

### CHAPITRE III

#### DENSITES. ARÉOMÈTRES

##### I — DENSITÉS. — POIDS SPÉCIFIQUES.

98. **Définitions.** — On appelle *densité absolue*, ou *masse spécifique* d'un corps, la masse d'un centimètre cube de ce corps, évaluée en grammes. La densité de l'eau à la température 4° est, par définition, égale à l'unité.

On appelle *densité relative* d'un corps, ou *densité par rapport à l'eau*, le rapport de la masse du corps à la masse du même volume d'eau. — La densité absolue dans le système C. G. S. et la densité relative sont représentées par le même nombre. — Par exemple, la densité absolue du fer est 7<sup>gr</sup>, 8; sa densité relative est le nombre abstrait 7,8.

On appelle *poids spécifique relatif* d'un corps, ou *poids spécifique par rapport à l'eau*, le rapport du poids de ce corps au poids du même volume d'eau. Soient M et m les masses du corps et du même volume d'eau, P et p les poids du corps et du même volume d'eau; on a :  $P = Mg$ ;  $p = mg$ ; d'où  $\frac{P}{p} = \frac{M}{m}$ ; le premier de ces rapports est, par définition, le poids spécifique du corps par rapport à l'eau; le second est la densité relative.

On voit donc que les tables qui donneront ces nombres, pour diverses substances, pourront être intitulées indifféremment : tables de *densités absolues*, tables de *densités relatives*, ou tables de *poids spécifiques relatifs* (\*).

Quant à la détermination expérimentale de l'un de ces nombres, elle comprendra deux opérations : 1° détermination de la masse M d'un échantillon de cette substance (vulgairement, détermination de son

(\*) On appelle *poids spécifique absolu* d'un corps, le poids de l'unité de volume de ce corps. Dans le système C. G. S., il est évalué en dynes; si D est la densité absolue du corps, son poids spécifique absolu sera Dg dynes; c'est donc un nombre variable avec l'altitude et la latitude; une table de poids spécifiques absolus s'appliquerait exclusivement au point du globe où elle aurait été construite.

*poids*); 2° détermination de la masse m du même volume d'eau (vulgairement, détermination du poids du même volume d'eau). — On fera ensuite le quotient de M par m;

$$D = \frac{M}{m}.$$

Quant à l'usage que l'on pourra faire de ce nombre D, le plus fréquent consiste à déterminer la masse d'un corps (ou ce qu'on appelle vulgairement son poids) sans avoir recours à une pesée directe, en connaissant simplement son volume V en centimètres cubes. — Puisque le nombre D représente, en grammes, la masse (ou le poids) d'un centimètre cube de la substance, la masse du corps, dont le volume est V centimètres cubes, sera :

$$M^{\text{gr}} = VD.$$

99. **Remarques relatives aux tables de poids spécifiques ou densités.** — Pour fixer avec précision la signification du nombre qui représentera le poids spécifique relatif ou la densité de chaque corps, il est nécessaire de définir les conditions dans lesquelles ce nombre est supposé déterminé, et en particulier la température à laquelle est supposé le corps dont il s'agit. — En effet, le volume d'un corps dépend de sa température : par suite, le poids ou la masse d'un centimètre cube de ce corps dépend de la température à laquelle est supposé le corps lui-même. — Dans les tables numériques, comme celles de la page 86, qui donnent les poids spécifiques ou les densités des corps solides ou liquides, les corps sont supposés à la température de 0°. On verra, dans l'étude de la Chaleur, comment on en peut déduire, pour chaque corps, la densité à une température quelconque.

##### II. — DÉTERMINATION EXPÉRIMENTALE DES DENSITÉS DES CORPS SOLIDES ET LIQUIDES.

100. **Méthode du flacon.** — *Corps solides.* — Les flacons destinés à déterminer les densités des corps solides sont de formes diverses. Lorsqu'on veut opérer sur des corps un peu volumineux, on se sert de flacons à large goulot (fig. 89), dont le bord a été usé à l'émeri, de façon qu'un disque de verre plan puisse s'y appliquer exactement. Quand le flacon aura été rempli d'eau, on fera glisser cet obturateur de verre sur le goulot, de manière à chasser le liquide qui pourrait dépasser le bord du flacon.

Pour déterminer la densité d'un corps solide insoluble dans l'eau,



d'un fragment de marbre par exemple, on le met dans l'un des plateaux A de la balance, et l'on place à côté le flacon rempli d'eau et fermé par son obturateur; on fait équilibre avec une tare placée dans l'autre plateau. On enlève alors le corps et on le remplace par des poids

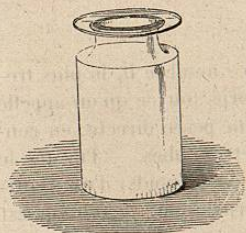


Fig. 89.

marqués, ce qui donne son poids P, par double pesée (67). — On retire ensuite les poids marqués et l'on introduit le fragment de marbre dans le flacon; il sort une certaine quantité d'eau; on remplace l'obturateur de verre, on essuie le flacon, et on le remet dans le plateau A. L'équilibre ne peut subsister, puisque le corps a chassé un volume d'eau égal au sien : les poids marqués qu'on doit ajouter en A représentent le poids de cette eau, c'est-à-dire  $p$ , avec l'exactitude de la double pesée. — Le quotient de P par  $p$  est la densité du marbre.

Pour opérer sur des corps en petits fragments, ou en poudre, on emploie de petits flacons à goulot étroit (fig. 90), dont le bouchon  $ab$  est formé d'un tube effilé, usé à l'émeri en  $b$  de façon qu'il s'enfonce d'une quantité toujours égale dans le goulot; lorsqu'on a rempli d'eau le flacon et qu'on introduit le bouchon, il sort une certaine quantité de liquide par l'ouverture  $a$ , et, comme la surface libre de l'eau a un diamètre

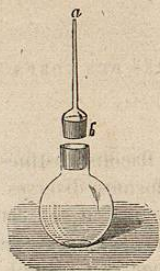


Fig. 90.

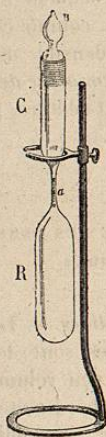


Fig. 91.

très petit, il n'importe pas qu'elle soit plane ou courbe. — On opère comme avec le flacon précédent : il faut remarquer seulement que les corps en poudre peuvent, lorsqu'on les introduit dans l'eau, entraîner les bulles d'air qui se dégagent difficilement : pour chasser ces bulles d'air, on place le flacon sous le récipient de la machine pneumatique, et on le laisse quelque temps dans le vide.

101. *Corps liquides.* — On se sert ordinairement, pour les liquides, de petits flacons dont l'usage a été introduit par Regnault. La figure 91 représente un de ces flacons : il se compose d'un réservoir cylindrique R, surmonté d'un petit tube capillaire portant un trait de repère  $a$ , et d'une autre partie cylindrique C qui sert d'entonnoir. Un bouchon de verre B empêche l'évaporation des liquides volatils pendant les pesées. Lorsqu'on a rem-

pli le flacon d'un liquide (\*), on enlève, avec un petit rouleau de papier buvard, tout ce qui dépasse le trait  $a$  marqué sur le tube.

Pour obtenir la densité, on place le flacon plein de liquide dans l'un des plateaux de la balance, et l'on établit l'équilibre en faisant une tare dans l'autre plateau. Puis, on vide le flacon, on le sèche avec soin et on le remplace dans le même plateau; les poids marqués qu'il faut ajouter, du même côté, pour rétablir l'équilibre, expriment le poids P du liquide que contenait le flacon. — La même opération, faite avec de l'eau, donne le poids  $p$  d'un égal volume d'eau. — Il suffit de diviser P par  $p$  pour avoir la densité.

102. *Méthode de la balance hydrostatique.* — *Corps solides.* — La méthode de la balance hydrostatique est fondée sur ce principe, qu'un corps plongé dans un liquide éprouve une poussée, de bas en haut, égale en grandeur au poids du liquide déplacé (88).

Pour déterminer la densité d'un corps solide, insoluble dans l'eau, d'un fragment de bronze, par exemple, on l'accroche, par un fil métallique fin, à l'un des plateaux A de la balance (fig. 92), et on lui fait équilibre avec une tare placée dans l'autre plateau; on enlève le corps, et on rétablit l'équilibre en plaçant des poids marqués dans le plateau A : on connaît ainsi le poids P du corps, par la méthode même de la double pesée (67). — Après avoir enlevé les poids marqués, on accroche de nouveau le corps sous le plateau, et on le descend dans l'eau; l'équilibre étant détruit, on le rétablit en plaçant des poids marqués dans le plateau A. — Ces poids expriment le poids  $p$  de l'eau déplacée, indépendamment de la justesse de la balance. — On divise P par  $p$ , et le quotient est le poids spécifique cherché.

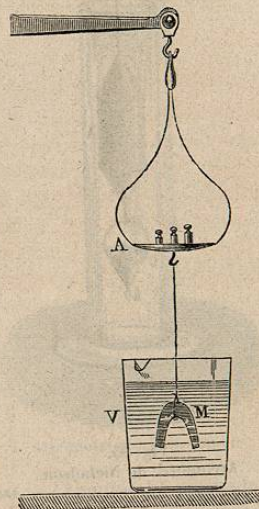


Fig. 92.

105. *Corps liquides.* — Pour déterminer la densité d'un corps liquide, d'un alcool, par exemple, on suspend par un fil fin, à l'un des plateaux A de la balance, un corps solide quelconque, par exemple une boule de verre convenablement lestée, et on en fait la tare. On plonge alors cette boule dans l'alcool, et, pour rétablir l'équilibre, on place dans le plateau A des poids marqués, qui indiquent le poids P de l'alcool déplacé. — En plongeant ensuite la boule dans l'eau pure, on connaît, par

(\*) Le tube  $a$  étant capillaire, il faut, pour introduire le liquide, employer une méthode particulière, semblable à celle qui sera indiquée plus loin pour la construction du thermomètre.



les poids qu'il faut placer dans le plateau A pour rétablir l'équilibre, le poids  $p$  du même volume d'eau. — En divisant  $P$  par  $p$ , on obtient la densité de l'alcool.

**104. Méthode des aréomètres à volume constant.** — *Corps solides.* — On nomme *aréomètres à volume constant*, des appareils flotteurs qui sont assez légers pour ne s'enfoncer qu'incomplètement dans les divers liquides où on les place, mais qu'on peut charger de façon à faire toujours plonger la même portion de leur volume.

L'aréomètre le plus employé pour déterminer la densité des corps solides est l'aréomètre de Nicholson (*fig. 95*). Le corps de l'instrument est en métal, et creux; il se compose d'une portion cylindrique A, terminée en haut et en bas par deux cônes: le cône supérieur porte une tige métallique et un plateau B; le cône inférieur porte un crochet, auquel on suspend une corbeille C contenant, sous un double fond, de la grenaille de plomb qui sert de lest à l'appareil et le maintient vertical dans l'eau. Sur la tige, est marqué un trait  $a$ , qu'on nomme *point d'affleurement*.

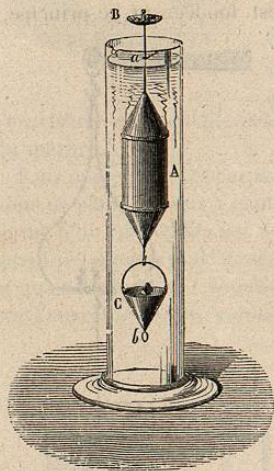


Fig. 95.  
Aréomètre de Nicholson.

Pour déterminer la densité d'un corps solide, insoluble dans l'eau, d'un fragment de soufre, par exemple, on met l'instrument dans l'eau, on place le corps sur le plateau B, et on ajoute de la grenaille de plomb de telle sorte que l'instrument s'enfonce jusqu'au point d'affleurement; puis, on enlève le corps et on le remplace par des poids marqués, de manière à produire de nouveau l'affleurement; on connaît ainsi le poids  $P$  du corps, comme on l'obtiendrait avec une balance, mais avec une sensibilité moindre, à cause de l'adhérence de l'eau pour les parois de l'instrument. — On retire alors ces poids, et on place le morceau de soufre sur la corbeille C; le corps, étant plongé dans l'eau, éprouve une poussée, en sorte que, pour rétablir l'affleurement, il faut placer des poids marqués sur le plateau B; ils expriment le poids d'un volume d'eau égal à celui du soufre. — Le quotient de  $P$  par  $p$  est la densité cherchée.

Lorsqu'on opère sur des corps dont la densité est moindre que celle de l'eau, la poussée tendrait à les faire remonter à la surface: on retourne alors la corbeille, et on l'accroche par l'anneau  $b$ ; la poussée presse le corps dans la concavité de la corbeille, et la méthode s'applique sans autre modification.

Cette méthode de l'aréomètre, qui n'exige pas, comme les deux autres, l'usage de la balance, est surtout employée par les minéralogistes. L'instrument est commode, en ce qu'il est portatif; on l'enferme dans un étui de fer-blanc, qui peut tenir lieu, en voyage, de l'éprouvette dans laquelle on fait flotter l'aréomètre.

**105. Corps liquides.** — On a construit, pour déterminer la densité des liquides, un instrument analogue, l'aréomètre de Fahrenheit, dont on fait d'ailleurs assez rarement usage. Il est en verre (*fig. 94*) et lesté par du mercure placé dans une petite boule, à sa partie inférieure.

L'instrument a été pesé une fois pour toutes; soit, par exemple, 50 grammes son poids. — On le plonge dans le liquide dont on veut déterminer la densité, et on ajoute des poids marqués sur le plateau supérieur, de manière que l'instrument s'enfonce jusqu'au trait d'affleurement marqué sur sa tige. Puisque l'instrument flotte, la poussée qu'il éprouve est égale à son poids total, c'est-à-dire à la somme de 50 grammes et des poids placés sur le plateau: cette somme exprime donc le poids  $P$  d'un volume du liquide égal au volume de la partie plongée. — On plonge ensuite l'instrument dans l'eau, et on opère de la même manière: la somme de 50 grammes et des poids qui déterminent l'affleurement représente le poids  $p$  d'un volume d'eau égal au précédent. — On divise  $P$  par  $p$ , et le quotient exprime la densité du liquide.

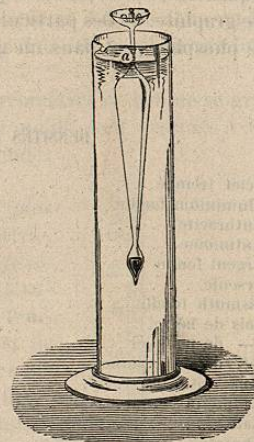


Fig. 94.  
Aréomètre de Fahrenheit.

**106. Corps solides solubles dans l'eau.** — Aucune des méthodes précédentes n'est immédiatement applicable aux corps solides qui sont solubles dans l'eau. — Or, en général, les corps qui sont solubles dans l'eau ne sont pas solubles dans l'essence de térébenthine. On opère avec ce liquide comme nous l'avons fait avec l'eau, ce qui donne la densité du corps *par rapport à l'essence*: il est facile de voir qu'il suffit de multiplier ensuite ce nombre par la densité de l'essence par rapport à l'eau.

En effet, soient  $P$  le poids du corps,  $p$  le poids du même volume d'eau, et  $p'$  le poids du même volume d'essence. L'opération, effectuée avec de l'essence, aura donné la valeur de  $\frac{P}{p'}$ ; or, multiplier cette valeur par la densité de l'essence, c'est la multiplier par  $\frac{p'}{p}$ , ce qui donne  $\frac{P}{p'} \times \frac{p'}{p}$ , ou  $\frac{P}{p}$ , c'est-à-dire la densité du corps par rapport à l'eau.



107. **Résultats.** — Les tables ci-après donnent les densités des principaux corps solides et liquides. — On pourra remarquer que, pour un même corps solide, la densité peut varier, dans certaines circonstances, entre des limites assez étendues. Ainsi, pour la plupart des métaux, le cuivre ou le platine, par exemple, l'expérience fournit des valeurs sensiblement différentes, selon qu'on opère sur les échantillons qui ont été simplement fondus, ou sur des échantillons qui ont été soumis ultérieurement à des actions mécaniques, comme le laminage ou l'étirage à la filière. — Le carbone présente aussi des poids spécifiques différents, suivant qu'on le prend à l'état de diamant ou à l'état de graphite. — Des particularités analogues se retrouvent dans le soufre, le phosphore, et dans un grand nombre d'autres corps.

## DENSITÉS DE QUELQUES CORPS SOLIDES.

Acier trempé. . . . .	7,82	Iode . . . . .	4,95
Aluminium fondu. . . . .	2,56	Ivoire. . . . .	1,92
Anthracite. . . . .	1,40	Jayet. . . . .	1,51
Antimoine . . . . .	6,72	Laiton. . . . .	8,45
Argent fondu. . . . .	10,47	Liège. . . . .	0,24
Arsenic. . . . .	5,75	Magnésium. . . . .	1,74
Bismuth fondu. . . . .	9,82	Manganèse. . . . .	8,01
Bois de hêtre. . . . .	0,85	Marbre statuaire . . . . .	2,71
— de peuplier. . . . .	0,59	Nickel fondu. . . . .	8,28
— de sapin jaune. . . . .	0,66	Or fondu. . . . .	19,26
Bore cristallisé. . . . .	2,68	— forgé. . . . .	19,56
Cadmium écroui. . . . .	8,69	Phosphore ordinaire. . . . .	1,84
Calcium . . . . .	1,58	— rouge. . . . .	2,40
Chrom. . . . .	5,90	Platine fondu. . . . .	21,15
Cobalt fondu. . . . .	7,81	— écroui . . . . .	25,00
Cristal de roche. . . . .	2,65	Plomb. . . . .	11,55
Cuivre fondu. . . . .	8,85	Porcelaine de Chine. . . . .	2,58
— laminé. . . . .	8,95	— de Sèvres. . . . .	2,24
Diamant du Brésil. . . . .	5,52	Potassium . . . . .	0,87
Étain. . . . .	7,29	Silicium cristallisé. . . . .	2,49
Fer. . . . .	7,79	Sodium. . . . .	0,97
Flint-glass. . . . .	5,59	Soufre natif ou octaédrique. . . . .	2,07
Fonte de fer. . . . .	7,21	— prismatique. . . . .	1,97
Glace. . . . .	0,92	Succin. . . . .	1,08
Graphite. . . . .	2,16	Verre à vitres. . . . .	2,55
Houille compacte. . . . .	1,55	Zinc. . . . .	7,19

## DENSITÉS DE QUELQUES LIQUIDES.

Acide nitrique fumant. . . . .	1,451	Essence de térébenthine. . . . .	0,869
— sulfurique concentré. . . . .	1,841	Huile d'olive. . . . .	0,915
Alcool absolu. . . . .	0,792	Lait. . . . .	1,050
Brome. . . . .	2,966	Mercure. . . . .	15,595
Eau de mer. . . . .	1,026	Sulfure de carbone. . . . .	1,295
— distillée, à 4 degrés. . . . .	1,000	Vin de Bordeaux. . . . .	0,994
Esprit de bois. . . . .	0,798	— de Bourgogne. . . . .	0,991

## III. — ARÉOMÈTRES A POIDS CONSTANT.

108. **Aréomètres à poids constant, en général.** — On donne le nom d'*aréomètres à poids constant* à des instruments dont on fait usage dans l'industrie, et qui sont destinés à fournir des indications sur le degré de concentration des liquides, c'est-à-dire sur la quantité d'eau qui s'y trouve mélangée. — Ils se composent tous (fig. 95, 96 et 97) d'un tube de verre, portant un renflement à sa partie inférieure; une ampoule, contenant du mercure ou de la grenaille de plomb, sert à lester l'appareil et le maintient vertical quand il flotte dans un liquide. — Les divers aréomètres diffèrent entre eux par leur graduation, comme nous allons l'indiquer.

109. **Aréomètres de Baumé.** — Les aréomètres de Baumé se graduent de deux manières différentes, selon qu'ils sont destinés à des liquides plus denses que l'eau, ou à des liquides moins denses.

1° Les aréomètres destinés à des liquides *plus denses que l'eau* sont désignés, dans l'industrie, sous les noms de *pèse-acides, pèse-sirops, pèse-sels, etc.* — Pour graduer l'un de ces instruments, on le plonge dans l'eau pure, à la température de 12° environ, et on règle le lest de manière qu'il s'enfonce à peu près jusqu'au sommet du tube: on marque zéro au point d'affleurement (fig. 95). On fait ensuite une solution contenant, en poids, 15 parties de sel marin pour 85 parties d'eau; on y plonge l'instrument, qui s'y enfonce moins que dans l'eau pure, puisque cette solution est plus dense: au nouveau point d'affleurement, on marque 15. On partage l'intervalle de ces deux points en 15 parties égales, qu'on appelle *degrés* de l'aréomètre, et l'on continue à marquer des degrés égaux jusqu'au bas de la tige. — Lorsque l'instrument, plongé dans un acide quelconque, s'enfonce, par exemple, jusqu'au 54° degré, on dit que cet acide marque 54 degrés au pèse-acides de Baumé.

2° Les aréomètres qui doivent servir pour les liquides *moins denses que l'eau* sont désignés, dans l'industrie, sous le nom de *pèse-esprits, pèse-liqueurs, etc.* — Pour graduer l'un de ces instruments, on le plonge d'abord dans une solution contenant 10 parties de sel marin pour 90 parties d'eau, et on règle le lest de façon que l'instrument s'enfonce seulement jusqu'à la naissance du tube: on marque zéro au point

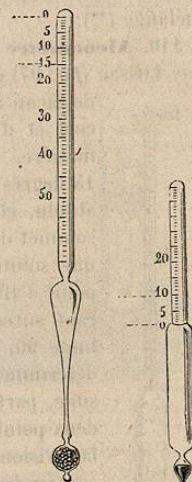


Fig. 95. Fig. 96.  
Aréomètres de Baumé.



d'affleurement (fig. 96). On plonge ensuite l'instrument dans l'eau pure : au point d'affleurement, on marque 10. On partage l'intervalle de ces deux points en dix parties égales, ou *degrés*, et on continue la graduation jusqu'au sommet de la tige (\*).

On voit que ces deux graduations sont absolument arbitraires : elles sont, en outre, indépendantes l'une de l'autre, et les deux échelles n'ont pas le même zéro. — Ces instruments sont donc uniquement destinés à fournir des points de repère à l'industrie; on sait, par exemple, que l'acide sulfurique du commerce doit marquer 66 degrés au pèse-acides de Baumé; que l'éther ordinaire du commerce doit marquer au pèse-esprits 56 degrés, et qu'il peut en marquer jusqu'à 65 quand on le rectifie, etc... Si ces liquides marquent un degré plus élevé que le degré commercial, c'est qu'ils sont plus concentrés qu'on n'est en droit de l'exiger; s'ils marquent un degré moindre, c'est qu'ils ne sont pas assez concentrés. — Mais l'instrument n'indique pas quelle est la proportion d'eau : il ne peut donc donner exactement la valeur vénale du mélange (\*\*).

110. **Alcoomètre centésimal de Gay-Lussac.** — L'alcoomètre de Gay-Lussac (fig. 97) est un aréomètre dont la graduation est effectuée de façon à donner la *richesse en alcool* des mélanges d'alcool et d'eau, pourvu qu'ils ne contiennent aucune autre matière. — La graduation est faite à la température de 15 degrés. On plonge d'abord l'instrument dans de l'alcool absolu, et on règle le lest de façon qu'il s'enfonce jusqu'au sommet de la tige : en ce point, on marque 100. Puis on fait une solution contenant *en volume* 95 d'alcool pour 100; au point d'affleurement on marque 95, et ainsi de suite, en opérant successivement avec des solutions contenant en volume 90, 85, 80, etc., d'alcool pour 100. Les points ainsi déterminés étant très rapprochés, on peut, sans erreur sensible, partager en 5 parties égales l'intervalle compris entre deux points consécutifs. — Si l'instrument s'enfonce jusqu'à la division 78, dans un mélange d'alcool et d'eau, ce mélange contiendra, en volume, 78 d'alcool pour 100.

Il est intéressant de remarquer combien sont différentes



Fig. 97.

(\*) Le plus souvent, on se contente de graduer les pèse-liqueurs en les comparant avec d'autres instruments déjà construits : on se dispense alors de marquer sur la tige les dix premiers degrés, qui seraient inutiles dans la pratique.

(\*\*) L'aréomètre de Cartier n'est qu'une modification de celui de Baumé, imaginée dans un but de concurrence commerciale. Sa graduation est tout aussi arbitraire, et Cartier n'en a pas fait connaître les bases; le 10° degré représente encore l'affleurement dans l'eau pure à la température de 12° 5; mais le 29° degré correspond au 51° de l'aréomètre de Baumé. — Cet aréomètre a été longtemps employé par la régie, pour les droits à percevoir sur les eaux-de-vie et les esprits. On le remplace aujourd'hui par l'alcoomètre centésimal de Gay-Lussac.

les grandeurs des divisions ainsi déterminées par l'expérience : les degrés voisins du zéro sont beaucoup plus petits, comme le montre la figure 97, que les degrés voisins du 100° degré.

L'instrument ayant été gradué à la température de 15 degrés, ses indications doivent subir des corrections quand on en fait usage à une autre température. Gay-Lussac a donné des tables qui permettent d'effectuer ces corrections : elles peuvent conduire à modifier, de plusieurs unités, les indications fournies par l'instrument.

111. **Essais des vins.** — L'alcoomètre ne peut être employé pour obtenir immédiatement la richesse alcoolique des vins, parce que ces liquides contiennent, outre l'eau et l'alcool, diverses substances qui en modifient la densité. — Il faut donc commencer par éliminer ces substances. Or l'expérience a montré que, quand on distille un échantillon de vin ordinaire (c'est-à-dire quand on le fait bouillir et que l'on condense le liquide vaporisé), l'alcool passe *tout entier*, avec un peu d'eau, dans le premier tiers du liquide condensé. — Cette distillation peut se faire, en quelques minutes, au moyen du petit appareil qui est représenté par la figure 98. On met du vin dans l'éprou-

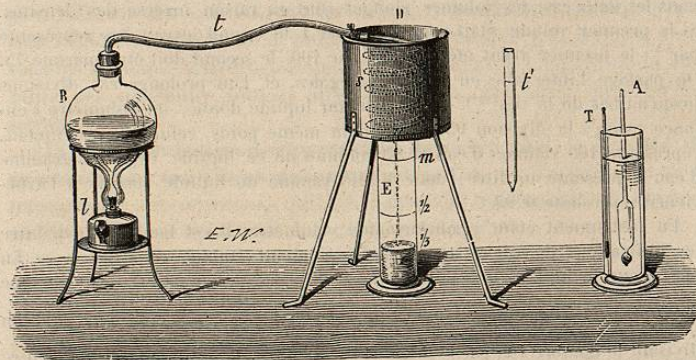


Fig. 98. — Essai des vins.

vette E, jusqu'à un trait marqué en *m*, on verse ce vin dans le ballon B, et l'on rince l'éprouvette avec un peu d'eau, qu'on verse encore dans le ballon. On fait communiquer le ballon, au moyen d'un tube de caoutchouc *t*, avec un petit serpentin *s*, contenu dans un vase de laiton D plein d'eau froide, et on allume la lampe *l*. Au bout de quelques instants, on voit l'ébullition commencer, et l'on recueille le liquide condensé dans l'éprouvette E. Quand il a atteint le trait 1/3, on retire la lampe et l'on achève de remplir l'éprouvette avec de l'eau pure, jusqu'au trait *m*. — On a ainsi un liquide contenant, *sous le même volume*, la *même quantité d'alcool* que le vin à essayer : comme il ne renferme plus de substances étrangères, on peut le doser avec l'alcoomètre. Un thermomètre T donne la température de ce liquide, et permet de faire les corrections au moyen de la table de Gay-Lussac (\*).

(\*) Quand on opère sur des vins capiteux, comme le vin de Madère, les vins d'Espagne



**112. Pèse-sels centésimaux.** — Lorsqu'on a besoin de déterminer la richesse de solutions diverses d'un même sel, on peut graduer un *pèse-sels* centésimal pour cet usage, en se servant de ce sel lui-même, comme on s'est servi de l'alcool pour graduer l'alcoomètre. C'est ce qu'on fait dans quelques fabriques, et c'est ainsi encore qu'on a pu construire des *pèse-vins*, des *pèse-laits*, etc. — Mais la confiance qu'on peut avoir dans ces instruments est toujours subordonnée à l'hypothèse que le liquide soumis à l'essai ne contient aucune matière étrangère.

**115. Volumètres. — Densimètres.** — Un aréomètre peut être gradué de façon à donner, soit la densité d'un liquide (poids de l'unité de volume), soit le volume occupé par l'unité de poids de ce liquide. L'instrument prend alors le nom de *densimètre*, ou de *volumètre*.

Pour graduer un *volumètre* destiné aux liquides plus denses que l'eau, on règle le poids de l'appareil de façon qu'il s'enfonce dans l'eau pure jusqu'au haut de la tige, et l'on marque 100 au point d'affleurement. On le plonge ensuite dans un liquide dont la densité soit connue,  $\frac{1}{2}$  par exemple : il s'enfonce d'une quantité moindre, et le poids du liquide déplacé étant le même dans les deux cas, les volumes plongés sont en raison inverse des densités. Si le premier volume était représenté par 1, le second devrait être représenté par  $\frac{2}{1}$ ; le premier ayant été désigné par 100, le second doit être marqué 75. On partage l'intervalle en 25 parties égales, et l'on prolonge ces divisions jusqu'au bas de la tige (\*). — Si, dans un liquide donné, un volumètre s'enfonce jusqu'à la division 95, c'est qu'un même poids, celui de l'instrument, représente 100 volumes d'eau et 95 volumes de ce liquide. Or 1 kilogramme d'eau représente un litre; donc 1 kilogramme du liquide soumis à l'expérience représente 0,95.

Un instrument étant gradué comme volumètre, il est facile d'en déduire les indications de cet instrument fonctionnant comme *densimètre*. — En effet, pour le liquide que nous venons de prendre comme exemple, puisque 0,95 pèse un kilogramme, la densité est  $\frac{1}{0,95}$  ou  $\frac{100}{95}$ ; elle s'obtient donc en divisant le nombre 100 par le degré du volumètre. Il suffit donc de construire une table donnant, pour les divisions successives du volumètre, les valeurs de ces quotients, c'est-à-dire les densités correspondantes : on peut ainsi marquer ces nombres sur l'instrument, qui prend alors le nom de *densimètre*.

ou du midi de la France, il est nécessaire de distiller jusqu'au trait  $\frac{1}{2}$ . C'est là, du reste, ce qu'il faut toujours faire quand on opère sur un vin dont on ne connaît pas *a priori* la richesse approximative.

(\*) Une méthode analogue pourrait être employée pour graduer les volumètres destinés aux liquides moins denses que l'eau. — On préfère ordinairement la suivante : le lest ayant été réglé de façon que l'instrument plonge dans l'eau jusqu'à la naissance de la tige, et le nombre 100 ayant été marqué en ce point, on pèse l'instrument; on y ajoute ensuite momentanément une surcharge ayant, par exemple, un poids égal au quart du poids primitif; le rapport du poids primitif au poids actuel est le rapport de 4 à 5, et ce rapport est aussi celui des volumes d'eau déplacés. Donc, puisqu'on a marqué 100 au premier point d'affleurement, on doit marquer 125 au second; on partage l'intervalle en vingt-cinq parties égales et on prolonge la division jusqu'au haut de la tige.

## CHAPITRE IV

### PESANTEUR DE L'AIR ET DES GAZ. — BAROMÈTRE

**114. Extension des principes de l'hydrostatique aux corps gazeux.** — Les gaz se rapprochent des liquides par la fluidité, c'est-à-dire par la mobilité de leurs molécules, qui rend leur forme variable avec celle du vase qui les contient. Ils s'en distinguent seulement par leur facile compressibilité et par leur *force élastique* (28, 29). — Aussi tous les principes d'hydrostatique qui dépendent seulement de la mobilité des molécules sont-ils applicables aux gaz aussi bien qu'aux liquides.

**115. Transmission des pressions dans les gaz. — Égalité de pressions en tous sens autour d'un point.** — Le principe de la *transmission des pressions*, qui est le principe fondamental de l'hydrostatique (70), est applicable aux corps gazeux.

Si, par exemple, l'intervalle compris entre les deux pistons A et B de la figure 52 était occupé par un gaz, et si, le piston P ayant une surface 100 fois égale à celle du piston *p*, on venait à placer sur le petit piston un poids de 20 kilogrammes, et sur l'autre un poids de 2000 kilogrammes, l'équilibre s'établirait encore entre les deux pressions. Seulement, dans ce cas, les pistons s'enfonceraient d'abord d'une certaine quantité dans leurs cylindres, en raison de la compressibilité du gaz. — Une fois cette diminution de volume produite, la pression totale transmise au piston P, par l'intermédiaire du gaz, serait équivalente à 100 fois la pression exercée sur le piston *p*.

De ce principe, on déduit, pour les corps gazeux comme pour les liquides, et par le même raisonnement, le principe d'*égalité de pression dans tous les sens autour d'un point*.

**116. L'air et les gaz sont pesants.** — Pour démontrer que les gaz sont pesants, on peut faire l'expérience suivante, qui n'est qu'une modification d'une expérience de Galilée.

Dans un ballon de verre, fermé par un robinet, on fait le vide à l'aide de la machine pneumatique. On le suspend sous l'un des plateaux