

CHAPITRE VI

PROPRIÉTÉS DES VAPEURS

270. Vaporisation, ébullition, évaporation. — On donne le nom général de *vaporisation*, au passage de l'état liquide à l'état gazeux.

La vaporisation peut se produire sous deux formes différentes : 1° l'*ébullition*, ou production de vapeurs dans toute la masse du liquide, sous forme de bulles qui viennent crever à la surface; 2° l'*évaporation*, ou production insensible de vapeurs à la surface libre.

Il est nécessaire, pour l'intelligence de ces phénomènes, de connaître d'abord les propriétés générales des vapeurs.

I. — MESURE DE LA FORCE ÉLASTIQUE DES VAPEURS FORMÉES DANS LE VIDE.

271. Formation des vapeurs dans le vide. — Plusieurs tubes barométriques, C, D, E, F (fig. 190), étant installés dans une même cuvette, on fait passer dans le tube D, à l'aide d'une pipette recourbée, une petite quantité d'eau; en E, de l'alcool; en F, de l'éther. Dès que ces liquides arrivent à la surface du mercure, on voit le niveau s'abaisser; une partie des liquides s'est donc vaporisée. — Les dépressions $m'p'$, $m''p''$, $m'''p'''$, sont différentes pour chacun des liquides employés. Si, dans chaque tube, il reste un excès de liquide, et si la température est, par exemple, de 10°, on constate que la dépression est d'environ 3 millimètres avec l'eau, 24 millimètres avec l'alcool, etc. Ces dépressions mesurent la *force élastique* de la vapeur formée par chacun des liquides, comme elles mesureraient la force élastique d'un gaz introduit dans la chambre barométrique. — On peut donc dire que les liquides donnent naissance, dans le vide, à des vapeurs douées d'une *force élastique*, ou *tension*, comparable à celle des gaz.

272. Tension maximum des vapeurs saturantes. — Lorsque, dans l'expérience qui précède, il reste un excès de liquide en contact avec la vapeur, il est évident que la chambre barométrique contient autant de vapeur qu'elle en peut contenir, à la température de l'expérience : on dit alors que l'espace est *saturé*, ou que la vapeur est *saturante*.

Dans ces conditions, si l'on cherche à augmenter la force élastique de la vapeur, en diminuant l'espace qu'elle occupe, on constate que cette force élastique *reste constante* et qu'une partie de la vapeur se liquéfie. L'expérience se fait à l'aide du baromètre à cuvette profonde, que nous avons employé précédemment (fig. 110). — On introduit, dans la chambre bien purgée d'air, une quantité suffisante d'éther pour que, la tension de la vapeur ayant réduit la colonne de mercure à la hauteur MN' (fig. 191), il reste encore une petite quantité d'éther liquide : on peut alors diminuer le volume occupé par la vapeur, en enfonçant

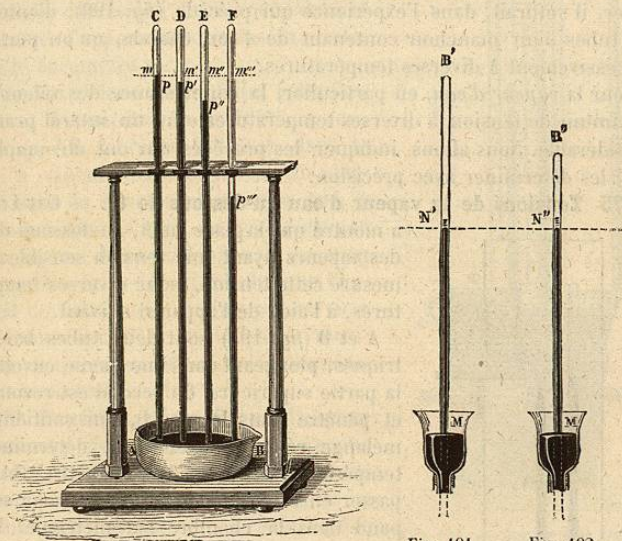


Fig. 190. — Force élastique des vapeurs dans le vide.

Fig. 191. Fig. 192. Tension maximum des vapeurs saturantes.

le tube (fig. 192), sans que la hauteur du mercure MN'' soit modifiée. La vapeur avait donc acquis immédiatement, dans cet espace saturé, un *maximum de tension* qu'on ne peut lui faire dépasser : l'effet produit par la diminution de volume est simplement de faire revenir une partie de la vapeur à l'état liquide.

Inversement, si l'on soulève le tube de manière à augmenter le volume de la vapeur, on voit encore la hauteur de la colonne de mercure rester constante : donc la tension de la vapeur ne diminue pas, mais une nouvelle quantité d'éther se vaporise. — Il en est ainsi tant que la vapeur reste saturante.

273. Vapeurs non saturantes. — Supposons maintenant qu'on puisse augmenter suffisamment l'espace occupé par la vapeur, pour

qu'il ne reste plus trace de liquide : on observe alors, en continuant à soulever le tube, que la force élastique de la vapeur varie sensiblement en raison inverse de son volume. — Les vapeurs non saturantes suivent donc, au moins approximativement, la loi de Mariotte ; les expériences précises montrent qu'elles s'en rapprochent d'autant plus qu'elles sont plus éloignées de leur point de saturation.

274. Influence de la température sur le maximum de tension. — Pour chaque liquide, le maximum de tension de la vapeur acquiert des valeurs croissantes à mesure que la température s'élève. — Pour le constater, il suffirait, dans l'expérience qui précède (fig. 190), d'entourer les tubes d'un manchon contenant de l'eau chaude, qu'on porterait successivement à diverses températures.

Pour la vapeur d'eau, en particulier, la connaissance des valeurs du maximum de tension à diverses températures offre un intérêt pratique considérable. Nous allons indiquer les procédés qui ont été employés pour les déterminer avec précision.

275 Tensions de la vapeur d'eau au-dessous de 0°. — Gay-Lussac a montré que la glace émet, au-dessous de 0°, des vapeurs ayant une tension sensible ; il a mesuré cette tension, pour diverses températures, à l'aide de l'appareil suivant.

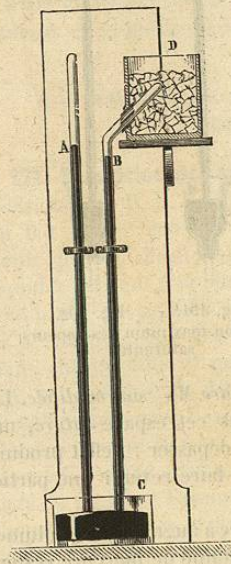


Fig. 195.

A et B (fig. 195) sont deux tubes barométriques, plongeant dans une même cuvette C ; la partie supérieure du second est recourbée et pénètre dans le vase D, qui contient un mélange réfrigérant dont on détermine la température avec un thermomètre. On fait passer en B un peu d'eau : la vapeur se répand dans la chambre barométrique. Mais, une portion de cet espace étant maintenue à la température du mélange réfrigérant, à -10° , par exemple, la vapeur ne peut y conserver une tension plus grande que celle qui correspond à -10° ; elle s'y congèle donc en partie, fait place à une nouvelle quantité de vapeur émise par le liquide, laquelle se congèle à son tour, et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'il ne reste plus d'eau liquide au-dessus du mercure. A ce moment, le niveau dans le tube B se maintient encore au-dessous du niveau dans le tube sec : donc, à -10° , la glace émet de la vapeur, dont la tension est mesurée par la distance verticale des niveaux A et B.

276. Tensions de la vapeur d'eau entre 0° et 100°. — **Procédé de Dalton.** — Pour déterminer la tension de la vapeur d'eau aux tempé-

ratures comprises entre 0° et 100°, Dalton employait deux baromètres, dont l'un A (fig. 194) contenait une petite colonne d'eau au-dessus du mercure, l'autre B était un baromètre ordinaire ; les deux tubes plongeant dans le mercure contenu dans une cuvette de fonte, et étaient entourés d'un manchon de verre rempli d'eau jusqu'en mn. — L'appareil étant porté à diverses températures au moyen d'un fourneau, on mesurait, à l'aide d'une règle divisée, la dépression du mercure dans le baromètre à vapeur, au-dessous du niveau dans le baromètre sec.

Dans l'expérience ainsi faite, lorsqu'on arrive à la température de 100°, on constate que le mercure s'abaisse, dans le tube à vapeur, jusqu'au niveau du mercure dans la cuvette, c'est-à-dire que, à la température de 100°, la force élastique de la vapeur d'eau est égale à la pression atmosphérique. — Il en résulte que l'appareil de Dalton ne pourrait pas servir à déterminer les valeurs de la tension maximum de la vapeur d'eau à des températures supérieures à 100°.

277. Expériences de Regnault, pour la mesure des tensions de la vapeur d'eau entre 0° et 60°. — L'appareil de Dalton présente ce grave défaut, qu'il ne permet pas d'établir dans le bain liquide une température uniforme. Dalton avait soin d'agiter l'eau : mais, l'agitation se transmettant, par le mercure de la cuvette, aux colonnes barométriques, il fallait attendre quelques instants avant de faire la lecture des hauteurs : de là, des erreurs d'autant plus graves que, à des températures un peu élevées, de faibles variations de température entraînent des variations considérables dans la tension de la vapeur.

Regnault a remplacé la disposition de Dalton par la suivante. Le tube à vapeur AB et le tube barométrique sec A'B' sont fixés dans des tubulures D et D' pratiquées au fond d'une caisse de tôle CC' (fig. 195), dont l'une des faces est fermée par une glace de verre ; cette caisse contient de l'eau, qui environne les parties supérieures des tubes, et que l'on peut chauffer à l'aide d'un fourneau placé au-dessous.

Pour faire une observation, on relève, au cathétomètre, la différence des niveaux du mercure dans les deux tubes, et on lit la température

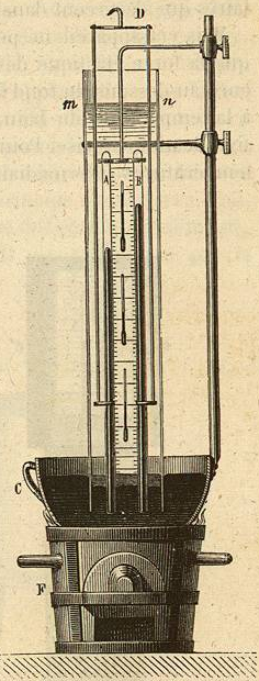


Fig. 194. — Appareil de Dalton.

sur le thermomètre T. On corrige le résultat, en tenant compte de la dilatation du mercure (247), du poids de la petite colonne d'eau qui surmonte le mercure dans le tube à vapeur A', et enfin des actions capillaires qui s'exercent dans les deux tubes.

Mais cet appareil ne peut guère être employé que jusqu'à 60°; dès que la force élastique de la vapeur est suffisante pour déprimer le mercure au-dessous du fond de la caisse, la vapeur n'étant plus tout entière à la température du bain, les indications de l'appareil n'ont plus de signification précise. Pour mesurer les tensions qui correspondent aux températures intermédiaires entre 60° et 100°, Regnault a employé un

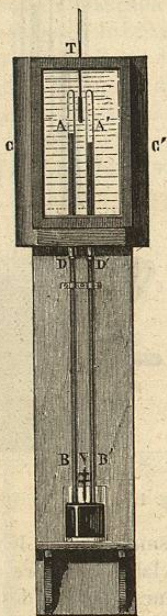


Fig. 195.
Tension de la vapeur d'eau entre 0° et 60°;
appareil de Regnault.

autre procédé, applicable également au-dessus de 100°, et que nous allons indiquer.

278. Expériences de Regnault, pour les températures comprises entre 50° et 100°, et pour les températures supérieures à 100°. — Le principe de la méthode est le suivant : *La force élastique de la vapeur émise par un liquide en ébullition est égale à la pression qui s'exerce sur sa surface.* — L'appareil de Dalton nous a déjà montré, en effet (276),

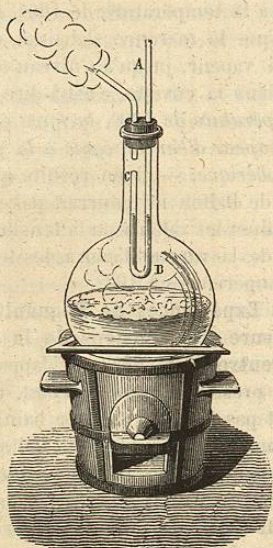


Fig. 196.

que la force élastique de la vapeur d'eau à 100°, c'est-à-dire la température où l'eau entre en ébullition à l'air libre, est égale à la pression de l'atmosphère. Le principe peut encore être vérifié, pour ce même cas particulier, par l'expérience suivante. — Un tube recourbé ABC (fig. 196), ayant la forme d'un petit tube de Mariotte, est d'abord rempli de mercure jusqu'au sommet de sa branche fermée C : on fait passer un peu d'eau dans cette branche, puis on suspend l'appareil dans un ballon contenant de l'eau, que l'on porte à l'ébullition. On voit la vapeur déprimer le mercure dans la branche fermée : quand la température est devenue uniforme, les niveaux du mercure arrivent à la même hauteur dans les deux branches. — La généralité du principe énoncé sera d'ailleurs établie plus loin, par l'étude du phénomène de l'ébullition lui-même.

L'un des appareils employés par Regnault est représenté par la

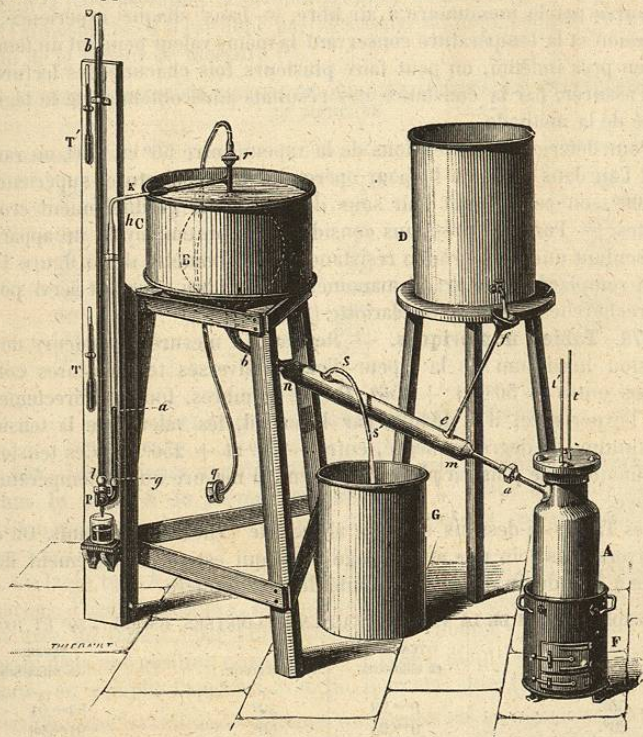


Fig. 197. Tensions de la vapeur d'eau aux températures élevées; appareil de Regnault.

figure 197. Une petite chaudière de cuivre A communique, par un tube incliné *ab*, avec un grand ballon métallique B dans lequel on peut raré-

BIBLIOTECA FACULTAD DE MEDICINA

fier ou comprimer de l'air à différentes pressions, en le mettant en communication, au moyen d'un tube de plomb, soit avec une machine pneumatique, soit avec un système de pompes de compression; les pressions ainsi obtenues sont mesurées par le manomètre à l'air libre KPO. Le ballon est entouré d'une masse d'eau froide, qui maintient sa température constante. La vapeur formée par l'ébullition dans la chaudière passe dans le tube *ab*, refroidi par un courant d'eau qui parcourt le manchon *mn*: cette vapeur se condense, et retombe en eau dans la chaudière. — Or, d'après le principe précédent, lorsque l'ébullition a lieu régulièrement dans la chaudière, la force élastique de la vapeur est égale à la pression que l'on a établie dans le ballon B. Les observations se réduisent donc à noter, d'une part, la température donnée par un thermomètre plongeant dans la vapeur; d'autre part, la force élastique mesurée par le manomètre à air libre. — Dans chaque expérience, la pression et la température conservant la même valeur pendant un temps à peu près indéfini, on peut faire plusieurs fois chacune des lectures, et s'assurer, par la constance des résultats ainsi obtenus, de la légitimité de la méthode.

Pour déterminer les tensions de la vapeur entre 50° et 100°, on raréfiait l'air dans le ballon B; pour opérer à des températures supérieures à 100°, on comprimait l'air sous des pressions graduellement croissantes. — Pour les pressions considérables, on employait un appareil présentant une plus grande résistance; le manomètre de la figure 197 était remplacé par le grand manomètre à air libre qui avait servi pour les recherches sur la loi de Mariotte (fig. 115).

279. Tables numériques. — Regnault a mesuré les valeurs de la tension maximum de la vapeur d'eau, à diverses températures comprises entre — 50° et + 256°. De ces nombres, fournis directement par l'expérience, il a déduit, par le calcul, les valeurs de la tension maximum, de degré en degré, entre — 50° et + 256°. — Ces tensions augmentent de plus en plus rapidement, à mesure que la température s'élève.

Les Tables ci-dessous sont un abrégé de celles de Regnault. On en trouvera plus loin une autre (page 244), qui est particulièrement destinée à l'étude du degré d'humidité de l'atmosphère.

TENSION MAXIMUM DE LA VAPEUR D'EAU EN MILLIMÈTRES, ENTRE — 50° ET 100°

TEMPÉRATURE.	TENSION en millimètres.	TEMPÉRATURE.	TENSION en millimètres.
— 50°	0 ^{mm} ,39	40°	54 ^{mm} ,91
— 20°	0 ^{mm} ,95	50°	91 ^{mm} ,98
— 10°	2 ^{mm} ,09	60°	148 ^{mm} ,79
0°	4 ^{mm} ,60	70°	253 ^{mm} ,09
+ 10°	9 ^{mm} ,16	80°	554 ^{mm} ,64
20°	17 ^{mm} ,39	90°	525 ^{mm} ,45
50°	51 ^{mm} ,55	100°	760 ^{mm} ,00 (1 atm.)

TENSION MAXIMUM DE LA VAPEUR D'EAU, EN ATMOSPHÈRES, ENTRE 100° ET 526°

TEMPÉRATURE.	TENSION en atmosphères.	TEMPÉRATURE.	TENSION en atmosphères.
100°	1 atm.	155°	5 atm.
121°	2 —	181°	10 —
155°	5 —	215°	20 —
143°	4 —	256°	50 —

280. Tensions des vapeurs des divers liquides. — Regnault a encore appliqué les méthodes précédentes à la détermination des tensions des vapeurs saturantes d'un certain nombre de liquides. Le tableau ci-après contient quelques-uns des résultats obtenus.

Le mercure n'émet, aux températures ordinaires de l'atmosphère, que des vapeurs dont la tension est extrêmement faible. Dans les mesures barométriques et manométriques, effectuées à la température de l'atmosphère, il n'est donc pas nécessaire de tenir compte de la tension de la vapeur de mercure (*).

TENSION MAXIMUM DES VAPEURS DE QUELQUES LIQUIDES, EN MILLIMÈTRES DE MERCURE.

TEMPÉRATURE.	MERCURE.	ALCOOL.	SULFURE DE CARBONE.	ÉTHER.
— 20°	—	5 ^{mm}	47 ^{mm}	69 ^{mm}
0°	0 ^{mm} ,02	15	128	184
+ 20°	»	45	302	455
40°	0 ^{mm} ,12	134	617	908
60°	»	550	1164	1729
80°	»	815	»	3024
100°	0 ^{mm} ,71	1698	5525	4955
120°	»	3220	5145	7702
140°	»	5657	7557	»

II. — MÉLANGE DES GAZ ET DES VAPEURS.

281. Les vapeurs acquièrent, dans les gaz, la même tension que dans le vide, à la même température. — Cette loi, énoncée par Dalton, peut se vérifier au moyen de l'expérience suivante, indiquée par Gay-Lussac.

Un large tube A (fig. 198), fermé à sa partie supérieure, et divisé en parties d'égales capacités, communique avec un tube manométrique B et avec un tube C, par l'intermédiaire du robinet *r*. L'appareil étant placé dans une position renversée, et le tube B étant bouché à son extrémité, on remplit l'appareil avec du mercure, que l'on introduit par

(*) Cependant les expériences de Merget ont montré que les vapeurs émises par le mercure peuvent encore être rendues sensibles jusqu'à — 44°, c'est-à-dire à une température inférieure à celle de sa solidification. En outre, les vapeurs de mercure, qui, à la température ordinaire, ont une tension très faible, se répandent cependant à une distance considérable du liquide qui les a produites: c'est ce que montre l'action de ces vapeurs sur des réactifs très sensibles, tels que les sels d'or ou d'argent.

le tube C; puis fermant le robinet *r*, on redresse l'appareil. — On met alors le tube B en communication avec l'air atmosphérique, par l'intermédiaire de tubes desséchants, et l'on ouvre le robinet *r*: le mercure du tube B s'écoule et le gaz pénètre bulle à bulle dans le tube A. Lorsqu'on en a introduit une quantité suffisante, on ferme le robinet, et l'on ramène le gaz à la pression de l'atmosphère, en versant du mercure par B; enfin, on note le volume occupé par le gaz.

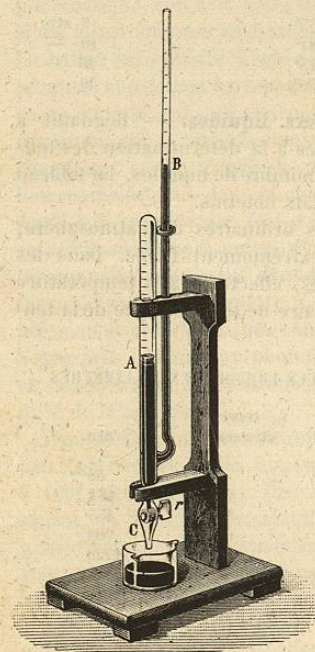


Fig. 198.
Mélanges des gaz et des vapeurs;
appareil de Gay-Lussac.

On verse alors dans le tube B une petite colonne d'un liquide volatil, de l'éther par exemple, et l'on ouvre le robinet *r*, de manière à faire écouler le mercure des deux branches à la fois. Le niveau baisse plus rapidement dans le tube ouvert que dans le tube fermé, et à un instant donné, une partie du liquide qui surmonte le mercure de B s'engage dans le tube large, et s'élève à la surface du mercure qui reste dans A; on ferme alors le robinet *r*. A mesure que l'éther se vaporise, on observe que le niveau de mercure se déprime progressivement en A, tandis qu'il s'élève en B. Une fois la saturation atteinte, ce que l'on reconnaît à la constance des niveaux, on peut procéder à la mesure de la tension de la vapeur. Pour cela, on ramène le volume à ce qu'il était d'abord, en versant du mercure par la branche B, et l'on détermine la différence de hauteur des deux niveaux. — L'expérience montre qu'elle est précisément égale à la force élastique de la vapeur du liquide dans le vide, à la même température.

Il résulte d'expériences précises, faites par Regnault, que la vaporisation des liquides dans les gaz diffère simplement de la vaporisation dans le vide, en ce que le *point de saturation* n'est atteint qu'au bout d'un certain temps, souvent assez long.

282. Loi du mélange des gaz et des vapeurs. — L'expérience précédente montre que la force élastique d'un mélange de gaz et de vapeur est égale à la somme des forces élastiques qu'auraient séparément le gaz et la vapeur, si chacun d'eux occupait seul le volume du mélange. C'est une loi exactement semblable à celle du mélange des gaz (147).

La même loi s'appliquerait encore au cas où la vapeur ne serait pas saturante, car alors cette vapeur suivrait la loi de Mariotte, et se comporterait comme un gaz proprement dit.

III. — DENSITÉS DES VAPEURS.

283. Définition. — On appelle *densité* d'une vapeur, le rapport entre les poids (ou mieux, les masses) de deux volumes égaux de vapeur et d'air, pris dans les mêmes conditions de température et de pression.

Cette définition, semblable à celle de la densité d'un gaz proprement dit (235), suppose que la vapeur soit prise à une température assez éloignée de son point de liquéfaction pour qu'on puisse, sans erreur sensible, la regarder comme suivant à la fois la loi de Mariotte et la loi de Gay-Lussac. — Nous reviendrons plus loin sur les circonstances dans lesquelles on peut considérer cette condition comme réalisée (285).

284. Procédé de Dumas. — Le procédé le plus précis, pour la détermination des densités des vapeurs, est celui de Dumas.

On prend un ballon A (fig. 199), de 250 à 500 centimètres cubes de capacité, dont on étire le col en pointe fine. Le ballon étant ouvert, on

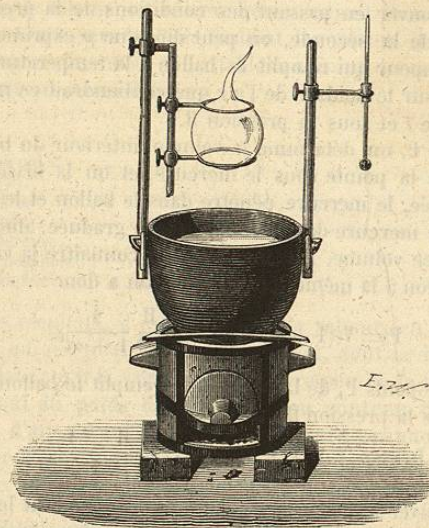


Fig. 199. — Détermination de la densité des vapeurs; procédé de Dumas.

le place sur l'un des plateaux d'une balance, en mettant à côté de lui un poids marqué, de 2 grammes par exemple, et on établit la tare

dans l'autre plateau. Le poids apparent de la tare est équilibré par ces 2^{es}, et par le poids apparent du verre du ballon. — Puis, on introduit dans le ballon A une certaine quantité du liquide dont on cherche la densité de vapeur (*). On assujettit le ballon dans un support, comme le montre la figure, et on le fait plonger dans un bain d'huile ou d'alliage fusible, de manière à atteindre toujours une température très notablement supérieure au point d'ébullition du liquide intérieur. La vapeur s'échappe par la pointe effilée, sous la forme d'un jet, et entraîne avec elle l'air du ballon; lorsque le jet cesse de se produire, on ferme la pointe au chalumeau. On note à ce moment la température T du bain, et la pression atmosphérique H₁; on retire le ballon, on l'essuie, et on le reporte sur la balance. Supposons, pour fixer les idées, qu'il ait augmenté de poids; il faudra, pour rétablir l'équilibre, diminuer d'une certaine quantité p les 2 grammes placés à côté de lui. On note la température t du laboratoire et la hauteur barométrique H, au moment de cette seconde pesée. — Le poids apparent de la tare est alors équilibré par (2 - p)^{es}, par le poids apparent du verre du ballon, et par le poids apparent de la substance contenue dans le ballon fermé, dans les conditions t et H de l'air ambiant au moment de cette seconde pesée. En négligeant la petite variation de poussée que le verre du ballon a pu éprouver en passant des conditions de la première pesée aux conditions de la seconde, on peut dire que p exprime l'excès du poids P₁ de la vapeur qui remplit le ballon à la température T et sous la pression H₁, sur le poids P de l'air que contiendrait ce même ballon à la température t et sous la pression H.

Pour trouver P, on détermine le volume intérieur du ballon. A cet effet, on plonge la pointe sous le mercure, et on la brise; la vapeur s'étant condensée, le mercure pénètre dans le ballon et le remplit. On verse ensuite ce mercure dans une éprouvette graduée, afin d'en mesurer le volume; ce volume, ramené à 0°, fait connaître la capacité intérieure V du ballon à la même température. On a donc :

$$P = V(1 + kt) 0,001295 \frac{H}{76} \frac{1}{1 + \alpha t}$$

On en déduit le poids P₁ de la vapeur qui remplit le ballon à la température T et sous la pression H₁, savoir :

$$P_1 = p + V(1 + kt) 0,001295 \frac{H}{76} \frac{1}{1 + \alpha t}$$

Il reste à trouver le poids P₂ de l'air que contiendrait le ballon dans les mêmes conditions de température et de pression; ce poids est

$$P_2 = V(1 + kT) 0,001295 \frac{H_1}{76} \frac{1}{1 + \alpha T}$$

(*) Pour cela, on chauffe légèrement le ballon, et on le laisse ensuite refroidir, en

et si l'on divise P₁ par P₂, le quotient exprime la densité cherchée.

MM. H. Sainte-Claire Deville et Troost ont appliqué la méthode de Dumas à la recherche des densités de vapeurs des liquides qui n'entrent en ébullition qu'à des températures très élevées. — Pour cela, ils ont employé des ballons de porcelaine, qu'ils plaçaient dans des étuves chauffées par de la vapeur de mercure, de soufre ou de cadmium, ces corps étant maintenus en ébullition sous la pression atmosphérique. L'avantage de ce mode de chauffage est de donner, pendant un temps aussi long qu'on le veut, une température bien connue, et dont la valeur reste rigoureusement constante.

285. Densités des vapeurs, dans les conditions où elles se comportent comme des gaz. — La densité d'une même vapeur, par rapport à l'air, lorsqu'on la détermine à des températures de plus en plus élevées, présente des valeurs de plus en plus faibles; mais ces valeurs diffèrent de moins en moins les unes des autres, et la densité, *au-dessus d'une certaine température*, devient *sensiblement constante*. — Donc, à partir de cette température, un certain volume de vapeur éprouve les mêmes variations qu'un égal volume d'air dans les mêmes circonstances de température et de pression; en d'autres termes, cette vapeur suit les lois de Mariotte et de Gay-Lussac (*).

Pour chaque vapeur, on réserve généralement le nom de *densité*, à cette *valeur limite* vers laquelle tendent les valeurs déterminées à des températures croissantes. — Le tableau suivant donne les densités de quelques vapeurs, ainsi définies.

	DENSITÉS DE VAPEURS.
Alcool	1,61
Eau	0,622
Éther	2,59
Iode	8,7
Mercure	6,97
Phosphore	4,55
Soufre	2,2

Parmi ces résultats, il est important de retenir, en vue des applications, celui qui est relatif à la vapeur d'eau, dont la densité est 0,622.

— On emploie aussi la valeur $\frac{5}{8}$, qui diffère peu de la précédente.

286. Calcul du poids de vapeur d'eau contenu dans un volume déterminé d'air saturé à une température connue. — La tension de la vapeur d'eau étant la même dans l'air que dans le vide à la même température (281), on trouvera le poids p de la vapeur qui sature un

plongeant la pointe ouverte dans le liquide: la contraction de l'air, produite par le refroidissement, fait pénétrer une petite quantité de liquide dans l'appareil.

(*) Avant d'atteindre cette limite, certaines vapeurs éprouvent des variations de densités considérables. — Ainsi, d'après Cahours, la densité de la vapeur d'acide acétique à la température de 125° est 3,20; à la température de 250°, elle est seulement de 2,09. A partir de cette température, elle est sensiblement constante.

volume V d'air à la température de t degrés, en remplaçant, dans la formule générale établie précédemment (259), la densité D par 0,622, et la force élastique H par la tension maximum F de la vapeur d'eau à t degrés :

$$(1) \quad p = V \times 0,001295 \times \frac{F}{76} \times \frac{1}{1 + \alpha t} \times 0,622,$$

ou encore, en employant la densité approchée $\frac{5}{8}$,

$$(1 \text{ bis}) \quad p = V \times 0,001295 \times \frac{F}{76} \times \frac{1}{1 + \alpha t} \times \frac{5}{8}.$$

287. Calcul du poids total d'un volume déterminé d'air saturé de vapeur d'eau, à une température connue. — Le poids total P d'un volume V d'air saturé de vapeur d'eau se compose de deux parties : le poids p de la vapeur, et le poids p' de l'air supposé sec. Or, d'après la loi du mélange des gaz et des vapeurs, si l'on désigne par H la force élastique totale de l'air humide, celle de l'air supposé sec est $H - F$. La formule établie plus haut (259) donne donc le poids p' , en y remplaçant D par l'unité, et H par $H - F$, ce qui donne :

$$p' = V \times 0,001295 \times \frac{H - F}{76} \times \frac{1}{1 + \alpha t}$$

En ajoutant, à cette valeur de p' , la valeur de p donnée par l'expression (1) et en remarquant que $1 - 0,622 = 0,378$, il vient :

$$(2) \quad P = V \times 0,001295 \times \frac{1}{1 + \alpha t} \times \frac{H - 0,378.F}{76}.$$

Si l'on prend pour la valeur du poids p l'expression (1 bis), on a :

$$(2 \text{ bis}) \quad P = V \times 0,001295 \times \frac{1}{1 + \alpha t} \times \frac{H - \frac{3}{8}F}{76}.$$

Cette dernière formule est très fréquemment employée.

Si V était exprimé en litres et P en grammes, il faudrait, dans ces formules, remplacer 0,001295 par 1,295.

CHAPITRE VII

DIVERS MODES DE FORMATION DES VAPEURS. CONDENSATION DES VAPEURS ET DES GAZ

I. — ÉVAPORATION.

288. Évaporation. — On appelle *évaporation*, la production de vapeur s'effectuant à la surface libre d'un liquide.

Quand l'espace où la vapeur peut se répandre est limité, que cet espace soit vide ou occupé par un gaz, nous avons vu que la vapeur cesse de se produire lorsqu'elle a acquis le maximum de tension correspondant à la température actuelle.

Si le liquide est placé à l'air libre, l'évaporation continue tant qu'il reste du liquide, et cela quelle que soit la température; mais elle est d'autant plus rapide que la température est plus élevée. — Ainsi, l'eau répandue sur le sol s'évapore plus vite en été qu'en hiver.

La production de vapeur est aussi d'autant plus abondante que la surface libre du liquide offre plus d'étendue. — C'est pourquoi, pour concentrer l'eau de mer, dans les marais salants, on la fait arriver dans des bassins présentant une grande surface.

L'agitation de l'air active encore l'évaporation, en entraînant la vapeur à mesure qu'elle se forme. — C'est pourquoi, dans les séchoirs, on a soin de déterminer des courants d'air.

Enfin, l'évaporation est d'autant plus rapide que l'espace environnant est plus éloigné de la saturation. Suivant Dalton, la quantité de vapeur qui se forme, en un temps donné, est proportionnelle à l'excès de la tension maximum de la vapeur, pour la température actuelle, sur la tension de la vapeur qui existe dans l'atmosphère. — Ce n'est là qu'une loi approximative, dont on peut faire usage dans les cas où la différence des deux tensions est peu considérable.

289. Froid produit par l'évaporation. — Lorsqu'un liquide s'évapore sans l'intervention d'aucune source de chaleur, il éprouve toujours un abaissement de température. — Mettons, par exemple, une couche de coton autour du réservoir d'un thermomètre, et mouillons le coton avec de l'éther; à mesure que l'éther s'évapore, on voit le ther-