

## CHAPITRE VII

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

## I. — ÉVAPORATION.

502. **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, au contraire, le liquide est placé à l'air libre, l'évaporation qui se produit à sa surface continue tant qu'il reste du liquide, et cela quelle que soit la température. Seulement, l'évaporation 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; des linges humides sèchent plus vite devant le feu que dans une pièce froide.

La production de vapeur est aussi d'autant plus abondante que la surface libre du liquide offre plus d'étendue. — Ainsi, l'eau placée dans une carafe débouchée s'évapore lentement, parce que la surface libre du liquide a peu d'étendue : la même quantité d'eau, étalée sur une dalle, disparaît rapidement, à cause de la grande étendue de la surface par laquelle la vapeur peut se former. — 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, afin de faire sécher plus vite le linge ou les étoffes qui y sont suspendus.

Enfin, l'évaporation est d'autant plus rapide que l'espace environ-

nant 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.

505. **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 thermomètre 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 (270), 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.

C'est ainsi que, pour rafraîchir une carafe d'eau, il suffit de l'entourer d'un linge, de la placer sur une assiette pleine d'eau, et de l'exposer à un courant d'air. L'eau de l'assiette maintient le linge toujours mouillé; le courant d'air active l'évaporation, et l'eau de la carafe éprouve, au bout de quelque temps, un abaissement de température de plusieurs degrés. — On emploie aussi, pour rafraîchir l'eau, des *alcarazas*, c'est-à-dire des espèces de carafes en terre poreuse, qui restent toujours humides, en laissant suinter l'eau à travers leurs parois : c'est l'évaporation de cette eau qui produit le refroidissement, comme dans la disposition précédente.

On comprend enfin pourquoi il est imprudent de rester exposé à un courant d'air, surtout lorsqu'on est en transpiration. L'évaporation de la sueur peut alors produire un froid subit, et occasionner les accidents les plus graves.

504. **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. 255),

au-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 con-

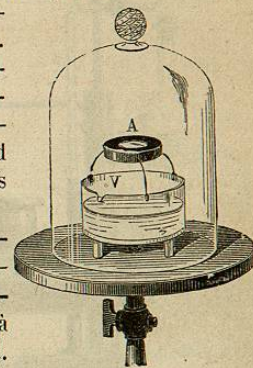


Fig. 255. — Expérience de Leslie.

tinue d'absorber la vapeur d'eau à mesure qu'elle se produit, et court ainsi à activer l'évaporation : au bout de quelques minutes, on voit se former dans la capsule une petite lentille de glace (\*).

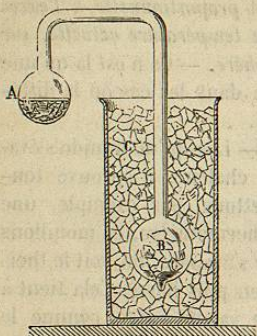


Fig. 254. — Cryophore de Wollaston.

Le cryophore de Wollaston (fig. 254) 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

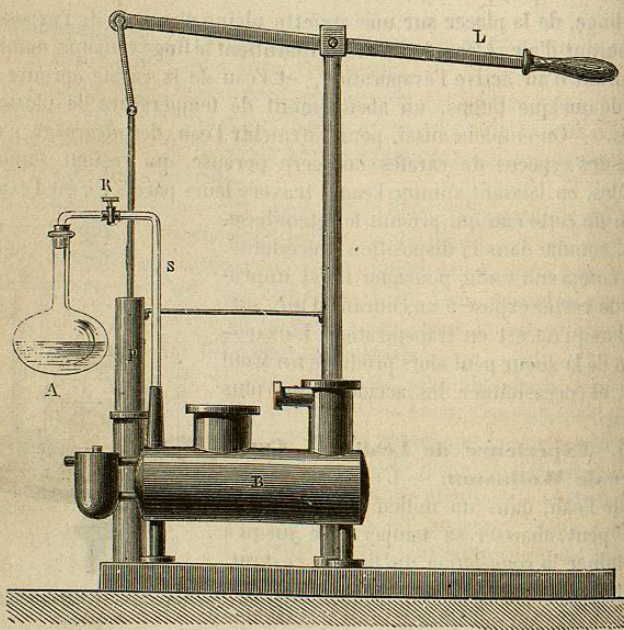


Fig. 235. — Appareil de M. Ed. Carré, pour la production de la glace.

surface de l'eau qui se trouve dans la boule A, parce que la vapeur, à

(\*) Leslie a modifié cette expérience, de façon à la rendre plus frappante encore;

mesure qu'elle se forme, vient se condenser dans la boule B. Au bout de quelques minutes, l'eau qui reste en A est entièrement congelée.

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

Une pompe P (fig. 235), semblable à la pompe à main qui a été décrite précédemment (177), 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.

## II. — ÉBULLITION.

306. **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, dans un vase de verre, on y voit apparaître d'abord, quand elle commence à s'échauffer, 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 : nous n'avons pas, quant à présent, à insister sur ce point. — Un peu plus tard, on commence à entendre un murmure particulier, qu'on exprime en disant que *l'eau chante*. En même temps, on aperçoit au fond du

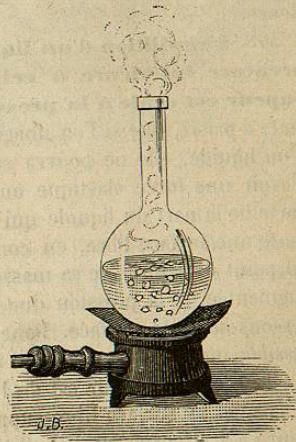


Fig. 236. — Ébullition de l'eau.

il taillait, dans un morceau de glace, une petite capsule plate, sur laquelle il déposait un peu de mercure : cette capsule étant placée sous le récipient de la machine pneumatique, au-dessus d'une cuvette contenant de l'acide sulfurique concentré, l'évaporation de la glace déterminait un abaissement de température suffisant pour congeler le mercure.

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  $100^{\circ}$ , le phénomène change. De grosses bulles de vapeur s'élèvent dans le liquide (fig. 256), en lui imprimant une agitation tumultueuse, et viennent crever à sa surface.

**307. Lois de l'ébullition.** — Si l'on observe un thermomètre placé dans un liquide en ébullition, on est conduit à formuler les deux lois suivantes :

1° Pour un même liquide, placé dans les mêmes conditions, l'ébullition se produit toujours à une même température;

2° La température demeure invariable pendant toute la durée de l'ébullition.

Mais c'est seulement par une étude attentive qu'on a pu définir quelles sont ces conditions, dont la réunion est nécessaire pour que l'ébullition se produise toujours à une même température. — Ce sont les résultats de cette étude que nous allons d'abord mettre en évidence.

**308. 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 l'atmosphère, la pression en un point déterminé de sa masse est égale à la pression atmosphérique, 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 de 1 atmosphère, c'est-à-dire à  $100^{\circ}$ .

Mais, si la surface libre supportait une pression inférieure ou supérieure à 1 atmosphère, l'ébullition devrait être possible à une température inférieure ou supérieure à  $100^{\circ}$ . — C'est ce que nous allons d'abord vérifier.

**309. Ébullition de l'eau à des températures inférieures à  $100^{\circ}$ , sous des pressions moindres que  $760^{\text{mm}}$ .** — Sur le sommet des hautes montagnes, la pression étant beaucoup moindre que  $760^{\text{mm}}$ , l'eau doit entrer en ébullition à des températures notablement inférieures à  $100^{\circ}$ . — On a constaté, en effet, que sur le mont Saint-

Gothard, l'eau bout à  $92^{\circ}$  environ; au sommet du Mont-Blanc, elle bout à  $85^{\circ}$  (\*).

Voici une expérience qui n'est pas moins concluante. — On met de l'eau tiède (à  $40$  ou  $45$  degrés par exemple) dans un vase placé sur le plateau de la machine pneumatique, et on couvre le vase d'une cloche (fig. 257). On enlève progressivement l'air de la cloche, en faisant fonctionner la machine : il arrive un moment où, la pression qui s'exerce sur la surface libre du liquide étant suffisamment dimi-

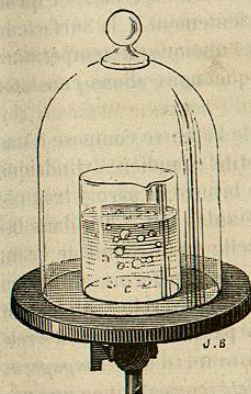


Fig. 257. — Ébullition de l'eau dans un espace raréfié.

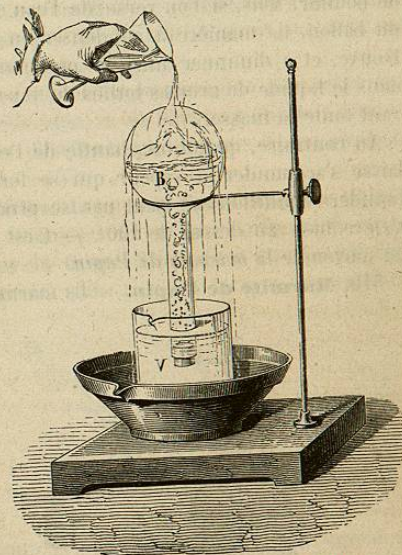


Fig. 258. — Expérience de Franklin.

nuée, 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 à l'intérieur de la cloche.

Voici enfin une autre expérience, qui n'exige pas l'emploi de la machine pneumatique, et qui est due à Franklin. — On met de l'eau dans un ballon de verre à long col; on place le ballon sur le feu, et on

(\*) On peut, d'après cela, mesurer approximativement la hauteur d'une montagne, en déterminant, au moyen d'un thermomètre très sensible, la température d'ébullition de l'eau au sommet de cette montagne, et cherchant ensuite, 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 a été 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 (154), 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  $80^{\circ}$  environ, et dont la tige est très capillaire, de façon qu'ils donnent avec une grande précision les températures comprises entre  $80$  et  $100^{\circ}$ .

fait d'abord bouillir l'eau vivement, de manière que la vapeur chasse l'air qui surmonte le liquide. On retire alors le ballon du feu, on le ferme avec un bouchon, et, pour mieux empêcher l'air de rentrer par les petites ouvertures que le bouchon pourrait présenter, on retourne le ballon, et on plonge l'extrémité du col dans un vase plein d'eau (fig. 258). — 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 qui s'y trouve, 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.

Au contraire, quand on chauffe de l'eau dans un vase 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*.

310. **Marmite de Papin.** — La marmite de Papin se compose d'une petite chaudière cylindrique de bronze, à parois très résistantes (fig. 250), 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*, consistant en une petite ouverture *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, ce qui constitue la limite de résistance de l'appareil.

Lorsqu'on chauffe l'eau dans l'appareil clos, la vapeur qui se forme progressivement à la 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, en soulevant le levier; la vapeur s'échappe alors en un jet de plusieurs mètres, et la plus

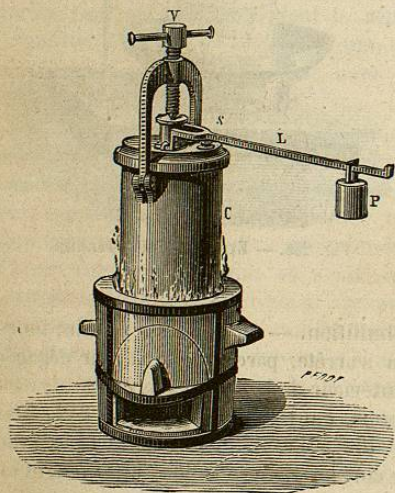


Fig. 259. — Marmite de Papin.

grande partie de l'eau est réduite en vapeur, par une ébullition tumultueuse.

\*311. **Expériences de Cagniard de Latour.** — On doit à Cagniard de Latour des expériences établissant que, si l'on élève successivement la température d'un liquide enfermé dans un tube fermé, très résistant, 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.

Cagniard de Latour a reconnu que la *température de vaporisation totale* est de 201° pour l'éther sulfurique, et de 259° pour l'alcool. D'après les expériences de Drion, l'éther chlorhydrique éprouve la vaporisation totale à 184°; l'acide sulfureux, à 157°.

312. **Difficultés de l'ébullition dans une masse liquide entièrement privée de gaz.** — M. Donny prend un tube de verre plusieurs fois recourbé, comme l'indique la figure 240; après l'avoir nettoyé intérieurement avec le plus grand soin, par des lavages successifs à l'alcool, à l'éther, et à l'acide sulfurique concentré, il y introduit de l'eau distillée: puis, redressant l'appareil, la pointe *m* en haut, il fait bouillir longtemps, de manière à chasser l'air du tube, comme dans la construction du marteau d'eau (40); il ferme la pointe, pendant que la vapeur se dégage, et enfin il laisse refroidir le tube. Grâce à ces précautions, l'eau arrive à être en contact intime avec la paroi de verre, sans interposition de bulles d'air; l'air qui pouvait être en dissolution dans l'eau a été également chassé par l'ébullition. — 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. 258), 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, en général, 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 montre donc que, si un liquide ne contient, ni

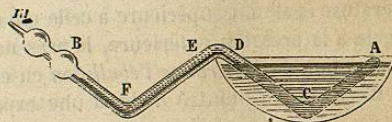


Fig. 240. — Expérience de M. Donny.

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. L. Dufour est arrivé à la même conclusion, par un procédé semblable à celui qu'il avait employé pour produire la surfusion (275). — 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 (314).

**313. Influence de la présence d'un gaz, au sein d'une masse liquide, pour déterminer l'ébullition. — Expériences de M. Dufour et 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 qu'a montré d'abord une expérience de M. Dufour. — Une

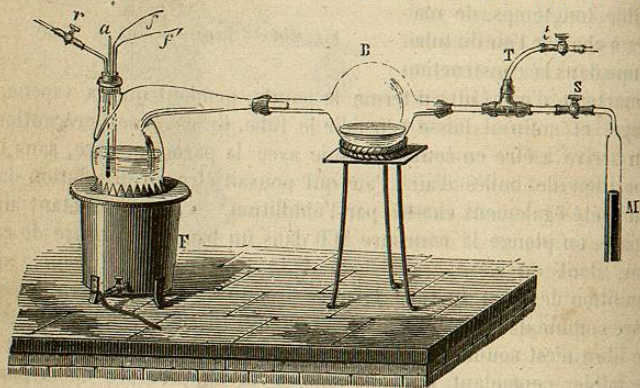


Fig. 241. — Expérience de M. Dufour.

cornue (fig. 241), bien lavée à l'acide sulfurique et contenant de l'eau, est mise en communication avec un ballon B, qui communique

(\*) Dans l'expérience que l'on vient de décrire, la tension de la vapeur correspondante à la température de 133° 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.

lui-même avec un manomètre barométrique M, comme celui de la figure 154, et avec une machine pneumatique, par l'intermédiaire du tube T. La cornue porte une large tubulure, dans laquelle sont assujettis : 1° un tube de dégagement muni d'un robinet *r*; 2° un thermomètre *a*, donnant la température du liquide; 3° deux fils de platine, *f*, *f'* qui plongent dans le liquide. On fait bouillir d'abord, pendant un certain temps, l'eau de la cornue, de manière à en dégager l'air dissous, ou adhérent aux parois : pendant cette ébullition, le robinet *r* est ouvert, pour servir au dégagement de la vapeur; on ferme ensuite *r*, et on laisse refroidir. — Alors, on ouvre les robinets *S* et *t*, et l'on fait fonctionner la machine pneumatique, de manière à établir dans l'appareil une pression beaucoup moindre qu'une atmosphère, pression que l'on mesure avec le manomètre M; en même temps, on règle la marche du fourneau à gaz F, de manière à élever progressivement la température. On constate que l'on peut, sans obtenir l'ébullition, amener et maintenir l'eau à une température très supérieure à celle où la tension de la vapeur serait égale à la pression intérieure. — Mais, l'expérience étant ainsi préparée, si l'on met les fils *f* et *f'* en communication avec les pôles d'une pile électrique, de manière à déterminer un dégagement gazeux à leur surface, l'ébullition se produit avec une vivacité telle, qu'une partie du liquide est ordinairement projetée dans le ballon B.

Voici une autre expérience, tout aussi démonstrative, qui a été imaginée par M. Gernez : elle a l'avantage de pouvoir être facilement répétée. — Un large tube de verre A (fig. 242), 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 : il est placé dans un bain d'eau qui est 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

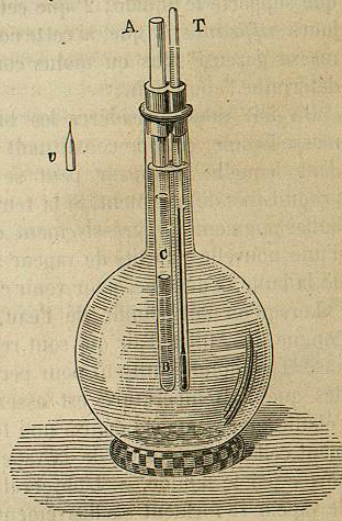


Fig. 242.

cloche de verre *v*, formée par un bout de tube qu'on a effilé à l'une de ses 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. — L'eau du ballon se refroidissant lentement, en raison de sa grande masse, le phénomène se continue pendant un temps très long.

**314. Conséquences des faits qui précèdent, concernant les conditions du phénomène de l'ébullition.** — En résumé, les expériences précédentes nous ont montré successivement : 1° que, pour qu'un liquide entre en ébullition, il faut, avant tout, que la température soit suffisante 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.

On doit donc considérer les bulles gazeuses, introduites dans une masse liquide, comme constituant une sorte d'*atmosphère intérieure*, dans laquelle la vapeur peut se répandre, et sans laquelle elle se produit très difficilement. Si la température est suffisante, chacune des bulles augmente progressivement de volume, par l'addition incessante d'une nouvelle quantité de vapeur : il arrive un moment où une partie de la bulle se détache, pour venir crever à la surface du liquide.

Lorsqu'on fait bouillir de l'eau, par exemple, dans un vase quelconque, les bulles d'air qui sont restées interposées entre les parois du vase et le liquide suffisent pour permettre le dégagement de la vapeur, dès que la température est assez élevée. Dans la plupart des cas, l'ébullition commence donc à une température qui est presque exactement celle où la tension de la vapeur devient *égale* à la pression supportée par le liquide. — L'observation montre d'ailleurs que les bulles de vapeur se forment exclusivement en *certaines points* de la paroi : ce sont les points auxquels, la paroi n'étant pas mouillée par le liquide, il a pu rester de l'air attaché. — Enfin, on conçoit comment, le départ d'une bulle laissant toujours après elle une partie du mélange gazeux adhérent à la paroi, les mêmes phénomènes peuvent continuer à se produire, et les bulles nouvelles continuent à partir des mêmes points (\*).

L'expérience montre cependant que l'ébullition, lorsqu'elle a duré

(\*) Une expérience de M. Gernez montre combien est petite la quantité d'air intérieur qui est suffisante pour déterminer l'ébullition. Un ballon de verre à long col (fig. 245), 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

longtemps dans un même vase, devient de plus en plus difficile ; qu'elle se fait par soubresauts, et que la température du liquide *s'élève*. Ce résultat tient à ce qu'une longue ébullition finit par chasser successivement 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. On projette alors dans cette eau un peu de limaille de fer, et l'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 enfin l'influence que doit avoir, dans les expériences de M. Dufour (312), le contact d'une baguette de verre avec les petites 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.

**315. Ébullition de l'acide sulfurique et des liquides visqueux.** — Lorsqu'on fait bouillir, en les chauffant par la partie inférieure, certains liquides visqueux, tels que l'acide sulfurique, l'esprit de bois, les bulles de vapeur ne se forment que lorsque la température a dépassé notablement le point normal d'ébullition : ces bulles prennent alors un

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 à peu près 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 a évalué à plus d'un demi-million le nombre de celles qui s'étaient formées aux dépens de cette petite quantité d'air, pendant toute la durée de l'expérience.

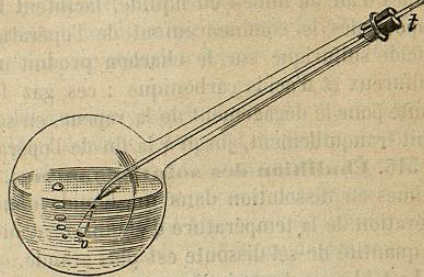


Fig. 245.

Cette expérience peut être modifiée de manière à reproduire celle de Franklin (309). Il suffit d'assujettir la tige qui porte la petite cloche dans un bouchon qui ferme hermétiquement le col, et qu'on introduit lorsqu'une ébullition prolongée a chassé complètement l'air du ballon. On éloigne alors le ballon du feu, et l'ébullition continue pendant plus d'une demi-heure, les bulles partant toujours de l'orifice de la cloche.

grand développement, et soulèvent la masse liquide, en produisant des *soubresauts* qui peuvent occasionner la rupture du vase.

Ces particularités font, de la distillation de l'acide sulfurique en particulier, une opération assez dangereuse. On en diminue les difficultés, en disposant la cornue *c*, qui contient l'acide (fig. 244), au centre

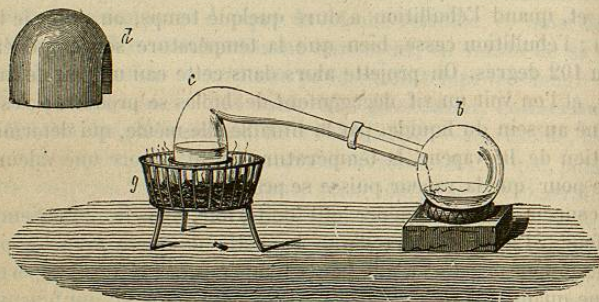


Fig. 244. — Distillation de l'acide sulfurique.

d'une grille annulaire *g*, de manière à chauffer le liquide près de sa surface libre. On place ordinairement, dans la cornue, des fils de platine, le long desquels on voit les bulles de vapeur se former (\*). — Enfin, on peut éviter complètement les soubresauts, comme l'a indiqué M. Raoult, en plaçant dans l'acide 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. En outre, l'action de l'acide sulfurique sur le charbon produit un dégagement lent d'acide sulfureux et d'acide carbonique : ces gaz forment une amorce incessante pour le dégagement de la vapeur, en sorte que l'ébullition se produit tranquillement, jusqu'à la fin de l'opération.

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

Le tableau suivant indique les températures d'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.

La *temperatura maxima del vapor de una solution de un ácido en agua, está en razón inversa de la concentración de la solución,*

\*) Pour empêcher que la condensation ne se fasse dans la région *c*, et qu'une partie du liquide ne retombe sans passer dans le récipient *b*, on place au-dessus de la grille une sorte de dôme en tôle *d*, qui concentre la chaleur sur le col de la cornue.

*concentración de la solución,*

POINTS D'ÉBULLITION DE QUELQUES SOLUTIONS SATURÉES.

	POINTS D'ÉBULLITION		POINTS D'ÉBULLITION
Carbonate de soude . . . . .	104°,6	Nitrate de soude . . . . .	121°,0
Chlorure de sodium . . . . .	108°,4	Carbonate de potasse . . . . .	135°,0
Sel ammoniac . . . . .	114°,2	Nitrate de chaux . . . . .	131°,0
Nitrate de potasse . . . . .	113°,9	Chlorure de calcium . . . . .	179°,5

**\*317. Ébullition des mélanges de plusieurs liquides inégalement volatils.** — Lorsqu'on fait bouillir un mélange de deux liquides A et B, dont l'un A est plus volatil que l'autre, la température à laquelle l'ébullition commence est toujours *supérieure au point d'ébullition du liquide le plus volatil* : elle la surpasse d'autant plus, que l'autre liquide se trouve en plus grande proportion dans le mélange. Les premières portions de vapeur qui se dégagent sont d'ailleurs presque exclusivement formées aux dépens du liquide A ; puis, la proportion de celui-ci diminuant dans le résidu, la température d'ébullition s'élève graduellement, en même temps que la vapeur du liquide B se forme en plus grande abondance. Enfin, quand tout le liquide A s'est vaporisé, la température atteint le point d'ébullition du liquide B, et elle demeure constante jusqu'à la fin.

**318. Détermination expérimentale du point d'ébullition normal d'un liquide.** — D'après tout ce qui précède, il faut entendre par *point d'ébullition* d'un liquide, *sous une pression déterminée*, la température *minima* à laquelle ce liquide puisse bouillir sous cette pression. — Nous désignerons, en particulier, par *point d'ébullition normal*, la température *minima* à laquelle l'ébullition puisse avoir lieu *sous la pression normale*, c'est-à-dire sous une pression représentée par 760 millimètres de mercure.

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, et en général des diverses causes que nous avons signalées comme *retardant* le point d'ébullition. — 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.

Le tableau suivant donne les points d'ébullition normaux de quelques liquides, sous la pression de 760 millimètres.