LIVRE V

HYDRODYNAMIQUE. — CAPILLARITÉ [1]

CHAPITRE PREMIER

NOTIONS D'HYDRODYNAMIQUE

PRINCIPE DE TORRICELLI ET APPLICATIONS.

280. **Principe de Torricelli : Énoncé et formule.** — Lorsqu'un liquide pesant est en équilibre dans un vase A, si l'on pratique une ouverture en un point O de la paroi, le liquide s'échappe, et en même temps l'équilibre des pressions est rompu. La vitesse que possède chaque molécule liquide, au moment où elle passe par l'orifice, est déterminée par le principe suivant, dû à Torricelli :

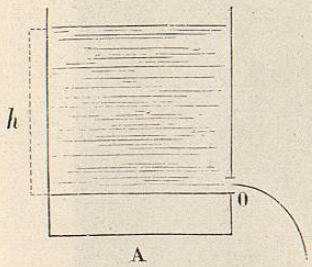

Fig. 312.

La vitesse d'un liquide qui s'échappe par un petit orifice percé en mince paroi est égale à celle qu'acquerrait un corps tombant librement dans le vide depuis la surface libre jusqu'au centre de l'orifice.

1. Nous avons défini ci-dessus l'*hydrodynamique :* c'est l'étude des liquides en mouvement, sous l'action, directe ou indirecte, de la pesanteur. Quant à la *capillarité*, c'est l'étude des phénomènes capillaires, c'est-à-dire d'un certain nombre de faits qui paraissent en contradiction avec les lois de l'hydrostatique et qu'on n'observe que dans des tubes extrêmement ténus. Il n'y a donc aucun lien rationnel entre ces deux parties de la physique, ni aucune raison pour les réunir dans un même livre. En effet, dans un traité de physique complet, on devrait les étudier chacune dans un livre distinct. Mais, comme les programmes, que nous suivons dans la rédaction de ce traité élémentaire, ne comportent que des notions d'hydrodynamique et des notions de capillarité, nous avons cru devoir réunir ces deux séries de notions dans un même livre, faute de pouvoir les rattacher logiquement à l'un quelconque des précédents.

En appelant V cette vitesse, h la hauteur que possède le niveau à l'instant considéré au-dessus du centre de l'orifice (fig. 312), on a, d'après les lois de la chute des corps *dans le vide*,

$$[1] \qquad V = \sqrt{2gh}.$$

C'est ce qu'on appelle la *formule de Torricelli*, et l'énoncé ci-dessus constitue le *Principe* ou la *Règle de Torricelli*.

281. **Démonstration du principe.** — Torricelli s'était contenté d'une expérience fort simple pour vérifier sa formule. Il avait observé qu'un jet liquide sortant de l'orifice O suivant la verticale atteignait sensiblement la même hauteur que le niveau MN dans le vase (fig. 313).

Daniel Bernoulli traita le problème par le calcul, en supposant : 1° que l'orifice était pratiqué dans une paroi infiniment mince ; 2° que son diamètre était infiniment petit par rapport à celui du vase ; 3° que les molécules liquides, qui s'échappent à chaque instant du vase, proviennent directement de la surface libre ; 4° que la pesanteur est la seule force qui intervienne dans l'écoulement.

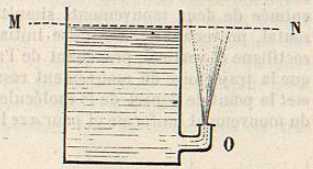

Fig. 313.

En appliquant tout simplement le théorème du travail et des forces vives pour l'intervalle de temps très court où une petite masse m du liquide s'échappe du flacon, on arrive à la même formule que Bernoulli. On a

$$[2] \qquad V = \sqrt{2g\left(h + \frac{p - p'}{d}\right)};$$

V est la vitesse d'écoulement à l'instant considéré, d représente le poids spécifique du liquide, p et p' représentent les pressions qui s'exercent sur le liquide, en haut à la surface libre et en bas à l'orifice, dans le milieu où se produit l'écoulement.

Dans le cas actuel, l'écoulement a lieu dans l'atmosphère : $(p - p')$ est donc le poids d'une colonne d'air ayant pour base l'unité de surface et pour hauteur la distance h de l'orifice à la surface libre. En appelant a le poids spécifique de l'air, dans les circonstances de température et de pression où l'on opère, la formule devient

$$[2\ bis] \qquad V = \sqrt{2gh\left(1 + \frac{a}{d}\right)}.$$

La fraction $\frac{a}{d}$ étant généralement négligeable par rapport à l'unité, on retrouve la formule de Torricelli :

$$V = \sqrt{2gh}.$$

Remarque. — On peut donner à la formule de Bernoulli une forme plus commode. Il suffit d'évaluer les pressions extérieures p et p' en colonnes du liquide qui s'écoule. En appelant H et H' les hauteurs des cylindres de ce liquide qui feraient équilibre aux pressions p et p' (par unité de surface), on a

$$p = Hd \quad \text{et} \quad p' = H'd.$$

En substituant ces valeurs dans la formule, elle devient, toutes réductions faites,

$$[3] \qquad V = \sqrt{2g\,(h + H - H')}.$$

282. **Vérification expérimentale de la formule de Torricelli.** — On peut démontrer la formule *à posteriori* par deux procédés, l'un fondé sur la forme que prend le jet (ou *veine liquide*) en s'échappant du vase, et l'autre fondé sur la *dépense*, c'est-à-dire sur la quantité de liquide qui s'écoule dans un temps donné.

1° *Forme de la veine liquide.* — Soit V la vitesse d'une molécule liquide au moment où elle s'échappe de l'orifice.

Si celui-ci est pratiqué dans une paroi plane verticale, la vitesse V est horizontale. Aussitôt sortie, la molécule subit l'effet de la pesanteur. Elle est donc animée de deux mouvements simultanés, l'un uniforme, rectiligne et horizontal, provenant de la vitesse initiale V, et l'autre uniformément accéléré, rectiligne et vertical, provenant de l'action de la pesanteur. Nous avons vu (37) que la trajectoire du mouvement résultant est une *parabole*, ayant pour *sommet* le point de départ de la molécule, pour *tangente au sommet* la direction du mouvement uniforme et pour *axe* la direction du mouvement uniformément accéléré. Chacune des molécules liquides qui traverse l'orifice, en même temps que la précédente, se trouve dans les mêmes conditions, et décrit une parabole identique. L'ensemble de ces *trajectoires matérielles* constitue un volume parabolique qui est la *veine liquide*.

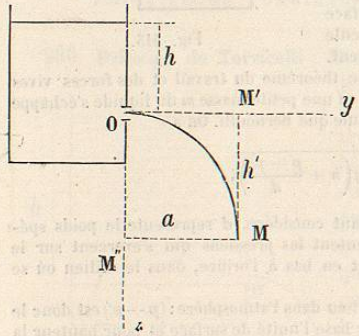

Fig. 314.

En mesurant l'*amplitude* (ou *portée*) a de la veine sur un plan tel que M''M, situé à une distance h' de l'orifice, on pourra en déduire la vitesse initiale V et, en comparant cette mesure au nombre donné par la formule, on pourra vérifier celle-ci.

La relation qui donne V en fonction de a et de h' est précisément l'équation de l'une des paraboles qui constituent la veine. Établissons, par exemple, celle qui correspond au centre de l'orifice (fig. 314). Prenons pour axes des coordonnées la direction Oy de la vitesse initiale V et la direction verticale Oz. Soit M la position de la molécule au bout du temps t. On a évidemment :

pour l'abscisse OM' . . . . . $y = Vt$

et pour l'ordonnée MM' . . . . . $z = \frac{1}{2} g t^2$.

En éliminant t entre ces deux égalités, il vient

$$y^2 = 2\frac{V^2}{g} z.$$

C'est l'*équation de la parabole*. En y donnant à z la valeur h' qui correspond

au plan MM', on a la valeur a de l'amplitude :

$$a^2 = 2\frac{V^2}{g} h', \qquad \text{d'où} \qquad V = a\sqrt{\frac{g}{2h'}}.$$

Il ne reste plus qu'à mesurer a et à comparer V avec la valeur théorique $\sqrt{2gh}$.

Cette mesure se fait aisément à l'aide d'un appareil très simple. C'est un cylindre métallique (fig. 315), muni d'orifices équidistants sur l'une de ses génératrices. Le niveau du liquide est maintenu à une hauteur constante à l'aide d'un *trop-plein*. La veine liquide peut être reçue au centre d'un disque horizontal évidé, porté par un petit chariot (fig. 316, I) qui se meut dans une rigole dont les bords sont rectilignes, parallèles et gradués.

Les distances sont réglées de manière que le plan horizontal du niveau supérieur soit élevé au-dessus de l'orifice supérieur d'une longueur égale à deux fois la distance d de deux orifices consécutifs, et que le plan du disque soit au-dessous de l'orifice inférieur d'une longueur égale $2d$. On connaît donc d'avance les hauteurs h et h', correspondantes à chaque expérience; l'amplitude a est obtenue en mesurant la distance du centre du disque à la génératrice.

On voit, par le tableau d'expériences suivant, que la vérification est très satisfaisante [1].

HAUTEURS ou CHARGES	JET		VITESSES		RAPPORT des DEUX VITESSES
	a	h'	MESURÉE	CALCULÉE	
2m,29	6m,28	7m,53	6m,65	6m,70	0,993
3m,93	4m,66	8m,45	8m,67	8m,70	0,988
7m,17	1m,41	6m,25	11m,67	11m,88	0,983

2° *Intersection des veines liquides.* — On peut, avec le même appareil, vérifier une conséquence curieuse des formules précédentes. La vitesse déduite de l'équation de la trajectoire est

$$V = a\sqrt{\frac{g}{2h'}};$$

la vitesse déduite de la règle de Torricelli est

$$V = \sqrt{2gh}.$$

En égalant ces deux expressions de la même vitesse, il vient

$$a\sqrt{\frac{g}{2h'}} = \sqrt{2gh}, \qquad \text{d'où} \qquad a^2 = 4hh'.$$

Cette formule prouve que, si l'on changeait h en h' et inversement, l'amplitude de la nouvelle trajectoire parabolique resterait la même pour le même plan M''M. C'est ce qu'on vérifie en ouvrant simultanément soit l'orifice supé-

1. Dubuisson, *Traité d'Hydraulique*.

rieur et l'orifice inférieur, soit le deuxième et le quatrième : on obtient alors deux veines qui se coupent au même point, au centre de l'anneau.

Remarquons que cette conséquence *nécessaire* de la règle de Torricelli ne serait pas *suffisante* pour la démontrer. En effet, elle ne cesserait pas d'être

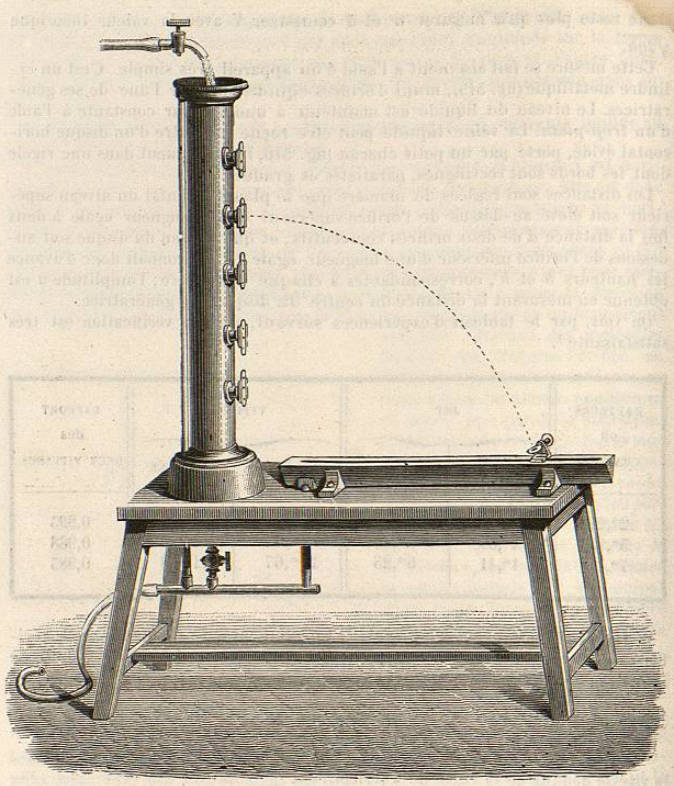

Fig. 315.

exacte, même si l'on donnait à la constante 4 une autre valeur : or dans ce cas l'équation de la trajectoire *ne représenterait plus une parabole.*

3° *Dépense.* — On appelle *dépense* le volume liquide qui s'écoule pendant un certain temps. Il est facile de la calculer d'avance, en partant de la formule de Torricelli. En effet, si S est la section de l'orifice, θ l'intervalle de temps considéré, V la vitesse donnée par la formule, l'eau écoulée forme un cylindre ayant pour base S et pour longueur $V\theta$. On a donc

$$D = SV\theta = S\theta\sqrt{2gh}.$$

On vérifie aisément la formule, en pesant le liquide écoulé et divisant ce poids par la densité.

Les nombres ainsi obtenus sont toujours très différents des nombres théoriques : ils leur sont *notablement inférieurs.* Cette anomalie est due à une circonstance particulière dont nous n'avons pas tenu compte dans le calcul de la dépense théorique. C'est que la veine liquide est *conique* à la sortie du vase, et ne devient *cylindrique* qu'à une certaine distance ; or la section du cylindre qui succède au tronc de cône initial est plus petite que l'orifice (on l'appelle *section contractée*) : elle est égale à une fraction c de l'orifice, qu'on appelle *coefficient de contraction.* Pour un même liquide, c varie avec la forme et la grandeur de l'orifice et avec la charge. Ainsi, pour des orifices circulaires dont le diamètre est compris entre $0^m,02$ et $0^m,16$ et pour une charge inférieure à $6^m,80$, on a $c = 0,62$.

Si l'on tient compte de cette circonstance dans le calcul de la dépense, c'est-à-dire si l'on substitue à la surface S de l'orifice celle de la section contractée cS, on trouve des nombres qui sont sensiblement d'accord avec les mesures directes.

283. **Écoulement par les ajutages et tuyaux.** — On appelle *ajutage* un bout de tuyau de quelques millimètres qu'on adapte à un orifice d'écoulement.

L'addition d'un ajutage cylindrique à un orifice circulaire a pour effet de supprimer la contraction de la veine liquide : celle-ci prend dès l'origine une section constante égale à celle de l'ajutage. Dans ce cas, la dépense *mesurée* est égale à la dépense *calculée*, mais à la condition de substituer à la vitesse de Torricelli une vitesse un peu moindre.

La vitesse d'écoulement par un ajutage est donc moindre que la vitesse d'écoulement par un orifice en mince paroi. L'appareil ci-dessus permet de mesurer cette diminution de vitesse. On se sert pour cela d'une plaque mobile, munie d'un orifice et de deux ajutages, l'un conique, l'autre cylindrique, qu'on peut substituer l'un à l'autre successivement (fig. 316, II et III).

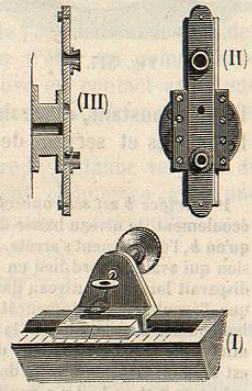

Fig. 316.

Formule de Prony. — Lorsque l'ajutage a une certaine longueur, il devient un *tuyau d'écoulement.* Dans ce cas, la vitesse est considérablement diminuée par suite du frottement des molécules du liquide sur les parois du tuyau. D'ailleurs cette vitesse n'est pas la même en tous les points d'une même section droite du tuyau : elle est minimum au contact des parois et maximum au centre. Lorsque l'écoulement a atteint un régime permanent, la vitesse moyenne, évaluée d'après la dépense, peut être calculée avec une certaine approximation, par la formule suivante, due à Prony :

$$V = -0,025 + 26,77\sqrt{\frac{2rh}{L}}.$$

L est la longueur du tuyau, r son rayon et h la distance verticale de ses deux extrémités. Cette formule peut être employée utilement dans la pratique, toutes les fois que L est inférieur ou au plus égal à $800r$.

284. **Flacon** ou **Vase de Mariotte.** — Le *flacon* ou *vase de Ma-*

riotte est un appareil qui permet d'obtenir l'écoulement constant d'un liquide qu'il contient. Il peut servir également à vérifier plusieurs conséquences du principe de Torricelli.

Il se compose simplement d'un flacon un peu grand, fermé par un bouchon que traverse un tube de verre ouvert à ses deux bouts (fig. 317). Sur la paroi du flacon sont alignées verticalement deux ou trois tubulures très courtes *a*, *b*, *c*, à orifice étroit; on peut fermer chacune d'elles à l'aide d'un petit tampon de bois.

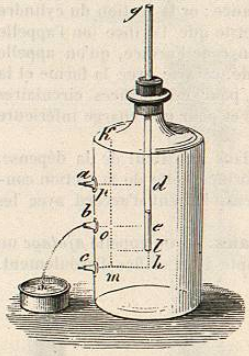

Fig. 317.

Fonctionnement. — On commence par remplir entièrement d'eau le vase et le tube, jusqu'en *g*. Nous supposerons que l'orifice inférieur de ce dernier vienne aboutir en *l*, dans l'intervalle des tubulures *b* et *c*. Il y a trois cas à considérer, suivant que l'on ouvre séparément l'un des trois orifices *a*, *b* et *c*. Le cas pratique, celui de l'écoulement constant, est le dernier. Les deux autres cas sont purement théoriques et servent de vérification au principe de Torricelli.

1° *L'orifice b est seul ouvert.* — Si l'on ouvre d'abord la tubulure *b*, il y a écoulement, le niveau baisse dans le tube *g*, et dès que le niveau y est le même qu'en *b*, l'écoulement s'arrête. Ces phénomènes s'expliquent par l'excès de pression qui avait d'abord lieu en *b*, de dedans en dehors, excès de pression qui disparaît lorsque le niveau dans le tube *g* est le même qu'en *b*. En effet, avant que l'écoulement commençât, la pression sur tous les points de la tranche horizontale *be* n'était pas la même. En *e* elle se composait de la pression atmosphérique, *plus* le poids de la colonne d'eau *ge*, tandis qu'en *b* la pression est seulement égale à celle de l'atmosphère. Mais une fois que le niveau est le même en *e* et en *b*, il y a équilibre, parce que dans le flacon et dans le tube la pression est alors la même sur tous les points de la tranche *be*. Cela résulte des principes d'hydrostatique démontrés précédemment.

2° *L'orifice a est seul ouvert.* — Si l'on ferme alors la tubulure *b* et qu'on ouvre la tubulure *a*, il n'y a pas d'écoulement; au contraire, l'air rentre dans le flacon par l'orifice *a*, et l'eau remonte dans le tube *g* jusqu'à la tranche *ad*, de manière que l'équilibre soit rétabli et que la pression soit la même sur tous les points de la tranche horizontale *ad*.

3° *L'orifice c est seul ouvert.* — Les orifices *a* et *b* étant fermés, on ouvre l'orifice *c*. Dans ce cas, l'eau s'écoule d'abord, avec une vitesse décroissante, jusqu'à ce que le niveau s'abaisse dans le tube *g* jusqu'en *l*. A partir de cet instant, l'écoulement continue avec une vitesse constante, qui est donnée par la formule de Torricelli, $V = \sqrt{2gz}$ (en appelant z la hauteur lh). En même temps l'air entre bulle à bulle par l'orifice *l* et gagne alors la partie supérieure du flacon. Ce régime dure aussi longtemps que le niveau de l'eau dans le flacon n'est pas descendu au-dessous de l'orifice *l*.

Cet écoulement constant s'explique par ce fait que la charge, c'est-à-dire la pression qui s'exerce sur la tranche horizontale *mh*, est *invariablement égale* à la pression de l'atmosphère, augmentée de celle de la colonne d'eau *hl*. Calculons, en effet, cette charge à un instant quelconque, par exemple quand le niveau s'est abaissé jusqu'au plan *ad*. L'air qui a pénétré dans le flacon est alors à une pression $(H - dl)$; or la couche *mh* supporte en outre le poids de la colonne d'eau dl; donc la pression transmise sur la tranche *mh* est en réalité $H - dl + dl + lh$, c'est-à-dire $H + lh$.

Cette pression est encore la même lorsque le niveau s'est abaissé en *be*, et ainsi de suite tant que le niveau est plus haut que l'orifice *l*: la pression sur la tranche *mh est donc constante*, et par conséquent il en est de même de la vitesse d'écoulement. Mais, une fois que le niveau est descendu au-dessous de l'orifice *l*, cette pression et, en même temps, la vitesse d'écoulement décroissent continuellement.

Remarque. — On peut se servir de cet appareil pour produire l'écoulement régulier d'un gaz. Dans ce cas, il faut évidemment chasser le gaz de son réservoir en y faisant arriver l'eau qui tombe du flacon de Mariotte. Si l'on aspirait directement le gaz en faisant communiquer l'extrémité *g* du tube droit avec le gazomètre, on n'obtiendrait pas une vitesse d'aspiration constante, puisque la pression du gaz, aspiré dans le flacon, irait en diminuant continuellement.

285. **Écoulement d'un liquide en contact avec une masse d'air limitée.** — Un autre cas très intéressant de l'écoulement des liquides est celui où leur surface libre, au lieu d'être en communication directe avec l'atmosphère, se trouve en contact avec une masse d'air limitée, dont la force élastique est supérieure ou inférieure à la pression extérieure.

Si h_0 est la *charge* initiale, c'est-à-dire la distance verticale de la surface libre à l'orifice, l'écoulement commence avec une vitesse V_0, qui est déterminée par la formule de Bernoulli,

$$V_0 = \sqrt{2g\left(h_0 + \frac{p_0 - p'}{d}\right)},$$

où p_0 désigne la pression intérieure au début, et p' la pression extérieure.

Or, tandis que celle-ci est constante, la pression p_0 diminue constamment, à mesure que le vase se vide, par suite de l'accroissement de volume de l'air confiné. Il en résulte que la vitesse d'écoulement se ralentit pour deux raisons : la première, c'est que la charge initiale diminue et prend une valeur h, constamment décroissante; la deuxième, c'est que la différence des pressions $(p_0 - p')$ diminue aussi, puis s'annule, puis devient négative. Quand elle a atteint la valeur absolue hd, la quantité sous le radical, et par suite la vitesse d'écoulement, est nulle : l'écoulement doit s'arrêter.

Calcul de la charge finale h_1. — Proposons-nous de chercher la charge finale. Nous avons dit que la pression extérieure, qui est désignée par p' dans la formule, garde constamment la même valeur; soit H la hauteur de la co-

lonne d'eau qui lui fait équilibre, on a $p' = Hd$. La pression initiale p_0 de l'air intérieur (que nous supposerons d'abord égale à la pression extérieure Hd) prend une valeur finale p_1, équivalente à une colonne d'eau H_1, de manière que l'on ait $p_1 = H_1 d$. La quantité sous le radical deviendra donc, avec cette nouvelle notation,

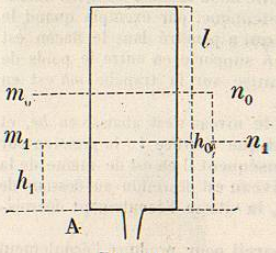

Fig. 318.

$$\frac{H_1 d - Hd}{d} \quad \text{ou} \quad H_1 - H,$$

et l'équation du problème sera

$$[1] \qquad h + H_1 - H = 0.$$

Il existe d'ailleurs entre H_1 et H la relation de la loi de Mariotte, puisque ce sont les forces élastiques de la même masse d'air confinée, au commencement et à la fin de l'écoulement. On a donc, en appelant l la longueur du vase (et en supposant la section égale à l'unité),

$$(l - h_0)\,H = (l - h)\,H_1,$$

d'où

$$[2] \qquad H_1 = H\frac{l - h_0}{l - h}.$$

En remplaçant H_1 par sa valeur, l'équation [1] devient

$$h^2 - (H + l)\,h + Hh_0 = 0,$$

d'où

$$h = \frac{H + l}{2} \pm \sqrt{\frac{(H + l)^2}{4} - Hh_0}.$$

Une seule des racines convient, c'est celle qui correspond au radical négatif, car l'autre est manifestement plus grande que l. On a donc

$$h_1 = \frac{H + l}{2} - \sqrt{\frac{(H + l)^2}{4} - h_0 H}.$$

Remarque. — Ce calcul trouve son application dans la théorie complète d'une foule de petits appareils, tels que la *pipette*, l'*entonnoir magique*, la *bouteille inépuisable*, la *fontaine intermittente*, etc.

286. **Pipette.** — On appelle ainsi un petit instrument, très employé dans les laboratoires et dans le commerce, pour puiser un peu de liquide dans un récipient qu'on ne veut ou qu'on ne peut déplacer.

C'est un simple tube droit, en verre ou en fer-blanc, dont la forme est analogue à celle d'un aréomètre qui serait ouvert aux deux bouts (fig. 319). L'extrémité inférieure se termine par un bec effilé, destiné à plonger dans le liquide, et l'extrémité supérieure par un orifice à rebords, qu'on peut aisément boucher avec un doigt.

Usage. — On plonge la pipette dans le liquide, par son bec effilé, l'orifice supérieur étant ouvert. Le tube se remplit jusqu'au milieu du renflement, soit par simple communication, soit par aspiration dans le cas des liquides lourds, comme le mercure. On retire alors le bec du liquide, en posant le doigt sur l'orifice supérieur. La pression atmosphérique, qui s'exerce à l'orifice inférieur, suffit pour maintenir le liquide dans la tige effilée. Mais, si l'on vient à rendre l'air en soulevant le doigt, l'écoulement se produit aussitôt avec une vitesse initiale déterminée par la formule de Bernoulli (285). Pour l'arrêter, il suffit de reboucher l'orifice : les quelques gouttes de liquide qui s'écoulent encore, suffisent pour raréfier l'air confiné au-dessus du liquide, au point d'annuler la vitesse d'écoulement, conformément au calcul précédent.

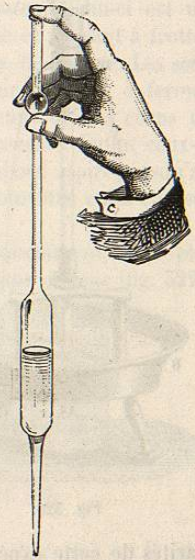
Fig. 319.

Remarque. — L'*entonnoir magique*, la *bouteille inépuisable* ou *bouteille magique* ne sont pas autre chose que des modifications plus ou moins curieuses de la *pipette*[1].

287. **Fontaine intermittente.** — *Description.* — La *fontaine intermittente* est formée d'un globe de verre C (fig. 320) fermé par un bouchon à l'émeri, et portant, à sa partie inférieure, deux ou trois tubulures capillaires D par lesquelles se fait l'écoulement. Un tube de cristal, ouvert à ses extrémités, pénètre par l'une dans le globe C, et par l'autre vient aboutir près d'un orifice pratiqué au centre d'une cuvette de cuivre B qui porte tout l'appareil.

Fonctionnement. — Le globe C étant rempli d'eau aux deux tiers environ, le liquide s'écoule d'abord par les orifices D; car la pression intérieure, en D, est égale à celle de l'atmosphère, qui se transmet par la partie inférieure du tube de cristal, *plus* le poids de la colonne d'eau CD, tandis qu'extérieurement, au même point, la pression est égale seulement à celle de l'atmosphère. Ces conditions persistent tant que l'orifice inférieur du tube est ouvert, et que, par suite de cette communication, la tension

1. Ce sont des jouets, plutôt que des instruments de physique. On en trouvera la description dans le *Monde physique* de Guillemin, tome Ier.

de l'air l'intérieur est égale à la pression de l'atmosphère.

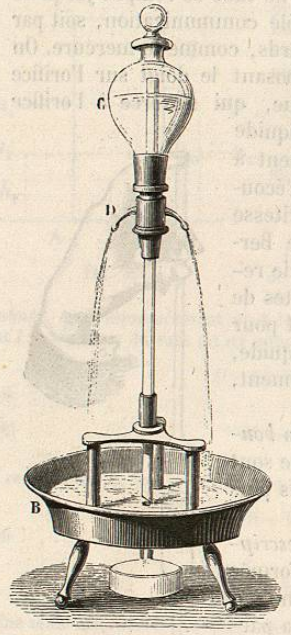

Fig. 320.

Mais l'appareil est réglé de manière que l'orifice pratiqué au fond de la cuvette B laisse écouler moins d'eau que n'en donnent les tubulures D; le niveau s'élève donc peu à peu dans la cuvette, et le tube finit par plonger entièrement dans le liquide. L'air extérieur ne pouvant plus alors pénétrer dans le globe C, on se trouve dans le cas d'un écoulement au contact d'une masse d'air limitée (285) : l'air s'y raréfie à mesure que l'écoulement continue, et il vient un moment où la pression due à la colonne d'eau CD, *plus* à la tension de l'air renfermé dans l'appareil, est égale à la pression extérieure qui s'exerce en D. A ce moment l'écoulement s'arrête; mais, la cuvette continuant à se vider, l'orifice inférieur du tube se trouve bientôt dégagé : l'air entre alors, l'écoulement recommence, et ainsi de suite tant qu'il reste de l'eau dans le globe C.

Remarque. — Toutes les particularités de cette expérience peuvent être déterminées à l'aide des formules du § 285.

CHAPITRE II

NOTIONS D'HYDRODYNAMIQUE (suite)

—

POMPES ET SIPHONS.

288. **Classification** et **Définitions préliminaires.** — Les pompes sont des machines qui servent à élever l'eau soit par aspiration, soit par pression, soit par les deux effets combinés. On les classe dans trois catégories :

1° Les *pompes aspirantes;*
2° Les *pompes foulantes;*
3° Les *pompes aspirantes et foulantes.*

Les différents organes ou pièces qui entrent dans la construction d'une pompe sont : le *corps de pompe*, le *piston*, les *soupapes* et les *tuyaux d'aspiration* et *d'ascension*.

Le *corps de pompe* est un cylindre creux et fixe, de métal ou de bois (fig. 324), dans lequel se meut le *piston*. Celui-ci est un cylindre de métal ou de bois, garni d'étoupe et glissant à frottement doux dans toute la longueur du corps de pompe. Les *soupapes* sont des disques de métal ou de cuir, servant à fermer alternativement les orifices qui font communiquer le corps de pompe avec les *tuyaux d'aspiration* ou *d'ascension*. Enfin, ceux-ci sont des tuyaux dans lesquels l'eau est d'abord aspirée jusqu'au corps de pompe, puis refoulée au-dessus, pour être enfin chassée au dehors.

Soupapes. — Les soupapes les plus fréquemment employées sont la *soupape à clapet* (fig. 321) et la *soupape conique* (fig. 322).

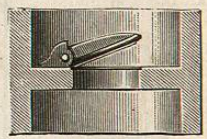
Fig. 321.

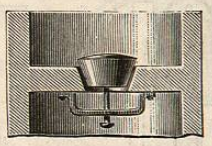
Fig. 322.

La première est un disque métallique fixé à charnière sur le bord de l'orifice qu'il doit fermer. Pour que la fermeture soit plus complète, la face inférieure du disque est garnie d'un cuir épais.

Quant à la soupape conique, elle consiste en un cône métallique s'engageant dans une ouverture de même forme. Au-dessous de celle-ci est une bride de fer, dans laquelle passe un bouton à tête fixé à la soupape. Ce dispositif limite le jeu de la soupape quand elle est soulevée par l'eau, et l'empêche de chavirer.

Remarque. — Il y a un grand intérêt, pour la facilité du fonctionnement, à ce que la section de la soupape et, par suite, celle de l'orifice qu'elle ferme, soient les plus grandes possibles. On diminue ainsi les frottements de l'eau sur les orifices qu'elle traverse.

289. **Pompes aspirantes.** — *Description.* — Tous les appareils de cette catégorie se composent essentiellement : 1° d'un corps de pompe cylindrique, portant à sa partie supérieure une tubulure latérale par laquelle l'eau s'écoule, et percé à sa base d'un *large*