. Le poids R seroit prépondérant lorsque le bras CA seroit baissé, & il paroîtroit plus léger chaque fois que le bras CB se trouveroit au-dessous de sa situation horifontale.

On démontre géométriquement cette vérité, & on fait voir que dans tous ces cas, la position du centre de gravité du poids fixe R, varie dans sa distance au point d'appui ; ce qui occasionne les différences que nous venons d'indiquer. On peut consulter à ce sujet, nos *Leçons de Physique expérimentale*, où nous avons donné la raison de ces différens phénomènes.

On doit conclure de cette expérience, que si un homme, supposons un Moissonneur, veut enlever une gerbe & qu'il passe sa fourche dans le lien de cette gerbe, de façon qu'elle soit placée au-dessous des fourchettons, il fatiguera davantage que s'il la faisoit en sens contraire, de manière que la

gerbe reposât sur les fourchettons de l'instrument. Mais nous abandonnons ces observations à celui qui voudra traiter cette matière avec toute l'étendue qu'elle mérite.

Planche XIII.

QUATRIÈME APPAREIL.

ACB, (Pl. XIII, fig. 4.), est un fleau de balance dont l'axe étant en C, le bras CA est incomparablement plus long que le bras CB. On suspend en E & librement le bassin P, ou on se contente d'un simple crochet auquel on attache les corps qu'on veut peser. Le bras CA doit être divisé en un certain nombre de parties qui servent à indiquer la valeur relative du poids p placé sur chacune de ces divisions.

Balance romaine.
Fig. 4.

U S A G E.

De cet Appareil.

ON conçoit facilement, par ce que nous avons fait observer précédemment sur les leviers, quel peut être l'usage de cet instrument. On voit manifestement que le poids p étant donné, il peut contrebalancer des masses différentes placées dans le bassin P ou suspendues au crochet E.

Planche XIII. Cette espece de balance peut peser des masses beaucoup plus considérables que celles qu'on pese dans une balance ordinaire, & elle a cet avantage que sa mobilité en est moins altérée. On conçoit effectivement qu'à proportion que les bassins d'une balance sont plus chargés, l'axe en devient moins mobile, puisque son frottement augmente dans les yeux de la châsse. Or, l'axe d'une balance romaine est nécessairement moins chargé, toutes choses égales d'ailleurs, que celui d'une balance ordinaire, puisqu'il ne porte que la somme des poids absolus & non celle des poids relatifs qui se font équilibre. C'est une théorie que le Physicien doit développer avec soin & qu'on peut démontrer avec l'appareil suivant.

CINQUIEME APPAREIL.

Appareil qui démontre que l'axe d'une balance romaine n'est chargé que de la somme des poids absolus. *a b*, (Pl. XII, fig. 8.), est un levier dont nous avons déjà fait usage, & qu'on suspend à des cordons qui passent sur les circonférences des poulies *A, B*, (fig. 6.); on ajoute ici le second levier *c d*, qu'on pose sur le milieu *C* du précédent; celui-ci représente l'axe d'une balance romaine. Le levier *c d* est posé de maniere que l'un de ses bras *C c*, est trois

Planche XII.
Fig. 8.
Fig. 6.

fois plus long que le bras Cd ; & il est en équilibre avec lui-même par le contre-poids q suspendu en d . Les poids p, p attachés aux extrémités des cordons qui embrassent les poulies, doivent être suffisans pour contrebalancer les deux leviers ab , cd & le contre-poids q . Plaque
XIII.

U S A G E

De cet Appareil.

UN poids R , de trois onces appliqué à l'extrémité c du levier cd , sera en équilibre avec un autre poids Q , de neuf onces, suspendu à l'extrémité d du même levier; puisque ces masses seront entre elles en raison réciproque de leurs distances au point d'appui C . La somme des forces relatives sera donc égale à 18, mais la somme des forces absolues n'équivaudra qu'à 12, somme des masses 3 & 9, appliquées aux extrémités c, d . Or, deux poids P, P , de six onces chacun, suspendus au-dessous des contre-poids p, p , tiendront le tout en équilibre & démontreront que le point d'appui C , ou l'axe n'est chargé que de la somme des poids absolus.

Nous abandonnons ici la solution de plusieurs problèmes plus curieux les uns que les

Planche
XIII. autres, concernant l'usage des balances, tels; par exemple, que d'indiquer le moyen de se garantir d'une balance frauduleuse; de faire avec une balance & des poids convenables, toutes les opérations de l'arithmétique. Ce dernier problème originairement proposé par M. de Cassini, auquel nous devons la construction d'une balance destinée à cet effet, se trouve exposé & résolu d'une manière très-simple & très-satisfaisante, dans les *Elémens de Physique de Sgravesande*. Tous les Méchaniciens ont traité du premier.

Nous ne croyons pas devoir passer ici sous silence la construction de la balance de *Roberval*, elle donne la solution d'un paradoxe singulier que tout le monde doit connoître.

SIXIEME APPAREIL.

Balance de
Roberval.
Fig. 5.

AB, (Pl. XIII, fig. 5.) doit être considéré comme le fleau de cette balance, mobile au point C: à ses extrémités A & B, sont adaptées des regles de métal AD, BE, mobiles sur leurs pivots & parallèles entre elles.

Pour conserver ce parallélisme, on les unit inférieurement par une autre lame de métal DE, qui se meut également aux points D &

E, ainsi qu'au point *r* où elle est unie à la Planche
tige qui porte le fleau. F & G, sont deux XIII.
petits leviers fixement attachés vers le milieu
des regles AD & BE.

U S A G E

De cet Appareil.

DES poids de même masse suspendus en
a & *d* aux leviers F & G sont en équilibre ;
ils y sont encore entre eux, si l'un demeu-
rant suspendu en *a*, l'autre est transporté en
e. En général, ces poids demeurent en équi-
libre sur quelque point des leviers F & G
qu'ils soient appliqués : or, quoique cette
expérience paroisse contredire la théorie pré-
cédente, on démontre que, dans toute cir-
constance, l'action des poids se porte sur les
points A & B du fleau AB, & conséquem-
ment à des distances véritablement égales
du point d'appui C.



ARTICLE QUATRIEME.

Appareils nécessaires pour démontrer les propriétés des poulies.

ON distingue la poulie en *simple* & en *composée* ; nous diviserons donc cet Article en deux Paragraphes.

PARAGRAPHE PREMIER.

Appareils des poulies simples.

LA poulie simple est un plan circulaire qui représente une suite de leviers du premier genre qui se succèdent & dont les bras étant également longs, exigent, dans le cas d'équilibre, que les masses qui agissent les unes contre les autres, soient égales. Le Physicien doit expliquer ici les avantages qu'on peut attendre d'une poulie de cette espèce. On démontre avec l'appareil suivant qu'on doit la regarder comme un assemblage de leviers du premier genre.

PREMIER APPAREIL.

Planche
XIII.

AB, *ab*, (Pl. XIII, fig. 6.), sont deux poulies simples fixées sur le même arbre C, dont les diamètres sont entre eux dans un rapport connu ; supposons dans le rapport de 3 à 1. Sur un des points de la circonférence de chacune de ces poulies en *d*, par exemple, & en *e*, sont attachés fixement deux cordons qui embrassent en sens contraire leur demie circonférence.

Appareil qui démontre que la poulie simple est une suite de leviers du premier genre.
Fig. 6.

U S A G E

De cet Appareil.

UN poids P d'une once, suspendu à l'extrémité du cordon qui enveloppe la grande poulie, tient en équilibre un poids R de trois onces, ou trois poids R, R, R, d'une once chacun suspendus à celui qui embrasse la demie circonférence de la petite. Les masses sont donc ici en équilibre comme dans les leviers, lorsqu'elles sont en raison réciproque de leurs distances au point d'appui.

On démontre encore que eu égard à la disposition des leviers dans la poulie, il est indifférent que la corde, qui l'embrasse, enve-

Planche XIII. loppé une portion plus ou moins étendue de sa circonférence.

SECOND APPAREIL.

Appareil qui démontre qu'il est indifférent que la corde embrasse une portion plus ou moins étendue de la poulie.
Fig. 7.

A, (Pl. XIII, fig. 7.), est une poulie à jour, dont la circonférence est soutenue par quatre ou six croisillons. Cette poulie est fixée dans une châsse établie sur un pilier AB. Sur un second pilier OE, parallèle au premier, est pareillement monté dans une châsse, un levier en croix CG DF, dont les bras sont égaux aux rayons de la poulie A. Ce levier se meut librement sur son axe.

U S A G E

De cet appareil.

1°. LA demie circonférence de la poulie A étant embrassée selon l'usage ordinaire, par une corde, les poids P, P, doivent être égaux pour se faire équilibre.

2°. La corde n'embrassant que le quart de la même poulie, & s'attachant par l'une de ses extrémités au point G de la branche GE du levier; le poids R, suspendu à l'extrémité D de la branche DE, doit encore être égal en masse au poids P, pour lui faire équilibre.

3°. La corde embrassant les trois quarts de la poulie , comme on peut le remarquer par la ligne ponctuée , & s'attachant en F , le levier étant mis dans la situation FEC , le même poids R , fait encore équilibre au poids P. Planche XIII.

Le service de ces sortes de poulies est trop étendu pour négliger de le rendre aussi commode qu'il puisse être ; le Physicien doit donc expliquer ici quelle est la meilleure maniere de les enarbrier & faire voir la nécessité de fixer l'arbre dans l'épaisseur de la poulie , plutôt que de faire rouler , comme il est d'usage , cette poulie sur son arbre : il doit encore faire observer que pour diminuer en grande partie le frottement de cette machine , il est nombre de cas où il seroit important de faire rouler les extrémités de son arbre sur la circonférence de quatre autres poulies , & de convertir , par ce moyen , le frottement de la premiere , en frottement de la seconde espece.

Observation sur la maniere de monter les poulies simples.

PARAGRAPHES SECONDS.

Des poulies composées.

ON donne le nom de *poulies composées* ; ou plus généralement celui de *mouffles* , ou

de poulies moufflées , à un systême de poulies dont les unes sont fixes & les autres mobiles avec le fardeau dont elles font partie. Ces mouffles prennent différens noms , suivant le nombre de poulies mobiles dont elles sont composées. On les nomme *mouffles à deux yeux* , *à trois* , ou *à quatre yeux* , lorsqu'elles sont composées de deux , de trois , ou de quatre , &c. poulies mobiles. Nous en développerons les avantages dans l'exposition des appareils suivans.

P R E M I E R A P P A R E I L .

Planche ON suspend une corde à un point fixe F ,
 XIV. (Pl. XIV , fig. 1.) ; cette corde vient embras-
 Poulies com- fer la circonférence de la poulie mobile A ,
 posées d'une & retourne envelopper celle de la poulie
 fixe & d'une fixe B. La puissance P est attachée à l'extrê-
 mobile. mité de cette corde & le fardeau R à la châsse
 Fig. 1. de la poulie mobile A.

U S A G E

De cet Appareil.

SI on considère la position relative du point d'appui , de la puissance & de la résistance , on démontrera facilement que la poulie

mobile A , fait ici l'office d'un levier du second genre , dans lequel la puissance est une fois plus éloignée du point d'appui que la résistance , & conséquemment qu'une puissance sous-double doit contrebalancer une résistance double.

Planche XIV.

SECOND APPAREIL.

AU point fixe F , (Pl. XIV . fig. 2 .) , est attachée une corde qui embrasse la poulie inférieure A , & qui vient s'attacher en a , au crochet de la châsse de la seconde poulie B : du point G , part un second cordon qui embrasse cette dernière poulie & qui s'attache pareillement au crochet de la suivante C. Au point H enfin , est arrêté un troisième cordon qu'on ramène sur la circonférence de cette dernière C , & qui vient ensuite envelopper la demie circonférence de la poulie fixe D. La puissance P est suspendue à l'extrémité de ce dernier cordon , & le fardeau R au crochet de la poulie A.

Appareil composé de trois poulies mobiles qui se succèdent dans trois châsses différentes. Fig. 2.

Planche
XIV.

U S A G E

De cet Appareil.

CET appareil sert à démontrer que toutes les poulies mobiles qui se succèdent ainsi, étant isolées dans leur châsse, sont autant de leviers du second genre, qui doublent continuellement l'avantage de la puissance sur la résistance. L'équilibre entre ces deux forces doit donc se déterminer par l'analogie suivante. La puissance P doit être à la résistance R , comme l'unité est au nombre 2, élevé à une puissance dont l'exposant est désigné par le nombre des poulies mobiles : on aura donc équilibre dans la disposition que nous venons de décrire, si la puissance P est à la résistance R , comme 1 est à 8.

Si de toutes les poulies composées il n'en est point dont la disposition soit plus avantageuse à la puissance, on conçoit facilement que ce système de poulies doit entraîner plus d'un inconvénient après lui. Nous laissons au Physicien le soin de développer cette observation & de démontrer pour quelle raison on néglige dans les arts de profiter de l'avantage de cet appareil.

TROISIEME APPAREIL.

Planche
XIV.

ACE, (Pl. XIV, fig. 3.), sont trois poulies mobiles dont les diametres vont en augmentant, & qui roulent toutes les trois dans une même châsse. BDG, sont trois autres poulies semblables, mais fixes & roulant pareillement dans la même châsse. Vers le bas de cette dernière, on voit un crochet auquel on attache l'une des extrémités d'une corde qui doit successivement embrasser les six poulies dans l'ordre qui suit A, B, C, D, E, G. Le fardeau R, doit être suspendu à la châsse des poulies mobiles qui font elles-mêmes partie du fardeau ; la puissance P est appliquée à l'autre extrémité de la corde.

Poulies
moufflées à
trois yeux.
Fig. 3a

U S A G E

De cet Appareil.

QUOIQUE chacune des poulies mobiles paroisse faire l'office d'un levier du second genre, de même espece que les précédentes, & conséquemment quoi que la puissance devroit trouver ici le même avantage que dans le système précédent de poulies, il est cependant réellement moindre, & on démontre

Niv

Planche XIV. que pour atteindre à l'équilibre dans cette disposition de poulies fixes & mobiles, la puissance doit être à la résistance comme 1 est à 6, ou en général comme l'unité est au nombre des cordes qui embrassent les poulies mobiles.

Le Physicien doit particulièrement insister sur cette différence, il doit en démontrer le principe; il doit encore faire observer que si, dans la théorie, la puissance doit obtenir d'autant plus d'avantage contre la résistance, que le nombre des poulies mobiles est plus multiplié; il n'en arrive cependant pas ainsi dans la pratique, par rapport à l'augmentation des frottemens & à la résistance des cordes qui s'enveloppent sur des circonférences qui vont en diminuant. Nous en avons donné un précis dans nos *Leçons de Physique expérimentale*. Cette dernière considération bien développée sert à faire connoître la préférence que mérite l'appareil suivant.

QUATRIEME APPAREIL.

Autre système de poulies mouffées à trois yeux.
Fig. 4.

A & B, (Pl. XIV, fig. 4.), sont deux triples châsses, dans chacune desquelles roulent trois poulies de même diamètre. Celles de la châsse A sont fixes & les autres mobiles;

la même corde embrasse successivement & Planche
dans le même ordre que dans l'appareil pré- XIV.
cédent, chacune des six poulies.

U S A G E

De cet Appareil.

ON démontre encore ici la même analogie pour le cas d'équilibre, & quoique dans la théorie, ou mieux dans l'état de précision, cet appareil n'ait rien de préférable au précédent, on fait voir manifestement qu'il est bien plus avantageux dans la pratique.

Il est encore d'autres manières de disposer des poulies; elles sont plus ou moins avantageuses relativement aux circonstances, dans le détail desquelles nous ne pouvons supposer qu'il soit nécessaire de descendre. L'usage & la considération de nombre de machines qu'on est à portée de voir tous les jours, doivent suffire à celui qui est imbu des principes généraux que nous venons de faire connoître.

Celui qui traite de l'utilité des poulies & de la manière d'en faire usage, doit encore observer qu'il est nombre de circonstances où il peut arriver que les cordes qui les embrassent ne s'appuyent point sur les extrémités

Planche
XIV.

d'un même diamètre. Or, dans tous ces cas, il s'en faut plus ou moins que la puissance trouve dans le service de ces machines, l'avantage indiqué par l'analogie que la théorie présente. Il est donc encore très-important de développer cette observation & d'examiner les véritables rapports qui doivent se trouver entre des forces qui agissent obliquement par l'interméde de quelques poulies.

CINQUIÈME APPAREIL.

Appareil propre à faire observer le rapport des forces qui agissent obliquement par des poulies.
Fig. 5.

AB, (Pl. XIV, fig. 5.), est une potence sur la longueur de laquelle sont creusées deux rainures à jour *ab*, *cd*: dans l'une se meut un petit crochet *g*, qu'on fixe sur l'un des points de sa longueur par une vis de pression. Dans la seconde on arrête fixement la châsse d'une balance ordinaire CD, dont on supprime l'un des bassins. On attache à l'un des bras de cette balance, en C, par exemple, l'extrémité d'un cordon qui embrasse une poulie mobile E; on suspend à la châsse de cette poulie le fardeau R, l'autre extrémité du même cordon tient au crochet *g*.

U S A G E.

De cet Appareil.

ON voit manifestement par la seule disposition de cette machine , que la poulie E fait l'office d'un levier du second genre, dans lequel le point d'appui est une fois plus éloigné de la puissance, qui est en C, que de la résistance. Le poids P, y compris le poids du bassin & des cordes, ou des chaînes qui le suspendent, ne doit donc être que sous-double du fardeau R & de la poulie E, pour leur faire équilibre, lorsque les cordons qui embrassent cette poulie sont parallèles & conséquemment lorsqu'ils portent sur les extrémités du même diamètre : mais cet équilibre ne subsistera plus, la puissance P ne sera plus suffisante, si on reporte le crochet g vers le point B, & si le cordon attaché au bras C devient oblique & porte sur tout autre point, pris au-dessous du précédent diamètre.

Cette expérience qui démontre que l'action oblique de la puissance n'équivaut point à son action perpendiculaire, ne donne qu'une idée générale & insuffisante de cette théorie, que le Physicien doit développer amplement,

Planche en profitant des secours que la géométrie
 XIV. peut lui fournir. On pourra consulter à cet
 égard , nos *Leçons de Physique expérimentale* , & une Dissertation assez curieuse de
 M. de *Varignon* , imprimée dans les *Nouvelles de la Republique des Lettres* , année
 1687.

ARTICLE CINQUIEME.

Des Appareils qui démontrent les propriétés du Tour.

LE Tour n'est , à proprement parler , qu'un
 assemblage de poulies enfilées sur le même
 axe ; il conserve le nom de *tour* , ou on l'ap-
 pelle plus communément *treuil* , lorsque son
 axe est parallèle à l'horison. On le nomme
vindas ou *cabestan* , lorsqu'il est perpendicu-
 laire à l'horison.

PREMIER APPAREIL.

Modele de
 Tour.
 Fig. 6.

A, (Pl. XIV , fig. 6.) , est un treuil dont les
 pivots roulent dans les échancrures pratiquées
 au haut des deux montans R , T , solidement
 établis sur leur bâtis par des jambes de forces

S, S, S, S. *da, da, da, da*, sont deux leviers Planche
qui traversent l'épaisseur du tour & qui se XIV.
croisent.

U S A G E

De cet Appareil.

DESTINÉ à soulever & à faire monter des fardeaux, on fait mouvoir le tour de différentes manières. A-t-il peu d'effort à faire ? on se contente d'y appliquer une manivelle CDE. Veut-on soulager la puissance, ou faire produire plus d'effort à cet instrument ? on y ajoute une seconde manivelle GFH. La manière de disposer cette dernière n'est point indifférente, & c'est une considération qui ne doit point échapper au Physicien. Deux manivelles ne suffisent-elles point ? on se fert des deux leviers croisés *da, da, da, da*, & on démontre que la puissance est à la résistance, pour le cas d'équilibre, comme le rayon du tour est à la longueur du bras CD, ou à la somme des deux bras CD, GF, ou enfin à la longueur des leviers *da, da, da, da*.

Planche
XIV.

S E C O N D A P P A R E I L .

Modele d'une
roue de
carrieres.

Fig. 7.

A, (Pl. XIV, fig. 7.), est un tour semblable au précédent ; il se meut de la même maniere sur deux montans ; il n'en diffère que par la roue ST, adaptée à son axe à la place des manivelles ou des leviers dont nous venons de parler : la circonférence de cette roue est garnie de chevilles très-peu distantes les unes des autres.

U S A G E

De cet Appareil

ON conçoit aisément que les hommes qui servent cette espece de machine, agissent successivement sur chacune des chevilles qui traversent les gentes de la roue, & qu'ils y agissent d'autant plus favorablement que le diametre de cette roue est plus grand. Mais une observation qui ne doit point échapper, c'est la maniere selon laquelle la puissance se trouve appliquée sur ces chevilles ; elle peut être perpendiculaire ou oblique à chacun des rayons de la roue & son effet est bien différent dans ces deux cas. C'est à celui qui démontre les propriétés de cette machine à

développer cette théorie ; il ne doit point
négliger encore de considérer que cette roue
étant communément destinée à tirer des pierres
du fond des carrieres, il arrive souvent
que la corde fait plusieurs tours sur le treuil
A ; ce qui augmente d'autant le diamètre du
cylindre, & conséquemment fait perdre à la
puissance une partie de l'avantage qu'elle
trouvoit dans les premières révolutions du
treuil.

Planche
XIV.

TROISIEME APPAREIL.

A, (Pl. XIV, fig. 8,) est un treuil semblable aux précédents, mais auquel on applique une roue à tambour ; cette roue est composée de deux *abc*, *def*, enarbrées sur l'axe du treuil & réunies entre elles par des douves, qui forment une espèce de plancher.

Modele d'une roue à tambour.
Fig. 8.

USAGE

De cet Appareil.

L'USAGE de cet Appareil se fait aisément : un homme ou deux hommes, lorsque la roue est assez grande pour qu'ils puissent s'y tenir à côté l'un de l'autre, entrent dans cette roue & mettent à profit le poids de leur corps

pour la faire tourner ; ils marchent sur le plancher & ils font continuellement effort pour monter vers l'axe.

Il est important pour la commodité du service & en même temps pour la sûreté des hommes qui agissent dans ces sortes de machines, que le plancher soit couvert, de distance en distance, de petites tringles de bois qui aillent d'une roue à l'autre ; elles soutiennent les hommes, elles les empêchent de céder au mouvement de la roue & de glisser au moment où ils appuyent leurs pieds sur un plan qui cède à l'effort de leur poids.

On doit observer ici que la puissance ne profite point de toute la longueur du rayon de ces sortes de roues, & même que la distance à l'axe varie continuellement par la position des pieds de celui qui marche dans ces machines.

On doit encore ranger dans la même classe la chevre, la grue, le grueau, l'angin, & quelques autres machines dont la construction & l'usage sont trop connus pour nous occuper à les décrire séparément ; nous nous contenterons de les représenter (Pl. XV, fig.

Planche

XV.

Fig. 1, 2,

3, 4.

1, 2, 3, 4.

Le cabestan dont la fonction est de faire avancer les fardeaux parallèlement ou obliquement à l'horison, par l'addition d'un plan incliné, ne mérite point non plus un article à part : on voit aisément à l'inspection de la (fig. 5.), toute la construction de cette machine : elle suit la même analogie que les précédentes pour le cas d'équilibre. Nous abandonnons à celui qui se proposera d'en démontrer l'usage, le soin de faire observer ce qui se pratique par rapport au cable, dans le service de cette importante machine.

Planche
XV.

Fig. 5.

ARTICLE SIXIEME.

Des Appareils propres à démontrer les propriétés du plan incliné.

LE plan incliné fait un angle plus ou moins aigu avec l'horison, & c'est la grandeur de cet angle qui détermine l'avantage que la puissance tire du service de cette machine.

Quoique la théorie du plan incliné doive être traitée géométriquement, on peut encore la démontrer jusqu'à un certain point par la voie de l'expérience.

Planche
XVI.

A P P A R E I L.

Appareil
pour démon-
trer les pro-
priétés du
plan incliné.
Fig. 1.

Af, (Pl. XVI, fig. 1.), est une tablette qui se calle & qui se met de niveau par des vis placées sous ses quatre angles. Vers l'extrémité *A* de cette tablette, on en voit une seconde *OB*, qui se meut à charniere sur la premiere; elle est échancrée vers le haut, pour glisser sur l'arc *γX*, fixement assemblé sur l'extrémité *f* de la tablette *Af*. On arrête celle qui est mobile sur tous les points de l'arc *γX*, par une vis de pression *r*. *a* est une petite poulie montée dans une châsse qui embrasse l'arc *γX*, & qui s'y fixe au-dessus de la tablette *OB*. Cette châsse porte à son autre extrémité une seconde poulie semblable à la premiere, mais elle se trouve cachée par l'arc *γX*.

Il convient que ces poulies ne soient point adhérentes au corps de la tablette *OB*, comme on le pratique assez habituellement: on ne pourroit alors faire agir la puissance que parallèlement au plan *OB*, & on ne pourroit comparer son action parallèle à son action oblique, comme on peut le faire facilement dans la disposition de notre machine.

U S A G E

De cet Appareil.

ON démontre , à l'aide de cet appareil , que dans le cas d'équilibre , la puissance doit être à la résistance , comme la hauteur du plan est à sa longueur.

1°. On dispose la tablette OB de manière que la hauteur de ce plan soit sous-double de sa longueur , & on fait observer que la somme de deux poids égaux P,P , étant sous-double de celle du fardeau R , ils tiennent ce dernier en équilibre sur tous les points de la tablette OB.

2°. On change l'inclinaison de cette tablette ; on la porte en C , par exemple , afin de mettre une grande différence dans le précédent rapport entre la hauteur & la longueur du plan , on laisse les poids dans le même rapport & on voit que le fardeau R entraîne les poids P,P.

3°. On ramène cette même tablette en D' , beaucoup au-dessous de la première élévation , les poids étant encore les mêmes , ils entraînent le fardeau R.

Quoique dans l'état de précision le plus

Planche
XVI.

léger changement dans la hauteur de la tablette dût rompre l'équilibre entre le fardeau R & les poids P, P, on conçoit que le frottement qu'on ne peut éviter dans la construction de cette machine ne permet pas qu'on puisse s'appercevoir de cette différence, à moins qu'elle ne soit très-sensible, & c'est pour cette raison que nous conseillons de prendre des hauteurs très-différentes entre elles.

Pour diminuer ce frottement, autant qu'il est possible, il ne faut point laisser traîner le fardeau R sur la longueur du plan OB, mais le monter dans une châsse & le disposer de manière qu'il roule librement, comme on peut l'observer par la seule inspection de la figure.

ARTICLE SEPTIEME.

Des Appareils propres à démontrer les propriétés du coin.

LE coin peut être simple ou double ; simple, il ne diffère point du plan incliné & il produit le même avantage : double, c'est un composé de deux coins simples, unis selon

leur longueur. Les Méchaniciens ne sont point d'accord sur l'analogie de cette machine ; il convient donc de développer cette contes-
 ration & de démontrer l'opinion qu'on doit suivre. Si on veut consulter l'expérience , il faut se défier de ces appareils dans lesquels les frottemens se trouvent trop multipliés ; c'est un défaut que nous ne pouvons nous empêcher de reprocher à l'appareil décrit dans les Leçons de Physique de l'abbé *Nollet* , il ne peut qu'induire en erreur. Celui de *Musfenbroek* est incomparablement meilleur & c'est celui que nous allons faire connoître.

Planche
 XVI.

A P P A R E I L.

OPR , (Pl. XVI, fig. 2.) , est un coin double dont on peut augmenter ou diminuer la base. H, V , sont deux cylindres dont les axes sont faillans & qui sont suspendus par des cordes L, L, L, L. Ces deux cylindres sont tirés l'un vers l'autre , selon une direction parallèle à l'horison , par des cordes attachées à des brides fixées sur les extrémités de ces cylindres & qui passent ensuite l'une sur la poulie *a* , & l'autre sur la poulie *b* ; il y en a deux semblables de l'autre côté qui produisent le même effet. A ces cordes sont suspendus

Appareil propre à démon-
 trer les propriétés du
 coin.

Fig. 2.

Planche
XVI.

les poids X, X, z, z; c'est l'effort de ces poids qui oblige les cylindres à s'approcher. Au point Q, sommet du coin, pend un bassin dans lequel on met les poids nécessaires pour que le coin puisse écarter les cylindres, s'insinuer entre eux & y demeurer comme suspendu.

U S A G E

De cet appareil.

On conçoit trop aisément l'usage de cet appareil pour insister sur cet objet; nous observerons seulement que pour produire l'effet qu'on attend de cette machine, il faut, pour tenir le coin en équilibre entre les deux cylindres, que le poids de ce coin & de sa charge soit à la somme des poids X, X, z, z, comme la base du coin est au double de sa longueur, ce qui s'accorde parfaitement avec la théorie géométrique de cette machine. On pourra consulter à cet égard, *le Cours de Physique de Mussenbroek*.

Cette connoissance fournit au Physicien nombre d'observations à faire relativement à tous les instrumens tranchans, qu'on peut regarder comme autant de petits coins. Ces mêmes observations peuvent s'étendre à l'effet

de certains poisons , tels que le sublimé corrosif, l'arsenic , l'eau forte , &c. dont les parties acuminées forment des coins de différente espee. Les dents des animaux , le bec des oiseaux , les ongles , &c. peuvent encore être rangés dans cette classe.

Planche
XVI.

ARTICLE HUITIEME.

*Des Appareils propres pour démontrer
les propriétés des vis.*

LA VIS en général, est un plan incliné roulé en forme d'hélice sur la circonférence d'un cylindre ; elle est reçue dans une autre vis creusée sur le pourtour d'un trou ; cette dernière se nomme *écrou*. La théorie de cette machine tient à celle du plan incliné ; nous n'avons encore aucun appareil qui puisse démontrer assez exactement l'analogie de la puissance comparée à la résistance. Nous nous bornerons donc à faire observer avec l'appareil suivant , que la vis est un véritable plan incliné.

Planche
XVI.

P R E M I E R A P P A R E I L.

Développe-
ment de la
vis.
Fig. 3.

AB , (Pl. XVI, fig. 3.), est un cylindre sur le contour duquel on mene un filet de vis ab , fait avec un morceau de parchemin.

U S A G E

De cet Appareil.

SI on développe ce filet, on voit qu'il forme un plan incliné abC , dont la hauteur aC , représente le pas de la vis & la longueur ab le filet.

Nous laissons au Physicien à développer les applications & les avantages de cette machine ; les moyens qu'on peut employer pour augmenter la force de la puissance appliquée à cette machine, soit en ferrant davantage le pas de la vis, soit en la faisant mouvoir avec un levier plus long, &c.

On connoît en Physique deux especes particulieres de vis qui méritent bien un article à part, *la vis d'archimède* & *la vis sans fin* ; nous parlerons de cette derniere dans l'article suivant, dans lequel nous traiterons des machines composées.

SECOND APPAREIL.

Planche
XVI.

AB, (Pl. XVI, fig. 4.), est un tube de métal tourné en forme d'hélice sur un cylindre *ab*, incliné à l'horison. L'extrémité *b* de ce cylindre est terminée par un pivot qui roule dans une crapaudine attachée au fond du bassin CD. L'autre extrémité du même cylindre se meut sur le haut du pilier EF, perpendiculaire au bassin : cette vis est menée par une manivelle G.

Vis d'archi-
méde.
Fig. 4.

U S A G E

De cet Appareil.

ON remplit d'eau le bassin CD & on fait tourner la vis dans le sens qui convient pour que l'extrémité inférieure du canal puise & s'engorge d'eau; cette eau passe ensuite d'hélices en hélices, à proportion que la vis tourne; elle s'écoule enfin par l'extrémité supérieure de la vis & elle tombe dans un réservoir ménagé au-dessous, ou dans le bassin même.

Pour expliquer plus facilement de quelle manière l'eau se porte vers le haut de cette vis, on a imaginé l'appareil suivant.

Planche
XVI.

TROISIEME APPAREIL.

Autre vis
d'archimède.
Fig. 5.

Fig. 4.

A, (Pl. XVI, fig. 5.), est encore un cylindre, sur la longueur duquel on a enveloppé un plan étroit & flexible AB, garni d'un petit rebord. Les révolutions de ce plan imitent les hélices du tube AB, (fig. 4.); c'est encore une vis *d'archimède*, mais dont les hélices sont à jour. Le cylindre se meut sur deux pivots qui roulent entre deux poutres C, D, élevées verticalement sur la tablette HI. Cette tablette, attachée par une charnière à une seconde NO, s'incline plus ou moins à l'horizon & se tient dans le degré d'inclinaison qu'on lui donne, par le moyen d'un valet K, qui s'appuie sur les dents d'une crémaillère LM.

U S A G E

De cet Appareil.

ON introduit sur l'un des pas inférieurs de cette vis, un balle de métal dont le diamètre doit être plus petit que la hauteur de ce pas; on fait tourner la vis sur son axe & on voit la bille passer d'hélices en hélices & s'élever jusqu'au haut du cylindre.

Lorsqu'on examine avec attention la position

ſucceſſive des hélices , on voit qu'elles for-
ment autant de petits plans inclinés ſur leſ-
quels la bille roule continuellement. Rien de
plus ingénieux que cette machine , mais rien
en même-temps de plus borné que le ſervice
qu'on peut en attendre , nonobſtant les diffé-
rens moyens qu'on a employés pour parer à
cet inconvéniement ; moyens que le Phyſicien
doit connoître & développer. Il trouvera de
quoi ſe ſatisfaire à cet égard dans un Ouvrage
de M. *Pauc̄ton* , intitulé , *Théorie de la vis
d'archimède* ; il verra même avec plaifir l'idée
ingénieufe avec laquelle l'Auteur a voulu dé-
composer cette machine pour en expliquer
plus facilement les effets.

Planche
XVI.

ARTICLE NEUVIEME.

*Des Appareils propres à faire juger des effets
des machines composées.*

Nous ne donnerons ici que quelques exem-
ples de ces fortes de machines , qui ſe mul-
tiplient tous les jours & qui ne ſont qu'une
combinaifon des précédentes. Celles que nous
choifirons ſuffiront pour ſatisfaire la curioſité
du Lecteur & le mettre à portée de juger des

Planche avantages qu'on peut attendre de toutes celles
XVI. qu'il auroit à considérer.

PREMIER APPAREIL.

Multiplica-
tion des l-
viers.
Fig. 6.

Aa, cb, dC , (Pl. XVI, fig. 6.) sont trois leviers du premier genre, mobiles sur leurs axes r, r, r , & disposés de manière que chaque axe est quatre fois moins éloigné d'une des extrémités de son levier, que de l'autre. Le levier cb , porte sur les deux autres, de façon que l'extrémité A du premier venant à baisser, l'extrémité C du dernier s'éleve en sens contraire. Les petits poids o, o, o , appliqués aux extrémités les plus courtes de chacun de ces leviers, servent à les tenir en équilibre avec eux-mêmes, lorsqu'ils ne sont point chargés.

U S A G E

De cet Appareil.

LA disposition de ces leviers étant connue, on démontre qu'un poids P , d'une livre étant suspendu à l'extrémité A du premier levier, tient en équilibre un poids R , de soixante-quatre livres, attaché à l'extrémité C du dernier. La puissance est donc ici à la résistance, comme le produit des plus courts bras, mul-

multipliés les uns par les autres, est au produit des plus longs, pareillement multipliés les uns par les autres, ou en raison composée des avantages qu'elle tire séparément de chacun des leviers qui entrent dans la construction de cette machine.

Planche
XVI

Les roues dentées ne sont encore qu'une multiplication de leviers du premier genre, comme il est facile de s'en assurer par le développement de l'appareil suivant.

Roues dentées.

SECOND APPAREIL.

SUR l'axe de la première roue A, (Pl. XVI, fig. 7.), est fixé un treuil *a*, qui tourne conjointement avec cette roue. Celle-ci engraine dans le pignon *c* de la roue B, lequel est également fixé sur l'arbre de cette roue. Cette dernière engraine dans le pignon *d* de la troisième C, qui n'est point dentée, mais faite en forme de tambour, sur lequel s'enveloppe un cordon ou une soie, à l'extrémité de laquelle on suspend le petit poids P, pour faire l'office de puissance.

Fig. 7.

Planche
XVI.

U S A G E

De cet Appareil.

LA résistance R étant attachée à l'extrémité d'une corde qui enveloppe la circonférence du treuil *a*, on conçoit aisément que la première roue A fait l'office d'un treuil ordinaire, mené par une roue, tels que la roue de carrieres, la grue & plusieurs autres machines de cette espece. On aura donc aisément le rapport de la puissance à la résistance, si on connoît celui qui se trouve entre le diametre du treuil & celui de la roue A. Supposons que ce rapport soit comme celui de 1 à 4, une puissance comme 1 appliquée sur chacune des dents de la roue A, tiendra en équilibre une résistance comme 4, attachée au cordon qui enveloppe le treuil *a*. Les aîles du pignon *c* menées par la denture de la roue A, n'auront donc à supporter que le quart de l'effort total du fardeau R; par conséquent si le diametre de ce pignon est au diametre de la roue B, dans le même rapport, ou mieux si les deux dentures sont dans le rapport de 1 à 4, une puissance comme 1, transportée sur les dents de la seconde roue,

tiendra en équilibre une résistance R , comme **Planche**
16. Le pignon d , de la troisième roue, ou **XVI.**
du tambour C , ne sera donc chargé que de
la seizième partie du fardeau R ; & si on sup-
pose que le même rapport subsiste entre le
diamètre du pignon d & celui du tambour C ;
une puissance P qui ne sera que la 64^e
partie de la masse R , la tiendra en équilibre;
ce qui s'accorde parfaitement avec la formule
générale : *la puissance doit être à la résis-
tance, comme le produit du diamètre des
pignons ou des lanternes, est au produit du
diamètre des roues.*

La théorie des roues dentées conduit natu-
rellement à parler des roues des voitures,
de l'avantage que les grandes ont sur les pe-
tites, qui leur sont communément associées.
On trouvera cette théorie amplement déve-
loppée dans le *Cours de Physique du D.
Desaguilliers*; on peut encore faire une ap-
plication de cette même théorie, à la fusée
d'une montre, dont la figure cénoidale entre-
tient un tirage égal dans le premier moteur,
quoique sa force aille toujours en diminuant,
à mesure que ce ressort se développe.

Planche
XVII.

TROISIEME APPAREIL.

Le cric.

Fig. 1.

LE Cric est composé d'une lame dentée AK, (Pl. XVII, fig. 1.), dont la tête A, est ordinairement terminée par une espece de fourchette. Les dents de cette lame engrainent avec les aîles d'un pignon B, fixé sur l'arbre d'une roue dentée C. Les dents de cette roue engrainent avec les aîles d'un second pignon D, sur l'arbre duquel on monte une manivelle FE.

U S A G E

De cet Appareil.

LE fardeau qu'on veut soulever étant appuyé sur la tête A, de la lame dentée AK, on fait tourner la manivelle dans le sens qui convient pour élever la lame AK, & le fardeau monte. Or, on démontre que, dans le cas d'équilibre, la puissance doit être à la résistance comme le produit des diametres des pignons est au produit du diametre de la roue, multiplié par la longueur du bras de la manivelle.

QUATRIEME

QUATRIÈME APPAREIL.

SUR un même arbre sont montés fixement le treuil *ab*, (Pl. XVII, fig. 2.), & la roue A; les dents de cette roue engrainent dans une espèce particulière de vis BC, qu'on nomme *vis sans fin*, parce qu'elle tourne toujours dans le même sens & qu'elle n'a point de repos. A l'extrémité D de l'arbre de cette vis, est adaptée la manivelle DE; le tout est établi & se meut sur une châsse surmontée d'un coq K.

Vis sans fin.
Fig. 2.

U S A G E

De cet Appareil.

LA puissance appliquée à la manivelle E, & qui fait tourner la vis BC, fait tourner en même-temps la roue A, & conséquemment le treuil *ab*. La corde qui y est attachée, s'enveloppe donc sur la circonférence de ce treuil, & le fardeau R s'éleve à proportion.

Il y a plusieurs moyens de connoître & de démontrer l'avantage de cette machine: le plus simple est de la ramener au principe d'équilibre de *Descartes*, & de comparer l'espace que la puissance & la résistance par-

Planche
XVII.

courent dans le même temps. Pour déterminer ce rapport, il suffit de connoître le diamètre du treuil *ab*, la longueur du bras de la manivelle & le nombre de dents que porte la roue A. On pourra consulter à ce sujet, nos *Leçons de Physique expérimentale*.

CINQUIEME APPAREIL.

La chevre
moufflée.
Fig. 3.

ABDCE, (Pl. XVII, fig. 3.), est un treuil ordinaire monté dans un chassis particulier & construit de maniere que la corde qui enveloppe le treuil, passant sur la circonférence de la poulie *c*, donne plus de facilité pour mouvoir & élever le fardeau de différentes manieres. F, est une poulie mobile, à la châsse de laquelle on attache ce fardeau.

U S A G E

De cet Appareil.

ABSTRACTION faite de la poulie F, cet instrument, dont le service est très-familier dans les constructions, se nomme une *chevre*, (Pl. XV, fig. 1.); & ce n'est, à proprement parler, qu'un simple treuil. Conséquemment la puissance doit être à la résistance, pour le cas d'équilibre, comme le rayon du treuil est

Planc. XV,
Fig. 1.

à la longueur des leviers croisés *ab*, *ab*; &c. Planche
 mais par l'addition de la poulie mobile F, cette XVII.
 machine devient composée & se nomme *chevre*
moufflée, ou plus communément *chevre d'ar-*
tillerie; & on démontre, en conséquence des
 principes lès mieux établis concernant les
 poulies mobiles, que la poulie F double l'effet
 de la puissance.

SIXIEME APPAREIL.

DANS une cage ABCD, (Pl. XVII. fig. 4.),
 on remarque un volant EF : il fait l'office d'un
 levier du premier genre ou d'une balance; au
 milieu de ce levier est adaptée une espece de
 fuseau GH, portant sur sa longueur une vis
 sans fin H, qu'on peut considérer comme un
 coin. Cette vis engraine dans les dents de la
 roue K, qui représente un treuil conduit par
 une roue; la corde qui embrasse l'axe de la
 roue & qui s'enveloppe sur le treuil, passe
 sur la circonférence des poulies moufflées M
 N, & comme la vis sans fin ne fait qu'im-
 parfaitement l'office de plan incliné, puis-
 qu'elle n'a point de mouvement progressif,
 on ajoute à cette machine le plan incliné *rq*,
 RQ, sur lequel on fait poser le fardeau P,
 suspendu à la châsse des poulies mobiles *m*, *n*.

Machine
 composée de
 toutes les ma-
 chines sim-
 ples.

Fig. 4.

Planche
XVII.

U S A G E

De cet Appareil.

CET appareil n'est que de pure curiosité ; il réunit toutes les machines simples en une seule machine composée , & sert à démontrer que , dans ce cas , l'avantage de la puissance sur la résistance est en raison composée de tous les avantages que chaque machine simple procure à la puissance.

Il eût convenu , pour plus grande exactitude , de n'employer ici qu'une seule poulie mobile , à la place des poulies moufflées MN ; mais nous n'avons rien voulu changer à la machine du *D. Desaguilliers* , & nous l'avons décrite telle que ce célèbre Physicien l'a imaginée.



ARTICLE DIXIEME.

Description d'un appareil propre à démontrer les inconvénients indispensables dans le service des cordes.

LA nécessité d'employer des cordes dans le service de presque toutes les machines, & la variété des obstacles qu'elles opposent à la puissance, méritent une considération particulière. On ne peut donc trop recommander à celui qui se propose de traiter de la Méchanique d'une manière utile pour la pratique, d'avoir égard à cette nouvelle résistance inévitable; il doit considérer avec soin,

1°. La constitution du chanvre; il est plus ou moins flexible, suivant la manière selon laquelle il a été cardé.

Considérations importantes sur la construction des cordes.

2°. La quantité de tors qu'on donne aux filamens de ce chanvre pour en faire du fil.

3°. La manière selon laquelle ces fils eux-mêmes sont tors entre eux dans la fabrique de la corde, ce qui varie singulièrement la flexibilité d'une même espèce de corde, faite avec le même nombre de fils.

Planche 4°. La grosseur de la corde qu'on se propose d'appliquer à une machine.
XVII.

5°. Les accroissemens que la roideur d'une corde peut acquérir, à raison des poids qui la tendent.

6°. Le diametre des poulies, ou des cylindres sur lesquels elle doit se ployer.

Il ne doit point négliger encore de faire attention à quantité de circonstances étrangères, à la vérité, mais qui influent malgré cela plus ou moins sur la résistance qu'une corde peut faire éprouver.

1°. Elle résistera davantage si elle est neuve, que si elle a déjà servi & que ses fibres se soient allongées.

2°. Elle deviendra plus roide, si on la mouille.

3°. Exposée à l'action du soleil, elle blanchira & elle deviendra plus flexible.

4°. Exposée aux injures de l'air elle deviendra plus roide & d'un plus mauvais service.

La plûpart de ces observations, toutes importantes dans la pratique, peuvent être confirmées par l'expérience; mais il ne faut pas toujours s'attendre que les résultats seront constamment les mêmes, il y a tant de circonstances qui influent sur la qualité des cor-

des, qu'il n'est presque pas possible que l'expérience justifie exactement la théorie. Planche XVII.

A P P A R E I L.

SUR une tablette suffisamment solide EF, (Pl. XVII, fig. 5.), s'élevent deux forts montans AB, CD, qui forment vers le haut deux especes de potences réunies par une traverse de fer. Aux extrémités de ces potences sont implantés deux crochets de fer R, R.

Appareil propre à examiner les propriétés des cordes.
Fig. 5.

P est une petite planche taillée en forme de parallélograme, & aux angles de laquelle sont attachés quatre anneaux pour recevoir les crochets des cordes *ab, ab, ab, ab*, (fig. 6.) : ces cordes doivent être disposées par paires & on doit connoître les rapports entre les grosseurs de ces cordes.

Fig. 6.

cd, cd, cd, (fig. 5 & 7.), sont des cylindres de bois ferme, de buis, par exemple, le cylindre *cd*, n°. 1, est uni & de même grosseur dans toute sa longueur. Le diametre du cylindre *cd*, n°. 2, est double, mais il est réduit vers sa partie moyenne, à la grosseur du précédent. Le cylindre *cd*, n°. 3, est triple du premier & pareillement réduit à la grosseur de celui-ci vers son milieu.

Fig. 5 & 7.

On réduit encore tous ces cylindres au

Planche XVII. même poids par l'addition des boules *c*, *d* ; qu'on adapte aux extrémités de ceux dont les diametres font plus petits.

Sur la partie moyenne de chacun de ces cylindres font attachées deux petites pointes en forme de crochets , mais elles font enchâssées de maniere qu'elles n'excèdent point la surface du cylindre.

U S A G E

De cet Appareil.

POUR connoître 1^o, l'effet que le tors produit sur une corde, on choisit une écheveau de fil bien uni ; on en coupe plusieurs brins de même longueur, on peut les supposer de même force , à très-peu de différence près : on suspend chacun de ces brins & séparément à l'un des crochets R ; on attache des poids à leur extrémité , jusqu'à ce que ces fils rompent : s'ils rompent sous l'effort de différens poids , on choisit un poids moyen entre ceux qu'on a employés pour les rompre, & ce poids exprime la force de ces fils. On prend alors plusieurs brins qu'on réunit & qu'on tord plus ou moins ; on suspend cette espece de corde à l'un des crochets R , & on voit , en répétant

l'expérience, qu'elle ne peut supporter, sans se rompre, la somme des poids que ces brins devraient supporter s'ils n'étoient point tors. Planche XVII.

2°. On suspend successivement aux crochets R, R, différentes paires de cordes, qu'on attache aux angles de la planchette P, (fig. 5.), & on la charge de poids suffisans pour tendre ces cordes. On les roule ensuite sur l'un des cylindres *cd*, *cd*, *cd*, (fig. 7.), on enveloppe

Fig. 5.

Fig. 7.

ces cylindres d'un ruban *ef*, accroché aux petites pointes dont nous avons parlé. Ce ruban est destiné à porter le bassin d'une balance : on charge successivement ce bassin pour qu'il entraîne le cylindre : il faut avoir soin sur-tout que les parties de ces cordes ne frottent point les unes contre les autres. Or, en procédant de la même manière pour chaque paire de corde, & en changeant de cylindres, on observe,

1°. Que des cordes de différens diametres, ayant à supporter le même degré de tension sur un même cylindre, font éprouver une résistance qui croît en raison directe du diametre des cordes.

2°. Que les mêmes paires de cordes enveloppées successivement sur des cylindres de différens diametres, font éprouver une résis-

Planche
XVII.

tance d'autant plus grande que les diametres de ces cylindres font plus petits, quoique cette résistance ne suive pas, à beaucoup près, la raison inverfe du diametre de ces cylindres,

SECTION CINQUIEME.

Des Appareils nécessaires pour les expériences de l'Hydrostatique.

L'*HYDROSTATIQUE* traite de la pression & de l'équilibre des liqueurs de toutes especes, *homogenès* ou *hétérogenes*. Elle traite encore de la pression & de l'équilibre des solides plongés dans les liquides. Nous ne comprendrons ici sous le nom de liquides que ceux qui ne paroissent point susceptibles de compression, & nous diviserons cette Section en cinq Articles. Le premier traitera des appareils propres à démontrer les loix générales de la pression des liquides de toute espece. Le second aura pour objet les appareils avec lesquels on démontre les loix de l'équilibre entre des liqueurs homogenes. Le troisieme fera connoître ceux dont on se sert pour démontrer les loix particulieres de la pression

Division de
cette Sect.

& de l'équilibre des liqueurs hétérogenes. Planche
Le quatrieme exposera les appareils nécessaires XVII.
pour examiner les loix de la pression &
de l'équilibre des solides plongés dans les li-
quides. Le cinquieme enfin comprendra tous
les appareils propres à faire connoître les
phénomènes des tubes capillaires.

ARTICLE PREMIER.

*Des Appareils propres à démontrer les loix
générales de la pression des liquides de
toute espece.*

UNE erreur fondée sur une observation
mal vue faisoit croire à nos Anciens que les
liquides étoient dépourvus de pésanteur ,
lorsqu'ils faisoient partie d'une masse de li-
quide de même espece. De-là cette propo-
sition fameuse dans l'ancienne Ecole , *liquida
non gravitant in propriis locis*. Quoique de-
puis long-temps détruite , le Physicien peut
encore rappeler cette erreur , examiner le
fondement sur lequel elle portoit , & rendre
raison du phénomène qui y avoit donné lieu ,
& s'il veut la réfuter complètement par la
voie de l'expérience , l'appareil suivant est
on ne peut plus propre à cet effet.

Planche
XVIII.

PREMIER APPAREIL.

Appareil
pour démon-
trer que les
liquides pe-
sent dans leur
propre élé-
ment.

Fig. 1.

A l'un des bras d'une balance AB, (Pl. XVIII, fig. 1.), on suspend un flacon C, surmonté d'un robinet DE, qui s'adapte à la platine de la machine pneumatique. On dispose au-dessous de ce flacon un grand vaisseau de cristal FG, rempli d'eau ou de tout autre liquide.

U S A G E

De cet Appareil.

ON fait d'abord le vuide dans le flacon C; qui doit être assez pesant pour ne pas surnager lorsqu'il est plongé dans l'eau; s'il étoit nécessaire, on auroit soin de le léster de plomb avant de faire l'expérience. Le vuide étant fait, on le suspend à l'un des bras de la balance, & on le fait plonger entièrement dans l'eau du vaisseau FG. On le met en équilibre avec un contre-poids suffisant, placé dans le bassin P; on ouvre après cela le robinet: le flacon se remplit d'eau & il devient prépondérant. Si on rétablit l'équilibre, en ajoutant un nouveau poids à celui qui est en P, on verra que ce poids est parfaitement égal

à celui de la masse d'eau qui s'est introduite dans le flacon. Planche XVIII.

Cette expérience n'exige point absolument tant de précautions : je me contente d'un flacon ordinaire fermé avec un bouchon usé à l'émeril, & je m'exempte de faire le vuide. L'erreur qui se trouve réellement dans mon résultat ne va pas à trois grains & doit être réputée zero.

Soumis à l'action de la pesanteur, les liquides n'ont point, comme les solides, un centre commun de gravité, où l'effort de cette pesanteur se réunisse : leurs parties agissent & exercent leur pression indépendamment les unes des autres. Théorie importante à développer & qu'on peut confirmer avec l'appareil suivant.

SECOND APPAREIL.

DO, (Pl. XVIII, fig. 2.), est un grand vaisseau de cristal fermé inférieurement par un fond de métal qui y est exactement masticqué & qui porte une ouverture d'un pouce ou environ de diamètre. A cette ouverture est adaptée une douille de cuivre EF, bien cylindrique ou exactement calibrée dans son intérieur. Cette douille porte une vis intérieure en E,

Appareil fait pour démontrer que les parties des liquides exercent leur pression indépendamment les unes des autres.

Fig. 2a

Planche XVIII. sur laquelle on monte le tube MN, muni d'une vis appropriée à celle de la douille & garnie d'un cuir gras sur son collet pour fermer exactement leur jonction. La partie F, extérieure de cette douille, est de deux à trois pouces de longueur. G est un piston qui glisse grassement dans son intérieur & qui est arrêté dans sa chute par un petit cercle qui se visse au bas de la douille.

Le piston G porte un anneau par lequel on le suspend à un fil ou à une tige de métal qui s'attache en H, au bras d'une balance HI, établie sur un support KL, fixement arrêté sur la tablette A. Celle-ci est soutenue sur trois pieds dont la hauteur est telle que l'extrémité F de la douille, arrive vers le fond du bassin R.

U S A G E

De cet Appareil.

ON pose la tablette A sur le bassin R de cristal, ou de toute autre matière; on monte le tube MN sur la douille EF, & on place le piston G au niveau du fond du vaisseau DO: on l'attache au bras H de la balance & on le contient dans cette position par un petit poids P, suspendu au bras opposé I.

On remplit d'eau le tube MN, jusqu'à ce que ce liquide soit arrivé à une hauteur suffisante pour entraîner le poids P & pour vaincre le frottement du piston. Supposons que cette hauteur soit désignée par *ab*, on a soin de la marquer sur le vaisseau DO, & on se sert assez commodément pour cela d'un petit morceau de papier mouillé qu'on colle sur un des points de la surface de ce vaisseau. Planche XVIII.

Cette première expérience faite, on supprime le tube MN; on replace le piston dans la même position & on verse de l'eau dans le vaisseau DO. On remarque alors que le piston G ne cède à la pression de cette nouvelle masse d'eau que lorsqu'elle est parvenue à la même hauteur *c*: d'où l'on conclut que toute la masse d'eau n'agit point ici contre le piston, mais seulement la petite colonne qui lui est perpendiculaire & qui repose dessus, & conséquemment que les parties des liquides agissent indépendamment les unes des autres.

Les liquides ont encore cette propriété qu'ils exercent leur pression en toute sorte de sens, proposition importante en hydrostatique, & dont on peut constater la vérité par les appareils suivans.

Planche
XVIII.

Appareil
propre à dé-
montrer que
les liquides
exercent leur
pression en
tous sens.

Fig. 3.

TROISIEME APPAREIL.

CDEF, (Pl. XVIII, fig. 3.) est un tube de verre recourbé & dont la branche CD, est de beaucoup plus longue que la branche EF.

U S A G E

De cet Appareil

CE tube étant plongé dans le vaisseau AB ; rempli d'eau, on voit ce liquide parcourir les branches FE, ED, DC.

QUATRIEME APPAREIL.

Appareil
fait pour dé-
montrer la
pression laté-
rale des li-
quides.

Fig. 4.

AB, (Pl. XVIII, fig. 4.) est un flacon de cristal percé latéralement en C ; on adapte à cette ouverture un petit tube de cuivre.

U S A G E

De cet Appareil.

LE flacon étant rempli d'eau, on le bouche & l'eau demeure dans le flacon ; ce qui dépend de la résistance que l'air extérieur oppose en C. On ouvre le flacon & on voit aussi-tôt l'eau jaillir par le tube & décrire une courbe parabolique ; phénomène qui dépend de

de la pression latérale de l'eau & de l'action de la pesanteur qui la maîtrise à la sortie du tube. **Planche XVIII.**

CINQUIEME APPAREIL.

AB, (Pl. XVIII, fig. 5.), est un grand vaisseau de cristal rempli d'eau. CD est un autre petit vaisseau ouvert à ses deux extrémités. On applique, contre l'ouverture inférieure de ce dernier, une plaque de métal E, garnie d'un cuir mouillé. Cette plaque est attachée à un fil *ab*. Le bord supérieur du cylindre est garni d'une virole qui porte deux oreilles F & G, suffisamment longues pour s'appuyer de part & d'autre sur les bords du vaisseau A B. Souvent on se contente de le tenir à la main.

Appareil fait pour démontrer la pression que les liquides exercent de bas en haut.

Fig. 5.

U S A G E

De cet Appareil.

ON retient avec le fil *ab*, la plaque de métal E, contre l'ouverture du cylindre CD, & on le plonge dans le vaisseau AB. On fait reposer les oreilles F & G sur les bords du vaisseau, ou on le tient à la main. On abandonne le fil *ab*, & la plaque E demeure adhérente à l'orifice inférieur du vaisseau CD,

Planche nonobstant l'effort de la pesanteur qui tend
 XVIII. à l'en séparer & à la précipiter au fond du
 vaisseau.

On conçoit aisément d'après la connoissance des propriétés que nous venons d'indiquer, que le fond d'un vaisseau quelconque ne peut être pressé que par la seule colonne de liquide qui repose dessus, & que cette pression doit être d'autant plus grande, toutes choses égales d'ailleurs, que la hauteur perpendiculaire de cette colonne est plus grande, ce qu'on démontre avec l'appareil suivant.

SIXIEME APPAREIL.

A l'un des bras d'une balance AB, (Pl. XVIII, fig. 6.), on suspend un vaisseau de cristal C, en partie rempli d'eau, supposons jusqu'en *ab*; on met ce vaisseau & la masse d'eau qu'il contient en équilibre avec un contre-poids suffisant P.

D est un cylindre creux de métal, mais très-léger; on le fait communément de fer blanc verni. Ce cylindre est attaché à une tige E, qui s'éleve & qui s'abaisse sur la longueur de la colonne GH; on le contient à une hauteur convenable par une vis de pression e.

Appareil pour démontrer que la pression d'un liquide est en raison de sa hauteur perpendiculaire, toutes choses égales d'ailleurs.

Fig. 6.

U S A G E

De cet Appareil.

L'EFFORT de l'eau & du vaisseau C qui la contient étant déterminé par le contre-poids P, on dirige le cylindre D de maniere qu'il plonge dans la masse d'eau. A proportion qu'il s'y enfonce, il en déplace une plus grande masse qui reflue dans les colonnes collatérales & qui élèvent d'autant la surface de ce liquide, supposons jusqu'en *cd* : il ne se fait donc ici d'autre changement que dans la hauteur de l'eau, dont la quantité demeure toujours la même. Or, la pression contre le bras B de la balance devient proportionnellement plus grande.

Veut-on démontrer maintenant que cette augmentation de pression n'est pas due au poids du cylindre D, qui plonge dans l'eau, mais bien à la hauteur de l'eau au-dessus du fond du vaisseau C ? on rétablit l'équilibre en ajoutant un nouveau poids : on remplit ensuite le cylindre D de menu plomb. Son poids peut alors devenir décuple, & malgré cela l'équilibre subsiste, parce que la hauteur de l'eau demeure la même.

On démontre pareillement que la base du vaisseau étant plus large , elle porteroit un plus grand nombre de colonnes & conséquemment qu'elle supporteroit , toutes choses égales d'ailleurs , une plus grande pression. La pression des liquides sur le fond des vaisseaux qui les contiennent , est donc en raison composée de la grandeur de la base & de la hauteur perpendiculaire , comme nous l'avons démontré dans nos *Leçons de Physique expérimentale* , & comme on peut le confirmer avec l'appareil suivant.

SEPTIEME APPAREIL.

Planche **XIX.** (Pl. XIX, fig. 1.), s'élevent deux montans **CD, CD**, dans la largeur desquels glissent à rainures & à languettes , les deux queues **F, F**, d'une traverse **GH**. Cette traverse porte deux supports **K, I**, sur le haut desquels roulent les deux axes de deux romaines **M, L**. Ces romaines sont terminées de part & d'autre par deux arcs de cercle , décrits du centre commun de leur mouvement.

La traverse **GH**, est ouverte en *ef*, pour laisser passer un cordon dont les extrêmes

Appareil
des vases de
Pascal.
Fig. 1.

font attachées en *a* & *b*, & auquel on accro- Planche
XIX.
che le fil de laiton *cd*, dont nous parlerons
dans un moment.

Vers le milieu de la caisse *AB*, est monté à vis un cylindre de cuivre *NO*, de six pouces de hauteur & de trois à quatre pouces de diamètre, suivant la grosseur du vase cylindrique *R*.

Dans ce cylindre, qui doit être exactement calibré selon toute sa hauteur intérieure, glisse un piston *P*, fait de plusieurs tranches de cuir bien arrondies & bien ferrées entre deux platines de cuivre, un peu moins larges que les cuirs. Ce piston doit glisser grassement dans ce cylindre & le remplir assez exactement pour sceller l'eau.

Pour retenir le piston & l'empêcher de tomber dans la caisse, on visse au bas du cylindre *NO*, un fond ouvert, à son centre, d'un trou de deux pouces ou environ de diamètre, pour que l'air ait la liberté de s'échapper lorsque le piston descend. On monte pareillement à vis un cercle de cuivre dans l'intérieur & sur le bord supérieur du cylindre *NO*, lorsque le piston *P*, est en place. Ce cercle fait un rebord qui retient ce piston & qui l'empêche, lorsqu'il s'élève, de venir frapper

Planche contre le bord des vaisseaux de cristal qui
 XIX. surmontent le cylindre.

R, S, T, sont trois vaisseaux de cristal de formes & de capacités différentes, mais réduits vers le bas au même diamètre, par des viroles de cuivre qui y sont mastiquées.

Le premier R est cylindrique & de même diamètre que le piston P, qui lui sert de base, lorsqu'il est monté sur le cylindre NO. Le second S, est extrêmement évasé par le haut. Le troisième T, n'est qu'un tube d'un pouce ou environ de diamètre, mais élargi vers le bas par une virole de cuivre V, qui le ramène aux mêmes dimensions que le précédent; il est surmonté d'une espèce d'entonnoir X, destiné à recevoir l'eau qui excéderoit les bords de ce vaisseau dans l'opération.

Ces trois vaisseaux se montent successivement sur le cylindre NO, & on a soin d'interposer un cuir mouillé dans leur jonction; pour fermer le passage à l'eau qui pourroit se filtrer par les vis & s'écouler.

U S A G E

Planche
XIX.*De cet Appareil.*

1°. LE vaisseau cylindrique R, étant établi sur la machine, on attache le piston P, qui lui sert de base, à l'une des extrémités de la tige de métal *cd*. On suspend cette tige aux cordons qui sont attachés aux romaines M, L; on fait descendre le piston P, dans le cylindre NO, jusqu'à ce que les deux bras *a, b*, de ces romaines soient totalement abaissés; ce qui donne plus de jeu à ces balances, faites pour trébücher en sens contraire pendant l'expérience. On remplit d'eau le vaisseau R, jusqu'à une hauteur connue & désignée par une marque *g*, sur la queue *dc*, du piston. On suspend alors aux extrémités *h* & *i* des romaines, des poids *p*, *p*, qui soient suffisans pour enlever le piston P.

Abstraction faite du frottement que ce dernier éprouve lorsqu'il se meut dans le cylindre NO, frottement qu'on peut supposer le même dans tous les cas, on juge par ces poids de la pression de l'eau contre le fond du vaisseau R.

2°. On substitue le vaisseau S au vaisseau R & on dispose les romaines de la même ma-

Planche
XIX.

niere. On remplit d'eau ce vaisseau jusqu'à la même hauteur g , & quoique la masse d'eau soit quadruple & même souvent plus que quintuple de la précédente, suivant la capacité du vaisseau S & la hauteur g , les mêmes poids p, p , suffisent encore pour enlever le piston & faire trébucher les romaines.

On doit observer ici que dès le moment où les romaines commencent à trébucher, leur mouvement accélère & qu'elles trébuchent bien plus promptement que dans le cas précédent; ce qui vient de ce que la hauteur de l'eau diminue au-dessus du piston P , à proportion que celui-ci s'éleve & que l'eau passe du cylindre NO , dans le vaisseau S , où elle prend plus de surface.

3°. On substitue le vaisseau T , & les choses étant dans le même état que précédemment, il ne faut pas moins que les poids p, p , pour enlever le piston, quoique la masse d'eau soit incomparablement moins grande que dans le cas précédent.

Il y a plus, comme l'eau qui passe du cylindre NO dans le tube T , acquiert une plus grande hauteur au-dessus du piston, on observe ici que les romaines trébuchent plus lentement que dans les deux premières expé-

riences , jusqu'à ce qu'elle se soit portée dans l'entonnoir X , où sa hauteur diminue , à cause de l'étendue de sa surface.

Quoique l'expérience démontre incontestablement que la pression des liquides sur le fond des vaisseaux qui les contiennent , est en raison composée de la base & de la hauteur perpendiculaire , on doit expliquer comment il arrive que cette pression ne soit pas plus grande dans le vaisseau S , que dans le vaisseau R , & comment elle est aussi considérable dans le vaisseau T que dans les deux précédens.

Il ne faut pas se contenter de suspendre aux romaines des poids qui ne soient que suffisans pour enlever le piston dans le premier cas. On conçoit facilement que ces trois expériences exigeant un certain temps , le piston demeure pendant ce temps exposé au contact de l'eau ; il s'en imbibe peu-à-peu & son frottement augmente à proportion. On remédie autant qu'il est possible à cet inconvénient , en enduisant bien avec de l'huile la surface du piston ; mais malgré cette précaution , il faut toujours que les poids excèdent d'une once ou deux ceux qui seroient strictement nécessaires , si le frottement demeuroid constam-

Planche ment le même pendant tout le temps de
XIX. l'expérience.

Cette théorie, bien entendue, conduit à des applications importantes dans la pratique & fournit la solution du problème suivant. *Faire produire à une très - petite quantité d'eau , ou de tout autre liquide , le même effet qu'on pourroit attendre de plusieurs muids du même liquide.*

On doit appliquer encore la même théorie à la pression des liquides sur les parois latérales des vaisseaux , & faire voir qu'à raison de la différence dans la hauteur du liquide , sur tous les points correspondans de ces parois , elles ne portent point une même pression que la base de ces vaisseaux .

Si la pression d'un liquide, toutes choses égales d'ailleurs , augmente à raison de sa hauteur , on conçoit qu'un corps plongé dans un liquide , doit éprouver d'autant plus de pression , qu'il est plus profondément plongé ; théorie importante à développer , par la multitude d'applications qu'on peut en faire.

HUITIEME APPAREIL.

Appareil
fait pour dé-
montrer que

C, (Pl. XIX, fig. 2.), est une petite vessie au col de laquelle on lie fortement un tube de

verre DE. Cette vessie doit être remplie ,
ainsi qu'une portion du tube , d'une liqueur
colorée, supposons jusqu'en *r*. AB est un grand
vaisseau de cristal d'un pied ou environ de
profondeur & rempli d'eau.

Planche
XIX.
la pression
contre un
corps plongé
augmente à
raison de son
immersion.
Fig. 2.

U S A G E

De cet Appareil.

EN plongeant la vessie à une certaine profondeur , supposons jusqu'en *F*, elle éprouve une pression en tous sens qui fait monter la liqueur dans le tube , & elle y monte à une hauteur d'autant plus grande qu'elle est plus profondément plongée. Il est nombre de phénomènes dépendans de cette pression en tous sens , qui méritent d'être connus. En supposant toujours que les liquides ne cèdent point à la compression qu'on leur fait éprouver, on peut démontrer par une expérience assez analogue , qu'un enfant , par exemple , renfermé dans le sein de sa mere , y est à l'abri, jusqu'à un certain point , de toute compression extérieure , à raison des eaux dont il est enveloppé.

Planche
XIX.

NEUVIEME APPAREIL.

Appareil fait pour démontrer qu'un corps renfermé dans un liquide y est à l'abri de toute compression extérieure.

Fig. 3.

V, (Pl. XIX, fig. 3.), est un grand vaisseau cylindrique de métal, dans lequel on pose une vessie B, remplie d'eau, & dans laquelle on a renfermé un œuf ordinaire. C est une planche épaisse, proportionnée à la capacité du vaisseau dans lequel elle doit se mouvoir avec liberté. Cette planche est surmontée de trois à quatre colonnes qui portent une seconde planche D, aussi épaisse que la première & suffisamment large pour qu'un homme puisse monter dessus & s'y tenir commodément.

U S A G E

De cet Appareil.

LES choses étant ainsi disposées, un homme monte sur la planche D, & conséquemment exerce une pression de plus de cent livres contre la vessie. Or, l'expérience démontre que l'œuf supporte, sans se casser, cette pression, qui se distribue uniformément en tous sens.

ARTICLE SECOND.

Des Appareils propres à démontrer les Loix de l'équilibre entre des liqueurs homogenes.

IL y a équilibre entre les colonnes d'une masse homogene liquide , lorsque toutes ces colonnes sont de même hauteur , & elles tendent toutes constamment à atteindre à cette égalité de hauteur , lors même qu'elles sont renfermées dans des vaisseaux communiquans, quelques éloignés qu'ils soient.

PREMIER APPAREIL.

SUR des planches verticales RS, (Pl. XIX, fig. 4, 5 & 6.), sont attachés des tubes communiquans de même diametre. Ces tubes ABC, (fig. 4.), sont parallèles entre eux. l'un AB, (fig. 5.), est vertical & l'autre BC, oblique & incliné à l'horison. Le troisieme AB, (fig. 6.) est encore vertical, & son communiquant BC, affecte différens contours.

Appareil des tubes communiquans.
Fig. 4, 5 & 6

U S A G E

De cet Appareil.

TOUTE liqueur versée dans l'un des trois tubes AB, passe & s'éleve dans le second BC, & s'y éleve jusqu'à ce qu'elle soit arrivée à la même hauteur perpendiculaire.

SECOND APPAREIL.

Planche A, (Pl. XX, fig. 1.), est un grand vaisseau de cristal, ouvert à ses deux extrémités. L'inférieure est cimentée dans une virole de cuivre V, qui se monte à vis sur un pied X, de même métal. A l'une des parties latérales de cette virole est soudé un tube de cuivre BC, ouvert en B, & qui communique avec la capacité du vaisseau A, & conséquemment établit une communication entre ce vaisseau & les différens tubes qu'on peut successivement monter sur la masse de cuivre C, creusée en forme de robinet. D est un robinet intermédiaire destiné à ouvrir, ou à fermer à volonté cette communication. G est une vis qui porte un collet revêtu d'un cuir gras; on supprime cette vis lorsqu'on veut évacuer les tubes & on a soin de fermer alors le robinet D.

XX.
Autre appa-
reil des tu-
bes commu-
niquans.

Fig. 1.

EF, HI, KL, sont trois tubes ; le premier cylindrique & droit, le second pareillement cylindrique, mais coudé vers le bas, pour qu'il puisse devenir oblique à l'horison, & le troisieme formant différentes inflexions. Chacun de ces tubes porte quatre à cinq lignes de diametre, & est monté dans une virole de cuivre travaillée comme la clef d'un robinet & ajustée sur la masse de cuivre C. Planche XX.

U S A G E

De cet Appareil.

ON monte d'abord sur cet appareil le tube cylindrique & perpendiculaire EF ; on remplit d'eau le vaisseau A, jusqu'à une hauteur donnée, supposons *ab* : on ouvre le robinet D, & on voit la liqueur s'élever dans le tube EF, & s'y élever jusqu'en *o*, niveau de *ab*. On ferme le robinet D ; on supprime la vis G, & on évacue ce premier tube, pour substituer à sa place le tube HI, cylindrique & coudé, de façon que sa longueur HI, devient oblique à l'horison. Le robinet D étant encore ouvert, la liqueur s'éleve dans ce tube à la même hauteur perpendiculaire *o*. Ce second tube évacué comme le précédent, on monte

Planche le tube KL; on répète l'expérience & la hauteur de l'eau arrive encore en o.

XX.

Il paroît donc évident que dans tous les vaisseaux communiquans quelconques, les liqueurs homogènes s'élevent à la même hauteur pour atteindre à leur équilibre, quelles que soient la capacité & la forme des vaisseaux qui communiquent entre eux, en supposant toutes fois qu'il ne s'en trouve point quelques-uns parmi ces vaisseaux, qui soient capillaires, ce qui feroit une exception à la loi générale de l'équilibre dont nous venons de parler: exception qui mérite la plus grande attention de la part du Physicien, & dont nous traiterons en particulier dans le dernier Article de cette Section.

Observation importante sur les effets des tubes communiquans.

On observe encore une exception, ou mieux un obstacle qui s'oppose quelquefois à l'effet que nous venons de démontrer. Lorsque les vaisseaux qui communiquent avec le principal réservoir, sont longs & tortueux, il arrive souvent que plusieurs petites masses d'air s'engorgent dans les courbures de ces vaisseaux & obstruent leur capacité. Dans ce cas, l'eau ne peut s'élever à la même hauteur que dans le réservoir; & si ces vaisseaux sont destinés à distribuer de l'eau dans d'autres réservoirs,

réservoirs, il arrive souvent que leur fonction est suspendue, quoique le principal réservoir soit rempli & en état de fournir à la dépense. C'est ce qui arrive à ces conduites d'eau qui rampent sous terre, & qui par différentes inflexions portent de l'eau à des distances éloignées d'un bassin dans un autre. On remédie à cet inconvénient en pratiquant des clefs de robinet sur les courbures de ces vaisseaux & en ouvrant ces clefs pour donner issue à l'air, dans les cas d'engorgemens. L'appareil suivant représente assez sensiblement ce phénomène.

Planche
XX.

TROISIEME APPAREIL.

SUR une tablette AB, (Pl. XX, fig. 2.), s'élevent deux montans CD, EF, entre lesquels on établit le tube de verre tortueux GHIK, de quatre à cinq lignes de diametre, & sur les courbures duquel on a pratiqué des ouvertures *b, b*, qu'on ferme exactement avec des bouchons de liege & de la cire molle. L est un petit réservoir placé sur l'extrémité de la tablette & destiné à recevoir l'eau qui doit s'évacuer par le bec *a* du tube.

Appareil fait pour démontrer les engorgemens qui arrivent aux tuyaux de conduite.
Fig. 2.

De cet Appareil.

SI on verse brusquement de l'eau par l'orifice G, elle parcourra la longueur du tube ; mais l'air dont il sera rempli ne pouvant s'échapper entièrement par l'orifice *a*, il s'en ramassera des bulles sur les courbures *b, b*, qui engorgeront ces espaces. L'eau cessera donc alors de couler par le bec *a*, & on la verra élevée au-dessus du niveau K, dans le tube vertical G. Si on débouche les ouvertures *b, b*, l'air s'échappera, l'eau recommencera à couler en *a*, jusqu'à ce qu'elle soit descendue au niveau K; & si on continue à verser de l'eau par le canal G, elle coulera constamment & elle s'évacuera dans le réservoir L.



ARTICLE TROISIEME.

Des Appareils propres à démontrer les loix particulieres de la pression & de l'équilibre des liqueurs hétérogenes.

SI plusieurs liqueurs hétérogenes sont renfermées dans un même vaisseau & qu'on vienne à agiter cette masse pour les mêler & les combiner ensemble, la différence de leurs densités suffira pour les séparer les unes des autres, en supposant toutes fois qu'elles n'aient point une trop grande affinité pour se combiner, & elles reprendront chacune la place due à leur densité respective.

PREMIER APPAREIL.

AB, (Pl. XX, fig. 3.) est une phiole cylindrique de sept à huit pouces de hauteur, remplie en partie de quatre liqueurs; de mercure C, d'huile de tartre par défaillance D, d'esprit-de-vin coloré sur orseille E, & d'huile de pétrole F. C'est cette phiole qu'on connoît de tout temps en Physique, sous le nom de *phiole des quatre élémens*. On peut sup-

Phiole des
quatre élé-
mens.
Fig. 3.

Planche primer le mercure, les trois autres liqueurs
 XX. fussent pour démontrer la proposition dont
 il est ici question.

U S A G E

De cet appareil.

SI on agite la phiole & si on mêle les liqueurs, il en résultera une masse hétérogene & opaque. Si on pose ensuite cette phiole sur une table & qu'on l'y laisse en repos, les liqueurs se sépareront & se placeront les unes au-dessus des autres, dans l'ordre indiqué ci-dessus.

Pour faire que des liqueurs qui seroient miscibles puissent se séparer à raison de la différence de leur densité, on se sert de l'appareil suivant.

S E C O N D A P P A R E I L.

Le passe-vin.
 Fig. 4.

A, (Pl. XX, fig. 4.), est une espece d'ampoule qui peut contenir un verre de vin : cette ampoule est surmontée d'un canal C, gros comme une plume à écrire : il établit une communication entre l'ampoule A & la coupe B.

U S A G E

De cet Appareil.

ON remplit de vin l'ampoule A, jusqu'au milieu ou environ du canal C, on verse ensuite de l'eau dans la coupe B, & on laisse l'instrument en repos sur une table: l'eau se précipite progressivement & descend dans l'ampoule A, tandis que le vin s'éleve & se filtre à travers la masse d'eau qu'il vient recouvrir, jusqu'à ce que toute l'eau s'étant précipitée, elle ait fait remonter le vin renfermé dans l'ampoule A.

Quelqu'usitée que soit la forme de ce vaisseau, on peut faire l'expérience avec tout autre: il suffit que les deux liqueurs soient séparées l'une de l'autre & ne puissent communiquer ensemble que par un canal étroit. Elle réussira également avec le matras A, (fig. 5.), dont la queue très-étroite sera suffisamment longue pour arriver au fond du vaisseau DE, dans lequel on aura mis suffisamment de vin pour remplir la boule A.

Fig. 54

Elle réussit encore également lorsqu'on renverse brusquement une bouteille pleine d'eau, par le trou qu'on pratique communément

Planche sur le ventre d'un poinçon. La bouteille se
 XX. vuide d'eau & se remplit de vin , mais il faut
 pour cela que le poinçon soit suffisamment
 plein pour que le col de la bouteille plonge
 dedans.

On peut encore, lorsqu'on veut rendre cette
 expérience mystérieuse, renfermer l'ampoule
 Fig. 6. qui contient le vin, dans une caisse AB (fig. 6.);
 il ne paroît alors au-dessus de la caisse qu'un
 petit vase, en forme de burette, rempli d'eau
 & on voit insensiblement cette eau se con-
 vertir en vin.

Si les liqueurs spécifiquement moins pesan-
 tes ont une tendance à se séparer & à s'éle-
 ver au-dessus de celles qui sont spécifique-
 ment plus pesantes & qui sont renfermées
 dans le même vaisseau, les premières ne per-
 dent rien pour cela de leur tendance vers le
 centre des graves. C'est un des paradoxes
 hydrostatiques proposés originaires par
 le célèbre *Boyle*, & qu'on démontre facile-
 ment avec l'appareil suivant.

TROISIEME APPAREIL.

Appareil
 pour démon-
 trer qu'une
 liqueur plus
 légère pèse
 sur une autre
 plus pesante.
 Fig. 7.

A, (Pl. XX, fig. 7.), est un vaisseau de
 huit à dix pouces de hauteur, ouvert latérale-
 ment en C & communiquant avec le tube BD.

U S A G E

De cet appareil.

ON verse dans le fond de ce vaisseau une liqueur d'une densité connue, de l'eau, par exemple, & on en verse suffisamment pour qu'il en passe dans le tube BD, supposons jusqu'en *ab* : on marque cette hauteur avec un fil. On verse ensuite par-dessus une seconde liqueur dont la pesanteur spécifique soit de beaucoup plus petite que celle de la première, de l'huile, par exemple, on voit alors l'eau qui s'élève plus ou moins au-dessus de *b*, dans le tube communiquant; non cependant au point d'arriver au niveau de la seconde liqueur, parce que l'eau étant plus dense que l'huile, elle sera en équilibre avec la colonne mixte correspondante, lorsqu'elle sera parvenue à une hauteur moyenne, conformément aux loix de l'équilibre entre les liqueurs hétérogènes.

On démontre en effet, que si des liqueurs hétérogènes agissent les unes contre les autres, dans des vaisseaux communiquans, elles seront en équilibre, lorsque leurs hauteurs perpendiculaires seront en raison réciproque de leurs densités.

Planche
XX.

QUATRIEME APPAREIL.

Appareil
pour démon-
trer la loi de
l'équilibre
entre des li-
queurs hété-
rogenes.
Fig. 8.

P, (Pl. XX, fig. 8.), est une tablette ver-
ticale sur laquelle on attache un syphon ABC,
dont la longue branche AB porte environ
quinze pouces de hauteur.

U S A G E

De cet Appareil.

ON fait que la pesanteur spécifique du mer-
cure, est à celle de l'eau dans le rapport de
 $13 \frac{2}{3}$ à 1; & on se sert communément de ces
deux liqueurs pour que l'expérience soit plus
sensible.

On verse donc dans le syphon ABC, une
quantité suffisante de mercure, pour que ce
liquide puisse s'élever dans les deux branches
du syphon, jusqu'à la hauteur d'un demi-
pouce, & dans cet état les deux petites colon-
nes de mercure sont en équilibre. On verse
ensuite par l'orifice A, une quantité d'eau
suffisante pour que la colonne de ce dernier
liquide s'éleve dans la branche AB, jusqu'à
la hauteur de 13. pouces $\frac{2}{3}$; & on voit alors
que toute la masse de mercure s'est portée
dans la branche BC, où elle est élevée à la

hauteur d'un pouce , & les deux liqueurs sont en équilibre. Planche
XX.

On s'est servi de ce principe , bien connu en Hydrostatique , pour évaluer les pesantEURS spécifiques de différentes liqueurs , & pour rendre ces sortes d'opérations plus faciles à manœuvrer , on a imaginé l'appareil suivant.

CINQUIEME APPAREIL.

AB , (Pl. XX , fig. 9.) , est un soc sur lequel s'éleve verticalement la tablette CD. On remarque sur cette tablette deux gouttieres qui reçoivent la demie épaisseur du syphon EFG , de quinze à dix-huit pouces de hauteur , dont la crosse F , est de métal. Sur la partie supérieure de cette crosse est adapté un petit canal taraudé , dans lequel on monte à vis la pompe de cuivre H , dont le piston ne peut être trop exact. On a soin d'interposer un cuir gras dans la jonction de la pompe & du canal qui la reçoit : les deux branches du syphon plongent dans deux petits vaisseaux de cristal I , L ; la planche est divisée de chaque côté par pouces & par lignes.

Aréomètre
à pompe.
Fig. 9.

Planche
XX.

U S A G E

De cet Appareil.

ON remplit de deux liqueurs de différente densité, les vaisseaux I & L; & on les remplit jusqu'à une même hauteur indiquée par la ligne de niveau *ab*. On fait alors monter le piston de la pompe. On raréfie donc également l'air compris dans les deux branches du syphon; l'air extérieur devient donc également prépondérant sur la surface des deux liqueurs, & elles se portent l'une & l'autre dans les deux branches de ce syphon à des hauteurs réciproques à leurs densités. Il faut avoir soin pour plus grande exactitude, de remettre des liqueurs dans les vaisseaux I & L, & de les contenir remplis jusqu'au niveau *ab*.



ARTICLE QUATRIEME.

Des Appareils propres à démontrer les loix de la pression & de l'équilibre des solides plongés dans des liquides.

UN solide peut être spécifiquement plus ou moins pesant que le liquide dans lequel il est plongé ; il peut être quelquefois encore de même pesanteur spécifique. Dans le premier cas, il se précipite ; dans le second, il surnage ; dans le troisieme, il se tient dans tous les endroits de la masse de ce liquide, où on le porte. Nous ne nous occuperons spécialement que des deux premiers cas, qui sont les seuls qui méritent toute l'attention du Physicien. Nous diviserons donc cet Article en deux Paragraphes, mais nous croyons ne devoir point oublier de faire connoître auparavant un appareil assez simple & assez ingénieux pour représenter les trois cas que nous venons d'indiquer.

Division de
cet Article,

A P P A R E I L.

DANS une phiole AB, (Pl. XXI, fig. 1.), remplie d'eau & d'un peu d'esprit-de-vin,

Planche
XXI.
Le Ludion,
Fig. 1.

Planche pour la soustraire à la gelée pendant l'hyver ;
 XXI. on renferme une figure d'émail C. A la tête de cette figure est attachée une ampoule de verre creuse , sur laquelle on tire , à la lampe de l'Emailleur , un petit bec ouvert en *a*. Cette ampoule est en partie remplie d'eau & en partie d'air , de façon que le tout est spécifiquement moins pesant que l'eau.

U S A G E

De cet Appareil.

LA phiole étant exactement remplie , on la bouche avec un parchemin mouillé qu'on lie fortement sur le collet de cette phiole ou avec un bouchon de liége , & nous préférons cette dernière méthode. La figure d'émail comme spécifiquement moins pesante , demeure au haut de la bouteille. On presse le bouchon avec le doigt ; on comprime donc alors la masse d'eau , & ce fluide se portant du côté où il éprouve moins de résistance , s'introduit en partie dans l'ampoule : le tout devient spécifiquement plus pesant que l'eau , & la figure se précipite. Si on cesse de presser le bouchon , l'air compris dans l'ampoule se dilate , il chasse l'eau qui

s'y est introduite; le tout devient spécifique-ment moins pesant & la figure remonte. En modérant cette pression on parvient à ne laisser entrer de l'eau que ce qu'il en faut pour que la pesanteur spécifique de la figure soit la même que celle de l'eau, & cette figure demeure en repos dans l'endroit où elle se trouve. On donne à ces sortes de figures le nom de *ludion*.

P A R A G R A P H E P R E M I E R.

Appareils propres à démontrer les loix de la pression & de l'équilibre des solides spécifiquement plus pesans que les liquides dans lesquels ils sont plongés.

POUR déterminer les loix de la pression & de l'équilibre des solides spécifiquement plus pesans que les liquides dans lesquels ils sont plongés, on se fert d'une balance particulière connue sous le nom de *balance hydrostatique*, dont nous allons donner la description & à laquelle nous joindrons celle des appareils qui doivent l'accompagner.

Planche
XXI.

PREMIER APPAREIL.

Balance hydrostatique
Fig. 2.

LE fleau AB, (Pl. XXI, fig. 2.), ne diffère en rien de celui d'une balance ordinaire; il doit être très-exact & très-mobile & avoir quatorze à seize pouces de longueur. Posé sur un coq C, on suspend à ses extrémités deux tiges de métal D, D, qui portent chacune un bassin de trois pouces ou environ de diamètre. Au-dessous de chaque bassin sont deux anneaux ou deux crochets *a, a*, auxquels on attache des soies, ou mieux des crins pour y suspendre les corps qui doivent plonger dans l'eau.

Le coq C est fixé sur une lame de cuivre FG, dentée sur sa longueur, en forme de crémaillière. Cette lame se meut sur une seconde HI, à l'aide d'un pignon K, qui engraine dans les dents de la crémaillière. On retient la lame en situation par un cliquet à ressort *a*; il entre dans des dents creusées sur le bord opposé de la lame, & il soutient tout l'effort que la balance peut faire pour descendre. Veut-on la faire mouvoir de haut en bas? on presse avec le doigt sur la queue du cliquet; on le désengraine & on fait mouvoir le pignon K en sens contraire. Le tout

est porté sur un pied triangulaire LM, fixé sur un plateau de cuivre N, qu'on calle & qu'on met de niveau par trois vis qui le traversent & par le moyen d'un aplomb *cd*, dont la pointe doit répondre au centre de la platine N. XXI.

La flèche ou l'aiguille O de la balance se meut devant un arc PQ, divisé en un certain nombre de degrés. Cette flèche répondant à celui du milieu indique que le fleau est dans une situation horizontale. Pour empêcher le fouet des tiges & que la balance ne vacille lorsqu'on fait mouvoir le pignon, la lame HI est arcbutée contre une console qui fait l'office d'une jambe de force.

D É P E N D A N C E S

De cet Appareil.

ON place au-dessous des bassins de cette balance, deux grands gobelets de cristal S, S, (Pl. XXI, fig. 2.), destinés à contenir les liqueurs dans lesquelles on plonge les corps qu'on soumet aux expériences. Dépendances de cet appareil. Fig. 2.

A & B (Pl. XXI, fig. 3 & 4.); sont deux supports faits en forme de champignons, portés sur des tiges suffisamment hautes &

Fig. 3, 4.

Planche
XXI.

garnis de crochets auxquels on suspend plusieurs pieces dépendantes de la balance hydrostatique. Le support A , porte plusieurs billes , deux sont d'yvoire , de même poids & de même volume ; les quatre autres sont de cuivre , de fer , d'étain , de plomb ; toutes de même poids que chacune des billes d'yvoire & conséquemment de différens volumes.

Le support B porte un cylindre de cuivre A , de trois pouces ou environ de hauteur , & d'un pouce de diametre , surmonté d'un petit anneau qui sert à le suspendre au-dessous d'une caisse cylindrique C. Celle-ci doit être rodée avec le cylindre A , de façon que sa capacité intérieure réponde exactement & représente le volume de ce cylindre ; elle est surmontée d'une anse & d'un crochet , pour être suspendue au-dessous de l'un des bassins de la balance (fig. 2.)

Fig. 2.

D est un poids de cuivre fait pour équilibrer le cylindre A & sa caisse C. E est une espece de petit sceau de cuivre qu'on suspend sous différens poids , pour varier la valeur de ces poids , par le moyen de quelques grains de plomb qu'on y jette.

Fig. 5.

CA (Pl. XXI , fig. 5.) , est un cube de métal d'un pouce de face : il doit être fait
avec

avec la plus grande exactitude, pour répondre à l'usage auquel il est destiné. Planche XXI.

Ajoutez à ces appareils un poids de marc, une petite boîte remplie de grains, une pince à ressort pour prendre ces grains : elle est représentée (fig. 6.), & une espece de burette de cristal A, (fig. 7.), pour verser de l'eau plus commodément dans quelques circonstances. Fig. 6.
Fig. 7.

U S A G E

De ces Appareils.

VEUT-ON démontrer qu'un solide plus pesant spécifiquement que le liquide dans lequel il est plongé, y perd une partie de son poids ; on suspend les deux billes d'yvoire (fig. 3.), au-dessous des bassins de la balance ; elles sont en équilibre dans l'air. On remplit d'eau ou de tout autre liquide, l'un des globelets S, (fig. 2.), & on dispose la balance de manière que l'une des deux billes plonge dans l'eau, l'autre devient aussi-tôt prépondérante. Veut-on connoître la perte que le corps plongé fait de son poids ; on rappelle l'équilibre avec des poids de marc ou avec des grains dont on connoît la valeur. Un corps plongé perd de son poids.
Fig. 3.
Fig. 2.

Planche

XXI.

Il en perd au-
tant que pèse
le volume de
liquide qu'il
déplace.

Veut-on démontrer en général qu'un solide spécifiquement plus pesant qu'un liquide perd, par son immersion, une partie de son poids égale au volume de liquide dont il prend la place ; voici comment on procède.

Fig. 4.

On suspend, au-dessous de l'un des bassins de la balance, la petite caisse C, (Pl. XXI, fig. 4.), & au-dessous de cette caisse le cylindre A. On les met l'un & l'autre en équilibre avec le contre-poids D. (Il seroit bon que ce contre-poids ne fût point exact & qu'on fût obligé d'y ajouter le sceau E & quelques grains de plomb.) Cela fait on descend la balance au point de faire plonger dans l'eau la totalité du cylindre A ; le contre-poids D devient prépondérant & on rétablit l'équilibre, en remplissant de la même eau le cylindre C. On se sert pour cela de la burette A, (fig. 7.).

Fig. 7.

Applications
de ce princi-
pe.

Le Physicien peut déduire de ce principe nombre d'applications plus curieuses les unes que les autres. Il s'ensuit 1°. qu'un même corps spécifiquement plus pesant que différens liquides dans lesquels on le plonge successivement, doit y perdre différemment de son poids, & c'est un moyen très-exact pour connoître la pesanteur spécifique de ces liqui-

Moyen de
connoître la
pesanteur
spécifique des
liquides.

des, théorie très-importante à développer. Planche

On se sert pour cela du cube A, (Pl. XXI, fig. 5.). Ce cube ayant un pouce de face, son volume est exactement d'un pouce cubique, & conséquemment il déplace un pouce cube de la liqueur dans laquelle il est plongé. On connoît donc, dans chaque expérience qu'on répète, ce que pèse le pouce cube de cette liqueur, par les poids qu'on est obligé d'employer pour rappeler l'équilibre.

XXI.
Fig. 5.

Il est encore un moyen plus usité, mais moins exact, pour connoître la pesanteur spécifique des liqueurs; nous en parlerons plus bas.

2°. Il suit du même principe que des corps de différentes densités, mais réduits au même poids dans l'air, perdent différemment de leur poids, lorsqu'ils sont plongés dans le même liquide, puisqu'à raison de la différence de leur volume, ils déplacent des volumes inégaux. On le prouve très-bien en suspendant l'une des billes d'ivoire (fig. 3.), au-dessous de l'un des bassins de la balance, & en suspendant successivement sous le bassin opposé les billes de métal que nous avons supposés de même poids, & en les faisant plonger de part & d'autre dans un même

Fig. 3.

Planche
XXI.

Moyen de
connoître la
pesanteur
spécifique des
solides.

liquide, tel que l'eau : mais lorsqu'on veut connoître plus commodément, la pesanteur spécifique d'un corps par rapport à l'eau pure, il ne s'agit que de connoître la différence de son poids pesé dans l'air & ensuite dans l'eau, & de diviser après cela le poids de ce corps dans l'air par ce qu'il perd de son poids dans l'eau, autre théorie également importante à développer & dont on a fait le plus d'usage pour dresser des tables de pesanteur spécifique des solides. Ceux qui feront curieux de suivre un travail de ce genre, fait avec toute l'exacritude possible, pourront consulter le Cours de Physique expérimentale de *Muschenbroek*.

Observation
importante à
ce sujet.

Il est cependant bon d'observer que cette méthode n'est pas mathématiquement exacte ; puisqu'on ne peut connoître précisément le poids absolu d'un corps, parce que l'air dans lequel il est naturellement plongé, lui fait perdre une portion plus ou moins sensible de son poids.

SECOND APPAREIL.

Appareil fait
pour démon-
trer qu'on ne
peut connoître
le poids
absolu d'un
corps.

Fig. 8.

AB, (Pl. XXI, fig. 8.), est un fleau de balance romaine, dont le bras CB est taraudé sur la longueur d'un pouce, afin de pouvoir

faire avancer ou reculer la poulie *a*. On suspend à cette poulie une grosse boule *D*, de cuivre, mince & creuse. *P* est une petite masse de plomb qui tient la boule *D* en équilibre dans l'air.

U S A G E

De cet Appareil.

ON pose cet appareil sur la platine de la machine pneumatique, & on le recouvre du récipient *R*; tant que l'air du récipient est de même densité que celui de l'atmosphère, l'équilibre subsiste, mais dès qu'on évacue l'air & qu'on diminue sa densité, on voit la balance trébucher & la boule *D* devenir prépondérante; l'air dans lequel elle plonge lui fait donc perdre une partie de son poids absolu.

Planche
XXI.

PARAGRAPHÉ SECOND.

Des Appareils propres à faire connoître les loix de la pression & de l'équilibre des solides spécifiquement moins pesans que le liquide dans lequel ils sont plongés.

UN solide spécifiquement moins pesant que le liquide dans lequel il est plongé, surnage la surface de ce liquide & la surnage d'autant plus qu'il est spécifiquement moins pesant. Or, on démontre que dans tous ces cas le solide s'enfonce dans le liquide, jusqu'à ce qu'il en ait déplacé un volume égal à la totalité de son poids.

PREMIER APPAREIL.

Appareil fait pour démontrer la quantité de liquide déplacée par l'immersion d'un solide moins pesant.

Fig. 9.

AB, (Pl. XXI, fig. 9.), est un vaisseau de cristal qui communique avec le tube CD, de quatre à cinq lignes de grosseur. E est un robinet destiné à évacuer l'eau des deux vaisseaux communicans. F est une boule de métal mince & creuse. Cette boule est d'environ trois pouces de diamètre & doit être vernie.

Fig. 10.

A, (Pl. XXI, fig. 10.), est un petit vaisseau de cristal suffisamment grand pour con-

tenir un verre d'eau ; il doit être attaché à Planche
XXI.
des cordons de manière qu'on puisse le suspendre à l'un des bras d'une balance.

U S A G E

De cet Appareil.

ON suspend le vase A, (fig. 10.), à l'un
des bassins de la balance hydrostatique, &
on le met en équilibre avec un contre-poids
suffisant. On verse de l'eau dans le vaisseau
AB, (fig. 9.), jusqu'à une hauteur déter-
minée, supposons *ab*. On marque cette hau-
teur avec un fil qui glisse sur la longueur du
tube communiquant CD. On fait alors plon-
ger dans l'eau du grand vaisseau la boule F,
elle surnage & elle s'enfonce d'une certaine
quantité dans la masse d'eau qu'elle déplace
en partie & qu'elle fait monter au-dessus du
fil, supposons jusqu'en *d*. On dispose alors le
vase A, (fig. 10.), au-dessous du robinet E,
& on évacue le vaisseau AB, jusqu'à ce que
la hauteur de l'eau soit descendue en *b*. On a
donc alors dans le vaisseau A, toute la quan-
tité d'eau déplacée par l'immersion de la
boule.

Fig. 10.

Fig. 9.

Fig. 10.

On pèse ensuite cette petite masse d'eau

contre la boule F , & on trouve que l'une & l'autre sont en équilibre.

C'est sur ce principe , connu dès la plus haute antiquité , qu'est construit *l'aréometre* , instrument , on ne peut plus ingénieux pour mesurer la pesanteur spécifique des liquides. Nous laissons au Physicien le soin de décrire plus particulièrement cet appareil , de faire remarquer toutes les modifications qu'on lui a fait subir pour le soustraire aux défauts essentiels qu'on lui a toujours reprochés. Nous nous bornerons à indiquer seulement les différences les plus sensibles qu'on a successivement introduites dans sa construction.

SECOND APPAREIL.

Planche XXII. A , (Pl. XXII , fig. 1.) , est une boule de verre soufflée , surmontée d'un tube BC , graduée en parties égales sur sa longueur. D est une petite boule qui tient à la première par son prolongement , & dans laquelle on renferme une petite quantité de mercure , pour que le centre de gravité de l'instrument soit disposé de manière qu'il se tienne dans une situation verticale lorsqu'il est plongé. On observe seulement que la pesanteur spécifique de ce système de corps soit de beaucoup

Aréometre
d'Hypacie.
Fig. 1.

moindre que celle de toute espece de liquide dans lequel il doit être plongé. AB, (fig. 2.), est un vaisseau de cristal nécessaire aux expériences qu'on se propose de faire avec cet instrument.

Planche
XXII.
Fig. 2^e

U S A G E

De cet Appareil.

ON remplit d'eau distillée le vaisseau AB, (fig. 2.), & on plonge dedans l'aréometre (fig. 1.); il s'y enfonce jusqu'à ce qu'il ait déplacé un volume d'eau égal à la totalité de son poids. On marque alors zero à l'endroit où la queue de l'instrument répond à la surface de l'eau.

On conçoit aisément que si on plonge cet aréometre dans toute autre espece de liquide spécifiquement plus pesant que l'eau, tel, par exemple, que dans de l'eau salée, de l'eau minérale, &c. il s'y enfoncera d'autant moins profondément que la pesanteur spécifique de ces derniers liquides sera plus grande. On jugera donc de leur excès de pesanteur spécifique, par les degrés au-dessous de zero, qui se trouveront élevés au-dessus de la surface de ces liquides. Par la raison contraire, si on transporte le même instrument dans des

Planche
XXII. liquides spécifiquement moins pesans que l'eau, tels que différens vins, de l'eau-de-vie, de l'esprit-de-vin, &c. il s'y enfoncera d'autant plus au-dessus de zero, que la pesanteur spécifique de ces liqueurs sera moindre que celle de l'eau.

Défauts de
cet instru-
ment.

Rien de plus ingénieux, à la vérité, que l'idée de cet instrument, mais sa graduation étant arbitraire & son premier degré d'enfoncement étant dépendant du poids absolu de l'instrument, on ne peut en faire deux qui soient comparables entre eux, & conséquemment ces sortes d'instrumens ne peuvent remplir exactement leur destination; ils peuvent tout au plus indiquer que la pesanteur spécifique d'une liqueur est plus ou moins grande que celle d'une autre liqueur.

C'est donc ici qu'il convient de faire mention des travaux de plusieurs célèbres Physiciens qui se sont occupés de la rectification de cet appareil.

Parmi ceux qui se sont distingués en ce genre de travail, nous n'en connoissons point qui s'y soit pris d'une manière plus industrieuse que *Fahrenheit*. Si son procédé étoit plus simple & qu'on ne fût point obligé de faire plusieurs calculs qui ne sont point à la

portée de tout le monde & particulièrement de la plus grande partie de ceux qui sont les plus intéressés à la perfection de cet instrument, il est constant qu'on pourroit regarder celui de cet Artiste comme autant parfait qu'il puisse être.

Planche
XXII.

TROISIEME APPAREIL.

A, (Pl. XXII, fig. 3.), est une grosse boule de verre soufflée & très-mince, surmontée d'une tige CD, d'un pouce ou environ de longueur. On voit au-dessus de cette tige, une espece de bassin E, destiné à recevoir différens poids. Au-dessous de la boule A, on en voit une seconde B, dans laquelle on renferme du mercure pour produire le même effet que dans l'aréomètre précédent.

Aréomètre
de Faren-
heit.
Fig. 34

U S A G E

De cet Appareil.

ON plonge d'abord cet aréomètre dans une liqueur extrêmement légère, dans de l'esprit-de-vin le plus rectifié. Cet instrument doit être lesté au point de s'enfoncer dans cette liqueur jusqu'aux deux tiers ou

Planche
XXII.

aux trois quarts de la longueur de sa tige, supposons jusqu'en *a*, on fait une marque à cet endroit & l'instrument est gradué.

Veut-on maintenant connoître la pesanteur spécifique des liqueurs plus pesantes que cet esprit-de-vin; on le plonge successivement dans ces liqueurs & il s'y enfonce d'autant moins au-dessous du point *a*, que ces liqueurs sont spécifiquement plus pesantes. On charge donc alors le bassin *E* de poids, & on le charge jusqu'à ce que l'immersion de l'instrument arrive précisément au point *a*, & on juge par la quantité de poids qu'on emploie à cet effet, de la pesanteur spécifique de la liqueur qu'on éprouve, comparée à celle de l'esprit-de-vin dont on s'est servi pour graduer l'aréometre.

Quelqu'exacte que paroisse cette méthode, elle n'est pas exempte de défauts, ou au moins de quelques inconvénients & c'est une observation qui ne doit point échapper au Physicien.

Muschenbroek suit, à peu de chose près, le même principe que *Fahrenheit*, dans la construction de son aréometre, dont le poids doit varier d'une quantité connue, pour que son service soit plus étendu, & cet appareil

tout-à-fait ingénieux mérite de trouver place dans le cabinet d'un Physicien. Planche
XXII.

QUATRIEME APPAREIL.

LE globe A , (Pl. XXII , fig. 4.) , doit être fait de similor ; il est creux , mince & fort léger. On adapte à la partie inférieure de ce globe un fil de cuivre BC , taraudé en C , pour recevoir successivement les poids P, R, Q. DE est un cylindre creux de cuivre , divisé en quarante parties égales.

Aréometre
de Muschen-
broek.
Fig. 4.

U S A G E

De cet Appareil.

CET instrument doit être construit de maniere qu'étant chargé d'un poids P , qui tient le milieu entre les deux autres , & étant plongé dans l'eau de pluie , il puisse descendre jusqu'en E , & qu'il descende en D , si on le plonge dans un autre liquide qui pese quarante grains de plus qu'un pareil volume d'eau de pluie. D'où il suit que si on le plonge dans différens liquides , suivant qu'il s'y enfoncera plus ou moins profondément , on pourra , à l'aide de l'échelle graduée sur la tige de cet

Planche instrument, juger de leur pesanteur spécifique
XXII. qui se trouvera déterminée par des grains.

Si on substitue le petit poids R à la place de P, l'instrument étant plongé dans l'esprit-de-vin s'enfoncera jusqu'en E & servira à déterminer la pesanteur spécifique des liqueurs qui tiennent le milieu entre l'esprit-de-vin & l'eau de pluie. Le troisième poids Q, plus pesant que les deux précédents, étant adapté à l'extrémité de la queue BC, rendra cet aréometre propre à déterminer la pesanteur spécifique des faumures, des eaux minérales, &c.

Nous laissons au Physicien à faire connoître les défauts de ce nouvel aréometre, que son Auteur lui-même ne regarde pas comme absolument parfait, ainsi qu'on peut le voir dans le *Cours de Physique de Muschenbroek*. Nous l'exhortons encore à connoître celui de *M. Baumé*, qui mérite également une place parmi les moins imparfaits de ces instrumens; on le trouvera décrit dans *les Elémens de Pharmacie* de ce célèbre Chymiste. Nous ne craignons point d'affirmer qu'il n'existe encore aucun aréometre qui réponde exactement à toute l'étendue de ce problème: *déterminer par la seule immersion d'un instrument,*

sans aucune opération subséquente, la pesanteur absolue d'un volume donné de liquide & conséquemment la pesanteur relative des différens liquides dans lesquels cet instrument seroit successivement plongé. Toute difficile que paroisse la solution de ce problême, nous ne la regardons point comme impossible.

Planche
XXII.

ARTICLE CINQUIEME.

Des Appareils nécessaires pour représenter les phénomènes des tubes capillaires.

Nous avons fait observer précédemment que toute liqueur homogène renfermée dans des vaisseaux communicans, s'élevoit à la même hauteur perpendiculaire dans les uns & dans les autres. Cette loi générale souffre une exception, lorsque parmi ces vaisseaux il s'en trouve quelques-uns qui sont capillaires, c'est-à-dire, dont la capacité est extrêmement petite. La liqueur s'éleve alors au-dessus du niveau & elle s'y éleve d'autant plus haut que ces vaisseaux sont plus capillaires. La forme des vaisseaux n'influe en rien sur ces phénomènes. Les appareils suivans

Planche XXII. serviront à constater ce qu'il est important de connoître à cet égard.

A P P A R E I L S.

Différens
appareils de
vaisseaux cap-
illaires.

Fig. 5.

ABC, (Pl. XXII, fig. 5.), sont deux tubes qui communiquent entre eux & dont l'un BC est supposé capillaire. Il convient d'en avoir plusieurs de cette forme & de différente capacité.

Fig. 6.

AB, (fig. 6.), est un tube capillaire de huit à dix pouces de hauteur, ouvert à ses deux extrémités. C est un verre qu'on remplit en partie d'une liqueur colorée; on se sert assez communément d'eau colorée sur l'orseil.

Fig. 7.

AB, (fig. 7.), sont deux lames de verre ou de glace de cinq à six pouces de longueur, un pouce de largeur & séparées l'une de l'autre par un petit morceau de carte posée entre l'une & l'autre. CD est un verre de cristal rempli d'une liqueur colorée.

Fig. 8.

X, (fig. 8.), est un assemblage de trois à quatre tubes capillaires réunis par des fils de métal *rs, rs*, tournés sur chacun de ces tubes qui sont tous de différens diamètres.

Fig. 9.

AB, (fig. 9.), est un grand vaisseau de cristal de huit à dix pouces de longueur & d'un

d'un pouce ou environ de diametre. CD est un très-long tube capillaire d'un pied de longueur, autour duquel on attachè quatre fils, l'un en *a*, le second en *c*, où ils sont fixement arrêtés; les deux autres *b* & *d* sont mobiles.

Planche
XXII.

AB, (fig. 10.), est une petite planchette de cuivre de trois à quatre pouces de longueur & de sept à huit lignes de largeur, graduée en parties égales sur sa longueur. CD, EF, sont deux tubes capillaires attachés sur cette planche de maniere qu'ils excèdent son bord inférieur de quelques lignes. La planche AB est montée à vis sur une tige de métal GH, qui glisse de haut en bas dans une boîte à cuir I, établie sur le haut du récipient KL. O est un petit vaisseau de cristal qu'on établit sur la platine de la machine pneumatique.

Fig. 104

AB, (fig. 11.), est un tube capillaire composé de deux tubes de différens diametres, soudés l'un à l'autre en C.

Fig. 114

U S A G E

De ces Appareils.

1^o. Si on verse une liqueur colorée dans le gros tube AB, (fig. 5.), elle s'élevera dans

Fig. 54

Planche le tube communiquant BC & elle s'y élèvera
 XXII. à une certaine hauteur au-dessus du niveau
ab, supposons *c*.

Fig. 6. 2°. On observera le même effet, si on
 plonge le tube AB, (fig. 6.), dans le verre
 C, qui fait ici l'office du gros tube commu-
 niquant précédent; la liqueur s'élèvera au-
 dessus du niveau *bc*, à une hauteur plus ou
 moins considérable, supposons jusqu'en *a*.

Fig. 7. 3°. Le même phénomène se fera observer
 dans tout espace capillaire quelconque, ce
 qu'on prouve en plongeant les deux lames de
 verre AB, (fig. 7.), dans le verre CD, on
 voit encore la liqueur s'élever au-dessus du
 niveau *ab*, & monter, par exemple, jus-
 qu'en *cd*.

Comme il est rare que la liqueur s'élève
 parallèlement à elle-même entre des glaces
 de cette espece, plusieurs Physiciens ont cru
 qu'elle affectoit une courbe particuliere. Quel-
 ques-uns même se sont occupés à calculer
 les élémens de cette courbe. *M. Mazeas* est
 un de ceux qui se soit le plus particulière-
 ment occupé de cet objet; mais il est pro-
 bable qu'on s'est occupé trop promptement
 de ce travail, & qu'on remarquera, si on exa-
 mine ce phénomène avec plus d'attention,

que cette courbure ne dépend que de la manière de tenir les glaces & de les ferrer inégalement sur différens points de leurs surfaces. Planche
XXII.

Nous laissons encore à ceux qui feront ces sortes d'expériences, le soin de déterminer les hauteurs variées auxquelles s'élevent les liqueurs différentes dans un même tube.

Nous observerons en général que les liqueurs les moins denses & spiritueuses s'élevent moins haut que les liqueurs plus denses & aqueuses, & ces différences sont très-sensibles.

4°. Pour démontrer qu'une liqueur donnée s'éleve d'autant plus haut au-dessus du niveau, que l'espace dans lequel elle s'éleve est plus capillaire, on fait usage de l'appareil X, (fig. 8.), & on voit qu'elle est progressivement plus élevée, à proportion que la colonne de liqueur est plus grêle.

Fig. 8.

Un phénomène qu'on ne doit point négliger d'observer en cette circonstance, c'est que si on retire cet assemblage de tubes du vaisseau dans lequel ils sont plongés, les colonnes de liqueur obéissent à l'action de la pesanteur qui les maîtrise; elles se précipitent de haut en bas, mais il en reste encore malgré cela dans chaque tube, autant qu'il

Planche y en avoit au-dessus du niveau pendant le
 .XXII. temps de l'immersion.

Fig. 9. Le suivant mérite encore l'attention du
 Physicien ; si on plonge le tube CD, (fig. 9.) ;
 dans le vaisseau AB, qui doit être rempli de
 liqueur colorée & qu'on le plonge d'abord à
 une petite profondeur, jusqu'au premier fil
 a , par exemple, la liqueur s'élevera à une
 hauteur donnée au-dessus du niveau a , sup-
 posons jusqu'en b ; on marquera cette hau-
 teur avec un des fils mobiles. Si on plonge
 ensuite ce tube beaucoup plus profondément,
 supposons jusqu'en c , & qu'on marque encore
 la hauteur à laquelle cette liqueur s'élevera
 dans cette seconde immersion, on verra que
 ces deux hauteurs ab & cd , seront parfaite-
 ment égales, en supposant toutes fois que le
 tube sera exactement de même calibre dans
 toute sa longueur.

On observera les mêmes phénomènes en
 plongeant ces tubes dans toute espece de
 liqueur quelconque, avec les différences que
 nous avons indiquées précédemment. Le mer-
 cure néanmoins fait une exception à cette
 regle générale : on observe en effet qu'il se
 tient au-dessous du niveau dans les tubes ca-
 pillaires, & qu'il s'y tient d'autant plus bas

que ces tubes font plus capillaires , ce qu'on démontre facilement en faisant usage de tubes communiquans semblables à ceux que nous avons représentés (fig. 5.)-

L'explication de ces phénomènes a occupé pendant long-temps les recherches des plus célèbres Physiciens. On trouvera sur-tout dans un Ouvrage de *M. Hauxbée*, intitulé, *expériences Physico - Mathématiques, &c.* remis au jour par les soins de *M. Desmarests*, & auquel il a ajouté quantité de notes & de remarques très-curieuses , on y trouvera , dis-je, une exposition très-bien faite de toutes les hypothéses qu'on a imaginées jusqu'à ce jour , pour rendre raison de ces phénomènes : on y verra que toutes ces hypothéses se rapportent à trois principales , dont elles ne font toutes que des modifications particulières. Nous nous bornerons à en donner une légère idée, que nous avons développée assez amplement dans nos *Leçons de Physique expérimentale*.

La première est celle du *Pere Fabri*, qui faisoit dépendre ces phénomènes de l'inégale pression de l'air, lequel agissoit, suivant lui, moins fortement sur la colonne de liqueur

Planche
XXII.

Fig. 5.
Diversité
d'hypothéses
pour expli-
quer ces phé-
nomenes.

Hypothése
du P. Fabri.

Planche élevée dans le tube, que sur les colonnes colla-
XXII. térales & extérieures.

Fig. 10.

Nous ne nous occuperons point à réfuter cette hypothèse, que nous ne pouvons nous empêcher de regarder comme très-ingénieuse & très-mécanique, mais nous observerons seulement que si on fait usage de l'appareil que nous avons décrit (fig. 10.), on verra que les phénomènes des tubes capillaires se font remarquer avec la même intensité dans le vuide qu'en plein air.

Pour cet effet, on élève la lame de cuivre AB, jusqu'au haut du récipient KL; on pose le vaisseau O sur la platine de la machine pneumatique; on le recouvre du récipient KL, & on fait descendre la tige jusqu'à ce que les tubes CD, EF, plongent dans la liqueur du vaisseau O, jusqu'au niveau de la lame AB. On remarque, à l'aide de l'échelle gravée sur cette lame, la hauteur à laquelle la liqueur s'élève au-dessus du niveau. Cela fait, on enlève une seconde fois la lame AB; on fait le vuide aussi parfaitement qu'il est possible de le faire, on replonge ensuite les tubes jusqu'à la même profondeur que précédemment & on voit que la liqueur s'élève à la même hauteur.

On se fert ici des deux tubes, parce qu'il arrive quelquefois qu'il reste quelques bulles d'air dans un tube, soumis de cette maniere à l'épreuve du vuide.

La seconde hypothèse aussi ingénieuse & mécanique que la précédente, fut imaginée par *Vossius* : il prétendit que la colonne de liqueur qui s'éleve dans un tube capillaire contracte une adhérence avec les parois intérieures de ce tube, & conséquemment qu'elle se trouve soutenue en partie, ce qui rend les colonnes collatérales prépondérantes : or, c'est à cette prépondérance qu'il attribue l'excès d'élévation que la liqueur affecte au-dessus du niveau.

Hypothèse
de Vossius.

M. Carré fut un des plus célèbres Partisans de cette hypothèse, qu'il crut confirmer complètement en faisant voir que ce phénomène n'avoit point lieu lorsque les parois intérieures de ces tubes étoient enduits de matieres grasses qui s'opposoient à l'adhérence de la liqueur. Il fit à ce sujet nombre d'expériences qu'il varia de différentes manieres & que le Physicien doit répéter ; il ne faut pour cela que quelques tubes capillaires, quelques matieres grasses coulantes & un peu d'adresse.

Planche
XXII.

Fig. 9.

Malgré cette dernière preuve contre laquelle il seroit facile de donner une raison suffisante, l'observation que nous avons indiquée précédemment, en parlant de l'usage de l'appareil décrit (figure 9.), suffiroit seule pour faire voir que l'élévation de la liqueur au-dessus du niveau ne dépend point ou au moins n'est point proportionnelle à la prépondérance des colonnes collatérales. Veut-on une nouvelle expérience plus décisive encore ; la voici.

Fig. 12.

Plongez un tube capillaire AB, (fig. 12) ; dans une masse de liqueur, & mesurez à quelle hauteur cette liqueur s'y élève au-dessus du niveau ; évacuez ce tube exactement, en le secouant & en le suçant même s'il est nécessaire ; tenez-le dans une situation inclinée à l'horison, comme il est représenté par la figure. Dans cet état, laissez tomber sur la longueur du tube quelques gouttes de liqueur colorée, elles glisseront sur sa surface comme sur un plan incliné, & parvenues au bas du tube, vous les verrez remonter contre l'effort de leur pesanteur, se porter dans l'intérieur du tube & y demeurer suspendues à la même hauteur à laquelle la liqueur s'élève au-dessus du niveau dans ce tube, lorsqu'il est plongé

verticalement. Or, on ne peut attribuer cet effet à la prépondérance des colonnes collatérales. Planche
XXII.

La troisieme hypothése fait dépendre ces phénomènes de l'attraction de cohésion : c'est sans contredit la mieux fondée de toutes celles qu'on a imaginées jusqu'à présent. Mais de quelle maniere l'attraction produit-elle cet effet ? C'est ce que nous ne déciderons point ici. Hypothése
des Attrac-
tionnaires.

Hauxbée & quelques autres attribuent ce phénomène à l'attraction totale du tube. Or, on démontre facilement que l'effet ne seroit point proportionel à sa cause.

Jurin n'admet que l'attraction de *péripherie* ; hypothése qui mérite d'être développée avec soin & qu'il confirme par ce qu'on observe lorsqu'on fait usage de tubes capillaires de différens diametres dans leur longueur, tel que le tube *ACB*, (fig. 11.).

Fig. 114

Un tube de cette espece étant plongé par son plus grand diametre, la liqueur s'y élève d'une quantité donnée que nous exprimerons par *ab*. Plongé par son plus petit diametre, elle s'élève davantage ; supposons de la quantité *cd*. Ces deux hauteurs bien désignées, si on replonge le même tube par son grand

Planche
XXII.

diametre & que l'immersion se fasse jusqu'à la commissure C des deux tubes , la liqueur s'élançera dans le plus petit & elle s'y élèvera à une hauteur égale à *dc*. Le contraire arrivera si on répète l'expérience en sens contraire. Plongé par son plus petit diametre , elle s'élèvera constamment à une hauteur égale *dc* ; mais si on le plonge jusqu'à la commissure C , la liqueur s'élevant dans la partie élargie du tube , elle diminuera de hauteur & elle se réduira à la hauteur *ab*.

Cette ingénieuse hypothèse ne satisfit point le célèbre *Wittbrecht* ; il y en substitua une autre dont l'exposition deviendroit trop longue pour que nous puissions en donner une idée suffisante : on peut consulter à ce sujet l'Ouvrage de M. *Hauxbée* , que nous avons indiqué précédemment.

Après avoir examiné les propriétés des liquides en général , l'ordre exige de les considérer en particulier. Les principaux , ceux qui méritent toute l'attention du Physicien , sont *l'eau* , *l'air* , *le feu* , & les *émanations magnétiques* ; ils feront l'objet des Sections suivantes.

SECTION SIXIEME.

*Des Appareils nécessaires pour démontrer
les propriétés de l'eau.*

ON considère l'eau en Physique, sous trois états différens ; sous la forme de liqueur, de vapeurs, ou de glace ; ce qui fournira la matière des trois Articles suivans.

Division de
cette Sect.

ARTICLE PREMIER.

*Des Appareils faits pour démontrer les
propriétés de l'eau, considérée comme
liqueur.*

CONSIDÉRÉE comme liqueur, l'eau se présente à nos recherches sous deux états particuliers, comme élémentaire ou comme mixte, nous ne la considérerons point ici sous ce premier point de vue, parce qu'il est très-difficile, pour ne pas dire impossible, de se procurer de l'eau élémentaire, dégagée de toute substance étrangère : on la regarde cependant comme telle lorsqu'elle a été dif-

Planche
XXII.

tillée plusieurs fois avec soin & qu'elle a été rectifiée avec toute l'exacritude qu'on peut apporter à ces fortes d'opérations. Mais il s'en faut encore de beaucoup qu'elle soit totalement dépouillée de toutes les parties hétérogenes qu'elle recele habituellement dans son sein ; & c'est au défaut d'une eau plus pure & plus rapprochée de son état élémentaire , que les Chymistes sont obligés de s'en tenir à celle que nous venons d'indiquer. D'ailleurs ce que nous avons dit au commencement de cet Ouvrage , sur les appareils nécessaires pour obtenir les principes des mixtes & sur la distillation , doit suffire à ceux qui voudront obtenir de l'eau autant pure qu'il soit possible de se la procurer : nous ne la considérerons donc que comme mixte. On trouvera dans nos *Leçons de Physique* , combien on doit en distinguer d'especes particulieres , ce qu'on doit penser de l'eau de mer qui paroît la plus hétérogene & qui , dans son état naturel , est tout-à-fait im potable. On y trouvera un précis des différentes méthodes qu'on a successivement employées pour la purifier & la rendre propre à tous nos besoins. On peut se servir de toute espece d'eau pour les expériences que nous

allons faire connoître; mais lorsqu'il s'agit de les faire avec toute la précision possible, nous préférons & nous croyons qu'on ne peut se dispenser d'employer de l'eau de pluie ou de riviere distillée.

On regarde l'eau comme le véritable mensture de toutes les substances salines, mais ces dissolutions offrent des phénomènes importants à considérer & dignes de toute l'attention du Physicien. Nous nous bornerons à indiquer l'appareil le plus simple & le plus commode pour les faire, & à donner seulement une idée de la marche qu'on doit suivre dans ces sortes d'opérations.

P R E M I E R A P P A R E I L.

SUR un réchaud AB, (Pl. XXIII, fig. 1.), rempli de charbons allumés, dont on entretient l'activité, on voit un vaisseau de cuivre CD, plein d'eau ordinaire; le couvercle de ce vaisseau est percé de plusieurs trous pour recevoir & contenir des vaisseaux de verre mince *a*, *b*, *c*, dans lesquels on met de l'eau distillée & le sel qu'on veut dissoudre.

Appareil
propre à examiner la
qualité dissolvante
de l'eau.
Fig. 1.

Planche
XXIII.

U S A G E

De cet Appareil.

ON met dans chacun des vaisseaux *a, b, c,* un gros, par exemple, de différens sels & une once d'eau distillée ; on plonge la boule d'un thermometre dans chacun de ces vaisseaux & on a soin de les retirer successivement de la marmite CD, lorsque l'eau qu'ils contiennent a acquise la température qu'on veut lui faire prendre. On sépare ensuite avec précaution la liqueur de la masse saline qui reste au fond du vaisseau & on observe en pesant ce résidu, la quantité de chaque espece de sel qu'une même masse d'eau peut dissoudre sous différens degrés de chaleur. Voilà l'idée générale de cette expérience qu'il convient de modifier de différentes manieres, en variant les especes de sels & en variant en même temps les degrés de chaleur pour chaque espece en particulier.

On apprendra par ces sortes d'essais, qu'il est certains sels qui se dissolvent également bien à l'eau froide & à l'eau chaude; que parmi ceux qui se dissolvent plus aisément à l'eau chaude, il en est plusieurs qui se dissolvent d'au-

tant plus abondamment dans la même quantité d'eau , qu'elle a acquis un plus grand degré de chaleur. On apprendra encore que lorsqu'une masse d'eau donnée est saturée d'un sel quelconque , ou qu'elle en a dissout autant qu'elle peut en dissoudre, sa qualité dissolvante n'est point encore épuisée : elle peut encore dissoudre une certaine quantité d'un sel plus facile à dissoudre que celui ou ceux dont elle est déjà saturée. On fera à portée de classer alors les sels , suivant l'ordre & leurs degrés de solubilité. Ces expériences aussi délicates à faire que curieuses , méritent d'être répétées ; elles ne demandent que de la patience, de l'exactitude, un peu d'adresse & d'habitude de la part de celui qui se livre à ces recherches. On peut consulter à ce sujet, les *Éléments de Chymie de Boerhaave* ; on y trouvera un *Traité de l'eau* fait avec beaucoup de soin & très-propre à faciliter le travail de celui qui veut connoître autant qu'il est possible, les qualités de ce fluide.

De quelque espèce que soit l'eau , plusieurs Physiciens l'ont regardée comme incompressible ; mais pour peu qu'on réfléchisse sur la preuve qu'ils en apportent, on voit aisément qu'elle n'est rien moins que démonstrative.

Planche
XXIII.

La presse de
l'Académie
del Cimento,
pour comprimer
l'eau.

Fig. 2.

SECOND APPAREIL.

AB, (Pl. XXIII, fig. 2.), est une presse dont les deux vis *ab*, *ab*, sont mises en mouvement par un pignon C, qu'on fait tourner avec la manivelle D. Ce pignon engraine de droite & de gauche dans deux roues qui sont séparément fixées sur l'arbre de chacune des deux vis *ab*, *ab*. R est une boule de métal remplie d'eau & fermée exactement par une vis V, dont le collet est revêtu d'un cuir gras. Cette boule étoit d'or dans son origine & elle devoit encore en être, s'il s'agissoit de répéter exactement la même expérience & qu'on pût compter sur le résultat qu'elle présente. Il suffit qu'elle soit de cuivre rouge pour donner une idée satisfaisante de ce qu'on veut faire observer.

U S A G E

De cet Appareil.

LES choses étant disposées dans l'état qu'on vient de les indiquer, on fait tourner la manivelle D dans le sens qu'il convient pour ferrer la presse. La boule de métal cède à cette pression, elle s'applatit, elle se déforme,

fa

sa capacité devient proportionnellement plus petite & on voit l'eau suinter à travers les pores du métal, ce qui prouve seulement que les molécules de ce fluide sont assez petites pour passer par ces pores lorsqu'elles sont pressées jusqu'à un certain point, & ce qui ne prouve nullement que cette liqueur soit incompressible. Planche XXIII.

Considérée sous le même état de liqueur, l'eau est un mixte combiné avec quantité de substances étrangères qu'elle rencontre dans ses écoulemens & qu'elle charrie avec elle. De-là les qualités différentes qu'on découvre dans presque toutes les eaux qu'on soumet à l'analyse; qualités qui influent plus ou moins sur sa salubrité & qu'il est important de connoître. Il est différens moyens de faire cette analyse; on préfère communément celle des réactifs: elle est fondée sur les loix des affinités. Elle suffit d'ailleurs au Physicien qui ne veut s'assurer précisément que des qualités des substances étrangères qui se trouvent combinées avec l'eau qu'il examine, sans s'embarasser des proportions selon lesquelles ces combinaisons sont faites. Voici donc les moyens qu'il peut favorablement employer à cet effet.

Planche
XXIII.

TROISIEME APPAREIL.

Reactifs
pour l'analy-
se des eaux. AYEZ différens flacons remplis des liqueurs
suivantes.

1°. De dissolution d'argent par l'acide
nitreux.

2°. D'infusion de noix de galle.

3°. D'eau de chaux.

4°. D'alkali volatil.

5°. D'huile de tartre par défaillance.

U S A G E

De cet Appareil.

QUELQUES gouttes, en général, de dissolution d'argent versées dans différens verres remplis d'eaux de différentes especes, produiront une précipitation plus ou moins abondante & d'une couleur assez variée pour qu'on puisse reconnoître les substances étrangères qui seront combinées avec ces eaux.

Quelques gouttes d'infusion de noix de galle versée dans une eau qui tiendra en dissolution du vitriol de mars, donneront à cette eau une couleur violette tirant sur le noir.

Quelques gouttes d'eau de chaux feront

prendre une couleur d'ochre à celles qui char- Planche
rieront avec elles des matieres arsénicales. XXIII.

L'alkali volatil donnera une couleur lai-
teuse à celles qui tiendront en dissolution
de la sélénite & même du sel marin ordinaire.

L'huile de tartre produira un précipité
jaune dans celles qui seront combinées avec
des principes mercuriels.

L'idée de ces fortes d'expériences doit
suffire à ceux qui voudront traiter cette ma-
tiere , & au défaut des eaux naturelles qui
seroient combinées avec ces différentes subs-
tances , ils pourront en faire de factices qui
produiront les mêmes effets. On prendra
pour cela de l'eau distillée, dans laquelle on
fera fondre séparément les substances étran-
geres qu'on jugera à propos de combiner ;
& on aura soin ensuite de filtrer ces différen-
tes eaux pour qu'il ne se fasse point naturelle-
ment de précipitation qui pourroit nuire à
la précision de l'expérience.

C'est ici qu'il convient de traiter des qua-
lités des eaux relativement à leurs combinai-
sons ; d'examiner celles qui sont plus pota-
bles & qu'on doit préférer pour son usage
ordinaire ; de parler des avantages qu'on re-
tire de quantité d'eaux minérales répandues

Planche en différents endroits dans les entrailles de
 XXIII. notre globe. On ne doit point oublier non plus de donner une idée suffisante des pétrifications variées, des incrustations différentes, de ces stalactites surprenantes qui sont autant d'effets particuliers de la circulation des eaux. C'est encore ici qu'il convient de parler de leurs écoulemens & des phénomènes multipliés qu'ils produisent, des sources, des fontaines & de leurs variétés. Nous abandonnons toutes ces recherches importantes aux spéculations des Physiciens.

ARTICLE SECOND.

Des Appareils faits pour connoître les propriétés de l'eau, considérée dans l'état de vapeurs.

L'ÉVAPORATION de l'eau ou de toute autre liqueur est l'effet naturel d'une chaleur surabondante. Comment se produit cet effet ? Quelle est la cause de l'élévation des vapeurs ? Comment se soutiennent-elles dans l'atmosphère ? Quelles sont les causes qui les condensent, qui les convertissent en brouillards, en eau, en givre, en neige, en grêle ? Quelles

font celles, en un mot, qui produisent les différens météores aqueux que nous observons dans l'atmosphère ? Ce sont autant de questions curieuses à traiter, mais qui ne sont point du ressort de cet Ouvrage. Nous nous bornerons donc à considérer les effets de la vapeur, & lorsqu'elle est retenue dans une capacité qui peut céder à son expansion, & lorsque cette capacité résiste invinciblement à cet effet.

Planche
XXIII.

P R E M I E R A P P A R E I L .

A, (Pl. XXIII, fig. 3.), est une petite ampoule de verre soufflée à la lampe de l'Emailleur, remplie d'eau ou de toute autre liqueur, & dont l'extrémité de la queue est scellée hermétiquement.

Ampoules de verre qui détonnent par la dilatation d'une vapeur. Fig. 3.

U S A G E

De cet Appareil.

MISE sur des charbons allumés, l'eau qui y est contenue s'échauffe, bouît & se réduit en vapeurs, dont l'expansion brise avec éclat & détonnation les parties de l'ampoule. Cette détonnation est d'autant plus forte que les

Planche parois de l'ampoule résistent davantage & XXIII. que la vapeur est obligée d'acquérir plus d'expansion pour les briser.

On se contente ordinairement d'implanter la queue de l'ampoule dans la mèche d'une chandelle ou d'une bougie allumée, de façon que le petit globe A, soit plongé dans la flamme.

On profite dans l'éolipile de cette force expansive que la vapeur acquiert, pour former à volonté un jet d'eau, ou un jet de feu qui se porte à une distance d'autant plus éloignée qu'on retient plus long-temps l'effet de cette expansion & qu'on rassemble dans l'instrument des vapeurs plus dilatées & plus abondantes.

SECOND APPAREIL.

L'Eolipile.
Fig. 4.

A, (Pl. XXIII, fig. 4.), est un gros vaisseau de cuivre fait en forme de poire, dont la queue B est percée d'un très-petit trou. C, est un manche de fer pour tenir & disposer l'instrument lorsqu'il est chaud, dans la situation qui convient à l'expérience.

U S A G E

De cet Appareil

ON fait chauffer modérément cette poire sur des charbons allumés , pour dilater seulement la masse d'air qui y est naturellement contenue. On plonge alors le bec de l'instrument dans une masse d'eau ; aussi-tôt une petite quantité de cette liqueur s'introduit & se porte dans la poire. Cela fait , on applique le fond de l'éolipile sur les mêmes charbons dont on entretient l'activité avec un soufflet ; la petite masse d'eau renfermée dans ce vaisseau bouë en peu de temps & se réduit en vapeurs. On attend que ces vapeurs se montrent au bec de l'éolipile , sous la forme d'une fumée très-épaisse. On plonge alors brusquement ce vaisseau dans une masse d'eau froide : saisies par le froid qu'elles éprouvent, les vapeurs se condensent, il se fait un vuide dans la capacité de l'éolipile & la pression de l'air extérieur la remplit d'eau. On rapporte de nouveau & de la même maniere l'éolipile sur les charbons , on accélere & on entretient encore l'activité du feu par un soufflet & on fait bouillir cette nouvelle masse d'eau : lorsqu'elle est réduite en

Planche
XXIII.

vapeurs & qu'on les voit sortir sous la forme d'un brouillard fort épais , on retourne la poire de façon que ces vapeurs se portent vers le fond du vaisseau , & on laisse encore l'instrument sur le feu. Ces vapeurs se dilatent de plus en plus & pressent devant elles la masse d'eau , qui s'oppose à leur expansion. Celle-ci cède à cet effort & se porte sous la forme d'un jet , à une distance proportionnée à l'expansion de la vapeur.

Si au lieu de remplir d'eau l'éolipile , on la remplit avec de l'esprit-de-vin , & qu'on présente au jet qui s'en échappe une bougie allumée , l'esprit-de-vin s'allumera & au lieu d'un jet d'eau on aura un jet de feu.

Planç. IV,
Fig. 9.

On peut se servir, pour cette dernière expérience , d'une petite éolipile de verre semblable à celle que nous avons décrite (Pl. IV, fig. 9.) , & au lieu d'un réchaud de feu , on se sert de la lampe à évaporer que nous avons représentée même figure. On a soin , dans ce cas , de faire ajouter une queue à ces sortes d'éolipiles , pour les diriger convenablement à l'expérience.

L'effort d'une vapeur contenue dans un vaisseau qui peut à la fin céder à son expansion , peut très-bien représenter l'effet de la

déflagration de la poudre à canon contre une bouche à feu qu'elle fait reculer plus ou moins sensiblement. L'appareil suivant est destiné à cet effet.

TROISIEME APPAREIL.

A, (Pl. XXIII, fig. 5.), est une grosse éolipile de cuivre ouverte antérieurement d'un trou de cinq à six lignes de diamètre. On y adapte & on y fonde une virole ou une douille de cuivre E, de même diamètre & de cinq à six lignes de hauteur. Cette éolipile est établie solidement sur un châssis fait en forme de chariot à trois roues CD; celle de devant C se meut en toutes sortes de sens sur un pivot. B est une lampe à l'esprit-de-vin, garnie de trois à quatre mèches allumées au-dessous de l'éolipile A.

Chariot à
recul.
Fig. 5.

U S A G E

De cet Appareil.

ON remplit d'eau l'éolipile A, jusqu'aux deux tiers ou aux trois quarts de sa capacité; on bouche la virole E avec un bouchon de liège qui y tient à frottement & suffisamment pour ne pas céder au moindre effort.

Planche
XXIII.

On laisse chauffer l'eau de l'éolipile & lorsqu'elle est réduite en vapeurs & que ces vapeurs ont acquises un degré d'expansion suffisant pour vaincre le frottement du bouchon, elles le poussent au loin avec effort & elles font reculer plus ou moins loin tout l'appareil.

Veut-on un effet plus sensible encore de l'expansion des vapeurs, on l'obtiendra en faisant usage de l'appareil suivant.

QUATRIEME APPAREIL.

Marmite de
Papir.
Fig. 6.

AB, (Pl. XXIII, fig. 6.), est un vaisseau cylindrique de cuivre de quatre à six lignes d'épaisseur. Ce vaisseau porte une retraite vers le haut, dans laquelle on fait entrer le couvercle C, sur l'épaisseur duquel on a ménagé une retraite proportionnée à la première. On a soin d'interposer des anneaux de carton mince entre le vaisseau & le couvercle. Celui-ci est tenu en place par une vis de pression F, qu'on fait mouvoir à l'aide d'un levier IK. Cette vis s'engage dans l'épaisseur d'une bride de fer DE, arrêtée sur le haut du cylindre, ou qui l'enveloppe entièrement comme une espèce d'étrier. Cet appareil se place sur un fourneau GH : la forme

du fourneau est indifférente, il suffit seule-
ment qu'il puisse contenir assez de charbon
& donner suffisamment accès à l'air pour
entretenir l'activité du charbon lorsqu'il est
allumé. On connoît en Physique cet appa-
reil sous le nom de *marmite de Papin*, du
nom de son Inventeur.

U S A G E

De cet Appareil.

ON renferme dans le cylindre AB, des
os de bœuf ou de tout autre animal, qu'on
casse en petits morceaux, & on remplit
d'eau le vaisseau jusqu'aux trois quarts ou en-
viron de sa capacité. On pose un anneau ou
deux de carton sur le repos du vaisseau, &
on y applique le couvercle C, qu'on serre
fortement avec la vis F, & on pose cet appa-
reil sur le fourneau GH ; on le laisse dans
cet état, ayant soin toutes fois d'entretenir
l'activité du feu plus ou moins de temps,
suivant la grandeur de la marmite ou la du-
reté des corps qui y sont renfermés. Un peu
d'usage apprend à celui qui fait cette expé-
rience le temps qu'il convient d'y employer.
Lorsque l'expérience est finie & que le vais-

Planche
XXIII.

seau est suffisamment refroidi, on démonte le couvercle C, & on trouve que la vapeur a tellement pénétré les os, qu'elle en a extrait toute la partie mucilagineuse & que l'eau s'est convertie en une espece de gelée dont on peut faire usage : les os sont amollis au point d'être friables entre les doigts. On peut faire ces sortes d'instrumens plus petits, plus commodes à manier ; l'expérience se fait aussi sûrement & plus promptement. Nous ne nous servons même que d'une marmite dont la capacité contient une chopine de liqueur.

Un second effet de l'expansion de la vapeur & non moins sensible que le précédent, c'est sans contredit celui qu'on peut observer dans les pompes à feu, telles qu'on en voit dans les mines d'Angleterre, dans celles de Condé, &c. L'appareil que nous allons décrire, fort éloigné de représenter exactement cette ingénieuse machine, suffira néanmoins pour en donner une idée satisfaisante. On doit aux soins de l'Abbé *Nollet*, la construction de ce petit modele fort ingénieux, & nous nous servons de la description qu'il en donne.

CINQUIEME APPAREIL.

Planche
XXIII.

AB, (Pl. XXIII, fig. 7.), est une caisse Pompe à feu,
Fig. 7. plus longue que large, garnie de plomb par dedans & remplie d'eau à-peu-près jusqu'à moitié. C, D, sont deux montans élevés sur la caisse, pour soutenir une auge E, qui est aussi doublée de plomb. FG, est un petit fourneau de métal, dans lequel il y a une lampe à l'esprit-de-vin & qui porte une bouilloire qu'on emplit d'eau environ à moitié, par un trou qui est en haut & qu'on ferme ensuite avec un bouchon à vis K, sous l'épaulement duquel on enferme des anneaux de papier mouillé. LM est un cylindre de verre creux, garni haut & bas d'un fond de métal qui s'applique avec des anneaux de cuir interposés pour empêcher toute communication du dedans au dehors par les bords du verre. Celui d'en bas M, porte un tuyau ouvert de part & d'autre, dont un bout est plongé dans l'eau de la cuvette, & l'autre, qui est garni d'une soupape, répond à la partie inférieure du cylindre de verre. Le fond d'en haut L, porte un robinet dont la clef, percée selon son axe & selon un de ses rayons, fait communiquer le vaisseau cylindrique LM, que

Planche l'on emplît d'eau, seulement pour la première
XXIII. fois, tantôt avec le canal N, qui aboutit à la
bouilloire, tantôt avec celui qui joint le tuyau
montant OP.

U S A G E

De cet Appareil.

LA lampe étant allumée, dès que l'eau vient à bouillir & que les vapeurs se font dilatées dans la partie supérieure de la bouilloire, si on tourne la clef du robinet, on les laisse passer dans le vaisseau LM; elles s'y étendent & en chassent toute l'eau qui y est, par le tuyau montant OP. Alors si on tourne la clef du robinet de manière qu'il y ait communication entre la boîte cylindrique & le canal Q, qui aboutit au tuyau montant, il y tombe quelques gouttes d'eau froide qui condensent la vapeur; c'est-à-dire, continue l'Abbé *Nollet*, qui la réduisent à un si petit volume, que le vaisseau peut être réputé vuide. Aussi-tôt le poids de l'atmosphère qui agit par le trou *m* sur l'eau de la caisse, y porte de l'eau & le remplit. Cette eau est chassée comme la première, dès qu'on laisse rentrer la vapeur, & cette vapeur fait encore place à

de nouvelle eau , dès qu'on la condense en retournant la clef , pour emprunter quelques gouttes d'eau froide du tuyau montant. Par ces alternatives réitérées on épuiserait la caisse & on rempliroit l'auge d'en haut ; mais pour faire durer le jeu de la machine plus long-temps , on a pratiqué un tuyau de décharge RS , qui ramene l'eau à sa première source.

Il y auroit du danger pour ceux qui sont occupés au service de ces fortes de machines, s'ils se laissoient surprendre par une trop prompte dilatation des vapeurs ; c'est pour cela que l'ingénieux Auteur de cet appareil a jugé convenable de pratiquer un petit souffrail *a* , sur lequel on met une soupape chargée d'un poids qui fait moins de résistance que la bouilloire n'est capable d'en faire , afin que si la vapeur devient trop forte elle trouve une issue qui la ralentisse avant qu'elle puisse faire crever le vaisseau.

Observation importante sur cette machine.

Une seconde observation que nous devons encore au même Physicien & qui mérite de trouver ici sa place , c'est celle qu'il fait sur l'usage auquel on peut destiner une machine de cette espèce. On ne peut nier , dit-il , que la pompe à feu ne puisse être très-utile &

Autre observation.

Planche que son service ne soit fort sûr , puisqu'on
 XXIII. en est convaincu par l'expérience même. Mais
 il en est d'elle comme de toutes les machines
 qu'il faut toujours employer dans des circon-
 stances convenables ; car souvent celle qui
 est bonne dans un cas , est mauvaise dans
 un autre . Les Anglois ont d'abord employé
 la pompe à feu dans leurs mines de charbon ;
 elle a réussi parfaitement & on en continue
 l'usage. Ils l'ont établie à Londres pour dis-
 tribuer l'eau de la Tamise dans différens quar-
 tiers de la Ville : ils ont été obligés de l'aban-
 donner. Pourquoi cette différence ? c'est que
 cette machine dépense beaucoup en feu &
 qu'elle enfume tous les environs. Ces deux
 inconvéniens se souffrent aisément dans les
 lieux découverts où la fumée se dissipe , &
 dans les mines de charbon , où le feu ne coûte
 presque rien à entretenir , mais dans le centre
 d'une Capitale cela est tout différent. Ajou-
 tons encore ici pour la satisfaction de ceux
 qui voudront faire usage de cette machine ,
 qu'il est très-prudent de faire chauffer modé-
 rément l'eau qu'on veut mettre dans la caisse
 AB & dans le cylindre LM ; sans cette sage
 précaution , il pourroit se faire & on l'a
 remarqué plus d'une fois , que le cylindre
 LM ,

LM se cassât par le contact d'une eau trop froide, lorsqu'il seroit fortement échauffé par la vapeur de l'eau bouillante qui y aborde.

Planche
XXIII.

ARTICLE TROISIEME.

Des appareils faits pour exposer les phénomènes de l'eau qui se convertit en glace.

QU'EST-CE que la glace? est-ce une liqueur condensée ou une liqueur raréfiée par l'interposition de quelques particules étrangères à l'eau qui se glace? Ce sont les deux opinions dominantes de l'École que le Physicien ne peut étudier avec trop de soin. Le premier objet de son attention est sans contredit d'examiner de quelle maniere la glace se forme. Pour le mettre à portée de faire cette observation, voici l'appareil le plus simple & le plus commode dont il puisse faire usage pour produire des congélations artificielles.

A P P A R E I L.

A, (Pl. XXIII, fig. 8.), est un grand vaisseau de cristal d'un pied ou environ de profondeur. B est un autre vaisseau de même

Appareil propre à faire des congélations artificielles.

Fig. 8.

Planche matiere, conique & très-mince. Il en faut
 XXIII. plusieurs de cette espece.

U S A G E

De cet Appareil.

ON fait dans le vaisseau A , un mélange de deux tiers de glace pilée & d'un tiers de sel ordinaire ou de salpêtre. Ce mélange se fond & devient plus froid que la glace elle-même. On peut s'en assurer aisément en plongeant dedans la boule d'un thermometre. Cet excès de froid devient d'autant plus grand que la fusion du mélange est plus prompte , ce qu'on peut éprouver en faisant un semblable mélange, mais en plaçant le vaisseau A sur un fourneau de charbons allumés & en plongeant pareillement dedans la boule d'un second thermometre. Il deviendra plus froid encore , si au lieu de sel on verse sur la glace pilée de l'acide nitreux très-concentré ; le froid deviendra si considérable alors, qu'il sera suffisant pour congeler du mercure, ce qu'on ne peut faire par un simple mélange de glace & de sel.

Ce froid artificiel étant excité , on plonge dans le mélange plusieurs vaisseaux sembla-

bles au vaisseau conique B. On met dans l'un de l'eau ordinaire, dans un autre de la même eau combinée avec une certaine quantité de sel ordinaire, dans un troisième du vin, dans un quatrième un mélange d'eau & d'esprit-de-vin, &c. on a soin de remuer constamment ces vaisseaux jusqu'à ce que la congélation des liqueurs qu'ils contiennent soit achevée. En retirant de momens à autres ces vaisseaux du mélange dans lequel ils sont plongés, on observe assez facilement les phénomènes qui se suivent progressivement depuis le moment où la glace commence à se former jusqu'au moment où elle est entièrement formée.

On remarque outre cela que l'eau ordinaire est plus promptement glacée que l'eau salée, quoique cette dernière ait acquise quelques degrés de froid au-dessous de sa température actuelle, au moment de sa combinaison avec le sel. On observe encore que la glace de l'eau ordinaire est plus compacte & plus solide que celle qui se trouve formée par l'eau salée, & elle l'est encore beaucoup davantage que les glaçons fournis par les autres liqueurs. Ceux-ci sont friables & font remarquer dans

Planche leurs fractures, des stries plus ou moins
 XXIII. sensibles.

Lorsqu'on veut retirer les glaçons des vaisseaux dans lesquels ils se sont formés, on plonge ces vaisseaux dans une caffetiere pleine d'eau chaude; la surface de ces glaçons se fond & ils se détachent : ils sortent alors très-facilement par rapport à la forme conique que nous donnons à ces vaisseaux. Nous avons donné dans nos *Leçons de Physique expérimentale*, une idée suffisante des différentes opinions des Physiciens sur la formation de la glace : on pourra consulter cet Ouvrage, mais plus particulièrement l'excellent *Traité de la glace* de Monsieur de Mairan, dans lequel on trouvera l'exposition la plus lumineuse & la mieux suivie des phénomènes de la congélation. Quant à l'explication de ces phénomènes nous croyons que l'opinion de *Mussenbroek*, exposée dans son Cours de Physique, est celle qui y satisfait le mieux.

Fin du Tome premier.

T A B L E

D E S M A T I E R E S.

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

P R É F A C E.	page iij
Objet de cet Ouvrage.	I
SECTION I. Des appareils nécessaires pour démontrer les principes des corps & ce qui résulte de la combinaison de ces principes.	2
ARTICLE I. Appareils nécessaires pour analyser les mixtes.	3
De l'analyse en général.	4
Deux espece d'analyse.	5
Analyse par le feu.	ibid.
De la distillation.	6
Alambic ou appareil de la distillation montante.	ibid.
Cornue ou appareil de la distillation latérale.	9
Appareil de la distillation descendante.	10
Usage des précédens appareils.	11
Observations sur cette opération.	ibid.
Défaut des alambics.	12
Moyens de remédier à ce défaut.	ibid.
Serpentin.	ibid.
Différens degrés de feu.	13
Feu nud.	14
Bain de sable.	ibid.

Bain-marie.	140
Feu de réverbère.	15
Allonges.	ibid.
Maniere de garantir les vaisseaux de verre de la trop grande activité du feu.	ibid.
Défauts de l'analyse par le feu.	16
Analyse par les menstrues	17
Appareils nécessaires à ces sortes d'analyses.	18
Analyse d'une substance végétale.	ibid.
Même procédé pour analyser les métaux.	20
Observation sur les deux especes d'analyses précédentes.	21
On ne découvre que quatre principes primitifs par la dernière analyse des mixtes.	22
ART. II. Des appareils nécessaires pour démontrer la cause de la cohérence entre les parties intégrantes des mixtes.	23
Opinion des Carthésiens.	ibid.
Opinion des Newtoniens.	ibid.
PARAGRAPHE I. Appareils dont les effets paroissent favoriser l'opinion des Carthésiens sur la cause de la cohésion.	25
Premier appareil. Deux plans qui adhèrent par la seule pression d'un fluide extérieur.	ibid.
Maniere de faire usage de cet appareil.	ibid.
Second appareil. Les plans de Magdebourg.	26
Usage de cet appareil.	27
Troisième appareil. Machine pneumatique.	28
Eprouvette de la machine pneumatique.	32
Usage de la machine pneumatique.	33
Préparation des vaisseaux dans lesquels on se propose de faire le vuide.	ibid.
Nécessité d'interposer un cuir mouillé entre la platine &	

le récipient.	34
Maniere de conserver le vuide.	ibid.
Autre maniere.	35
Quatrieme appareil. Plans de Magdebourg dans le vuide.	ibid.
Usage de cet appareil.	36
PARAG. II. Appareils qui favorisent l'opinion de <i>Newton</i> sur la cause de la cohésion.	37
Premier appareil. Adhérence entre deux balles de plomb coupées superficiellement.	ibid.
Usage de cet appareil.	38
Second appareil. Balance du <i>D. Taylor</i> , qui démontre l'attraction entre deux liquides.	39
Usage de cet appareil.	ibid.
Troisieme appareil. Appareil de <i>Grimaldi</i> , qui démontre l'attraction entre les solides & les liquides.	41
Usage de cet appareil.	ibid.
Quatrieme appareil. Attraction de cohésion démontrée par la conversion de deux liquides en solides.	42
SECT. II. Des Appareils nécessaires pour démontrer les propriétés des corps.	43
Division de cette Section.	ibid.
ART. I. Des appareils propres à démontrer ce qui concerne l'étendue & la figure des corps.	44
De l'étendue.	ibid.
De la figure.	ibid.
Microscope à trois verres.	45
Usage de cet appareil.	47
ART. II. Des appareils propres à démontrer l'impénétrabilité des corps.	50
Appareil propre à démontrer l'impénétrabilité de l'air.	ibid.

Usage de cet appareil.	51
Observation sur la compressibilité de l'air.	ibid.
Autre appareil propre au même effet.	52
Usage de cet appareil.	ibid.
ART. III. Appareils faits pour démontrer la porosité des corps.	53
Premier appareil destiné à démontrer la porosité des substances animales.	54
Usage de cet appareil.	ibid.
De la transpiration cutanée.	55
Autre appareil propre au même usage.	ibid.
Usage de cet appareil.	56
Troisième appareil fait pour démontrer la porosité des substances végétales.	57
Usage de cet appareil.	58
Encre de sympathie.	59
Quatrième appareil propre à démontrer la porosité des substances minérales.	ibid.
Usage de cet appareil.	60
Observations sur les dissolutions.	ibid.
APPENDIX des appareils propres à démontrer la théorie des affinités.	61
Affinité d'aggrégation.	ibid.
..... De composition	62
Premier appareil pour démontrer que les propriétés d'un mixte participent à celles de chacun de ses principes.	ibid.
Affinité d'interméde.	63
..... De précipitation.	64
Second appareil propre à démontrer l'affinité de précipitation. <i>L'arbre de Diane.</i>	ibid.
Usage de cet appareil.	65

ART. IV. Des appareils propres à démontrer la prodigieuse divisibilité des corps.	66
Premier appareil. Prodigieuse divisibilité démontrée par les dissolutions.	67
Usage de cet appareil.	ibid.
Second appareil. Même vérité démontrée par les évaporations.	68
Usage de cet appareil.	69
Observation sur la maniere de connoître le résultat de cette expérience.	70
ART. V. Appareils concernant la mobilité des corps & leur prétendue force d'inertie.	71
Appareil de Newton.	73
Usage de cet appareil.	ibid.
Appareil de l'Abbé Nollet.	74
Usage de cet appareil.	ibid.
SECT. III. Des appareils pour les expériences du mouvement.	76
Idée du mouvement ; de ses especes.	ibid.
Division de cette Section.	78
ART. I. Des appareils du mouvement composé	ibid.
Premier appareil. Celui des vols obliques.	79
Usage de cet appareil.	80
Second appareil. Espece de billard sur lequel on imprime en même temps à un corps deux directions disparates	81
Usage de cet appareil.	ibid.
ART. II. Des appareils nécessaires pour les expériences de la communication du mouvement.	84
Division de cet Article.	ibid.
PARAG. I. Des appareils propres à déterminer les effets du choc entre des corps mous.	85

Machine de <i>Mariotte</i> .	85
Usage de cet appareil.	87
Choc entre deux corps égaux en masse , dont l'un est en repos.	88
Choc entre les mêmes corps , tous les deux en mouvement & dans le même sens.	89
Choc entre les mêmes corps mûs en sens contraire.	90
<i>PARAG. II.</i> Des appareils nécessaires pour les expériences du choc entre des corps à ressort.	92
Premier appareil pour démontrer l'altération de la figure d'un corps à ressort dans le choc.	ibid.
Usage de cet appareil.	93
Choc entre des billes à ressort égales en masses & dont l'une est en repos.	94
Toutes les deux en mouvement & dans le même sens.	ibid.
Mues en sens contraire & avec la même vitesse.	ibid.
Avec des vitesses différentes.	95
Second appareil pour démontrer les effets du choc entre plusieurs billes.	ibid.
Usage de cet appareil.	96
Choc entre plusieurs billes égales en masse & contigues.	ibid.
Entre plusieurs corps contigus & inégaux en masse.	97
<i>ART. III.</i> De l'appareil propre à démontrer la loi générale du mouvement réfléchi.	99
Appareil du mouvement réfléchi.	ibid.
Usage de cet appareil.	101
<i>ART. IV.</i> Des appareils pour démontrer les obstacles à la perpétuité du mouvement.	102
<i>PARAG. I.</i> Des appareils pour déterminer la résistance des milieux.	103

Appareil pour démontrer que la résistance croît comme la densité du milieu.	104
Usage de cet appareil.	ibid.
Second appareil propre à estimer la résistance relative à la surface du mobile.	105
Usage de cet appareil.	106
<i>PARAG. II.</i> Des appareils propres à démontrer les effets des frottemens.	107
Appareil de <i>Desaguilliers</i> .	108
Usage de cet appareil.	110
Différence entre les frottemens de la première & de la seconde espece.	ibid.
Différence des frottemens occasionnés par la différence des surfaces.	111
Appareil qui paroît prouver que l'étendue des surfaces frottantes n'influe point sur la grandeur des frottemens.	112
Usage de cet appareil.	113
Observation sur cette expérience.	114
Différence de frottemens occasionnée par la variété des charges.	ibid.
Tribometre de <i>Mussenbroek</i> .	115
Usage de cet appareil.	117
<i>ART. V.</i> Des appareils nécessaires pour les expériences du mouvement réfracté.	118
Loi générale de la réfraction.	ibid.
Prem. App. fait pour juger de la réfraction dans l'eau.	119
Usage de cet appareil.	120
La réfraction se change quelquefois en réflexion.	121
Second Appareil fait pour démontrer que la réfraction ne peut avoir lieu sans l'obliquité d'incidence.	122

Usage de cet appareil.	123
ART. VI. Des appareils nécessaires pour démontrer les effets de la gravité.	124
Division de cet Article.	ibid.
PARAG. I. Des appareils faits pour démontrer que tous les corps sont soumis à l'action de la pesanteur.	125
Premier Appareil propre à démontrer que les vapeurs sont pesantes.	ibid.
Usage de cet appareil.	126
Second appareil pour démontrer la pesanteur de la fumée.	ibid.
Usage de cet appareil.	127
PARAG. II. Appareil fait pour démontrer que tous les corps sont également maîtrisés par la gravité.	ibid.
Appareil pour démontrer que tous les corps sont également pesans.	128
Usage de cet appareil.	129
PARAG. III. Appareils propres à démontrer les loix du mouvement accéléré & du mouvement retardé.	130
Principes généraux pour démontrer les loix de la pesanteur.	131
Premier appareil destiné à faire juger de l'accélération des graves.	133
Usage de cet appareil.	134
Second appareil pour démontrer que les cordes d'un cercle sont parcourues dans le même temps que le diamètre vertical.	136
Usage de cet appareil.	137
Troisième appareil propre à démontrer les propriétés de la cycloïde.	140
Usage de cet appareil.	141

DES MATIERES. 333

PARAG. IV. Des appareils propres à faire observer les effets de la combinaison de la pesanteur avec toute autre force.	143
Premier appareil fait pour démontrer la chute parabolique des corps solides.	144
Usage de cet appareil.	146
Observation sur cet appareil.	147
Second appareil destiné au même usage par rapport aux liquides.	148
Usage de cet appareil.	ibid.
PARAG. V. Des appareils qu'on a imaginés pour expliquer la cause de la pesanteur.	150
Opinion de <i>Descartes</i> .	151
Appareil du globe de <i>Descartes</i> .	152
Usage de cet appareil.	ibid.
Appareil de <i>Bulfinger</i> .	154
Usage de cet appareil.	155
Observation sur cet appareil.	ibid.
Idée plus exacte de la pesanteur.	156
ART. VII. Des appareils des forces centrifuges.	157
Premier appareil. Le vase en forme de fronde.	158
Usage de cet appareil.	159
Second appareil. Machine des forces centrales.	ibid.
Usage de cet appareil.	162
SECT. IV. Des appareils nécessaires pour démontrer les principes de la Statique.	166
Objet de cette Section.	ibid.
Division de cette Section.	ibid.
ART. I. Appareils des centres de gravité.	167
Premier appareil. <i>L'odometre</i> .	168
Usage de cet appareil.	170

Second appareil. Double cône qui monte sur un plan incliné.	170
Usage de cet appareil.	171
Troisième appareil. Cylindre lesté de plomb qui produit le même effet.	ibid.
Usage de cet appareil.	172
ART. II. Appareils propres à démontrer les propriétés des leviers.	173
Loi générale d'équilibre.	174
Premier appareil.	ibid.
Usage de cet appareil.	176
Second Appareil propre à démontrer la charge de deux puissances qui soutiendroient un fardeau appliqué sur la longueur d'un levier.	179
Usage de cet appareil.	180
ART. III. Des appareils faits pour démontrer les propriétés de la balance.	181
Premier appareil. Balance ordinaire.	ibid.
Usage de cet appareil.	182
Second appareil fait pour démontrer que le centre du mouvement doit être peu éloigné de celui de gravité.	183
Usage de cet appareil.	184
Troisième appareil qui démontre que les bassins doivent être suspendus librement.	185
Usage de cet appareil.	ibid.
Quatrième appareil. Balance romaine.	187
Usage de cet appareil.	ibid.
Cinquième appareil fait pour prouver que l'axe d'une romaine ne porte que la somme des poids absolus & non celle des poids relatifs.	188

Usage de cet appareil.	189
Sixieme appareil. Balance de <i>Roberval</i> .	100
Usage de cet appareil.	191
ART. IV. Appareils pour démontrer les propriétés des poulies.	192
PARAG. I. Appareils des poulies simples.	ibid.
Premier appareil qui démontre que la poulie simple est une combinaison de leviers du premier genre.	193
Usage de cet appareil.	ibid.
Second appareil qui démontre qu'il est indifférent que la corde embrasse une portion plus ou moins étendue de la circonférence de la poulie.	194
Usage de cet appareil.	ibid.
Observ. sur la maniere de monter les poulies simples.	195
PARAG. II. Des poulies composées.	ibid.
Premier appareil. Poulies composées d'une fixe & d'une mobile.	196
Usage de cet appareil.	ibid.
Second appareil composé de trois poulies mobiles qui se succèdent dans trois chasses différentes.	197
Usage de cet appareil.	198
Troisieme appareil. Poulies mouflées à trois yeux.	199
Usage de cet appareil.	ibid.
Quatrieme appareil. Autre système de poulies mouflées à trois yeux.	200
Usage de cet appareil.	201
Cinquieme appareil propre à faire observer le rapport des forces qui agissent obliquement par des poulies.	202
Usage de cet appareil.	203
ART. V. Des appareils qui démontrent les propriétés du Tour.	204

Premier appareil. Modèle d'un Tour.	204
Usage de cet appareil.	205
Second appareil. Modèle d'une roue de carrieres	206
Usage de cet appareil.	ibid.
Troisième appareil. Modèle d'une roue à tambour.	207
Usage de cet appareil.	ibid.
ART. VI. Des appareils propres à démontrer les propriétés du plan incliné.	209
Appareil d'un plan incliné.	210
Usage de cet appareil.	211
ART. VII. Appareil propre à démontrer les propriétés du coin.	212
Appareil d'un coin.	213
Usage de cet appareil.	214
ART. VIII. Appareils faits pour démontrer les propriétés des vis.	215
Premier appareil. Développement de la vis.	216
Usage de cet appareil.	ibid.
Second appareil. Vis d'Archimède.	217
Usage de cet appareil.	ibid.
Troisième appareil. Autre vis d'Archimède.	218
Usage de cet appareil.	ibid.
ART. IX. Des appareils propres à faire juger des effets des machines composées.	219
Premier appareil. Multiplication des leviers.	220
Usage de cet appareil.	ibid.
Second appareil. Roues dentées.	221
Usage de cet appareil.	222
Troisième appareil. Le cric.	224
Usage de cet appareil.	ibid.
Quatrième appareil. Vis sans fin.	225
	Usage

Usage de cet appareil.	ibid.
Cinquieme appareil. Chevre mouffée.	226
Usage de cet appareil.	ibid
Sixieme appareil. Machine composée de toutes les machines simples.	227
Usage de cet appareil.	228
ART. X. Description d'un appareil propre à démontrer les inconveniens indispensables dans le service des cordes.	229
Considérations importantes sur la construction des cordes.	ibid.
Appareil propre à démontrer les propriétés des cordes:	231
Usage de cet appareil.	232
SECT. V. Des appareils nécessaires pour les expériences de l'hydrostatique.	234
ART. I. Des appareils propres à démontrer les loix générales de la pression des liquides de toute espece.	235
Premier appareil pour démontrer que les liquides pesent dans leur propre élément.	236
Usage de cet appareil.	ibid.
Second appareil fait pour démontrer que les parties des liquides exercent leur pression indépendamment les unes des autres.	237
Usage de cet appareil.	238
Troisieme appareil propre à démontrer que les liquides exercent leur pression en tous sens.	240
Usage de cet appareil.	ibid.
Quatrieme appareil destiné à démontrer la pression latérale des liquides.	ibid:
Usage de cet appareil:	ibid:

Cinquieme appareil pour démontrer la pression que les liquides exercent de bas en haut.	241
Usage de cet appareil.	ibid.
Sixieme appareil pour démontrer que la pression d'un liquide est en raison de sa hauteur perpendiculaire , toutes choses égales d'ailleurs.	242
Usage de cet appareil.	243
Septieme appareil. Les vases de Paschal.	244
Usage de cet appareil.	247
Observation sur cette expérience.	249
Huitieme appareil propre à démontrer que la pression contre un corps plongé , augmente à raison de son immersion.	250
Usage de cet appareil.	251
Neuvieme appareil pour démontrer qu'un corps plongé dans un liquide , y est à l'abri de toute pression extérieure.	252
Usage de cet appareil.	ibid.
ART. II. Des appareils propres à démontrer les loix de l'équilibre entre des liqueurs homogènes.	253
Premier appareil. Tubes communiquans.	ibid.
Usage de cet appareil.	254
Second appareil. Autre espece de tubes communiquans.	ibid.
Usage de cet appareil.	255
Observation importante sur les effets des tubes communiquans.	256
Troisieme appareil fait pour démontrer les engorgemens qui arrivent aux tuyaux de conduite.	257
Usage de cet appareil.	258
ART. III. Des appareils propres à démontrer les loix	

particulieres de la pression & de l'équilibre des liqueurs hétérogènes.	259
Premier appareil. Phiole des quatre élémens.	ibid.
Usage de cet appareil.	260
Second appareil. Le passe-vin.	ibid.
Usage de cet appareil.	261
Troisième appareil pour démontrer qu'une liqueur plus légere pese sur une autre plus pesante.	262
Usage de cet appareil.	263
Quatrième appareil pour démontrer la loi de l'équilibre entre des liqueurs hétérogènes.	264
Usage de cet appareil.	ibid.
Cinquième appareil. Aréometre à pompe.	265
Usage de cet appareil.	266
ART. IV. Des appareils propres à démontrer les loix de la pression & de l'équilibre des solides plongés dans les liquides.	267
Division de cet Article.	ibid.
Le ludion.	ibid.
Usage de cet appareil.	268
PARAG. I. Appareils propres à démontrer les loix de la pression & de l'équilibre des solides spécifiquement plus pesans que les liquides dans lesquels ils sont plongés.	269
Premier appareil. La balance hydrostatique.	270
Dépendances de cet appareil.	271
Usage de cet appareil.	273
Le corps plongé perd une partie de son poids.	ibid.
Il en perd autant que pese le volume de liquide qu'il dé- place.	274
Applications de ce principe.	ibid.

Moyen de connoître la pesanteur spécifique des liquides.	ibid.
Moyens de connoître la pesanteur spécifique des solides.	276
Second appareil pour démontrer qu'on ne peut connoître le poids absolu d'un corps.	ibid.
Usage de cet appareil.	277
<i>PARAG. II.</i> Des appareils propres à faire connoître les loix de la pression & de l'équilibre des solides spécifiquement moins pesans que le liquide dans lequel ils sont plongés.	278
Premier appareil pour démontrer la quantité de liquide déplacée par l'immersion d'un solide spécifiquement moins pesant.	ibid.
Usage de cet appareil.	279
Second appareil. Aréometre d'Hypatie.	280
Usage de cet appareil.	281
Défauts de cet instrument.	282
Troisième appareil. Aréometre de Farenheit.	283
Usage de cet appareil.	ibid.
Quatrième appareil. Aréometre de Mussenbroek.	285
Usage de cet appareil.	ibid.
Problème à résoudre avec ces sortes d'instrumens.	286
<i>ART. V.</i> Des appareils nécessaires pour représenter les phénomènes des tubes capillaires.	287
Différens appareils de vaisseaux capillaires.	288
Usage de ces appareils.	289
Diversité d'hypothèses pour expliquer ces phénomènes.	293
Hypothèse du Pere Fabri.	ibid.
. De Vossius.	295

Hypothéses des Attractionnaires.	297
SECT. VI. Des appareils nécessaires pour démontrer les propriétés de l'eau,	299
Division de cette Section,	ibid.
ART. I. Des appareils faits pour démontrer les propriétés de l'eau considérée comme liqueur.	ibid.
Premier appareil propre à examiner la qualité dissolvante de l'eau,	301
Usage de cet appareil,	302
Second appareil. La presse de l'Académie del Cimento pour comprimer l'eau.	304
Usage de cet appareil,	ibid.
Troisième appareil. Réactifs pour l'analyse des eaux.	306
Usage de cet appareil.	ibid.
ART. II. Des appareils faits pour connoître les propriétés de l'eau considérée dans l'état de vapeurs.	308
Premier appareil. Ampoules de verre qui détonnent par la dilatation d'une vapeur.	309
Usage de cet appareil.	ibid.
Second appareil. L'éolipile.	310
Usage de cet appareil.	311
Troisième appareil. Le charriot à recul pour démontrer l'effet de l'inflammation de la poudre sur une bouche à feu.	313
Usage de cet appareil.	ibid.
Quatrième appareil. La marmite de Papin.	314
Usage de cet appareil.	315
Cinquième appareil. La pompe à feu.	317
Usage de cet appareil.	318
Observation sur cette importante machine.	319

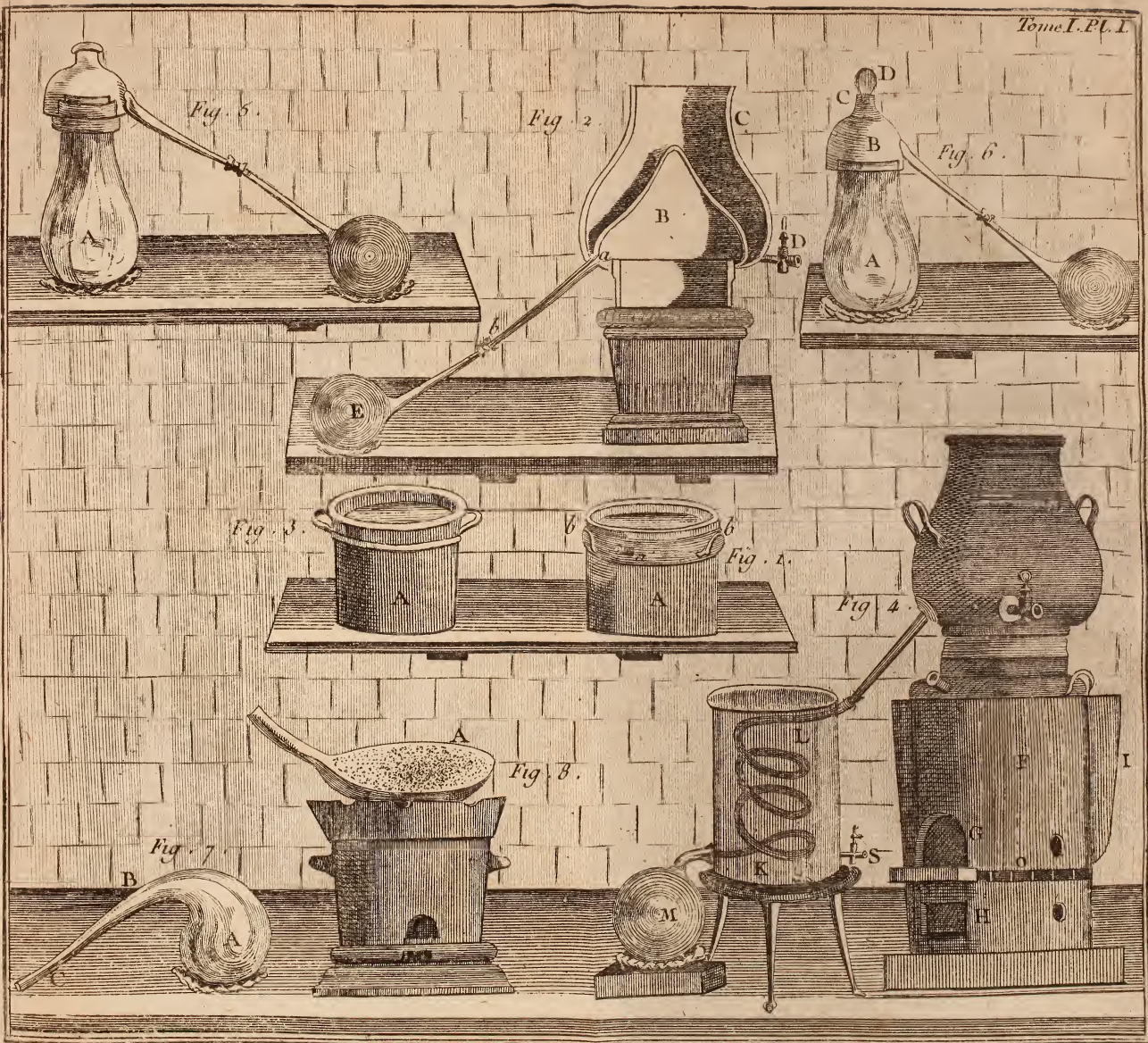
Autre observation:	ibid.
ART. III. Des appareils propres à faire connoître les phénomènes de l'eau qui se convertit en glace.	321
Appareil propre à faire des congelations artificielles.	ibid.
Usage de cet appareil.	322

Fin de la Table des Matieres.

Fautes à corriger.

Page 52, ligne 5, formée ; lisez fermée.

Pag. 275, lig. 21, eu suspendant ; lisez en suspendant.



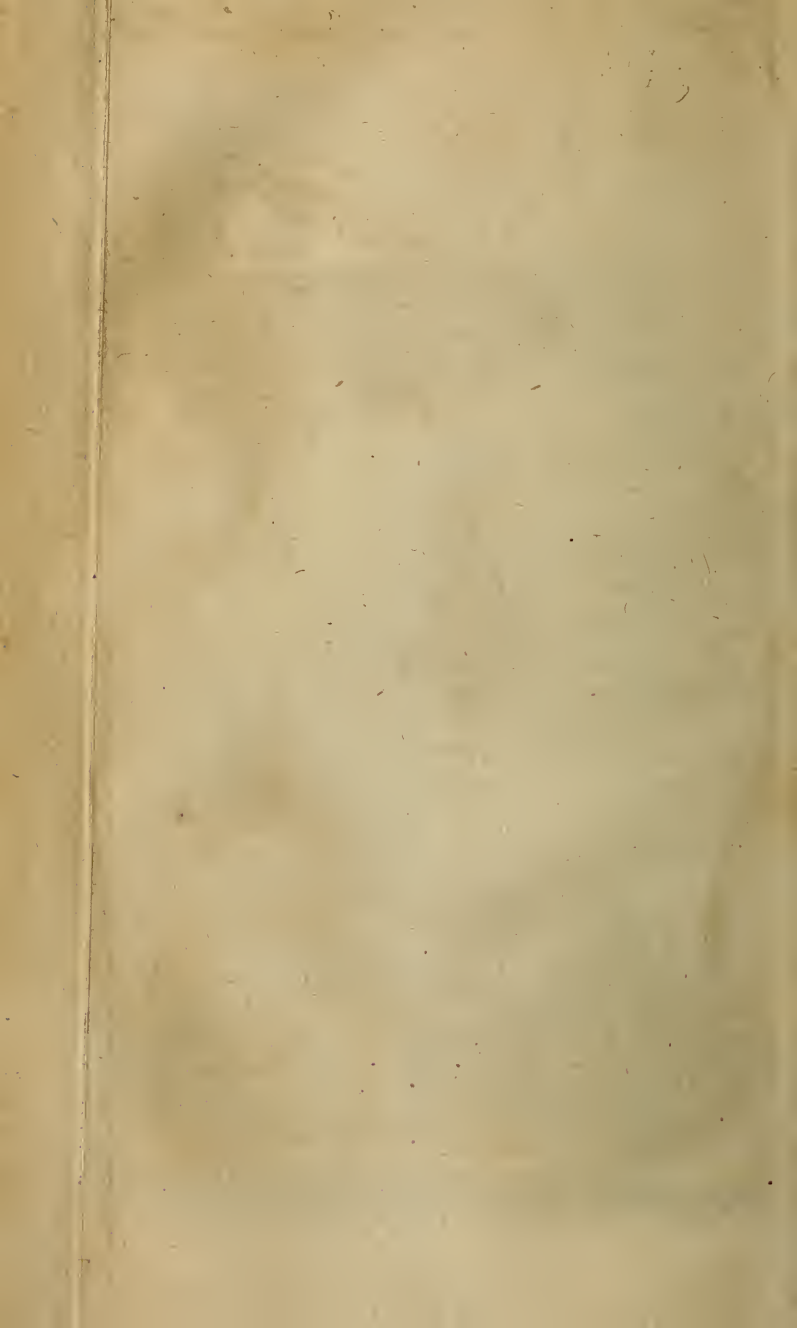


Fig. 4.



Fig. 6.

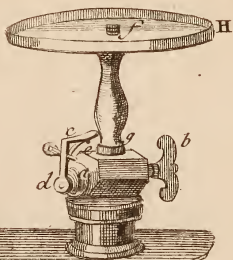


Fig. 5.

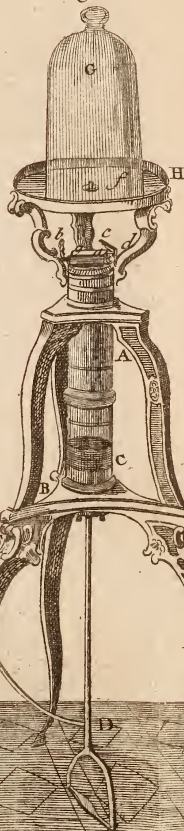


Fig. 8.

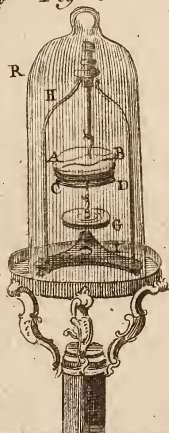


Fig. 7.



Fig. 2.

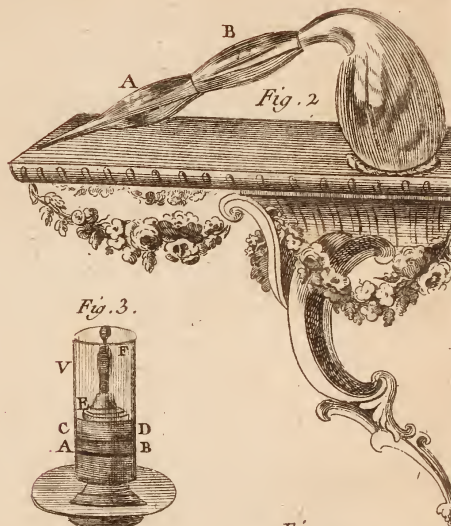


Fig. 3.

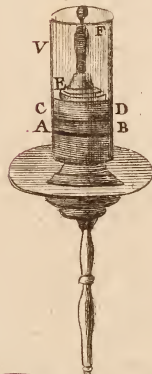
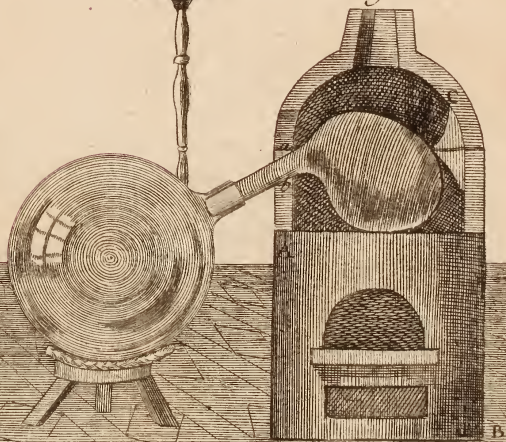
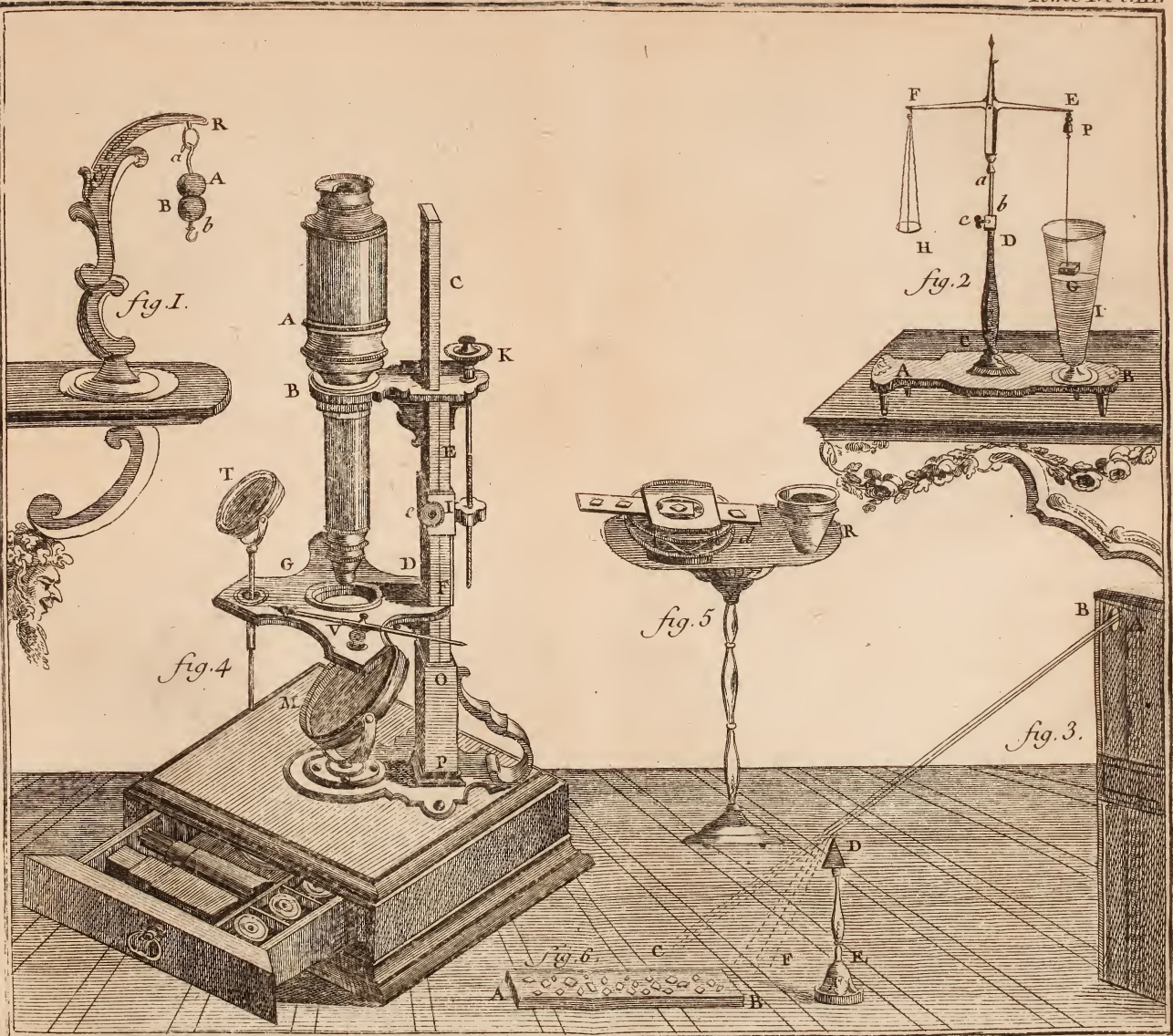


Fig. I.

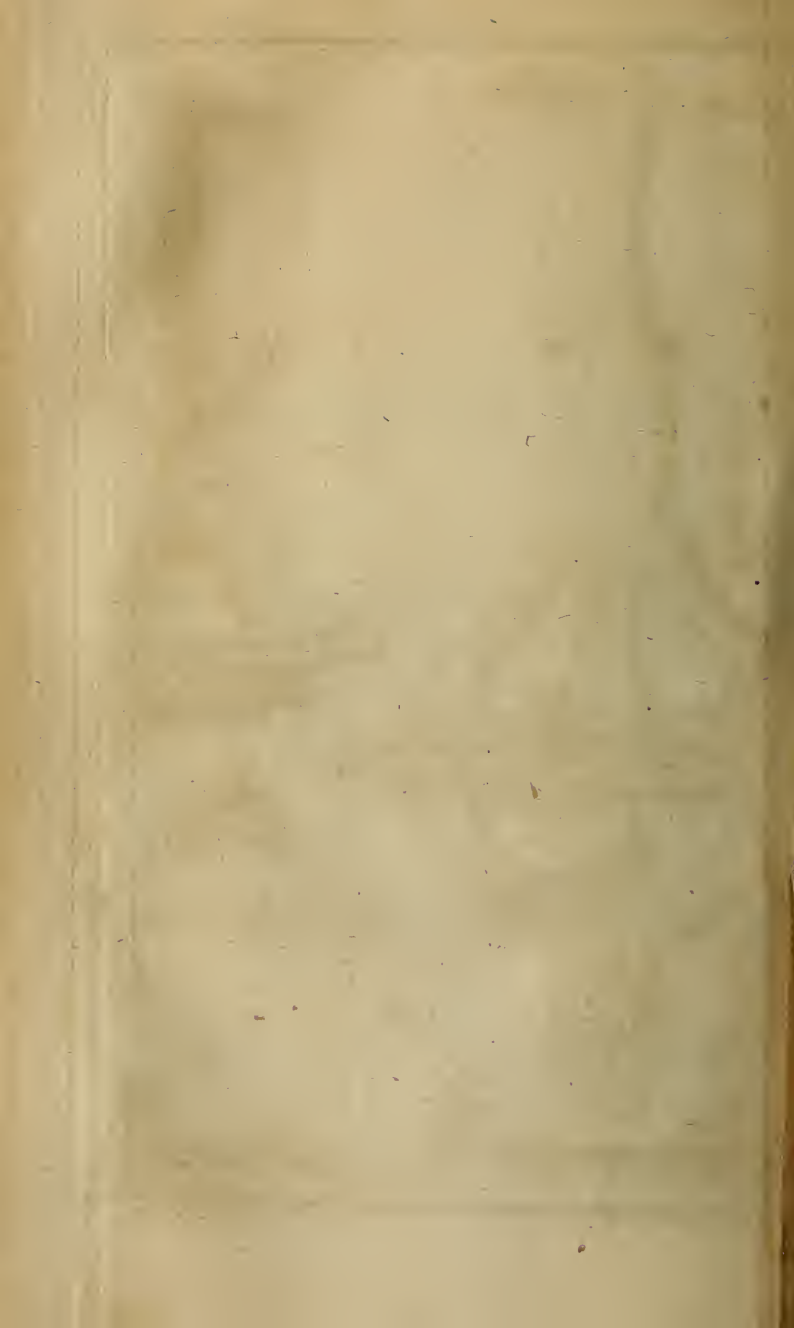












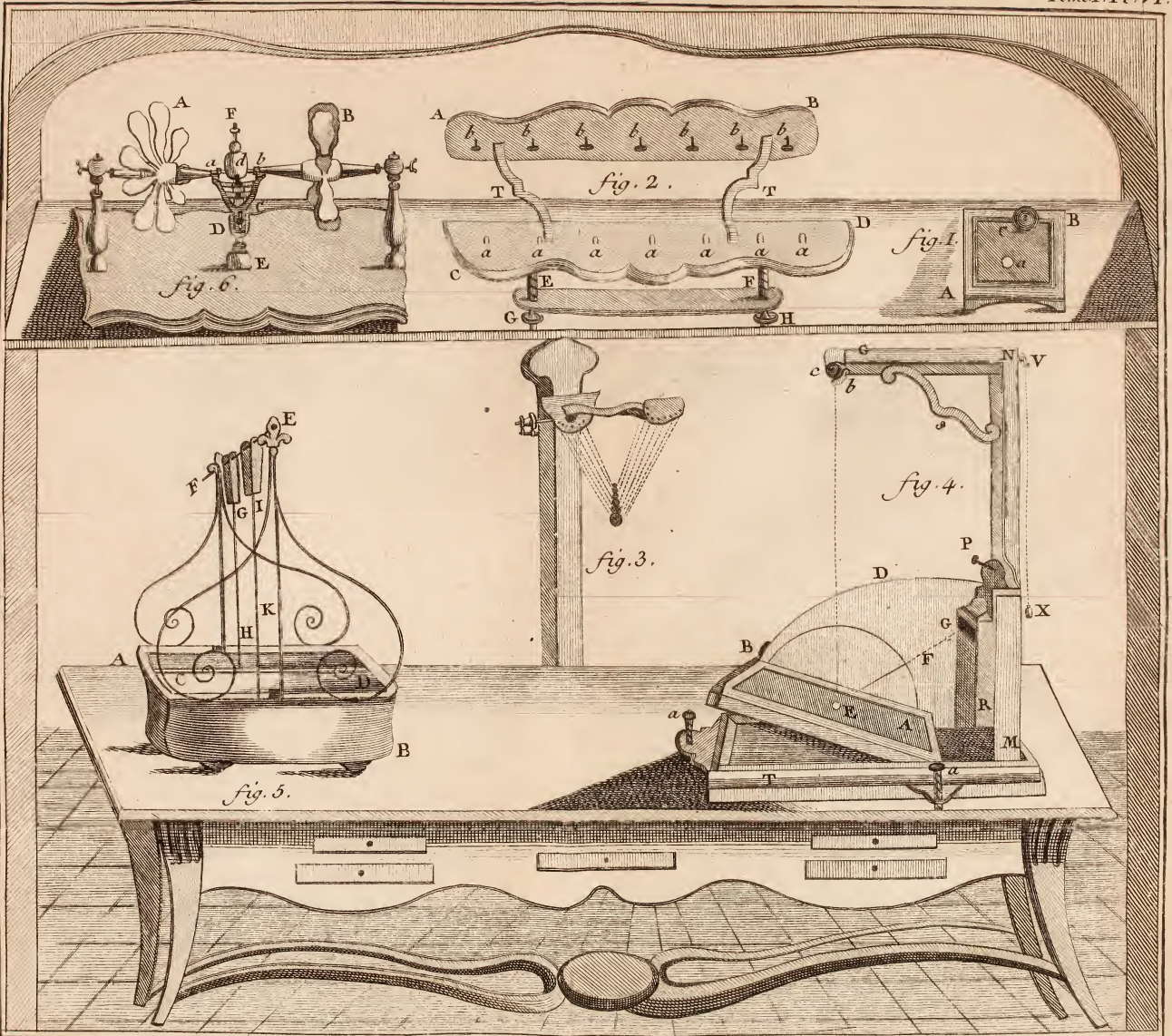




Fig. 2.

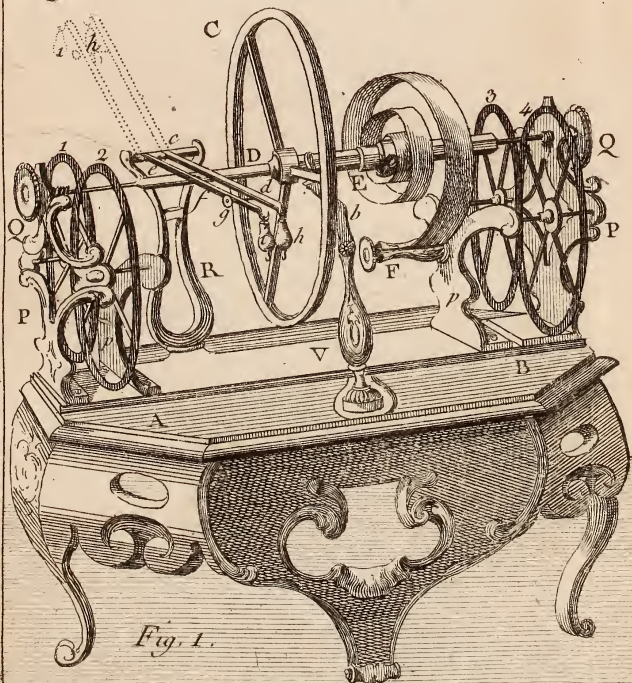
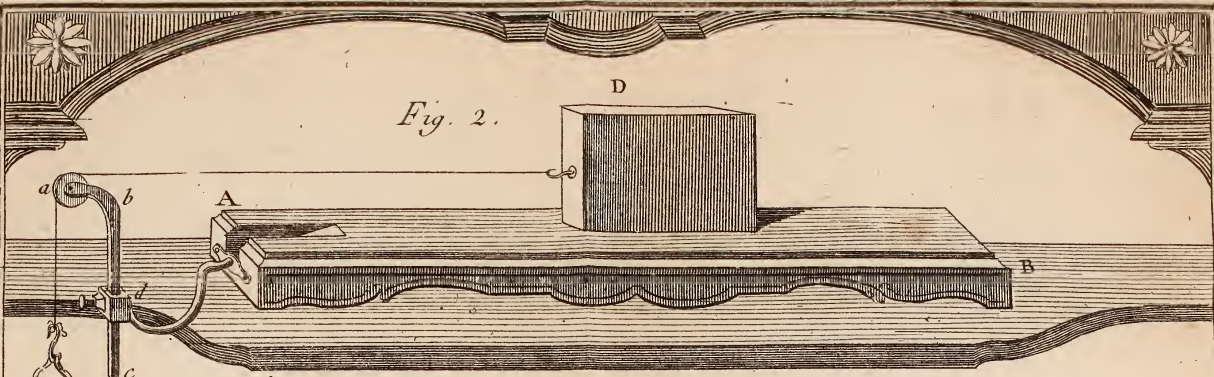
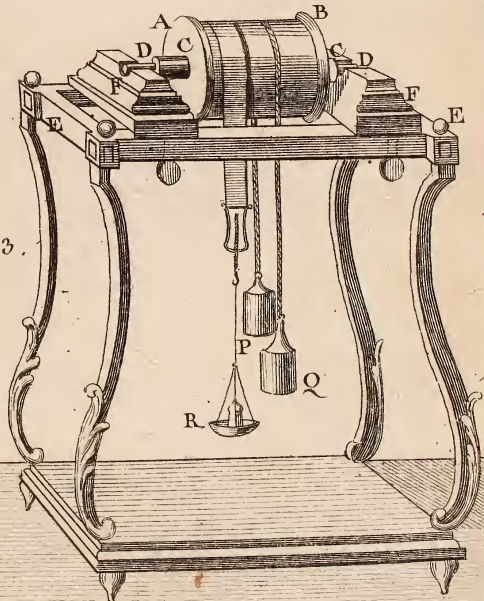
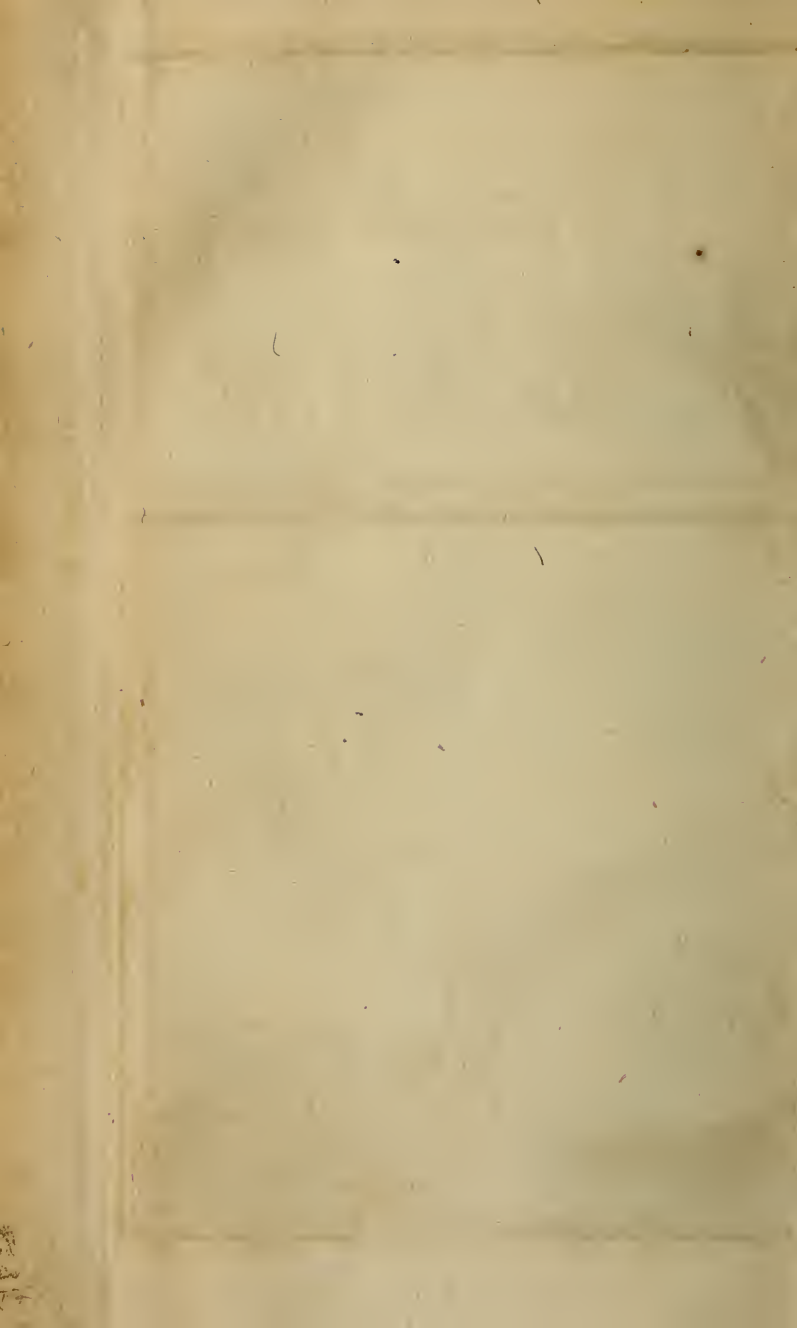


Fig. 1.

Fig. 3.





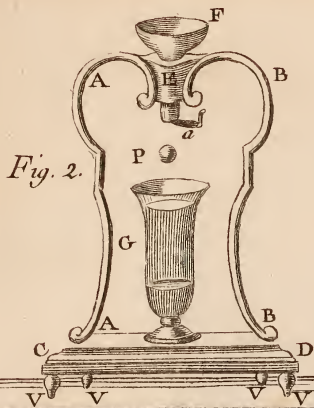


Fig. 2.

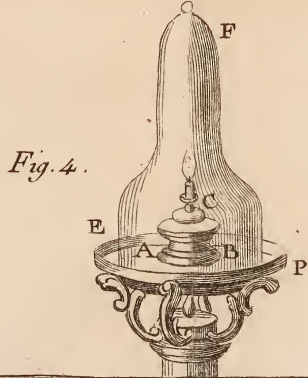


Fig. 4.

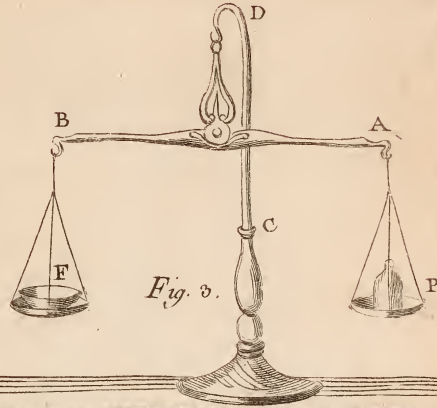


Fig. 3.



Fig. 5.

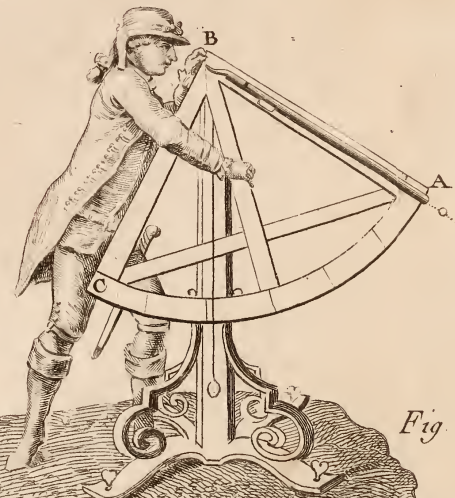
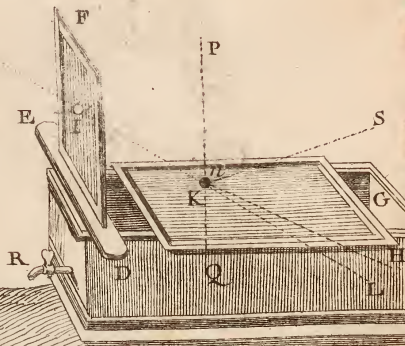


Fig. 1.



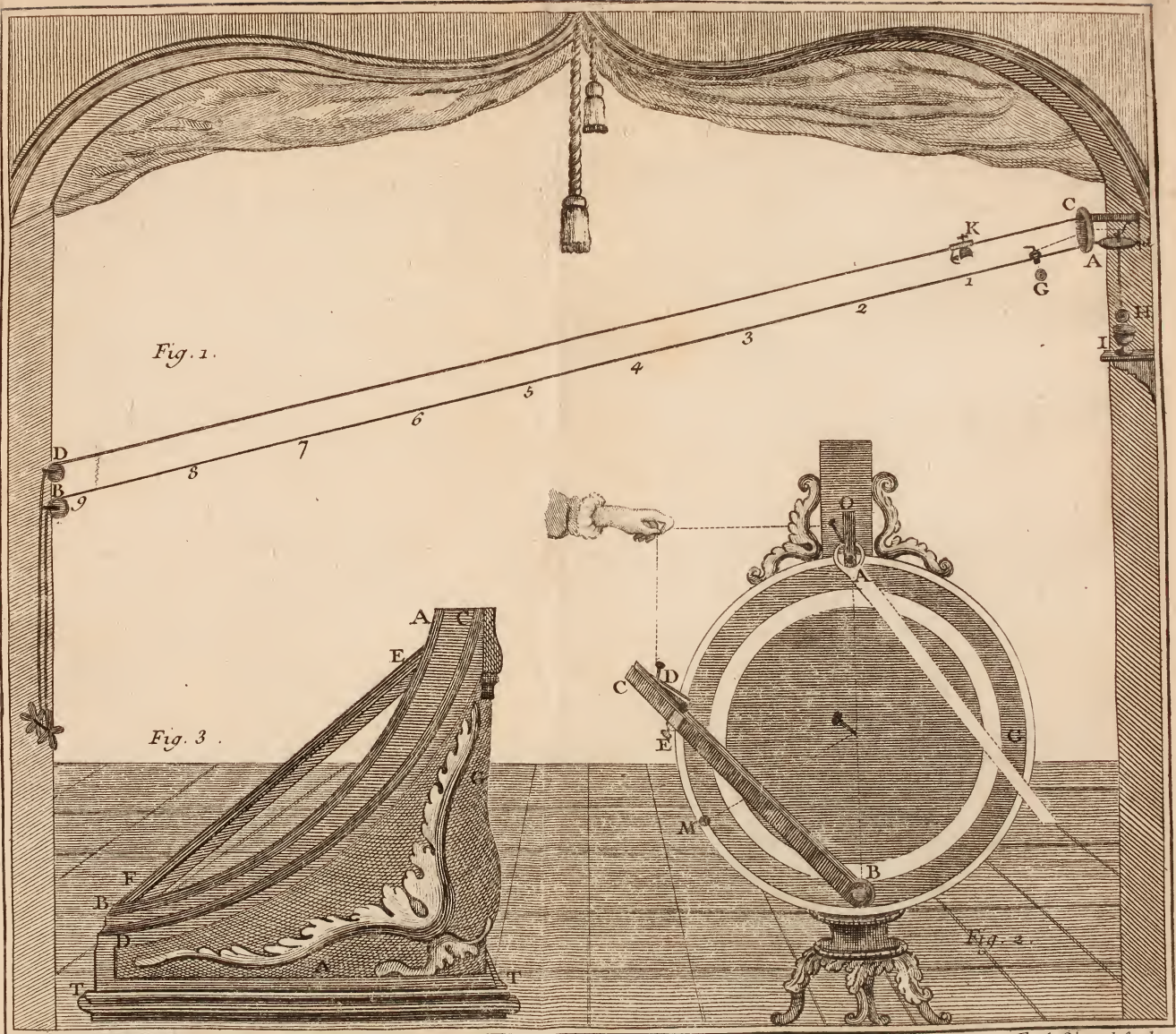
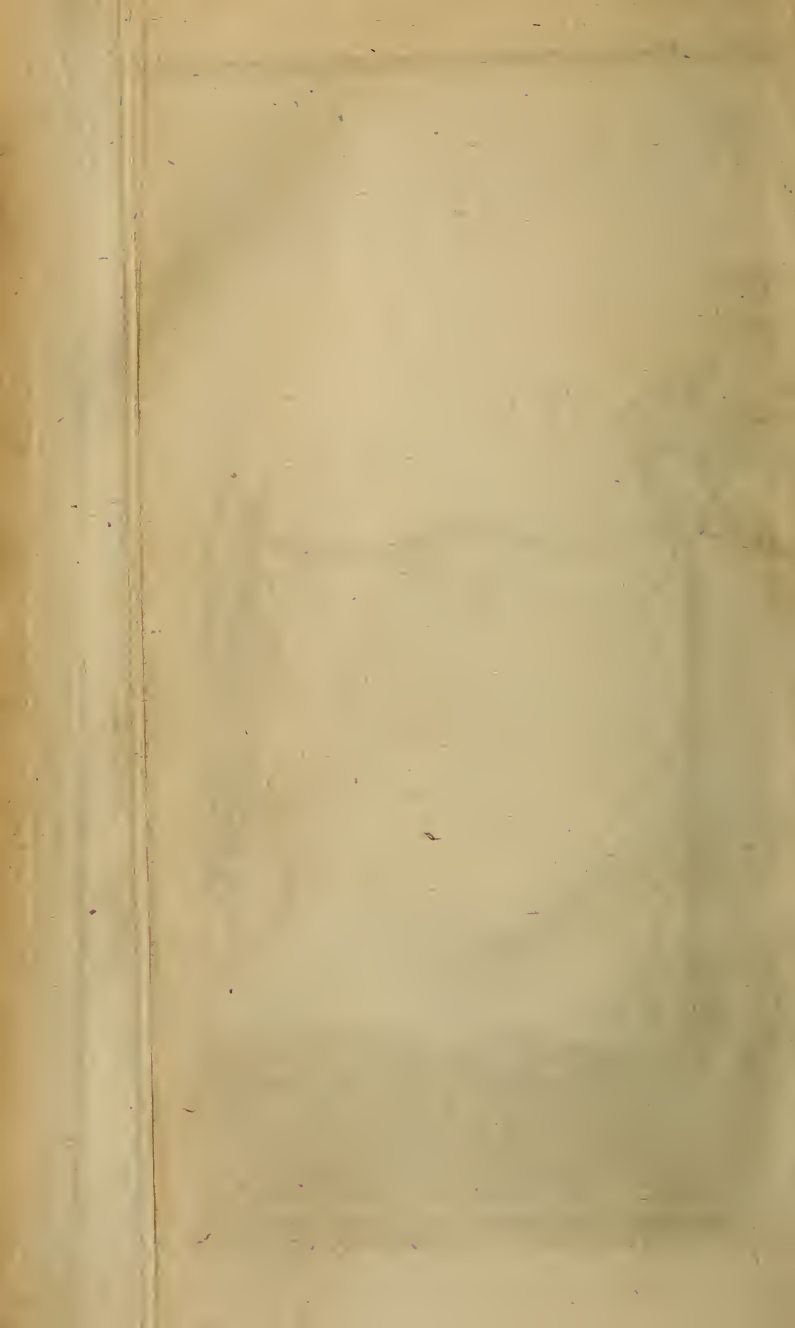


Fig. 1.

Fig. 3.

Fig. 2.



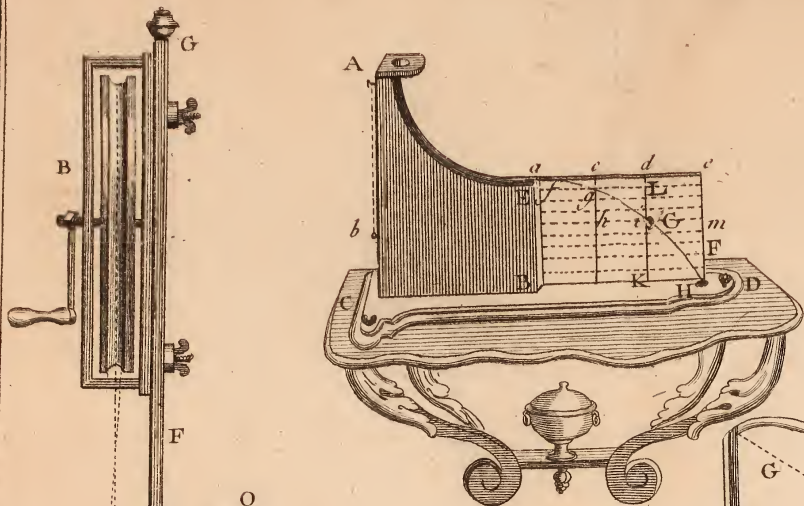


Fig. 1.

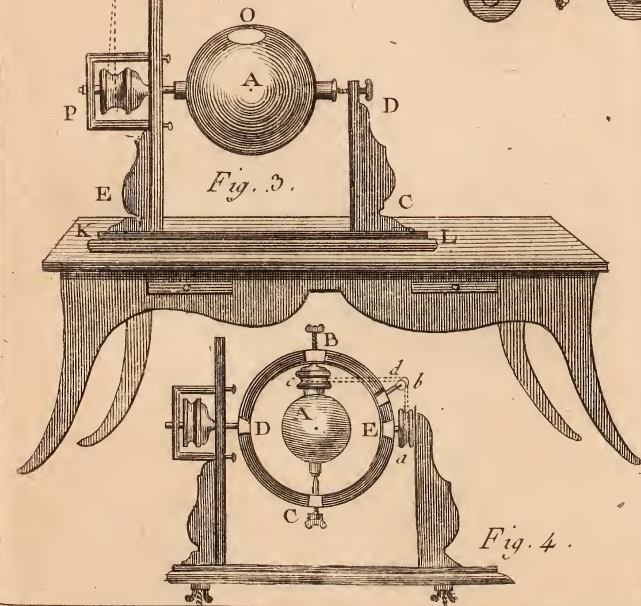


Fig. 3.

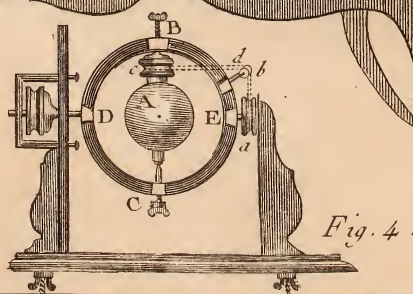


Fig. 4.

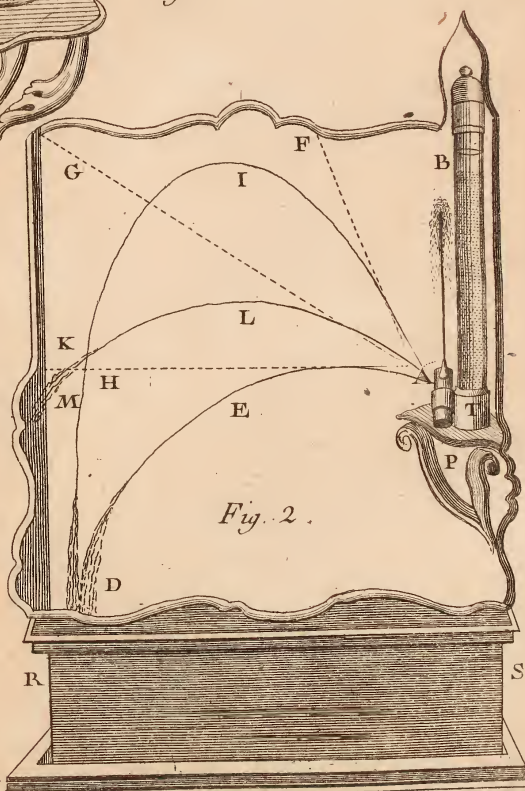
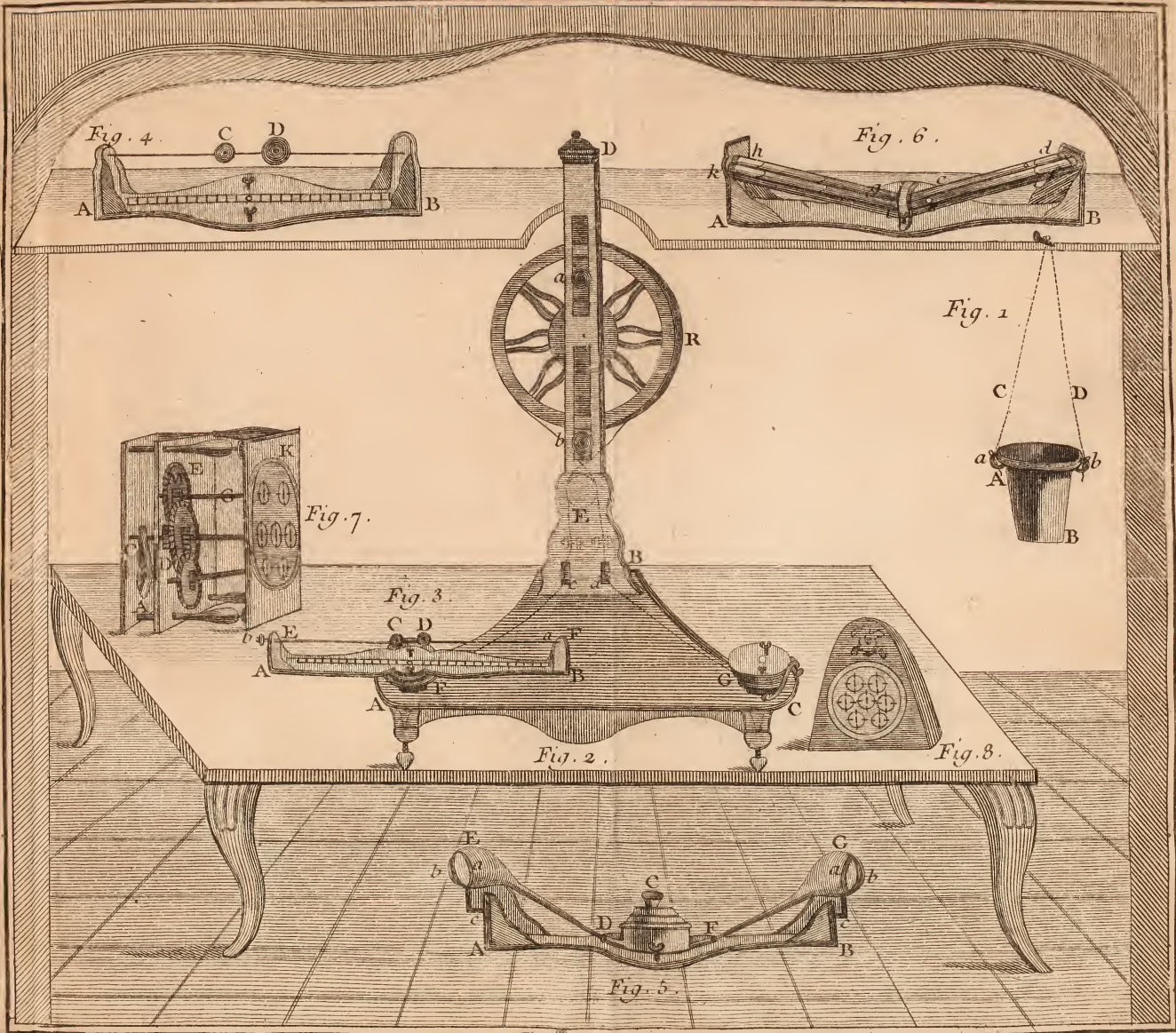


Fig. 2.







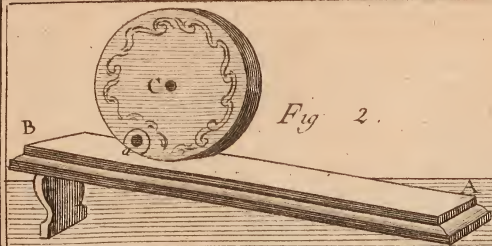


Fig. 2.



Fig. 4.

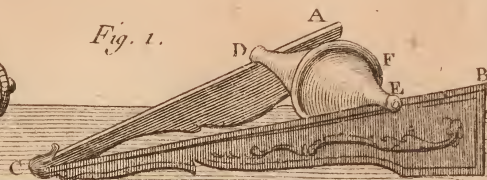


Fig. 1.

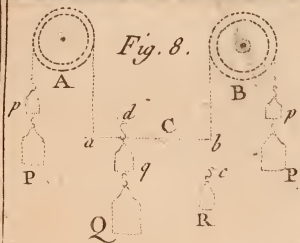


Fig. 8.



Fig. 5.

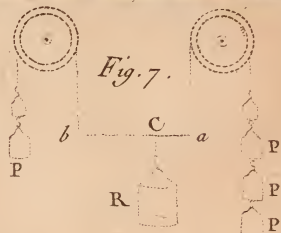


Fig. 7.

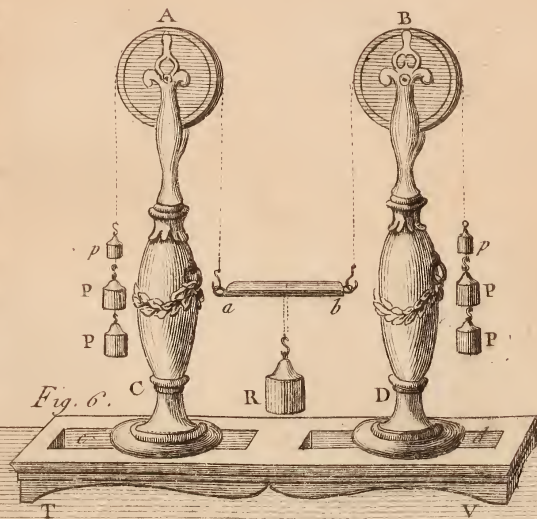


Fig. 6.

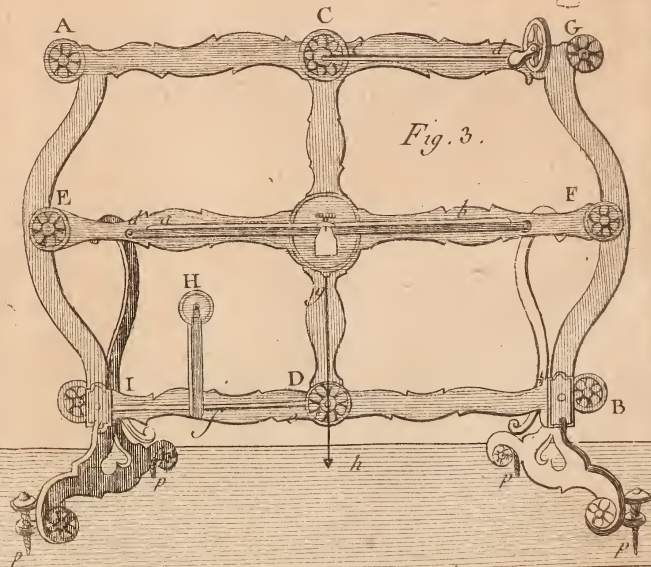


Fig. 3.



Fig. 3.

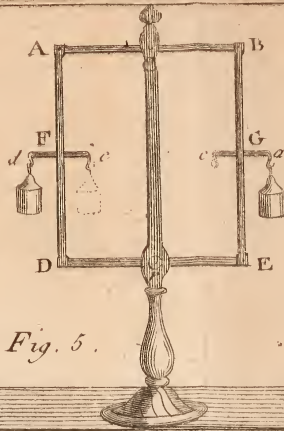


Fig. 5.

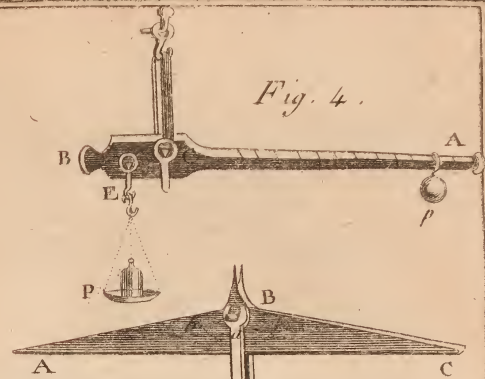


Fig. 4.

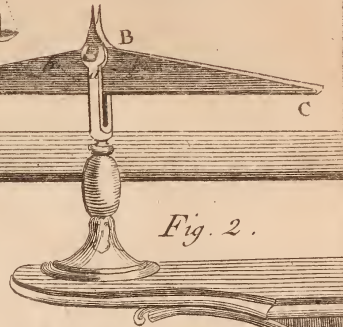


Fig. 2.

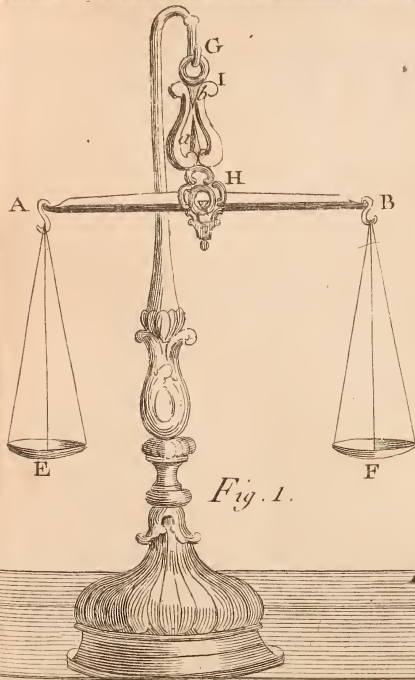


Fig. 1.

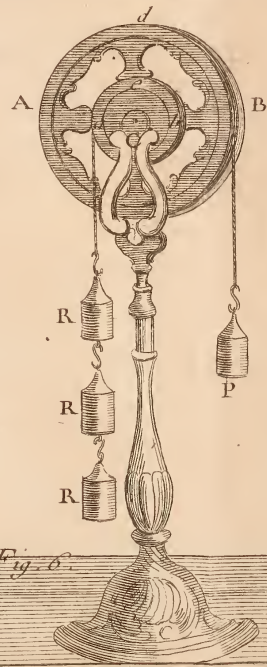


Fig. 6.

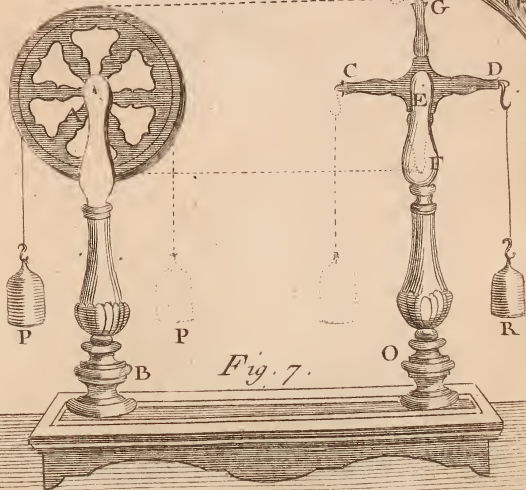


Fig. 7.

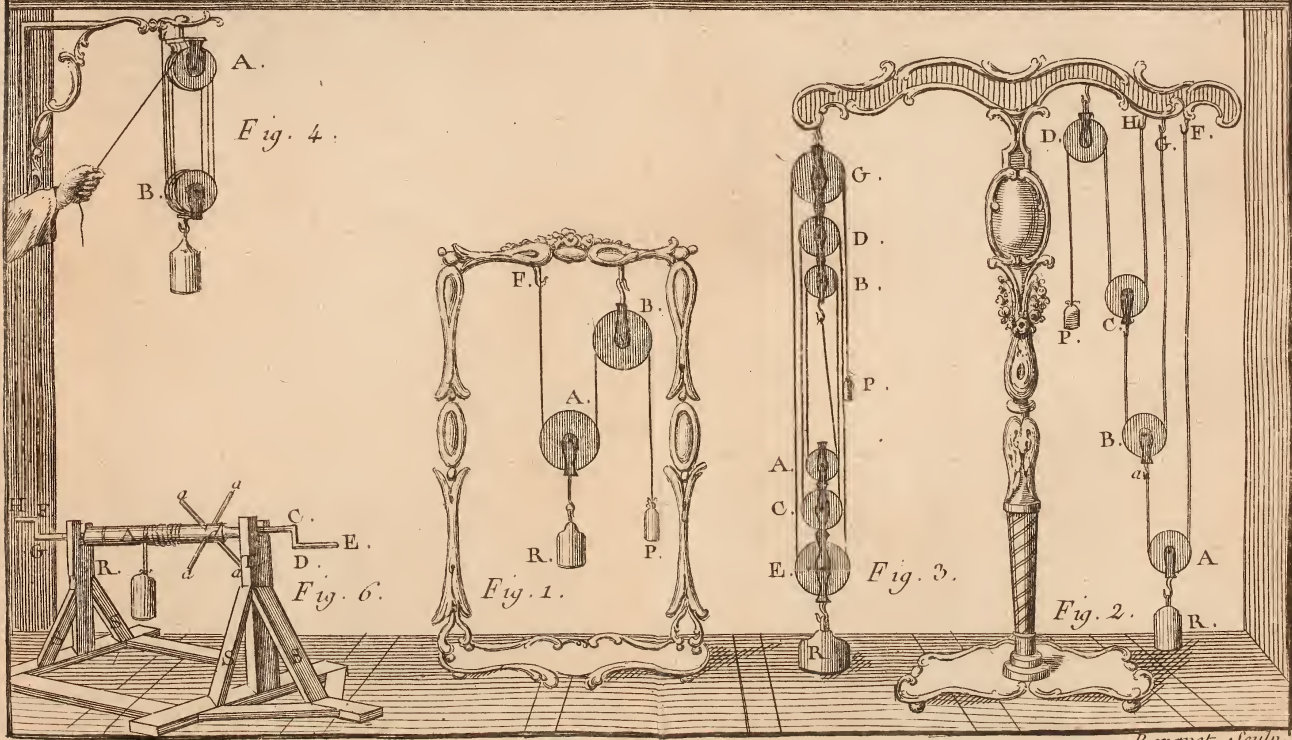
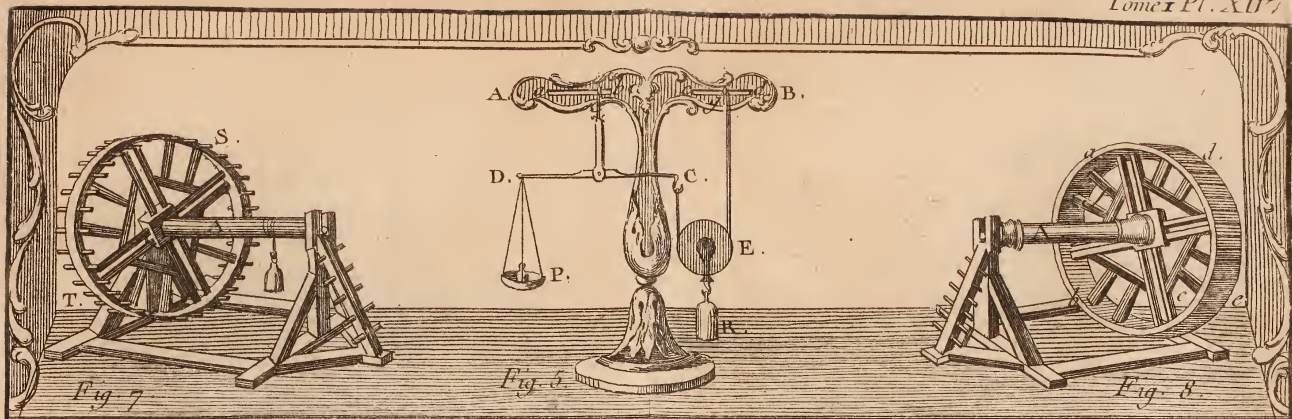


Fig. 1.

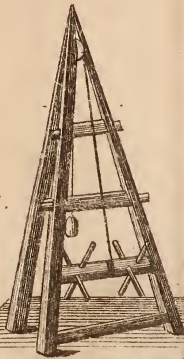


Fig. 5.

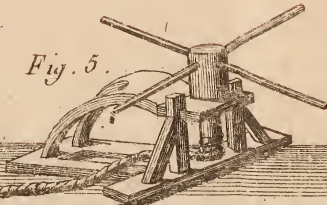


Fig. 4.

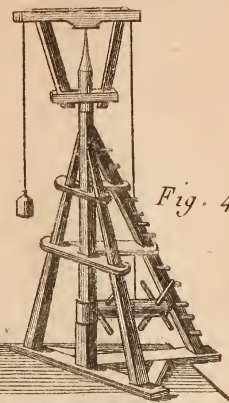


Fig. 3.

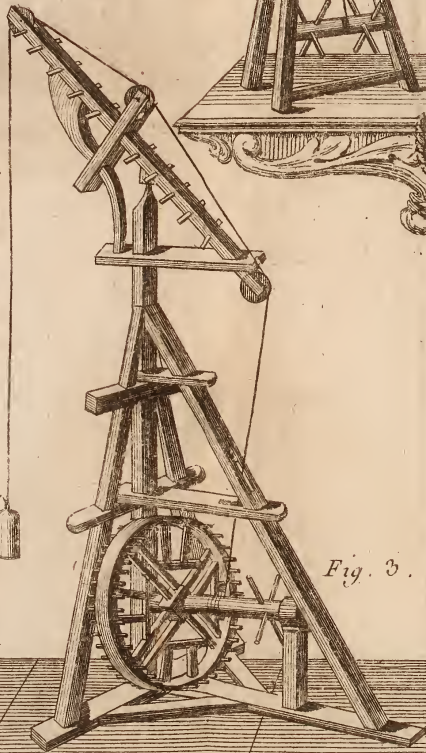
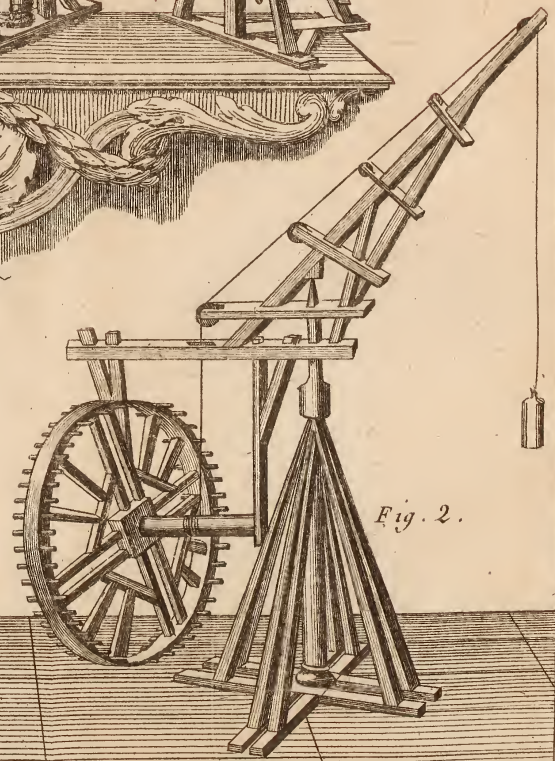
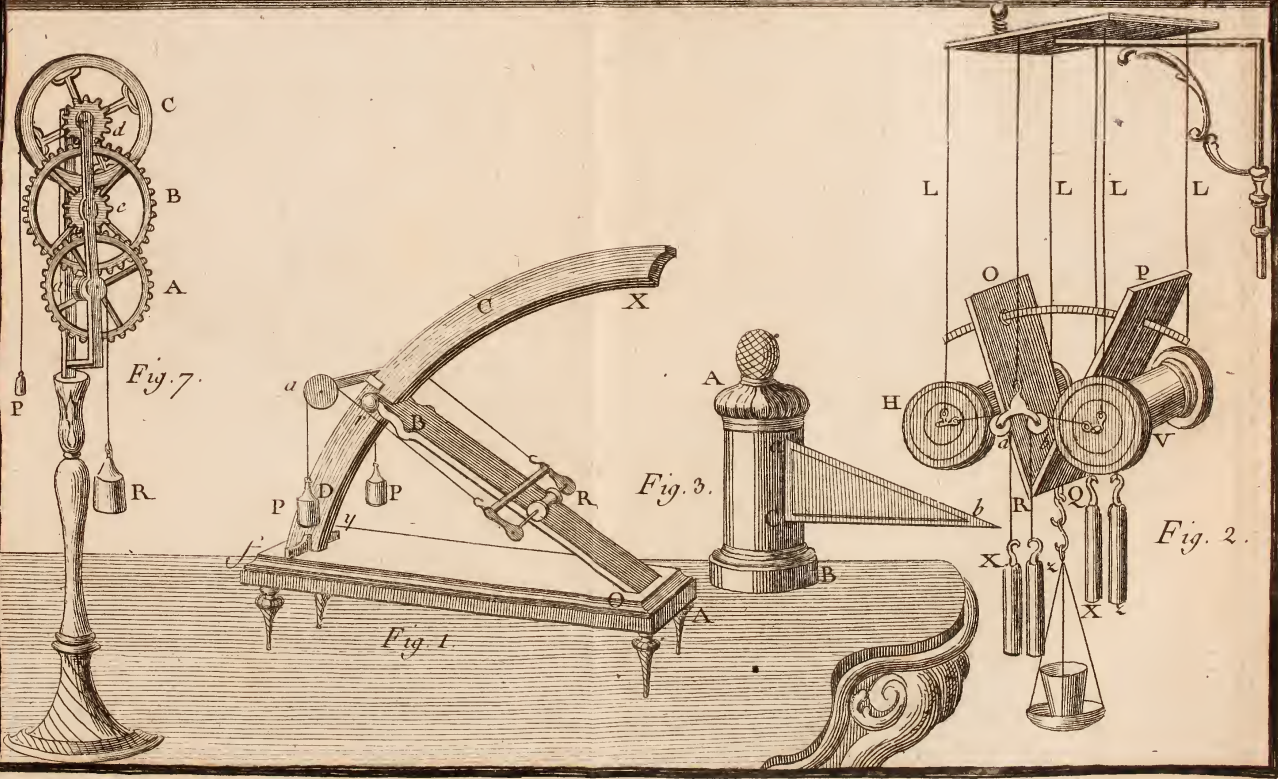
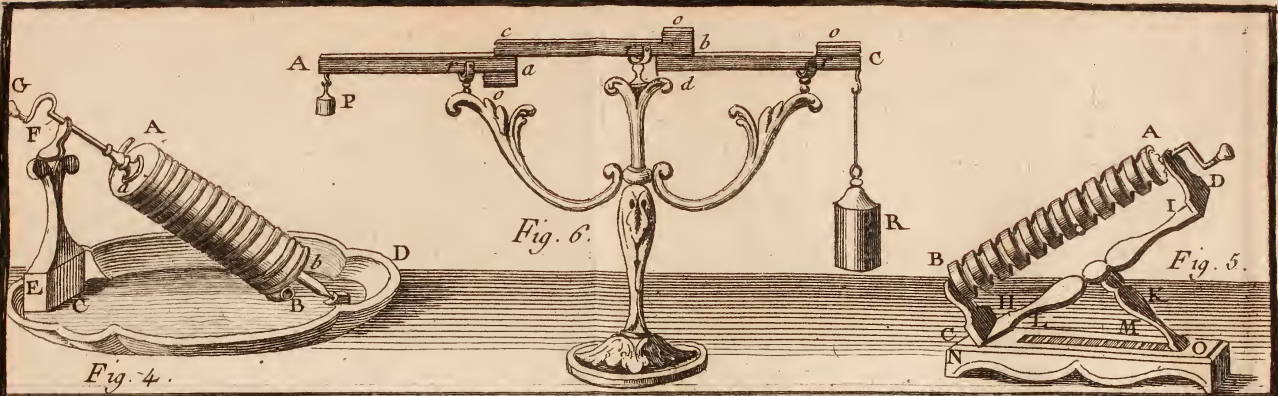


Fig. 2.







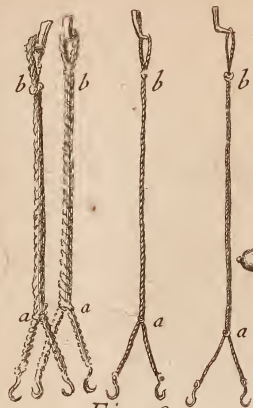


Fig. 6.

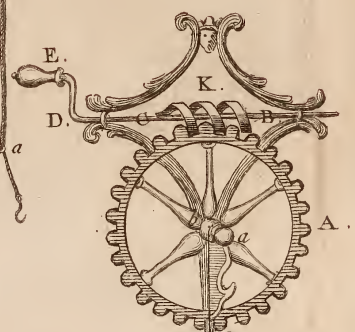


Fig. 2.

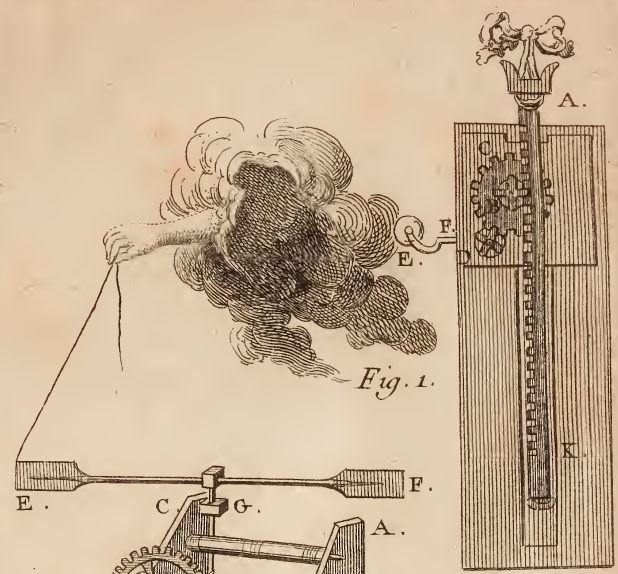


Fig. 1.

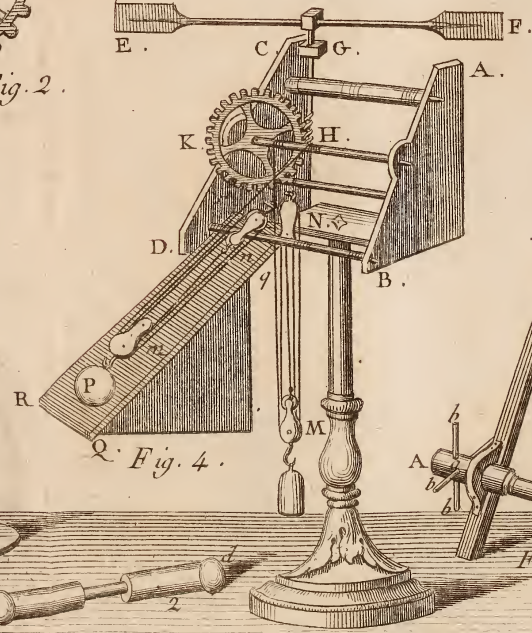


Fig. 4.

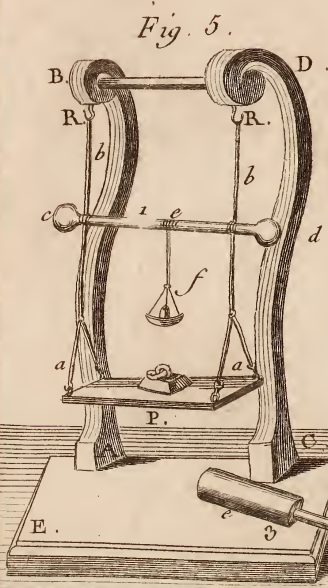


Fig. 5.

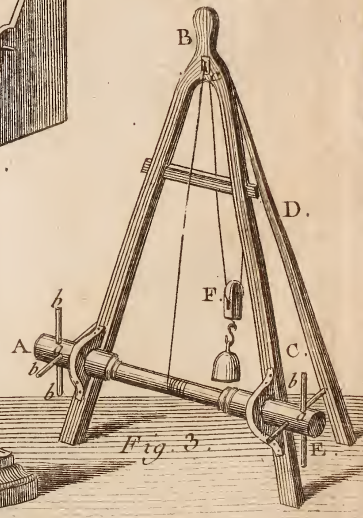
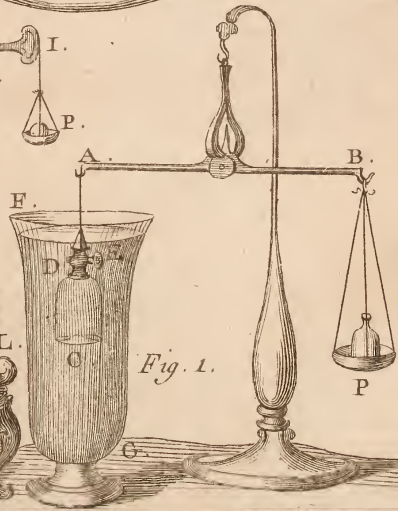
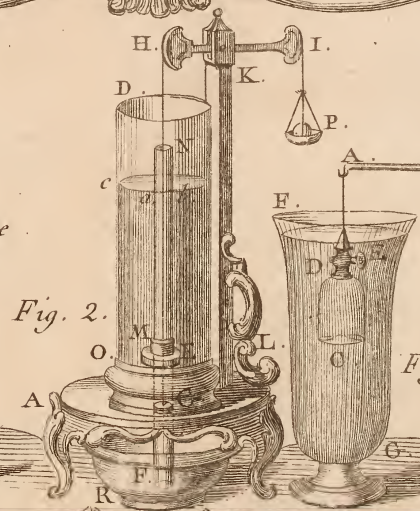
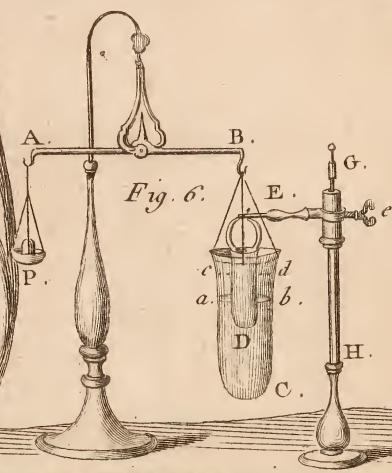
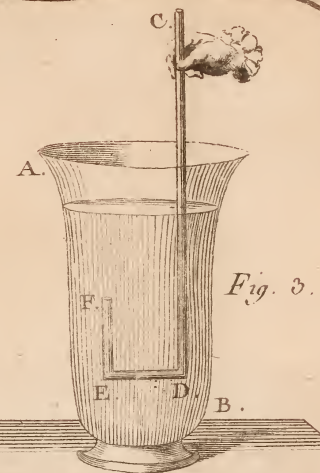
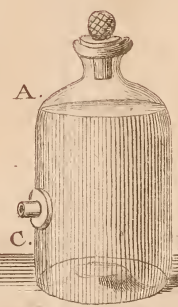
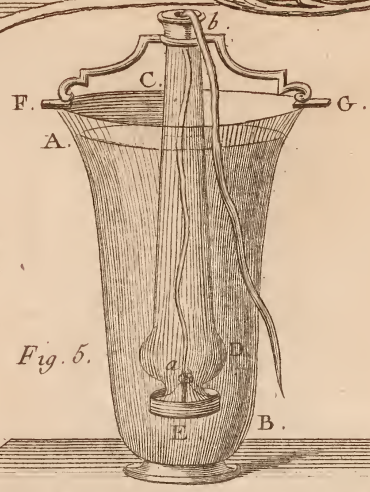


Fig. 3.



Fig. 7.





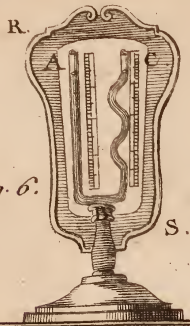


Fig. 6.

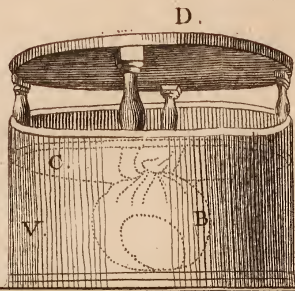


Fig. 3.

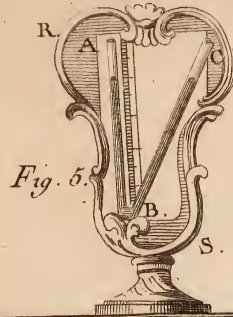


Fig. 5.

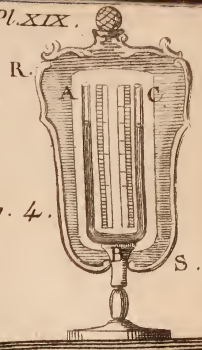


Fig. 4.

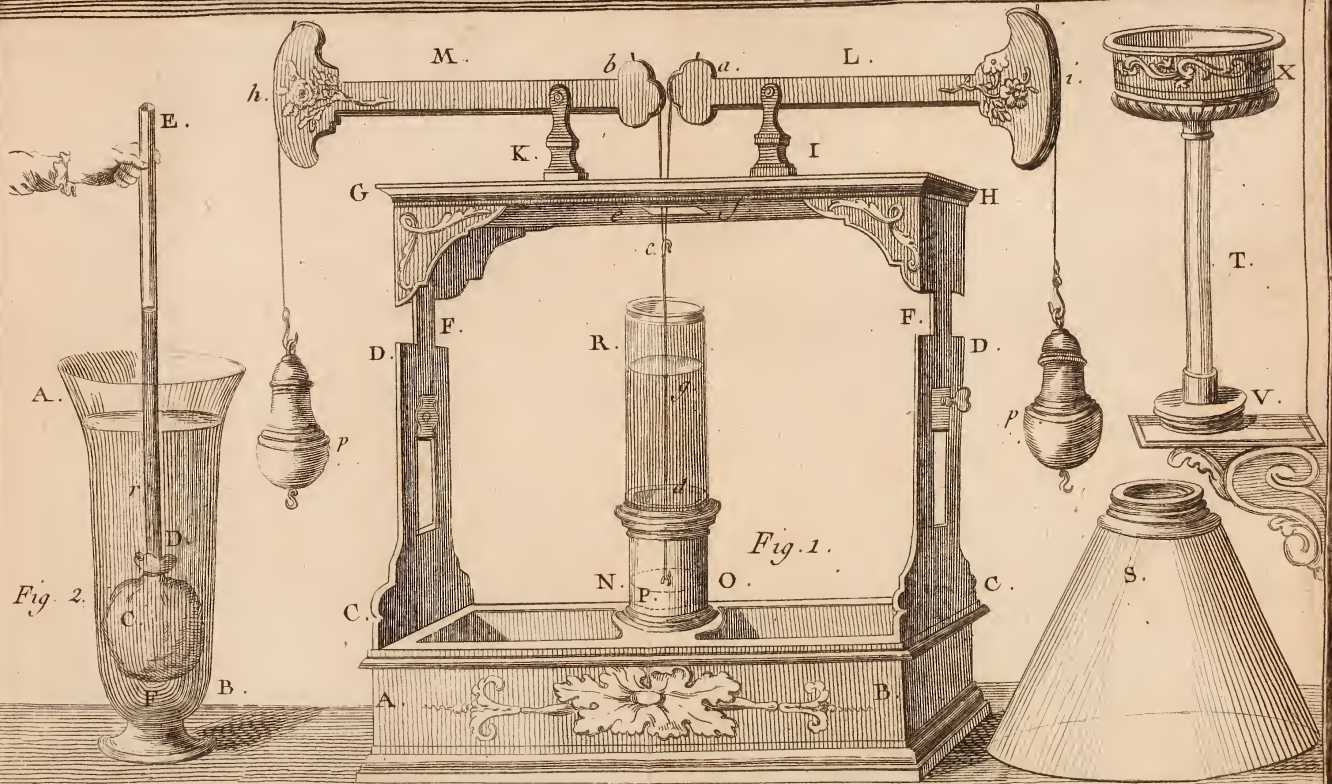
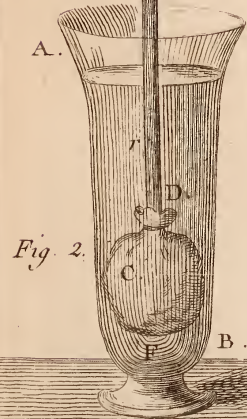


Fig. 1.

Fig. 2.





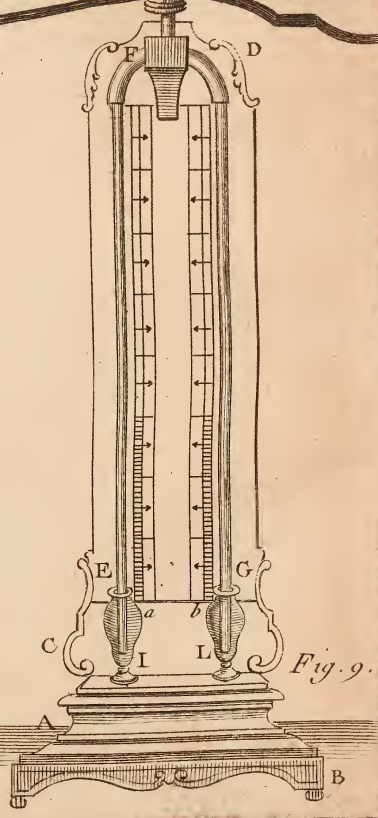
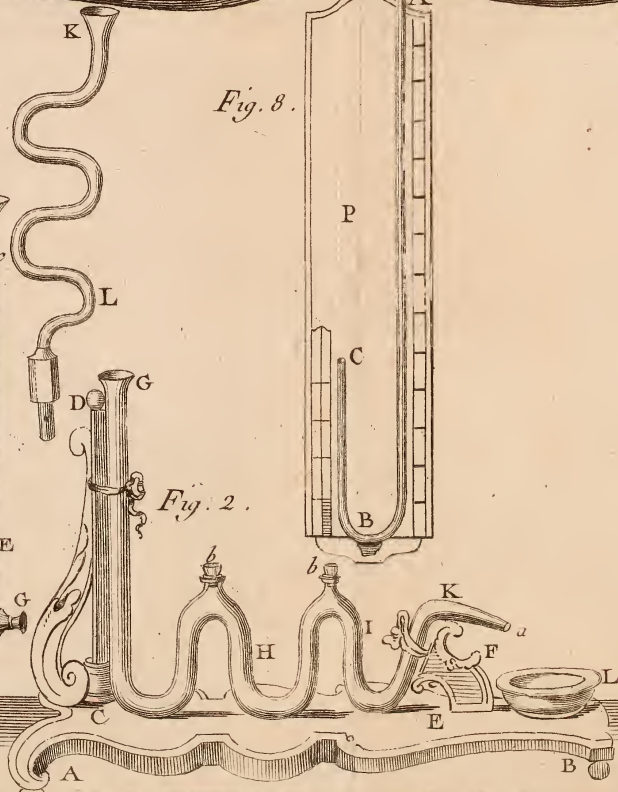
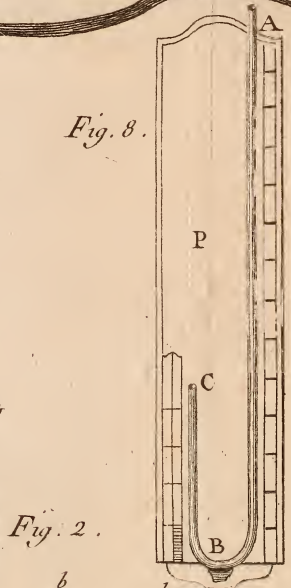
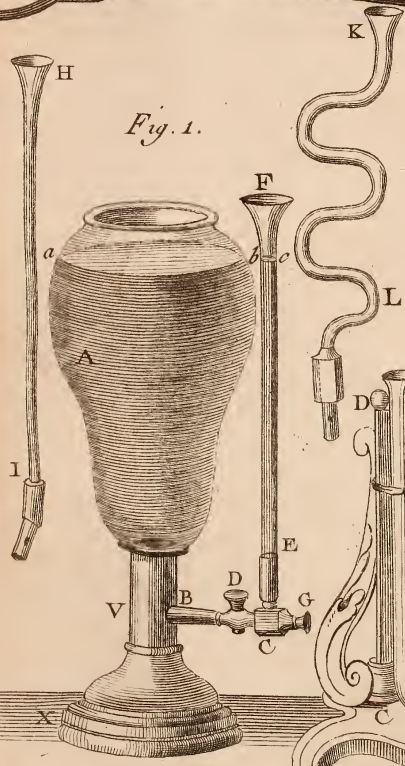
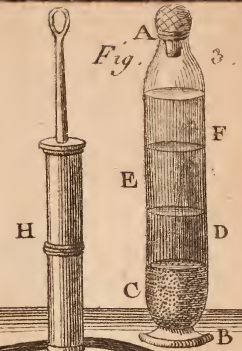
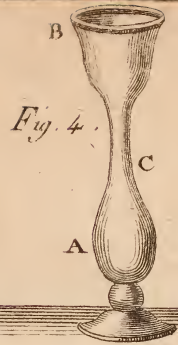
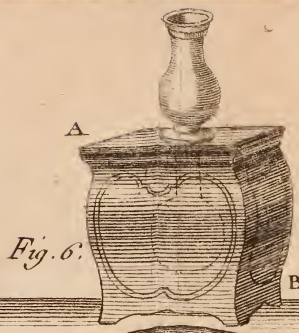
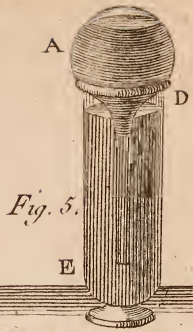
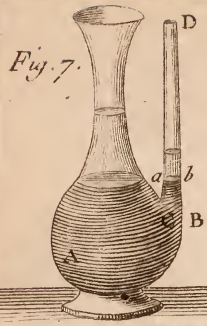




Fig. 7.



Fig. 6.



Fig. 10.



Fig. 4.

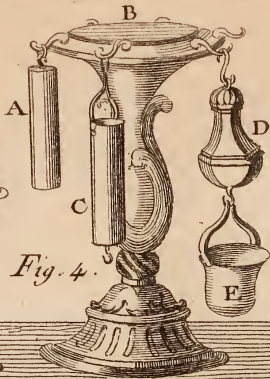


Fig. 5.



Fig. 3.



Fig. 9.

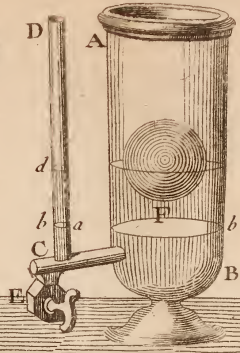


Fig. 8.

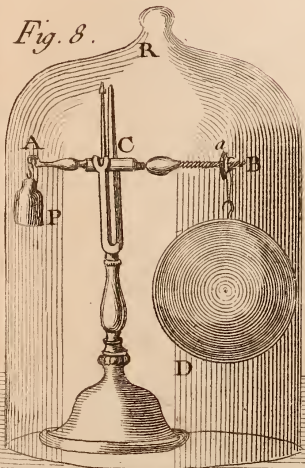


Fig. 2.

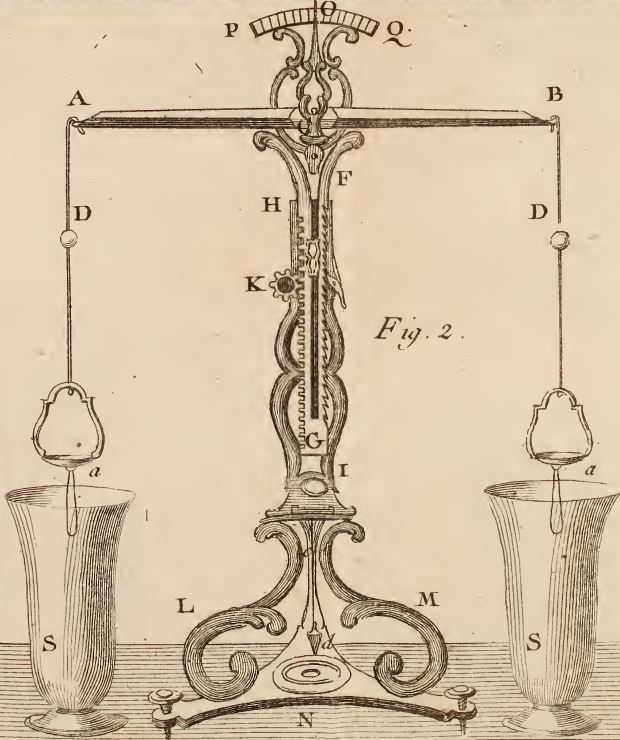
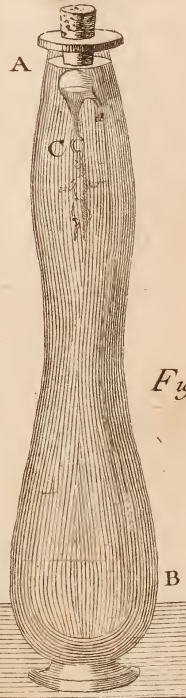
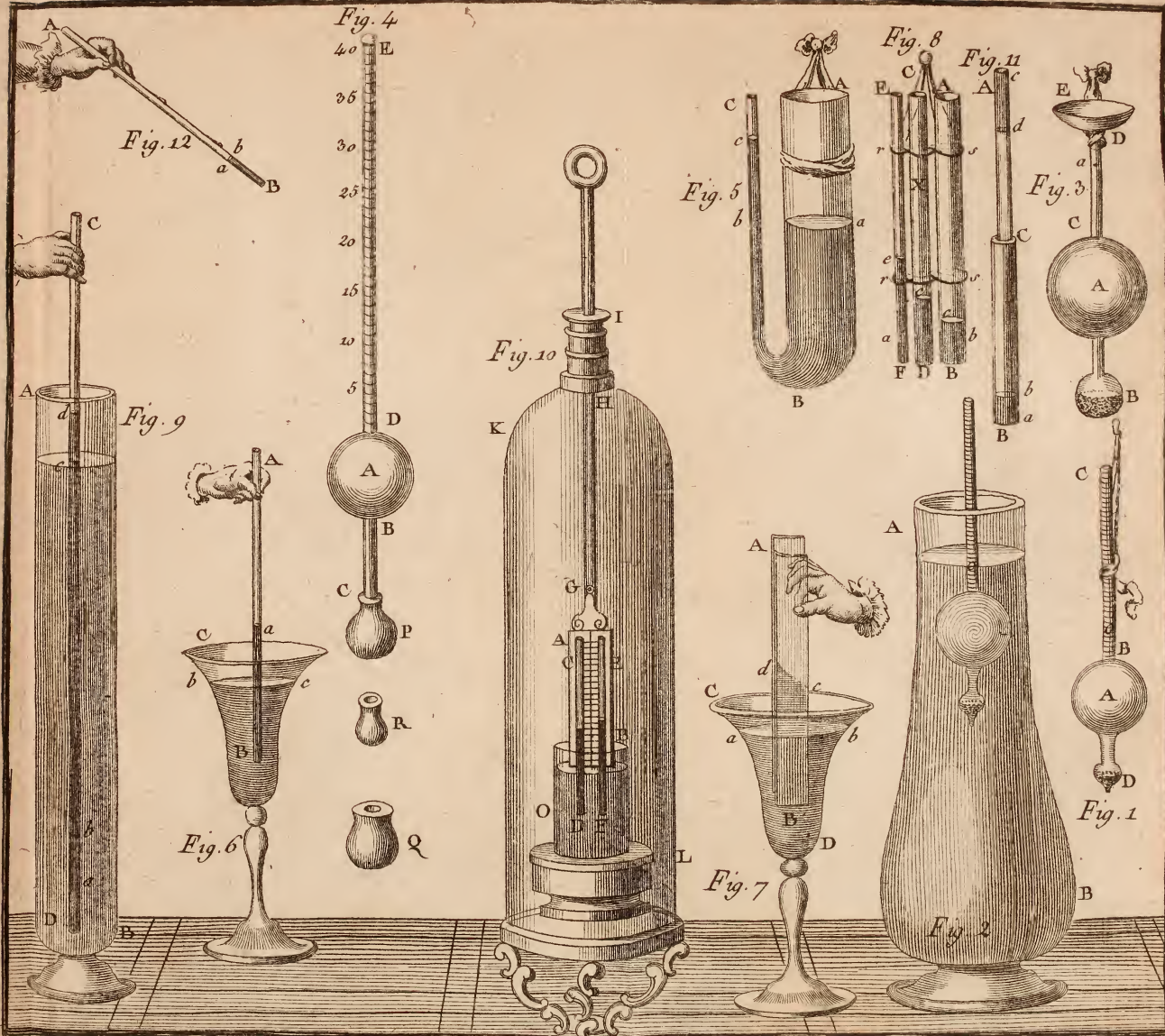


Fig. 1.







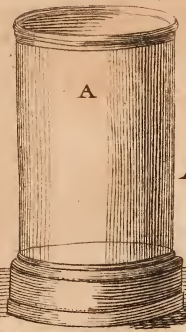


Fig. 8.

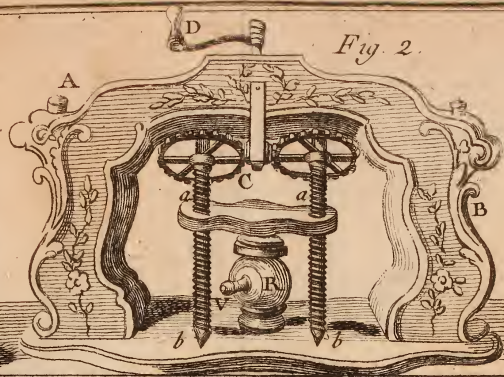


Fig. 2.

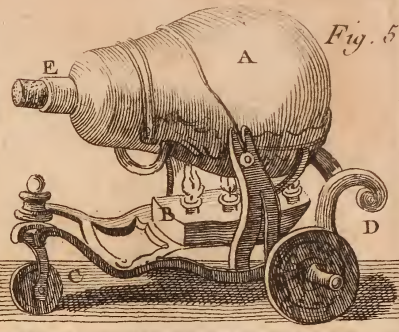


Fig. 5.

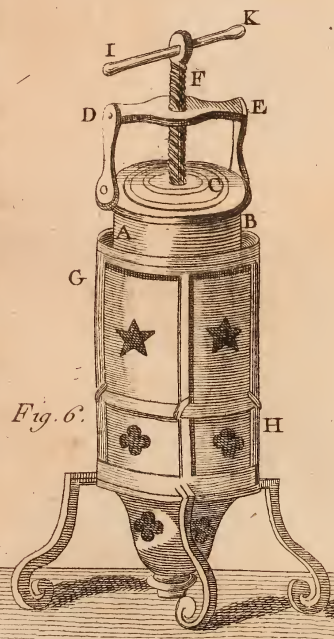


Fig. 6.

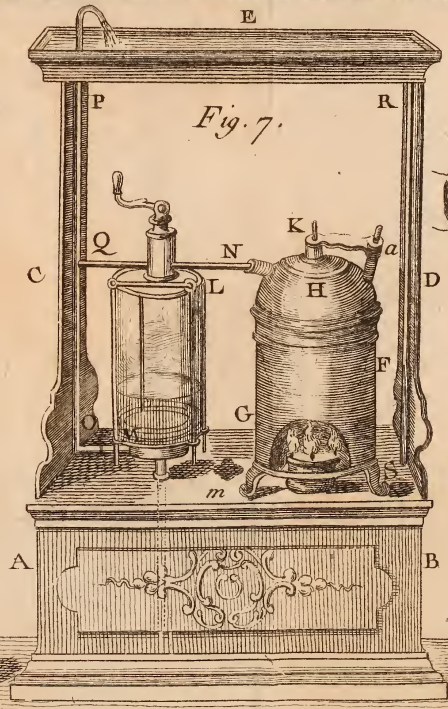


Fig. 7.

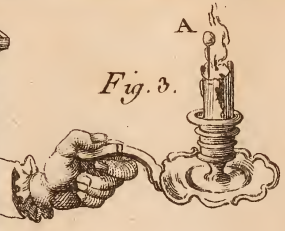


Fig. 8.

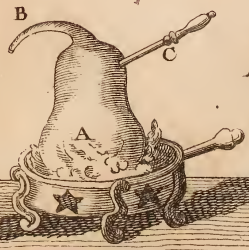


Fig. 4.

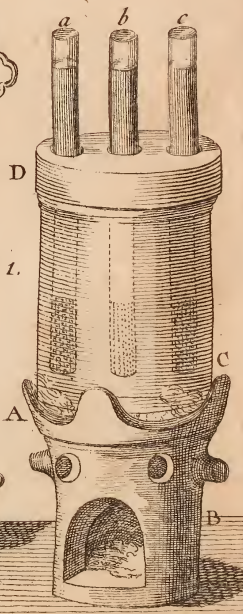


Fig. 1.



(Feb., 1891, 20,000)

BOSTON PUBLIC LIBRARY.

One volume allowed at a time, and obtained only by card, to be kept 14 days (or seven days in the case of fiction and juvenile books published within one year) without fine; not to be renewed; to be reclaimed by messenger after 21 days, who will collect 20 cents besides fine of 2 cents a day, including Sundays and holidays; not to be lent out of the borrower's household, and not to be transferred; to be returned at this Hall.

Borrowers finding this book mutilated or unwarrantably defaced, are expected to report it; and also any undue delay in the delivery of books.

**No claim can be established because of the failure of any notice, to or from the Library, through the mail.

The record below must not be made or altered by borrower.

