

part le poids d'eau écoulé  $p'$ . En admettant la proportionnalité, ce qui est sensiblement vrai, on en déduit que pour l'unité de poids d'eau écoulée par le siphon l'appareil a reçu  $\frac{q'}{p'}$  calories. C'est ce nombre qui sert dans les recherches pour calculer la quantité de chaleur fournie quand on connaît le poids de l'eau écoulée.

220. — Nous signalerons sans nous y arrêter les calorimètres basés sur la fusion de la glace (calorimètre de Laplace et Lavoisier, puits de glace); comme nous l'avons dit (202) les poids de glace fondue sont proportionnels aux quantités de chaleur absorbée, et des expériences directes ont montré que pour fondre 1 gramme de glace il fallait 79,25 petites calories (ou 79,25 grandes calories pour fondre 1<sup>kg</sup>r). Il est donc aisé de calculer la quantité de chaleur fournie quand on connaît le poids de la glace fondue.

Nous n'insistons pas sur ces appareils, parce que, outre les inconvénients qu'ils présentent dans leur fonctionnement et le peu d'exactitude sur laquelle on peut compter, ils ne peuvent servir utilement à l'étude de la chaleur animale, les animaux en expérience étant placés dans des conditions anormales par suite de la basse température à laquelle ils sont soumis.

221. **De la chaleur spécifique.** — Disons, sans insister, que les calorimètres peuvent servir à déterminer la chaleur spécifique des corps. Soit  $p$  le poids d'un corps que l'on introduit dans un calorimètre à la température  $t$ , et qui se refroidit jusqu'à la température  $t'$ . Le calorimètre, quel qu'il soit, donne la quantité de chaleur  $q$  fournie par le corps dans ces conditions : or on sait (204) que l'on a :

$$q = pc(t - t').$$

Dans cette équation tout est connu à l'exception de  $c$ , que l'on pourra par suite en déduire.

Comme nous l'avons dit, la connaissance de la chaleur spécifique est sans intérêt au point de vue des applications physiologiques ou médicales : il n'y a donc pas lieu de nous y arrêter en général.

La question de la chaleur spécifique des gaz peut, au point de vue théorique, fournir des notions que nous devons au moins signaler.

Disons d'abord que les calorimètres décrits précédemment sont d'un emploi peu commode pour la détermination de cette donnée, à cause de la faible masse d'un volume même considérable de gaz. Aussi a-t-il fallu des méthodes spéciales (Delaroche et Bérard, Regnault) pour faire cette détermination avec précision.

Comme nous le dirons plus loin, il est très difficile sinon impossible, d'élever un peu notablement la température d'un corps solide ou liquide en s'opposant à sa dilatation : aussi les chaleurs spécifiques déterminées

pour ces corps ont-elles été obtenues en laissant ceux-ci se dilater librement.

La question n'est pas la même pour les gaz dont on peut élever la température en empêchant toute augmentation de volume. *A priori*, on ne peut dire si la chaleur spécifique d'un gaz doit être la même, soit qu'on le laisse se dilater, soit qu'on maintienne son volume constant; nous expliquerons plus loin qu'il y a des raisons qui montrent qu'il doit y avoir deux valeurs différentes : on a donc à considérer une chaleur spécifique à pression constante  $C$ , une chaleur spécifique à volume constant  $c$ .

On a trouvé pour le rapport de ces deux quantités  $\frac{C}{c} = 1,41$  : nous verrons plus tard les conséquences à déduire de cette valeur.

## CHAPITRE IV

### ÉTUDE DES DILATATIONS

Nous avons maintenant les éléments qui nous permettront d'étudier les effets divers produits par la chaleur sur les corps : nous étudierons successivement :

- Les effets géométriques, changements de dimensions;
- Les effets mécaniques statiques;
- Les effets mécaniques dynamiques;
- Les effets physiques se rapportant aux propriétés générales des corps, aux changements d'état.

Il restera à considérer les effets lumineux et les effets électriques, que nous examinerons respectivement dans les chapitres consacrés à l'optique et à l'électricité.

222. **Dilatation des corps par la chaleur. Solides.** — Nous avons dit d'une manière générale que les variations d'état calorifique, les variations de température, ont pour effet de changer les dimensions des corps; occupons-nous de ces changements dans le cas des solides, d'abord; nous supposons, jusqu'à nouvel ordre, qu'il s'agit de corps physiquement homogènes, de corps isomorphes.

Nous ne nous arrêterons pas sur les expériences classiques qui montrent qu'une barre solide libre augmente de longueur lorsqu'on la chauffe et diminue lorsqu'on la refroidit (Pyromètre à cadran); et qu'un corps solide augmente de volume (Anneau de S'Gravesande). Il est cependant, à propos de ce dernier cas, une remarque que nous croyons utile de faire; c'est qu'un corps creux augmente de capacité lorsqu'on le chauffe et que sa dilatation est la même que celle de la partie pleine qui le rem-



plirait. On peut démontrer qu'il en est ainsi également à l'aide de l'anneau de S'Gravesande (fig. 95).

Ayant reconnu que la boule chauffée ne peut plus passer dans l'anneau qu'elle traversait exactement à froid, on place à la fois la boule et l'anneau dans un liquide chaud, de manière à les amener à la même température. On reconnaît alors que, quelle que soit cette température, la boule continue à passer exactement dans l'anneau; la capacité de l'anneau a augmenté autant que la boule même.

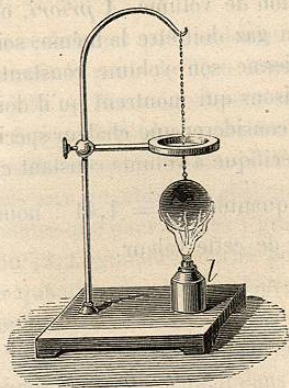


Fig. 95.

223. — Les mesures de longueur et de volume effectuées avec précision à diverses températures montrent que, très sensiblement pour tous les corps isomorphes, les augmentations de longueur ou de volume des solides sont proportionnelles aux variations de température. Si donc  $l_0, l_t, l_{t'}$ ,  $v_0, v_t, v_{t'}$  sont respectivement les longueurs et les volumes d'un corps aux températures  $0^\circ, t^\circ, t'^\circ$ , on a :

$$\frac{l_t - l_0}{l_{t'} - l_0} = \frac{t}{t'} \quad \text{et} \quad \frac{v_t - v_0}{v_{t'} - v_0} = \frac{t}{t'}$$

Ces relations existent notamment pour  $t' = 1$ ; elles peuvent alors s'écrire :

$$l_t - l_0 = t(l_1 - l_0) \quad v_t - v_0 = t(v_1 - v_0);$$

ou encore :

$$l_t - l_0 = \frac{l_t - l_0}{l_0} l_0 t \quad v_t - v_0 = \frac{v_t - v_0}{v_0} v_0 t.$$

Les quantités  $\frac{l_t - l_0}{l_0}$  et  $\frac{v_t - v_0}{v_0}$  sont constantes pour un corps déterminé : elles représentent respectivement l'allongement de l'unité de longueur et la dilatation de l'unité de volume pour une variation de température de  $1^\circ$ . On les appelle le *coefficient de dilatation linéaire* et le *coefficient de dilatation cubique*. En désignant le premier par  $\lambda$ , le second par  $\alpha$ , les relations précédentes deviennent :

$$l_t - l_0 = l_0 \lambda t \quad \text{ou} \quad l_t = l_0 (1 + \lambda t) \quad (1)$$

$$v_t - v_0 = v_0 \alpha t \quad \text{ou} \quad v_t = v_0 (1 + \alpha t) \quad (2)$$

Ces formules simples sont fréquemment employées.

On démontre que le coefficient  $\alpha$  est sensiblement le triple de  $\lambda$ .

Il n'est pas sans intérêt de remarquer que ces formules sont analogues à celle qui, appliquée à la substance thermométrique, sert à définir la température.

Nous avons dit précédemment que les variations de température d'un corps sont proportionnelles aux variations de quantité de chaleur. La loi que nous avons énoncée ci-dessus, jointe à cette remarque, permet de conclure que :

*Les variations de longueur ou de volume d'un corps sont proportionnelles aux variations de quantités de chaleur que ce corps éprouve.*

224. — Le poids spécifique d'un corps varie avec la température. Nous savons, en effet, que le poids  $P$  d'un corps est invariable, en un même point du globe; si nous appelons respectivement  $v_0, v_t, \pi_0, \pi_t$  les volumes, les poids spécifiques de ce corps à  $0^\circ$  et à  $t^\circ$ , nous savons que l'on a :

$$P = v_0 \pi_0 \quad P = v_t \pi_t.$$

D'où :

$$v_0 \pi_0 = v_t \pi_t \quad \text{ou} \quad \frac{\pi_t}{\pi_0} = \frac{v_0}{v_t}$$

ou, à cause de la formule (2) :

$$\frac{\pi_t}{\pi_0} = \frac{1}{1 + \alpha t}.$$

La quantité  $1 + \alpha t$  s'appelle le *binôme de dilatation* du corps pour la température considérée. Nous pouvons dire que :

*Les poids spécifiques d'un même corps sont en raison inverse des binômes de dilatation.*

225. — Lorsqu'il s'agit d'un corps qui n'est pas isotrope, d'un cristal appartenant à un système autre que le premier, ou d'un corps composé de fibres comme une tige de bois, on ne saurait être assuré *a priori* que la dilatation se fait de la même façon dans toutes les directions, et des mesures directes montrent que, en effet, il n'en est pas ainsi.

Sans insister, nous pouvons dire que, par suite de ce résultat :

Un corps isotrope reste semblable à lui-même à toutes les températures : il n'en est pas ainsi d'un corps anisotrope.

226. **Dilatation des liquides.** — Quoique l'étude de la dilatation des liquides soit moins simple à faire que celle de la dilatation des solides, parce que pour les liquides intervient l'influence des vases qui les contiennent et qui se dilatent également, on sait par des expériences variées que les liquides se dilatent, et qu'ils se dilatent plus, toutes choses égales d'ailleurs, que ne font les solides.

Les mesures prises dans des conditions convenables montrent que, en général, cette dilatation obéit à la même loi que celle des solides (223).



Par suite, les formules que nous avons trouvées pour la détermination du volume et du poids spécifique à une température quelconque sont applicables aux liquides comme aux solides.

Il y a cependant quelques exceptions à cette loi et l'eau présente précisément une de ces exceptions. Lorsqu'on chauffe de l'eau à partir de 0°, on voit que son volume au lieu d'augmenter commence par décroître jusque vers 4°, puis qu'il croît ensuite régulièrement à partir de cette température, de telle sorte que, à 8°, il a à peu près le même volume qu'à 0°; au delà les variations de volume sont sensiblement proportionnelles aux variations de température : l'eau présente donc à 4° un minimum de volume ou un maximum de contraction. On en conclut à cause de la relation qui existe entre les volumes et les poids spécifiques, que, à cette température, il y a un maximum du poids spécifique.

L'existence de cette particularité et la détermination de la température où elle se produit résultent d'expériences nombreuses dues notamment à Tralles, Hope, Lefèvre-Gineau, Despretz, Halström, etc.

227. — On considère quelquefois, dans l'étude de l'action de la chaleur, la dilatation apparente : considérons un liquide placé dans un ballon terminé par un tube fin et en quantité telle que, à la température de 0°, le niveau du liquide soit dans ce tube. Marquons un trait *a* (fig. 96) en face de ce niveau. Lorsqu'on chauffe le ballon, il y a dilatation du ballon et dilatation plus grande du liquide; aussi le niveau du liquide s'élève-t-il en *a''* au-dessus du trait *a*. Le volume du liquide au-dessus de ce trait constitue la dilatation apparente. C'est la valeur que l'on attribuerait à la dilatation du liquide si l'on ignorait que la capacité du ballon jusqu'au trait *a* eût augmenté par l'action de la chaleur.

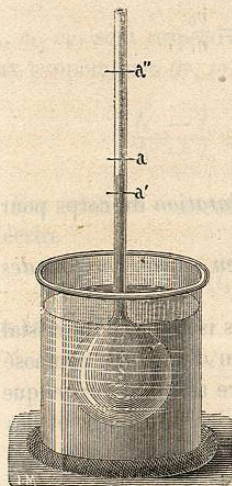


Fig. 96.

Il n'y a en réalité aucun intérêt à considérer cette dilatation apparente et il n'est pas de question que l'on ne puisse traiter en tenant compte des phénomènes vrais, c'est-à-dire de la dilatation du vase et de celle du liquide.

Rappelons que si l'élévation de température a été rapide, comme on peut l'obtenir en plongeant le ballon dans un liquide chaud; le niveau de la colonne dans le tube descend d'abord jusqu'en *a'*; cet effet est dû à ce que, au début, la conduction n'étant pas instantanée, le vase a commencé à se dilater avant le liquide.

228. — La définition que nous avons donnée de la densité des corps solides et liquides ne tenait aucun compte de la température du corps;

cette donnée doit cependant intervenir, puisque le volume et le poids spécifique en dépendent.

Voici la définition complète qui a été adoptée :

La densité d'un corps solide ou liquide à la température *t* est le rapport du poids d'un certain volume de ce corps à la température *t* au poids d'un égal volume d'eau à la température du maximum de densité (4°).

On peut dire encore :

La densité d'un corps solide ou liquide à la température *t* est le rapport entre le poids spécifique du corps à cette température et le poids spécifique de l'eau à la température du maximum de densité.

Cette définition se simplifie lorsqu'on fait usage du système métrique décimal. D'après la définition même de l'unité de poids, on sait que le poids spécifique de l'eau à la température du maximum de densité est 1. Il résulte de là que :

La densité d'un corps solide ou liquide à la température *t* est représentée par le même nombre que son poids spécifique à la même température.

229. **Dilatation des gaz.** — Dans les indications qui précèdent, nous avons pu ne pas faire intervenir les variations de pression, parce qu'on sait qu'elles ont un effet négligeable sur le volume des solides et des liquides tant qu'elles ne sont pas extrêmement grandes. Mais il n'en est pas de même des gaz, dont le volume varie beaucoup avec la pression. Nous admettrons dans ce qui suit que les gaz sont maintenus, pour chaque expérience, à une pression constante.

Dans ces conditions, des expériences nombreuses permettent de reconnaître que tous les gaz se dilatent sous l'influence d'une élévation de température et que, toutes choses égales d'ailleurs, ils se dilatent plus que ne feraient les liquides.

La proportionnalité de la dilatation à la variation de température existe *toujours*, sensiblement, de telle sorte que la formule (2) donnée plus haut est applicable, tant qu'il s'agit de corps gazeux éloignés de la liquéfaction.

Mais de plus, les recherches de Gay-Lussac et de Regnault ont montré que pour tous les gaz qui sont loin de la liquéfaction, le coefficient de dilatation  $\alpha$  a sensiblement la même valeur (Loi de Gay-Lussac) :

$$\alpha = \frac{1}{273} = 0,00366.$$

Nous reviendrons plus loin sur le cas des corps qui sont dans le voisinage de la liquéfaction.

On appelle *gaz parfait* un gaz qui suit, au moins très sensiblement, les lois de Mariotte et de Gay-Lussac; ce sont donc, d'une manière générale, les gaz qui sont éloignés de la liquéfaction.

Soit un gaz parfait dont le volume soit  $v_0$  pour la température 0° et la pression normale, 76<sup>cm</sup>; soit  $v$  le volume qu'il prend quand la



température est  $t$  et la pression  $h$ . Quelle relation existe-t-il entre ces quantités?

Pour déterminer cette relation, nous admettons que le corps, au lieu de passer brusquement d'un état à un autre, subisse la modification en deux phases. D'abord, on le portera de la température  $0^\circ$  à la température  $t$ , sans changer sa pression : il prendra alors un volume  $u$ ; puis sans changer sa température on amènera la pression de  $76^{\text{cm}}$  à  $h$  : il aura alors pris nécessairement le volume  $v$ .

Dans la 1<sup>re</sup> phase, la pression ne changeant pas, le volume est donné par l'application de la formule (2) et l'on a :

$$u = v_0 (1 + \alpha t).$$

Dans la 2<sup>e</sup> phase, la température étant invariable, on a à appliquer la loi de Mariotte qui donne :

$$vh = u \times 76.$$

D'où l'on déduit en éliminant  $u$  :

$$vh = v_0 (1 + \alpha t) \times 76 \quad \text{et} \quad \frac{vh}{1 + \alpha t} = v_0 \times 76.$$

Sous la dernière forme on voit que  $\frac{vh}{1 + \alpha t}$ , étant égal à  $v_0 \cdot 76$ , est constant quelles que soient les valeurs données à  $h$  et à  $t$ . Cette quantité définit donc la masse de gaz à laquelle elle s'applique aussi bien que le fait son poids : elle se rencontre constamment dans l'étude des questions qui se rattachent à l'action de la chaleur sur les gaz.

Le poids spécifique d'un gaz change avec la température et la pression. Si  $\pi_0$  et  $\pi$  sont les poids spécifiques,  $v_0$  et  $v$ , les volumes d'une masse de gaz respectivement à la température  $0^\circ$  et à la pression  $76$  d'une part, à la température  $t$  et à la pression  $h$  d'autre part, comme pour les solides, la constance du poids permet d'écrire :

$$v_0 \pi_0 = v \pi \quad \text{ou} \quad \frac{\pi}{\pi_0} = \frac{v_0}{v};$$

mais la dernière formule que nous venons de trouver donne la valeur de  $v_0$ ; on a donc :

$$\frac{\pi}{\pi_0} = \frac{h}{76} \times \frac{1}{1 + \alpha t}.$$

Comme pour les solides et les liquides, la proportionnalité entre les dilatations et les variations de température d'une part; la proportionnalité entre les variations de température et les variations de quantité de chaleur conduit à l'énoncé suivant qui relie l'effet à la cause vraie :

Les dilatations que subit une masse de gaz parfait à pression constante sont proportionnelles aux variations de quantité de chaleur qu'elle éprouve.

Les corps gazeux qui sont voisins de la liquéfaction, les vapeurs qui sont près de la saturation se dilatent sous l'influence de la chaleur, mais ils ne suivent pas les lois de Gay-Lussac et se dilatent plus que ne l'indiquerait la formule donnée plus haut. Il n'y a d'ailleurs pas de loi à donner, car chaque corps paraît, dans ces conditions, se dilater d'une manière qui lui est propre.

Ces irrégularités dans les dilatations sont nettement mises en évidence par l'étude des densités, comme nous allons le dire.

230. **Densité des corps gazeux.** — De même que pour les solides et les liquides, il est nécessaire de préciser ce qu'on appelle densité d'un corps gazeux pour une température et une pression données. Voici la définition qui a été adoptée :

*La densité d'un corps gazeux à une température et à une pression données est le rapport du poids d'un certain volume de ce corps au poids d'un égal volume d'air pris dans les mêmes conditions de température et de pression.*

Il importe de remarquer que, dans ce cas, le terme de comparaison est pris dans des conditions variables suivant les conditions du gaz même, tandis que pour les solides et les liquides, le terme de comparaison, l'eau, est pris invariablement à la température de  $4^\circ$ .

Comme nous l'avons déjà indiqué plusieurs fois, on peut prendre, pour calculer la densité, le rapport des poids spécifiques dans les conditions de la question. Si donc nous appelons  $d_0$  et  $d$  les densités d'un gaz,  $\pi_0$  et  $\pi$ ,  $a_0$  et  $a$  les poids spécifiques de ce gaz et de l'air, pris respectivement à  $0^\circ$  et à  $76$  centimètres, puis à la température  $t^\circ$  et à la pression  $h$ , on a :

$$d_0 = \frac{\pi_0}{a_0} \quad d = \frac{\pi}{a}.$$

Mais pour l'air on a  $a = \frac{a_0 h}{76 (1 + \alpha t)}$ ; on a aussi, s'il s'agit d'un gaz parfait  $\pi = \frac{\pi_0 h}{76 (1 + \alpha t)}$ .

puisque  $\alpha$  est le même pour tous les corps gazeux éloignés de la liquéfaction. En substituant et simplifiant, il vient :

$$d = \frac{\pi_0}{a_0} = d_0.$$

Donc, dans le cas d'un gaz parfait, la densité est constante; elle conserve la même valeur quelles que soient la température et la pression.

Il n'en serait pas de même dans le cas d'un gaz voisin de la liquéfaction : dans l'expression de  $d = \frac{\pi}{a}$ , la quantité  $a$  devrait bien être remplacée par la même valeur que précédemment : mais il n'en serait pas



de même de  $\pi$ , pour lequel nous ne pouvons donner une relation simple avec  $\pi_0$ , puisque le corps gazeux considéré ne suit ni la loi de Mariotte, ni celle de Gay-Lussac.

On conclut aisément de là que, inversement, si un gaz conserve la même densité quelles que soient les variations de température et de pression, c'est qu'il suit les lois de Mariotte et de Gay-Lussac, c'est qu'il est un gaz parfait. De là l'intérêt qui s'attache à l'étude exacte des densités des corps gazeux.

La détermination expérimentale de la densité des gaz proprement dits, c'est-à-dire des corps qui sont gazeux à la température ordinaire, n'est que la réalisation de la définition même. On remplit un même ballon muni d'un robinet successivement de gaz et d'air, à la température de 0° (en le plaçant dans de la glace fondante) et à la pression qui existe au moment de l'expérience; on le pèse dans ces deux conditions, et on le pèse aussi après y avoir fait le vide : les différences des valeurs trouvées donnent respectivement le poids d'un certain volume de gaz et celui du même volume d'air pris dans les mêmes conditions de température et de pression. Le rapport de ces poids est précisément la densité cherchée : c'est la définition même.

Pour les vapeurs, on détermine par une pesée directe le poids de la vapeur qui remplit un ballon à une température et à une pression que l'on observe; on calcule le poids de l'air (LIII) qui remplirait le même ballon à la même température et à la même pression, et le rapport de ces poids est la densité. Dans ce cas, outre qu'il faut mesurer la température et la pression de la vapeur, il faut aussi déterminer expérimentalement le volume du ballon pour pouvoir calculer le poids de l'air; l'opération est donc moins simple que pour les gaz.

Dans l'un et l'autre cas, les opérations sont délicates et les mesures doivent être prises avec soin : les corps gazeux ayant de faibles poids spécifiques, les erreurs sur la détermination des poids ont une très grande importance relative.

**231. Applications de la dilatation des solides.** — Les changements de longueur ou de volume éprouvés par les corps sous l'influence de la chaleur ont de très nombreuses applications. Nous n'insisterons que sur celles qui nous paraissent se rapporter plus ou moins directement aux sciences médicales.

La dilatation changeant la longueur des corps, des métaux notamment, les indications fournies par les règles qui servent de comparaison dépendent de la température à laquelle on opère. Généralement ces règles sont graduées à 0°, c'est-à-dire, par exemple, que c'est à 0° que l'espace entre deux traits consécutifs est égal exactement à 1 millimètre; pour une autre température, il y aura donc à faire une correction. De même pour la capacité des vases portant des graduations. Ces corrections sont

petites d'ailleurs et n'ont d'intérêt que pour le cas où on recherche une grande précision dans les mesures.

L'inégale dilatabilité des métaux a été utilisée dans quelques circonstances : supposons que l'on ait soudé parallèlement dans toute leur longueur deux barres métalliques de nature différente de manière qu'elles soient rectilignes à 0°. Lorsqu'on soumettra cette barre, cette bilame, à l'action de la chaleur, les deux parties qui la composent se dilateront, mais inégalement. La barre devra donc se courber de manière que le métal le plus dilatable, qui est devenu le plus long, soit à la convexité de la courbe. L'effet serait inverse si la barre était refroidie à une température inférieure à 0°.

Il existe une relation entre la température et la déformation produite, de telle sorte que celle-ci étant déterminée on peut en déduire celle-là. C'est sur ce principe que sont basés les thermomètres métalliques, tel que le thermomètre de Bréguet où la lame composée est enroulée en hélice : l'une des extrémités est fixée et l'autre qui porte une aiguille se déplace quand la température varie; l'aiguille se meut alors sur un cadran qu'on a gradué par comparaison.

Le même principe a été appliqué pour la construction de thermomètres médicaux : mais jusqu'à présent on n'a pas trouvé une forme qui fût d'une application commode. On l'a utilisé également pour la réalisation de thermomètres enregistreurs.

Enfin on a utilisé la même idée pour des indicateurs de température, destinés à prévenir si la température s'écarte d'une valeur déterminée d'une température que l'on veut maintenir constante ou à peu près. Une bilame, constituée comme précédemment, est maintenue fixe par une de ses extrémités; son autre extrémité est libre et placée entre deux pointes. Celles-ci sont disposées de telle sorte que, pour la température à maintenir, l'extrémité libre soit à égale distance des deux pointes. Lorsque la température s'élève ou s'abaisse, l'extrémité libre s'incline d'un côté ou de l'autre, et si la variation de température est suffisante, vient toucher l'une ou l'autre pointe. On conçoit que ce contact pourra fermer un circuit relié à une pile; le courant s'établira alors et pourra soit faire marcher une sonnerie indicatrice, soit même agir sur la source de chaleur pour augmenter ou diminuer son action, suivant la pointe touchée, et ramener la température à la valeur à conserver. On voit aisément que l'appareil sera d'autant plus sensible que les pointes seront plus rapprochées, laissant à l'extrémité libre de la bilame une course plus petite pour rencontrer la pointe et fermer le circuit.

Ces appareils sont en général d'un poids faible et de plus ils sont constitués par des corps bons conducteurs de la chaleur. Ainsi se mettent-ils promptement en équilibre de température avec le milieu dans lequel ils sont exposés : leurs indications sont rapides.



**232. Applications de la dilatation des liquides. Thermomètres.**

— L'application principale de la dilatation est le thermomètre sur lequel nous devons nous arrêter quelque peu.

Le thermomètre, dans sa forme la plus ordinaire, est constitué par un réservoir sphérique ou plus souvent cylindrique auquel est adapté un tube cylindrique de section intérieure petite; c'est ce que l'on appelle la *tige* du thermomètre. Ce tube a été fermé à la lampe après qu'on a introduit du mercure dans l'appareil et qu'on a chassé l'air par l'ébullition de ce liquide. La tige porte des divisions numérotées; la division en face de laquelle s'arrête l'extrémité libre de la colonne mercurielle fait connaître la température du milieu dans lequel se trouve le thermomètre.

Nous ne nous arrêterons pas à décrire les opérations relatives à la construction d'un thermomètre, et nous dirons seulement quelques mots de la manière de le graduer par la détermination des points fixes.

On détermine le premier point fixe qui sera le zéro de l'échelle en plongeant l'appareil dans de la glace fondante : des précautions particulières sont à prendre pour qu'il ne s'introduise pas d'erreurs. On note sur le tube l'endroit où le mercure s'est arrêté dans la tige lorsque l'équilibre est définitivement établi, et l'on marque 0° en face de ce point.

On place de même le thermomètre dans un appareil spécial où il est soumis à l'action de la vapeur provenant d'eau bouillant librement et on note de même l'endroit où s'arrête le mercure. Si la pression est de 76 centimètres de mercure, ce point correspondant au deuxième point fixe s'il s'agit d'un thermomètre à échelle centigrade, on note ce nombre en face du point trouvé. Si la pression avait une autre valeur, il y aurait à faire une correction que nous indiquerons plus loin.

Le thermomètre est alors porté sur une machine à diviser; on divise en 100 parties d'égale longueur la distance comprise entre les deux points marqués, en faisant un trait à chaque division, et on prolonge la graduation au-dessous du 0° et au-dessus du point 100° : il ne reste plus qu'à numéroter les divisions, généralement de 10 en 10, ou de 5 en 5.

233. — On peut rechercher dans un thermomètre, suivant l'usage auquel on le destine, deux qualités différentes qui, malheureusement, s'excluent l'une l'autre.

Il est souvent nécessaire, pour étudier des phénomènes de courte durée ou dans lesquels la température varie assez rapidement, d'avoir un thermomètre dont les indications sont rapides, qui se mette rapidement en équilibre de température avec le milieu dans lequel on le place. Il est évident que pour satisfaire à cette condition, il faut que la masse à échauffer soit faible, et par suite que la capacité du réservoir soit aussi petite que possible.

Lorsqu'on veut déterminer une température avec précision, il faut prendre un appareil *sensible*, c'est-à-dire un thermomètre dans lequel on puisse lire une fraction de degré,  $\frac{1}{5}$ ,  $\frac{1}{10}$ , ou même quelquefois une fraction plus petite encore : pour cela, il faut que l'espace qui, sur la tige, représente 1° soit le plus grand possible; l'élévation de température de 1° correspond pour une masse donnée de mercure à une dilatation ayant un volume déterminé, il faut que ce volume occupe dans le tube la plus grande longueur possible et par conséquent que le tube ait la plus petite section possible. Mais, de plus, il y a évidemment intérêt à ce que la dilatation pour 1° occupe le plus grand volume possible, et comme cette dilatation est proportionnelle au volume du corps qui se dilate, on est donc conduit pour avoir un thermomètre sensible à prendre un réservoir de grande capacité.

Lorsque le thermomètre est très sensible, les divisions correspondant à 1° sont espacées; on divise alors cet espace en 5 ou 10 parties égales à l'aide de la machine à diviser.

234. **Thermomètre à échelle arbitraire.** — Les variations de température ont été définies par les variations de volume; dans le thermomètre tel que nous venons de l'indiquer, on lit des variations de longueur : celles-ci ne sont proportionnelles aux premières que si le tube est bien cylindrique. En général, cette condition est suffisamment satisfaite.

Si l'on veut une très grande précision, on ne peut admettre qu'elle le soit : on emploie alors un thermomètre dit à graduation arbitraire. Pour l'obtenir, on a tracé à l'avance sur la tige des divisions que l'on a numérotées et qui ont toutes, exactement, la même capacité; on s'en assure en déplaçant dans le tube un petit index de mercure qui a toujours le même volume, mais dont la longueur change si la section n'est pas constante.

On détermine le point 0° et le point 100° comme il a été dit plus haut, et on note les numéros des divisions auxquelles la colonne mercurielle s'arrête; soient  $n$  et  $n'$  ces numéros. Il y a donc  $n' - n$  divisions entre le point 0 et le point 100°, et par suite chaque degré correspond à  $\frac{n' - n}{100}$

division, ou chaque division  $\frac{100}{n' - n}$  de degré. Il est alors facile de dresser une table de correspondance qui indique quelle température correspond à chaque division. Quand on fait une mesure on lit sur la tige le numéro de la division, et la table fait connaître la température correspondante.

235. **Thermomètre à échelle fractionnée.** — Il peut se faire que l'on n'ait pas besoin de toute l'échelle thermométrique et que pour diminuer la longueur de la tige, on veuille seulement en conserver une partie : c'est le cas, par exemple, des thermomètres médicaux comme nous le dirons; c'est aussi le cas des thermomètres très sensibles, parce que la