

VIII. Loi de Mariotte; pompes; pompes à incendie.

Nous avons déjà dit au paragraphe 1^{er} de la Physique qu'une masse gazeuse, logée dans une enveloppe fermée, l'occupe toujours tout entière, quelque grande qu'elle soit.

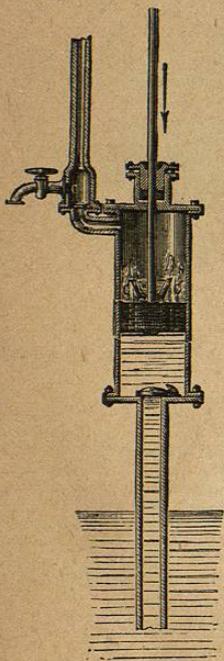


Fig. 121.

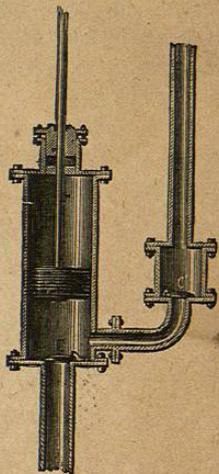


Fig. 122.

Elle presse sur les parois comme un ressort toujours tendu, et la résistance de cette paroi, ou, si cette paroi est flexible, la pression de l'air extérieur, empêche seule le gaz de la repousser et d'agrandir indéfiniment son volume.

La pression exercée par le gaz enfermé sur les parois s'appelle sa force élastique. Elle devient d'autant plus grande que la masse gazeuse est réduite à un plus petit volume; d'autant plus faible par conséquent que le volume grandit davantage. Ces deux quantités sont sensiblement en raison inverse l'une de l'autre, si la température reste constante, c'est-à-dire que si le volume de la masse gazeuse devient double, triple, la force élastique devient deux fois, trois fois plus petite. Cette loi, que l'on appelle loi de Mariotte, du nom du physicien français qui l'a découverte par l'expérience, a des conséquences et des applications très importantes, entre autre le jeu des pompes et de la machine pneumatique, dont nous allons dire quelques mots.

Quand on plonge dans l'eau le bec d'une seringue et que l'on tire à soi la tige qui porte le bouchon garni d'éponge et appelé *piston*, à mesure que l'air se dilate, il presse de moins en moins sur la surface de l'eau, et celle-ci, toujours pressée par l'atmosphère, monte progressivement dans la seringue. Si l'on repousse ensuite le piston, l'air intérieur se trouve comprimé et refoule l'eau, qui revient à son premier niveau.

Que l'on suppose maintenant, au point de jonction du corps de la seringue et du bec, une soupape ou un clapet s'ouvrant de bas en haut; que le piston lui-même soit percé d'outre en outre et muni d'une soupape s'ouvrant dans le même sens: si on repousse le piston, l'eau ne retournera plus dans le bassin, et sera forcée de passer à travers le piston en soulevant la soupape; si on tire une seconde fois la tige, une nouvelle masse d'eau pénétrera de la même façon dans la seringue, puis passera aussi par-dessus le piston quand celui-ci redescendra.

Cette disposition est exactement celle que l'on trouve dans toutes les pompes aspirantes (fig. 121). Dans les pompes foulantes (fig. 122), l'eau, au lieu de passer à travers le piston, est lancée dans un tube soudé sur le côté du corps de pompe, et pénètre dans ce tube en repoussant une soupape qui lui ferme ensuite le retour. Dans les premières, l'eau monte dans le corps de pompe quand le piston s'élève;

dans les secondes, elle monte dans le tuyau latéral quand le piston descend.

Les pompes à incendie (fig. 125) sont des pompes foulantes accouplées dans un même bassin, et dont les tiges sont mises en mouvement à l'aide d'une grande barre, de telle sorte que, lorsque l'une d'elle monte, l'autre descend.

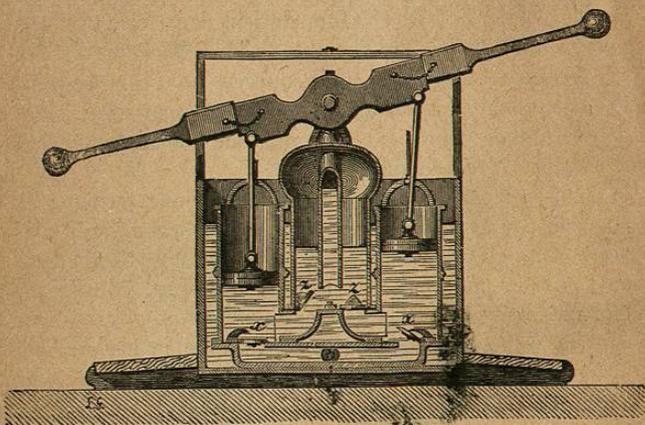


Fig. 125.

On obtient ainsi un jet continu. La première pompe à incendie qui ait fonctionné à Paris fit son apparition en 1705, à l'incendie de l'église du Petit-Saint-Antoine.

Ce sont de petites pompes foulantes, mises en mouvement par un mécanisme d'horlogerie, qui dans les lampes Carcel font monter l'huile pour imbibir la mèche.

§ VIII. Qu'appelle-t-on force élastique d'un gaz? — Comment varie-t-elle avec le volume de la masse gazeuse? — Comment s'appelle cette loi? — Pourquoi l'eau monte-t-elle dans une seringue dont le bec plonge dans l'eau quand on tire à soi le piston? — Quelle est la disposition d'une

pompe aspirante? — A quoi sert la soupape du piston? — Quelle différence y a-t-il entre les pompes aspirantes et les pompes foulantes? — Comment sont disposées les pompes à incendie? — A quelle époque ont-elles été employées pour la première fois? — Comment est faite la lampe Carcel?

IX. Machine pneumatique.

La machine pneumatique (fig. 124) se compose d'un système de pompes aspirantes jumelles, dont le tuyau d'aspiration, au lieu d'aller aspirer l'eau d'un réservoir, va prendre

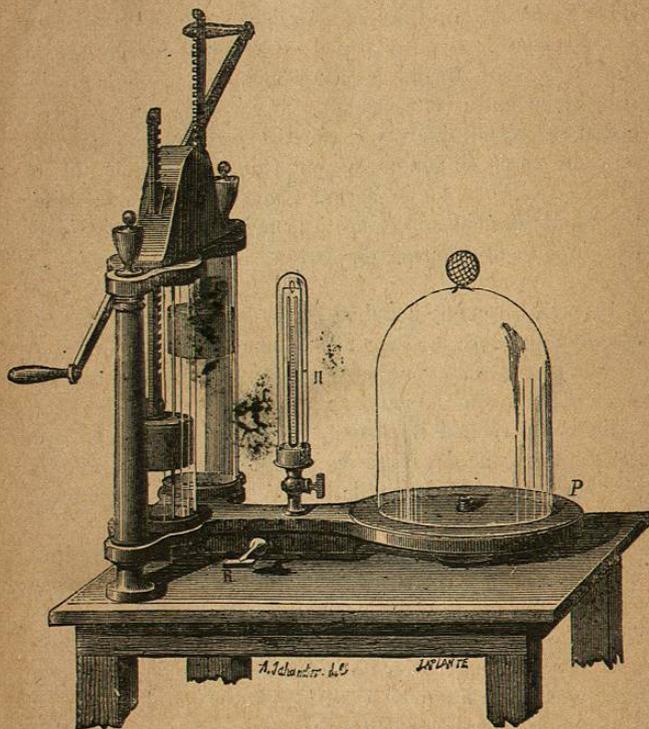


Fig. 124.

l'air dans le récipient où l'on veut faire le vide. La disposition des soupapes est la même, et la machine fonctionne absolument de la même façon que les pompes à eau.

Les deux corps de pompe renferment chacun un piston

doublé de cuir, et garni d'une soupape qui s'ouvre de bas en haut. Ces pistons ont une tige à crémaillère. Une roue dentée, placée entre ces deux tiges, engrène avec elles. En faisant tourner la roue, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, à l'aide d'une barre double, on communique aux tiges, et par suite aux pistons, le mouvement alternatif d'ascension et de descente. Le tuyau d'aspiration, muni à son entrée d'une soupape que le piston ouvre dès qu'il monte, et qu'il ferme dès qu'il descend, va déboucher au centre d'un plateau bien dressé, sur lequel on applique les cloches où s'opère le vide. Quand le piston monte, l'air de la cloche se partage entre cette cloche et le corps de pompe. Si le piston redescend, il ferme le canal de communication; alors l'air du corps de pompe se comprime de plus en plus et prend, d'après la loi de Mariotte, une élasticité croissante. Quand elle devient supérieure à la pression atmosphérique, elle soulève la soupape du piston, et l'air s'échappe au dehors.

Un petit baromètre à siphon H, logé dans une cloche qui communique avec le récipient P, donne le degré de vide. Si le vide pouvait être complet, les deux niveaux du mercure seraient à la même hauteur.

Enfin un robinet R permet, quand le vide est fait, de séparer la cloche des corps de pompe, et aussi, suivant la position qu'on lui donne, de laisser l'air extérieur rentrer sous cette cloche.

A l'aide de cette machine on peut étudier les phénomènes que présentent les corps placés dans le vide, constater, par exemple, que les animaux ne peuvent vivre sans air; que la flamme des bougies, si on la prive d'air, s'éteint nécessairement. On peut aussi avoir une idée des effets de la pression atmosphérique; dès qu'on a fait le vide sous la cloche, on ne peut plus la séparer du plateau, parce que la pression subie par sa surface extérieure n'est plus contre-balancée par une pression égale, exercée à l'intérieur.

L'invention de cette utile machine est due à Otto de Guericke, de Magdebourg, qui en fit connaître les merveilleux usages à Ratisbonne en 1654.

§ IX. Comment est faite la machine pneumatique? — Comment les pistons sont-ils mis en mouvement? — Comment le vide se fait-il? — Comment apprécie-t-on le degré de vide? — Comment fait-on rentrer l'air? — A quoi sert la machine pneumatique? — Pour-
 quoi, quand le vide est fait sous la cloche, ne peut-on plus la séparer de la platine sur laquelle elle pose? — A qui est due l'invention de la machine pneumatique? — Comment constate-t-on que l'air est nécessaire à la combustion? — A la respiration?

X. Siphon.

On appelle *siphon* un tube à deux branches de longueur inégale, et ouvert aux deux bouts. On plonge la branche plus courte dans un vase plein d'un liquide que l'on veut en faire sortir, de telle sorte que l'extrémité de l'autre branche soit au-dessous du niveau du liquide; puis en aspirant on force, par l'effet de la pression atmosphérique, le liquide à remplir ou *amorcer* le siphon. Cette aspiration peut se faire directement avec la bouche, si le tube n'a que de petites dimensions et si le liquide est inoffensif; on peut aussi boucher avec le doigt la branche libre, et, par un tube d'aspiration adapté à cette branche, faire le vide au moyen d'une petite pompe. Une fois le siphon amorcé, le liquide qu'il contient, et que le vase renouvelle sans cesse, s'écoule par la grande branche. Cet écoulement continue jusqu'à ce que le niveau dans le vase soit descendu à la hauteur de l'orifice extérieur; alors l'air rentre dans l'appareil et prend la place du liquide.

Quelquefois, pour amorcer le siphon, on le met en place dans le liquide en fermant les deux branches avec des bouchons, puis on le remplit par une petite ouverture percée à la courbure supérieure, et qu'on referme quand l'instrument est plein; on enlève ensuite les bouchons et l'écoulement commence.

Le siphon s'emploie à chaque instant pour faire sortir d'un vase qu'on ne peut déplacer un liquide qui s'y trouve renfermé, surtout quand il s'y est formé des dépôts que l'on ne veut point troubler, ou bien quand on a dans le même vase des liquides de densités différentes: on arrive ainsi à les faire sortir séparément, sans agitation.

On en fait aussi usage en grand dans l'industrie pour re-

tirer les eaux d'un lac, d'un étang, d'une rivière barrée par une digue, sans percer les parois qui contiennent la masse liquide. C'est ainsi qu'en 1803 M. Lebrun a pu faire sortir la Moselle de son lit pour permettre de travailler à la réparation d'une digue de barrage.

On trouve quelquefois dans les flancs de certaines collines des siphons naturels faisant communiquer avec le dehors des cavités intérieures où viennent se réunir les eaux qui s'infiltrant par les crevasses du sol; quand le siphon est amorcé, la cavité se vide rapidement, puis l'écoulement extérieur cesse jusqu'à ce que, le niveau remontant dans la cavité interne, le siphon se trouve amorcé de nouveau. C'est là l'origine probable de la plupart des sources intermittentes.

§ X. Qu'est-ce qu'un siphon? — Comment l'amorce-t-on? — Quelle est la condition nécessaire pour que le siphon fonctionne? — L'écoulement continue-t-il indéfiniment? — Quand s'arrête-t-il? — Dans quelles circonstances fait-on usage du siphon? — Y a-t-il des exemples d'application en grand du siphon? — Trouve-t-on des exemples de siphons naturels produisant des sources intermittentes?

XI. Dilatation des corps par la chaleur.

Tous les corps soumis à l'action de la chaleur augmentent de volume; ils se contractent au contraire en se refroidissant. C'est une loi générale de la nature, bien qu'elle paraisse quelquefois contrariée par des faits qui semblent produire des résultats tout opposés. Ainsi le bois en s'échauffant se dessèche; ses fibres se rapprochent par suite de la disparition de l'humidité qui les imprégnait, et il en résulte une diminution de volume. Il en est de même des terres à poterie, qui éprouvent une contraction par la cuisson.

L'eau toutefois présente une particularité curieuse: lorsqu'on la prend à la température de la fusion de la glace et qu'on la laisse se réchauffer lentement, elle commence par se contracter quelque peu, puis elle se dilate comme tous les autres corps. C'est à la température de 4 degrés qu'elle est resserrée sous le plus petit volume et qu'elle a par conséquent la plus grande densité. Le litre d'eau pèse alors un kilogramme; à toute autre température il pèse un peu moins.

Les métaux, et en général les corps solides, se dilatent moins que les liquides, et surtout beaucoup moins que les gaz. Ainsi en passant de la température de la fusion de la glace à celle de l'eau bouillante, le fer augmente d'environ $\frac{1}{250}$ de son volume primitif, le mercure de $\frac{1}{50}$, et l'air de plus d'un tiers.

Si pour les métaux on ne considère que l'accroissement en longueur, on trouve que, chauffé à la température de l'eau bouillante, le fer s'allonge d'environ 1^{mm},2 par mètres; le cuivre et le laiton, d'environ 1^{mm},8; l'étain de 2 millimètres, et le zinc de plus de 3 millimètres.

Aussi les rails de chemins de fer, les tuyaux de conduite des eaux ou du gaz d'éclairage, éprouveraient-ils inévitablement des torsions ou des ruptures, si on n'avait soin de laisser entre deux rails qui se suivent un vide de quelques millimètres, et d'emboîter les tuyaux les uns dans les autres pour donner une certaine liberté à leurs mouvements de dilatation. Il en est de même pour les feuilles de zinc ou de plomb dont on couvre les toits: on se garde bien de les fixer complètement.

Les différentes pièces d'un mécanisme d'horlogerie sont sensibles à l'influence de la chaleur, et augmentent ou diminuent de diamètre ou de longueur. Cette action qui se fait sentir sur le balancier a pour effet de changer l'allure de l'horloge, de la faire marcher plus vite dans les temps froids, plus lentement au contraire dans les chaleurs. On arrive toutefois à corriger à peu près complètement ce défaut en composant ce balancier de pièces formées de métaux différents, et disposées de manière à se dilater en sens contraire. Leroy, Robert, Bréguet, Graham, ont fait faire d'immenses progrès à cette partie de l'art de l'horlogerie, et l'on a maintenant des montres, à l'usage des marins et des astronomes, qui ne varient que de quelques secondes en une année.

Ces effets de la dilatation ne sont pas toujours nuisibles; on en tire au contraire quelquefois très heureusement parti dans l'industrie. Ainsi le charron, pour serrer les jantes de ses roues, a soin d'en garnir la circonférence avec des bandes de fer fortement chauffées, qui, en se refroidissant

ensuite, se contractent et pressent alors étroitement les jantes les unes contre les autres. Il y a quelques années qu'au Conservatoire des arts et métiers M. Molard est parvenu à rapprocher les murs de la galerie, qui menaçaient de se séparer. Après avoir établi de l'un à l'autre des barres de fer qui dépassaient en dehors de chaque côté, et les avoir chauffées au rouge, il adapta aux extrémités de solides écrous qu'il amena au contact des murs. Il laissa ensuite les barres se refroidir et reprendre leurs premières dimensions; dans leur mouvement de contraction, elles entraînent avec elles leurs écrous et les murs furent ainsi remis à leur aplomb.

§ XI. Quelle modification les corps éprouvent-ils en s'échauffant ou en se refroidissant? — Quelle particularité l'eau présente-t-elle? A quelle température le volume d'une masse d'eau est-il le plus petit possible? — D'où vient que le bois qui s'échauffe diminue de volume? — Pour quel état des corps la dilatation est-elle le plus sensible? — Les métaux sont-ils très dilatables? — De quelle fraction s'allonge l'unité de longueur du fer, entre la température de fusion de la glace et celle à laquelle l'eau bout? — Même

question pour le cuivre, le zinc, le laiton. — De quelle fraction s'augmente dans le même intervalle l'unité de volume du mercure? — de l'air? — Pourquoi dans l'ajustement des rails laisse-t-on un vide entre deux rails consécutifs? — Doit-on, en couvrant un toit de zinc, fixer les feuilles aux quatre angles? — Quel est l'effet de la chaleur sur le balancier d'une pendule ou d'une montre? — Y a-t-il des cas où l'effet de la dilatation ait été utilisé pour produire un effet mécanique considérable?

XII. Thermomètre.

La température de l'air, ou son degré de chaleur, est très variable. Il est important de pouvoir la mesurer, ainsi que celle de tous les corps. On y parvient aisément au moyen du *thermomètre* (fig. 125), instrument qui a pour principe la propriété dont jouit la chaleur de dilater les corps, et les liquides plus que les solides.

Le thermomètre, inventé en 1627 par un physicien hollandais nommé Corneille Drebbel, consiste en une boule de verre, surmontée d'un tube cylindrique très fin qui porte des divisions égales. Cette boule et une partie du tube sont pleines de mercure ou d'esprit-de-vin.

Quand le thermomètre est mis dans la neige fondante, le liquide s'abaisse dans le tube jusqu'à un certain point où l'on marque *zéro*. Si le thermomètre est ensuite porté dans

la vapeur de l'eau bouillante, la colonne liquide monte jusqu'à un autre point marqué 100; on divise l'intervalle en cent parties égales appelées *degrés*, et on prolonge la division en parties d'égale grandeur au-dessous de zéro et au-dessus de 100°. Il y a donc cent degrés de température depuis la glace qui fond jusqu'à l'eau qui bout. Ce thermomètre s'appelle *thermomètre centigrade*. Quand deux corps mis en contact sont inégalement chauds, le plus chaud cède de la chaleur au plus froid; il se refroidit et l'autre s'échauffe. Il arrive bientôt un moment où leur température ne varie plus; ils sont alors à la même température.

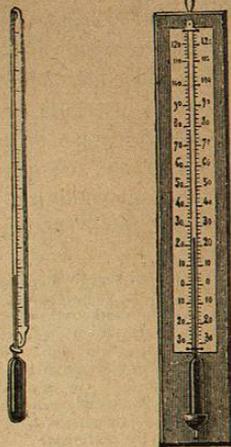


Fig. 125.

Lors donc qu'on se sert du thermomètre pour avoir la température d'un liquide dans lequel on l'a plongé, il faut attendre que le niveau du mercure devienne stationnaire; c'est alors seulement qu'il donne la température du liquide, qui est aussi la sienne.

Le mercure est préféré à tous les autres liquides, parce qu'il est très dilatable, et qu'il se refroidit et s'échauffe très rapidement. De plus il n'entre en ébullition qu'à une température de 350°. Mais comme il se gèle à 40° au-dessous de zéro, pour les températures très basses on le remplace par de l'esprit-de-vin, que l'on colore avec du carmin ou de l'orseille pour le rendre plus apparent.

On divisait autrefois l'intervalle de la glace fondante à l'eau bouillante en 80 divisions appelées *degrés Réaumur*, du nom du physicien qui adopta le premier ce système: 4 degrés Réaumur valent 5 degrés centigrades; ainsi 24 degrés Réaumur correspondent à 30 degrés centigrades.

Les Anglais, les Américains et les Russes ont encore une division toute différente, la division *Fahrenheit*.

Si l'on observe un thermomètre placé en dehors d'une fenêtre, on le voit ordinairement monter depuis le matin jusque vers deux heures de l'après-midi, parce que l'air s'échauffe; il baisse ensuite le soir et pendant toute la nuit jusqu'au lever du soleil, parce que l'air se refroidit.

Quoique le thermomètre se tienne beaucoup plus haut en été qu'en hiver, la température des caves reste toujours la même à très peu de variations près. Aussi paraissent-elles froides en été, comparées à l'atmosphère extérieure, et chaudes, au contraire, en hiver. Leur température varie entre 10° et 15° centigrades, du nord au sud de la France.

§ XII. A quoi sert le thermomètre? — Quelle est la propriété qui est en jeu dans le thermomètre? — Quelle est l'époque de l'invention du thermomètre? — A qui est-elle due? — Comment est fait un thermomètre? — Comment marque-t-on le zéro de son échelle? — Comment marque-t-on le point 100°? — Qu'appelle-t-on degré du thermomètre centigrade? — Comment se sert-on du thermomètre? — Pourquoi le thermomètre est-il rem-

pli avec du mercure? — Jusqu'à quelle température peut servir le thermomètre à mercure au-dessus de zéro? — et au-dessous? — Dans quel cas emploie-t-on l'esprit-de-vin? — Pourquoi le colore-t-on? — En quoi consistait l'ancienne division Réaumur? — Comment le thermomètre varie-t-il dans le cours d'une journée? — Si le thermomètre était dans une cave, éprouverait-il les mêmes variations?

XIII. Courants qui s'établissent dans une masse liquide lorsqu'elle est chauffée; courants qui s'établissent dans l'air; tirage des cheminées.

Quand on chauffe une masse liquide au moyen d'un foyer placé sous le vase qui la contient, les parties du liquide que la chaleur atteint les premières, devenant plus dilatées et plus légères que les autres, s'élèvent à la surface, tandis que les autres parties froides descendent le long des parois du vase, et viennent s'échauffer à leur tour. Il s'établit donc des courants ascendants et des courants descendants, dont il est facile de constater l'existence au moyen d'une poussière de bois légère suspendue dans le liquide.

De semblables courants peuvent s'observer dans les lacs et dans la mer, quand l'action du soleil et celle du sol viennent à changer leur température.

Il s'établit dans l'air et dans toutes les masses gazeuses des courants doubles, semblables à ceux que l'on remarque dans les liquides. On les remarque aussi près des poêles, des fourneaux fortement chauffés, le long des murs, et à la surface des champs exposés à l'action d'un soleil ardent; ils deviennent sensibles quand on regarde, à travers ces couches d'air en mouvement, des objets placés plus loin. Les courants faisant sans cesse dévier les rayons de lumière, il nous semble que les objets sont vacillants et varient de forme.

Si l'on met en communication, par une porte ouverte, deux chambres dont les atmosphères sont inégalement chauffées, l'air chaud de l'une passera dans l'autre par le haut de la porte, et l'air froid de la seconde ira dans la première en passant par le bas. Ces deux courants pousseront, chacun dans son sens, la flamme d'une bougie placée successivement vers le bas et vers le haut de la porte.

Le tirage des cheminées est dû à la même cause. Les gaz chauds que contient une cheminée forment, en effet, une colonne plus légère qu'une colonne de la même hauteur prise dans l'air extérieur, plus froid que ces gaz. Ces deux colonnes agiront comme des colonnes liquides d'inégale densité: la première s'élèvera donc; et comme l'air froid, qui se précipite dans le foyer pour la remplacer, se réchauffe à son tour, il y aura toujours une colonne chaude de la hauteur de la cheminée, et cette circulation durera aussi longtemps que le feu se maintiendra actif.

§ XIII. Décrire les mouvements qui s'établissent dans une masse liquide chauffée en dessous? — Comment peut-on constater ces mouvements? — Ces effets ne se produisent-ils que dans de petites masses? — Se produisent-ils aussi dans l'air? — Comment les constate-t-on dans l'air? — Quel phénomène présente la flamme d'une bougie que l'on présente à l'ouverture d'une porte ou d'une fenêtre, suivant qu'on la place en haut ou en bas de l'ouverture? — Comment s'explique le tirage des cheminées?

XIV. Les poêles, les cheminées, les calorifères.

La forme et la disposition des appareils de chauffage pour les appartements varient tellement, qu'il n'est guère possible d'entrer dans tous les détails de leur construction. Nous nous bornerons à donner sommairement quelques principes généraux.

Il n'y a point de feu sans air, car l'air est l'élément nécessaire de la combustion. En brûlant le combustible, l'air change de nature et ne peut plus entretenir la combustion; il faut donc en faire venir du dehors pour le remplacer, et fournir en même temps une issue aux gaz brûlés et à la fumée; les fentes des croisées et des portes laissent généralement un accès suffisant à l'air extérieur, et le tuyau de la cheminée sert à la sortie des produits de la combustion, en même temps qu'il détermine l'appel d'air.

Quand la chambre est trop bien fermée, on dispose dans l'épaisseur du mur un tuyau qui prend l'air au dehors et l'amène au-dessus du foyer: c'est ce que l'on appelle une *ventouse*.

Pour exercer un bon tirage, la cheminée doit avoir un tuyau élevé, dominant les constructions voisines, pour que celles-ci ne rabattent pas le vent sur l'orifice de sortie. Le tirage ne doit pas être trop fort, parce que l'air de la chambre se renouvellerait trop souvent, et la pièce ne s'échaufferait pas; il ne doit pas être non plus trop faible, car alors la fumée ne serait par entraînée. Il est important aussi que le corps de la cheminée soit étroit: dans une cheminée large, il s'opère des retours d'air qui renvoient en tourbillons la fumée dans la chambre. Il est bon aussi de resserrer l'entrée de la cheminée près de l'âtre pour que le courant d'air y ait une grande activité. Enfin le revêtement de l'âtre en plaques de faïence est aussi très bien entendu, parce qu'il renvoie par la réflexion beaucoup de chaleur dans la chambre.

Malgré ces dispositions, la cheminée est toujours inférieure au poêle comme moyen de chauffage; on n'utilise

guère qu'un dixième de la chaleur produite. Mais, outre qu'elle récréé les yeux par l'aspect de la flamme, elle produit un renouvellement plus actif de l'air, et contribue d'une manière plus efficace à ventiler et à assainir les chambres habitées.

L'usage des cheminées ne date guère en Europe que du commencement du treizième siècle; auparavant on ne faisait usage que de poêles: les poêles sont encore le seul moyen de chauffage usité dans les pays froids, tels que la Russie, la Pologne, le nord de la Hollande, où les cheminées donneraient trop peu de chaleur.

Quand on veut se servir de poêles, il faut avoir soin de prendre une précaution sur laquelle nous ne

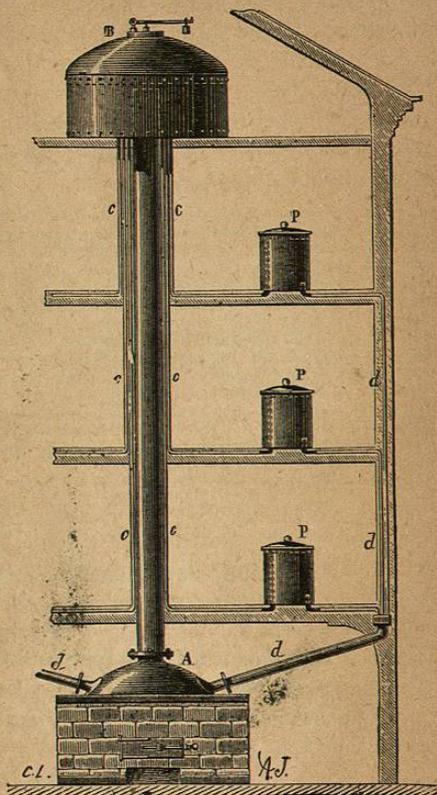


Fig. 126.

saurions trop insister. On ne doit jamais, sous le prétexte de renvoyer la chaleur dans la chambre, fermer la clef d'un poêle avant que le feu y soit complètement éteint; les gaz produits par la combustion du charbon sont de violents poisons qui ont fait déjà bien des victimes.

Un calorifère est un immense poêle qu'on établit dans une cave, et qui sert à chauffer de l'air qu'on distribue ensuite par des tuyaux dans tout l'édifice. On fait aussi usage de calorifères qui fournissent de la vapeur d'eau qu'on fait également circuler par des tuyaux, puis que l'on ramène condensée à la chaudière. Enfin, il y a des calorifères dans lesquels circule de l'eau chaude (fig. 126). Quand ils sont bien établis, ils sont préférables aux autres.

Les calorifères répandent une chaleur bien égale dans toute la maison, mais ils ne contribuent pas à la ventilation aussi activement que les cheminées.

§ XIV. En quoi le renouvellement de l'air est-il nécessaire pour qu'une cheminée marche bien? — Comment ce renouvellement s'opère-t-il d'ordinaire? — A quoi sert une ventouse? — Pourquoi le tuyau d'une cheminée doit-il dominer les constructions voisines? — Est-il utile que le tirage soit très grand? — Quel inconvénient y aurait-il à ce qu'il fût trop faible ou trop fort? — Quel est l'inconvénient des corps de cheminée trop larges? — Pourquoi rétrécit-on l'entrée du corps de cheminée? — Quelle est l'utilité

des plaques de faïence dont on revêt l'entrée de la cheminée? — En quoi la cheminée est-elle inférieure au poêle? — A quelle époque s'est introduit l'usage des cheminées? — De quel mode de chauffage se sert-on dans les pays du Nord? — Quel danger y a-t-il à fermer la clef d'un poêle avant qu'il soit entièrement éteint? — Qu'est-ce qu'un calorifère? — Sont-ils tous établis de la même façon? — Quel est l'avantage des calorifères? — Quel est leur inconvénient?

XV. Fusion, vaporisation, ébullition.

Tous les corps solides peuvent être rendus liquides par l'action de la chaleur, à moins qu'ils ne soient décomposés par elle, et s'il en est quelques-uns qu'on n'a pas encore vus fondre, comme la chaux, la magnésie, c'est uniquement parce que l'on ne sait pas produire une chaleur assez forte.

De même, tous les corps liquides peuvent être solidifiés par l'action d'un refroidissement suffisant.

Chaque substance solide fond, quand elle est pure, à une température déterminée toujours la même, le phosphore à 44°, l'étain à 228°, la glace à 0°, etc. En outre, pendant la fusion, la portion solide du corps garde une température constante.

Il en est de même pour la solidification, et la température de solidification est la même que celle de la fusion.

Généralement, en se solidifiant, les corps liquides diminuent de volume; mais il en est quelques-uns qui tout au contraire se dilatent. L'eau est un des exemples les plus frappants que l'on puisse citer. Si la glace flotte sur l'eau, c'est parce qu'elle est moins dense. C'est à la dilatation de l'eau au moment où elle devient solide qu'il faut attribuer les effets fâcheux de la gelée sur les plantes et sur les pierres de construction trop poreuses, qui sont toujours imprégnées d'eau. Elle les déchire ou les fait éclater.

Les liquides prennent aussi la forme gazeuse, par suite d'un phénomène connu sous le nom d'évaporation. Pour l'esprit-de-vin, l'éther, l'eau, les essences, cette évaporation se fait à la température ordinaire: on les nomme liquides *volatils*. Pour d'autres, l'action de la chaleur, et souvent même d'une chaleur très intense, est nécessaire.

A température égale, l'évaporation se fait beaucoup plus rapidement dans le vide que dans l'air.

Dans le phénomène de l'évaporation, la vapeur se forme à la surface du liquide et n'est point appréciable à l'œil, mais en chauffant le liquide on finit toujours, à moins que la chaleur ne le décompose, par l'amener à une température à laquelle la vapeur se produit en bulles visibles et dans tous les points de la masse; on dit alors que le liquide est en *ébullition*.

La température de l'ébullition reste constante pendant toute la durée du phénomène; elle varie d'ailleurs suivant la nature des liquides; ainsi, tandis que l'eau bout à 100°, l'esprit-de-vin bout à 78°, l'éther à 57° et le mercure au contraire ne bout qu'à 560°.

La température à laquelle bout un liquide change avec la pression qu'il supporte: plus la pression est faible, plus la température d'ébullition s'abaisse; aussi, quand on s'élève sur les montagnes, voit-on la température de l'ébullition s'abaisser d'une manière notable. A Briançon, par exemple, la ville la plus élevée de l'Europe, l'eau bout à 95°. C'est pour produire l'ébullition à plus basse température, et pour pré-

server les sirops de toute altération, que dans les fabriques de sucre on fait le vide dans les chaudières.

Au contraire, en augmentant la pression, on peut retarder indéfiniment l'ébullition, comme on le fait dans le digesteur de Papin, employé pour extraire des os la gélatine dite alimentaire. Certaines substances dissoutes dans l'eau peuvent élever considérablement la température de l'ébullition.

Lorsqu'un corps solide se liquéfie sans qu'on lui fournisse de chaleur, il se refroidit; c'est ce qui arrive ordinairement dans la dissolution: aussi, en mélangeant des corps solides qui se liquéfient mutuellement, obtient-on un froid souvent très considérable; avec le sel de cuisine et la neige, on produit un froid d'environ 17° au-dessous de zéro. C'est ce qu'on appelle des *mélanges réfrigérants*.

De même l'évaporation est une cause de refroidissement pour le liquide et pour le vase qui le contient.

En sens inverse, une vapeur qui devient liquide fait dégager de la chaleur. Ainsi la pluie est par elle-même une cause d'échauffement pour la contrée sur laquelle elle tombe.

C'est l'évaporation qui maintient à peu près invariable la température des corps animés, laquelle, comme on sait, ne change pas avec les saisons. En effet, ces corps cèdent à l'air plus de vapeur par un temps chaud que par un temps froid, en sorte que le refroidissement dû à l'évaporation compense l'effet de la chaleur atmosphérique. Les habitants des régions glacées du pôle ont trouvé le moyen d'arrêter toute évaporation en se frottant le corps d'huile; car ce liquide empêche l'eau d'arriver jusqu'à la surface de la peau, et prévient ainsi le froid qu'elle ferait en s'évaporant. Au contraire, les habitants des pays chauds vont nus, et éloignent de leur corps toute substance qui pourrait retarder l'évaporation. Ainsi, on peut rester assez longtemps dans un four chauffé à 150 degrés, pourvu que l'évaporation soit favorisée par la sécheresse de l'air qu'il contient.

Enfin, il est possible de rafraîchir l'eau pendant l'été en exposant à un courant d'air le vase qui la renferme, et que l'on a enveloppé d'un linge humide; car le froid produit par

l'évaporation du liquide dont ce linge est imbibé se communique au vase et à l'eau qu'il contient. En Espagne, on se sert, à cet effet, de vases de terre poreux, nommés *alcarazas*, qui laissent filtrer à l'extérieur assez d'eau pour suffire à l'évaporation, et que l'on suspend vers le haut d'une porte ouverte.

§ XV. Quel changement les corps solides éprouvent-ils quand on élève de plus en plus leur température? — Quel est l'effet du refroidissement sur les corps liquides? — Le changement d'état est-il accompagné d'un changement dans le volume et la densité? — Quel est le changement habituel? — Quelle particularité offre l'eau? — Quel est l'effet de la gelée sur les plantes? — Comment s'explique-t-il? — Qu'entend-on par liquides volatils? Qu'est-ce que l'ébullition? — Comment la pression influe-t-elle sur la température d'ébullition d'un liquide? — Quel est l'effet d'une diminution de la pression? — L'eau bout-elle à la même température au sommet d'une montagne et à sa base? — Comment peut-on retarder l'ébullition d'un liquide?

— Quelle est l'influence des substances solides dissoutes dans le liquide volatil? — Quel est le phénomène calorifique qui se produit dans la dissolution? — Dans la liquéfaction mutuelle de deux corps solides comme la glace et le sel? — Quel changement éprouve dans sa température un liquide qui s'évapore? — Comment la température du corps humain peut-elle se maintenir constante dans tous les climats? — Que sont les *alcarazas*? — Comment l'eau qui y est contenue se maintient-elle fraîche? — Pourquoi la pluie qui succède à un temps froid adoucit-elle la température? — Pourquoi est-il dangereux de se placer dans un courant d'air quand on est mouillé?

XVI. Nuages; brouillards et pluie; hygromètre.

La vapeur d'eau qui se dégage du sol humide et des masses d'eau qui couvrent la terre, monte sans cesse dans les régions élevées de l'air, où le froid la ramène à l'état d'eau en gouttelettes: c'est une distillation semblable à celle qu'on produirait dans une chambre fermée, sur le sol de laquelle serait une chaudière pleine d'eau et chauffée par un foyer; la vapeur qui sortirait de cette chaudière monterait constamment vers le plafond, et s'y réunirait en gouttes qui tomberaient ensuite sur le sol de la chambre: ici la chaudière est la terre, et le plafond, les régions nuageuses.

Les nuages se tiennent tantôt à moins de mille mètres au-dessus du niveau des mers, tantôt à près de huit mille mètres au-dessus des plus hautes montagnes, tantôt à plus de douze mille mètres. Leur hauteur moyenne est de trois mille mètres.