

ton a . Si la première est 50 ou 100 fois plus grande que la seconde, la pression supportée de bas en haut par le grand piston sera 50 ou 100 fois celle exercée par le petit. De plus, on gagne encore par le levier O . Si, par exemple, le bras de levier de la puissance égale 5 fois le levier de la résistance, on gagne 5 fois en force (45). Si donc on exerce sur le levier un effort de 30^k , l'effet transmis par le piston a sera de 150^k , et celui que transmettra le piston C , en supposant sa section égale à 100 fois celle du petit, sera de 15000^k .

Il est à observer que, plus le diamètre du piston C sera grand par rapport à celui du piston a , plus la course du premier sera

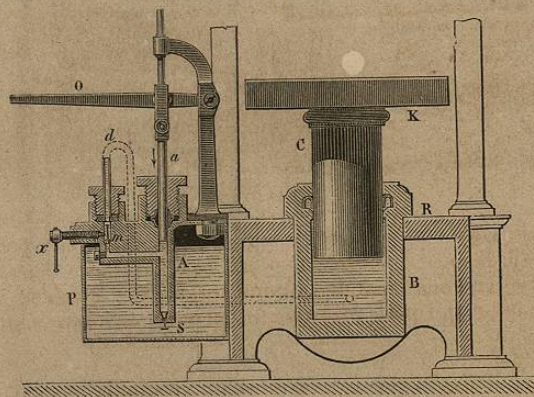


Fig. 47.

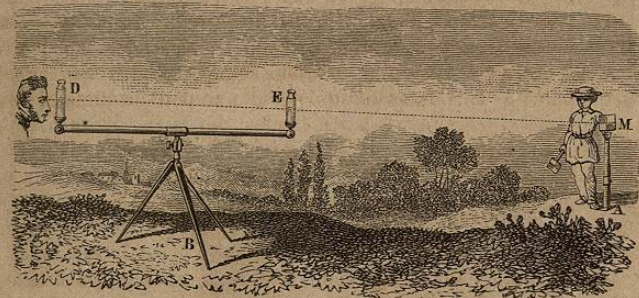
lente par rapport à celle du second, c'est-à-dire que *ce qu'on gagne en force on le perd en vitesse*. C'est là, en effet, un principe général de mécanique qui se retrouve dans toutes les machines.

La presse hydraulique est utilisée dans tous les travaux qui nécessitent de grandes pressions. On l'emploie pour fouler les draps, pour extraire le suc des betteraves, l'huile des graines oléagineuses. Elle sert aussi à éprouver les canons, les chaudières à vapeur et les chaînes destinées à la marine.

91. **Niveau d'eau.** — Le *niveau d'eau* est une application des conditions d'équilibre dans les vases communicants (87). Il se compose d'un tube de fer-blanc ou de laiton, coudé à ses deux extrémités; à celles-ci sont adaptés deux tubes de verre D et E (fig. 48). Pour se servir de cet appareil, on le dispose horizontalement sur un pied à trois branches, et l'on y verse de l'eau jusqu'à ce que le liquide s'élève dans les deux tubes de verre. L'équilibre étant établi, le ni-

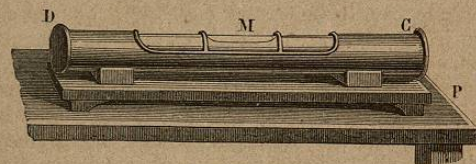
veau de l'eau dans ces tubes est le même, c'est-à-dire que les surfaces du liquide en D et en E sont dans un même plan horizontal.

Cet instrument sert à prendre des nivellements, c'est-à-dire à déterminer de combien un point est plus élevé qu'un autre. Par exemple, si l'on veut trouver de combien un point B du sol est

Fig. 48 ($l = 90$).

au-dessus d'un autre point A , on place en ce dernier point une *miré*. On nomme ainsi une règle de bois formée de deux tiges à coulisse et terminée par une plaque de fer-blanc M , qu'on appelle le *voyant*, et qui porte à son centre un point de repère. Cette miré

Fig. 49.

Fig. 50 ($l = 18$).

étant disposée verticalement en A , un observateur, placé près du niveau, dirige, par les surfaces D et E , un rayon visuel vers la miré, et fait signe à un aide, qui la tient, de l'allonger ou de la raccourcir jusqu'à ce que le point de repère se trouve sur le prolongement de la ligne DE . Mesurant alors la hauteur AM , et en soustrayant la hauteur du niveau au-dessus du sol, on connaît de combien le point B est élevé au-dessus du point A .

Le niveau déterminé de la sorte est le *niveau apparent*, c'est-à-dire celui qui correspond à des points contenus dans un plan tangent à la surface du globe supposé parfaitement sphérique. Le *niveau vrai* est celui qui correspond à des points également distants du centre de la terre. Ce n'est que pour de faibles distances que le niveau apparent peut être pris pour le niveau vrai.

92. **Niveau à bulle d'air.** — Le *niveau à bulle d'air* est plus sensible et plus précis que le niveau d'eau. Il consiste simplement en un tube de verre AB (fig. 49) très-légèrement courbé, qu'on remplit d'eau, en y conservant seulement une petite bulle d'air qui tend toujours à occuper la partie la plus élevée (88). Ce tube, étant soudé à la lampe à ses deux extrémités, est renfermé dans un étui de cuivre CD ouvert en dessus (fig. 50). Celui-ci est fixé sur un plateau de même métal, lequel est dressé avec soin, de manière que lorsqu'il repose sur un plan horizontal P, la bulle d'air M s'arrête exactement entre deux points de repère marqués sur l'étui.

Pour prendre des nivellements avec cet appareil, on le fixe à une lunette dont il sert à indiquer les positions horizontales.

* 93. **Cours d'eau, puits artésiens.** — Les mers, les sources, les rivières, sont autant de vases communicants dans lesquels les eaux tendent sans cesse à prendre un niveau vrai (91).

Il en est de même des *puits artésiens*, ainsi nommés parce que c'est dans l'ancienne province d'Artois qu'ils ont d'abord été pratiqués. On y en rencontre dont l'origine paraît remonter à la fin du XII^e siècle. A une époque beaucoup plus reculée, des puits de ce genre ont été creusés en Chine et en Égypte.

Ces puits sont des trous très-étroits, forés à la sonde, et d'une profondeur très-variable. Les eaux sont généralement jaillissantes. Pour en comprendre la théorie, il faut remarquer que les terrains qui composent l'écorce du globe sont, les uns perméables aux eaux, comme les sables, les graviers; les autres imperméables, comme les argiles. Cela posé, soit un bassin géographique plus ou moins étendu, au-dessous duquel se rencontrent deux couches imperméables AA, BB (fig. 51), comprenant entre elles une couche perméable MM. Supposons, enfin, cette dernière en communication avec des terrains plus élevés, à travers lesquels s'infiltré l'eau des pluies. Celle-ci, suivant la pente naturelle du terrain, à travers la couche perméable, se rend au-dessous du bassin géographique que nous avons supposé, sans pouvoir communiquer avec lui, en étant séparée par la couche imperméable AA. Mais si, à partir du sol, on pratique un trou qui traverse cette couche, les eaux, tendant toujours à se mettre de niveau, s'élèvent dans ce trou à une hauteur d'autant plus grande qu'elles communiquent avec un terrain plus élevé.

Les eaux qui alimentent les puits artésiens viennent souvent de vingt à trente lieues. Quant à la profondeur, elle varie avec les localités. Le puits foré de Grenelle, près de Paris, a 548 mètres de profondeur. Il donne 2400 litres par minute. L'eau qui s'en dégage est, en toute saison, à 27 degrés. D'après la loi de l'accroissement de la température des couches terrestres quand on s'abaisse au-dessous du niveau du sol (413), il suffirait que la profondeur de ce puits eût 150 mètres de plus pour que ses eaux sortissent, toute

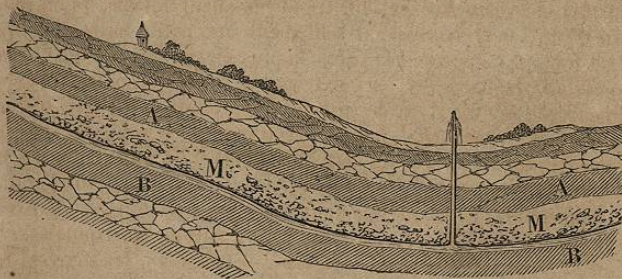


Fig. 51.

l'année, à 32 degrés, c'est-à-dire à la température ordinaire des bains.

Le puits artésien de Passy, terminé en 1861, a 587^m,5 de profondeur. La température de l'eau est de 28 degrés, et son débit est beaucoup plus considérable que celui du puits de Grenelle.

CORPS PLONGÉS DANS LES LIQUIDES.

94. **Pressions supportées par un corps plongé dans un liquide.**

— Lorsqu'un corps solide est entièrement plongé dans un liquide, sa surface supporte, en chaque point, des pressions qui lui sont respectivement perpendiculaires et qui croissent avec la profondeur. Si l'on conçoit toutes ces pressions décomposées en pressions horizontales et en pressions verticales, les premières, pour chaque tranche horizontale, sont égales et contraires deux à deux, et par conséquent se font équilibre. Quant aux pressions verticales, il est facile de voir qu'elles sont inégales et qu'elles tendent à mouvoir de bas en haut le corps immergé.

Soit, en effet, un cube plongé au milieu d'une masse d'eau (fig. 52); et supposons, pour plus de simplicité, ses parois latérales disposées verticalement. Ces parois supportent des pressions

égales, puisqu'elles présentent la même surface et sont à la même profondeur (83). Pour deux faces opposées, il est d'ailleurs évident que les pressions sont de directions contraires; donc elles se font équilibre. Si nous considérons actuellement les pressions qui s'exercent sur les faces horizontales A et B, nous voyons que la première est pressée de haut en bas par le poids d'une colonne d'eau qui aurait pour base la face même et pour hauteur AD (83); de même,

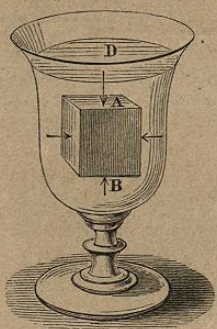


Fig. 52.

la face inférieure est poussée de bas en haut par le poids d'une colonne d'eau qui aurait pour base cette face et pour hauteur BD (81). Le cube tend donc à être soulevé par la différence de ces deux pressions, laquelle est évidemment égale au poids d'une colonne d'eau qui aurait même base et même hauteur que le cube; par conséquent, *cette pression équivaut au poids même du volume d'eau déplacé par le corps immergé.* On peut encore reconnaître, par le raisonnement suivant, que tout corps immergé dans un liquide supporte, de bas en haut, une poussée égale au poids du liquide qu'il déplace. En effet, dans une masse liquide en équilibre, considérons une portion de liquide d'une forme quelconque, sphérique, ovoïde, ou irrégulière, et supposons-la solidifiée, sans accroissement ni diminution de volume. Il est évident que la partie ainsi solidifiée supportera, de la part de la masse liquide, les mêmes pressions qu'auparavant, et que, par conséquent, elle sera encore en équilibre; ce qui ne peut avoir lieu que parce qu'elle supporte, de bas en haut, une poussée égale à son poids. Or, si à la place de la partie solidifiée on imagine un corps d'une autre substance, mais exactement de même volume et de même forme, ce corps supportera nécessairement les mêmes pressions que supportait le liquide solidifié, et dès lors il sera soumis, lui aussi, à une poussée égale au poids du liquide déplacé.

95. Principe d'Archimède. — D'après ce qui précède, tout corps plongé dans un liquide est soumis à l'action de deux forces opposées : la pesanteur, qui tend à l'abaisser, et la poussée du liquide, qui tend à le soulever avec un effort égal au poids même du liquide que déplace le corps. Le poids de celui-ci est donc détruit en totalité ou en partie par cette poussée, d'où l'on conclut qu'un corps plongé dans un liquide perd une partie de son poids égale au poids du liquide déplacé.

Ce principe, qui sert de base à la théorie des corps plongés et des corps flottants, est connu sous le nom de *principe d'Archimède*, parce qu'il fut découvert par ce célèbre géomètre, mort à Syracuse, 212 ans avant l'ère chrétienne.

Le principe d'Archimède se démontre par l'expérience au moyen

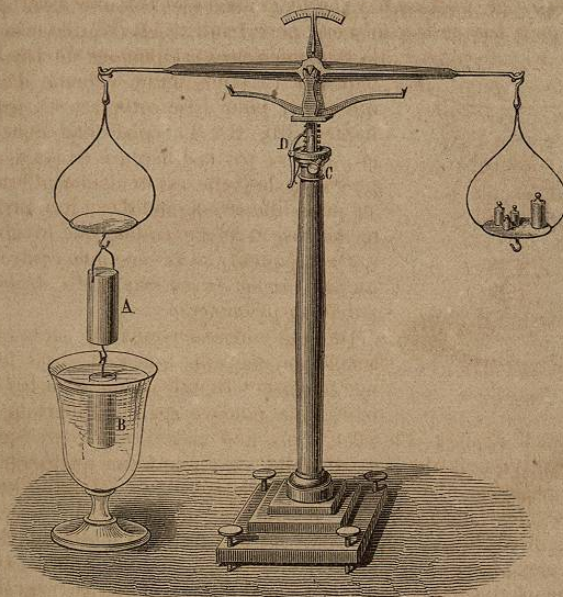


Fig. 53 (h = 60).

de la *balance hydrostatique*, laquelle est une balance ordinaire dont chaque plateau est muni d'un crochet, et dont le fléau peut s'élever et s'abaisser à volonté, à l'aide d'une crémaillère qu'on fait marcher par un petit pignon C (fig. 53). Un encliquetage D retient la crémaillère lorsqu'on l'a soulevée. Le fléau étant remonté, on suspend, au-dessous de l'un des plateaux, un cylindre creux A, de cuivre, et, au-dessous de celui-ci, un cylindre plein B, dont le volume est exactement le même que la capacité du premier; puis, dans l'autre plateau, on place des poids jusqu'à ce que l'équilibre s'établisse. Si alors on remplit d'eau le cylindre A, l'équilibre est rompu; mais si l'on abaisse en même temps le fléau de manière que le cylindre B plonge en entier dans l'eau d'un vase

placé au-dessous, on voit l'équilibre se rétablir. Le cylindre B perd donc, par son immersion, une partie de son poids égale au poids de l'eau versée dans le cylindre A. Or, le principe d'Archimède se trouve ainsi démontré, puisque la capacité de ce dernier cylindre est précisément égale au volume du cylindre B.

96. **Détermination du volume d'un corps.** — Le principe d'Archimède donne le moyen d'obtenir avec précision le volume d'un corps de la forme la plus irrégulière, lorsqu'il n'est pas soluble dans l'eau. Pour cela, on le suspend par un fil délié à la balance hydrostatique, et on le pèse d'abord dans l'air, puis dans l'eau distillée et à 4 degrés. La perte de poids que l'on constate alors est le poids de l'eau déplacée. Du poids de cette eau on déduit son volume, et, par suite, celui du corps immergé, qui est évidemment le même. Soit, par exemple, 155 grammes la perte de poids. Cela indique que l'eau déplacée pèse 155 grammes; mais on sait que le gramme est le poids d'un centimètre cube d'eau distillée et à 4 degrés; donc le volume de l'eau déplacée, et par conséquent celui du corps plongé, est de 155 centimètres cubes.

Si l'eau n'était pas à 4 degrés, il y aurait à faire une correction qui dépend des formules sur les dilatations (290).

97. **Équilibre des corps immergés et des corps flottants.** — D'après les considérations théoriques qui nous ont conduits au principe d'Archimède (94 et 95), si un corps plongé dans un liquide a la même densité que lui, la poussée qui tend à soulever ce corps est précisément égale à son poids. Le corps reste donc en suspension dans le sein du liquide.

Mais si le corps est plus dense que le liquide, il tombe, car son poids l'emporte sur la poussée de bas en haut.

Enfin, si le corps immergé est moins dense que le liquide, c'est la poussée de celui-ci qui prédomine. Le corps prend donc un mouvement ascensionnel, et s'élève hors du liquide jusqu'à ce qu'il n'en déplace qu'un volume d'un poids égal au sien. On dit alors que le corps *flotte*. La cire, le bois et tous les corps plus légers que l'eau, flottent à sa surface.

Pour que les corps, soit plongés, soit flottants, prennent un état d'équilibre stable, il faut : 1° qu'ils déplacent un poids de liquide égal au leur; 2° que leur centre de gravité soit au-dessous du centre de pression (83) et sur la même verticale. En effet, soient c le centre de pression et g le centre de gravité d'un corps flottant (fig. 54); si les deux conditions ci-dessus sont satisfaites, les forces appliquées en c et en g , étant égales et contraires, se détruisent, et il y a équilibre. De plus, cet équilibre est stable, car si le corps est incliné, comme le montre la figure 55, les forces appliquées

en c et en g tendent évidemment à le ramener à la position verticale. Mais si le centre de pression est au-dessous du centre de gravité, il ne peut y avoir qu'un équilibre instable lorsque les points g et c sont sur la même verticale, car aussitôt que le corps est incliné (fig. 56), les actions des deux forces concourent pour le faire chavirer et le ramener à sa première position (fig. 54). Cependant on démontre, en mécanique, qu'il peut encore y avoir équilibre stable quand le centre de pression se trouve plus bas que le centre de gravité. Mais il faut alors que celui-ci soit au-dessous d'un certain point qu'on nomme *métacentre*, et qui se détermine par le calcul. La connaissance de ces points est d'une haute impor-

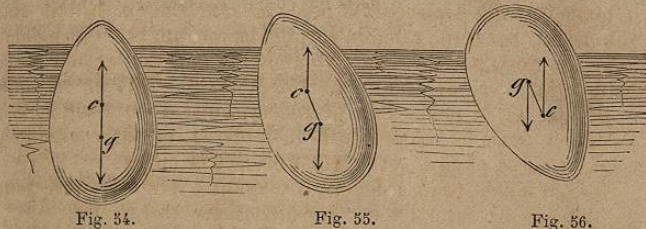


Fig. 54.

Fig. 55.

Fig. 56.

tance dans l'arrimage des navires, car c'est de leur position relative que dépend la stabilité.

D'après le principe d'Archimède, les corps flottent d'autant plus facilement à la surface des liquides, que ceux-ci sont relativement plus denses. Qu'on mette, par exemple, un œuf dans de l'eau ordinaire, il va au fond, parce qu'à volume égal il pèse davantage; mais qu'on le plonge dans de l'eau saturée de sel, il surnage. Un morceau de chêne flotte sur l'eau, mais il est submergé dans l'huile. Une masse de fer surnage dans un bain de mercure; dans l'eau, elle va immédiatement au fond. Quant au volume de la partie immergée, dans les corps flottants, il est en raison inverse de la densité du liquide, et en raison directe de celle du corps flottant.

98. **Ludion.** — Les effets divers de suspension, d'immersion et de flottaison dans un liquide sont reproduits avec le petit appareil qu'on nomme *ludion*. Il se compose d'une éprouvette de verre remplie d'eau en partie, et surmontée d'un tube de cuivre dans lequel est un piston qu'on fait marcher avec la main, et qui ferme hermétiquement (fig. 57). Dans le liquide est une petite figure d'émail, soutenue par une boule de verre creuse a , qui contient de l'air et de l'eau, et flotte à la surface. Cette boule est percée, à sa partie inférieure, d'une petite ouverture par laquelle l'eau

peut pénétrer ou sortir, selon que l'air intérieur de la boule est plus ou moins comprimé. La quantité d'eau préalablement introduite dans la boule est telle, que l'appareil n'a besoin que d'un très-petit excès de poids pour s'immerger tout à fait. Si l'on exerce donc avec la main une légère pression sur le piston, comme le montre la figure, l'air qui est au-dessous se trouve comprimé, et transmet sa pression à l'eau du vase et à l'air qui est dans la boule. Il en résulte qu'une certaine quantité d'eau pénètre dans

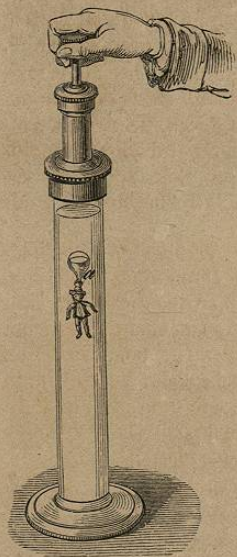


Fig. 57.

celle-ci, et que le corps flottant, rendu plus lourd, s'immerge. Si l'on cesse alors la pression, l'air de la boule se détend, chasse l'excès d'eau qui y a pénétré, et le corps immergé, devenu plus léger, flotte de nouveau.

99. **Vessie natatoire des poissons.** — Chez les poissons, un grand nombre d'espèces portent dans l'abdomen, au-dessous de l'épine dorsale, une vessie pleine d'air qu'on nomme *vessie natatoire*. Le poisson, en la comprimant ou en la dilatant par un effort musculaire, fait varier son volume, et produit des effets analogues à ceux qu'on vient d'observer dans le ludion ; c'est-à-dire qu'il s'abaisse ou s'élève à volonté au sein des eaux.

100. **Natation.** — Le corps humain, à volume égal, est généralement plus léger que l'eau douce : aussi peut-il flotter naturellement sur ce liquide, et mieux encore sur l'eau salée de la mer, qui est plus dense. La difficulté de la natation est donc moins de se maintenir à la surface de l'eau que de pouvoir tenir la tête hors du liquide, afin de respirer librement. Or, chez l'homme, la tête, ayant un grand poids par rapport aux membres inférieurs, tend à plonger ; c'est ce qui fait que la natation est pour l'homme un art qu'il doit cultiver. Chez les quadrupèdes, au contraire, la tête, pesant moins que la partie postérieure du corps, peut sans effort demeurer hors de l'eau ; aussi ces animaux nagent-ils naturellement.

POIDS SPÉCIFIQUES, ARÉOMÈTRES A VOLUME CONSTANT.

101. **Détermination des poids spécifiques.** — On a déjà vu (41) que le poids spécifique d'un corps, soit solide, soit liquide, est le rapport, à volume égal, du poids de ce corps à celui de l'eau distillée et à la température de 4 degrés. D'après cette définition, pour calculer le poids spécifique d'un corps, il suffit de déterminer son poids et celui d'un égal volume d'eau à 4 degrés, puis de diviser le premier poids par le second : le quotient qu'on obtient est le poids spécifique cherché, celui de l'eau étant pris pour unité.

Trois méthodes sont employées pour déterminer les poids spécifiques des solides et des liquides : la *méthode de la balance hydrostatique*, celle des *aréomètres* et celle du *flacon*. Toutes les trois reviennent, ainsi qu'il vient d'être dit, à chercher d'abord le poids du corps, puis celui d'un égal volume d'eau. Nous allons successivement appliquer ces diverses méthodes à la recherche des poids spécifiques des solides et des liquides.

102. **Poids spécifiques des solides.** — 1^o *Méthode de la balance hydrostatique.* — Pour obtenir le poids spécifique d'un solide non soluble dans l'eau, au moyen de la balance hydrostatique (fig. 53), on pèse d'abord ce corps dans l'air, puis, le suspendant au crochet de la balance, on le pèse dans l'eau. La perte de poids que l'on constate alors est, d'après le principe d'Archimède, le poids d'un volume d'eau égal à celui du corps ; il ne reste donc plus qu'à diviser le poids du corps dans l'air par la perte de poids qu'il éprouve dans l'eau. Le quotient est le poids spécifique cherché (101).

Si P représente le poids du corps dans l'air, P' son poids dans l'eau, et D son poids spécifique, le poids de l'eau déplacée étant P - P', on a $D = \frac{P}{P - P'}$.

2^o *Méthode de l'aréomètre de Nicholson.* — L'*aréomètre de Nicholson* est un appareil flotteur qui sert à déterminer les poids spécifiques des solides. Il se compose d'un cylindre creux de fer-blanc (fig. 58), auquel est suspendu un cône C rempli de plomb. Celui-ci a pour objet de lester l'appareil de manière que son centre de gravité se trouve au-dessous du centre de pression, condition nécessaire pour que l'équilibre soit stable (97). A la partie supérieure, l'appareil se termine par une tige et un plateau A ; ce dernier est destiné à recevoir des poids et le corps dont on cherche le poids spécifique. Enfin, sur la tige, en o, est marqué un trait qu'on nomme *point d'affleurement*, et qui sert à indiquer quand l'appareil plonge de la même quantité.

Pour expérimenter avec cet instrument, on cherche d'abord le