

expulsion plus ou moins complète des gaz, soit de la présence d'un sel en dissolution. — Mais l'expérience a montré que, quelle que soit l'influence de ces causes sur l'ébullition, un thermomètre placé *dans la vapeur elle-même, à une petite distance de la surface du liquide*, indique une température constante, sous une pression déterminée. — C'est donc dans ces conditions qu'on doit se placer pour déterminer le point d'ébullition normal d'un liquide.

La disposition indiquée par M. Berthelot (*fig. 257*) est particulièrement commode pour déterminer le point d'ébullition normal d'un liquide, lors même que celui-ci contiendrait quelque substance solide en dissolution. La vapeur monte dans le col du ballon, et redescend autour du col; le thermomètre est donc préservé de tout refroidissement. On note la température stationnaire au moment de l'ébullition.

Le tableau suivant donne les points d'ébullition normaux de quelques liquides, sous la pression de 76 centimètres.

POINTS D'ÉBULLITION NORMAUX.		POINTS D'ÉBULLITION NORMAUX.	
Acide nitrique monohydraté.	86°	Eau.	100°
— nitrique ordinaire.	125	Essence de térébenthine.	161
— sulfureux.	—8	Éther chlorhydrique.	41
— sulfurique.	329	— nitreux.	21
Alcool absolu.	78,5	— sulfurique.	55,5
— méthylique (esp. de bois).	66	Mercure.	560
Benzine.	80	Soufre.	440
Chloroforme.	63,5	Sulfure de carbone.	48

515. **Chaleur de vaporisation.** — La constance de la température, pendant toute la durée de l'ébullition, conduit à une conclusion semblable à celle qui a été énoncée relativement à la fusion (266).

En effet, la température restant invariable pendant toute la durée de l'ébullition, toute la chaleur fournie par la source est employée uniquement à produire le changement d'état, sans élévation de température. On désigne cette chaleur sous le nom de *chaleur latente de vaporisation*, ou simplement *chaleur de vaporisation*. — Nous reviendrons plus loin sur la mesure de cette quantité de chaleur (562).

III. — CALÉFACTION.

516. **Phénomènes de caléfaction.** — On sait, par une expérience vulgaire, que, lorsqu'on projette un peu d'eau sur une plaque métallique chauffée au rouge, on voit l'eau rouler à la surface de la plaque, en gouttes arrondies, et se convertir lentement en vapeur.

Chauffons, sur une bonne lampe à alcool ou sur un bec de gaz, une plaque métallique légèrement concave BB (*fig. 258*), et, quand elle sera

parvenue au rouge sombre, laissons-y tomber quelques gouttes d'eau. Nous verrons le liquide se rassembler en une petite masse arrondie, qui restera soumise à une agitation continue, mais *sans entrer en ébullition*: elle ne disparaîtra qu'au bout de quelques minutes, par une *évaporation successive*.

Ce phénomène, tout à fait anormal au premier abord, a été désigné sous le nom de *caléfaction*, avant qu'on se fût rendu un compte exact des circonstances dans lesquelles il se produit.

517. **Explication de la caléfaction.** — Le phénomène de la caléfaction se rattache aux lois générales de la formation des vapeurs.

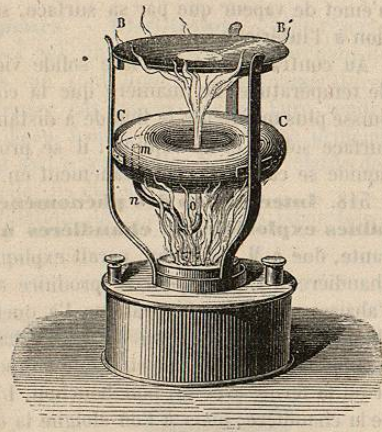


Fig. 258. — Caléfaction.

Et d'abord, on peut constater que le liquide caléfié *ne touche pas* la surface chaude au-dessus de laquelle il se trouve. — En employant une capsule percée de trous assez grands pour laisser passer le liquide à froid, on observe que le liquide caléfié ne traverse pas ces ouvertures, ce qui prouve qu'il ne touche pas la capsule. — En produisant la caléfaction de l'eau sur une plaque métallique bien plane, et disposant en arrière la flamme d'une bougie, on aperçoit la lumière entre le globule d'eau et la plaque (*).

En second lieu, la température du liquide caléfié reste *inférieure à sa température d'ébullition*. — C'est ce que M. Boutan a constaté directement, pour l'eau, en y introduisant un petit thermomètre: la température reste toujours inférieure à 100° (**).

Ces deux points étant établis, voici comment on peut expliquer le phénomène de la caléfaction. La surface solide étant à une température où la vapeur du liquide possède une tension considérable, il se forme, entre cette surface et le liquide, une couche de vapeur qui

(*) Lorsque le doigt est mouillé avec de l'alcool ou de l'éther, on peut le tremper dans une masse de plomb fondu, sans éprouver autre chose qu'une sensation de fraîcheur; on peut même, avec la main humide, couper impunément un jet de fonte en fusion, à sa sortie d'un haut fourneau.

(**) On fait encore, dans les Cours, l'expérience suivante, dont le résultat est saisissant. — Dans un creuset d'argent, chauffé au rouge, on verse de l'acide sulfureux liquide, dont le point d'ébullition est à -8° : le liquide se caléfié; si alors on verse dans le creuset une petite couche d'eau, elle se transforme immédiatement en glace, au contact de l'acide sulfureux, dont la température est restée inférieure à -8° .

maintient entre eux une distance sensible. Dès lors, le liquide ne reçoit pas directement de chaleur de la paroi solide : il s'échauffe beaucoup moins vite que s'il y avait contact; en outre, le liquide n'émet de vapeur que par sa surface, sans qu'il puisse y avoir ébullition à l'intérieur.

Au contraire, si la surface solide vient à éprouver un abaissement de température, de manière que la couche de vapeur interposée ne puisse plus maintenir le liquide à distance, le contact s'établit entre la surface solide et le liquide : il se produit une vive ébullition, et le liquide se convertit instantanément en vapeur.

518. **Intervention des phénomènes de caléfaction, dans certaines explosions de chaudières à vapeur.** — L'expérience suivante, due à M. Boutigny, paraît expliquer comment l'explosion d'une chaudière à vapeur peut se produire au moment où sa température s'abaisse, ainsi que la pratique l'a quelquefois montré. — Une petite chaudière de cuivre A (fig. 259) est chauffée jusqu'à une température voisine du rouge, au moyen d'une lampe L : on y projette un peu d'eau, et on la ferme avec un bon bouchon. L'eau se caléfie d'abord au fond de la chaudière; mais si l'on éloigne la chaudière de la flamme, comme

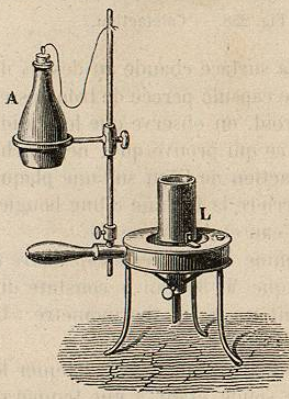


Fig. 259.

le représente la figure, il arrive un moment où le liquide se réduit brusquement en vapeur : le bouchon est alors violemment projeté.

Or, dans les chaudières qu'on alimente avec des eaux chargées de sels calcaires, il se forme souvent des dépôts assez épais, et peu conducteurs de la chaleur; les parois métalliques, chauffées directement par le fourneau, peuvent alors arriver à la température rouge. Si maintenant le dépôt calcaire vient à se détacher en certains points, l'eau, en rencontrant les parois incandescentes, doit éprouver d'abord la caléfaction; puis, quand plus tard la

(*) Il est probable qu'une cause bien plus fréquente encore de l'explosion des chaudières à vapeur est la suivante. — Lorsque le travail d'une machine à vapeur est interrompu pendant quelque temps, on n'éteint généralement pas pour cela le feu; la machine étant alors au repos, la pompe alimentaire cesse d'introduire dans la chaudière de nouvelles quantités d'eau, en sorte que l'eau qu'elle renferme peut arriver à un état de *surchauffe* par la perte du gaz qu'elle contenait. Au moment de la reprise du travail, l'arrivée de l'eau d'alimentation, qui est aérée, peut déterminer une ébullition tumultueuse et une explosion.

IV. — LIQUÉFACTION DES VAPEURS ET DES GAZ.

519. **Liquéfaction des vapeurs. — Distillation.** — On réserve ordinairement le nom de *vapeurs* aux fluides élastiques provenant de la vaporisation des substances qui sont liquides aux températures ordinaires. Il suffit, pour condenser ces vapeurs, de les faire rendre dans des appareils environnés d'eau froide. — C'est sur ce principe qu'est fondée la *distillation*, qui sert à séparer les liquides volatils des matières étrangères avec lesquelles ils étaient mélangés.

L'appareil qui sert à la distillation de l'eau dans les laboratoires

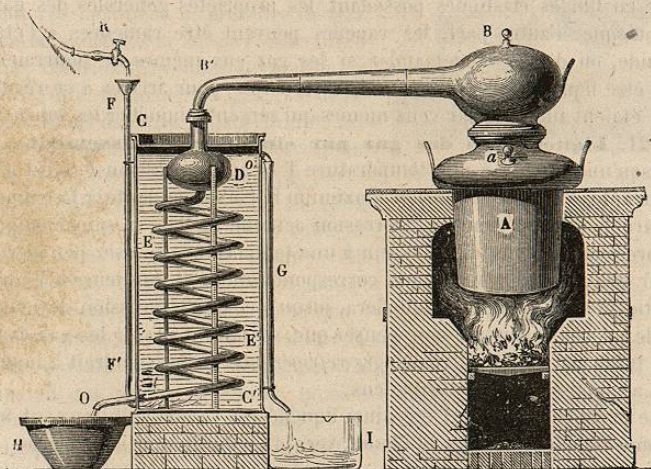


Fig. 240. — Alambic.

(fig. 240) porte le nom d'*alambic*. Il se compose : 1° d'une *chaudière* A, dans laquelle on introduit de l'eau qu'on fera bouillir sur un fourneau; 2° d'un réservoir C appelé *condenseur*, qui contient de l'eau froide, et au milieu duquel se trouve un tube EE, enroulé en spirale, qu'on nomme le *serpentin*. La vapeur d'eau, arrivant de la chaudière dans le serpentin, se condense au contact des parois froides de ce tube; l'eau provenant de cette condensation s'écoule par l'extrémité O. — Pendant l'opération, l'eau qui entoure le serpentin s'échauffe rapidement, parce que la vapeur, en se condensant, abandonne sa chaleur de vaporisation : il est donc nécessaire de renouveler sans cesse l'eau froide que contient le condenseur. Pour cela, on adapte, sur le côté, un tube à entonnoir FF, qui amène continuellement au fond du réservoir l'eau

froide fournie par un robinet R; à mesure que cette eau s'échauffe, elle gagne la partie supérieure du réservoir et s'écoule par le tube G.

Les eaux de source ou de rivière, que l'on introduit dans la chaudière de l'alambic, contiennent toujours en dissolution diverses matières étrangères; la vapeur qui s'en dégage est formée d'eau pure. — On doit constater qu'une goutte d'eau distillée ne laisse aucun résidu, quand on vient à l'évaporer sur une lame de platine.

520. **Liquéfaction des gaz.** — On réserve généralement le nom de gaz aux corps qui se présentent sous la forme de fluides élastiques, dans les conditions ordinaires de température et de pression. Tels sont, l'oxygène, l'hydrogène, l'acide sulfureux, l'acide carbonique, etc. — Or, puisque les liquides peuvent se transformer en vapeurs, c'est-à-dire en fluides élastiques possédant les propriétés générales des gaz, et puisque, d'autre part, les vapeurs peuvent être ramenées à l'état liquide, on devait se demander si les gaz eux-mêmes ne pourraient pas être liquéfiés. — Les procédés à employer, pour arriver à ce résultat, étaient indiqués par ceux mêmes qui servent à liquéfier les vapeurs.

521. **Liquéfaction des gaz par simple refroidissement.** — Lorsqu'une vapeur, à une température T et à une pression P, n'est pas saturante, c'est que sa tension maximum F, correspondante à la température T, est supérieure à la pression actuelle P. Mais si, sans changer la pression, on refroidit la vapeur à une température t, assez peu élevée pour que la tension maximum correspondante f soit inférieure à P, une partie de cette vapeur se liquéfiera, jusqu'à ce que la pression devienne égale à f. — On pouvait donc penser que, en faisant passer les gaz dans des tubes environnés de mélanges réfrigérants, on parviendrait à liquéfier au moins certains d'entre eux.

Le premier gaz qui ait été ainsi liquéfié est l'acide sulfureux; il fut obtenu liquide par Monge et Clouet; vers la fin du dix-huitième siècle. — Dans les laboratoires, on fait passer d'abord l'acide sulfureux, au sortir du ballon où il se produit, dans une éprouvette entourée de glace pour condenser l'eau entraînée; puis, dans un tube renfermant du chlorure de calcium, qui achève de dessécher le gaz, et enfin dans un petit ballon entouré d'un mélange de glace et de sel marin. A la température de -8° , le gaz se liquéfie sous la pression atmosphérique.

Le même procédé a été appliqué, par Guyton de Morveau, à la liquéfaction du gaz ammoniac; mais il faut alors un mélange réfrigérant formé de neige et de chlorure de calcium.

522. **Liquéfaction des gaz par simple compression.** — L'expérience que nous avons effectuée à l'aide du baromètre à cuvette profonde (282) montre encore que si une vapeur, comme la vapeur d'éther, est introduite dans un espace limité, alors même qu'elle ne serait pas saturante, on peut, en réduisant progressivement l'espace qu'elle occupe, l'amener d'abord à devenir saturante, et ensuite en

liquéfier une portion de plus en plus grande, en continuant à diminuer l'espace qui lui était réservé. — On pouvait penser que, en réduisant l'espace occupé par une masse gazeuse, ou, ce qui revient au même, en faisant pénétrer dans un espace clos une masse de gaz de plus en plus grande, de manière à augmenter progressivement la pression, on parviendrait à produire la liquéfaction.

En 1824, Davy et Faraday eurent recours, pour la première fois, à la compression. Le procédé appliqué par eux est le suivant. — Dans l'une des branches d'un tube de verre très résistant (fig. 241), celle de droite par exemple, on a préalablement introduit les matières destinées à produire le gaz, puis on a fermé à la lampe l'autre extrémité. On chauffe les matières contenues dans cette branche; le gaz, se dégageant alors dans un espace limité, acquiert bientôt la tension qui correspond à la saturation de cet espace; à partir de ce moment, la liquéfaction commence. Si l'on plonge la branche de

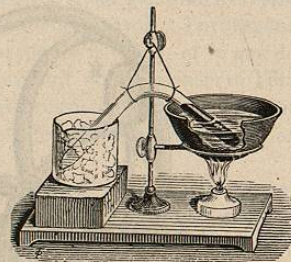


Fig. 241. — Liquéfaction du gaz ammoniac.

gauche dans la glace, le liquide volatil distille de la partie la plus chaude vers la plus froide, et vient s'y rassembler rapidement. — C'est la méthode de liquéfaction que l'on indique, dans les Cours de chimie, pour le cyanogène, le chlore, l'acide sulfhydrique, etc. (*).

En partant du même principe, Thilorier construisit, en 1834, un appareil qui permet d'obtenir plusieurs litres d'acide carbonique à l'état liquide.

La pompe de M. Cailletet (fig. 242) peut servir à réaliser très-facilement la liquéfaction de l'acide carbonique, du protoxyde d'azote, et de quelques autres gaz, à des températures voisines de la température ordinaire, et sous des pressions qui ne dépassent pas 50 atmosphères. Dans le corps de pompe B, glisse un piston plongeur A surmonté d'une petite quantité de mercure; le gaz est admis dans ce corps de pompe par l'orifice O, non plus par une soupape, mais par un robinet R, ouvert et fermé alternativement par des comes reliées au volant de la machine. Le gaz comprimé au-dessus du piston soulève à la partie su-

(*) M. Melsens a utilisé, dans le même appareil, la propriété que possède le charbon d'absorber les gaz à la température ordinaire, et de les dégager par une élévation de température. — On peut également liquéfier l'ammoniac en le faisant absorber par du chlorure d'argent ou du chlorure de calcium, que l'on place dans la branche de droite. — Dans ces expériences, une fois la liquéfaction obtenue, il suffit de retirer l'appareil du bain-marie, pour que le gaz liquéfié entre en ébullition et soit absorbé de nouveau dans l'autre branche. L'appareil peut donc servir indéfiniment pour répéter la même opération.

périeure une soupape d'ébonite, et se rend par le tube T dans un récipient refroidi P. — L'introduction du mercure dans la pompe présente le double avantage de supprimer l'espace nuisible, et de répartir entre

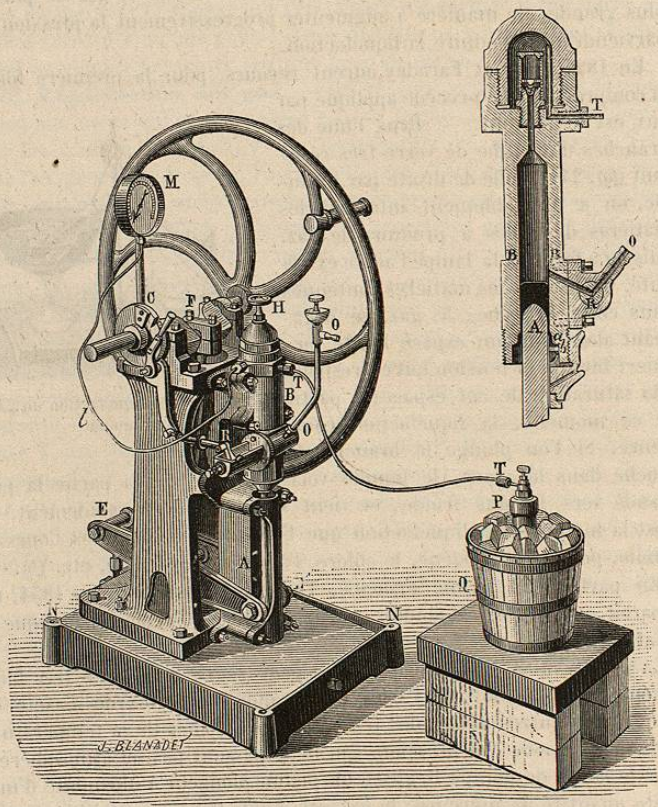


Fig. 212. — Pompe de M. Cailletet, pour la liquéfaction des gaz.

les différentes pièces, par le déplacement du mercure, l'échauffement qui est dû à la compression; en fait, l'échauffement est insensible.

325. Liquéfaction des gaz par compression et abaissement de température réunis. — En combinant les deux procédés, c'est-à-dire en opérant à la fois par abaissement de température et par compression, on devait espérer liquéfier des gaz qui avaient résisté à chacun des deux procédés employés séparément.

En 1845, Faraday employa, comme mélange réfrigérant, une pâte formée d'acide carbonique et d'éther : il put ainsi refroidir, à une température inférieure à -100° , les tubes dans lesquels il comprimait les gaz, à l'aide de pompes foulantes, jusque vers 50 atmosphères. — Il parvint ainsi à obtenir, à l'état liquide, l'éthylène, l'hydrogène phosphoré, qui n'avaient pas encore été liquéfiés.

324. Température critique. — **Liquéfaction des gaz réputés permanents.** — Jusqu'à la fin de l'année 1877, six gaz avaient résisté à toutes les tentatives faites pour les liquéfier, savoir : l'hydrogène, l'oxygène, l'azote, le bioxyde d'azote, l'oxyde de carbone, et le gaz des marais (protocarbure d'hydrogène); ils avaient encore conservé l'état gazeux, lorsqu'on les avait soumis à des pressions d'environ 3000 atmosphères, comme l'avait fait Natterer. — Ces gaz avaient reçu le nom de *gaz permanents*.

Un principe nouveau, énoncé et démontré par le physicien écossais Andrews, vint indiquer de quelle façon on devait modifier les procédés employés, pour arriver à liquéfier ces gaz. — Les expériences de Cagniard de Latour, déjà anciennes, et auxquelles on n'avait pas attaché assez d'importance, avaient démontré que l'éther, par exemple, se vaporise totalement, sans augmenter de volume, à la température de 201° ; cette substance ne peut donc exister à l'état liquide si la température surpasse la *température de vaporisation totale*. La vapeur d'éther, à une telle température, n'est donc pas liquéfiable par simple compression : pour la liquéfier, il faudrait d'abord la refroidir au-dessous de 201° , puis la comprimer. — D'une manière générale, les expériences de Cagniard de Latour faisaient pressentir qu'il existe pour chaque vapeur, et par conséquent pour chaque gaz, une *température particulière, au-dessus de laquelle la liquéfaction est impossible, quelle que soit la pression exercée*. Cette température, qui n'est autre que la température de vaporisation totale de la substance à l'état liquide, a été appelée *température critique* ou *point critique* du gaz.

Andrews, en opérant sur l'acide carbonique, démontra expérimentalement ce principe, qui est une conséquence nécessaire des expériences de Cagniard de Latour. Une masse déterminée d'acide carbonique était comprimée à une température maintenue constante; on mesurait les volumes décroissants, occupés par cette masse, sous des pressions croissantes. Quand la température t était inférieure à 31° , la masse gazeuse se laissait comprimer plus que ne l'indique la loi de Mariotte (159), et sous une certaine pression P, une partie du gaz se liquéfiait. Cette pression, qu'il fallait atteindre pour liquéfier le gaz, était d'autant plus grande que la température de l'expérience était plus élevée, tout en restant au-dessous de 31° . — Quand on opérait à la température de 31° , on observait que le volume diminuait bien plus rapidement que ne l'indique la loi de Mariotte, comme pour préparer

la liquéfaction; mais, à partir d'une pression de 80 atmosphères environ, le volume ne diminuait plus sensiblement et la liquéfaction n'avait pas encore lieu, même sous des pressions extrêmement élevées. — Enfin aux températures notablement supérieures au point critique, on constata que, à partir d'une certaine pression, le gaz carbonique *résiste à la compression*; il se comporte comme l'azote, ou l'air, à la température ordinaire, et sous des pressions supérieures à 80 atmosphères (140).

Ce qu'il fallait donc, avant tout, pour liquéfier un des gaz réputés permanents, c'était un abaissement de température considérable; il fallait refroidir le gaz au-dessous de son point critique: les mélanges réfrigérants employés par Faraday étaient insuffisants.

325. Expériences de M. Cailletet. — Un artifice particulier, employé par M. Cailletet, permit d'arriver à ce résultat. Voici le principe de la méthode employée. — Si l'on prend un gaz fortement comprimé dans un espace clos, et si l'on augmente brusquement son volume, de manière à lui faire éprouver une diminution brusque de pression, cette *détente* a pour effet un abaissement de température. Le calcul montre que, si la température initiale est 0°, et si la pression initiale est voisine de 500 atmosphères, quand le gaz se détend jusqu'à ce que la pression ne soit plus qu'une atmosphère, la température doit s'abaisser jusqu'à — 200°. — C'est l'effet inverse de celui que nous avons constaté dans le briquet à air par la compression brusque. (*Note* de la page 20.)

C'est à ce procédé que M. Cailletet a eu recours pour faire apparaître à l'état liquide les gaz qu'on avait considérés jusque-là comme permanents. — Supposons qu'il s'agisse, par exemple, du bioxyde d'azote. On introduit le gaz dans un tube de verre à parois très résistantes TT, assujéti dans une cuvette de fonte B, au moyen d'un écrou de bronze A (*fig.* 245). La partie supérieure de l'éprouvette, très étroite, est contenue dans un manchon de verre M, où l'on peut placer soit de l'eau froide, soit un mélange réfrigérant. La cuvette B contient un bain de mercure; au moyen d'une presse hydraulique (non représentée sur la figure), on refoule de l'eau sur le mercure de la cuvette, de manière à réduire progressivement le volume occupé par le gaz dans le tube. Un manomètre adapté à la presse hydraulique fait connaître la pression que supporte le gaz. L'eau du manchon étant à 8°, on constate que le bioxyde d'azote ne se liquéfie pas, même sous une pression de plusieurs centaines d'atmosphères; le point critique de ce gaz est donc inférieur à 8°. — Ce gaz étant d'abord à 8°, et comprimé à environ 250 atmosphères, si l'on supprime brusquement la pression, de manière à produire une *détente*, le tube se remplit pendant quelques instants d'un brouillard, annonçant que la liquéfaction s'est produite. Ce résultat est dû au refroidissement considérable qui provient de la détente elle-même, et qui abaisse la température du gaz bien au-

dessous du point critique. De là, une méthode extrêmement élégante, qui a permis à M. Cailletet, en décembre 1877 et janvier 1878, de faire également apparaître à l'état liquide *tous les autres gaz réputés permanents*, l'oxygène, l'hydrogène, l'azote et le gaz des marais.

L'appareil de M. Cailletet peut d'ailleurs servir à répéter les expériences d'Andrews et parfois à déterminer le point critique avec exactitude. — Quand l'eau du manchon est portée au-dessus de 31°, il est impossible de liquéfier, *par compression*, l'acide carbonique renfermé dans le tube TT. Si on refroidit le bain un peu au-dessous de 31°, la compression poussée jusque vers 75 atmosphères entraîne la liquéfaction d'une partie du gaz. La température de 31° est donc la température critique de l'acide carbonique.

— Parmi les gaz réputés permanents, il en est un, le bioxyde d'azote, dont le point critique est voisin de 0°. A la température de 8° la liquéfaction de ce gaz est impossible par la simple compression; mais si le manchon contient un mélange réfrigérant à — 11°, une pression d'une centaine d'atmosphères amène la liquéfaction. — Pour d'autres gaz réputés permanents: l'oxygène, l'hydrogène, l'azote, le point critique est au-dessous de — 100°. Si on veut, par la brusque détente, refroidir l'un de ces gaz bien au-dessous de cette température, il faudra détendre à partir d'une pression initiale de 600 atmosphères, et d'une température initiale inférieure à zéro; le manchon sera donc entouré de chlorure de méthyle, qui a l'avantage d'être transparent (505). — La cloche de verre C sert à dessécher l'air autour du manchon, et à éviter ainsi le dépôt de givre qui empêcherait de voir ce qui se passe dans le tube T.

326. Expériences de M. R. Pictet. — A la même époque, M. Pictet parvenait à liquéfier l'oxygène et l'hydrogène, par un procédé tout différent de celui de M. Cailletet.

L'oxygène, produit par la décomposition du chlorate de potasse dans un obus en fer forgé, se rendait dans un long tube de fer, entouré d'un

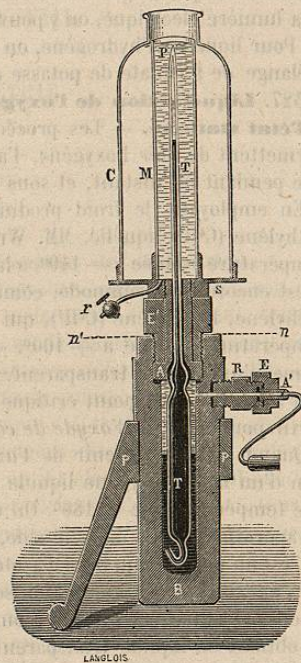


Fig. 245. — Appareil de M. Cailletet pour la liquéfaction des gaz par détente.

manchon rempli d'acide carbonique liquide dont on activait l'évaporation au moyen de pompes; la température descendait jusqu'à -140° , température inférieure au point critique de l'oxygène. Dès que la pression atteignait une certaine valeur, l'oxygène commençait à se liquéfier. En ouvrant un robinet qui terminait le tube de fer, on voyait se produire un jet de gaz d'une extrême violence; et, en éclairant ce jet à la lumière électrique, on y pouvait distinguer des particules liquides. — Pour liquéfier l'hydrogène, on substituait au chlorate de potasse un mélange de formiate de potasse et d'hydrate de potasse.

327. Liquéfaction de l'oxygène, de l'azote et de l'hydrogène, à l'état statique. — Les procédés de M. Cailletet et de M. Pictet ne permettent de voir l'oxygène, l'azote ou l'hydrogène, à l'état liquide, que pendant un instant, et sous forme d'un brouillard.

En employant le froid produit par l'évaporation dans le vide de l'éthylène (C^2H^4) liquéfié, MM. Wroblewski et Olzewski ont obtenu une température évaluée à -140° , à laquelle l'oxygène comprimé se liquéfie. Il est encore plus commode, comme le fait M. Cailletet, de substituer à l'éthylène, le formène (C^2H^2), qui en s'évaporant dans l'air donne une température évaluée à -160° . — L'oxygène se présente alors sous forme d'un liquide transparent, moins dense que l'eau; il bout dans l'air à -186° ; son point critique est -115° . — Le même procédé peut servir pour liquéfier l'oxyde de carbone.

Quand on veut obtenir de l'azote liquide, on comprime ce gaz au sein d'un bain d'oxygène liquide en ébullition dans l'air, c'est-à-dire à une température de -186° . On obtient un liquide incolore qui, par l'évaporation rapide dans le vide, abaisse la température à -215° .

C'est au moyen d'un bain d'azote liquide à -215° , que l'on peut liquéfier l'hydrogène. La compression seule ne suffit pas; mais si on laisse se détendre l'hydrogène qui a été comprimé à cette température de -215° , on obtient un liquide transparent et incolore. Ce résultat est particulièrement remarquable pour l'hydrogène, que ses propriétés chimiques rapprochent des métaux, et qu'on aurait pu s'attendre à voir apparaître sous un aspect semblable à celui du mercure.

CHAPITRE VIII

HYGROMÉTRIE

328. État hygrométrique, ou fraction de saturation. — La présence de la vapeur d'eau dans l'atmosphère est démontrée, soit par la précipitation de cette vapeur à la surface des corps froids, sous la forme de rosée, soit par l'augmentation de poids qu'éprouvent dans l'air certaines substances, dites *substances déliquescents*, telles que le chlorure de calcium ou le carbonate de potasse.

Lorsque la vapeur d'eau atmosphérique est voisine de son point de saturation, il suffit d'un faible abaissement de température pour en déterminer la précipitation partielle: on dit alors que l'air est *humide*. — Quand la vapeur atmosphérique est éloignée de son point de saturation, il faut un abaissement considérable de température pour en opérer la condensation: on dit alors que l'air est *sec*.

Pour mieux fixer les idées à cet égard, supposons que, à un moment donné, la tension de la vapeur d'eau dans l'air soit $12^{\text{mm}},5$, la température étant 15° . Le tableau ci-après, montre que la tension maximum à 15° est $12^{\text{mm}},7$; à 14° , elle serait $11^{\text{mm}},9$; si donc la température venait à s'abaisser d'un degré seulement, c'est-à-dire de 15° à 14° , une portion de cette vapeur devrait se liquéfier: l'air est donc *très humide*. — Si, un autre jour, la tension de la vapeur dans l'atmosphère était encore $12^{\text{mm}},5$, mais que la température fût de 20° , la vapeur serait très éloignée de son point de saturation, puisque la température pourrait s'abaisser de 5 degrés sans qu'il y eût condensation: l'air serait donc *très sec*.

Le degré d'humidité de l'air dépend donc, non pas de la valeur absolue de la tension actuelle de la vapeur d'eau, mais du rapport qui existe entre la tension actuelle f et la tension maximum F à la même température. Ce rapport $\frac{f}{F}$ est ce qu'on nomme *état hygrométrique* de l'air, ou *fraction de saturation*, au moment considéré. — Il résulte de