

premier, est, en millimètres, 4,6, et dans le second, 760, d'après les tableaux ci-dessus. Mais aussitôt que la communication est établie, en ouvrant le robinet C, la vapeur du ballon B, en vertu de son excès de tension, se précipite dans le ballon A; or, comme elle s'y condense immédiatement, puisque celui-ci est maintenu à zéro, il en résulte que la vapeur ne peut acquérir, dans le ballon B, une tension supérieure à celle du ballon A; il y a donc simplement distillation de B vers A sans accroissement de tension.

On peut donc poser ce principe général, que *lorsque deux vases, contenant le même liquide en excès et à des températures inégales, communiquent entre eux, la tension de la vapeur est la même dans ces deux vases, et égale à la tension qui correspond à la plus basse des deux températures*. On verra bientôt l'application qui a été faite par Watt, de ce principe, au condenseur des machines à vapeur.

319. **Évaporation, causes qui l'accélèrent.** — On a déjà vu (308) qu'on entend par *évaporation*, une production lente de vapeur à la surface d'un liquide. C'est par suite d'une semblable évaporation que les étoffes mouillées sèchent à l'air, ou qu'un vase ouvert, rempli d'eau, se vide complètement au bout d'un certain temps. C'est à l'évaporation qui se produit à la surface des mers, des lacs, des rivières et du sol, que sont dues les vapeurs qui s'élèvent dans l'atmosphère, s'y condensent en nuages et se résolvent en pluie.

Quatre causes influent sur la rapidité de l'évaporation d'un liquide: 1^o la température; 2^o la quantité de vapeur du même liquide répandue déjà dans l'atmosphère ambiante; 3^o le renouvellement de cette atmosphère; 4^o l'étendue de la surface d'évaporation.

L'accroissement de température accélère l'évaporation par l'excès de force élastique qu'il détermine dans les vapeurs.

Pour comprendre l'influence de la seconde cause, remarquons que l'évaporation d'un liquide serait nulle dans un espace saturé de la vapeur du même liquide, et qu'elle atteindrait son maximum dans un air complètement purgé de cette vapeur. Il résulte de là qu'entre ces deux cas extrêmes, la rapidité de l'évaporation varie, selon que l'atmosphère ambiante est déjà plus ou moins chargée des mêmes vapeurs.

Quant au renouvellement de cette atmosphère, son effet s'explique de la même manière; car si l'air ou le gaz qui enveloppe le liquide n'est pas renouvelé, il est promptement saturé, et toute évaporation cesse.

L'influence de la quatrième cause est évidente.

320. **Ebullition, ses lois.** — On nomme *ébullition*, une production rapide de vapeur, en bulles plus ou moins grosses, dans la masse même d'un liquide.

Lorsqu'on chauffe un liquide, de l'eau par exemple, par la partie inférieure, les premières bulles qui apparaissent ne sont autre chose que de l'air en dissolution dans l'eau, qui se dégage. Puis, de petites bulles de vapeur s'élèvent bientôt de tous les points échauffés des parois; mais, traversant les couches supérieures, dont la température est plus basse, elles s'y condensent avant d'atteindre la surface. C'est la formation et la condensation successives de ces premières bulles de vapeur qui occasionnent le bruissement qui précède ordinairement l'ébullition. Enfin, de grosses bulles s'élèvent et crèvent à la surface, ce qui constitue le phénomène de l'ébullition (fig. 230).

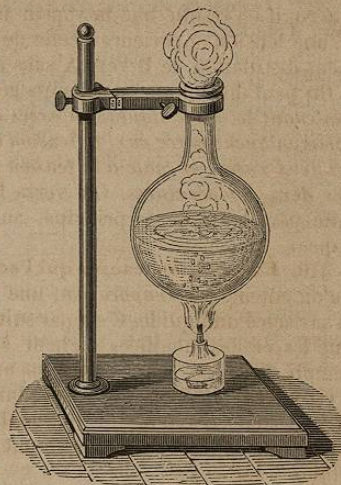


Fig. 230.

Tous les liquides susceptibles d'entrer en ébullition présentent les trois lois suivantes, qui se constatent par l'expérience:

1^o *La température d'ébullition augmente avec la pression.*

2^o *Pour une pression donnée, l'ébullition ne commence qu'à une température déterminée, qui varie d'un liquide à un autre, mais qui, à pression égale, est toujours la même pour un même liquide.*

3^o *Quelle que soit l'intensité de la source de chaleur, à partir du moment où l'ébullition commence, la température reste stationnaire.*

Températures d'ébullition à la pression 0^m,760.

Acide sulfureux.	— 40°	Eau distillée.	100°
Ether chlorhydrique.	+ 11	Essence de térébenthine.	150
Acide sulfurique anhydre.	25	Phosphore.	290
Ether sulfurique.	37	Acide sulfurique concentré.	325
Sulfure de carbone.	48	Mercure (au thermomètre à air).	350
Chloroforme.	63,5	Soufre.	440
Alcool.	79	Cadmium (Sainte-Claire Deville et Troost).	860
Benzine.	80	Zinc. (id.).	1040
Acide azotique monohydraté.	86		

Plusieurs causes peuvent faire varier la température d'ébullition d'un liquide, savoir : les substances en dissolution, la nature des vases, et la pression. Nous allons successivement faire connaître les effets de ces différentes causes, particulièrement sur l'eau.

321. Influence des substances en dissolution sur la température d'ébullition. — Une substance dissoute dans un liquide, lorsqu'elle n'est point volatile, ou qu'elle l'est moins que le liquide, retarde l'ébullition d'autant plus, qu'il y a une plus grande quantité de cette substance en dissolution. L'eau, qui bout à 100 degrés lorsqu'elle est pure, ne bout qu'aux températures suivantes lorsqu'elle est saturée de différents sels.

L'eau saturée de sel marin bout à	109°
— — d'azotate de potasse	116
— — de carbonate de potasse	135
— — de chlorure de calcium	179

Les dissolutions acides présentent des résultats analogues ; mais les substances purement en suspension, comme les matières terreuses, la sciure de bois, n'élèvent pas la température d'ébullition.

L'air en dissolution dans l'eau a aussi une influence très-marquée sur la température à laquelle elle entre en ébullition. En effet, Deluc a remarqué, le premier, que de l'eau privée d'air par l'ébullition et renfermée dans un matras à long col, pouvait être portée à 112 degrés sans entrer en ébullition. Le même fait a été constaté par M. Donny et par M. Galy-Cazalat. Ce dernier physicien, ayant recouvert d'une couche d'huile de l'eau purgée d'air par l'ébullition, l'a portée à 123 degrés sans que le liquide commençât à bouillir ; mais bientôt il se fit une violente explosion de vapeur, laquelle projeta en partie l'eau hors du vase qui la contenait.

Il importe de rappeler ici les expériences de M. Rudberg, déjà citées page 235 ; expériences dans lesquelles ce savant a constaté que lorsque la température de l'ébullition de l'eau est au-dessus de 100 degrés par l'effet des substances qu'elle tient en dissolution, la température de la vapeur qui se dégage est cependant toujours à 100 degrés, comme avec l'eau pure, si la pression est 0^m,760.

322. Influence de la nature des vases sur la température d'ébullition. — Gay-Lussac a observé que, dans un vase de verre, l'eau bout à une température plus élevée que dans un vase de métal, phénomène qu'il a attribué à l'affinité du verre pour l'eau. En prenant pour 100 degrés la température d'ébullition de l'eau distillée, dans un vase de cuivre, et à la pression 0^m,760, il a trouvé qu'à pression égale, ce liquide, dans un ballon de verre, n'entre en ébullition qu'à 101 degrés ; et quand le vase de verre a été bien

nettoyé avec de l'acide sulfurique concentré ou de la potasse, la température de l'eau peut s'élever jusqu'à 105 et même 106 degrés. Toutefois un simple fragment de métal placé au fond du ballon suffit pour ramener la température de l'ébullition à 100 degrés, et en même temps pour faire disparaître les soubresauts violents qui accompagnent l'ébullition des dissolutions salines ou acides dans les vases de verre.

De même que pour les substances en dissolution, la température de la vapeur n'est pas influencée par celle que prend l'eau dans les vases de verre. A la pression 0^m,760, elle est encore de 100 degrés, ainsi que dans les vases de cuivre.

323. Influence de la pression sur la température d'ébullition. — D'après les tables des forces élastiques données précédemment (page 292), on reconnaît qu'à 100 degrés, température à laquelle l'eau distillée entre en ébullition sous la pression 0^m,760, la vapeur de ce liquide a une tension précisément égale à cette pression. Ce principe est général et peut s'énoncer ainsi : *Tout liquide entre en ébullition au moment où la tension de sa vapeur égale la pression qu'il supporte.* On conçoit dès lors que, cette

pression augmentant ou diminuant, la tension de la vapeur, et par conséquent la température nécessaire à l'ébullition, doivent croître ou décroître.

Pour démontrer que la température d'ébullition s'abaisse lorsque la pression est plus faible, on place sous le récipient de la machine pneumatique une capsule contenant de l'eau à 30 degrés environ, puis on fait le vide. On voit aussitôt le liquide entrer en ébullition avec une grande rapidité, bien qu'en vase clos ; ce qui résulte de ce que la vapeur est aspirée par la machine à mesure qu'elle se produit.

On peut faire la même expérience sans avoir recours à la machine pneumatique. Pour cela, on prend un ballon de verre dans

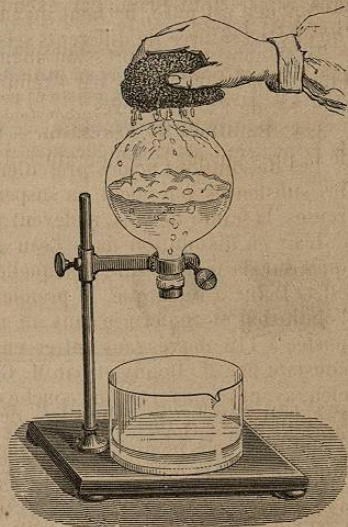


Fig. 231.

lequel on fait bouillir de l'eau pendant quelques instants. Quand on juge que les vapeurs qui se dégagent ont entraîné tout l'air qui était dans le ballon, on bouche celui-ci hermétiquement, et on le retourne comme le montre la figure 231. Si l'on en refroidit alors la partie supérieure avec une éponge imbibée d'eau froide, les vapeurs se condensent, le vide se fait, et une vive ébullition se produit.

C'est par l'effet de la diminution de la pression atmosphérique que, sur les hautes montagnes, l'eau bout au-dessous de 100 degrés. Sur le Mont-Blanc, par exemple, ce liquide entre en ébullition à 84 degrés.

Si, au contraire, la pression augmente, l'ébullition est retardée. Elle n'a lieu pour l'eau, par exemple, qu'à 120°,6, quand la pression est de 2 atmosphères.

324. **Bouillant de Franklin.** — On démontre encore l'influence de la pression sur la température d'ébullition au moyen du *bouillant de Franklin*. C'est

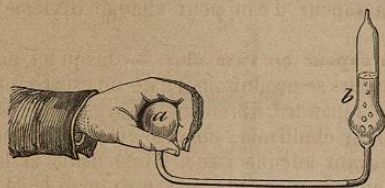


Fig. 232.

un petit appareil de verre qui se compose d'une boule *a* et d'un tube *b* réunis par un tube d'un petit diamètre (fig. 232). Le tube *b* étant effilé à son extrémité supérieure, avant qu'il soit fermé, on y introduit de l'eau; puis, faisant passer le liquide dans la boule *a*, on le fait bouillir en chauffant celle-ci avec une lampe à alcool. Lorsqu'on juge que les vapeurs dues à l'ébullition ont entraîné, en se dégageant, tout l'air qui était dans l'appareil, on ferme l'extrémité du tube *b* en la fondant à la lampe. Le vide étant alors fait dans l'appareil, où du moins celui-ci ne contenant plus d'air, l'eau ne supporte d'autre pression que la tension de sa vapeur, tension qui, à la température ordinaire, est très-faible. Il résulte de là que, prenant la boule *a* dans la main, la chaleur seule de celle-ci donne à la vapeur une tension qui refoule l'eau dans le tube *b*, et y détermine une forte ébullition.

325. **Mesure de la hauteur des montagnes par la température d'ébullition.** — La dépendance qui existe entre la température d'ébullition et la pression donne le moyen, au lieu de mesurer la hauteur des montagnes par le baromètre, de la mesurer par le thermomètre. En effet, si l'on observe, par exemple, que sur le sommet d'une montagne l'eau bout à 95 degrés, tandis qu'à sa base elle bout à 98 degrés, et qu'on cherche dans les tables des forces élas-

tiques les tensions correspondantes, on trouve en millimètres des nombres qui représentent la force élastique de la vapeur au moment où elle se dégage, au sommet et au pied de la montagne, et par suite la pression atmosphérique supportée par l'eau en ébullition aux deux stations. Connaissant ainsi la hauteur du baromètre au sommet de la montagne et à sa base, on applique sans difficulté les formules déjà données pour mesurer la hauteur des montagnes à l'aide du baromètre (151).

Dans cette méthode, on ne fait usage que de thermomètres très-sensibles, gradués seulement de 80 à 100 degrés environ, de manière que, chaque degré occupant une grande étendue sur l'échelle, on puisse apprécier les dixièmes et même les vingtièmes de degré. C'est sur ce principe qu'est construit le *thermomètre hypsométrique* de M. Regnault, dont la tige est graduée seulement de 85 à 100 degrés, chaque degré étant lui-même divisé en 10 parties égales. Pour l'usage de ce thermomètre, M. Regnault a construit des tables qui donnent la tension de la vapeur d'eau pour chaque dixième de degré de 85 à 101.

326. **Production de la vapeur en vase clos.** — Jusqu'ici nous avons supposé que les vapeurs se produisaient dans un espace indéfini où elles pouvaient se répandre librement. Ce n'est qu'à cette condition qu'il peut y avoir ébullition; en vase clos, les vapeurs qui se produisent ne trouvant aucune issue, leur tension et leur densité croissent de plus en plus avec la température, mais le dégagement rapide qui constitue l'ébullition est impossible. Par conséquent, tandis que, dans un vase ouvert, la température d'un liquide ne peut dépasser celle de son ébullition, dans un vase clos, au contraire, elle peut s'élever beaucoup au delà. L'état liquide a néanmoins alors une limite, car, d'après des expériences dues à Cagniard-Latour, si l'on introduit de l'eau, de l'alcool ou de l'éther dans de forts tubes de verre, et qu'on les ferme à la lampe après en avoir expulsé l'air par l'ébullition, on observe qu'en soumettant ces tubes à une source de chaleur suffisante, il vient un moment où tout à coup le liquide disparaît en se transformant en vapeurs dont le volume diffère peu de celui du liquide. Cagniard-Latour a trouvé ainsi que l'éther sulfurique se réduit totalement en vapeur à 200 degrés, dans un espace moindre que le double de son volume à l'état liquide, et que la tension est alors de 38 atmosphères.

327. **Marmite de Papin.** — Papin, médecin français, mort en 1710, paraît être le premier physicien qui ait étudié les effets de la production de la vapeur en vase clos. L'appareil qui porte son nom est un vase cylindrique de bronze D (fig. 233), muni d'un couvercle qui peut se fixer très-solidement au moyen d'une vis

de pression B, qui le maintient comprimé contre la marmite, malgré la force élastique de la vapeur qui tend à le soulever. Afin de fermer hermétiquement l'appareil, on a soin, avant de serrer le couvercle, d'interposer des feuilles de plomb entre ses bords et ceux de la marmite. A la base d'une cavité cylindrique qui traverse le cylindre S et la tubulure o, le couvercle est percé d'un

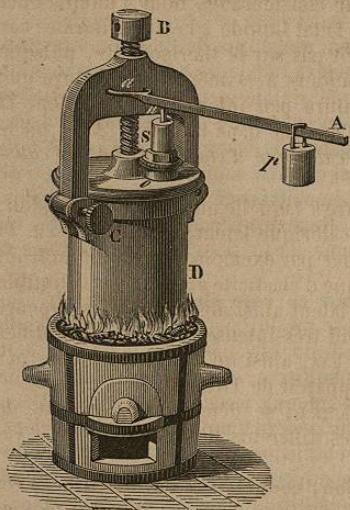


Fig. 233 (h = 80).

petit orifice recouvert d'un disque sur lequel s'appuie une tige n. Cette tige, qui traverse le cylindre et la tubulure, se trouve pressée contre le disque obturateur par un levier A, mobile à son extrémité a. Enfin, un poids p, qui se déplace le long du levier Aa, permet d'exercer sur la tige une pression d'autant plus grande, que ce poids est plus près de l'extrémité A, d'après une propriété connue des leviers (45).

La charge du disque pouvant ainsi varier, on la règle de manière que, lorsque la vapeur, dans l'intérieur de la marmite, a atteint une tension déterminée, 6 atmosphères, par exemple, le disque soit soulevé et donne issue à la vapeur. On peut ainsi éviter la

rupture de l'appareil; c'est pourquoi le mécanisme que nous venons de décrire est désigné sous le nom de *soupape de sûreté*.

La marmite de Papin étant remplie d'eau aux deux tiers environ et fermée, on la chauffe sur un fourneau. Le liquide peut ainsi être porté à une température beaucoup au-dessus de 100 degrés, et la tension de la vapeur peut atteindre un grand nombre d'atmosphères, suivant la charge qu'on a donnée à la soupape de sûreté.

Si l'on ouvre alors la soupape, un jet de vapeur s'échappe avec sifflement et s'élève à une grande hauteur. L'eau du vase, qui jusque-là n'avait pas bouilli, entre actuellement en ébullition, et sa température s'abaisse jusqu'à 100 degrés.

La marmite de Papin peut être utilisée pour augmenter l'action dissolvante des liquides, en donnant le moyen de les porter à une

température supérieure à celle de leur point d'ébullition; c'est pourquoi on lui donne aussi le nom de *digesteur*.

328. **Calorique latent des vapeurs.** — D'après la troisième loi de l'ébullition (320), la température des liquides demeurant stationnaire pendant toute la durée du phénomène, il faut en conclure que dans la vaporisation, ainsi que dans la fusion, il y a absorption d'une quantité de chaleur considérable, dont l'unique effet est de faire passer les corps de l'état liquide à l'état aériforme; car cette quantité de chaleur n'agit pas sur le thermomètre, puisque la vapeur qui se dégage est toujours à la même température que son liquide, ou à une température peu inférieure. Il y a donc là encore *calorique latent*, de même que dans la fusion (300); on le désigne aussi sous le nom de *calorique d'élasticité*, ou de *calorique de vaporisation*.

Quelle que soit la température à laquelle une vapeur se produit, il y a toujours absorption de calorique latent. Qu'on verse sur la main un liquide volatil, de l'éther par exemple, on ressent un froid très-vif qui provient du calorique d'élasticité absorbé par le liquide qui se vaporise¹. Le calorique latent ainsi absorbé par les vapeurs peut devenir une source de froid très-intense, capable de solidifier le mercure (329) et même les gaz, ainsi qu'il sera démontré par l'expérience, en parlant de l'appareil de Thilorier (334).

On verra bientôt (364) comment se détermine la quantité de chaleur latente absorbée par les différents liquides pendant la vaporisation.

329. **Froid dû à l'évaporation, congélation du mercure.** — On vient de voir que lorsqu'un liquide se vaporise, une quantité considérable de calorique est absorbée, à l'état latent, par la vapeur qui se dégage (328). Il résulte de là que si un liquide qui s'évapore ne reçoit pas une quantité de chaleur équivalente à celle qui est absorbée par la vapeur, sa température s'abaisse, et le refroidissement est d'autant plus grand, que l'évaporation est plus rapide.

¹ Watt avait posé cette loi, que, pour échauffer à partir de zéro et vaporiser un poids donné d'eau, la quantité totale de chaleur est toujours la même, quelle que soit la température à laquelle la vapeur se produit, et par suite la tension maximum; loi qui suppose que la chaleur latente diminue à mesure que la vaporisation s'opère à une température plus élevée. En effet, si l'on prend pour calorique de vaporisation de l'eau le nombre 540 (364), l'eau qui se vaporise à 100 degrés a absorbé depuis zéro jusqu'à son changement d'état 100 + 540 ou 640 unités de chaleur. Par conséquent, si l'eau qui se vaporise à 150 degrés, par exemple, absorbe encore, d'après la loi de Watt, une quantité totale de chaleur égale à 640, son calorique de vaporisation ne serait plus que 640 — 150, ou 490. Southern, au contraire, en 1803, donna cette autre loi, que la chaleur latente absorbée au moment de la vaporisation est constante, quelle que soit la température à laquelle la vapeur se produit, et par suite la pression. Mais, d'après les travaux de M. Regnault, ces deux lois ne sont exactes ni l'une ni l'autre; la quantité totale de chaleur croissant avec la température, tandis que la chaleur latente décroît.

Leslie est parvenu à congeler l'eau par le seul effet d'une vaporisation rapide. Pour cela, on place sous le récipient de la machine pneumatique un vase de verre contenant de l'acide sulfurique concentré, et au-dessus une petite capsule métallique A (fig. 234), contenant quelques grammes d'eau. En faisant le vide, l'eau entre en ébullition (323), et les vapeurs étant absorbées par l'acide sulfurique à mesure qu'elles se dégagent, il se produit une vaporisation rapide qui amène bientôt la congélation de l'eau qui est dans la capsule.

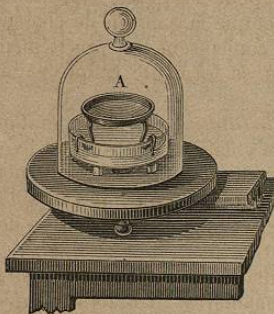


Fig. 234.

Si l'on opère avec des liquides plus volatils que l'eau, particulièrement avec l'acide sulfureux qui bout à -10 degrés, on produit un froid assez intense pour congeler le mercure. On fait cette expérience en enveloppant de coton une boule de verre pleine de mercure; puis, après l'avoir arrosée d'acide sulfureux, on la place sous la cloche de la machine pneumatique, et l'on fait le vide; bientôt le mercure est solidifié.

Thilorier, en dirigeant un jet d'acide carbonique liquide sur le réservoir d'un thermomètre à alcool, a vu celui-ci descendre jusqu'à 100 degrés au-dessous de zéro, sans que l'alcool se congelât; mais on a déjà vu (302) qu'avec un mélange de protoxyde d'azote liquéfié, d'acide carbonique solide et d'éther, M. Despretz est parvenu à produire un froid assez intense pour amener l'alcool à l'état sirupeux épais.

Le froid produit par l'évaporation est utilisé, dans les pays chauds, pour rafraîchir l'eau au moyen d'*alcarazas*. On nomme ainsi des vases de terre assez poreux pour que l'eau filtre lentement à travers et vienne s'évaporer à la surface, surtout si on les place dans un courant d'air.

LIQUÉFACTION DES VAPEURS ET DES GAZ.

330. Liquéfaction des vapeurs. — La liquéfaction ou condensation des vapeurs est leur passage de l'état aériforme à l'état liquide. Trois causes peuvent opérer la condensation : le refroidissement, la compression et l'affinité chimique. Les deux premières causes exigent que les vapeurs soient à l'état de saturation (311); mais la

dernière produit la liquéfaction des vapeurs même les plus raréfiées. C'est ainsi qu'un grand nombre de sels absorbent, en la condensant, la vapeur d'eau de l'atmosphère en quelque faible proportion qu'elle s'y trouve.

Au moment de la condensation des vapeurs, leur calorique latent redevient libre, c'est-à-dire sensible au thermomètre. On le constate en faisant arriver un courant de vapeur à 100 degrés dans un vase d'eau à la température ordinaire. Le liquide s'échauffe rapidement et arrive bientôt à 100 degrés. On admet que la quantité de chaleur ainsi restituée par les vapeurs qui se condensent, est précisément égale à celle qu'elles ont absorbée en se formant; ce qui paraît évident.

331. Distillation, alambics. — La distillation est une opération qui a pour objet de séparer un liquide volatil des substances fixes qu'il tient en dissolution, ou bien deux liquides inégalement volatils. Cette opération est fondée sur la transformation des liquides en vapeurs par l'action du calorique, et sur la condensation des mêmes vapeurs par le refroidissement.

Les appareils employés pour la distillation se nomment *alambics*. Leur forme peut varier de plusieurs manières, mais ils se composent toujours de trois pièces principales : 1^o la *cucurbite* A (fig. 235), vase de cuivre rouge étamé, qui contient le liquide à distiller, et dont la partie inférieure est maçonnée dans un fourneau; 2^o le *chapiteau* B, qui se pose sur la cucurbite et donne issue à la vapeur par un col latéral C; 3^o le *serpentin* S, consistant en un long tuyau d'étain ou de cuivre enroulé en hélice, et placé dans une cuve remplie d'eau froide : l'objet du serpentin est de condenser la vapeur en la refroidissant.

S'agit-il de distiller, par exemple, de l'eau de puits ou de rivière pour la débarrasser des sels qu'elle tient en dissolution, et qui sont surtout du sulfate de chaux, du carbonate de chaux et des chlorures : on en remplit la cucurbite aux deux tiers environ, et l'on chauffe; l'eau entre en ébullition, et les vapeurs qui se dégagent vont se condenser dans le serpentin; d'où l'eau distillée provenant de la condensation se rend ensuite dans le récipient D.

Les vapeurs qui se condensent échauffant rapidement l'eau de la cuve (330), il importe de renouveler cette eau constamment, sinon la condensation n'aurait plus lieu. A cet effet, un entonnoir, alimenté d'une manière continue par un courant d'eau froide, conduit celle-ci à la partie inférieure de la cuve, tandis que l'eau chaude, qui est moins dense, se porte toujours à la partie supérieure, et se déverse par un tube adapté au haut de la cuve.

La distillation ne doit pas être poussée trop loin, dans la crainte

que l'eau renfermant des matières organiques, celles-ci ne soient décomposées sur les parois chaudes de la cucurbite et ne donnent naissance à des produits volatils.

L'eau distillée est parfaitement limpide et ne laisse aucun résidu après son évaporation; mais elle renferme toujours un peu d'acide

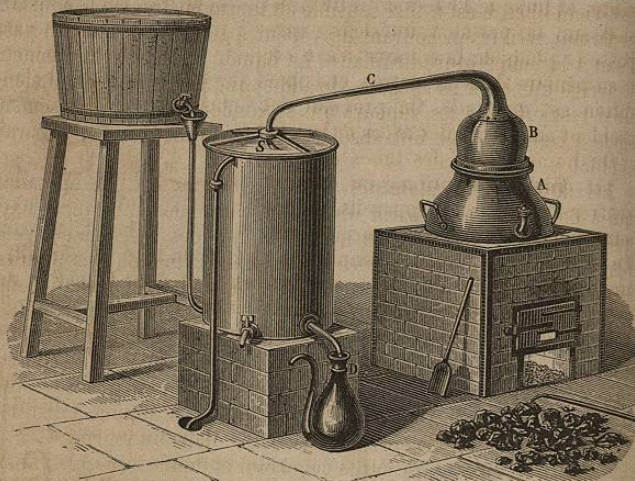


Fig. 235 ($h = 1^m, 45$).

carbonique, car ce gaz, existant dans toutes les eaux naturelles, ne s'en sépare qu'incomplètement par la distillation. On peut éviter la présence de ce gaz en mettant dans la cucurbite une certaine quantité de chaux qui se combine avec lui et le retient.

C'est par la distillation, à l'aide d'alambics analogues à celui décrit ci-dessus, qu'on extrait des vins l'alcool qu'ils contiennent.

332. Absorption, tubes de sûreté. — On nomme *absorption*, en chimie, un accident qui se produit dans les appareils qui servent à la préparation des gaz, et qui consiste, lorsque ceux-ci sont recueillis sur l'eau ou sur le mercure, en ce que ces liquides pénètrent dans les appareils et font manquer l'opération.

Cet accident a toujours pour cause l'excès de la pression atmosphérique sur la tension du gaz contenu dans l'appareil. Soit, en effet, un gaz, de l'acide sulfureux par exemple, se dégageant d'un matras *m* (fig. 236), et se rendant dans une éprouvette *A* remplie d'eau. Tant que le gaz se dégage activement, sa tension l'emporte sur la pression atmosphérique et sur le poids de la colonne d'eau

on; l'eau de l'éprouvette ne peut donc s'élever dans le tube, et l'absorption est impossible. Mais si la tension du gaz décroît, soit parce que le dégagement se ralentit, soit parce que le matras s'est refroidi, la pression extérieure l'emporte, et lorsque l'excès de cette pression sur la pression intérieure surpasse le poids de la colonne d'eau *co*, l'eau pénètre dans le matras, et l'opération est manquée. On prévient cet accident au moyen des *tubes de sûreté*.

On nomme ainsi des tubes destinés à prévenir l'absorption, en laissant rentrer l'air dans les appareils, à mesure que la tension intérieure décroît.

Le tube de sûreté le plus simple consiste en un tube *Co* (fig. 237), traversant le bouchon qui ferme le matras *M* dans lequel le gaz se produit, et plongeant de quelques centimètres dans le liquide contenu dans ce matras. Quand la tension du gaz diminue dans

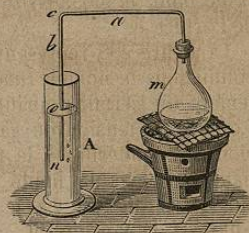


Fig. 236.

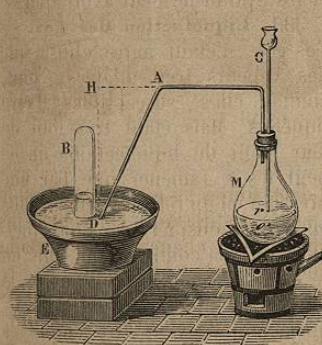


Fig. 237.

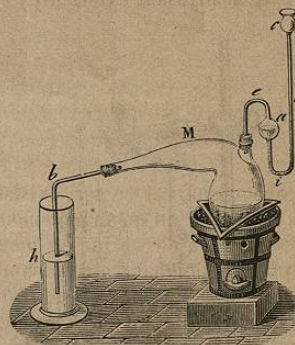


Fig. 238.

le vase *M*, la pression atmosphérique qui s'exerce sur l'eau de la cuve *E*, la fait monter à une certaine hauteur dans le tube *DA*; mais cette pression, s'exerçant aussi dans le tube *Co*, tend à déprimer d'autant le liquide qui est dans ce tube, en admettant que ce liquide ait sensiblement la même densité que l'eau de la cuve *E*. Or, comme la distance *or* est moindre que la hauteur *DH*, l'air rentre par l'orifice *o*, avant que l'eau de la cuve s'élève jusqu'en *A*, et il n'y a pas absorption.

Le tube *Co* sert aussi à prévenir les explosions. Lorsque la pro-

duction du gaz est trop rapide, et que le tube AD ne peut suffire au dégagement, le liquide contenu dans le matras M est refoulé à l'extérieur, et s'échappe par le tube C, qui devient lui-même une issue pour le gaz aussitôt que le niveau s'est abaissé au-dessous de l'orifice o.

La figure 238 représente une autre espèce de tube de sûreté, connu sous le nom de *tube en S*. Ce tube possède une boule *a*, contenant une certaine quantité de liquide, ainsi que la branche *id*. Lorsque la tension du gaz, dans la cornue M, surpasse la pression atmosphérique, le niveau dans la branche *id* s'élève plus haut que dans la boule *a*; si le gaz a une tension d'une atmosphère, le niveau est le même dans le tube et dans la boule. Enfin, si la tension du gaz est moindre que la pression atmosphérique, le niveau baisse dans la branche *di*, et comme on a soin que la hauteur *ia* soit moindre que *bh*, aussitôt que l'air entré par la boule *c* est arrivé dans la partie courbe *i*, il soulève la colonne *ia* et pénètre dans la cornue avant que l'eau de l'éprouvette se soit élevée jusqu'en *b*; dès lors la tension intérieure égale la pression extérieure, et l'absorption ne peut avoir lieu.

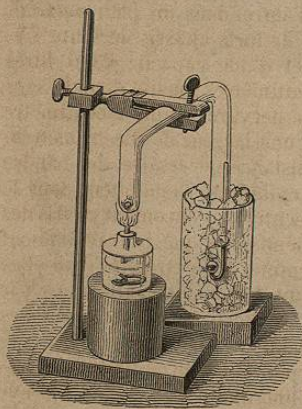


Fig. 239.

le seraient si l'on pouvait les soumettre à une pression et à un refroidissement suffisants.

On a déjà vu (126) que M. Faraday a liquéfié un grand nombre de gaz regardés jusqu'alors comme permanents. Son procédé consiste à renfermer dans un tube de verre recourbé en siphon des

333. Liquéfaction des gaz. —

Les gaz, n'étant autre chose que des vapeurs très-dilatées, sont, comme elles, susceptibles d'être liquéfiés. Mais étant très-loin de leur point de liquéfaction, on ne peut les y ramener que par une pression ou un refroidissement plus ou moins considérable. Pour quelques-uns, la compression seule ou le refroidissement suffit, pour la plupart, ces deux procédés de liquéfaction doivent être employés simultanément. Peu de gaz ont résisté à ces deux actions combinées, et l'on doit admettre que ceux qui, comme l'oxygène, l'hydrogène, l'azote, le bioxyde d'azote et l'oxyde de carbone, n'ont pu être liquéfiés,

substances qui, par leur réaction chimique, donnent naissance au gaz qu'il s'agit de comprimer; de sorte que ces substances étant contenues dans l'une des branches du siphon, le gaz, à mesure qu'il se dégage, vient se comprimer lui-même et se liquéfier dans l'autre branche, qui plonge dans un mélange réfrigérant (fig. 239). Un petit manomètre à air comprimé, renfermé dans le tube, indique la pression. Le gaz peut ainsi être soumis à des pressions de 40 à 50 atmosphères.

C'est par ce procédé que M. Faraday, le premier, a liquéfié l'acide carbonique, à zéro et sous une pression de 35 atmosphères.

334. Appareil à liquéfier et à solidifier l'acide carbonique. — L'acide carbonique ne pouvant être amené à l'état liquide que par une pression considérable, sa liquéfaction ne doit s'opérer que dans des appareils spéciaux, présentant la plus grande solidité. Le premier appareil de ce genre a été construit par Thilorier. La figure 240 représente un appareil à liquéfier l'acide carbonique, construit récemment par MM. Deleuil; il est une modification de celui de Thilorier, mais une modification importante pour la solidité.

Ce nouvel appareil se compose de deux cylindres P et Q entièrement semblables, mobiles l'un et l'autre, dans un plan vertical, autour de deux pivots soutenus par de forts châssis de fonte VV. Ces cylindres, qui sont de fonte et d'une capacité de 6 litres environ, ont une épaisseur de 3 centimètres; mais, dans le sens de leur longueur, ils portent quatre nervures ayant 1 centimètre de saillie sur le reste de la paroi et une largeur de 8 centimètres. Pour donner à l'appareil toute la résistance nécessaire, des bandes de fer doux *m*, partant du haut des cylindres, s'emboîtent dans le creux formé par deux nervures consécutives, s'enroulent au bas des cylindres, dont le fond intérieur est hémisphérique, puis reviennent sur l'autre face des cylindres se terminer à l'extrémité d'où elles sont parties. Enfin, ces bandes sont fortement maintenues par quatre cercles *n*, *o*, *p*, *g*, aussi de fer doux. Avant de mettre ces cercles en place, on les porte à la température rouge, de manière qu'en se refroidissant, ils exercent par leur contraction une pression considérable sur les bandes longitudinales et sur les cylindres.

Sur la tête de chaque cylindre est un robinet M formé de plusieurs pièces. Une clef *a* sert à le serrer fortement dans un écrou taraudé dans la masse de fonte. Dans le robinet est un conduit vertical qui se bifurque en *x* vers *b* et vers *d*, et met ainsi l'intérieur du cylindre en communication avec deux orifices pratiqués en *b* et en *d*, dont on n'ouvre jamais qu'un seul à la fois. Une vis *z*,