

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 :

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

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 :

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

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-

momètre indiquer une température de plus en plus basse. Cela tient à ce que le passage de l'état liquide à l'état de vapeur exige, comme le passage de l'état solide à l'état liquide (256), l'absorption d'une certaine quantité de chaleur, qu'on appelle ici *chaleur de vaporisation*; dans le cas actuel, la vapeur emprunte cette chaleur au liquide lui-même, et abaisse ainsi progressivement sa température.

290. Expérience de Leslie. — **Cryophore de Wollaston.** — L'évaporation rapide de l'eau, dans un milieu sans cesse raréfié, peut abaisser sa température jusqu'à déterminer la *congélation* du liquide restant. — Cette expérience, qui est due à Leslie, s'effectue en plaçant quelques gouttes d'eau dans une petite capsule de liège noircie A (fig. 200), au-

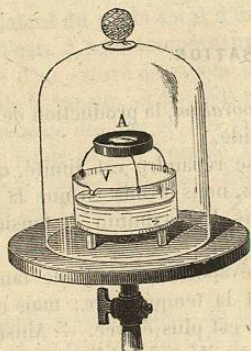


Fig. 200. — Expérience de Leslie.

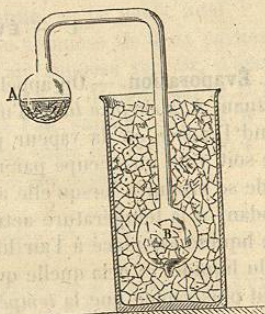


Fig. 201. — Cryophore de Wollaston.

dessus d'un vase V contenant de l'acide sulfurique, et sous le récipient de la machine pneumatique : on fait le vide aussi complètement que possible, et on ferme la clef de la machine. L'acide sulfurique continue d'absorber la vapeur d'eau à mesure qu'elle se produit, et concourt ainsi à activer l'évaporation : au bout de quelques minutes, on voit se former dans la capsule une petite lentille de glace.

Le *cryophore de Wollaston* (fig. 201) permet de produire la congélation de l'eau par évaporation, sans le secours de la machine pneumatique. — Deux boules de verre A et B sont réunies par un tube recourbé; la boule A contient de l'eau. En construisant l'appareil, on l'a purgé d'air, en faisant bouillir pendant quelque temps l'eau dans la boule A, avant de fermer à la lampe la pointe effilée qui termine la boule B. — Pour faire l'expérience, on entoure la boule B d'un mélange réfrigérant; il se produit alors une évaporation rapide à la surface de l'eau qui se trouve dans la boule A, parce que la vapeur, à mesure qu'elle se forme, vient se condenser dans la boule B. Au bout de quelques minutes, l'eau qui reste en A est congelée.

291. Appareil de M. Édouard Carré. — On doit à M. Édouard Carré un appareil fondé sur l'expérience de Leslie, et qui permet d'obtenir, en quelques minutes, une carafe d'eau glacée.

Une pompe P (fig. 202), semblable à la pompe à main qui a été décrite

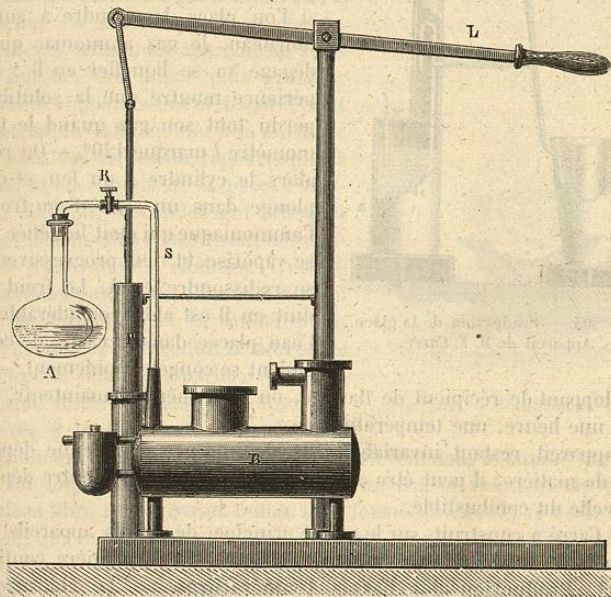


Fig. 202. — Appareil de M. Éd. Carré, pour la production de la glace.

(172), et dont on manœuvre la tige au moyen du levier L, communique avec un tube S, à l'extrémité duquel on adapte, au moyen d'un bouchon de caoutchouc, la carafe A qui contient l'eau. Une disposition particulière force les gaz aspirés par la pompe à traverser le cylindre B qui contient de l'acide sulfurique concentré, destiné à absorber la vapeur d'eau. — On fait d'abord le vide, aussi complètement que le permet la pompe, et on l'entretient ensuite en donnant de temps en temps quelques coups de piston : au bout de sept ou huit minutes, on voit se former de longues aiguilles de glace à la surface du liquide, et la congélation finit par envahir toute la masse.

292. Application de l'ammoniaque liquéfiée à la production de la glace. — **Appareil de M. Ferdinand Carré.** — Le refroidissement produit par la vaporisation de l'ammoniaque liquéfiée a été utilisé industriellement par M. Ferdinand Carré, pour obtenir des froids assez considérables.

FACULTAD DE MEDICINA BIBLIOTECA

La figure 205 représente un petit appareil de laboratoire, fondé sur ce principe. — Un cylindre métallique A contient une solution saturée d'ammoniaque, et communique par le tube c avec un récipient B. L'appareil étant hermétiquement clos, si l'on place le cylindre A sur un fourneau, le gaz ammoniac qui se dégage va se liquéfier en B : l'expérience montre que la solution a perdu tout son gaz quand le thermomètre t marque 120°. — On retire alors le cylindre A du feu, et on le plonge dans un seau d'eau froide : l'ammoniaque qui était liquéfiée en B se vaporise, et vient progressivement se redissoudre en A. Le froid produit en B est alors considérable; de l'eau placée dans la cavité de ce récipient se congèle rapidement. — En

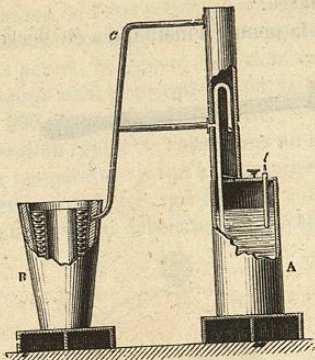


Fig. 205. — Production de la glace.
Appareil de M. F. Carré.

enveloppant le récipient de flanelle, on peut même y maintenir, pendant une heure, une température de -30° .

L'appareil, restant invariablement clos, ne permet aucune déperdition de matière; il peut être employé indéfiniment, sans autre dépense que celle du combustible.

M. Carré a construit, sur le même principe, de grands appareils dans lesquels la production de la glace s'effectue d'une manière continue.

293. Production des basses températures. — Le chlorure de méthyle, l'acide sulfureux, qui bout à -10° , sont bien plus volatils que l'eau. Ils s'évaporent rapidement à l'air, et abaissent la température à -20° ou -30° . Quand on fait passer un courant d'air dans le liquide, l'évaporation est encore plus active et la température s'abaisse à -50° ou -60° : on peut alors congeler le mercure.

Par l'évaporation, dans le vide, de l'acide carbonique liquide, ou de l'éthylène liquide, on peut obtenir une température de -140° , qui permet de congeler le sulfure de carbone et l'alcool.

II. — ÉBULLITION.

294. Phénomène de l'ébullition. — Quand une masse liquide est soumise à l'action continue d'un foyer de chaleur, il arrive, en général, qu'on voit apparaître, à un instant déterminé, des bulles de vapeur qui se forment au sein même du liquide, et viennent crever à sa surface. — C'est le phénomène de l'ébullition.

Ainsi, lorsqu'on place de l'eau sur le feu, on y voit apparaître d'abord de petites bulles très fines, qui s'élèvent à sa surface. C'est de l'air, qui était en dissolution dans l'eau, et qui se dégage. — Un peu plus tard, il se produit un murmure particulier, qu'on exprime en disant que *l'eau chante*. En même temps, on aperçoit au fond du liquide, des bulles plus grosses; mais elles apparaissent et disparaissent subitement, sans monter à la surface: ce sont des bulles de vapeur, qui se forment au contact de la paroi chauffée, mais qui se condensent brusquement dès qu'elles rencontrent des couches d'eau moins chaudes. C'est le mouvement alternatif imprimé à l'eau par la formation et la condensation de ces bulles, qui produit le murmure dont nous venons de parler. — Enfin, lorsque toute la masse de l'eau est arrivée à la température de 100° , le phénomène change. De grosses bulles s'élèvent dans le liquide (fig. 204), en lui imprimant une agitation tumultueuse, et viennent crever à sa surface libre : ces grosses bulles sont formées surtout par de la *vapeur d'eau*, qui se condense en un brouillard, au contact de l'air extérieur plus froid.

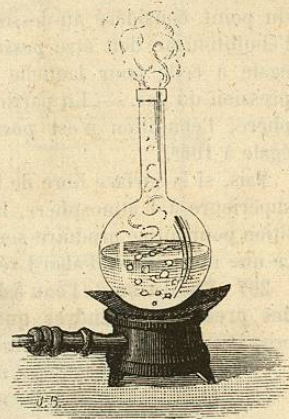


Fig. 204. — Ébullition de l'eau.

295. Lois de l'ébullition. — L'observation de thermomètres placés dans un liquide en ébullition et dans la vapeur que produit ce liquide conduit à formuler les deux lois suivantes :

1° Pour un même liquide, placé dans les mêmes conditions, l'ébullition n'est possible qu'à partir d'une température déterminée.

2° Une fois l'ébullition commencée, si la pression reste la même, la température de la vapeur demeure invariable pendant toute la durée de l'ébullition.

Mais c'est seulement par une étude attentive, qu'on a pu définir les conditions dont la réunion est nécessaire, pour que l'ébullition d'un même liquide se produise toujours à une même température. — Nous allons d'abord indiquer les résultats de cette étude.

296. L'ébullition d'un liquide ne peut s'effectuer à une température inférieure à celle pour laquelle la tension de sa vapeur est égale à la pression que supporte le liquide. — On voit, *a priori*, que si l'on imagine une bulle de vapeur formée au sein d'un liquide, elle ne pourra subsister à l'état gazeux qu'à la condition d'avoir une force élastique au moins égale à la pression qu'elle supporte de la part du liquide qui

la circonscrit. Or, si le liquide présente une surface libre, en contact avec un gaz, la pression en un point déterminé de sa masse est égale à la pression du gaz, augmentée de la pression due à la profondeur du point considéré au-dessous de cette surface. Donc, dans ce cas, l'ébullition ne doit être possible, que si la température est au moins égale à celle pour laquelle la tension de la vapeur est égale à la pression du gaz. — En particulier, pour l'eau en contact avec l'atmosphère, l'ébullition n'est possible que si la température est au moins égale à 100°.

Mais, si la surface libre de l'eau supportait une pression inférieure ou supérieure à 1 atmosphère, la température à partir de laquelle l'ébullition pourrait se produire serait inférieure ou supérieure à 100°. C'est ce que nous allons d'abord vérifier.

297 Ébullition de l'eau à des températures inférieures à 100°, sous des pressions moindres que 76^{mm}. — Sur les hautes montagnes, la pression étant beaucoup moindre que 76^{mm}, l'eau bout à des températures notablement inférieures à 100°; sur le mont Saint-Gothard, à 92°; au sommet du Mont Blanc, à 85° (*).

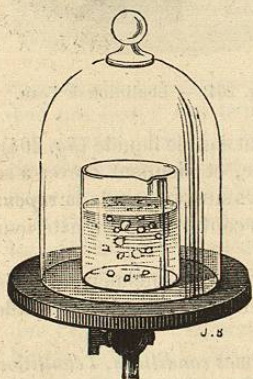


Fig. 205. — Ébullition de l'eau dans un espace raréfié.

L'expérience suivante n'est pas moins concluante. — On met de l'eau tiède (à 40 ou 45 degrés par exemple) dans un vase placé sous le récipient de la machine pneumatique (fig. 205). Quand on fait fonctionner la machine, il arrive un moment où, la pression sur la surface libre du liquide étant suffisamment diminuée, on voit l'eau entrer en ébullition. — Si l'on cesse de faire fonctionner la machine, l'ébullition s'arrête, parce que la vapeur dégagée vient accroître la pression.

Voici enfin une autre expérience, qui est due à Franklin. — Après avoir fait bouillir vivement de l'eau dans un ballon à long col, de manière que la vapeur chasse l'air du ballon, on le ferme avec un bouchon, et

(*) On peut mesurer approximativement la hauteur d'une montagne, en déterminant la température d'ébullition de l'eau au sommet, et cherchant, dans les tables de Regnault, quelle est la tension maximum de la vapeur d'eau à cette température. En effet, cette tension n'est autre que la pression barométrique, au point où l'expérience est faite. Il suffit donc de comparer cette pression à la pression barométrique au pied de la montagne, pour en déduire, comme il a été dit (151), la hauteur de la montagne elle-même. — On emploie, pour ces expériences, des thermomètres particuliers, dont le liquide ne commence à arriver dans la tige qu'à la température de 80° environ, et dont la tige est très capillaire, de façon qu'ils donnent en fractions de degré les températures comprises entre 80° et 100°.

on plonge l'extrémité du col dans un vase plein d'eau (fig. 206). — Au moment où l'on a retiré le ballon du feu, l'eau a cessé de bouillir. Mais, si l'on verse de l'eau froide sur la partie supérieure du ballon, de manière à condenser en partie la vapeur d'eau et à diminuer ainsi la pression intérieure, on voit se former dans le liquide de grosses bulles de vapeur, qui se dégagent en soulevant toute la masse.

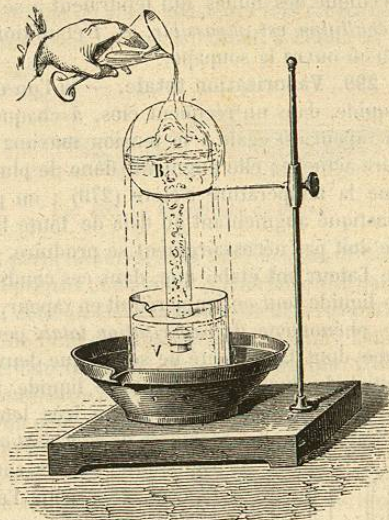


Fig. 206. — Expérience de Franklin.

Au contraire, quand on chauffe de l'eau dans un récipient clos, et qu'on laisse s'accumuler la vapeur qui se forme lentement à la surface du liquide, l'ébullition ne peut pas se produire, quoique la température s'élève bien au-dessus de 100°. — C'est ce que nous allons constater au moyen de la marmite de Papin.

298. Marmite de Papin.

— La marmite de Papin se compose d'une petite chaudière cylindrique de bronze, à parois très résistantes (fig. 207), dans laquelle on introduit de l'eau, et que l'on ferme au moyen d'un couvercle solidement fixé par la vis V. Ce couvercle est muni d'une soupape de sûreté s, sur laquelle s'appuie un levier L, maintenu à l'une de ses extrémités et chargé à l'autre d'un poids P; ce poids est réglé de façon que le levier puisse se soulever de lui-même et laisser échapper la vapeur, si la pression atteignait une dizaine d'atmosphères. — Lorsqu'on chauffe l'eau dans l'appareil clos, la vapeur qui se forme progressivement à la

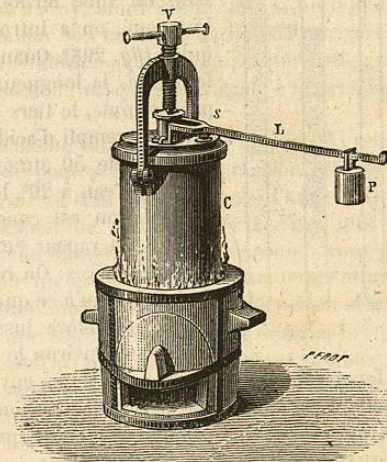


Fig. 207. — Marmite de Papin.

BIBLIOTHÈQUE DE MÉDECINE

surface exerce, à chaque instant, une pression supérieure à la force élastique des bulles qui tendraient à se former au sein du liquide, et l'ébullition est impossible. — L'ébullition se produit brusquement dès qu'on ouvre la soupape.

299. Vaporisation totale. — Si l'on chauffe de l'eau, ou tout autre liquide, dans un récipient clos, à chaque instant la force élastique de la vapeur est égale à la tension maxima correspondante à la température actuelle; elle augmente donc de plus en plus rapidement à mesure que la température s'élève (279) : on peut se demander si, la force élastique augmentant au delà de toute limite, la rupture du récipient ne doit pas nécessairement se produire. — Les expériences de Cagniard de Latour ont établi que, dans ces conditions, il arrive un moment où ce liquide tout entier se réduit en vapeur, mais sans entrer en ébullition. Ce phénomène de *vaporisation totale* peut se produire même dans un tube dont la capacité ne serait que deux ou trois fois égale au volume initial du liquide. Une fois le liquide totalement vaporisé, sa force élastique n'augmente plus que très lentement quand la température s'élève. — Les températures de vaporisation totale, déterminées par différents observateurs, sont : 365° pour l'eau, 250° pour

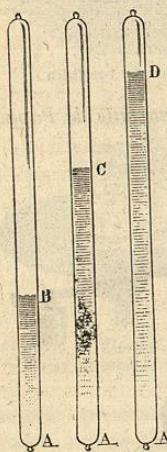


Fig. 208.

l'alcool, 190° pour l'éther, 184° pour l'éther chlorhydrique, et 157° pour l'acide sulfureux.

Une expérience facile à réaliser montre que l'acide carbonique liquide se vaporise totalement à 51°. — Dans un tube fermé, d'environ 50 centimètres de longueur, on a introduit de l'acide carbonique liquide (fig. 208). Quand le tube est entouré de glace fondante, la longueur AB de la colonne liquide est, par exemple, le tiers de celle du tube; le reste du tube est rempli d'acide carbonique gazeux, sous une pression de 50 atmosphères. On place le tube dans un bain d'eau à 20°, le niveau se déplace de B en C; la dilatation est considérable (225); la force élastique de la vapeur émise par le liquide est devenue 60 atmosphères. On réchauffe progressivement l'eau du bain jusqu'à ce que la température devienne 50°; le niveau s'élève jusqu'au point D; le volume du liquide est environ le double de ce qu'il était à 0°, et la force élastique du gaz est devenue environ 75 atmosphères. — A ce moment, la surface de séparation du liquide et du gaz est encore très nette; mais si l'on ajoute une petite quantité d'eau chaude, de manière que le thermomètre placé dans le bain marque 51°, on voit la surface de séparation devenir nuageuse, puis disparaître; la masse d'acide carbonique remplit complètement le récipient comme le ferait un gaz; il y a eu *vaporisation totale*.

300. Difficultés de l'ébullition dans une masse liquide entièrement privée de gaz. — Dans un tube de verre plusieurs fois recourbé, (fig. 209) et préalablement soumis à des lavages à l'alcool, à l'éther et à l'acide sulfurique, on introduit de l'eau distillée; avant de fermer la pointe *m*, on chasse l'air par une ébullition prolongée, comme dans la construction du marteau d'eau (46); l'eau arrive ainsi

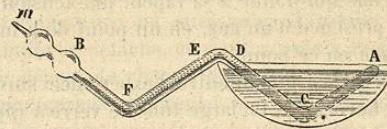


Fig. 209. — Expérience de Donny.

à être en contact intime avec la paroi de verre, sans interposition de bulles d'air. — L'appareil étant ainsi préparé, on plonge la courbure ACD dans un bain de chlorure de calcium, dont on élève graduellement la température. Il semble que l'ébullition de l'eau du tube doive se produire à une température très basse, comme dans l'expérience de Franklin (fig. 206), puisque la surface libre n'est soumise qu'à la pression de la vapeur d'eau, qui est ici très faible; cependant on peut amener la température de la partie chauffée jusque vers 135° sans qu'il y ait ébullition. Mais, quand on atteint cette haute température, on observe qu'il se produit tout à coup, en l'un des points du liquide, une bulle volumineuse de vapeur, soulevant toute la colonne et la projetant dans les boules, qui sont séparées par des étranglements destinés à amortir le choc. — Le même phénomène se reproduit, à des intervalles de quelques secondes, avec les mêmes caractères.

Cette expérience, qui est due à Donny, montre donc que, si un liquide ne contient, ni dans sa masse, ni sur son contour, *aucun gaz* interposé, il ne suffit pas, pour qu'il y ait ébullition, que sa température atteigne la valeur pour laquelle la tension de la vapeur serait égale à la pression exercée sur le liquide (*).

M. Louis Dufour est arrivé à la même conclusion, par un procédé semblable à celui qu'il avait employé pour produire la surfusion (259). — En introduisant des gouttes d'eau au sein d'un mélange d'huile de lin et d'essence de girofle, on obtient de petites sphères d'eau qui se tiennent en équilibre au milieu du liquide qui les environne, sans se mélanger avec lui. On constate qu'on peut élever leur température jusqu'à 178°, sans qu'il y ait ébullition. — Mais si l'on vient à toucher l'une de ces gouttes d'eau avec une baguette de verre ou de bois, l'ébullition s'y produit avec une extrême vivacité, et la goutte est projetée à une grande distance du corps solide. C'est là un fait dont nous donnerons l'explication un peu plus loin (302).

(*) Dans l'expérience que l'on vient de décrire, la tension de la vapeur correspondante à la température de 135° est d'environ 2500 millimètres, tandis que la surface du liquide supporte une pression de 15 à 20 millimètres; la tension de la vapeur est donc plus de cent fois égale à celle qui serait rigoureusement nécessaire pour que ce dégagement eût lieu.

301. Influence de la présence d'un gaz, au sein d'une masse liquide, pour déterminer l'ébullition. — Expériences de M. Gernez. — Lorsqu'un liquide est parvenu à une température égale ou supérieure à celle qui donne à sa vapeur une tension égale à la pression extérieure, la présence d'un gaz, en un point de la masse liquide, détermine l'ébullition en ce point.

C'est ce que montre l'expérience suivante, qui a été imaginée par M. Gernez. — Un large tube de verre A (fig. 210), nettoyé préalablement à la potasse ou à l'acide sulfurique, et passé ensuite à l'eau bouillante, contient en B du sulfure de carbone, qui a été privé d'air, et que l'on couvre d'une couche d'eau C : le tube est placé dans un bain d'eau, contenu dans un grand ballon de verre, et dont un thermomètre T donne la température. C'est vers 48° que la tension de la vapeur de sulfure de carbone deviendrait égale à la pression atmosphérique : cependant on constate que l'on peut chauffer le ballon jusqu'à 60°, sans que l'ébullition du sulfure de carbone se produise. — On laisse alors tomber, par l'extrémité ouverte du tube A, une sorte de petite cloche de verre v, formée par un petit tube qu'on a effilé à l'une de ses

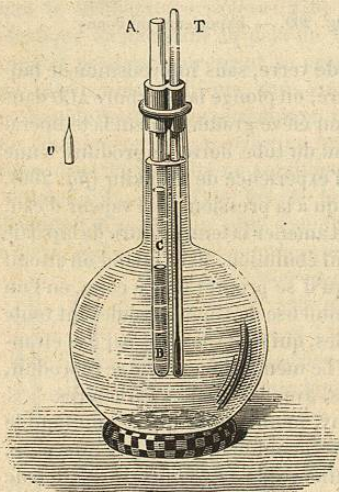


Fig. 210. — Expérience de M. Gernez.

extrémités : dès que cette petite cloche, arrivant dans le sulfure de carbone, apporte au milieu de la masse l'atmosphère d'air qu'elle contient, il se produit une ébullition tumultueuse. L'expérience offre ceci de frappant que la cloche, soulevée par la vapeur de sulfure de carbone, remonte dans la couche d'eau, et l'ébullition s'arrête : l'ébullition recommence dès que la cloche retombe, et ainsi de suite.

302. Conséquences des faits qui précèdent, concernant les conditions du phénomène de l'ébullition. — En résumé, les expériences précédentes nous ont montré : 1° que, pour qu'un liquide puisse entrer en ébullition, il faut, avant tout, que sa température soit assez élevée pour donner à la vapeur une tension au moins égale à celle que supporte le liquide ; 2° que cette condition nécessaire n'est pas toujours suffisante ; 3° que, si cette condition est remplie, la présence d'une masse gazeuse plus ou moins considérable, au sein même du liquide, détermine l'ébullition.

Ainsi, quand on fait bouillir de l'eau dans un vase quelconque, on

doit considérer les bulles d'air adhérentes à la paroi comme constituant, au sein du liquide, une sorte d'atmosphère intérieure, dans laquelle la vapeur peut se répandre par évaporation. Chacune des bulles augmente progressivement de volume, par l'addition incessante d'une nouvelle quantité de vapeur : si la température est suffisante, il arrive un moment où une partie de la bulle se détache, et vient crever à la surface libre du liquide. Mais, le départ de chaque bulle laissant encore après elle une partie du mélange gazeux adhérent à la paroi, des bulles nouvelles continuent à partir des mêmes points, et le phénomène peut se continuer régulièrement (*).

L'expérience montre cependant que l'ébullition, lorsqu'elle a duré longtemps dans un même vase, devient de plus en plus difficile ; elle se fait par soubresauts, et la température s'élève. Ce résultat tient à ce qu'une longue ébullition finit par chasser les gaz qui étaient restés adhérents à la paroi. — On répète ordinairement dans les Cours l'expérience suivante, qui est due à Gay-Lussac. On fait bouillir de l'eau dans un ballon de verre, et, quand l'ébullition a duré quelque temps, on retire le ballon du feu ; l'ébullition cesse, bien que la température soit en général de 101 ou 102 degrés. Si l'on projette alors dans cette eau un peu de limaille de fer, on voit un vif dégagement de bulles se produire ; c'est l'air entraîné au sein du liquide, par la limaille elle-même, qui détermine la formation de la vapeur, la température ayant encore une valeur suffisante pour que la vapeur puisse se produire.

On conçoit aussi l'influence que doit avoir, dans les expériences de M. Dufour (500), le contact d'une baguette de verre avec les petites

(*) Une expérience due à M. Gernez montre combien est petite la quantité d'air intérieur qui suffit pour déterminer l'ébullition. Un ballon de verre à long col (fig. 211), préalablement lavé à l'acide sulfurique, contient de l'eau qu'on y a fait bouillir longtemps pour chasser toute trace d'air. On introduit dans cette eau une petite cloche de verre v, formée par l'extrémité d'un tube t, qu'on a étranglée à la lampe. — Lorsqu'on chauffe le ballon, on voit les bulles de vapeur se former exclusivement à l'orifice de la petite cloche v, et cela pendant un temps presque indéfini. Or, chacune de ces bulles entraîne avec elle une petite quantité d'air, et cependant M. Gernez a constaté qu'une bulle d'air, primitivement grosse comme une tête d'épingle, avait pu déterminer l'ébullition pendant vingt-quatre heures (l'eau vaporisée, se condensant sur les parois inclinées, retombait à la partie inférieure, ce qui permettait de prolonger l'expérience sans ajouter de l'eau). En comptant le nombre des bulles dégagées pendant quelques minutes, M. Gernez évalue à plus d'un demi-million le nombre de celles qui s'étaient formées aux dépens de cette petite quantité d'air, pendant la durée de l'expérience.

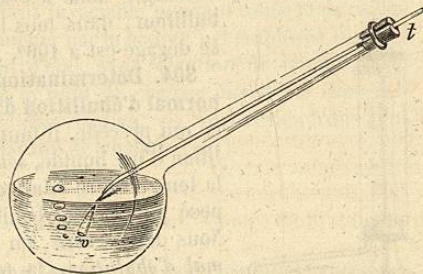


Fig. 211.

BIBLIOTECA FACULTAD DE MEDICINA UNIVERSIDAD DE CHILE

sphères liquides portées à une haute température : le verre apporte une certaine quantité d'air qui lui est restée adhérente, et qui fournit à la vapeur l'atmosphère gazeuse favorable à sa formation.

Enfin, dans la distillation de l'acide sulfurique, on évite les soubresauts qui rendent cette opération difficile dans des vases de verre, en plaçant dans l'acide, comme l'a indiqué M. Raoult, quelques fragments de *charbon de cornue*; les rugosités que ce corps présente, et qui retiennent des bulles d'air au milieu du liquide, facilitent la production des bulles de vapeur, dès le commencement de l'opération.

303 Ébullition des solutions salines — La présence de matières salines en dissolution dans un liquide donne lieu, en général, à une élévation de la température du liquide, au moment de l'ébullition; l'élévation de température est d'autant plus considérable que la quantité de sel dissoute est plus grande.

Le tableau suivant indique la température du liquide en ébullition, sous la pression atmosphérique, pour quelques solutions de sels dans l'eau, chacune de ces solutions étant supposée saturée (les nombres de ce tableau correspondent donc à des quantités différentes des divers sels).

POINTS D'ÉBULLITION DE QUELQUES SOLUTIONS SATURÉES.

| POINTS D'ÉBULLITION. | | POINTS D'ÉBULLITION. | |
|-----------------------------|--------|-------------------------------|--------|
| Carbonate de soude. | 101°,6 | Nitrate de soude. | 121°,0 |
| Chlorure de sodium. | 108°,4 | Carbonate de potasse. | 155°,0 |
| Sel ammoniac. | 114°,2 | Nitrate de chaux. | 151°,0 |
| Nitrate de potasse. | 115°,9 | Chlorure de calcium. | 179°,5 |

Ces températures sont celles que marqueraient des thermomètres immergés dans les solutions au moment de l'ébullition; dans tous les cas, la vapeur d'eau qui se dégage est à 100°.

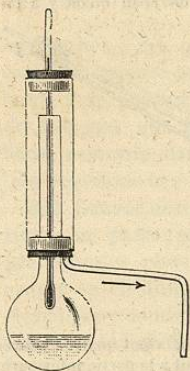


Fig. 212.

Or, si l'on cherchait à déterminer cette température en plaçant un thermomètre dans le liquide lui-même, on aurait toujours à craindre l'influence, soit d'une

expulsion plus ou moins complète des gaz, soit de la présence de sels 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.

La disposition indiquée par M. Berthelot (fig. 212) est particulièrement commode pour déterminer le point normal d'ébullition 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 normaux d'ébullition 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. | 157 |
| — sulfureux. | —8 | Éther chlorhydrique. | 11 |
| — sulfurique. | 326 | — 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 |

305. 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 (256).

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 (551).

III. — CALÉFACTION.

306. 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. 215), et quand elle sera parvenue au rouge sombre, laissons-y tomber quelques gouttes d'eau.

FACULTAD DE MEDICINA BIBLIOTECA