

ment résultant de celui de la membrane et de celui que prend le style dans le sens latéral.

La figure 184 montre le tracé d'un ton simple chanté, renforcé par son octave supérieure, représentée par la courbe de moindre amplitude.

La figure 185 donne le son de deux tuyaux sonores à l'octave.

La figure 186, dans sa ligne inférieure, représente le roulement de la lettre R grassyée; et la figure 187, aussi dans sa ligne inférieure, correspond au bruit que fait entendre une plaque de fer-blanc qu'on frappe avec le doigt.



Fig. 184.



Fig. 185.



Fig. 186.

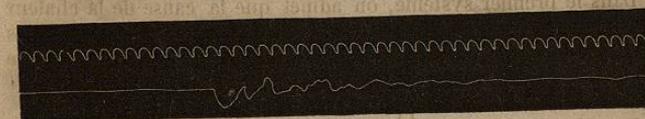


Fig. 187.

Quant aux lignes supérieures des figures 186 et 187, elles sont identiques toutes les deux, et représentent les vibrations parfaitement isochrones tracées par un diapason placé près de l'ellipsoïde. Ce diapason, dont une des branches porte un style très-léger, fait 500 vibrations doubles par seconde; en sorte que chaque ondulation de la ligne sinuieuse supérieure correspond à  $\frac{1}{500}$  de seconde. D'où l'on voit que la courbe sinuieuse tracée par le diapason devient un chronomètre mesurant avec une grande précision des intervalles de temps extrêmement petits, de même que dans l'appareil de Duhamel (211). Par exemple, dans la figure 186, chacun des chocs isolés produisant le roulement de la lettre R grassyée correspond à 18 vibrations doubles du diapason, et a, par conséquent, une durée de  $\frac{18}{500}$  de seconde, ou environ  $\frac{1}{28}$ .

Les différentes courbes une fois tracées, il reste à les fixer sur le papier au noir de fumée. Pour cela, M. Scott trempe ses épreuves d'abord dans un bain d'alcool pur; puis, quand elles sont séchées, dans un second bain d'alcool tenant en dissolution une résine, de la sandaraque, par exemple. Le noir de fumée est alors parfaitement fixé.

## LIVRE VI

## DU CALORIQUE.

## CHAPITRE PREMIER.

## NOTIONS PRÉLIMINAIRES; THERMOMÈTRES.

250. **Calorique, hypothèses sur sa nature.** — On donne le nom de *calorique* à l'agent qui fait naître en nous la sensation de la chaleur. Mais cet agent exerce aussi une action sur les corps inertes; c'est lui qui fait fondre la glace, bouillir l'eau, rougir le fer.

De nombreuses opinions ont été émises sur la cause de la chaleur. Deux seulement règnent encore dans la science : le *système de l'émission*, et celui des *ondulations*.

Dans le premier système, on admet que la cause de la chaleur est un fluide matériel, impondérable, qui peut passer d'un corps à un autre, et dont les molécules sont dans un état continuel de répulsion. Ce fluide existerait dans tous les corps, accumulé autour des molécules et s'opposant à leur contact immédiat.

Dans le système des ondulations, on admet que la chaleur est due à un mouvement vibratoire des molécules des corps chauds, lequel mouvement se transmet aux molécules des autres corps par l'intermédiaire d'un fluide éminemment subtil et élastique, qu'on nomme *ether*, et dans lequel il se propage à la manière des ondes sonores dans l'air. Les corps les plus chauds sont alors ceux dont les vibrations ont une plus grande amplitude et une plus grande rapidité, et l'intensité de la chaleur ne serait autre chose que la résultante des vibrations des molécules. Dans la première hypothèse, les molécules des corps qui se refroidissent perdent du calorique; dans la seconde, elles ne perdent que du mouvement.

Depuis les progrès de la physique moderne, la théorie des ondulations paraît seule admissible. Toutefois, comme celle de l'émission se prête mieux aux démonstrations, on la préfère, en général, pour l'explication des phénomènes de la chaleur.

251. **Effets généraux du calorique.** — L'action générale du calorique sur les corps est de développer entre leurs molécules une force répulsive luttant sans cesse contre l'attraction moléculaire; il en résulte que, sous l'influence de cet agent, les corps tendent d'abord à *se dilater*, c'est-à-dire à prendre un volume plus grand; puis ensuite à *changer d'état*, c'est-à-dire à passer de l'état solide à l'état liquide, ou de l'état liquide à celui de fluide aëriiforme.

Tous les corps se dilatent par l'effet du calorique. Les plus dilatables sont les gaz, après eux les liquides, et ensuite les solides. Dans ces derniers, on distingue la *dilatation linéaire*, c'est-à-dire suivant une seule dimension, et la *dilatation cubique*, c'est-à-dire

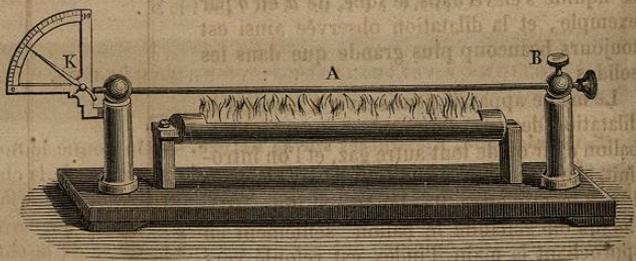


Fig. 188 (l = 50).

en volume. Toutefois ces dilatations n'ont jamais lieu l'une sans l'autre. Dans les liquides et dans les gaz, il n'y a lieu de considérer que des dilatations en volume.

Pour démontrer la dilatation linéaire des métaux, on fait usage de l'appareil représenté dans la figure 188. Une tige métallique A est maintenue fixe à l'une de ses extrémités par une vis de pression B, tandis qu'à l'autre elle est libre et en contact avec le plus petit bras d'une aiguille K, mobile sur un cadran. Au-dessous de la tige est un réservoir cylindrique dans lequel on brûle de l'alcool. L'aiguille K est d'abord au zéro du cadran; mais à mesure que la tige A s'échauffe, on voit l'aiguille monter, ce qui rend sensible l'allongement de la tige.

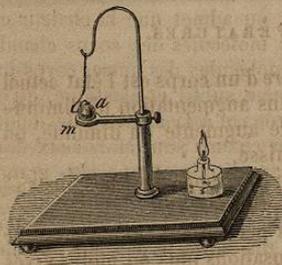


Fig. 189.

La dilatation cubique des solides se démontre au moyen de l'*anneau de Gravesande*. On nomme ainsi un petit anneau métallique m (fig. 189) dans lequel passe librement, à la température ordinaire,

une boule de cuivre rouge a, ayant à peu près le même diamètre que lui. Mais lorsque cette boule a été chauffée à la flamme d'une lampe à alcool, elle ne peut plus passer à travers l'anneau, ce qui démontre l'accroissement de volume.

Pour constater la dilatation des liquides, on soude à un petit ballon de verre un tube capillaire (fig. 190). Le ballon et une partie du tube étant remplis d'un liquide quelconque, on remarque qu'aussitôt qu'on l'échauffe, ce liquide s'élève dans le tube, de a en b par exemple, et la dilatation observée ainsi est toujours beaucoup plus grande que dans les solides.

Le même appareil peut servir à montrer la dilatation des gaz. Pour cela, on remplit le ballon d'air ou de tout autre gaz, et l'on introduit, dans le tube, un index de mercure de 1 à 2 centimètres de longueur (fig. 191). Lorsqu'on échauffe le ballon, seulement en approchant la main, l'index est refoulé vers l'extrémité du tube, et finit par en être expulsé; d'où l'on conclut que, même pour un faible accroissement de chaleur, les gaz sont très-dilatables.

Dans ces diverses expériences, dès que les corps se refroidissent, ils se contractent, et lorsque la chaleur est revenue au même degré, ils reprennent exactement leur volume primitif.



Fig. 190. Fig. 191.

#### MESURE DES TEMPÉRATURES.

252. **Température.** — La température d'un corps est l'état actuel du calorique sensible dans ce corps, sans augmentation ni diminution. Si la quantité de chaleur sensible augmente ou diminue, on dit que la température s'élève ou s'abaisse.

253. **Thermomètres.** — On appelle *thermomètres*, des instruments qui servent à mesurer les températures.

L'imperfection de nos sens ne nous permettant pas de mesurer la température des corps d'après les sensations plus ou moins vives de chaleur ou de froid qu'ils excitent en nous, on a dû recourir aux effets physiques que le calorique produit sur les corps. Ces effets sont de plusieurs sortes. On a adopté les dilatations et les contractions comme étant les plus simples à observer. Mais la chaleur donne aussi naissance, dans les corps, à des phénomènes

électriques au moyen desquels on peut mesurer les températures. Nous décrirons plus tard un thermomètre extrêmement sensible, fondé sur ce principe.

Les solides étant très-peu dilatables, les corps dont on utilise la dilatation dans les thermomètres sont généralement les liquides. Cependant, les physiiciens font aussi usage de la dilatation des gaz dans un instrument connu sous le nom de *thermomètre à air*, et que nous décrirons après avoir fait connaître la dilatation des gaz (294). Pour le moment, il ne sera question que des thermomètres à liquides. Ceux de ces corps exclusivement employés sont le mercure et l'alcool : le premier parce qu'il est de tous les liquides celui qui se dilate le plus régulièrement, parce qu'il n'entre en ébullition qu'à une température très-élevée, et enfin parce qu'il se met plus promptement que les autres thermomètres en équilibre de température avec les corps ambiants, le mercure étant bien meilleur conducteur de la chaleur que les autres liquides. Quant au thermomètre à alcool, son usage est fondé sur ce que ce liquide ne se congèle pas par les plus grands froids connus.

L'invention des thermomètres date de la fin du *xvi<sup>e</sup>* siècle. Elle est attribuée, par les uns, à Galilée; par les autres, à Drebbel, médecin hollandais, ou à Sanctorius, médecin vénitien.

Le thermomètre à mercure est celui dont l'usage est le plus répandu. Il se compose d'un tube capillaire, de verre ou de cristal, soudé à un réservoir cylindrique ou sphérique de même matière. Le réservoir et une partie de la tige sont remplis de mercure, et une échelle, graduée sur le tube même, ou sur une règle qui lui est parallèle, fait connaître la dilatation du liquide (fig. 196, page 236.)

Outre la soudure de la tige au réservoir, laquelle se fait au moyen de la lampe d'émailleur, la construction d'un thermomètre comprend trois opérations : la division du tube en parties d'égale capacité, l'introduction du mercure dans le réservoir, et la graduation.

254. **Division du tube en parties d'égale capacité.** — Les indications du thermomètre n'étant exactes qu'autant que les divisions de l'échelle placée sur le tube correspondent à des dilatations égales du mercure qui est dans le réservoir, il importe que l'échelle soit graduée de manière à indiquer des capacités égales dans l'intérieur du tube. Si celui-ci était parfaitement cylindrique et d'un diamètre constant, il suffirait, pour obtenir des capacités égales, de diviser la longueur du tube en parties égales. Mais le diamètre des tubes de verre étant, en général, plus fort à une extrémité qu'à l'autre, il en résulte que des capacités égales du tube sont représentées, sur l'échelle, par des longueurs inégales. Ce sont ces dernières qu'il s'agit de déterminer.

Pour cela, avant que le tube soit soudé au réservoir, on y introduit une colonne de mercure de 2 à 3 centimètres, qu'on a soin de maintenir à la même température, et qu'on promène dans le tube de manière qu'à chaque déplacement la colonne avance juste d'une quantité égale à sa longueur; c'est-à-dire qu'une des extrémités de la colonne vient successivement prendre la place de l'autre. Une règle divisée en millimètres, sur laquelle, à chaque déplacement, est appliqué le tube, permet d'évaluer, à un dixième de millimètre près, la longueur occupée par la colonne de mercure. S'il arrive que cette longueur demeure invariable, c'est un signe que la capacité du tube est partout la même; mais si elle varie, et va, par exemple, en décroissant, cela montre que le diamètre intérieur du tube augmente. Si l'on observe ainsi que la colonne de mercure éprouve des variations de longueur de plusieurs millimètres, on rejette le tube, et l'on en cherche un plus régulier. Mais si ces variations sont peu sensibles, on colle le long du tube une bande de papier, et l'on marque un trait, au crayon, en regard des points occupés successivement par les extrémités de la colonne de mercure.

Les divisions ainsi formées indiquent nécessairement des capacités égales, puisqu'elles correspondent à un même volume de mercure. Or, les intervalles de ces divisions étant assez rapprochés pour qu'on puisse regarder le diamètre du tube comme constant dans chacune d'elles, on passe à des divisions plus petites, en partageant les premières en un certain nombre de parties égales; ce qui s'obtient au moyen de la vis micrométrique (13).

On verra bientôt comment, à l'aide de ces divisions, on obtient une graduation exacte de l'échelle.

255. **Remplissage du thermomètre.** — Pour introduire le mercure dans le thermomètre, on soude, à l'extrémité supérieure de la tige, un entonnoir C (fig. 192), qu'on remplit de mercure; puis, inclinant un peu le tube, on dilate l'air qui est dans le réservoir, en chauffant celui-ci avec une lampe à alcool, ou en le plaçant sur une grille inclinée, puis en l'entourant de charbons incandescents. L'air dilaté sort en partie par l'entonnoir C. Si on laisse alors refroidir le tube et qu'on le tienne dans une position verticale, l'air qui reste se contracte, et la pression atmosphérique force le mercure à passer dans le réservoir D, quelque capillaire que soit le tube. Mais le mercure cesse bientôt de pénétrer dans le réservoir, ce qui arrive lorsque l'air qui s'y trouve encore a pris, par la diminution de volume, une tension capable de faire équilibre au poids de l'atmosphère et à celui de la colonne de mercure qui est dans le tube. Chauffant alors de nouveau et laissant refroidir, il entre une nouvelle quantité de mercure, et ainsi de suite jusqu'à

ce qu'il ne reste plus, dans le réservoir D, qu'un très-petit volume d'air. Pour le chasser, on chauffe alors jusqu'à ce que le mercure qui est dans ce réservoir entre en ébullition. Les vapeurs de mercure, en se dégageant, entraînent avec elles l'air et l'humidité qui se trouvaient encore dans le tube et dans le réservoir.

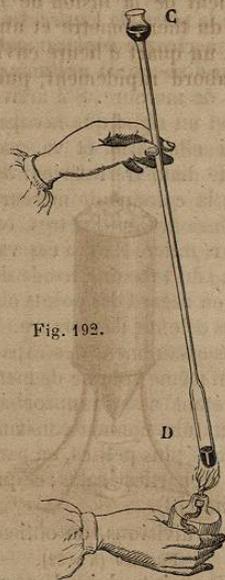


Fig. 192.

Lorsque l'instrument est ainsi rempli de mercure sec et pur, on enlève l'entonnoir C, puis on ferme le tube en soudant l'extrémité à la lampe. Mais on a soin de chauffer auparavant le réservoir D, de manière à chasser la moitié ou les deux tiers du mercure qui est dans le tube; sinon ce liquide ne pourrait se dilater sans briser le thermomètre. La quantité de mercure à expulser du tube est d'autant plus grande, que l'instrument est destiné à mesurer des températures plus élevées. On a soin, en outre, au moment où l'on ferme le tube, de chauffer le réservoir D de manière que le liquide dilaté monte au sommet du tube. De la sorte, il ne reste pas d'air dans le thermomètre, ce qui est nécessaire, sinon l'air comprimé, lorsque le mercure s'élève, pourrait faire éclater le tube.

**256. Graduation du thermomètre, points fixes de son échelle.**— Après avoir

rempli le thermomètre comme il vient d'être dit, il reste à le graduer, c'est-à-dire à tracer sur la tige une échelle qui permette d'apprécier les variations de température. Pour cela, il a fallu se donner, sur cette tige, deux points fixes qui représentassent des températures faciles à reproduire et toujours identiques.

Or, l'expérience a fait connaître que la température de fusion de la glace est invariable, quelle que soit la source de chaleur, et que l'eau distillée, sous la même pression et dans un vase de même matière, entre constamment en ébullition à la même température. En conséquence, on a pris pour premier point fixe, c'est-à-dire pour le zéro de l'échelle, la température de la glace fondante, et pour second point fixe, qu'on représente par 100, la température d'ébullition de l'eau distillée, dans un vase de métal, la pression atmosphérique étant  $0^m,76$ .

La graduation du thermomètre comprend donc trois opérations:

la détermination du zéro, celle du point 100, et le tracé de l'échelle.

**257. Détermination du zéro.**— Pour trouver le zéro, on remplit de glace pilée ou de neige un vase dont le fond est percé d'un trou pour laisser écouler l'eau qui provient de la fusion de la glace (fig. 193). On plonge le réservoir du thermomètre et une partie de la tige dans cette glace, pendant un quart d'heure environ. La colonne de mercure s'abaisse d'abord rapidement, puis elle reste stationnaire. Alors, au point qui correspond au niveau du mercure, on marque un trait au crayon sur une petite bande de papier préalablement collée sur la tige: c'est la place du zéro.

**258. Détermination du point 100.**—

Le second point fixe se détermine au moyen de l'appareil représenté dans les figures 194 et 195: l'une en donne une coupe verticale, l'autre en montre l'ensemble pendant qu'il fonctionne. Dans toutes les deux, les mêmes lettres désignent les mêmes pièces. Tout l'appareil est de cuivre rouge. Une tubulure centrale A, ouverte à ses deux bouts, est fixée sur un vase cylindrique M, contenant de l'eau; une seconde tubulure B, concentrique avec la première, et l'entourant en entier, est fixée sur le même vase M. Cette seconde enveloppe, fermée à ses deux extrémités, est munie de trois tubulures a, E, D: dans la première est un bouchon au centre duquel passe la tige t du thermomètre dont on cherche le point 100; à la seconde est adapté un tube de verre m, contenant du mercure, et destiné à servir de manomètre pour mesurer la tension de la vapeur dans l'appareil; enfin, la troisième tubulure D sert de dégagement à la vapeur et à l'eau résultant de la condensation.

Cela posé, l'appareil étant placé sur un fourneau et chauffé jusqu'à l'ébullition, la vapeur produite dans le vase M s'élève dans le tube A et se rend entre les deux enveloppes, comme le montrent les flèches, jusqu'à la tubulure D, d'où elle se dégage dans l'atmosphère. Le thermomètre t se trouvant ainsi entouré par la vapeur, le mercure qu'il contient se dilate, et lorsqu'il est devenu stationnaire, on marque au point a, où il s'arrête, un trait qui est le point 100 cherché. La deuxième enveloppe B a été ajoutée par

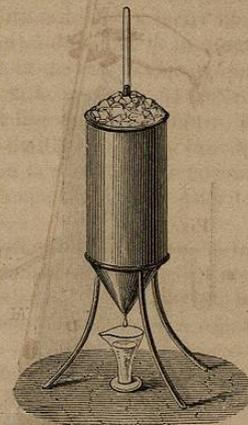


Fig. 193 (h = 32).

M. Regnault à l'appareil que nous venons de décrire, pour éviter le refroidissement de la tubulure centrale par son contact avec l'air.

La détermination du point 100 de l'échelle thermométrique semble exiger que la hauteur du baromètre soit  $0^m,76$  pendant l'expérience; car on verra bientôt que, lorsque cette hauteur est plus grande ou plus petite que  $0^m,76$ , non-seulement la température d'ébullition se trouve portée au-dessus ou au-dessous de

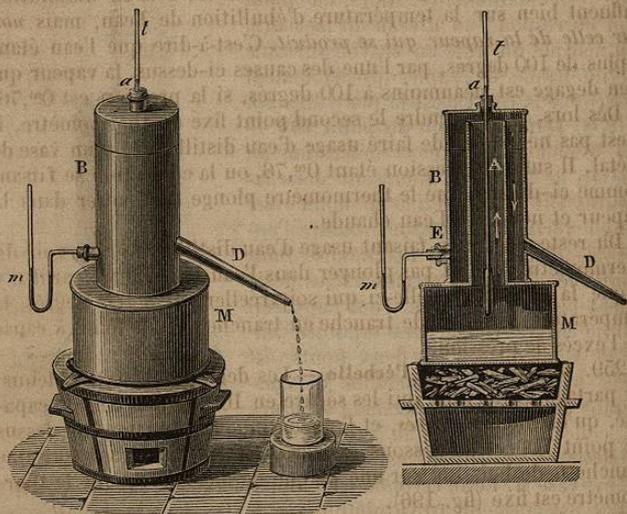


Fig. 194.

Fig. 195.

100 degrés, mais que la température de la vapeur est elle-même augmentée ou diminuée d'une quantité égale. Toutefois on peut obtenir exactement le point 100, quelle que soit la pression atmosphérique, en faisant la correction suivante. L'expérience a fait voir que lorsque, dans le baromètre, le mercure s'élève ou s'abaisse de 27 millimètres, la température d'ébullition monte ou descend d'un degré; c'est-à-dire de  $\frac{1}{27}$  de degré par millimètre. Par conséquent, si la hauteur du baromètre est, par exemple, 766 millimètres au moment où l'on prend le point 100, l'excès de pression au-dessus de 760 étant de 6 millimètres, le nombre de degrés correspondant au sommet de la colonne mercurielle dans le thermomètre n'est pas 100, mais  $100 + \frac{1}{27} \times 6 = 100 + \frac{2}{9}$ .

Gay-Lussac ayant observé que l'eau entre en ébullition à une température un peu plus haute dans un vase de verre que dans un vase de métal, et, de plus, la température d'ébullition étant élevée par les sels que l'eau tient en dissolution, on a admis jusqu'à ces derniers temps que, pour déterminer le point 100 des thermomètres, il fallait faire usage d'un vase de métal et d'eau distillée. Mais ces deux dernières conditions sont inutiles à observer depuis la découverte de M. Rudberg, physicien suédois. Ce savant a reconnu, en effet, que la nature du vase et les sels en dissolution influent bien sur la température d'ébullition de l'eau, mais *non sur celle de la vapeur qui se produit*. C'est-à-dire que l'eau étant à plus de 100 degrés, par l'une des causes ci-dessus, la vapeur qui s'en dégage est néanmoins à 100 degrés, si la pression est  $0^m,76$ .

Dès lors, pour prendre le second point fixe du thermomètre, il n'est pas nécessaire de faire usage d'eau distillée, ni d'un vase de métal. Il suffit, la pression étant  $0^m,76$ , ou la correction se faisant comme ci-dessus, que le thermomètre plonge tout entier dans la vapeur et non dans l'eau chaude.

Du reste, même en faisant usage d'eau distillée, le réservoir du thermomètre ne doit pas plonger dans l'eau bouillante; car il n'y a que la surface de celle-ci qui soit réellement à 100 degrés, la température croissant de tranche en tranche vers le fond, à cause de l'excès de pression.

**259. Construction de l'échelle.** — Les deux points fixes obtenus, on partage l'intervalle qui les sépare en 100 parties d'égale capacité, qu'on nomme *degrés*, et l'on continue ces divisions au-dessus du point 100 et au-dessous du zéro, en les inscrivant sur une planchette de bois, ou sur une plaque de métal à laquelle le thermomètre est fixé (fig. 196).

Si le tube du thermomètre avait partout le même diamètre, il suffirait, pour tracer les degrés, de partager l'intervalle entre zéro et 100 en cent parties égales; mais cette condition n'étant jamais rigoureusement satisfaite, c'est ici qu'il faut faire usage des divisions en parties d'égale capacité qui ont d'abord été tracées sur le tube (254). Pour cela, on compte le nombre de ces divisions comprises entre les deux points fixes, et, divisant ce nombre par 100, on a le nombre de divisions ou la fraction de division qui équivaut à un degré; on en déduit ensuite, à partir du zéro, la position de chaque degré.

Dans les thermomètres de précision, l'échelle est graduée sur le verre même de la tige (fig. 197). Elle ne peut ainsi se déplacer, et sa longueur reste sensiblement constante, le verre étant très-peu dilatable. Dans ce cas, pour obtenir sur le verre des traits per-

manents, on recouvre, à chaud, la tige thermométrique d'une légère couche de vernis, puis, avec une pointe d'acier, on marque sur le vernis les traits de l'échelle, ainsi que les chiffres correspondants; on expose enfin la tige, pendant dix minutes environ, à des vapeurs d'acide fluorhydrique, qui jouit de la propriété d'attaquer le verre, et qui grave les traits en creux partout où le vernis a été enlevé.

Les degrés se désignent par un petit zéro placé à droite du nombre qui marque la température, et un peu au-dessus. Enfin, pour distinguer les températures au-dessous de zéro de celles qui sont au-dessus, on les fait précéder du signe — (moins); 15 degrés au-dessous de zéro s'indiquent donc par — 15°.

**260. Différentes échelles thermométriques.** — On distingue, dans la graduation des thermomètres, trois échelles : l'échelle centigrade, l'échelle de Réaumur et l'échelle de Fahrenheit.

L'échelle centigrade est celle dont nous avons indiqué ci-dessus la construction, et dont on fait généralement usage en France. Elle est due à Celsius, physicien suédois, mort en 1744.

Dans la seconde échelle, adoptée en 1731 par Réaumur, physicien français, les deux points fixes correspondent encore à la température de la glace fondante et à celle de l'eau bouillante; mais leur intervalle est partagé en 80 degrés. C'est-à-dire que 80 degrés Réaumur équivalent à 100 degrés centigrades; 1 degré R. égale donc  $\frac{100}{80}$  ou  $\frac{5}{4}$  de degré c.; et, réciproquement, 1 degré c. égale  $\frac{80}{100}$  ou  $\frac{4}{5}$  de degré R. Par conséquent, pour convertir un nombre de degrés R. en degrés c., 20 degrés, par exemple, il faut multiplier ce nombre par  $\frac{4}{5}$ ; car un degré R. égalant  $\frac{5}{4}$  de degré c., 20 degrés R. valent en degrés c. 20 fois  $\frac{4}{5}$  ou 25. On verra de même que, pour convertir les degrés c. en degrés R., il faut les multiplier par  $\frac{4}{5}$ .

Fahrenheit, à Dantzick, adopta, en 1714, une échelle thermométrique dont l'usage s'est répandu depuis en Hollande, en Angle-

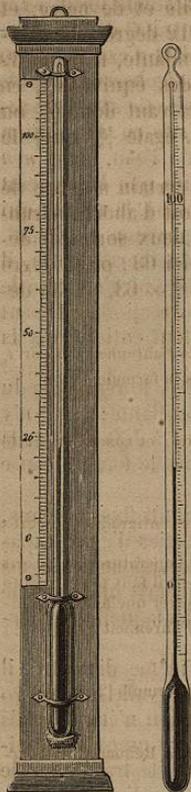


Fig. 196. Fig. 197.

terre et dans l'Amérique du Nord. Le point fixe supérieur de cette échelle correspond encore à la température de l'eau bouillante; mais le zéro correspond au degré de froid qu'on obtient en mélangeant des poids égaux de sel ammoniac pilé et de neige, et l'intervalle des deux points fixes est divisé en 212 degrés. Le thermomètre de Fahrenheit, placé dans la glace fondante, marque 32 degrés; par conséquent, 100 degrés centigrades équivalent, en degrés F., à 212 moins 32, ou 180; 1 degré c. vaut donc  $\frac{180}{100}$  ou  $\frac{9}{5}$  de degré F., et, réciproquement, 1 degré F. égale  $\frac{100}{180}$  ou  $\frac{5}{9}$  de degrés c.

Cela posé, soit à convertir en degrés c. un certain nombre de degrés F., 95, par exemple. Pour cela, on doit d'abord retrancher 32 du nombre donné, afin de compter les deux sortes de degrés d'un même point de la tige. Le reste est ici 63; or, 1 degré F. valant  $\frac{5}{9}$  de degré c., 63 degrés F. égalent  $\frac{5}{9} \times 63$ , ou 35 degrés c.

En représentant par  $t_f$  la température donnée en degrés Fahrenheit, et par  $t_c$  la température correspondante en degrés centigrades, on a la formule

$$t_c = (t_f - 32) \frac{5}{9} \quad [1],$$

qui indique les calculs à effectuer pour opérer la conversion; et comme de cette égalité on tire

$$t_f = t_c \times \frac{9}{5} + 32 \quad [2],$$

on a une deuxième formule qui sert à convertir les degrés centigrades en degrés Fahrenheit.

Ces formules sont générales et s'appliquent à toutes les températures au-dessus ou au-dessous des zéros des échelles à comparer; seulement il faut tenir compte des signes de  $t_f$  et de  $t_c$ . Par exemple, soit proposé de trouver quelle est la température en degrés centigrades lorsque le thermomètre Fahrenheit marque 5°; on a, par la formule [1]:  $t_c = (5 - 32) \frac{5}{9} = -\frac{27 \times 5}{9} = -15$ .

De même, le thermomètre centigrade marquant — 15, la formule [2] donne

$$t_f = -15 \times \frac{9}{5} + 32 = -27 + 32 = 5°.$$

S'il s'agissait de convertir des degrés Fahrenheit en degrés Réaumur, on trouverait facilement que l'équation [1] ci-dessus prend la forme

$$t_r = (t_f - 32) \frac{4}{9} \quad [3].$$

**261. Déplacement du zéro.** — Les thermomètres construits même avec le plus grand soin sont soumis à une cause d'erreur dont il importe de tenir compte; c'est qu'avec le temps, le zéro tend à se relever, le déplacement allant quelquefois jusqu'à deux degrés. C'est-à-dire que le thermomètre étant plongé dans la glace fondante, le mercure ne descend plus au zéro de l'échelle.

On a donné de ce phénomène diverses explications dont aucune