

rées des longueurs de ces pendules. Ainsi, si la longueur d'un pendule devient 4, 9, 16 fois plus grande, la durée de chaque oscillation devient 2, 3, 4 fois plus considérable.

VII. Pour des pendules de même longueur oscillant en différents lieux de la terre, les durées des oscillations sont en raison inverse des racines carrées des intensités de la pesanteur dans ces différents lieux.

VIII. C'est à Galilée que l'on doit la découverte de l'isochronisme des petites oscillations pendulaires, ainsi que du rapport qui existe entre les durées des oscillations et les longueurs des pendules qui les exécutent.

IX. L'intensité de la pesanteur a pour mesure l'accélération communiquée par cette force à un corps quelconque tombant librement dans le vide pendant une seconde. Sa valeur g est égale, à Paris, à $9^m,8088$.

X. La pesanteur augmente d'intensité, de l'équateur aux pôles. Cette augmentation est due à deux causes : la forme de la terre, et la force centrifuge qui résulte de son mouvement de rotation sur son axe.

XI. La *balance* est un instrument destiné à mesurer le poids relatif d'un corps.

XII. On distingue plusieurs sortes de balances, savoir : la balance ordinaire, la bascule ou balance de Quintenz, la balance romaine et le peson.

CHAPITRE IV.

Notions sur les divers états de la matière. — État solide, état liquide, état gazeux. — Caractères généraux des corps solides, des corps liquides et des corps gazeux.

Divers états de la matière.

70. *Divers états de la matière.* — Nous avons vu dans les notions préliminaires que les corps peuvent se présenter sous trois états différents : l'état *solide*, l'état *liquide* et l'état *gazeux*.

Certains corps peuvent, sans changer de nature, prendre successivement chacun de ces trois états. Nous citerons comme exemples l'eau, le soufre, le mercure, etc., qui, selon qu'on les chauffe ou qu'on les refroidit, passent de l'état solide

à l'état liquide, de l'état liquide à l'état gazeux, et *vice versa*. Théoriquement, on conçoit que tous les corps solides puissent, par une augmentation de chaleur, devenir successivement liquides, puis gazeux, et revenir ensuite, par le refroidissement, à leur premier état; mais, en réalité, diverses circonstances physiques ou chimiques empêchent qu'il en soit ainsi. Quelques corps, en effet, ne se présentent jamais qu'à l'état solide: tels sont le carbone, la chaux, la magnésie, etc. Tout au plus est-on parvenu à ramollir le carbone en le soumettant à l'action calorifique d'une pile de 500 éléments. D'autres corps ne peuvent se montrer qu'à l'état solide ou liquide; d'autres, comme l'alcool, à l'état liquide ou gazeux; d'autres enfin, tels que l'oxygène, l'hydrogène, l'azote, ne nous sont connus que sous la forme gazeuse. Quoi qu'il en soit, nous désignerons sous les noms de corps solides, de corps liquides ou de corps gazeux ceux qui, dans les circonstances ordinaires de température et de pression, affectent l'un ou l'autre de ces trois états. Ainsi, nous disons que le soufre est un solide, que le mercure est un liquide, que l'acide carbonique est un gaz, bien que chacun de ces corps puisse exceptionnellement prendre une autre forme.

Caractères généraux des corps solides.

71. *Caractères généraux des corps solides.* — Les corps solides, comme le fer, le marbre, l'ivoire, etc., sont ceux dont on ne peut séparer les parties qui les composent sans un effort plus ou moins grand. Le volume et la forme de ces corps restent donc constants; ils ne peuvent être modifiés que par une action mécanique ou un changement de température.

Les solides possèdent un certain nombre de propriétés physiques qu'il importe d'étudier. Telles sont la *compressibilité*, l'*élasticité*, la *ductilité*, la *malleabilité* et la *ténacité*. Les deux premières leur sont communes avec les liquides et les gaz; les trois autres leur appartiennent exclusivement.

Compressibilité. — Tous les corps solides, sous l'influence d'une pression ou d'un effort tendant à rapprocher leurs molécules, cèdent plus ou moins à cet effort et diminuent de volume; cette propriété est désignée sous le nom de *compressibilité*. Elle varie beaucoup suivant les différents corps: les uns, comme le liège, la moelle de sureau, sont très-compressibles; d'autres, comme le marbre, le soufre, le charbon, le sont

très-peu. La fabrication des monnaies et des médailles repose entièrement sur cette propriété. Les disques ou *flans* de cuivre, d'or, d'argent, etc., destinés à les former, reçoivent leur empreinte du choc d'un balancier qui les frappe subitement, et les force à se mouler sur les traits les plus déliés de l'effigie gravée en creux sur le coin. La continuité de la pression exerce sur la compressibilité des solides une influence dont il faut tenir compte; c'est ainsi que les murs et les colonnes qui supportent nos édifices, peuvent à la longue se raccourcir, de manière à en compromettre la stabilité.

Élasticité. — On nomme ainsi la propriété en vertu de laquelle un corps, modifié dans ses dimensions par l'action d'une force extérieure, tend à reprendre sa forme et son volume primitifs. Certains corps solides, tels que le caoutchouc, l'ivoire, l'acier, sont très-élastiques; d'autres, tels que le plomb, la cire, etc., ne le sont qu'à un très-faible degré; mais il n'est aucun corps qui soit absolument dépourvu d'élasticité.

Quelque élastique que soit un corps, il y a une limite au delà de laquelle il ne revient plus exactement à sa forme première, quand la force qui l'avait modifié cesse d'agir sur lui: c'est ce qu'on nomme sa *limite d'élasticité*. Ainsi, une lame d'acier trop fortement fléchie se coude et reste coudée, si elle ne se casse pas; un fil de caoutchouc trop fortement tiré conserve, quand on le rend à lui-même, une longueur plus grande que celle qu'il avait auparavant.

Sous l'influence d'un effort longtemps prolongé, l'élasticité d'un corps solide tend à diminuer d'intensité; c'est ce qui explique comment les divers ressorts que nous employons à une foule d'usages perdent avec le temps une partie de leur énergie et finissent par *se fatiguer*, comme on dit vulgairement, bien que l'effort qu'ils ont dû supporter n'ait jamais dépassé leur limite d'élasticité. On distingue plusieurs genres d'élasticité, savoir: l'élasticité de *tension*, celle de *compression*, celle de *flexion* et enfin celle de *torsion*, suivant les divers sens dans lesquels les corps peuvent subir la force qui tend à les déformer.

Ces différents genres d'élasticité sont soumis à des lois que l'on peut démontrer expérimentalement. Ainsi, pour l'élasticité de tension, l'expérience démontre que l'allongement d'un fil métallique tiré est, à la température ordinaire: 1° *proportionnel à sa longueur*; 2° *en raison inverse du carré de son diamètre*; 3° *proportionnel à la charge qu'il supporte*. Si le fil est

porté à une température supérieure à 100°, on constate que son élasticité va en diminuant à mesure que la température s'élève. L'élasticité de compression obéit aux mêmes lois. Pour l'élasticité de flexion appliquée aux lames métalliques, on trouve que la charge ou l'effort nécessaire pour amener la flexion ou le déplacement déterminé d'une lame est: 1° *proportionnel à la largeur de la lame*; 2° *proportionnel au cube de son épaisseur*; 3° *en raison inverse du cube de sa longueur*. Quant à l'élasticité de torsion, sur laquelle sont basés quelques instruments de physique, entre autres la balance de Coulomb, la force avec laquelle un fil métallique tordu tend à se détordre et à reprendre sa position première est *proportionnelle à l'angle de torsion*. On comprend de quelle haute utilité doit être la connaissance de ces lois dans l'art des constructions.

Ductilité et malléabilité. — La *ductilité* est la propriété que possèdent certains corps, et particulièrement les métaux, de se réduire en fils plus ou moins déliés, lorsqu'on les étire en les passant à la filière. La *malléabilité* (de *malleum*, marteau) désigne le plus ou moins de facilité que possèdent les corps à se réduire en lames ou en feuilles minces sous le choc du marteau ou la pression lente du laminoir. Les métaux les plus ductiles sont, dans l'ordre de leur ductilité: l'or, l'argent, le platine, l'aluminium, le fer, le cuivre, le zinc, l'étain et le plomb. Les plus malléables sont, dans l'ordre de leur malléabilité: l'or, l'argent, l'aluminium, le cuivre, l'étain, le platine, le plomb, le zinc et le fer.

On voit qu'à l'exception de l'or et de l'argent, les métaux les plus ductiles ne sont pas en même temps les plus malléables. Ainsi le platine qui occupe le troisième rang dans l'ordre de ductilité, n'occupe que le sixième dans l'ordre de malléabilité; le fer, dont la ductilité est assez grande, ne possède qu'une faible malléabilité. La chaleur exerce sur ces deux propriétés une très-grande influence. Le verre, par exemple, qui, à la température ordinaire, ne possède aucune ductilité, se laisse étirer en fils d'une extrême finesse, lorsqu'il est chauffé au rouge; il en est de même pour le zinc qui, très-peu malléable à froid, se laisse facilement laminer à une température de 130 à 140 degrés. Le fer, comme on le sait, n'acquiert toute sa ductilité qu'à la température rouge. Quelques métaux, au contraire, perdent de leur ductilité quand on les chauffe; tels sont le plomb, l'étain et le cuivre, moins ductiles à chaud qu'à froid.

Ténacité. — D'une manière générale, on doit entendre par ténacité la propriété que possèdent seuls les corps solides, d'opposer une résistance plus ou moins grande aux différents efforts qui tendent à les rompre. Toutefois cette expression désigne plus particulièrement la résistance des fils métalliques aux tractions exercées sur eux dans le sens de leur longueur. On donne le nom de *coefficient de rupture* au nombre qui exprime le poids en kilogrammes dont il faut charger un fil de 1 millimètre carré de section pour en déterminer la rupture.

Les coefficients de rupture des divers métaux sont :

Pour le fer.	63,5	Pour l'or.	27,50
— cuivre.	41	— zinc.	15,75
— platine.	35	— étain.	2,95
— argent.	29,6	— plomb.	2,35

L'expérience prouve que le coefficient de rupture des métaux diminue avec la température. Toutefois il augmente pour le fer jusqu'à 400° ; mais à partir de cette température, ce métal rentre dans la loi commune ; sa ténacité, au rouge sombre, n'est plus que le sixième environ de ce qu'elle était à la température ordinaire.

Trempe, écouissage, recuit. Résistance des matériaux.

72. Trempe, écouissage, recuit. — Les métaux sont soumis, dans l'industrie, à diverses opérations qui ont pour effet d'en modifier les propriétés physiques : tels sont la *trempe*, l'*écrouissage* et le *recuit*.

La *trempe* est cette opération bien connue qui consiste à porter un métal à une température élevée et à le plonger ensuite brusquement dans un liquide froid. L'eau est le liquide dont on se sert le plus ordinairement ; dans quelques cas on emploie l'huile ou le mercure. Ce dernier liquide, en raison de sa densité et de sa grande conductibilité, produit un refroidissement plus rapide, et, par suite, une trempe plus forte ; celle-ci, pour un motif pareil, est également plus forte dans l'eau que dans l'huile. L'effet général de la trempe est de rendre le métal plus dur et plus cassant. Ainsi l'acier qui, non trempé, n'est guère plus dur que le fer, acquiert par ce procédé une dureté qui lui permet d'entamer, de limer, de raboter le fer et même

d'autres corps plus résistants. Dans quelques cas, cependant, la trempe produit un effet contraire. C'est ce qu'on observe pour le bronze, alliage de cuivre et d'étain. Chauffé au rouge et plongé subitement dans de l'eau froide, cet alliage devient assez malléable pour pouvoir être travaillé au marteau ; mais en le chauffant de nouveau et en le laissant se refroidir lentement il redevient dur et fragile. Cette propriété, qui appartient plus spécialement au bronze des cloches, formé d'environ 4 parties de cuivre et 1 d'étain, est utilisée dans la fabrication des tam-tams et des cymbales d'orchestre.

L'*écrouissage* a pour but de rapprocher les molécules d'un métal en le soumettant à froid soit aux chocs répétés du marteau, soit à l'action de la filière ou du laminoir. Cette opération a pour effet d'augmenter la densité des métaux et de leur donner en même temps les qualités que donne la trempe, c'est-à-dire plus de dureté et d'élasticité. Ainsi un fil de fer non écroui, de 1 millimètre carré de section, se rompt sous une charge de 50^k,2, tandis que le même fil, écroui par la filière, exige pour sa rupture un poids de 63^k,5. L'écrouissage s'applique surtout aux métaux qui ne sont pas susceptibles de se durcir par la trempe. Les anciens donnaient la dureté voulue à leurs armes de bronze par l'écrouissage au marteau ; dans l'horlogerie, toutes les pièces de laiton sont durcies de cette manière ou par le laminoir.

Recuit. — Il arrive souvent que des métaux trempés ou écrouis par les procédés que nous venons d'indiquer, ont acquis une dureté trop grande pour l'usage auquel on les destine. Il faut alors détruire en partie les effets de la première opération, afin de les ramener à un degré voulu de ductilité ou de malléabilité. C'est ce que l'on obtient au moyen du *recuit*, c'est-à-dire en chauffant plus ou moins le métal et en le laissant ensuite refroidir lentement. Cette opération, qui exige de la part de l'ouvrier une grande habileté, est fréquemment employée dans la fabrication des instruments en acier. On donne d'abord au métal une très-forte trempe, et on le recuit ensuite de manière à diminuer la trop grande dureté qu'il avait acquise, pour ne lui laisser que celle que demande la nature de l'instrument.

75. Résistance des matériaux. — La première et la plus importante des notions qu'exige l'art du constructeur est évidemment celle qui a trait à ce qu'on nomme la *résistance des ma-*

tériaux. Cette résistance est avant tout subordonnée à la nature des matériaux ; mais elle dépend aussi de leur agencement, de leurs formes, de leurs dimensions, en un mot, de la manière dont on les met en œuvre.

Relativement à la nature des corps, nous avons vu quelles énormes différences présentent entre eux les coefficients de rupture de fils métalliques formés de fer, de cuivre, de plomb, etc. Des différences non moins grandes s'observent pour la résistance à l'écrasement entre les divers matériaux employés dans les constructions, tels que le porphyre, le granit, le marbre, la brique, les roches calcaires, le plâtre, les mortiers, etc. Ainsi, tandis qu'un bloc de porphyre ne cède qu'à un effort de 2500 kilogrammes par centimètre carré de section, le même bloc en marbre blanc céderait à une charge de 310 kilog. par centimètre, et il ne pourrait, sans s'écraser, en supporter plus de 50 s'il était en plâtre. Voici d'ailleurs, pour nos matériaux de construction les plus usuels, les charges en kilogrammes et par centimètre carré capables d'en amener l'écrasement :

Porphyre,	2500 kilogr.
Basalte d'Auvergne,	2000 —
Grès dur des Vosges,	850 —
Granit vert des Vosges,	620 —
Roche calcaire ou pierre de taille de Bagneux,	440 —
Marbre blanc,	310 —
Roche calcaire d'Arcueil,	280 —
Roche de Châtillon,	170 —
Brique dure,	150 —
Brique tendre,	60 —
Plâtre gâché à l'eau,	50 —
Mortier ordinaire (chaux et sable),	35 —

Ces chiffres n'indiquant que le minimum des charges susceptibles de déterminer l'écrasement, il va sans dire que dans l'application il faut toujours se tenir de beaucoup en deçà, surtout lorsque la charge, comme cela arrive pour les constructions, doit être indéfiniment supportée.

Nous avons dit que la résistance des matériaux ne dépend pas seulement de leur nature, mais encore de leurs formes et de leurs dimensions. Ainsi l'expérience a prouvé qu'une colonne cylindrique résiste mieux qu'un prisme droit de même volume et de même hauteur ; qu'un prisme à base carrée résiste mieux qu'un prisme ayant pour base un parallélogramme. Quant aux

dimensions, l'expérience, d'accord avec le calcul, prouve également, que pour des colonnes cylindriques ou prismatiques, la résistance est *proportionnelle à la surface des bases et en raison inverse du carré des hauteurs*. Tout le monde sait qu'une barre métallique placée de champ peut soutenir un fardeau beaucoup plus lourd que la même barre disposée à plat, et que, pour une même épaisseur, elle résistera d'autant mieux qu'elle sera moins longue. La résistance d'une barre à la rupture par flexion est, en effet : 1° *proportionnelle à sa largeur* ; 2° *proportionnelle au carré de son épaisseur* ; 3° *en raison inverse de sa longueur*. C'est sur ce principe que repose la fabrication des poutres et des rails en fer employés dans la construction des ponts, des édifices et de nos voies ferrées. Les barres qui les constituent, munies sur chaque arête d'un large rebord, pour plus de stabilité dans les appuis, sont placées de champ, de manière à présenter leur plus grande épaisseur à la direction verticale de la charge.

Rappelons enfin ce fait bien connu qu'un cylindre creux résiste beaucoup mieux à la rupture par flexion ou par écrasement qu'un cylindre massif de même substance qui aurait *le même poids et la même longueur*. La nature nous en a elle-même fourni l'exemple, en donnant aux os longs de la machine animale la forme de cylindres creux. Les plumes des oiseaux, les tiges des graminées, à la fois si légères et si résistantes, sont construites sur ce même modèle, si heureusement mis à profit par l'industrie métallurgique dans une foule de circonstances, où il est utile d'économiser la matière sans nuire à sa solidité. Citons comme exemples de cette ingénieuse application les arceaux, les colonnes, les hauts pilastres en fonte ou en fer creux d'un emploi si fréquent dans la construction des ponts, des gares, des marchés ou autres abris à charpentes métalliques, et ces admirables ponts tubulaires, formés d'énormes poutres ou tubes rectangulaires en tôle rivée, dans l'intérieur desquels, sur certains chemins de fer, des convois entiers franchissent de larges fleuves.

Caractères généraux des liquides.

74. *Caractères généraux des liquides.* — Les liquides sont caractérisés par la grande mobilité de leurs molécules, par la facilité avec laquelle ces molécules glissent et roulent les uns

sur les autres au moindre effort : d'où résulte pour ces corps la propriété spéciale de *couler*, c'est-à-dire de s'échapper en nappes ou en filets par de petites ouvertures, et de se mouler sur les parois des vases qui les renferment, de manière à en prendre exactement la forme.

Les molécules des corps liquides, malgré leur mobilité, conservent cependant une certaine adhérence réciproque. C'est pourquoi une masse liquide, abandonnée à elle-même et libre de toute influence étrangère, prend constamment la forme sphérique. Ce résultat, que l'on peut expliquer et démontrer par le calcul, se manifeste dans une foule de circonstances vulgaires. C'est ainsi que de très-petites gouttes de mercure placées sur une table en bois, ou sur toute autre surface ayant peu d'affinité pour ce métal, prennent une forme à peu près sphérique. Il en est de même d'une goutte d'eau, d'alcool, de plomb fondu, etc., qu'on laisse tomber librement dans l'air. Le plomb de chasse n'est composé que de gouttelettes de plomb fondu reçues dans de l'eau froide qui les a immédiatement solidifiées. L'expérience suivante met en évidence d'une manière aussi nette qu'intéressante cette propriété des liquides.

L'huile, comme on le sait, est plus légère que l'eau et plus lourde que l'alcool. Mais si l'on fait un mélange de ces deux derniers liquides, de manière à lui donner une densité égale à celle de l'huile, celle-ci, versée lentement dans ce mélange, se réunit en une seule masse, et s'y maintient suspendue sous la forme

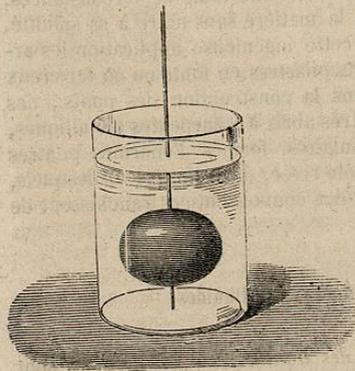


Fig. 41.

d'une sphère, à laquelle on peut, avec certaines précautions, faire acquiescir le volume d'une orange.

Tant que le globe d'huile reste en repos, il conserve rigoureusement sa forme sphérique. Mais si, au moyen d'une longue aiguille verticale passant par son centre, on lui imprime un mouvement de rotation, on le voit aussitôt (fig. 44) s'aplatir à ses deux pôles de révolution, et se renfler en un bourrelet saillant vers sa

région moyenne, c'est-à-dire à son équateur. Cet aplatissement et ce renflement, comme il est facile de le prévoir, augmentent avec la vitesse de rotation. Mais ce qui rend cette expérience extrêmement curieuse, c'est que si la vitesse du globe huileux va toujours augmentant, il arrive un moment où, la force centrifuge dont il est animé l'emportant sur l'attraction réciproque de ses molécules, on voit le bourrelet équatorial se détacher d'une pièce, et former un anneau qui, pendant quelques instants encore, continue à tourner avec la sphère centrale dont il s'est séparé. Cette belle expérience, réalisée par M. Plateau, donne une idée saisissante de la manière dont la terre et les autres planètes, dans l'hypothèse de leur fluidité primitive, ont dû prendre la forme sphéroïdale qui leur est commune, et du mécanisme suivant lequel a dû se produire l'anneau de Saturne.

Les liquides ont été pendant longtemps considérés comme étant complètement incompressibles; mais cela n'est pas rigoureusement exact. Des expériences faites par Oersted, et ré-

pétées plus tard par Despretz et Saigey, ont démontré que les liquides diminuent de volume quand on les comprime. Toutefois cette diminution est très-faible et peut être négligée dans les expériences ordinaires. Ainsi l'eau ne se comprime que de 49 millièmes de son volume sous la pression d'une atmosphère, et le mercure de 5 millièmes seulement.

Les divers instruments à l'aide desquels on a pu constater et mesurer la compressibilité des liquides ont reçu le nom de *piézomètres*. Le plus convenable est celui d'Oersted. Il se compose (fig. 42) d'un réservoir cylindrique en verre A, surmonté d'un tube capillaire évasé en un petit entonnoir à son extrémité supérieure, et divisé en un certain nombre de parties d'égale capacité, dont chacune représente une fraction connue

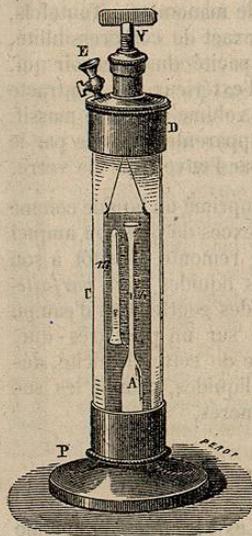


Fig. 42.

du volume total du liquide contenu dans le réservoir. Le tout est fixé sur une planchette qui porte en même temps un manomètre m à air comprimé, servant à mesurer la pression pendant l'expérience. S'il s'agit, avec cet instrument, de mesurer la compressibilité de l'eau, par exemple, on remplit de ce liquide le réservoir et le tube jusqu'à une hauteur h , et on verse au-dessus une gouttelette de mercure qui sert d'*index* en même temps qu'elle isole du milieu ambiant le liquide contenu dans le réservoir. Cela fait, on introduit la planchette avec ses deux pièces dans une éprouvette en cristal C à parois épaisses, solidement enchâssée par sa base dans un pied en cuivre P, et portant à sa partie supérieure une garniture en cuivre D, dans laquelle est un piston que fait mouvoir une vis de pression V. L'éprouvette ayant été remplie d'eau au moyen de l'entonnoir à robinet E, on ferme celui-ci, et l'on tourne la vis V pour faire descendre le piston. La pression, transmise par l'eau de l'éprouvette au liquide contenu dans le réservoir, fait aussitôt baisser l'index de mercure dans le tube capillaire, et il suffit alors de lire sur l'échelle le déplacement de l'index pour savoir de quelle fraction de son volume initial le liquide du réservoir s'est comprimé sous la pression indiquée par le manomètre. Toutefois, il importe, pour établir le coefficient exact de compressibilité, de tenir compte du changement de capacité du réservoir qui, pressé également à l'intérieur et à l'extérieur, se contracte comme le ferait un cylindre de même volume en verre massif. Il faut donc ajouter à la compression apparente indiquée par le piézomètre la compression éprouvée par l'enveloppe de verre.

Remarque. — Lorsque, après avoir comprimé un liquide comme nous venons de le dire, on supprime l'excès de pression auquel on l'avait soumis, l'index de mercure remonte aussitôt à son niveau primitif, ce qui prouve que les liquides sont parfaitement élastiques. On sait d'ailleurs que des gouttelettes d'eau ou de mercure rebondissent en tombant sur un plan très-dur. Nous aurons plus loin une autre preuve de cette élasticité, déduite de la facilité avec laquelle les liquides, comme les solides, transmettent au loin les ondes sonores.

Caractères généraux des gaz.

75. *Caractères généraux des gaz.* — Les gaz, que l'on nomme encore *fluides élastiques*, sont caractérisés par une répulsion

constante de leurs molécules, d'où résulte leur *expansibilité*, c'est-à-dire la propriété en vertu de laquelle une masse gazeuse tend toujours à occuper l'espace qui lui est offert, si grand qu'il soit. Ces corps ne peuvent donc avoir de formes propres; ils sont toujours forcés de prendre celles des capacités qui les contiennent, et dont ils pressent les parois de dedans en dehors avec une force plus ou moins grande : cette force est ce qu'on nomme la *tension* ou *force élastique* des gaz.

L'attraction moléculaire, qui existe encore à un certain degré dans les liquides, est devenue tout à fait nulle dans les gaz; et loin qu'il soit nécessaire d'employer une force quelconque pour séparer leurs molécules, il faut au contraire en employer une pour les empêcher de s'écarter. On peut donc d'après cela considérer un corps gazeux comme formé de molécules isolées, parfaitement mobiles, et dans un état constant de répulsion réciproque.

Les gaz sont éminemment compressibles. Cette propriété, si faible dans les liquides, est, au contraire, extrêmement prononcée dans les gaz. Ainsi, tandis que sous la pression d'une atmosphère l'eau ne se comprime que des 49 millièmes de son volume, la même pression appliquée à un gaz réduit son volume de moitié.

La facilité avec laquelle les gaz se compriment se démontre au moyen d'un cylindre de verre épais (fig. 43) fermé par un bout et dans lequel peut se mouvoir un piston P. Ce cylindre étant rempli d'air ou de tout autre gaz, le moindre effort exercé sur la tige du piston suffit pour réduire aussitôt d'une quantité notable le volume de l'air ou du gaz. Toutefois, si l'on continue à presser sur le piston, on constate que la résistance du gaz, d'abord assez faible, augmente considérablement à mesure que son volume diminue. Si l'on abandonne ensuite le piston à lui-même, celui-ci se meut alors en sens inverse, et remonte jusqu'à ce qu'il ait repris sa position première : ce qui prouve que les gaz sont, comme les liquides, parfaitement élastiques. Le nom de *fluides élastiques*, par lequel on les désigne encore, vient de ce qu'étant très-compressibles, l'élasticité dont ils sont doués est beaucoup plus apparente que celle des autres corps.

Le petit instrument que nous venons de décrire a reçu le nom de *briquet à air*, parce qu'en enfonçant brusquement le



Fig. 43.

piston dans le tube, la compression de l'air produit un dégagement de chaleur suffisant pour allumer un morceau d'amadou fixé au fond du tube ou sous le piston.

Certains gaz, sous l'action d'une pression plus ou moins forte ou d'un refroidissement considérable, peuvent passer à l'état liquide et même à l'état solide; exemple: l'acide carbonique, l'acide sulfureux, etc.; ces gaz sont appelés *non permanents*. D'autres, au contraire, persistent dans leur état gazeux: ce sont les gaz *permanents*; exemple: l'oxygène, l'hydrogène, l'azote; mais il est probable que cette permanence de l'état gazeux est due à l'insuffisance du refroidissement ou des pressions auxquelles nous pouvons actuellement les soumettre*. Les gaz sont généralement incolores et transparents; quelques-uns seulement, tels que le chlore, la vapeur d'iode, l'acide hypoazotique, etc., sont diversement colorés (voyez la *Chimie*).

Les gaz, en raison de l'extrême mobilité de leurs molécules, sont soumis, comme les liquides, aux lois de l'hydrostatique, dont nous allons nous occuper dans le chapitre suivant.

Résumé.

I. Les corps peuvent se présenter à nous sous trois états différents: l'état *solide*, l'état *liquide* et l'état *gazeux*.

II. Les corps solides sont ceux dont on ne peut séparer les parties qui les composent sans un effort plus ou moins grand. Ils sont caractérisés par un certain nombre de propriétés physiques dont les principales sont: la *compressibilité*, l'*élasticité*, la *ductilité*, la *malléabilité* et la *ténacité*.

III. On désigne sous le nom de *coefficient de rupture* le nombre qui exprime le poids en kilogrammes dont il faut charger un fil métallique de 1 millimètre carré de section pour en déterminer la rupture.

IV. La *trempe*, l'*écrouissage* et le *recuit* sont des opérations qui ont pour but de modifier les propriétés physiques des métaux, afin de les rendre propres aux divers usages auxquels on les destine.

V. La trempe et l'écrouissage ont pour effet d'augmenter la dureté et l'élasticité de certains métaux. Le recuit les ramène au degré voulu de ductilité et de malléabilité.

* Voir plus loin la théorie des vapeurs.

VI. La *résistance des matériaux* est non-seulement subordonnée à leur nature, mais encore aux formes et aux dimensions qu'on leur donne pour les mettre en œuvre. Pour des blocs cylindriques ou prismatiques, la résistance à l'écrasement est proportionnelle à la surface des bases et en raison inverse du carré des hauteurs.

VII. Les *corps liquides* sont caractérisés par la grande mobilité de leurs molécules et par la facilité avec laquelle ces molécules glissent et roulent les unes sur les autres au moindre effort.

VIII. Les liquides abandonnés à eux-mêmes, c'est-à-dire à leurs seules forces moléculaires, prennent la forme sphérique.

IX. Les liquides sont légèrement compressibles. On le démontre au moyen du *piézomètre*. L'eau, sous la pression d'une atmosphère, se comprime de 49 millièmes de son volume et le mercure de 5 millièmes seulement.

X. Les gaz ou *fluides élastiques* sont caractérisés, non-seulement par l'extrême mobilité de leurs molécules, mais encore par leur *expansibilité*, d'où résulte ce qu'on nomme leur *tension* ou *force élastique*.

XI. Les gaz sont éminemment compressibles et élastiques. On le démontre au moyen de l'instrument nommé *briquet à air*.

XII. Certains gaz, sous l'action d'une pression ou d'un refroidissement plus ou moins considérables, peuvent passer à l'état liquide et même solide, exemple, l'acide carbonique: on les désigne sous le nom de gaz *non permanents*. Ceux qui résistent et se maintiennent à l'état gazeux sont appelés gaz permanents, exemples: l'oxygène, l'hydrogène, l'azote.