

## CHAPITRE XI.

## SOURCES DE CHALEUR ET DE FROID.

411. **Différentes sources de chaleur.** — Les différentes sources de chaleur sont : 1<sup>o</sup> les *sources mécaniques*, comprenant le frottement, la percussion et la pression; 2<sup>o</sup> les *sources physiques*, savoir : la radiation solaire, la chaleur terrestre, les actions moléculaires, les changements d'état et l'électricité; 3<sup>o</sup> les *sources chimiques*, c'est-à-dire les combinaisons moléculaires, et notamment la combustion. C'est aux sources chimiques que doit être rapportée la *chaleur animale*, dont l'étude est du domaine de la physiologie.

*Sources mécaniques.*

412. **Chaleur due au frottement.** — Le frottement de deux corps l'un contre l'autre développe une quantité de chaleur d'autant plus grande, que la pression est plus forte et le mouvement plus rapide. Par exemple, souvent les boîtes des roues de voiture, par leur frottement contre l'essieu, s'échauffent jusqu'à prendre feu. H. Davy a fondu, en partie, deux morceaux de glace en les frottant l'un contre l'autre, dans une atmosphère au-dessous de zéro. En forant, sous l'eau, une masse de bronze, Rumford a trouvé que pour obtenir 250 grammes de limaille, la chaleur développée par le frottement est capable d'élever 25 kilogrammes d'eau de zéro à 100 degrés, ce qui représente 2500 calories (352). A l'Exposition universelle de 1855, MM. Baumont et Mayer avaient exposé un appareil à l'aide duquel ils élevaient, en quelques heures, 400 litres d'eau, de 10 à 130 degrés, par le frottement d'un cône de bois recouvert de chanvre, et tournant, avec une vitesse de 400 tours par minute, dans un cône de cuivre creux, qui était fixe et plongé dans l'eau d'une chaudière hermétiquement fermée. Les surfaces frottées étaient constamment graissées d'huile.

Dans le briquet à pierre, c'est par l'effet du frottement de l'acier contre le silex que les parcelles métalliques qui se détachent s'échauffent jusqu'à prendre feu dans l'air.

On attribue la chaleur dégagée par le frottement à un mouvement vibratoire que prennent les molécules des corps.

413. **Chaleur due à la pression et à la percussion.** — Si l'on comprime un corps de manière à augmenter sa densité, sa température s'élève d'autant plus, que la diminution de volume est plus grande. Peu sensible dans les liquides, ce phénomène l'est davantage dans les solides; mais dans les gaz, qui sont extrêmement compressibles, le dégagement de chaleur est considérable.

On démontre le vif dégagement de chaleur qui se produit dans les gaz comprimés au moyen du *briquet à air*. Cet instrument se compose d'un tube de verre à paroi épaisse, dans lequel est un piston de cuir fermant hermétiquement (fig. 277). A la base de ce piston est une cavité dans laquelle on place un petit morceau d'a-

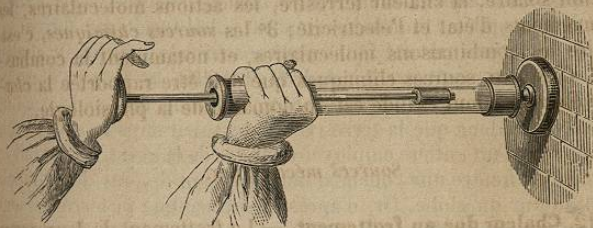


Fig. 277 (L = 39).

madou. Le tube étant plein d'air, on enfonce brusquement le piston : l'air comprimé s'échauffe alors jusqu'à enflammer l'amadou, qu'on voit brûler si l'on retire rapidement le piston. L'inflammation de l'amadou dans cette expérience suppose une température d'au moins 300 degrés. Au moment de la compression, il se produit une lumière assez vive, qu'on a d'abord attribuée à la haute température à laquelle l'air est porté; mais on a reconnu qu'elle est due uniquement à la combustion de l'huile qui graisse le piston.

C'est par l'élévation de température qu'elle fait naître que la pression suffit pour déterminer la combinaison, et, par suite, la détonation d'un mélange d'oxygène et d'hydrogène.

La chaleur dégagée par la compression s'explique par le rapprochement des molécules, qui fait passer une certaine portion de chaleur latente à l'état de chaleur sensible.

La percussion est aussi une source de chaleur, ainsi qu'on le constate en battant sur une enclume un métal malléable. La chaleur alors dégagée n'est pas due seulement au rapprochement des molécules, elle résulte aussi d'un mouvement vibratoire; car le plomb, qui n'augmente pas de densité par la percussion, ne laisse pas que de s'échauffer.

## Sources physiques.

414. **Radiation solaire.** — De toutes les sources de chaleur, la plus intense est le soleil. On ignore la cause de la chaleur émise par cet astre, que les uns ont regardé comme une masse embrasée, éprouvant d'immenses éruptions, et que d'autres ont considéré comme étant composé de couches réagissant chimiquement les unes sur les autres, à la manière des couples de la pile voltaïque, et donnant ainsi naissance à des courants électriques auxquels seraient dues la lumière et la chaleur solaires. Dans l'une et l'autre hypothèse, l'incandescence du soleil aurait son terme.

Des tentatives ont été faites pour mesurer la quantité de chaleur émise annuellement par le soleil. M. Pouillet, au moyen d'un appareil qu'il a nommé *pyrhéliomètre*, a estimé que si la quantité totale de chaleur que la terre reçoit du soleil dans le cours d'une année était tout entière employée à fondre de la glace, elle serait capable d'en fondre une couche d'une épaisseur de près de 31 mètres tout autour du globe. Or, d'après la surface que la terre présente au rayonnement du soleil, et d'après la distance qui l'en sépare, elle ne reçoit que  $\frac{1}{2381000000}$  de la chaleur émise par cet astre.

415. **Chaleur terrestre.** — Le globe terrestre possède une chaleur propre qu'on désigne sous le nom de *chaleur centrale*. En effet, à une profondeur peu considérable, mais qui varie suivant les pays, on rencontre une couche dont la température reste constante dans toutes les saisons; d'où l'on conclut que la chaleur solaire ne pénètre, au-dessous du sol, qu'à une profondeur déterminée. Puis, au-dessous de cette couche, qu'on désigne sous le nom de *couche invariable*, on observe que la température augmente, en moyenne, d'un degré, à mesure qu'on s'enfonce de 30 à 40 mètres. Cette loi de l'accroissement de la température du sol a été vérifiée, à de grandes profondeurs, dans les mines et dans les puits artésiens. En l'étendant jusqu'à une profondeur de 3500 mètres, c'est-à-dire à un peu moins d'une lieue métrique, la température de la couche correspondante serait déjà de 100 degrés. Les eaux thermales et les volcans confirment l'existence de la chaleur centrale.

La profondeur à laquelle se trouve la couche invariable n'est pas la même sur différents points du globe: à Paris, elle est de 27 mètres, et, à cette profondeur, la température est constamment de 11°,8.

Diverses hypothèses ont été faites pour expliquer la chaleur cen-

trale. La plus généralement admise par les physiciens et les géologues est celle que la terre a été primitivement à l'état liquide par l'effet d'une température élevée, et que, par le rayonnement, la surface terrestre s'est solidifiée peu à peu, de manière à former une écorce solide qui, actuellement même, n'aurait pas plus de 60 kilomètres d'épaisseur, la masse centrale étant encore à l'état liquide. Quant au refroidissement, il ne peut plus être qu'extrêmement lent, en raison de la faible conductibilité des couches terrestres. C'est par la même cause que la chaleur centrale ne paraît pas élever la température de la surface du sol de plus de  $\frac{1}{36}$  de degré.

416. **Chaleur dégagée par l'imbibition et par l'absorption.** — Les phénomènes moléculaires, comme l'imbibition (122), l'absorption, les actions capillaires, sont, en général, accompagnés d'un dégagement de chaleur. M. Pouillet a trouvé que toutes les fois qu'un liquide est versé sur un solide très-divisé, il y a une élévation de température qui varie selon la nature des substances. Avec les matières inorganiques, comme les métaux, les oxydes, les terres, l'élévation de température est de 2 à 3 dixièmes de degré; mais avec les matières organiques, comme les éponges, la farine, l'amidon, les racines, les membranes desséchées, l'accroissement de température varie de 1 à 10 degrés.

L'absorption des gaz par les corps solides présente le même phénomène. M. Doberiner a trouvé que, si l'on place dans l'oxygène du platine très-divisé, comme on l'obtient à l'état de précipité chimique, sous le nom de *noir de platine*, ce métal absorbe plusieurs centaines de fois son volume d'oxygène, et la température s'élève alors assez pour donner naissance à des combustions très-intenses. L'éponge, ou *mousse de platine*, qui s'obtient en précipitant le chlorure de platine par le sel ammoniac, produit le même effet. Un jet d'hydrogène dirigé dessus prend feu par le dégagement de chaleur dû à l'absorption.

C'est sur ce principe qu'est fondé le *briquet à mousse de platine*. Cet appareil se compose de deux vases de verre (fig. 278); le premier, A, pénètre dans le vase inférieur B, au moyen d'une tubulure usée à l'émeri qui le ferme hermétiquement. Au bout de cette

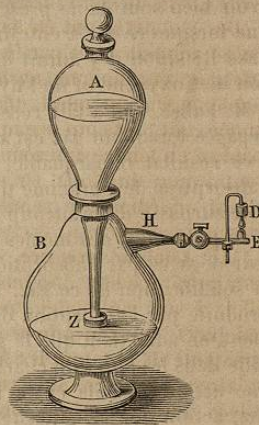


Fig. 278.

tubulure est une masse de zinc Z plongeant dans de l'eau chargée d'acide sulfurique. La réaction de l'eau, de l'acide et du métal produit un dégagement d'hydrogène qui, ne trouvant d'abord aucune issue, refoule l'eau du vase B dans le vase A, jusqu'à ce que le zinc ne plongeant plus, la réaction s'arrête. Le bouchon du vase supérieur est usé latéralement de manière à en laisser sortir l'air à mesure que l'eau s'élève. Une tubulure de cuivre H, fixée sur le côté du vase B, porte un petit cône E percé d'un orifice au-dessus duquel, dans une capsule D, est une éponge de platine.

Par suite, dès qu'on ouvre le robinet qui ferme le tube de cuivre, l'hydrogène se dégage et s'enflamme au contact du platine. Il faut avoir bien soin de ne présenter le platine au courant d'hydrogène que lorsque ce gaz a entraîné tout l'air qui peut se trouver dans le vase B; sinon il y aurait une vive détonation due à la combinaison de l'oxygène et de l'hydrogène contenus dans ce vase.

M. Fabre, qui a fait récemment des recherches sur la chaleur dégagée lorsqu'un gaz est absorbé par le charbon (123), est arrivé à ce résultat remarquable, que la chaleur maximum dégagée par l'absorption de 1 gramme d'acide sulfureux ou de protoxyde d'azote surpasse de beaucoup la chaleur qui résulte de la liquéfaction d'un poids égal des mêmes gaz; pour l'acide carbonique, la chaleur dégagée par l'absorption dépasse même celle qui le serait par la solidification de ce gaz. D'où l'on doit conclure que la chaleur produite par l'absorption des gaz ne peut s'expliquer complètement, en admettant que le gaz absorbé se liquéfie et même se solidifie dans les pores du charbon; mais qu'il faut admettre, en outre, une action spéciale entre les molécules du charbon et celles du gaz, action que M. Mitscherlich a désignée sous le nom d'*affinité capillaire*.

La chaleur produite dans les changements d'état a déjà été traitée aux articles *Solidification* et *Liquéfaction* (302 et 330); quant à la chaleur développée par l'électricité, cette question trouvera sa place dans la théorie des phénomènes électriques.

#### *Sources chimiques.*

417. **Combinaisons chimiques, combustion.** — Les combinaisons chimiques sont généralement accompagnées d'un dégagement de chaleur plus ou moins abondant. Quand elles s'opèrent lentement, comme lorsque le fer s'oxyde à l'air, la chaleur dégagée est insensible; mais si elles se produisent vivement, le dégagement de chaleur est très-intense, et il y a alors *combustion*.

On nomme ainsi toute combinaison chimique qui se fait avec dégagement de chaleur et de lumière. Dans les combustions que nous présentent les foyers, les lampes, les bougies, c'est le carbone et l'hydrogène du bois, de l'huile, de la cire, qui se combinent avec l'oxygène de l'air. Mais il se produit des combustions dans lesquelles l'oxygène ne joue aucun rôle. Par exemple, si, dans un flacon plein de chlore, on projette de l'antimoine très-divisé, ou des fragments de phosphore, ces corps s'unissent au chlore avec un vif dégagement de chaleur et de lumière.

Plusieurs combustibles brûlent avec flamme. Une *flamme* n'est autre chose qu'un gaz ou une vapeur portés à une haute température par l'effet de la combustion. Son pouvoir éclairant varie avec les produits qui se forment pendant la combustion. La présence d'un corps solide dans une flamme en augmente le pouvoir éclairant. Les flammes d'hydrogène, d'oxyde de carbone, d'alcool, sont pâles, parce qu'elles ne renferment que des produits gazeux. Mais les flammes des bougies, des lampes, du gaz d'éclairage, ont un grand pouvoir éclairant, parce qu'elles contiennent un excès de carbone qui, n'éprouvant qu'une combustion incomplète, devient incandescent dans la flamme. On donne une intensité beaucoup plus grande à une flamme en y plaçant des fils de platine ou de l'amiante. Il est à observer que la température d'une flamme n'est pas en rapport avec son pouvoir éclairant. La flamme d'hydrogène, qui est la plus pâle, est celle qui dégage le plus de chaleur.

418. **Chaleur dégagée pendant la combustion.** — Plusieurs physiciens, et particulièrement Lavoisier, Rumford, M. Despretz, Dulong, M. Hess, MM. Fabre et Silbermann, se sont occupés de rechercher la quantité de chaleur dégagée par les différents corps, pendant la combustion et pendant les combinaisons.

Pour ces expériences, Lavoisier s'est servi du calorimètre de glace qui a été décrit précédemment (357). Rumford a fait usage d'un calorimètre connu sous son nom, et qui consiste en une cuve rectangulaire de cuivre, remplie d'eau. Dans cette cuve est un serpentín qui traverse le fond de la caisse, et se termine, en dessous, en forme d'entonnoir renversé. C'est sous cet entonnoir qu'on fait brûler le corps sur lequel on veut expérimenter. Les produits de la combustion, en se dégageant dans le serpentín, échauffent l'eau de la caisse, et, d'après l'élévation de température, on apprécie ensuite le calorique dégagé. M. Despretz et Dulong ont successivement modifié le calorimètre de Rumford, en faisant brûler les corps, non plus au-dessous de la cuve qui contient l'eau à échauffer, mais dans une chambre à combustion

placée au sein même du liquide; l'oxygène nécessaire à la combustion arrivait par un tube à la partie inférieure de la chambre, et les produits de la combustion se dégageaient par un autre tube placé à la partie supérieure, et contourné en serpentin dans la masse du liquide qu'on voulait échauffer. Enfin, c'est surtout par MM. Fabre et Silbermann que le calorimètre a été habilement perfectionné, de manière à faire éviter le plus possible les causes d'erreur, et à pouvoir déterminer non-seulement la quantité de chaleur dégagée dans la combustion, mais aussi dans les autres actions chimiques.

En prenant pour unité de chaleur la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1 degré la température de 1 kilogramme d'eau, Dulong a trouvé que 1 kilogramme des substances suivantes dégage, en brûlant, les nombres d'unités compris dans ce tableau :

Hydrogène. . . . .	34600	Houille moyenne. . . . .	7600
Hydrogène protocarboné. . . . .	13205	Carbone pur . . . . .	7205
— bicarboné. . . . .	12032	Alcool à 42° de Baumé. . . . .	6855
Essence de térébenthine . . . . .	10836	Bois très-sec . . . . .	3652
Huile d'olive. . . . .	9862	Soufre. . . . .	2601

Les nombres trouvés antérieurement par d'autres physiciens différaient quelquefois beaucoup de ceux obtenus par Dulong, surtout pour le carbone, mais aujourd'hui la concordance très-approchée entre les résultats trouvés par MM. Fabre et Silbermann et ceux de Dulong montre l'exactitude des nombres obtenus par ce physicien.

Les expériences de Dulong, de M. Despretz et de M. Hess conduisent à ce principe, qu'un corps qui brûle produit toujours la même quantité de chaleur pour arriver au même degré d'oxydation, soit qu'il l'atteigne immédiatement, soit qu'il n'y arrive que progressivement. Par exemple, un gramme de carbone qui se transforme directement en acide carbonique dégage la même quantité de chaleur que s'il s'était d'abord transformé en oxyde de carbone, puis celui-ci en acide carbonique.

## CHAUFFAGE.

419. **Différentes sortes de chauffage.** — Le *chauffage*, est un art qui a pour objet d'utiliser, dans l'économie domestique et dans l'industrie, les sources de chaleur que nous offre la nature.

La source de chaleur principalement en usage jusqu'à nos jours est la combustion du bois, du charbon, de la houille, du coke, de la tourbe et de l'anthracite.

D'après les appareils qui servent à la combustion, on peut distinguer cinq sortes de chauffage : 1° le chauffage à foyer extérieur, comme les cheminées; 2° le chauffage à foyer intérieur, comme les poêles; 3° le chauffage par l'air chaud; 4° le chauffage par la vapeur; 5° le chauffage par circulation d'eau chaude. Nous allons successivement faire connaître ces différents procédés d'une manière très-succincte.

420. **Cheminées.** — On sait que les *cheminées* sont des foyers ouverts, adossés à un mur, et surmontés d'un tuyau par lequel se dégagent les produits de la combustion. Leur invention paraît dater du premier siècle de l'ère chrétienne. Dans les temps plus reculés, le foyer était placé au milieu de la pièce à chauffer, et la fumée s'échappait par une ouverture pratiquée sur le comble des habitations. C'est pourquoi Vitruve défend d'enrichir d'ouvrages somptueux les appartements d'hiver, afin qu'ils ne soient pas endommagés par la fumée et par la suie.

Les premières cheminées, quoique placées contre les murs, n'étaient pas entourées de chambranles, mais seulement surmontées d'une *hotte* qui donnait dégagement à la fumée. Ce n'est que dans les temps modernes qu'on a donné aux cheminées la forme qu'elles ont aujourd'hui. Ce sont des physiciens qui les ont successivement perfectionnées, et particulièrement Philibert Delorme, Gauger, Franklin et Rumford.

Quelques perfectionnements qu'on ait apportés à la construction des cheminées, elles sont encore le mode de chauffage le plus imparfait et le plus dispendieux, car elles n'utilisent, avec le bois, qu'environ 6 pour 100 de la chaleur totale dégagée par le combustible, et 13 avec le coke et la houille. Cette perte énorme de calorique provient de ce que le courant d'air nécessaire à la combustion entraînant toujours une portion considérable de la chaleur produite, celle-ci va se perdre en grande partie dans l'atmosphère. C'est ce qui avait fait dire à Franklin que si l'on voulait, pour une quantité de combustible donnée, obtenir le moins de chaleur possible, il faudrait adopter les cheminées. Néanmoins elles sont et seront toujours le mode de chauffage le plus agréable et le plus sain, par la présence du feu et par le renouvellement continu qu'elles entretiennent dans l'air des appartements.

421. **Tirage des cheminées.** — On entend par *tirage* d'une cheminée, un courant de bas en haut qui s'établit dans le tuyau par l'effet de l'ascension des produits de la combustion; quand le courant est rapide et continu, on dit que la cheminée *tire* bien.

Le tirage a pour cause la différence de température à l'intérieur

et à l'extérieur du tuyau; car, en vertu de cette différence, les matières gazeuses qui remplissent le tuyau étant moins denses que l'air de l'appartement, l'équilibre est impossible (166). En effet, le poids de la colonne gazeuse CD (fig. 279), dans le tuyau, étant moindre que celui de la colonne d'air extérieur AB, de même hauteur, il en résulte, de l'extérieur vers l'intérieur, un excès de pression qui refoule les produits de la combustion d'autant plus rapidement, que la différence de poids entre les deux masses gazeuses est plus grande.

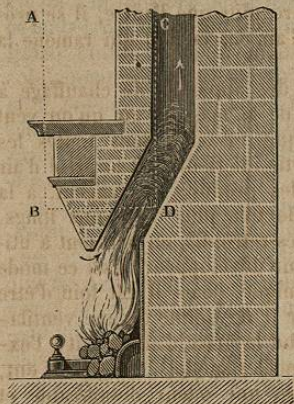


Fig. 279.

On constate très-bien l'existence des courants que font naître dans les gaz les différences de température, au moyen de l'expérience suivante. On ouvre une porte mettant en communication une pièce chauffée avec une qui ne l'est pas, puis on tient, vers le haut de la porte, une bougie allumée; on voit alors la flamme se diriger de la pièce chaude vers la pièce froide. Au contraire, si l'on pose la bougie sur le sol, la flamme se dirige de la pièce froide vers la pièce chaude. Ces deux effets sont dus à un courant d'air chaud qui s'échappe par le haut de la porte, tandis que l'air froid, qui vient le remplacer, arrive par le bas.

Pour avoir un bon tirage, une cheminée doit satisfaire aux conditions suivantes :

1° La section du tuyau doit avoir la dimension strictement nécessaire pour l'écoulement des produits de la combustion; autrement, si cette section est trop grande, il s'établit à la fois des courants ascendants et des courants descendants, et la cheminée fume. Il est bon de placer au sommet du tuyau une buse conique plus étroite que lui, afin que la fumée sorte avec une vitesse suffisante pour résister à l'action du vent.

2° Le tuyau de la cheminée doit être suffisamment élevé, car le tirage ayant pour cause l'excès de la pression extérieure sur la pression intérieure dans le tuyau, cet excès de pression sera d'autant plus grand que la colonne d'air échauffée sera plus haute.

3° L'air extérieur doit pouvoir pénétrer dans l'appartement où

est la cheminée assez rapidement pour répondre à l'appel du foyer. Dans un appartement hermétiquement fermé, le combustible ne brûlerait pas, ou il s'établirait des courants d'air descendants qui rabattraient la fumée dans l'appartement. L'air entre ordinairement en quantité suffisante par les joints des portes et des croisées.

4° On doit toujours éviter de faire communiquer entre eux deux tuyaux de cheminée, car si l'un tire plus que l'autre, il se produit, dans ce dernier, un courant d'air descendant qui ramène la fumée.

422. **Poêles.** — Les *poêles* sont des appareils de chauffage à foyer isolé, placés au milieu même de la masse d'air qu'on veut échauffer, en sorte que le calorique rayonne dans toutes les directions autour du foyer. A la partie inférieure est la prise d'air nécessaire à la combustion, dont les produits se dégagent, à la partie supérieure, par des tuyaux de tôle plus ou moins longs. Ces produits gazeux sortant ainsi très-refroidis, on parvient à utiliser la presque totalité de la chaleur développée; aussi ce mode de chauffage est-il le plus économique, mais il est loin d'être aussi salubre que les cheminées, car il ne donne qu'une ventilation très-faible, et même nulle, quand la prise d'air se fait à l'extérieur, comme cela a lieu dans les poêles suédois. Les poêles ont, en outre, l'inconvénient de répandre une odeur désagréable et nuisible, surtout lorsqu'ils sont de fonte ou de tôle, ce qui doit probablement être attribué à la décomposition des matières organiques qui sont dans l'air par leur contact avec les parois chaudes des tuyaux.

Avec les poêles de métal noirci, qui ont un grand pouvoir émissif, le chauffage est plus rapide; mais ces poêles se refroidissent très-vite. Les poêles de faïence blanche et polie, dont le pouvoir émissif est faible, donnent un chauffage plus lent, mais plus prolongé et plus doux.

423. **Chauffage par la vapeur.** — La propriété qu'ont les vapeurs de restituer leur calorique de vaporisation, lorsqu'elles se condensent, a été utilisée pour le chauffage des bains, des ateliers, des édifices publics, des serres, des étuves. Pour cela, on produit la vapeur dans des chaudières analogues à celle qui a été décrite à l'article *Générateur de vapeur* (fig. 270); puis on la fait circuler dans des tuyaux placés dans le lieu qu'il s'agit de chauffer. La vapeur se condense dans ces tuyaux et leur cède tout son calorique latent, qui devient libre au moment de la condensation. Ce calorique se transmet ensuite à l'air extérieur ou au liquide dans lequel sont placés les tuyaux de conduite.

424. **Chauffage à air chaud.** — Le chauffage à air chaud consiste à chauffer de l'air dans la partie inférieure d'un édifice, et à le laisser ensuite s'élever jusqu'aux étages supérieurs, en vertu de sa moindre densité, dans des tuyaux de conduite placés dans les murs. L'appareil est disposé comme le montre la figure 280. Un fourneau F, établi dans les caves, contient, à la suite les uns

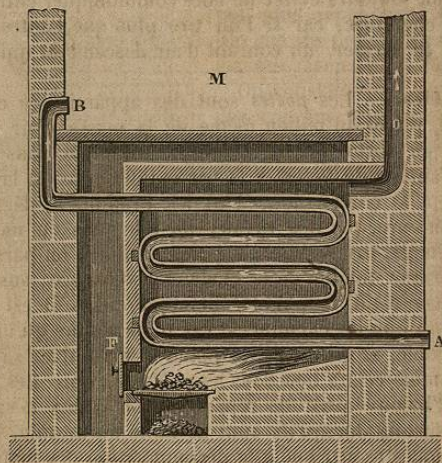


Fig. 280.

des autres, un système de tubes recourbés AB, dont un seul est visible dans le dessin. C'est par l'orifice inférieur A, qui est la prise d'air, que l'air extérieur pénètre dans le tube; là il s'échauffe, et s'élevant dans le sens des flèches, il pénètre dans les appartements M par l'orifice supérieur B, qu'on nomme *bouche de chaleur*. Dans les différents étages, chaque pièce a ainsi une ou plusieurs bouches de chaleur, qui se placent le plus bas possible, l'air chaud tendant toujours à monter.

Le conduit O est un tuyau de cheminée ordinaire par lequel se dégagent du fourneau les produits de la combustion.

Ces appareils, connus sous le nom de *calorifères*, sont beaucoup plus économiques que les cheminées, mais ils ne peuvent ventiler aussi bien l'air des appartements, et, par conséquent, sont moins salubres.

425. **Chauffage par circulation d'eau chaude.** — Le chauffage par circulation d'eau chaude consiste en un mouvement circula-

toire continu d'eau qui, après s'être échauffée dans une chaudière, s'élève dans une série de tubes; puis, après s'être refroidie, revient à la chaudière par une série semblable.

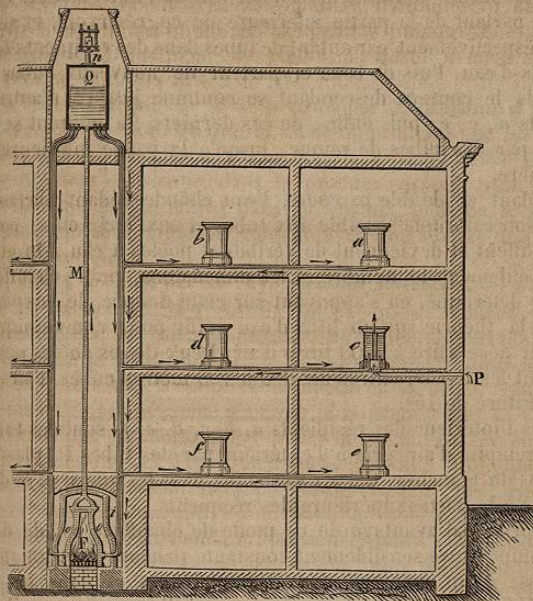


Fig. 281.

Le premier appareil propre à ce genre de chauffage fut inventé par Bonnemain, en France, vers la fin du siècle dernier; mais c'est M. Léon Duvoir qui a donné à ces appareils la forme qu'ils ont aujourd'hui. La figure 281 représente la disposition adoptée par cet ingénieur pour chauffer un édifice de plusieurs étages. L'appareil de chauffage, qui est dans les caves, consiste en une chaudière oo, en forme de cloche, et à foyer intérieur F. A la partie supérieure de la chaudière est fixé un long tube M, qui se rend à un réservoir Q, placé dans les combles de l'édifice qu'on veut chauffer. Ce réservoir porte, à sa partie supérieure, une tubulure n fermée par une soupape s qu'on charge plus ou moins, de manière à limiter la tension de la vapeur dans l'intérieur de l'appareil.

La chaudière et le tube M étant remplis d'eau, ainsi qu'une

partie du réservoir Q, à mesure que l'eau s'échauffe dans la chaudière, il se produit, dans le tube M, un courant ascendant d'eau chaude jusqu'au réservoir Q, tandis qu'en même temps s'établissent des courants descendants d'eau moins chaude et plus dense, partant de la partie inférieure de ce réservoir, et se rendant respectivement par autant de tubes dans des récipients *b, d, f*, remplis d'eau. Puis de ceux-ci partent de nouveaux tubes dans lesquels le courant descendant se continue jusqu'à d'autres récipients *a, c, e*; puis enfin, de ces derniers, le courant se continue, par des tubes de retour, jusqu'à la partie inférieure de la chaudière.

Pendant ce double parcours, l'eau chaude cédant successivement son calorique sensible aux tubes et aux récipients, ceux-ci s'échauffent et deviennent de véritables poêles à eau. On en calcule facilement le nombre et les dimensions, pour chauffer un espace déterminé, en s'appuyant sur cette donnée de l'expérience et de la théorie, qu'un litre d'eau suffit pour communiquer la chaleur nécessaire à 3200 litres d'air. Deux de ces poêles peuvent, pendant les froids, entretenir 600 à 700 mètres cubes d'air à une température de 15°.

Dans l'intérieur des récipients *a, b, c, d, e, f*, sont des tubes de fonte remplis d'air pris à l'extérieur par des tubes P, placés au-dessous du plancher. Cet air s'échauffe dans les tubes, et se dégage ensuite à la partie supérieure des récipients.

Le principal avantage de ce mode de chauffage est de donner une température sensiblement constante pendant fort longtemps, la masse d'eau contenue dans les récipients et dans les tubes ne se refroidissant que lentement; aussi l'usage en est-il très-répandu pour les serres, les étuves, l'incubation artificielle, et, en général, dans tous les cas où l'on a besoin d'une température uniforme.

\* SOURCES DE FROID.

426. **Diverses sources de froid.** — Les causes de froid sont : le passage de l'état solide à l'état liquide par les actions chimiques, l'évaporation, la dilatation des gaz, le rayonnement en général, et particulièrement le rayonnement nocturne. Ayant déjà fait connaître les deux premières causes (306 et 329), nous ne parlerons ici que des deux dernières.

427. **Froid produit par la dilatation des gaz.** — On a vu (413) que par la compression des gaz, une partie de la chaleur latente

devenant libre, la température s'élève; réciproquement, la raréfaction d'un gaz est accompagnée d'un abaissement de température, parce qu'ici une certaine quantité de chaleur libre devient latente. Pour le démontrer, on place le thermomètre de Bréguet (267) sous le récipient de la machine pneumatique, et l'on fait le vide; à chaque coup de piston, l'aiguille avance vers le zéro, puis revient aussitôt.

On a remarqué que le froid produit par la dilatation d'un gaz est généralement moindre que la chaleur produite par sa compression; ce qui s'explique parce que la chaleur cédée par les parois du corps de pompe, dans le premier cas, est plus grande que celle qu'elles absorbent dans le second, puisque le piston, en se retirant, met le gaz en contact avec une surface de plus en plus grande.

428. **Froid produit par le rayonnement nocturne.** — Pendant le jour, la surface du sol reçoit du soleil plus de chaleur qu'elle n'en émet vers les espaces célestes, et la température s'élève. C'est l'inverse pendant la nuit : la chaleur que perd alors la terre par le rayonnement n'est plus compensée, et de là résulte un abaissement de température d'autant plus grand, que le ciel est moins nuageux; car, lorsqu'il y a des nuages, ceux-ci émettent vers le sol des rayons d'une intensité bien moins faible que celle des rayons venant des espaces célestes. On observe, en effet, dans certains hivers, que les rivières ne gèlent pas, quoique le thermomètre soit pendant plusieurs jours au-dessous de - 4 degrés, le ciel étant couvert; tandis que, dans d'autres hivers moins rigoureux, les rivières gèlent lorsque le ciel est serein. Le pouvoir émissif (385) a aussi une grande influence sur le refroidissement produit par le rayonnement nocturne : plus ce pouvoir est grand, plus le refroidissement est considérable.

On verra, dans la MÉTÉOROLOGIE, que c'est le refroidissement dû au rayonnement nocturne qui est la cause du phénomène de la rosée.

Au Bengale, le refroidissement nocturne est utilisé pour obtenir artificiellement de la glace. A cet effet, pendant les nuits sereines, on expose sur le sol, en ayant soin de les isoler sur des substances non conductrices, comme de la paille ou des feuilles sèches, de grands vases plats, remplis d'eau. Là, par l'effet du rayonnement nocturne, ces vases se refroidissent assez pour que l'eau se congèle, même quand l'air est à 10 degrés au-dessus de zéro. Le même procédé peut évidemment être employé avec succès partout où le ciel est serein.

226  
165  
821h