CHAPITRE II

HYDROSTATIQUE DES LIQUIDES

I. — ÉQUILIBRE DES LIQUIDES. — PRINCIPES FONDAMENTAUX.

69. **Objet de l'hydrostatique.** — L'hydrostatique a pour objet l'étude des fluides à l'état d'équilibre.

Elle se divise en deux parties, l'une relative aux liquides, l'autre relative aux gaz. Nous nous occuperons spécialement, dans ce chapitre, de ce qui concerne l'équilibre des liquides.

70. **Principe fondamental de l'hydrostatique** ou **principe de la transmission des pressions.** — L'hydrostatique tout entière repose sur le principe suivant, énoncé par Pascal :

Si sur une portion plane de la surface d'un liquide on exerce une pression déterminée, cette pression se transmet intégralement à toute portion de paroi plane ayant une surface égale à la première.

On trouve une confirmation de ce principe dans la *presse hydraulique*, dont la première idée est due à Pascal. — Réduite à sa plus simple expression, cette machine se compose de deux cylindres verticaux A et B (*fig.* 52), de diamètres différents, et communiquant entre eux par un tube CD. Dans chacun des cylindres est placé un piston; l'intervalle compris entre les deux pistons est entièrement plein d'eau.

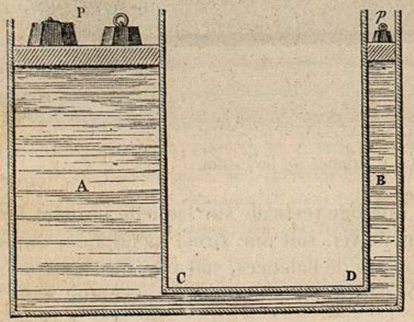

Fig. 52.

Supposons, pour fixer les idées, que la surface du plus grand piston P soit égale à 100 fois celle du plus petit p. Plaçons sur le petit piston un poids de 20 kilogrammes, par exemple; il exercera sur le liquide qui est

au-dessous de lui une pression verticale. Cette pression, d'après le principe énoncé, doit se transmettre sans altération à toute portion égale à p, prise sur la face inférieure du piston P; donc, si le principe est exact, la pression totale transmise à ce dernier piston doit être égale à 100 fois 20 kilogrammes. On reconnait en effet, après avoir chargé le piston p du poids de 20 kilogrammes, que le piston P tend à s'élever dans le cylindre A, et que, pour le maintenir dans sa position première, il faut le charger d'un poids égal à 2000 kilogrammes.

Nous décrirons plus loin (chapitre VI) la presse hydraulique, telle qu'elle est utilisée dans l'industrie.

71. **Remarque sur l'application du principe qui précède aux liquides pesants.** — D'après ce qui précède, toutes les fois qu'on exerce une pression sur une portion de la surface d'un liquide, on peut dire que, *si le liquide était soustrait à l'action de la pesanteur*, des portions planes et égales de la paroi supporteraient partout des pressions égales.

En réalité, nous verrons bientôt que l'action de la pesanteur sur les divers points du liquide produit un accroissement dans la pression sur les parois, accroissement d'autant plus grand que les portions de parois considérées sont situées plus bas. Dans la presse hydraulique, les pressions dues à la pesanteur étant généralement très petites par rapport à celles qui résultent des actions exercées sur les pistons, tout se passe à peu près comme si le liquide n'était pas pesant. Mais, dans les cas où ces deux espèces de pressions sont du même ordre de grandeur, on doit considérer la pression totale, sur une portion de paroi déterminée, comme la somme de la pression due aux *actions extérieures* et de la pression due *au poids du liquide*. — Nous savons calculer la première; nous verrons bientôt comme on évalue la seconde.

72. **La pression exercée sur un élément de paroi par un liquide en équilibre est toujours normale à cet élément.** — Quelle que soit l'origine de la pression exercée sur un élément de paroi par un liquide en équilibre, cette pression est toujours *normale* à l'élément considéré. — En effet, si la pression était oblique, elle pourrait se décomposer en deux forces, l'une normale, et l'autre située dans le plan même de l'élément; cette dernière aurait pour effet de faire glisser sur la paroi les molécules liquides sur lesquelles s'exerce la pression, c'est-à-dire de rompre l'équilibre.

73. **Égalité de pression dans tous les sens autour d'un point pris dans l'intérieur d'un liquide en équilibre.** — Les pressions que l'on exerce sur la surface d'un liquide se transmettent, non seulement à la paroi du vase, mais encore à tout élément de surface pris dans l'intérieur du liquide.

Pour nous en rendre compte, imaginons un vase CD (*fig.* 53) entièrement rempli par un liquide en équilibre, et supposons que, sur une portion *mn* de la surface, on exerce une pression à l'aide d'un piston A. Soit B un point quelconque, pris dans l'intérieur du liquide, et soit IH un plan quelconque, mené par ce point. L'équilibre ne sera pas troublé si nous supposons que les molécules liquides comprises dans ce plan viennent à être liées entre elles, de manière à constituer une paroi solide. Mais alors la partie AIBHD devient un vase fermé : soit *pq* une portion très petite du plan IH, comprenant le point B; sur *pq* s'exerce une pression dont le rapport à la pression exercée sur *mn* est

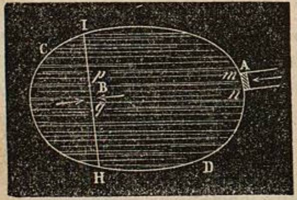

Fig. 53.

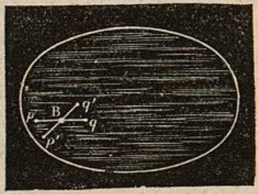

Fig. 54.

égal au rapport des surfaces *pq* et *mn* (70), et cette pression est normale au plan *pq* (72). — Si maintenant on rend la mobilité à toutes les molécules, sauf à celles de la portion *pq*, il faut, pour que *pq* reste en équilibre, qu'il supporte sur son autre face une pression égale et contraire. — Or nous avons donné au plan IH une direction arbitraire; la pression reçue par la portion *pq* de ce plan ne dépend donc pas de sa direction, et, si l'on imagine que cette petite surface plane prenne autour du point B toutes les positions possibles, *pq*, *p'q'*, etc. (*fig.* 54), la pression normale qu'elle supporte sur ses deux faces reste invariable. — C'est là ce qu'on exprime en disant que, *dans un liquide en équilibre, la pression est la même dans tous les sens autour d'un même point.*

74. **Condition d'équilibre d'un liquide pesant. — Égalité de pression en tous les points d'un plan horizontal.** — Les principes qui précèdent suffisent pour résoudre toutes les questions relatives à l'équilibre des liquides. — Nous allons montrer, par exemple, que si l'on tient compte de l'action exercée par la pesanteur sur les divers points d'une masse liquide, on est conduit à une condition générale d'équilibre qui est la suivante :

Dans un liquide pesant en équilibre, la pression est la même en tous les points d'un même plan horizontal.

Soient deux points *m* et *m'*, pris dans un même plan horizontal, au sein d'une masse liquide pesante en équilibre ABCD (*fig.* 55). Imaginons un cylindre circulaire droit, ayant pour bases deux petits cercles *ef*, *e'f'* décrits autour de *m* et de *m'* avec des rayons très petits. Si nous supposons que toutes les molécules comprises dans ce cylindre soient

liées entre elles de manière à constituer un corps solide, ce solide demeurera évidemment en équilibre, au milieu du liquide environnant, sous l'action de son poids et des pressions que le liquide exerce sur toute sa surface. — Or le poids P du cylindre est perpendiculaire à *mm'*; les pressions exercées sur les divers éléments de sa surface convexe sont également perpendiculaires à *mm'* : aucune de ces forces ne sollicite le cylindre dans le sens de son axe. D'autre part, les pressions *p* et *p'*, exercées sur les bases, sont dirigées suivant l'axe du cylindre. Donc, si le cylindre est en équilibre, c'est que, d'une part, la résultante des pressions exercées sur sa surface convexe est une force égale et opposée au poids P; et que, d'autre part, les forces *p* et *p' sont égales entre elles.*

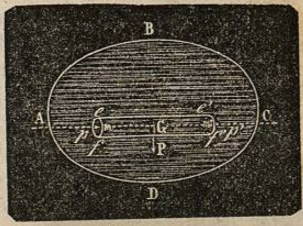

Fig. 55.

Rendons maintenant la fluidité au cylindre, à l'exception des molécules situées dans les éléments plans *ef*, *e'f'*. Chacun de ces éléments plans éprouvera, sur ses deux faces, des pressions égales entre elles et égales à *p*; et il en sera encore de même si l'on considère des éléments égaux en surface, mais orientés d'une manière quelconque autour de *m* et de *m'*. — C'est ce qu'on exprime d'une manière abrégée, en disant que, dans un liquide pesant en équilibre, *la pression est la même en tous les points d'un même plan horizontal.*

75. **Différence des pressions supportées par des éléments égaux, non situés dans un même plan horizontal.** — Considérons maintenant, dans une masse liquide, un cylindre *efe'f'* (*fig.* 56), ayant ses bases situées dans des plans horizontaux différents AC, A'C', et ses arêtes verticales. Solidifions encore, par la pensée, la partie du liquide qui est comprise dans ce cylindre. Les seules forces qui tendent à déplacer le cylindre dans le sens de son axe sont : le poids P, appliqué au centre de gravité G, et les deux pressions *p* et *p'*, normales aux bases. Puisque l'équilibre existe, la pression *p'*, dirigée de bas en haut, doit être égale à la résultante des deux forces *p* et P dirigées de haut en bas, c'est-à-dire à la somme $p + P$.

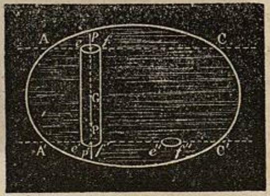

Fig. 56.

Donc *la pression qui s'exerce sur l'élément* e'f' *est égale à la pression que supporte l'élément égal* ef, *plus le poids d'une colonne cylindrique de liquide ayant pour base l'un des éléments et pour hauteur la distance des plans horizontaux* AC *et* A'C'.

La même proposition s'appliquerait à deux éléments égaux ef, $e''f''$, non compris entre les mêmes verticales, puisque $e'f'$ et $e''f''$ éprouvent des pressions égales.

76. Surface libre d'un liquide pesant. — Vases communicants. — Supposons qu'un liquide pesant ne remplisse pas entièrement le vase qui le contient, et qu'il présente une *surface libre*, dont les divers éléments ne supportent aucune pression.

Soit BB′ la surface libre (*fig.* 57) : prenons, dans un plan horizontal AC mené au-dessous de cette surface, deux éléments égaux m, n, et construisons les cylindres verticaux mm', nn', qui ont ces éléments pour bases et se terminent à la surface libre. La pression sur la surface libre étant nulle, la pression en m est égale au poids du liquide contenu dans le cylindre mm' (75); en n, au poids du liquide contenu dans le cylindre nn'. Or ces deux pressions doivent être égales entre elles (74); donc tous les points tels que m' et n' doivent être à la même distance du plan horizontal AC, c'est-à-dire que la surface libre doit être elle-même *plane et horizontale.*

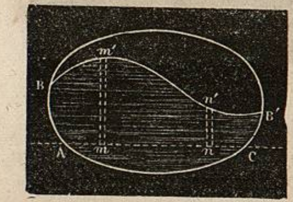

Fig. 57.

Le raisonnement subsiste encore lorsque le liquide est contenu dans deux vases V et V′ qui communiquent par leur partie inférieure (*fig.* 58). Les éléments égaux m et n, situés dans le même plan horizontal AC, doivent supporter des pressions égales, et on doit avoir

$$mm' = nn'.$$

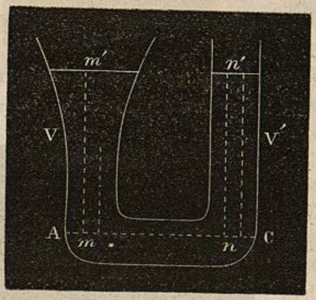

Fig. 58.

Donc : lorsque deux vases communicants contiennent un même liquide, il faut, pour qu'il y ait équilibre, que les deux surfaces libres du liquide soient dans le même plan horizontal. — C'est ce qu'on peut vérifier au moyen de l'appareil représenté par la figure 59. Quand on ouvre le robinet R, l'eau s'élève, dans celui des vases A, B, C qui est ajusté en N, au même niveau que dans le vase V.

77. Liquides superposés. — Vases communicants. — Nous avons montré (74) que, pour qu'un liquide pesant demeure en équilibre, il faut que la pression soit la même en tous les points d'un même plan horizontal. Le raisonnement qui a été fait s'applique, sans modification, au cas où le vase ABCD (*fig.* 60) contient deux liquides non miscibles et

de densités différentes : de l'eau et de l'huile, par exemple. On voit immédiatement :

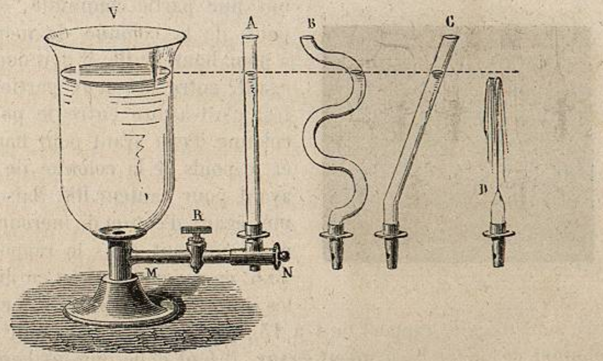

Fig. 59. — Vases communicants.

1° *Que la surface libre doit être plane et horizontale;*

2° *Que la surface de séparation doit être un plan horizontal;* en effet, si cette surface pouvait affecter une forme telle que EF, il serait impossible que tous les éléments égaux m, m'..., pris sur un même plan horizontal IH et dans le liquide inférieur, fussent toujours également pressés. — Ces conditions étant remplies, pour que l'équilibre subsiste, il faut encore que celui des deux liquides qui a la plus grande densité soit placé à la partie inférieure.

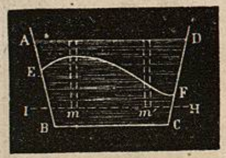

Fig. 60.

Lorsque l'un des vases communicants contient deux liquides superposés, il faut, pour qu'il y ait équilibre, *que les hauteurs des liquides dans les deux vases, au-dessus de la surface de séparation, soient en raison inverse de leurs poids spécifiques.*

En effet, prenons encore les deux vases communicants V et V′ ; versons-y d'abord une certaine quantité de mercure, puis achevons de remplir le vase V avec de l'eau (*fig.* 61) : la pression de l'eau déprime le mercure à gauche et le fait monter à droite. L'équilibre étant établi, menons par un point quelconque I de l'élément mn une verticale IL, qui rencontre le plan de la surface de séparation et les plans des deux surfaces libres, respectivement aux point H,K,L. La pression normale p, que reçoit mn du côté du vase V, est équivalente à la somme des poids d'une colonne cylindrique de mercure ayant pour base mn et pour hauteur IH, et d'une colonne d'eau ayant pour base mn et pour hauteur HL; la pression p', exercée sur le même élément du côté du vase V′, est équivalente au poids d'une colonne de mercure ayant pour base *mn*, et pour hauteur IK ou IH + HK. Pour que l'équilibre existe, il faut que ces deux pressions *p'* et *p* soient égales entre elles; or, elles ont une partie commune, savoir : le poids de la colonne de mercure qui a pour hauteur HI; il doit donc y avoir égalité entre les deux parties restantes, c'est-à-dire entre le poids de la colonne d'eau ayant pour hauteur HL, et le poids de la colonne de mercure ayant pour hauteur HK. Mais des volumes égaux d'eau et de mercure ont des poids qui sont dans le rapport de 1 à 13,6, ce qu'on exprime en disant que les *poids spécifiques* de l'eau et du mercure sont dans le rapport de 1 à 13,6; pour que les poids de ces deux colonnes de même base soient égaux, il faut donc que les hauteurs HK et HL soient dans le rapport de 13,6 à 1, c'est-à-dire *en raison inverse des poids spécifiques*.

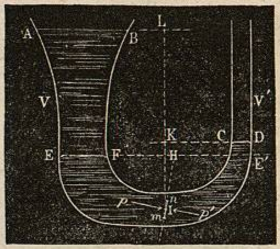

Fig. 61.

L'expérience peut être réalisée avec un tube en forme d'U (*fig.* 62), dans lequel on verse d'abord du mercure, puis de l'eau dans l'une des branches verticales; ou bien encore avec une éprouvette V (*fig.* 63), dans l'axe de laquelle on place un tube de verre ouvert à ses deux extrémités et dans laquelle on verse d'abord un peu de mercure, puis de l'eau, à l'extérieur du tube. Dans l'un ou l'autre appareil, on constate que la hauteur de l'eau est égale à treize fois et demie la hauteur du mercure au-dessus de la surface de séparation des deux liquides.

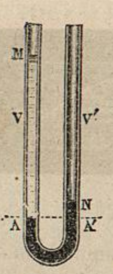

Fig. 62.

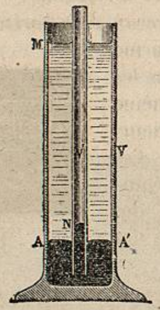

Fig. 63.

78. **Puits ordinaires, puits artésiens, jets d'eau.** — C'est dans le principe des vases communicants qu'on trouve l'explication des particularités que présentent les puits ordinaires ou les puits artésiens.

Parmi les couches qui composent le sol, les unes, formées de sables ou de fragments pierreux, laissent pénétrer les eaux qui arrivent à leur surface; les autres, au contraire, formées de marnes ou d'argiles compactes, sont à peu près imperméables à l'eau, qui coule à leur surface sans y pénétrer d'une manière sensible. — Or, concevons qu'une masse d'eau un peu considérable A (*fig.* 64), comme celle d'un lac ou d'un étang, pénètre dans le sol au travers de couches sablonneuses ou pierreuses, et parvienne ainsi jusque dans l'intervalle de deux couches argileuses imperméables : elle y forme alors une nappe souterraine,

comme celle qui est représentée en MN. Si l'on vient à pratiquer des puits en des points du sol tels que C ou D, situés à des niveaux *plus élevés* que A, et qu'on fasse pénétrer ces puits jusqu'à la nappe MN, l'eau s'y élève jusqu'à ce qu'elle atteigne, dans chacun d'eux, au niveau de la surface horizontale A. Ce sont là les *puits ordinaires :* on garnit les parois de maçonnerie, afin d'empêcher l'eau de se perdre dans les terrains perméables au travers desquels le puits pénètre.

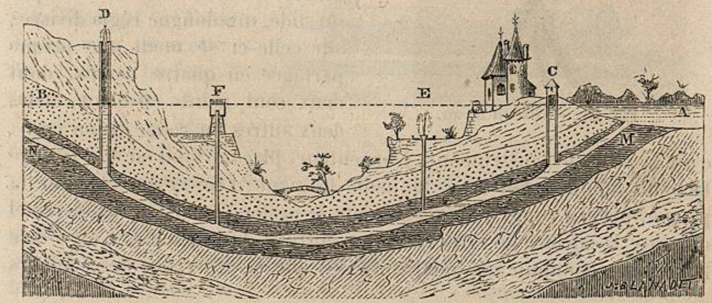

Fig. 64. — Puits ordinaires et puits artésiens.

Si les points du sol où l'on pratique les puits sont situés *plus bas* que le niveau A, en E ou en F par exemple, l'eau jaillit au-dessus du sol, à une hauteur plus ou moins grande, selon la différence de niveau. — Le plus ordinairement, on adapte alors, à l'ouverture du puits, un tube surmonté d'un réservoir F, dans lequel l'eau s'élève, et duquel on peut faire partir des conduits pour la distribuer aux environs. — Ces puits portent le nom de *puits artésiens*, parce que c'est dans l'Artois qu'ont été creusés les premiers qui aient été pratiqués en France.

Pour obtenir des *jets d'eau* artificiels, on dispose un réservoir dans un lieu élevé, et on le fait communiquer avec des conduits souterrains qui vont s'ouvrir à la surface de bassins situés plus bas. — Théoriquement, l'eau devrait jaillir jusqu'au niveau de la surface libre dans le réservoir. Cependant l'expérience montre (*fig.* 59) que le jet n'atteint jamais tout à fait cette hauteur; la différence doit être attribuée au frottement de l'eau contre les parois, et aussi à ce que les gouttes du liquide qui retombent, rencontrant celles qui s'élèvent, diminuent la vitesse d'ascension. Pour que le jet s'élève le plus possible, on l'incline légèrement sur la verticale.

79. **Niveau d'eau.** — L'instrument connu, dans l'arpentage, sous le nom de *niveau d'eau*, est fondé sur les mêmes principes. Il se compose d'un tube de métal (*fig.* 65), qui est porté par un trépied, et dont les deux extrémités coudées se continuent avec les parois de deux fioles de verre sans fond, M et N. On y verse de l'eau, et l'on fait en sorte que

les surfaces du liquide soient visibles dans les deux fioles; le plan MN, qui passe par ces deux surfaces, est horizontal (76).

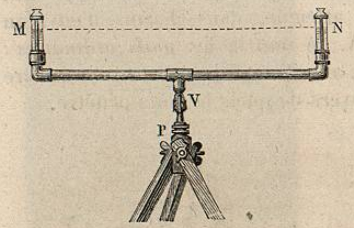

Fig. 65. — Niveau d'eau.

Quand l'arpenteur veut connaître la différence de niveau de deux points B et B′ d'un terrain, il place l'instrument en un point intermédiaire A (*fig.* 66), et fait dresser verticalement en B, par un aide, une longue règle divisée; sur celle-ci se meut une plaque partagée en quatre carrés, dont deux sont peints en blanc, et les deux autres en rouge ou en noir : c'est la *mire* de l'instrument. L'arpenteur, plaçant l'œil en M à la surface du liquide, fait avec la main le signe d'élever ou abaisser la plaque, jusqu'à ce qu'il aperçoive, sur le prolongement du rayon visuel qui rase la surface de l'eau en N, le centre P de la plaque, c'est-à-dire le sommet commun aux quatre carrés, que la différence des couleurs

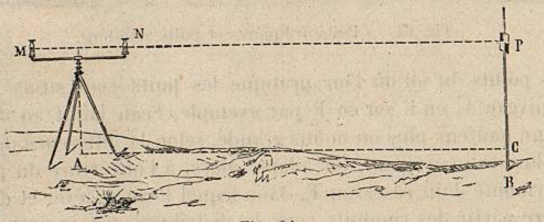

Fig. 66.

rend facile à distinguer de loin. La position de la plaque une fois fixée, on note la hauteur BP mesurée sur la règle. — L'arpenteur fait alors transporter la mire au point B′ (supposé à gauche, en dehors de la figure); il détermine de même la position du point P′ qui se trouve dans le même plan horizontal que P, et la hauteur B′P′ de ce point au-dessus du sol. — La différence des hauteurs BP et B′P′ donne la différence de niveau des points B et B′.

80. **Niveau à bulle d'air.** — On désigne sous le nom de *niveau à bulle d'air* un petit instrument (*fig.* 67) qui sert à vérifier l'horizontalité des lignes ou des surfaces sur lesquelles on le place.

Il consiste en un tube de verre légèrement convexe, dans lequel on a introduit de l'eau ou de l'alcool, en y laissant seulement un espace occupé par une grosse bulle d'air. Ce tube est contenu dans une gaine de cuivre MN, qui est évidée de manière à laisser voir le tube dans la plus grande partie de sa longueur; le tout est fixé sur une plaque métallique. — La bulle d'air se place toujours au point le plus haut,

et on a réglé l'instrument de manière que, si la plaque est bien horizontale, les deux extrémités de la bulle viennent correspondre à deux bandes transversales de cuivre, A, B, appliquées sur le tube et servant *de repères*.

Supposons que l'on veuille faire usage de cet instrument pour vérifier l'horizontalité d'une surface plane, la surface d'une table, par exemple. — On placera le niveau sur cette table, parallèlement à l'un des bords. Si cette direction est horizontale, la bulle d'air viendra se placer exactement entre les deux repères. Au contraire, pour peu que cette direction soit inclinée, la bulle se portera du côté le plus élevé, et l'on devra alors relever progressivement la table du côté opposé, au moyen de cales par exemple, jusqu'à ce que la bulle arrive entre les repères et s'y maintienne immobile. — Ce résultat étant atteint, on répétera la même opération pour une direction perpendiculaire à la précédente (*). — Lorsque le réglage aura été effectué pour ces deux directions, on sera certain que la surface de la table est horizontale.

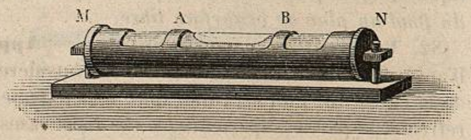

Fig. 67. — Niveau à bulle d'air.

II. — PRESSIONS SUR LES PAROIS DES VASES.

81. **Pression exercée par un liquide pesant, sur le fond horizontal d'un vase.** — Prenons, sur le fond horizontal d'un vase ABCD (*fig.* 68), un élément de surface mn, et décrivons un cylindre vertical ayant cet élément pour base; supposons que toutes les arêtes rencontrent la surface libre du liquide, elles y découperont un élément $m'n'$ égal à mn. Or la pression que le liquide exerce sur mn, en vertu de son poids, surpasse la pression en $m'n'$ (75) d'une quantité égale au poids d'une colonne cylindrique de liquide, ayant pour base mn et pour hauteur la

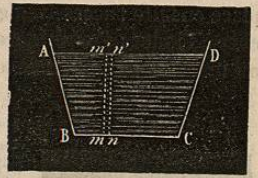

Fig. 68.

(*) On devra avoir soin, dans cette seconde opération, de ne pas changer ce qui aura été fait dans la première; c'est-à-dire que, s'il est nécessaire d'employer de nouvelles cales, elles ne devront être placées que sous les pieds auxquels on n'aura pas touché précédemment. S'il en était autrement, on devrait recommencer la première opération après la seconde.

distance mm' de la surface libre AD au fond BC du vase (*). — Décomposons maintenant la paroi horizontale BC tout entière en éléments tels que mn; les pressions que supportent ces éléments se composeront en une seule, égale à leur somme. Donc :

La pression exercée par un liquide pesant, sur le fond horizontal du vase qui le contient, est égale au poids d'une colonne cylindrique de ce liquide, ayant pour base la surface du fond et pour hauteur la distance du fond au plan de la surface libre.

82. **Vérification expérimentale. — Appareil de Masson.** — D'après l'énoncé qui précède, si l'on considère trois vases comme ceux de la figure 70, l'un A cylindrique, le deuxième B élargi, le troisième C rétréci à la partie supérieure, si ces trois vases ont des fonds égaux et qu'ils contiennent un même liquide, s'élevant à une *même hauteur* au-dessus du plan du fond, les pressions doivent être égales sur les trois fonds. — Ce résultat peut être vérifié à l'aide d'une disposition qui a été indiquée par A. Masson, et qui est une modification d'un appareil imaginé par Pascal.

Trois vases A, B, C, sans fond (*fig.* 70), de formes différentes, mais présentant à leur partie inférieure des ouvertures égales, peuvent se visser sur un trépied métallique. L'un d'eux A étant installé sur ce trépied, on applique sur son ouverture inférieure un *obturateur* MN, c'est-à-dire un disque de verre plan, qu'on suspend par un fil T à l'un des bras d'une balance : on place ensuite des corps pesants dans le plateau qui est suspendu à l'autre bras, de manière à appliquer, avec une certaine force, l'obturateur sur l'ouverture. On verse alors de l'eau dans le vase, jusqu'à ce que l'obturateur laisse échapper quelques gouttes de liquide; à ce moment, la pression exercée par l'eau de haut en bas. sur ce fond mobile, est égale en grandeur à la force avec laquelle il est maintenu contre l'ouverture; on marque alors le niveau de l'eau au moyen du petit index E, mobile le long d'une tige verticale. — On remplace ensuite successivement le vase A par les vases B et C, sans toucher à l'index : l'expérience montre que l'obturateur se détache toujours au moment où le liquide atteint le même niveau.

(*) Il en est encore de même si la forme du vase et la situation de l'élément mn sont telles que les arêtes du cylindre construit sur cet élément ne rencontrent pas la surface libre (*fig.* 69). — Pour le démontrer, prenons sur la face libre un élément $m'n'$ égal à mn, et projetons mn et $m'n'$ sur un plan horizontal JH, situé de façon que les deux projections pq et $p'q'$ soient dans l'intérieur du liquide. En mn, la pression est égale à la pression en pq, augmentée du poids du cylindre $mnpq$: en pq, la pression est la même qu'en $p'q'$, c'est-à-dire qu'elle est égale au poids du cylindre $p'q'm'n'$. Donc la pression en mn est égale au poids d'une colonne cylindrique de liquide qui aurait pour base mn et pour hauteur la distance mK au plan de la surface libre.

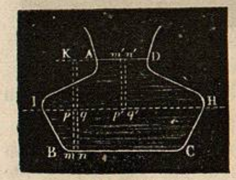

Fig. 69.

La pression est donc *la même sur le fond des trois vases;* quant à sa valeur absolue, on peut la déterminer, au moins grossièrement, en plaçant sur l'obturateur, au lieu d'eau, des poids marqués : on trouve que la somme des poids nécessaires pour le détacher est précisément

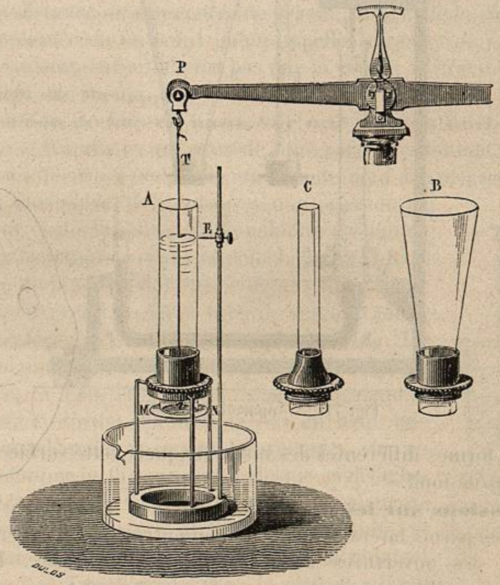

Fig. 70. — Appareil de A. Masson.

égale au poids total de l'eau qu'on avait dû verser dans le vase *cylindrique* A. — Il en résulte que, pour le vase élargi B, la pression exercée sur le fond est inférieure au poids de l'eau que contient ce vase; dans un vase rétréci tel que C, la pression sur le fond est supérieure au poids total de l'eau.

83. **Appareil de Haldat.** — L'appareil imaginé par de Haldat (*fig.* 71) conduit à la même vérification. — Le tube de verre deux fois recourbé MNPQ s'engage en M dans une monture de fonte, sur laquelle peuvent se visser à volonté les trois vases A, B, C. On introduit du mercure dans le tube recourbé; puis, le vase A étant mis en place, on y verse de l'eau jusqu'à ce que le niveau atteigne l'extrémité de la pointe verticale t; on marque le point H auquel s'est élevé le mercure dans la branche PQ, au moyen d'une bague qui glisse le long du tube. On retire ensuite l'eau du vase A, en ouvrant le robinet R; on enlève ce vase, et on recommence l'expérience avec chacun des vases B et C : on constate toujours que, à l'instant où le niveau de l'eau atteint l'extrémité de la