

CHAPITRE VI

PROPRIÉTÉS DES VAPEURS

280. **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.

281. **Formation des vapeurs dans le vide.** — Plusieurs tubes barométriques, C, D, E, F (fig. 214), étant installés dans une même cuvette, à l'aide d'une pipette recourbée, on fait passer dans le tube D, une petite quantité d'eau; en E, de l'alcool; en F, de l'éther. Dès que ces liquides se sont élevés à la surface du mercure, on voit celui-ci 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 9 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 comparable à celle des gaz*.

282. **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

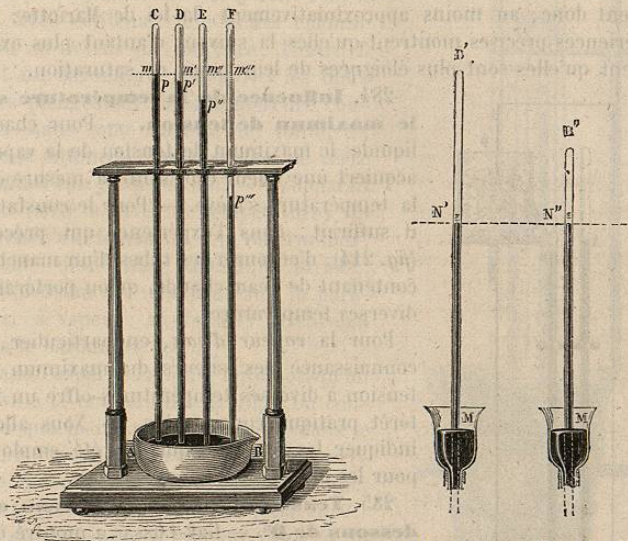


Fig. 214. — Force élastique des vapeurs dans le vide.

Fig. 215. Fig. 216.
Tension maximum des vapeurs saturantes.

liquéfie. L'expérience se fait à l'aide du baromètre à cuvette profonde, que nous avons employé précédemment (fig. 124). — 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. 215), il reste encore une petite quantité d'éther liquide : on peut alors diminuer le volume de la vapeur, en enfonçant le tube (fig. 216), 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 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*.

285. 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 la suivent d'autant plus exactement qu'elles sont plus éloignées de leur point de saturation.

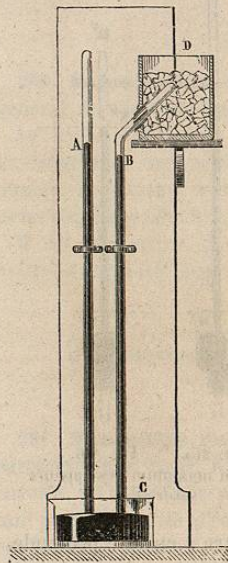


Fig. 217.

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

284. Influence de la température sur le maximum de tension. — Pour chaque liquide, le maximum de tension de la vapeur acquiert une valeur croissante à mesure que la température s'élève. — Pour le constater, il suffirait, dans l'expérience qui précède (fig. 214), d'entourer les tubes d'un manchon contenant de l'eau chaude, qu'on porterait 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.

285. 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.

A et B (fig. 217), sont deux tubes barométriques plongeant dans une même cuvette C;

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 baromètre B se maintient encore au-dessous du niveau dans le baromètre sec : donc, à -10° , la glace émet de la vapeur. La tension de cette vapeur est mesurée par la distance verticale des deux niveaux A et B.

286. Tensions de la vapeur d'eau entre 0° et 100° . — **Méthode**

de Dalton. — Pour déterminer la tension de la vapeur d'eau aux températures comprises entre 0° et 100° , Dalton employait deux baromètres, dont l'un A (fig. 218) contenait une petite colonne d'eau au-dessus du mercure, l'autre B était un baromètre ordinaire; les deux tubes plongeaient 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 déterminait, à l'aide d'une règle métallique 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° .

287. 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, à celui des colonnes barométriques, il fallait toujours 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.

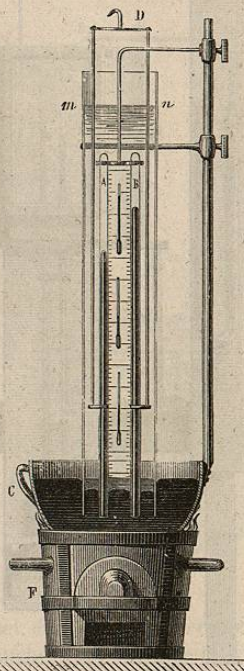


Fig. 218. — Appareil de Dalton.

Regnault a remplacé la disposition de Dalton par la suivante. Les deux tubes barométriques sont fixés dans des tubulures *a* et *b*, pratiquées au fond d'une caisse de tôle *VV* (fig. 219), dont l'une des faces

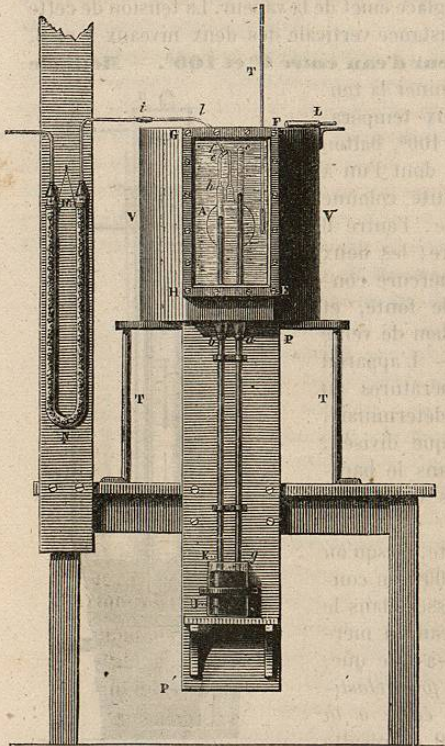


Fig. 219.
Tension de la vapeur d'eau entre 0° et 60°;
appareil de Regnault.

est fermée par une glace de verre *EFGH*; 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. Le sommet du baromètre à vapeur communique, par un tube capillaire *he*, avec un ballon de verre *A* contenant de l'eau : ce tube capillaire est interrompu par une pièce de cuivre à trois branches *f*; la troisième branche communique avec une machine pneumatique, par l'intermédiaire d'un tube *MN* à ponce sulfurique. La caisse étant vide, on commence par chauffer légèrement l'eau du ballon, de façon à en faire distiller une petite quantité dans le tube barométrique; on fait jouer ensuite la machine pneumatique : l'eau du ballon et celle du tube entrent en ébullition, tandis que l'air et la vapeur

traversent le tube *MN*, où la vapeur est absorbée par de la ponce sulfurique. Lorsqu'on a ainsi vaporisé quelques grammes d'eau, on peut admettre que l'air a été expulsé de l'appareil; on ferme à la lampe le tube qui s'engage dans la troisième branche de la pièce *t*, on verse de l'eau dans la caisse, et on chauffe cette eau, en la maintenant dans un état d'agitation constante. — Pour faire une observation, on relève, au cathétomètre, la différence des niveaux du mercure dans les deux tubes barométriques, et on lit la température sur le thermomètre *T*. On corrige le résultat, en tenant compte de la dilatation du mercure (257) du poids de la petite colonne d'eau qui surmonte le

mercure dans le tube à vapeur, 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 autre procédé, applicable également au-dessus de 100°, et que nous allons indiquer.

288. **Expériences de Regnault, pour les températures comprises entre 50 et 100°, et pour les températures supérieures.** — 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, que la force élastique de la vapeur d'eau à 100°, c'est-à-dire à 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. 220), 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 de verre, 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 figure 221. Une petite chaudière de cuivre *A* communique par un tube

(*) La masse d'eau contenue dans la caisse étant très considérable, il est facile de la maintenir assez longtemps à une température constante. Pour cela, on la chauffe jusqu'au voisinage de cette température, puis on ferme les ouvertures du fourneau : le thermomètre continue à monter quelques instants, puis atteint un *maximum*, qui se maintient pendant plusieurs minutes avant que la température recommence à décroître. C'est à ce moment qu'on fait l'observation.

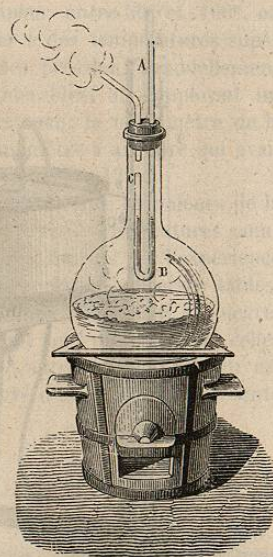


Fig. 220.

incliné *ab*, avec un grand ballon métallique B dans lequel on peut raréfier 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 air libre KPO. Le ballon est entouré d'une masse d'eau froide, qui maintient sa

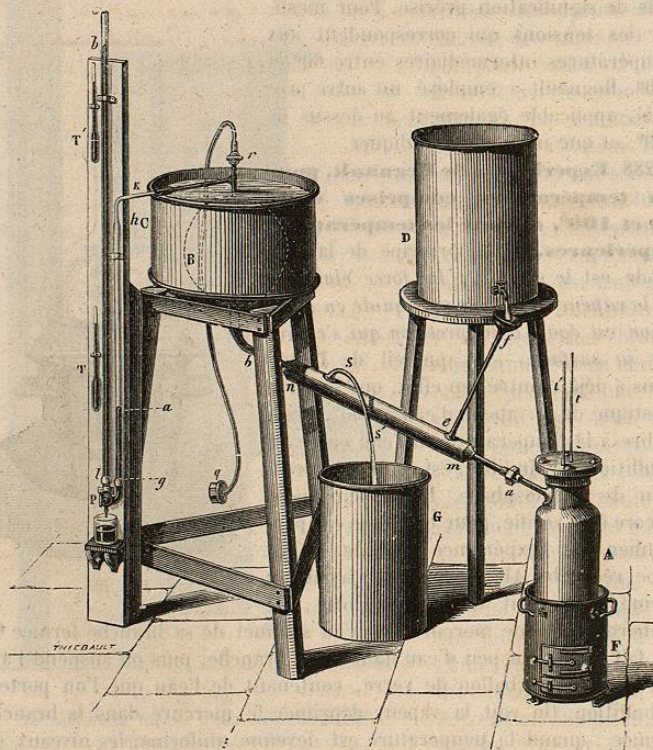


Fig. 221. — Tensions de la vapeur d'eau aux températures élevées; appareil de Regnault.

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 devant conserver 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 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 221 était remplacé par le grand manomètre à air libre qui avait servi pour les recherches sur la loi de Mariotte (fig. 129).

289. **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 par l'expérience directe, il a déduit, par une méthode d'interpolation, diverses tables, qui donnent les valeurs de la tension maximum, de degré en degré, entre -50° et +256°. Les tables qui suivent sont un abrégé de celles de Regnault. On en trouvera plus loin une autre (page 266), qui est particulièrement destinée à l'étude du degré d'humidité que présente l'atmosphère à divers instants.

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

TEMPÉRATURE.	TENSION en millimètres.	TEMPÉRATURE.	TENSION en millimètres.
-50°	0 ^{mm} ,59	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°	235 ^{mm} ,05
+10°	9 ^{mm} ,16	80°	354 ^{mm} ,64
20°	17 ^{mm} ,39	90°	525 ^{mm} ,45
50°	31 ^{mm} ,58	100°	760 ^{mm} ,00 (1 atm)

TENSION MAXIMUM DE LA VAPEUR D'EAU, EN ATMOSPHÈRES, ENTRE 100° ET 256°

TEMPÉRATURE.	TENSION en atmosphères.	TEMPÉRATURE.	TENSION en atmosphères.
100°	1 atm.	135°	5 atm.
121°	2 —	181°	10 —
135°	5 —	215°	20 —
145°	4 —	256°	50 —

290. **Tensions des vapeurs des divers liquides.** — Regnault a appliqué les méthodes précédentes à la détermination des tensions des

vapeurs saturantes d'un certain nombre de liquides ou de gaz liquéfiés. Le tableau ci-après contient quelques-uns des résultats obtenus.

Certains liquides n'émettent pas, à la température ordinaire, de vapeurs appréciables : tels sont l'acide sulfurique et les huiles grasses.

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.	ÉTHÉR.
-20°	»	5	45	67
0°	0,02	15	152	185
+20°	»	45	502	455
40°	0,12	157	617	910
60°	»	550	1164	1729
80°	»	815	»	5024
100°	0,71	1695	2529	4951
120°	»	5220	5145	7702
140°	»	5657	7357	»

II. — MÉLANGE DES GAZ ET DES VAPEURS.

291. **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. — AB (fig. 222) est un manomètre à air libre dont la branche A est formée par un gros tube, divisé en parties d'égales capacités. Ce manomètre étant bien desséché, on l'emplit entièrement de mercure; après quoi, on y adapte le ballon M plein d'air ou d'un gaz sec. On ouvre les trois robinets r, r', r'' : une certaine quantité de mercure s'écoule et est remplacée dans le tube A par de l'air venu du ballon; lorsqu'on a introduit une quantité de gaz suffisante, on ferme les robinets, on détache le ballon, et l'on ramène le gaz à la pression de l'atmosphère, en versant du mercure par le tube B.

On adapte alors, au-dessus du robinet r, un robinet à gouttes R

(*) Cependant les expériences de M. Merget ont montré que les vapeurs émises par le mercure peuvent encore être rendues sensibles jusqu'à -4°, c'est-à-dire à une température inférieure à celle de sa solidification. En outre, contrairement à l'opinion émise par Faraday, 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, de palladium ou d'argent.

(représenté, à la droite de la figure, à une échelle beaucoup plus grande). Le noyau de ce robinet n'est percé que d'une petite cavité hémisphérique; on verse une certaine quantité de liquide dans l'entonnoir qui le surmonte, et on le fait tourner plusieurs fois sur lui-même : à chaque tour, la cavité qu'il contient s'emplit du liquide de l'entonnoir, et déverse ce liquide dans le manomètre, où il se volatilise. On continue jusqu'à ce qu'on aperçoive, au-dessus du mercure, un excès de liquide non vaporisé. — A mesure que la vapeur se forme dans le tube A, le niveau du mercure se déprime dans ce tube et 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 cette vapeur. Pour cela, on ramène le volume à ce qu'il était d'abord, en versant du mercure par la branche B; on détermine alors la différence de hauteur des deux niveaux. — L'expérience prouve qu'elle est précisément égale à la force élastique de la vapeur du liquide dans le vide, à la même température.

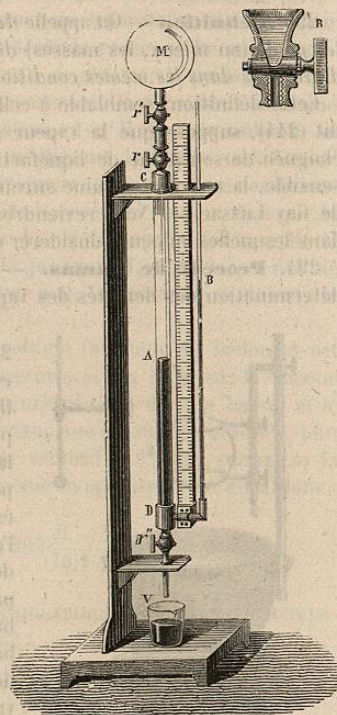


Fig. 222.
Mélange des gaz et des vapeurs;
appareil de Gay-Lussac.

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.

292. **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 (150).

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.

295. **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 (244), 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 (295).

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

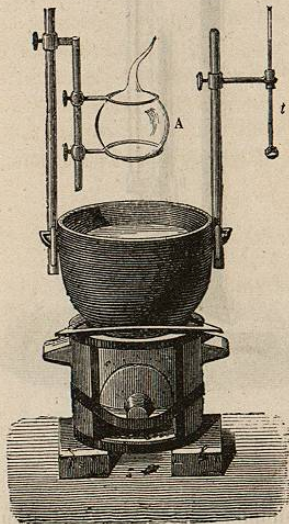


Fig. 225. — Détermination de la densité des vapeurs; procédé de Dumas.

On prend un ballon A (fig. 225), de 250 à 500 centimètres cubes de capacité, dont on étire le col en pointe fine. Le ballon étant ouvert, on 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 ce 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 obtenir 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

(*) Il suffit, pour cela, de chauffer légèrement le ballon, et de le laisser ensuite refroidir, en 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.

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 établir l'équilibre, diminuer d'une certaine quantité *p* les deux 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 la quantité *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 intérieure 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 aura donc :

$$P = V(1 + kt)0,001293 \frac{H}{76} \frac{1}{1 + \alpha t}.$$

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

$$P_1 = p + V(1 + kt)0,001293 \frac{H}{76} \frac{1}{1 + \alpha t}.$$

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

$$P_2 = V(1 + kT)0,001293 \frac{H_1}{76} \frac{1}{1 + \alpha T},$$

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

(*) Nous avons supposé que, au moment où l'on brise sous le mercure la pointe du ballon, celui-ci s'emplit complètement. Il peut arriver que la vapeur du liquide volatil n'ait pas expulsé la totalité de l'air; on en retrouve alors une bulle dans le ballon après la rentrée du mercure. On la fait passer au sommet d'une éprouvette graduée, on en mesure le volume à une température et à une pression connues, et on en déduit le poids. Ces données permettent d'effectuer les corrections que nécessite la présence de cet air.

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.

295. **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 que subirait 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	4,615
Eau	0,622
Éther	2,586
Iode	8,716
Mercure	6,976
Phosphore	4,420
Soufre	2,209

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.

296. **Calcul du poids de vapeur d'eau qui est 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 (291), on trouvera le poids p de la vapeur qui sature un volume V d'air à la température de t degrés, en remplaçant, dans la formule générale établie précédemment (249), la den-

(*) Avant d'atteindre cette limite, certaines vapeurs éprouvent des variations de densité considérables. — Ainsi, d'après M. Cahours, la densité de la vapeur d'acide acétique à la température de 123° est 5,20; à la température de 250°, elle est seulement de 2,09. A partir de cette température, elle reste sensiblement constante.

sité D par 0,622, et la force élastique H par la tension maximum F de la vapeur d'eau à t degrés :

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

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

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

297. **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 (249) donne donc le poids p' , en y remplaçant D par l'unité, et H par $H - F$, ce qui donne :

$$p' = V \times 0,001295 \times \frac{H-F}{76} \times \frac{1}{1+at}.$$

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 :

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

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

$$(2 \text{ bis}) \quad P = V \times 0,001295 \times \frac{1}{1+at} \times \frac{H - \frac{5}{8}F}{76}.$$

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.