# CHAPITRE V.

## HYDROSTATIQUE.

Principe d'égalité de pression dans les liquides. — Surface libre des liquides pesants en équilibre. — Pressions sur les parois des vases. — Presse hydraulique. — Vases communiquants.

### Principe d'égalité de pression dans les liquides. — Surface libre des liquides pesants en équilibre.

76. *Hydrostatique.* — On désigne sous ce nom la partie de la physique qui a pour objet les lois de l'équilibre des liquides et des pressions qu'ils exercent sur les vases qui les renferment.

77. *Principe d'égalité de pression dans les liquides.* — Ce principe, posé pour la première fois par Pascal, découle de la définition même des liquides; il résulte de la grande mobilité de leurs molécules, de la facilité avec laquelle elles glissent et roulent sur elles-mêmes au moindre effort. En voici l'énoncé: *Toute pression exercée sur une portion plane de la surface d'un liquide se transmet intégralement, à travers sa masse, à chaque portion égale des parois du vase qui le renferme;* en d'autres termes, *les liquides transmettent dans tous les sens, et avec une égale intensité, les pressions exercées sur une portion quelconque de leur surface.*

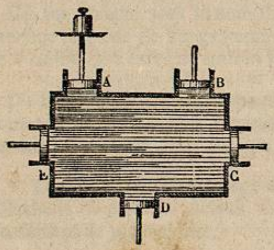

Fig. 44.

Soit un vase de forme quelconque (*fig.* 44), dont les parois portent des ouvertures d'égale étendue et fermées par des pistons mobiles. Supposons ce vase exactement rempli d'un liquide, que nous admettrons, pour la rigueur de la démonstration, sans pesanteur et incompressible. Si sur le piston A nous exerçons une pression quelconque, de 10 kil. par exemple, cette pression va se transmettre



instantanément, et sans rien perdre de sa valeur, sur la face interne de chacun des autres pistons B, C, D, E. Chacun de ces pistons recevra donc de dedans en dehors, et perpendiculairement à sa surface, la pression de 10 kil. exercée sur le premier piston A. Il en sera de même pour chaque portion des parois du vase d'une surface égale à celle de ce piston. Par conséquent, pour des surfaces deux, trois, quatre fois plus grandes, la pression serait 20, 30, 40 kil., c'est-à-dire *proportionnelle à l'étendue de la surface.*

Nous avons dit que les gaz, en raison de l'extrême mobilité de leurs molécules, sont soumis à ce même principe. Donc, si le vase, au lieu de contenir de l'eau, était plein d'air ou de tout autre gaz, et que l'on exerçât sur un des pistons, en A je suppose, une pression quelconque, il faudrait, pour empêcher les autres pistons B, C, D, E d'être chassés au dehors, exercer sur chacun d'eux une pression égale. Si l'un des pistons avait une surface double, triple, etc., la pression qu'il supporterait serait elle-même doublée, triplée, etc., c'est-à-dire augmentée proportionnellement à l'étendue de la surface.

78. *Conditions d'équilibre des liquides.* — Pour qu'un liquide soumis à l'action de la pesanteur soit en équilibre, il doit remplir les deux conditions suivantes :

1re Condition. *La surface libre d'un liquide en équilibre doit être, en chaque point, perpendiculaire à la direction de la pesanteur.* Supposons, en effet (*fig.* 45), une masse liquide ABCD dont la surface libre aurait pris la direction inclinée AB. L'action verticale de la pesanteur P sur une molécule $m$ de cette surface pourrait alors se décomposer en deux forces, dont l'une

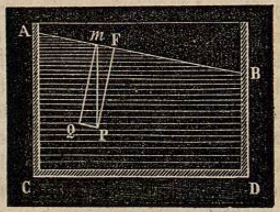

Fig. 45.

Q, perpendiculaire à la surface du liquide, serait détruite par sa résistance; tandis que l'autre F, tangente à la surface, ferait glisser la molécule $m$ dans la direction $m$B. Le même raisonnement pouvant s'appliquer à toute autre molécule de la surface AB, il est évident que l'équilibre ne saurait avoir lieu tant que cette surface n'aura pas repris l'horizontalité, c'est-à-dire une direction perpendiculaire à la verticale.

*Conséquences.* Les surfaces liquides d'une petite étendue doivent être planes et horizontales, puisque les verticales de tous leurs points sont sensiblement parallèles. Mais pour les surfaces d'une grande étendue, comme celle des mers, il n'en peut être ainsi. Ces surfaces devant être, en chaque lieu, perpendiculaires à la verticale, c'est-à-dire à la direction de la pesanteur effective, doivent prendre une courbure sensiblement sphérique, laquelle courbure, supposée prolongée sous les continents, donne le véritable niveau de la surface du globe. Voilà pourquoi le *niveau des mers* a été pris comme point de départ pour mesurer l'altitude des montagnes ou autres lieux de la surface de la terre.

2e Condition. *Une molécule quelconque d'une masse liquide en équilibre doit éprouver dans tous les sens des pressions égales et contraires.* Cette condition est indispensable ; car si une molécule éprouvait dans un sens une pression plus forte que dans le sens opposé, il est évident qu'elle obéirait à la plus forte pression et se mettrait en mouvement : l'équilibre cesserait alors d'exister.

### Pressions sur les parois des vases.

**79.** *Pressions exercées par les liquides sur les parois des vases qui les contiennent.* — Nous diviserons d'après leur direction les pressions que les liquides exercent, en vertu de la pesanteur, sur les parois des vases qui les contiennent. Nous aurons donc à examiner trois ordres de pressions : 1° les *pressions verticales de haut en bas ;* 2° les *pressions verticales de bas en haut ;* 3° les *pressions latérales.*

1° *Pressions verticales de haut en bas.* La pression qu'exerce un liquide en équilibre sur le fond d'un vase est *indépendante de la forme de ce vase.* Elle ne dépend que de l'étendue de la paroi pressée et de la hauteur du niveau au-dessus de cette paroi. *Elle est égale au poids d'une colonne verticale de liquide qui aurait pour base le fond du vase et pour hauteur la distance de ce fond à la surface libre.* En appelant $p$ cette pression, $f$ le fond du vase, $h$ la hauteur du liquide, $d$ sa densité, et $g$ l'intensité de la pesanteur, on aura $p = fhdg$.

On démontre expérimentalement ce principe au moyen de



l'appareil de Haldat. Cet appareil (*fig.* 46) se compose d'un tube coudé DEFG. Sur la branche verticale ED peuvent se visser successivement des vases $m$, $a$, $b$, de forme et de capacité différentes. Pour faire l'expérience, on verse du mercure dans le tube DEFG jusqu'au niveau correspondant au robinet R, et l'on marque l'autre niveau K de ce liquide dans la branche FG. Ces deux niveaux sont nécessairement sur un même plan horizontal IK. On visse alors successivement les trois vases $m$, $a$, $b$, et on les remplit d'eau jusqu'à la même hauteur H. La pression exercée par cette eau sur le niveau I qui constitue le fond des différents vases, fait alors monter le mercure d'une certaine quantité K$r$, *qui est la même pour tous les vases*, ce qui démontre le principe énoncé.

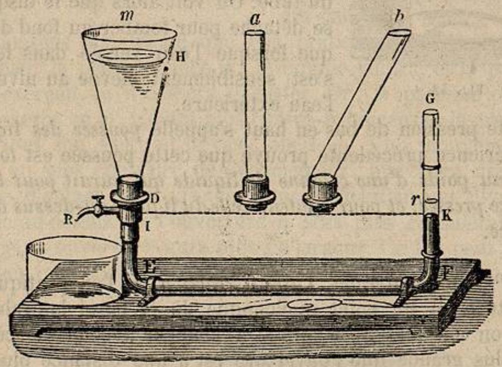


Fig. 46.

2° *Pressions verticales de bas en haut.* Soit un vase ayant la forme indiquée par la *fig.* 47, et rempli de liquide jusqu'en H ; la pression exercée *de bas en haut* sur la paroi supérieure AD *est égale au poids d'une colonne liquide qui aurait pour base la surface annulaire* AD *et pour hauteur la distance de cette surface au niveau* H. Ce fait, qui résulte du principe d'égalité de pression, peut se démontrer par l'expérience. On prend pour cela (*fig.* 48) un tube en verre A ouvert à ses deux

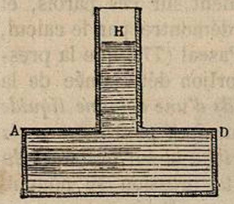


Fig. 47.

extrémités. Un disque en verre dépoli B, servant d'obturateur, est appliqué contre l'extrémité inférieure du tube et soutenu d'abord dans cette position par un fil. On plonge alors l'appareil dans l'eau, puis on abandonne le fil à lui-même. Le disque reste appliqué contre le tube, ce qui prouve déjà que la pression que l'eau exerce sur lui de bas en haut est supérieure à son poids. Pour démontrer que cette pression est bien égale au poids d'un cylindre de liquide qui aurait pour base la surface du disque, et pour hauteur la distance de ce disque à la surface libre du liquide, il suffit de verser de l'eau dans l'intérieur du tube. On voit alors que le disque ne se détache pour tomber au fond du vase que lorsque l'eau versée dans le tube s'est sensiblement élevée au niveau de l'eau extérieure.

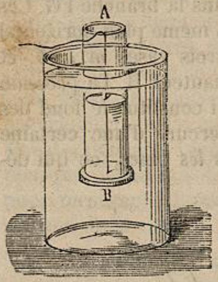

Fig. 48.

Cette pression de bas en haut s'appelle *poussée des liquides*. L'expérience précédente prouve que cette poussée est *toujours égale au poids d'une colonne de liquide qui aurait pour base la surface pressée, et pour hauteur celle du liquide au-dessus de cette surface*.

3° *Pressions latérales. Vases à réaction*. Si l'on pratique une ouverture en un point quelconque de la paroi latérale d'un vase, on voit aussitôt le liquide s'échapper avec une force d'autant plus grande que l'ouverture est à une distance plus considérable au-dessous de la surface libre du liquide. Ce fait est la conséquence des pressions latérales que les liquides exercent sur les parois des vases qui les renferment. Ces pressions sont toujours perpendiculaires aux parois, car, si elles étaient obliques, les molécules du liquide glisseraient sur ces parois, et l'équilibre ne pourrait avoir lieu. On démontre par le calcul, et en s'appuyant sur le principe de Pascal (77), que la pression exercée par un liquide sur une portion déterminée de la paroi latérale d'un vase *est égale au poids d'une colonne liquide qui aurait pour base cette portion de paroi, et pour hauteur la distance verticale de son centre de gravité à la surface libre du liquide*. Le point d'application de cette pression se nomme *centre de pression*. Il est toujours un peu au-dessous du centre de gravité de la paroi, par la raison que les pressions élémentaires qui forment la pression totale augmentent depuis la surface liquide jusqu'au fond du vase.



Le principe des pressions latérales explique le mouvement de recul produit par l'écoulement d'un liquide. Soit un vase prismatique rempli de liquide et reposant sur un petit chariot très-mobile (*fig.* 49). Considérons deux petites surfaces opposées $m$ et $n$ d'égale étendue et prises à volonté sur les parois latérales. Ces deux surfaces éprouvent dans des directions contraires des pressions égales et opposées qui sont détruites par la résistance des parois.

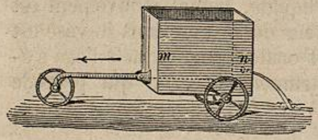

Fig. 49.

Supposons maintenant que l'on pratique une ouverture en détachant la petite surface $n$ ; le liquide jaillira, et la pression qui s'exerçait en $n$ cessera d'exister. Or, la pression opposée qui s'exerce en $m$, n'étant plus contre-balancée par la première, aura tout son effet ; et le vase, obéissant à un mouvement de recul en sens contraire de l'écoulement, marchera avec une vitesse d'autant plus grande, que la hauteur du niveau du liquide au-dessus de l'ouverture $n$ sera plus considérable, et que cette ouverture aura plus de largeur. Ce fait peut encore être mis en évidence à l'aide du *tourniquet hydraulique*.

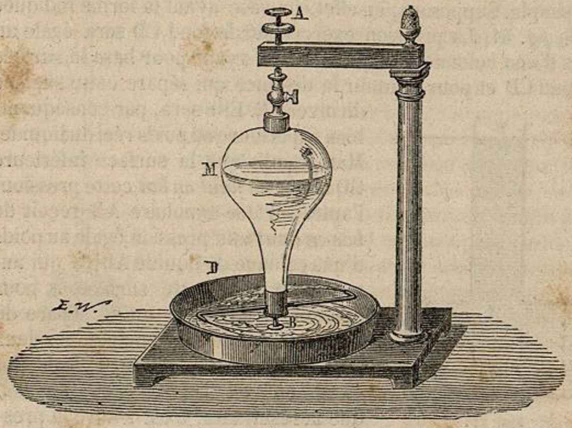

Fig. 50.

Ce petit instrument (*fig.* 50) se compose d'un vase de cristal M reposant sur un pivot, de manière à pouvoir tourner librement autour d'un axe vertical AB fixé au centre d'un bassin D. L'extrémité inférieure du vase communique au moyen d'un robinet avec deux tubes horizontaux coudés en sens contraire à leurs extrémités. L'appareil étant rempli d'eau, on le voit, dès que l'écoulement a lieu, prendre un mouvement de rotation en sens opposé à celui du liquide, lequel mouvement est d'autant plus rapide que la hauteur du niveau dans le vase est plus grande, et que la section des orifices par lesquels l'eau s'échappe est plus large. Cet instrument et celui qui précède sont nommés *vases à réaction*.

80. *Paradoxe hydrostatique.* — Nous avons vu (79) que la pression exercée par un liquide sur le fond d'un vase ne dépend ni de la forme du vase ni de la quantité du liquide qu'il contient, mais seulement de la hauteur du niveau de ce liquide au-dessus du fond horizontal. Or, il ne faut pas confondre cette pression avec le poids réel du liquide, c'est-à-dire la force qui solliciterait le plateau d'une balance sur lequel on aurait placé le vase.

La pression exercée par un liquide sur le fond d'un vase peut être en effet beaucoup plus grande ou beaucoup plus petite que son poids ; dans quelques cas, elle peut lui être égale. C'est parce que ce fait semble au premier abord paradoxal, qu'il a reçu le nom de *paradoxe hydrostatique*. Son explication est cependant fort simple. Supposons, en effet, un vase ayant la forme indiquée par la *fig.* 51. La pression exercée sur le fond CD sera égale au poids d'une colonne de liquide CDHG ayant pour base la surface du fond CD et pour hauteur la distance qui sépare cette surface du niveau E. Elle sera, par conséquent, bien supérieure au poids réel du liquide. Mais, tandis que la surface inférieure CD reçoit de *haut en bas* cette pression, l'autre surface annulaire AB reçoit de *bas en haut* une pression égale au poids d'une colonne de liquide ABHG qui aurait pour base cette surface, et pour hauteur la distance qui la sépare du niveau E. Or, en retranchant ces deux pressions l'une de l'autre, puisqu'elles s'exercent en sens inverse, on voit que la résultante, c'est-à-dire la pres-

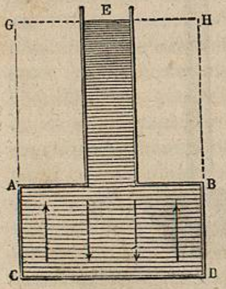


Fig. 51.





sion effective qu'exercerait le liquide sur le plateau d'une balance, est précisément égale au poids du volume réel ABCDE du liquide que contient le vase.

Une expérience bien connue donne une idée des pressions considérables auxquelles peuvent être soumises, intérieurement et dans tous les sens, les parois des vases remplis d'un liquide dont le niveau est très-élevé au-dessus d'elles. On adapte verticalement à la face supérieure d'un tonneau rempli d'eau et reposant sur le sol (*fig.* 52) un tube de verre étroit et long de plusieurs mètres. Cela fait, si l'on verse de l'eau dans ce tube, on voit bientôt le tonneau se disloquer et finir par se rompre sous l'influence de l'énorme pression intérieure que lui communique la colonne d'eau contenue dans le tube. Cette pression est, en réalité, la même que si le tube avait le diamètre du tonneau, et il est facile de l'évaluer numériquement.

Supposons, en effet, que la colonne d'eau versée dans le tube ait 5 mètres de hauteur et que la section de ce tube soit de 2 centimètres carrés. Le poids de la colonne d'eau sera, à la base du tube, de 1 kilogramme. Or, cette pression se transmettant intégralement et dans tous les sens à la surface intérieure du tonneau, on voit que *chaque élément de cette surface égal à la section du tube* supportera un effort de 1 kilogramme, plus l'effort exercé par l'eau que contient le tonneau. Considérons seulement la base supérieure du tonneau et supposons que son rayon soit de 40 centimètres. En appliquant la formule $\pi R^2$ de la surface du cercle, nous trouvons pour la surface de cette base 5024 centimètres carrés, ce qui donne une pression totale de bas en haut de 2512 kilogr. En supposant que le tonneau ait 1 mètre de hauteur, on trouverait par le même calcul que la pression supportée de haut en bas par sa base inférieure serait de $3014^{\text{kilog}},400^{\text{gr}}$.

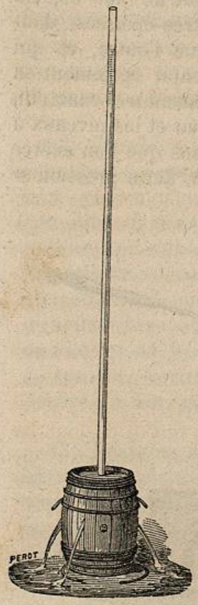

Fig. 52.

Ce résultat nous montre le danger que peut offrir une simple fissure faisant communiquer les eaux pluviales ou autres avec un réservoir d'eau profondément situé. Si solide que soit ce réservoir, il pourra, si la fissure se remplit, céder sous l'effort et se disloquer.

*Remarque*. Lorsqu'on plonge un corps dans un liquide, la surface de ce corps supporte dans tous les sens une pression d'autant plus forte que la densité du liquide est plus grande et que le corps est plongé plus profondément. Une enveloppe formée de verre mince peut être brisée par cette pression. De là la nécessité de recouvrir d'un étui métallique, pour les garantir de toute rupture ou déformation, les thermomètres destinés à mesurer les températures de la mer à de grandes profondeurs.

### Presse hydraulique. Vases communiquants.

81. *Presse hydraulique*. — Cet appareil, dont l'invention est attribuée à Pascal, repose sur le principe d'égalité de pression dans les liquides. Il se compose essentiellement (*fig.* 53) de deux cylindres en fonte A et D, à parois très-épaisses, dont l'un a un diamètre beaucoup plus grand que l'autre, et qui communiquent ensemble par un tuyau horizontal également en fonte. Dans chaque cylindre se meut, à frottement très-exact, un piston. Les deux cylindres étant remplis d'eau et les niveaux à la même hauteur dans chacun d'eux, supposons que l'on exerce une pression de 100 kil. sur le petit piston $p$. Cette pression se

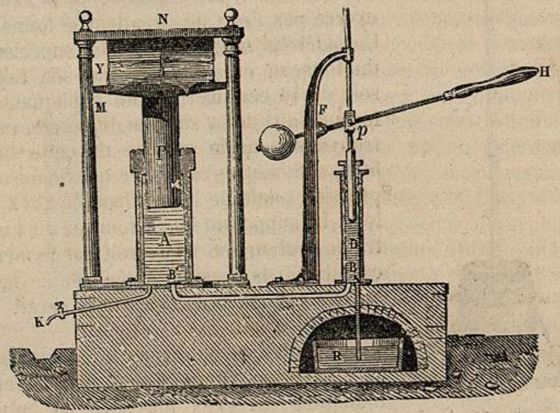


Fig. 53.



transmettant aussitôt dans toute la masse liquide, chaque portion de la surface du grand piston égale à la section du petit recevra de bas en haut une pression de 100 kil. Or, si la surface du grand piston est 10 fois plus grande que celle du petit, la pression totale que recevra le premier sera égale à $100 \times 10$ ou 1000 kil.

Le piston P porte un plateau métallique M destiné à recevoir le corps Y que l'on veut comprimer : au-dessus de ce plateau est une plate-forme en fonte N qui sert de point d'appui. Un levier FH est adapté au petit piston pour le faire mouvoir ; en outre, les deux cylindres sont munis d'un système de soupapes B, B', et d'un réservoir R propre à rendre la compression continue en fournissant la quantité d'eau nécessaire pour remplir le cylindre A à mesure que le piston P s'élève. Un robinet K sert à retirer l'eau de l'appareil quand on veut faire cesser la compression.

La presse hydraulique est en usage dans la fabrication de la poudre de guerre, du papier, des huiles grasses, des argiles à briques ; pour fouler les draps, pour extraire le suc des betteraves, pour séparer l'oléine de la stéarine dans la fabrication des bougies, dans tous les travaux, en un mot, qui nécessitent de grandes pressions.

82. *Équilibre des liquides superposés.* — Quand plusieurs liquides de densités différentes sont contenus dans un même vase, chacun d'eux doit satisfaire aux conditions générales de l'équilibre d'un seul liquide (78) ; il faut de plus, pour que l'équilibre soit stable, que ces liquides se superposent par ordre de densités décroissantes de bas en haut. On démontre ce principe en mettant dans un vase du mercure, de l'eau et de l'huile. Quand on agite le vase, les liquides se mélangent momentanément ; mais aussitôt qu'on les laisse en repos, ils se séparent d'eux-mêmes en tranches horizontales et se superposent de bas en haut dans l'ordre qui correspond à leurs densités : mercure, eau et huile.

83. *Équilibre des liquides dans les vases communiquants.* — Cet équilibre présente deux cas à considérer, selon que les vases qui communiquent entre eux ne renferment qu'un seul liquide homogène ou qu'ils contiennent des liquides de densités différentes.

1er *Cas*. Pour qu'un liquide homogène soit en équilibre dans deux ouu plsieurs vases communiquants, *il faut que les niveaux* *de ce liquide, dans les différents vases, soient tous à la même hauteur,* c'est-à-dire *sur un même plan horizontal.*

Supposons en effet les trois vases A, B, C (*fig.* 54), communiquant entre eux ; et considérons, dans le tube de communication, une tranche liquide *mn*. Pour que les molécules qui composent cette tranche soient en équilibre, il faut que les pressions qu'elles supportent de chaque côté soient égales. Or, ces pressions sont équivalentes au poids d'une colonne du liquide qui aurait pour base l'étendue de la tranche que nous considérons, et pour hauteur, la distance verticale de son centre de gravité au niveau du liquide (**79**). Il faudra donc que la surface libre du liquide soit à la même hauteur, dans chaque vase, pour que les pressions soient égales de chaque côté, et que, par suite, l'équilibre ait lieu.

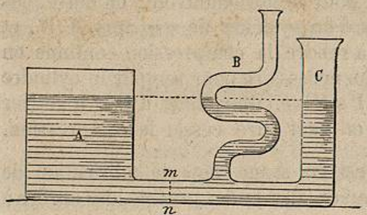

Fig. 54.

C'est sur ce principe, que l'on traduit vulgairement en disant que *l'eau tend sans cesse à reprendre son niveau,* que repose l'explication des phénomènes naturels relatifs aux fontaines, aux sources jaillissantes et aux puits artésiens. C'est sur lui également que repose la construction des écluses, des jets d'eau, et des canaux souterrains destinés à faire arriver l'eau de sources plus ou moins éloignées dans des réservoirs placés à la même hauteur, pour la distribuer ensuite dans les villes*.

2[e] *Cas.* Lorsque deux liquides de densités différentes et sans action chimique l'un sur l'autre sont contenus dans deux

* A défaut de sources assez hautes, l'eau, prise dans une rivière, dans un lac, etc., est élevée dans les réservoirs au moyen de machines hydrauliques ou à vapeur. Tout le monde connaît la *machine de Marly*, construite sous Louis XIV par un ingénieur hollandais, pour faire monter les eaux de la Seine, à 162 mètres de hauteur, dans un aqueduc qui les conduisait ensuite à Versailles. Cette machine, depuis longtemps hors de service, est aujourd'hui remplacée par une puissante machine à vapeur qui envoie directement les eaux du fleuve dans de vastes réservoirs. De ces réservoirs partent une foule d'artères qui les distribuent dans la ville et dans les jardins, où, par suite de l'élévation de leur niveau au-dessus du sol, elles peuvent se répandre en cascades ou s'élever en jets d'une grande puissance.



vases communiquants, *les hauteurs des colonnes liquides qui se font équilibre sont en raison inverse de leurs densités.*

Soient (*fig.* 55) les deux vases communiquants A et B. Supposons qu'on ait versé d'abord du mercure, et que dans le vase B on verse ensuite de l'eau. Le poids de la colonne d'eau CN fera aussitôt baisser le niveau N du mercure dans le vase B et le soulèvera dans l'autre vase A jusqu'en M. Or, si nous concevons un plan horizontal ON passant par la surface de séparation de l'eau et du mercure, nous voyons que la colonne mercurielle OM fait équilibre à la colonne d'eau CN. Mesurant alors ces deux colonnes, nous trouvons que la première est environ 13 fois et demie plus petite que la seconde ; ce qui démontre le principe énoncé, puisque le mercure a une densité environ 13 fois et demie (13,59) plus grande que celle de l'eau.

Fig. 55.

*Remarque.* — Le tube A est ici représenté comme ayant un diamètre égal à celui du tube B. Mais on obtiendrait le même résultat avec des tubes de diamètres inégaux, pourvu cependant que le plus petit ait un diamètre suffisant pour rendre insensibles les effets de la capillarité. Le tube A fût-il alors cent fois plus large que le tube B, le mercure, en vertu du principe d'égalité de pression, s'élèverait toujours jusqu'au niveau M, c'est-à-dire à une hauteur treize fois et demie moindre que celle de la colonne d'eau.

**84.** *Niveau d'eau.* — Cet instrument (*fig.* 56), dont on se sert pour prendre des nivellements de terrain, repose sur le principe de l'équilibre des liquides dans les vases communiquants. Il est formé d'un tube CD en fer-blanc ou en laiton,

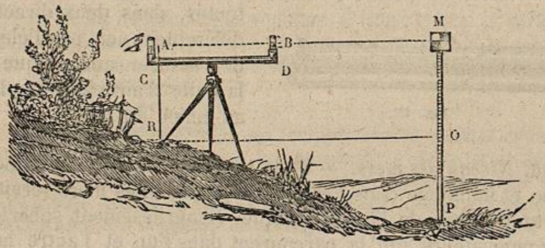

Fig. 56.

d'environ un mètre de longueur, et dont les deux extrémités, coudées à angle droit, portent deux tubes en verre A et B. Un pied à trois branches articulées soutient l'appareil. Pour s'en servir, on le dispose horizontalement et l'on y verse de l'eau jusqu'à ce que le liquide apparaisse dans les deux tubes de verre. Quand l'équilibre est établi, les deux niveaux en A et en B sont sur le même plan horizontal.

L'appareil étant ainsi disposé, supposons qu'on veuille déterminer la hauteur d'un point R du sol au-dessus d'un autre point P. On place verticalement en ce dernier point une règle en bois appelée *mire* pouvant s'allonger ou se raccourcir à volonté au moyen d'une double tige à coulisse, et portant à son extrémité supérieure une plaque en fer-blanc de forme carrée, au centre de laquelle est un point de repère M. Un observateur dirige alors sur la mire un rayon visuel passant par les deux niveaux A et B. Un aide auquel est confiée la mire l'allonge ou la raccourcit sur les signes que lui fait l'observateur, jusqu'à ce que le point de repère se trouve sur le prolongement du rayon visuel. Il suffit alors, pour connaître la hauteur du point R au-dessus du point P, de soustraire la hauteur AR du niveau d'eau au-dessus du sol de la longueur MP de la mire. La différence OP est la hauteur cherchée.

85. *Niveau à bulle d'air.* — Ce petit instrument (*fig.* 57) est fréquemment employé pour vérifier l'horizontalité d'un plan ou de l'axe d'une lunette. Il se compose d'un tube de verre légèrement bombé, fermé à ses deux extrémités, et rempli d'eau dans laquelle on a laissé une bulle d'air *mn*. Ce tube est contenu dans une gaîne en cuivre, percée d'une ouverture elliptique qui permet de voir sa partie supérieure, et qui repose sur une plaque du même métal. Pour reconnaître si une surface est horizontale, il suffit d'y placer l'instrument, réglé une fois pour toutes, dans deux directions différentes, non parallèles, et de s'assurer que chaque fois la bulle d'air vient se placer au milieu du tube.

Fig. 57.

86. *Niveau des mers.* — Si la terre était parfaitement homogène et immobile dans l'espace, la surface des mers serait, en vertu des lois de l'hydrostatique, rigoureusement sphérique. Les navigateurs qui la parcourent dans l'un et l'autre hémisphère se trouveraient en même temps à distance égale du centre de la terre. Mais la présence des montagnes qui bordent certaines côtes, et surtout la force centrifuge résultant du mouvement de rotation de la terre sur son axe, empêchent qu'il en soit ainsi. L'attraction des montagnes élève dans leur voisinage la surface des eaux ; la force centrifuge, plus grande à l'équateur que vers les pôles, maintient les océans, dans les régions équatoriales, à un niveau plus élevé.



Toutefois, les mers, sauf la mer Caspienne, communiquant toutes entre elles, leurs niveaux, aux mêmes latitudes, doivent être sensiblement à la même hauteur. Pendant longtemps on avait cru que le niveau de la mer Rouge était plus élevé d'une dizaine de mètres que celui de la mer Méditerranée ; mais le percement de l'isthme de Suez a fait voir, de nos jours, que ces deux mers sont au même niveau. Pareillement, des travaux de nivellement exécutés avec le plus grand soin des deux côtés de l'isthme de Panama, nous ont appris que l'océan Pacifique et la mer des Antilles sont sensiblement au même niveau, ce qui rend possible l'exécution du projet depuis longtemps formé de réunir les deux océans par un canal de navigation. Seul, le niveau de la mer Caspienne, laquelle est isolée de toutes parts, se trouve à 26 mètres plus bas que celui de la mer Noire.

**Résumé.**

I. On appelle *hydrostatique* la partie de la physique qui traite des lois de l'équilibre des liquides.

II. Les liquides transmettent dans tous les sens et avec une égale intensité les pressions qu'ils supportent.

III. Pour qu'un liquide soit en équilibre, il faut : 1° que sa surface libre soit en chaque point perpendiculaire à la direction de la pesanteur ; 2° que chacune des molécules qui le composent soit également pressée dans tous les sens.

IV. La pression qu'un liquide en équilibre exerce de *haut en bas*, c'est-à-dire sur le fond d'un vase, est indépendante de la forme de ce vase. Elle est égale au poids d'une colonne verticale de liquide qui aurait pour base le fond du vase et pour hauteur la distance de ce fond à la surface libre. On démontre ce principe au moyen de l'appareil de Haldat.

V. La pression de *bas en haut*, que l'on appelle *poussée* des liquides, est égale au poids d'une colonne de liquide qui aurait pour base la surface pressée et pour hauteur la distance de cette surface au niveau du liquide.

VI. Les pressions latérales qu'exercent les liquides sur les parois des vases sont égales, pour chaque élément de surface pressée, au poids d'une colonne de liquide qui aurait pour base cet élément, et pour hauteur la distance de son centre de gravité à la surface libre du liquide.

VII. La *presse hydraulique* est un appareil destiné à développer de fortes pressions. Elle repose sur le principe d'égalité de pression.

VIII. Quand plusieurs liquides de densités différentes sont contenus dans un même vase, ils se superposent de bas en haut dans l'ordre de leurs densités.

IX. Pour qu'un liquide homogène soit en équilibre dans deux ou plusieurs vases communiquants, il faut que les niveaux de ce liquide, dans les différents vases, soient tous à la même hauteur, c'est-à-dire sur un même plan horizontal. Le *niveau d'eau* dont on se sert pour prendre des nivellements de terrain repose sur ce principe.

X. Lorsque deux liquides de densités différentes et sans action chimique l'un sur l'autre sont contenus dans deux vases communiquants, les hauteurs des colonnes liquides qui se font équilibre sont en raison inverse de leurs densités.

# CHAPITRE VI.

Principe d'Archimède. — Poids spécifiques. — Aréomètres. — Phénomènes capillaires. — Endosmose et exosmose.

## Principe d'Archimède.

87. *Principe d'Archimède.* — L'équilibre des corps plongés dans les liquides repose sur le principe suivant, découvert par Archimède : *Tout corps plongé dans un liquide subit de la part de ce dernier une poussée dirigée verticalement, de bas en haut, et égale au poids du volume de liquide déplacé*, ce que l'on peut exprimer encore en disant que *tout corps plongé dans un liquide*



*perd une partie de son poids égale au poids du volume de liquide qu'il déplace.*

Ce principe qui, ainsi que nous le verrons plus loin, s'applique également aux gaz, peut se démontrer de deux manières : par le *raisonnement* et par l'*expérience*.

1° *Démonstration par le raisonnement.* Soit (*fig.* 58) une masse de liquide en équilibre ABCD. Supposons qu'une partie quelconque de cette masse *m* se solidifie sans changer de densité : il est évident que l'équilibre ne sera pas troublé. Or, les pressions que supporte cette portion solidifiée de la part du liquide qui l'enveloppe peuvent se décomposer en pressions horizontales et en pressions verticales agissant perpendiculairement à sa surface. Les premières sont nécessairement détruites, puisqu'elles sont égales pour chacun des points directement opposés. Quant aux pressions verticales, leur résultante, qui n'est autre chose que la *poussée* du liquide, est évidemment égale au poids même de la masse solidifiée *m*, ou, en d'autres termes, *au poids du liquide déplacé*, auquel elle fait équilibre. Si nous remplaçons maintenant la masse *m* par un corps quelconque ayant la même forme, ce corps éprouvera de bas en haut la même pression, et perdra par conséquent une partie de son poids égale au poids du liquide dont il tient la place *.

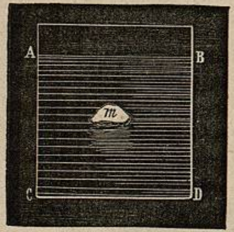

Fig. 58.

2° *Démonstration par l'expérience.* On prend (*fig.* 59) deux petits cylindres métalliques C' et C, dont l'un est plein et l'autre creux. Le premier peut entrer à frottement dans l'autre, *de telle sorte que la capacité du cylindre creux est précisément égale au volume du cylindre plein.* On suspend alors ces deux cylindres à l'un des plateaux A de la *balance hydrostatique***, en ayant

* Cette expression *perd une partie de son poids* ne veut pas dire que la pesanteur cesse d'agir en partie sur le corps ; elle signifie seulement que l'effort nécessaire pour soutenir le corps plongé dans une masse liquide diminue d'une quantité égale au poids du volume de liquide déplacé par le corps.

** Cette balance ne diffère de la balance ordinaire que par un petit crochet soudé au-dessous de chacun des plateaux et par une crémaillère qui permet d'élever ou d'abaisser le fléau à volonté.