

est fixe; donc le travail positif de la puissance est égal, en valeur absolue, au travail négatif de la résistance.

Une *machine composée* est un système dont les divers organes sont des machines simples; telle est la machine à vapeur. — Généralement, le mouvement est périodique; c'est-à-dire que, au bout d'un intervalle de temps appelé période, les différents points de la machine reprennent les mêmes positions relatives et sont animés de la même vitesse. Au commencement et à la fin de la période, la force vive totale reprend la même valeur; la somme algébrique des travaux des forces est nulle, c'est-à-dire que le travail moteur positif et le travail résistant négatif sont égaux en valeur absolue pendant la durée de la période. Dans la première partie de la période, le travail moteur est plus grand que le travail résistant, la force vive de la machine augmente; à la fin de la période, la force vive diminue, le travail résistant est supérieur au travail moteur.

Une machine, simple ou composée, ne crée donc pas de travail; l'avantage d'une machine est essentiellement de permettre de vaincre, avec une force motrice relativement petite, une résistance considérable; mais ce qu'on gagne en force, on le dépense en chemin parcouru.

II. — DIVERS ÉTATS DES CORPS. — DIVERS ÉTATS DE L'ÉNERGIE

25. **Divisibilité des corps.** — **Atomes.** — **Molécules.** — Les corps, en général, peuvent être divisés en parties de plus en plus petites, sans perdre les propriétés qui les caractérisent. — Cependant, bien que l'on puisse diviser la matière en parties d'une petitesse extrême, l'étude des propriétés des corps a conduit à admettre que chacun d'eux est formé d'*atomes* (à négatif, $\tau\epsilon\mu\omega$ couper) c'est-à-dire de particules insécables, disposées par groupes, chaque groupe constituant une *molécule* (diminutif de *moles*, masse).

On doit se représenter ces molécules comme ayant des dimensions tellement petites, qu'elles échapperont toujours à nos regards, même avec le secours des microscopes les plus puissants. Le physicien anglais Williams Thomson a été conduit par le calcul à cette conclusion, que si on pouvait voir une goutte d'eau avec un grossissement tel, qu'elle apparût avec la grosseur de la Terre, ses molécules n'acquerraient encore que des dimensions comparables à celles de grains de sable.

On admet que les molécules ne sont pas en contact les unes avec les autres, mais qu'elles sont séparées par des intervalles appelés *pores*, dont les dimensions sont comparables à celles des molécules elles-mêmes. — Cette hypothèse permet, par exemple, de se rendre compte des propriétés suivantes: 1° tous les corps éprouvent une *diminution de volume* quand on exerce sur eux une *pression* suffisante; 2° tous les corps éprouvent une *variation de volume* quand on fait varier leur *température*. Ces variations de volumes s'expliquent par les variations de grandeur des intervalles qui existent entre leurs molécules.

26. **Corps simples.** — **Corps composés.** — Pour certaines substances, nous savons effectuer la division de deux façons bien distinctes. — Une goutte d'eau, réduite en gouttelettes de plus en plus fines, fournit toujours des parties ayant les propriétés de l'eau. — Au contraire, en soumettant l'eau à l'action d'un courant électrique, on la décompose en deux gaz (l'oxygène et l'hydrogène), dont les propriétés n'ont plus rien de commun avec celles de l'eau. — Ce dernier mode de division est donc essentiellement distinct de la division mécanique. Il est naturel d'admettre que chaque molécule d'eau est formée d'atomes d'hydrogène et d'atomes d'oxygène, qui se séparent sous l'influence de l'électricité.

Parmi les corps connus, il en est qu'on n'a jamais pu décomposer en éléments différents; tels sont l'hydrogène, l'oxygène, le fer, etc...; on les nomme *corps simples*; leurs molécules sont formées d'atomes tous identiques. — L'eau est, au contraire, un *corps composé*.

27. **But de la Physique.** — Que des corps simples s'unissent pour former un corps composé, ou que les éléments d'un corps composé se séparent, la quantité de matière n'est pas modifiée; il n'y a de changé que le mode de groupement des atomes. — La loi de l'*indestructibilité de la matière* a été posée par Lavoisier.

Le but essentiel de la *Chimie* est l'étude des conditions particulières dans lesquelles les atomes de diverses natures s'unissent entre eux ou se séparent les uns des autres.

La *Physique*, au contraire, étudie les phénomènes qui se produisent sans que la constitution intime des corps soit modifiée.

28. **États physiques des corps.** — Les divers états physiques sous lesquels les corps se présentent à nous peuvent se rapporter à trois types: *l'état solide*, *l'état liquide* et *l'état gazeux*.

1° *État solide.* — Nous appellerons *état solide*, celui d'un corps dont *le volume et la forme demeurent constants*, quelque grandes que fussent les forces qui lui seraient appliquées.

Les corps qu'on appelle vulgairement *corps solides*, et sur lesquels peuvent porter nos expériences, ne sont jamais rigoureusement conformes à cette définition; quand on soumet un corps solide à des actions mécaniques, comme des pressions ou des tractions énergiques, il éprouve en général une déformation plus ou moins sensible. Mais, dès que ces actions cessent de s'exercer, il revient à sa forme primitive, pourvu que la déformation n'ait pas été trop grande. — On appelle *élasticité*, la propriété en vertu de laquelle les corps, momentanément déformés par des actions extérieures, tendent à reprendre leur forme primitive dès que ces actions sont supprimées (*).

(*) L'acier trempé possède une grande élasticité: nous voyons chaque jour des ressorts d'acier se courber sous l'action des pressions qu'ils éprouvent, et reprendre leur forme quand ces pressions cessent. — Le plomb, au contraire, est à peu près dénué

2° *État liquide.* — Nous appellerons *état liquide*, celui d'un corps dont le volume demeurerait constant, quelles que fussent les forces qui lui seraient appliquées, mais dont la forme dépendrait essentiellement de celle des parois solides avec lesquelles il serait en contact.

Des expériences précises prouvent que les liquides sur lesquels nous pouvons opérer éprouvent des variations de volume, très petites d'ailleurs et toujours temporaires, quand on les soumet à des pressions considérables. Sous le rapport de l'invariabilité du volume, ils ne satisfont donc pas rigoureusement à la définition précédente. — Mais ils ont une forme essentiellement variable, comme l'indique la définition. Leurs parties présentent, les unes par rapport aux autres, une mobilité telle, qu'il suffit de faire passer une masse d'eau ou de mercure d'un vase dans un autre, pour la voir prendre la forme du second vase, sous la seule action de son poids (*).

3° *État gazeux.* — On appelle *corps gazeux*, des corps qui ont, comme les liquides, la propriété d'avoir une forme essentiellement variable, mais qui se distinguent des liquides en ce qu'ils tendent toujours à occuper le plus grand volume possible. — En d'autres termes, quand une masse de gaz est introduite dans une enveloppe quelconque, elle se répand dans tout l'espace qui lui est offert, et continue encore à exercer sur les parois une pression tendant à les écarter. Cette pression est ce qu'on nomme la *force élastique* ou la *tension* du gaz.

Pour mettre en évidence la force élastique des gaz, prenons une vessie presque dégonflée, c'est-à-dire contenant très peu d'air, et ficelons-en solidement l'ouverture. Il semble que l'air enfermé dans la vessie n'exerce aucune pression sur ses parois; mais si l'on place la vessie sous une cloche reposant sur le plateau de la machine pneumatique (fig. 15), et qu'on enlève progressivement l'air de la cloche,

d'élasticité : pour peu qu'un morceau de plomb ait été déformé par une pression ou une traction exercée en certaines de ses parties, la déformation persiste après que les actions extérieures cessent de s'exercer.

(*) La mobilité des molécules, qui caractérise l'état liquide, n'appartient cependant pas non plus, au même degré, aux divers liquides que nous pouvons soumettre à l'expérience. — Si l'on prend des flacons partiellement remplis d'eau ou d'éther, qu'on les agite et qu'on les abandonne ensuite au repos, on voit disparaître presque instantanément l'écume qui avait été produite par l'interposition de bulles d'air dans la masse : l'écume persiste plus longtemps avec l'huile, l'eau de savon, à cause de la résistance qu'éprouvent les molécules pour reprendre les positions que tend à leur donner la pesanteur. Cette résistance au mouvement, qu'on désigne sous le nom de *viscosité*, se manifeste dans tous les liquides, à un degré plus ou moins marqué.

Nous voyons aussi se manifester une sorte de transition, entre les corps qui se rapprochent de l'état liquide idéal et ceux qui sont voisins de l'état solide parfait : les corps *mous*, comme le potassium, le sodium, le phosphore, ne peuvent être classés ni parmi les solides, ni parmi les liquides; les forces qui tendent à les déformer produisent sur eux des effets comparables à ceux qu'elles produiraient sur des corps solides ou sur des corps liquides, selon que ces forces ont une intensité plus ou moins grande.

on voit la vessie se distendre, jusqu'à remplir presque entièrement la cloche (fig. 16). Donc, si elle ne se distendait pas d'abord, c'est que la

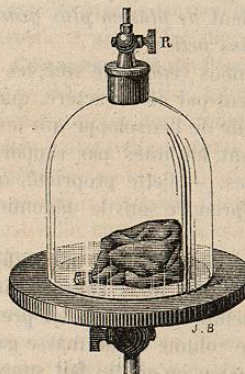


Fig. 15.

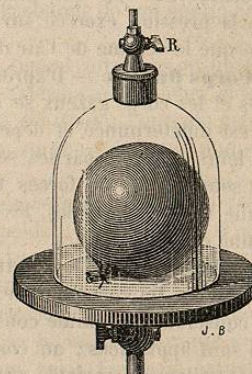


Fig. 16.

force élastique de l'air qu'elle contient était équilibrée par la pression de l'air environnant. — D'ailleurs, si l'on ouvre le robinet R de la cloche, de manière à laisser rentrer l'air autour de la vessie, on la voit s'affaisser de nouveau.

Cette expérience montre donc, non seulement que l'air possède une *force élastique*, mais aussi qu'il est *compressible*, c'est-à-dire que son volume diminue, quand la pression qui s'exerce sur lui vient à augmenter. — C'est ce que nous allons constater également dans l'expérience suivante.

29. **Expérience du briquet à air.** — La force élastique d'un gaz augmente quand on diminue son volume. — Le

briquet à air se compose d'un tube de verre épais (fig. 17), fermé à l'une de ses extrémités, et dans lequel on introduit un piston garni de cuir et bien graissé. On enferme ainsi, dans le tube, une certaine quantité d'air. — En appuyant, avec la main, sur la tige du piston, on arrive à le faire pénétrer dans le tube jusqu'à une certaine profondeur, ce qui prouve que l'air est *compressible*. — Mais, en enfonçant ainsi progressivement le piston, on éprouve une résistance de plus en

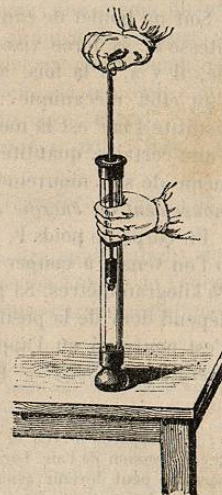


Fig. 17. — Briquet à air.

plus grande; cette résistance finit même par devenir assez considérable pour qu'il soit difficile de pousser le piston plus loin. Donc, la *force élastique* de l'air qui, pour chaque position du piston, fait équilibre à la pression exercée sur lui, devient *de plus en plus grande*, à mesure que le volume de l'air devient *plus petit* (*).

50. **Corps fluides.** — D'après ce que nous venons de voir, les corps liquides et les corps gazeux se ressemblent par ce caractère, que leur forme est indéterminée et dépend de celle de l'enveloppe qui les contient, leurs diverses parties se déplaçant les unes par rapport aux autres sous l'action de forces très petites. — Cette propriété, qui les distingue des corps solides, les fait comprendre sous la dénomination commune de corps *fluides*.

Mais, d'autre part, il y a, entre les liquides et les gaz, une différence fondamentale. Un corps liquide, défini comme nous l'avons fait plus haut, conserve un volume constant, quelles que soient les pressions qui lui sont appliquées; au contraire, le volume d'une masse gazeuse est essentiellement variable avec la pression qu'on lui fait supporter. — Aussi désigne-t-on souvent les liquides sous le nom de *fluides incompressibles*, et les gaz sous le nom de *fluides élastiques* (**).

51. **De l'énergie.** — On appelle *énergie* d'un corps, la faculté que possède ce corps de produire du travail. — Un corps peut posséder de l'énergie de deux manières différentes :

Soit un boulet de canon de masse m , lancé horizontalement avec une vitesse v : sa force vive est $\frac{1}{2}mv^2$. Quand le boulet rencontre un obstacle, il y a, à la fois, anéantissement de la force vive, et production d'un effet mécanique : d'après le principe des forces vives (25), la quantité $\frac{1}{2}mv^2$ est la mesure du travail effectué. C'est donc la mesure d'une certaine quantité d'énergie, que possédait le boulet par le fait même de son mouvement. Pour cette raison, on l'appelle *énergie de mouvement* ou *énergie actuelle*.

Un corps de poids P , suspendu par un fil à une hauteur h , pourrait, si l'on venait à couper le fil, produire en tombant un travail égal à Ph kilogrammètres. Sa puissance de travail, autrement dit son énergie, dépend donc de la position qu'il occupe par rapport au niveau du sol; c'est pourquoi on l'appelle *énergie de position*; on la nomme encore *énergie potentielle*. — De même, un ressort tendu possède plus d'éner-

(*) Cet appareil a reçu le nom de *briquet à air*, à cause de la chaleur que dégage la compression de l'air. Lorsqu'on enfonce brusquement la tige, l'élévation de température peut devenir assez grande pour allumer un morceau d'amadou fixé à la partie inférieure du piston.

(**) Ainsi qu'on l'a fait remarquer plus haut, les liquides sur lesquels portent nos expériences éprouvent de petites diminutions de volume quand on exerce sur eux des pressions considérables. Ce ne sont donc pas des fluides rigoureusement incompressibles, mais leurs variations de volume sont toujours très petites.

gie que s'il était détendu, puisqu'il peut, en se détendant, produire du travail; cette énergie dépend de la position relative des molécules du ressort; c'est encore de l'*énergie potentielle* (*).

On appelle *énergie totale* d'un corps, la somme de son énergie actuelle et de son énergie potentielle.

52. **Conservation de l'énergie.** — Quand un corps ou un système de corps est soustrait à toute action extérieure (chaleur, électricité, lumière...), *son énergie totale demeure constante*; l'énergie actuelle et l'énergie potentielle varient toujours, en sens inverse, d'une même quantité.

Ce principe est général; nous le démontrerons pour un cas particulier. — Un corps, de masse m , de poids $P=mg$, tombe d'une hauteur h avec une vitesse initiale nulle. Au départ, son énergie de position relativement au sol (énergie potentielle) est mgh ; sa force vive de translation est nulle. Au bout d'un certain temps, il a parcouru un espace e , et, d'après ce qu'on a vu (4), sa vitesse est devenue $v=\sqrt{2ge}$; l'énergie potentielle a diminué de mge , mais l'énergie actuelle s'est accrue de $\frac{1}{2}mv^2=mge$; l'énergie totale est donc demeurée constante.

Il est cependant des cas où ce principe semble en défaut. Quand une masse de plomb tombe sur le sol, d'une certaine hauteur, sa force vive s'anéantit sans qu'il y ait accroissement d'énergie potentielle; mais, dans ce cas, le plomb s'échauffe, c'est-à-dire qu'il *apparaît de la chaleur*. Nous verrons par la suite que, pour une même quantité déterminée d'énergie qui semble disparaître, il apparaît toujours une même quantité de chaleur. Une analyse attentive des phénomènes conduit d'ailleurs à considérer la chaleur, l'électricité, la lumière, comme n'étant que des modes divers de l'énergie; un corps chaud, électrisé ou lumineux, possède plus d'énergie que le même corps froid, non électrisé ou non lumineux.

L'énergie ne disparaît donc jamais : elle se transforme, mais elle est indestructible comme la matière.

Tandis que le but de la chimie est l'étude des modifications de la matière, on peut dire que le but de la physique est l'étude de l'énergie et des phénomènes qui accompagnent ses diverses transformations.

(*) Considérons encore deux flacons de même capacité, conservés dans l'obscurité, et contenant, l'un de l'acide chlorhydrique gazeux, l'autre un mélange à volumes égaux de chlore et d'hydrogène. Les quantités de matières sont les mêmes, mais la position des atomes est différente; dans le premier flacon, chaque molécule comprend des atomes d'hydrogène et des atomes de chlore; dans le second flacon, certaines molécules ne contiennent que des atomes d'hydrogène, d'autres molécules ne sont formées que d'atomes de chlore. Aussi l'énergie n'est-elle pas la même; si un rayon solaire tombait sur le second flacon, il se produirait une violente explosion, accompagnée d'effets mécaniques intenses. Cette énergie supplémentaire du second flacon est encore de l'*énergie potentielle*.

III. — UNITÉS C. G. S.

53. **Du choix des unités.** — Conformément aux conventions usitées en Mécanique, nous avons, dans ce qui précède, choisi d'abord trois unités, qui correspondent à trois espèces de grandeurs n'ayant entre elles aucun lien, ce qui nous a permis de fixer arbitrairement chacune de ces trois unités : 1° l'unité de longueur (mètre); 2° l'unité de temps (seconde); 3° l'unité de force (kilogramme). — Ces trois unités fondamentales une fois choisies, toutes les autres unités (unités dérivées) s'en déduisent, par des formules de définition. Par exemple, l'unité de masse et l'unité de travail sont définies par les formules précédemment établies (11 et 25) :

$$m = \frac{F}{\gamma} = \frac{P}{g}, \quad W = Fe,$$

ce qui revient à dire, que l'unité de masse est la masse d'un corps qui, à Paris, pèse 9^{kil},81; que l'unité de travail est le travail qu'il faut effectuer pour soulever un poids de 1 kilogramme à 1 mètre de hauteur. Cette unité de travail a reçu le nom de *kilogrammètre*; c'est aussi l'unité d'énergie; car, si on soulève une masse pesant 1 kilogramme à 1 mètre de hauteur, on augmente son énergie potentielle d'une unité; d'autre part, si l'on dépense un travail égal à un kilogrammètre pour mettre un corps en mouvement, d'après le principe des forces vives, l'énergie actuelle du corps augmente de 1 kilogrammètre.

Mais ce système d'unités, adopté par les physiiciens jusqu'à ces dernières années, présente l'inconvénient de faire dépendre l'unité de masse, et un certain nombre d'autres unités dérivées, de la valeur de l'accélération de la chute des corps. Cet inconvénient est manifeste, comme l'a fait remarquer Gauss, quand il s'agit d'évaluer des actions magnétiques ou électriques, qui n'ont aucune relation directe avec la pesanteur elle-même.

Ces considérations ont conduit à substituer, au système d'unités qui précède, un système différent, dont les bases, posées par Gauss, ont été adoptées par l'ensemble des physiiciens réunis en Congrès, en 1881.

54. **Unités C. G. S.** — Dans ce nouveau système, les trois unités fondamentales ne sont plus les unités de longueur, de force et de temps, mais les unités de longueur, de masse et de temps (l'unité de force devient une unité dérivée).

L'unité de longueur est le *centimètre*.

L'unité de masse est la masse du *gramme*, c'est-à-dire la masse d'un centimètre cube d'eau distillée, à la température de 4°. Cette unité prend le nom de *gramme-masse*.

L'unité de temps est la *seconde* de temps moyen.

Le système constitué par cet ensemble d'unités *fondamentales* et par les unités *dérivées* a reçu le nom de système C. G. S. (centimètre, gramme, seconde).

L'unité de force est alors définie, (12), par la relation $F = m\gamma$. Si l'on pose $m = 1$ et $\gamma = 1$, on aura $F = 1$. L'unité de force, appelée *dyne* (du grec δύναμις, force), est donc la force qui imprimerait à l'unité de masse une accélération de 1 centimètre en 1 seconde.

Pour avoir une idée de la grandeur de la dyne, calculons la valeur F de l'ancienne unité de force (le kilogramme à Paris) exprimée en dynes. — Cette force F , appliquée à une masse égale à 1000 grammes-masses, lui imprime une accélération égale à 981 centimètres; on a alors, en appliquant la formule $F = m\gamma$,

$$F = 1000 \times 981 \text{ dynes.}$$

Le nombre 981 étant approximativement égal à 1000, on voit que la force d'un kilogramme représente à peu près un million de dynes, ou ce qu'on appelle une *mégadyne*. En d'autres termes, la dyne équivaut sensiblement à un millionième de kilogramme, ou 1 milligramme. — Exactement, l'ancienne unité, le gramme-poids, vaut 981 dynes.

L'unité de travail ou d'énergie est définie, d'après ce qu'on a vu (20), par la relation $W = Fe$. Si l'on pose $F = 1$, et $e = 1$, on aura $W = 1$. L'unité d'énergie, appelée *erg* (du grec έργον, travail), est le travail produit par une force d'une dyne qui déplace son point d'application de 1 centimètre. — Un milligramme, tombant de un centimètre de hauteur, accomplit à peu près un travail de 1 erg; quand on soulève un milligramme à un centimètre de hauteur, on augmente son énergie de 1 erg.

Il est d'ailleurs facile de calculer la valeur du kilogrammètre au moyen de cette nouvelle unité. — Dans la formule $W = Fe$, faisons F égal à 1 kilogramme, c'est-à-dire à 1000×981 dynes, et faisons e égal à 1 mètre, c'est-à-dire 100 centimètres: nous aurons

$$W = 1000 \times 981 \times 100 \text{ ergs;}$$

le kilogrammètre vaut donc sensiblement 10^8 ergs, ou 100 mégergs (*méga*, un million).

IV. — INSTRUMENTS DE MESURE.

55. **Mesure des longueurs.** — **Vernier.** — Pour mesurer une longueur rectiligne, le procédé général consiste à porter sur cette longueur, autant de fois que possible, le mètre et ses subdivisions. La

plus petite subdivision usitée est le millimètre, en raison de la nécessité de donner aux traits une épaisseur qui les rende visibles à l'œil nu. Or il arrive, le plus souvent, que la longueur à mesurer contient, avec un nombre entier de millimètres, une fraction de millimètre que ce mode de division ne permet pas d'évaluer avec exactitude. L'emploi du vernier est destiné à pousser plus loin l'approximation, sans modifier les subdivisions de la règle.

Imaginons deux règles (*fig. 18*), l'une AB fixe et divisée en millimètres, l'autre CD plus courte et mobile le long de la première. Supposons que la longueur de CD soit égale à celle de 9 divisions de AB, et qu'elle soit partagée en 10 parties égales, dont chacune vaut ainsi $\frac{9}{10}$ de millimètre; cette petite règle est le vernier.



Fig. 18. — Vernier.

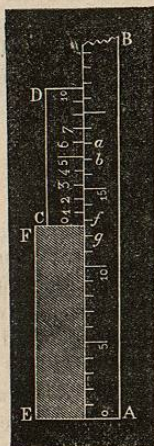


Fig. 19.

Soit EF (*fig. 19*) la longueur qu'on veut mesurer, à partir de l'origine de la graduation de la grande règle; l'extrémité F tombant, par exemple, entre les deux traits *g* et *f*, la longueur EF est égale ici à 12 millimètres, plus une fraction additionnelle qu'il s'agit d'évaluer. Or le zéro du vernier étant amené à l'extrémité F, comme le représente la figure, cherchons, parmi les traits du vernier, quel est celui qui se trouve en regard de l'un des traits de la règle : supposons par exemple que ce soit le septième. Puisqu'une division de AB équivaut à 1 millimètre, et une division de CD à $0^{\text{mm}},9$, il est clair que la distance des traits marqués 6 et *a* est $0^{\text{mm}},1$; celle des traits marqués 5 et *b* est $0^{\text{mm}},2$..; enfin la distance du zéro du vernier au trait *g* est de $0^{\text{mm}},7$. En général, le numéro d'ordre de la division du vernier qui coïncide avec un trait de la grande règle, donne la fraction additionnelle, en dixièmes de millimètre (*).

56. Cathétomètre. — Le cathétomètre, imaginé par Dulong et Petit, est destiné à mesurer la distance verticale de deux points, c'est-à-dire la distance des plans horizontaux qui passent par ces points.

(*) Si l'on prenait un vernier dont la longueur totale fût égale à 49 millimètres, et que l'on divisât cette longueur en 50 parties égales, on pourrait de même effectuer des mesures en cinquantièmes de millimètre. Il n'y a d'ailleurs aucun avantage à dépasser cette limite, parce que eu égard à la largeur des traits eux-mêmes, les coïncidences paraîtraient réalisées simultanément pour plusieurs traits consécutifs du vernier et de la règle.

Le cathétomètre (*fig. 20 et 21*) se compose essentiellement d'une lunette horizontale AB mobile le long d'une règle verticale graduée MN, laquelle tourne librement elle-même autour d'un axe vertical. — Les figures 20 et 21 montrent deux vues d'un même instrument, prises de deux positions opposées : la colonne verticale MN a ici la forme d'un

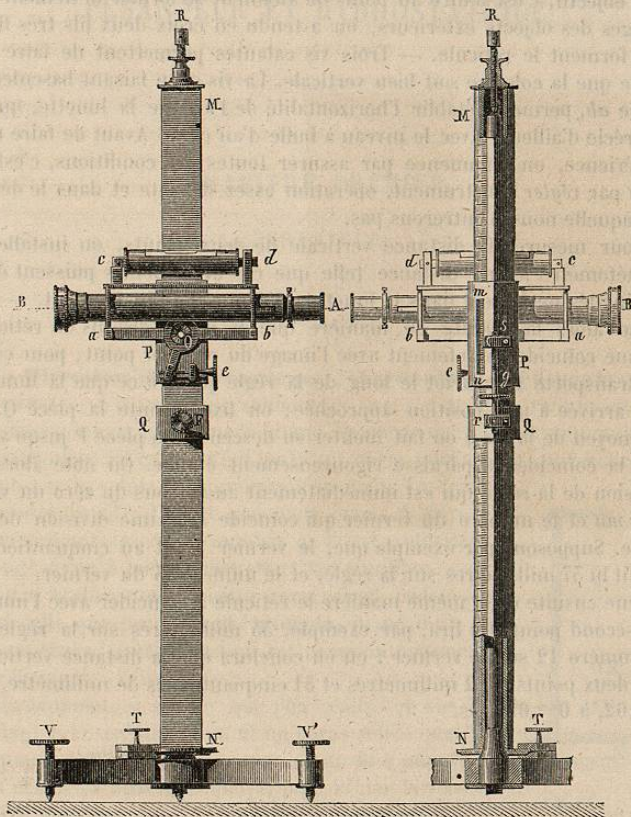


Fig. 20

Cathétomètre.

Fig. 21.

prisme triangulaire, qui porte une division en millimètres sur l'une de ses faces (*fig. 21*), et qui est traversé suivant son axe par une barre métallique : c'est sur cette barre que se fait la rotation, autour de la pointe de la vis R. — La lunette est portée par un chariot formé de deux pièces P, Q, qui sont liées entre elles par une vis *g* (*fig. 21*) : en *r*, cette vis n'est qu'assujettie dans une sorte de collier; en *s*, le pas de

la vis tourne dans un écrou fixé à la pièce P. La pièce inférieure Q porte une vis de pression F (fig. 20) qui permet de la fixer solidement sur la colonne, et alors la vis *g* peut faire monter ou descendre la pièce P, de quantités aussi petites qu'on veut. Un vernier est tracé sur l'arête de la fenêtre *mn* (fig. 21). — A l'intérieur de la lunette, au foyer de l'objectif, c'est-à-dire au point où viennent se former nettement les images des objets extérieurs, on a tendu en croix deux fils très fins, qui forment le réticule. — Trois vis calantes permettent de faire en sorte que la colonne soit bien verticale. La vis *e*, en faisant basculer la pièce *ab*, permet d'établir l'horizontalité de l'axe de la lunette, qu'on apprécie d'ailleurs avec le niveau à bulle d'air *cd*. — Avant de faire une expérience, on commence par assurer toutes ces conditions, c'est-à-dire par régler l'instrument, opération assez délicate et dans le détail de laquelle nous n'entrerons pas.

Pour mesurer la distance verticale de deux points, on installe le cathétomètre à une distance telle que ces deux points puissent être distingués nettement dans la lunette, et l'on règle l'instrument. — On place alors la lunette de manière que le *croisé* des fils du réticule vienne coïncider exactement avec l'image du premier point; pour cela, on transporte le chariot le long de la règle jusqu'à ce que la lunette soit arrivée à une position approchée; on fixe ensuite la pièce Q, et au moyen de la vis *g* on fait monter ou descendre la pièce P jusqu'à ce que la coïncidence paraisse rigoureusement établie. On note alors la division de la règle qui est immédiatement au-dessous du zéro du vernier *mn* et le numéro du vernier qui coïncide avec une division de la règle. Supposons par exemple que, le vernier étant au cinquantième, on ait lu 37 millimètres sur la règle, et le numéro 45 du vernier. — On amène ensuite de la même manière le réticule à coïncider avec l'image du second point. On lira, par exemple, 35 millimètres sur la règle et le numéro 12 sur le vernier : on en conclura que la distance verticale des deux points est 2 millimètres et 51 cinquantièmes de millimètre, ou 2^{mm},62, à 0^{mm},02 près.

LIVRE PREMIER

PESANTEUR ET HYDROSTATIQUE

CHAPITRE PREMIER

PESANTEUR

I. — PESANTEUR. — CENTRE DE GRAVITÉ.

57. **Direction de la pesanteur. — Verticale.** — On donne le nom de *pesanteur* à la cause qui sollicite les corps à tomber vers le sol, et qui détermine ce mouvement quand les corps ne sont pas soutenus.

Suspendons à l'extrémité d'un fil un corps quelconque, une balle de plomb par exemple, et prenons à la main l'autre extrémité du fil : l'effort que nous avons à faire pour soutenir le corps montre qu'il est sollicité par une *force*, à laquelle cet effort fait équilibre. — Quant à la direction de cette force, c'est évidemment celle que prend le fil lui-même, quand il arrive au repos : cette direction est ce qu'on nomme la *verticale*.

L'instrument, si simple, que l'on réalise en suspendant à l'extrémité d'un fil un corps solide quelconque (fig. 22), est ce qu'on nomme un *fil à plomb*. — Il est fréquemment employé, pour régler la verticalité des murs des édifices et, en général, des objets dont on veut assurer l'équilibre.

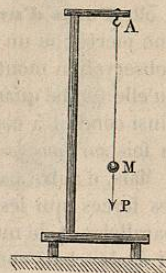


Fig. 22.
Fil à plomb.

58. **Tout se passe comme si la pesanteur était due à une attraction émanant du centre de la terre.** — Lorsqu'on place plusieurs fils à plomb à côté les uns des autres, ils paraissent parallèles, c'est-à-dire que leurs directions semblent ne jamais devoir se rencontrer, quelque loin qu'on les prolonge. — Mais, d'autre part, l'observation montre que, en chaque point du globe, la *verticale est perpendiculaire à la surface des eaux tranquilles*. Or, la surface des