Tableau des coefficients de dilatation linéaire et de dilatation cubique des corps solides les plus employés dans les arts.

Désignation des substances.	Coefficient de dilatation linéaire.	Coefficient de dilatation cubique.
Verre,	0,00000861	0,00002583
Platine,	0,00000884	0,00002652
Acier,	0,00001080	0,00003240
Fer,	0,00001182	0,00003546
Or,	0,00001514	0,00004542
Cuivre,	0,00001872	0,00005136
Laiton,	0,00001867	0,00005601
Argent,	0,00001910	0,00005730
Étain,	0,00002173	0,00006519
Plomb,	0,00002848	0,00008544
Zinc,	0,00003108	0,00009324

135. *Usages et applications des coefficients de dilatation des solides.* — La connaissance des coefficients de dilatation des corps solides offre de nombreuses applications dans les arts. Dans la construction des chemins de fer, par exemple, il est nécessaire de laisser à la jonction des rails un intervalle suffisant pour le jeu de leur dilatation. Si les rails se touchaient, la force de la dilatation les courberait de distance en distance ou briserait leurs coussinets. On a calculé, en effet, que pour un chemin de fer de 100 kilomètres, l'allongement, de l'hiver à l'été, serait de plus de 70 mètres. Il faut également tenir compte de la dilatation dans la pose des grilles de fourneaux, dans la construction des ponts en fer, des toitures en plomb ou en zinc, et, en général de tous les appareils de grosse serrurerie. Le cerclage des roues de voiture, l'assemblage des pièces de tôle au moyen de clous à river trouvent un puissant auxiliaire dans le retrait du fer, employé à chaud, et qu'on laisse ensuite se refroidir lentement*. Mais la plus ingénieuse et la plus

* Deux murailles latérales d'une galerie du Conservatoire des arts et métiers, à Paris, s'étant inclinées en dehors sous le poids du plafond qu'elles soutenaient, furent ramenées à la verticale au moyen de barres de fer étendues transversalement de l'une à l'autre, et terminées extérieurement par des vis recevant de larges écrous. Ces barres ayant été portées au rouge, on serra les écrous à mesure qu'elles s'allongeaient. En les laissant ensuite se refroidir, leur contraction eut pour effet de rapprocher les deux murailles auxquelles elles étaient invinciblement liées.

utile des applications de la dilatation se trouve dans le pendule compensateur.

136. *Pendule compensateur.* — Le pendule est employé, comme on le sait, à régler la marche des horloges. Mais il ne peut remplir ce but qu'à la condition de l'isochronisme le plus parfait dans ses oscillations. Or, si le pendule s'allonge, les oscillations se ralentissent et l'horloge retarde; l'effet inverse est produit si le pendule se raccourcit. Il importe donc de maintenir sa longueur invariable, malgré les variations incessantes de la température extérieure. Sans cela, l'horloge varierait elle-même continuellement, avançant par le froid et retardant par la chaleur. Le *pendule compensateur* a précisément pour but de conserver toujours une égale distance entre le centre de suspension et le centre d'oscillation.

Cet instrument, inventé par Leroy, horloger français, est fondé sur l'inégale dilatabilité du fer et du cuivre. Sa tige (*fig.* 114) se compose de deux barres transversales AB et CD, d'un métal quelconque, aux extrémités desquelles sont soudées deux tiges verticales *en fer f, f'*. Sur la barre transversale inférieure CD sont soudées deux autres tiges verticales *en cuivre c, c'*, moins longues que les premières, et portant une troisième barre transversale MN. Au milieu K de cette barre est fixée la tige centrale *en fer* KL, laquelle supporte la lentille et passe librement dans un trou pratiqué au milieu de la barre transversale inférieure. Supposons que la température s'élève; les trois tiges verticales en fer, s'allongeant de haut en bas, tendront évidemment à abaisser la lentille. Les deux tiges verticales en cuivre *c* et *c'*, au contraire, fixées à leur extrémité inférieure, ne pourront s'allonger que de bas en haut. Elles soulèveront donc la barre transversale MN, et, par suite, la lentille elle-même. Or, si l'allongement des tiges en cuivre est égal à celui des tiges en fer, le centre d'oscillation G du pendule restera à une hauteur constante. On arrive à ce résultat en donnant aux tiges de fer et de cuivre des longueurs qui soient en raison inverse des coefficients de dilatation linéaire de ces deux métaux.

Fig. 114.

On obtient encore la compensation du pendule à l'aide de *lames compensatrices* composées de lames de différents métaux, de fer et de cuivre par exemple, soudées ensemble, et qui, en raison de l'inégale dilatabilité de ces métaux, se courbent dans un sens ou dans l'autre selon que la température s'élève ou s'abaisse. C'est avec ces lames que l'on est parvenu à compenser d'une façon si précise les balanciers des chronomètres employés dans la marine.

157. *Thermomètre de Bréguet.* — Ce petit instrument (*fig.* 115) est une autre application des lames compensatrices. Il est formé d'un ruban très-mince AB, composé d'argent, d'or et de platine, soudés ensemble. Ce ruban est roulé en spirale, et porte à son extrémité libre une aiguille mobile autour d'un cadran. La spirale dans laquelle l'argent, plus dilatable, est en dehors, tend à s'enrouler quand la température augmente, et se déroule dans le cas contraire, en faisant mouvoir avec elle l'aiguille indicatrice. Ce thermomètre, d'une grande sensibilité, se gradue dans une étuve avec un thermomètre étalon à mercure.

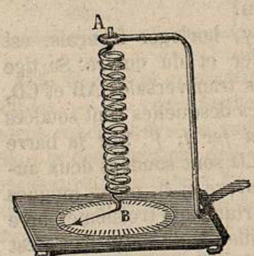

Fig. 115.

158. *Coefficients de dilatation des liquides.* — Nous avons vu (126) que l'on doit distinguer dans les liquides deux sortes de dilatations : la *dilatation apparente* et la *dilatation réelle* ou *absolue*.

Le coefficient de la *dilatation apparente* varie avec la nature du vase; on l'obtient en mesurant le volume d'une masse quelconque de liquide à 0°, et en mesurant ensuite le volume apparent de la même masse porté à une température plus élevée. Soient v le volume à 0° et v' le volume apparent à la température t. En raisonnant comme nous l'avons fait pour les solides (134), on trouvera pour la valeur du coefficient C de la dilatation apparente :

$$C = \frac{v' - v}{vt}.$$

Tableau des coefficients de la dilatation apparente des principaux liquides entre 0 et 100°.

Noms des liquides.	Coefficients de la dilatation apparente.
Mercure,	0,0001543
Eau,	0,0004545
Alcool,	0,0011098
Éther,	0,0015714
Acide sulfurique,	0,0005881
Acide azotique,	0,0011099

On voit, d'après ce tableau, que, pour les divers liquides, les coefficients de dilatation sont très-différents. De plus, ces coefficients, pour chaque liquide, ne sont pas uniformes à tous les degrés du thermomètre. Ils augmentent en général avec la température. Le mercure est de tous les liquides celui qui se dilate le plus uniformément.

Quant au coefficient de *dilatation absolue* d'un liquide quelconque, on l'obtient en ajoutant à son coefficient de dilatation apparent le coefficient de dilatation cubique de l'enveloppe. Cependant MM. Petit et Dulong sont parvenus à déterminer directement le coefficient de la dilatation absolue du mercure au moyen d'un vase communiquant composé de deux branches verticales A et B, réunies par un tube capillaire horizontal (*fig.* 116).

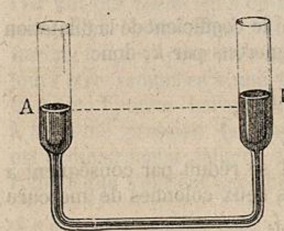

Fig. 116.

Cet appareil étant rempli de mercure, on maintient la branche A à 0°, tandis que l'on porte la branche B à une température t suffisamment élevée. Le mercure, qui était de niveau dans les deux branches lorsque la température y était la même, monte nécessairement dans la branche B, à mesure qu'il se dilate et que sa densité diminue : l'appareil se trouve alors dans le cas d'un vase communiquant contenant deux liquides de densités différentes. Or, en vertu du principe d'hydrostatique que nous avons précédemment démontré (83), si nous désignons par h et d la hauteur et la densité du mercure dans la branche A à 0°, et par h' et d' la hauteur et la densité du mercure dans la branche B à t°, nous aurons

$$\frac{h}{h'}=\frac{d'}{d},$$

puisque les hauteurs sont en raison inverse des densités.

Soient maintenant v et v' les volumes du mercure contenu dans la branche B, à 0° et à t°. Ces volumes seront aussi en raison inverse des densités, puisque le poids du mercure reste le même ; donc

$$\frac{v}{v'}=\frac{d'}{d}, \text{ et par comparaison } \frac{v}{v'}=\frac{h}{h'};$$

d'où

$$\frac{v'-v}{v}=\frac{h'-h}{h};$$

divisant par t les deux membres de cette égalité, on a

$$\frac{v'-v}{vt}=\frac{h'-h}{ht},$$

dont le premier membre représente le coefficient de la dilatation absolue du mercure que nous désignerons par k; donc

$$k=\frac{h'-h}{ht}.$$

La détermination de ce coefficient se réduit par conséquent à la mesure exacte des hauteurs des deux colonnes de mercure en A et en B et de la température t.

MM. Petit et Dulong ont ainsi trouvé que le coefficient de la dilatation absolue du mercure entre 0 et 100° est égal à 0,00018018. Au-dessus de 100°, la dilatation marche plus vite, de sorte que le coefficient moyen entre 100 et 300° est 0,00018766. De — 39 à + 100° la dilatation absolue du mercure est très-régulière ; au delà elle cesse de l'être, et cette irrégularité est d'autant plus marquée que le liquide est plus près de son point d'ébullition.

139. *Maximum de densité de l'eau.* — L'eau présente, dans une partie de l'échelle thermométrique, une exception remarquable aux lois générales de la dilatation. Si l'on prend une masse d'eau à 100° par exemple, et qu'on la refroidisse progressivement, on voit, conformément aux lois de la dilatation, que son volume diminue de plus en plus, jusqu'à la température de + 4°. Mais à partir de cette température, si l'on continue à la refroidir, loin de se contracter, elle se dilate et, par conséquent, diminue de densité jusqu'au point de congélation, qui a lieu à 0°. *L'eau éprouve donc un maximum de condensation ou de densité à 4°.*

La température du maximum de densité de l'eau a été déterminée par plusieurs procédés. Un des plus simples consiste à peser une boule en verre, lestée avec du sable, dans de l'eau à différentes températures. Despretz, en se servant d'un thermomètre à eau, c'est-à-dire contenant de l'eau au lieu de mercure, a reconnu que c'est à 4° juste que ce liquide présente son maximum de contraction. Ce phénomène explique pourquoi dans les grands lacs la température de l'eau, à partir d'une certaine profondeur, demeure invariablement égale à 4°, aussi bien en été que pendant l'hiver.

140. *Usages et applications des coefficients de dilatation des liquides. Correction barométrique.* — Le principal usage que l'on fait des coefficients de dilatation des liquides a pour but la *correction barométrique.* Il est évident que les observations barométriques, pour être comparables entre elles, doivent toujours être ramenées à une température constante ; autrement la même hauteur barométrique ne correspondrait pas toujours à la même pression. La température à laquelle on les rapporte est ordinairement celle de la glace fondante. La correction barométrique s'obtient par la formule suivante :

$$h=\frac{h'}{1+kt},$$

dans laquelle h représente la hauteur de la colonne barométrique à 0°, h' sa hauteur à t°, et k le coefficient de la dilatation absolue du mercure. (Voy. page 189, probl. 3.)

141. *Thermomètre à poids.* — Le thermomètre à poids est encore une application des coefficients de dilatation des liquides. Ce petit instrument, imaginé par Petit et Dulong, se com-

Fig. 117.

pose (*fig.* 117) d'un vase cylindrique en verre T muni d'un tube capillaire recourbé sur lui-même et ouvert à son extrémité. L'instrument étant rempli de mercure à 0°, si on le porte à une température plus élevée t, le mercure se dilate et il en sort une certaine quantité que l'on recueille dans une petite capsule C.

Soit P le poids du mercure qui remplit l'appareil à 0° et p le poids du mercure qui en est sorti à $t°$; la fraction $\frac{p}{P-p}$ exprime le rapport du poids du mercure écoulé au poids du mercure qui reste dans l'appareil à $t°$, c'est-à-dire la dilatation apparente du mercure pour $t°$, puisque la température étant la même, les poids sont proportionnels aux volumes. Or, si nous divisons cette fraction par t, elle représentera évidemment le coefficient C de la dilatation apparente du mercure dans le verre; donc

$$C = \frac{p}{(P-p)t}.$$

Il est facile, comme on le voit, d'obtenir la valeur numérique de C. C'est de cette manière que Petit et Dulong l'ont trouvée égale à $\frac{1}{6480}$ ou 0,0001543. Remplaçant alors C par cette valeur, on a

$$\frac{1}{6480} = \frac{p}{(P-p)t},$$

d'où l'on tire

$$t = \frac{p \times 6480}{(P-p)}.$$

142. *Coefficients de dilatation des gaz.* — Les gaz sont de tous les corps ceux qui se dilatent le plus, et dont la dilatation est la plus uniforme. La valeur numérique de leur coefficient de dilatation a été pour la première fois déterminée par Gay-Lussac au moyen d'un appareil composé (*fig.* 118) d'une enveloppe de verre AB ayant la forme d'un thermomètre à grand réservoir, et dont la tige est divisée en degrés d'égale capacité correspondant chacun à une fraction connue de la capacité du réservoir. Le gaz, préalablement desséché, est introduit

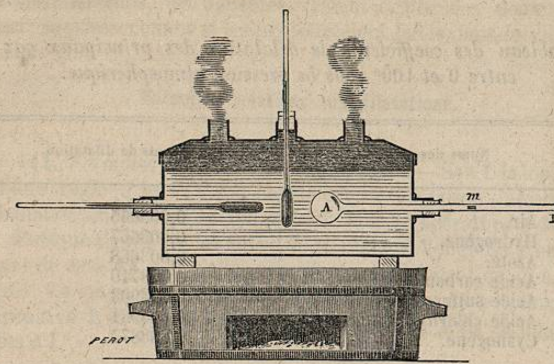

Fig. 118.

dans le réservoir et séparé de l'atmosphère par une petite colonne de mercure m qui sert d'*index*. Cela fait, l'instrument est placé dans une caisse métallique CC' et on porte peu à peu le gaz de la température de la glace fondante à une température t voisine de l'eau bouillante. On note les deux positions successives de l'index. Soient V le volume du gaz à 0° et V' son volume apparent à $t°$; si l'on désigne par k le coefficient de dilatation cubique du verre; le volume réel du gaz à $t°$ sera $V'(1+kt)$. L'accroissement de volume du gaz est donc $V'(1+kt) - V$ et, par suite, le coefficient de dilatation du gaz α sera

$$\alpha = \frac{V'(1+kt) - V}{Vt}$$

Jusqu'en 1837 on avait même admis, d'après les expériences de Gay-Lussac, que tous les gaz se dilatent uniformément, quelle que soit leur densité. Mais, depuis lors, MM. Rudberg à Upsal, Magnus à Berlin et Regnault à Paris ont démontré que tous les gaz n'ont pas le même coefficient de dilatation, et que celui-ci croît, pour un même gaz, avec la pression que supporte ce gaz, c'est-à-dire avec sa densité. Toutefois les différences entre les divers coefficients de dilatation des différents gaz sont très-petites, ainsi qu'on peut le voir dans le tableau suivant :

Tableau des coefficients de dilatation des principaux gaz entre 0 et 100° sous la pression atmosphérique.

Noms des gaz.	Coefficients de dilatation.
Air,	0,003665
Hydrogène,	0,003667
Azote,	0,003668
Acide carbonique,	0,003710
Acide sulfureux,	0,003903
Acide chlorhydrique,	0,003981
Cyanogène.	0,003877

143. *Densité des gaz.* — La densité ou le *poids spécifique* des gaz est le rapport du poids d'un certain volume de gaz avec le poids du même volume d'air à la température de 0°, et sous la pression moyenne de $0^m,76$. Pour l'obtenir on pèse d'abord un ballon de verre de 8 à 10 litres de capacité dans lequel on a fait le vide. On le pèse ensuite plein d'air, puis plein du gaz dont on veut connaître la densité. L'air et le gaz doivent être parfaitement secs, et à la température de 0° : on satisfait à cette condition en plaçant le ballon, lorsqu'on le remplit, dans un vase en zinc entouré de glace. Soit P le poids de l'air contenu dans le ballon et p le poids du gaz dont on cherche la densité. Les volumes étant égaux, les densités sont proportionnelles aux poids : donc on aura, en appelant D la densité cherchée, celle de l'air étant prise pour unité,

$$D = \frac{p}{P}.$$

Remarque. — La pression barométrique doit être, pendant l'expérience, à $0^m,76$. Si elle était différente, on ramènerait les poids des deux gaz à la pression 0,76. (Voy. page 126, probl. 4.) Pour éviter que les variations de pression et de température de l'atmosphère exercent leur influence sur les pesées, M. Regnault a imaginé de faire équilibre au ballon qui sert à peser les gaz avec un autre ballon de même volume et hermétiquement fermé. De cette manière, quelles que soient les variations

atmosphériques, les poussées restant égales des deux côtés, tout se passe comme si les pesées étaient faites dans le vide.

Formules relatives aux dilatations.

144. *Formules relatives aux dilatations**. — Soit L la longueur d'une règle à 0° et δ son coefficient de dilatation linéaire : on demande quelle sera sa longueur L′ à la température t degrés.

Puisque l'unité de longueur de la règle s'allonge de δ en passant de 0° à 1°, elle s'allongera de δt en s'élevant de 0° à t degrés. La longueur L′ s'obtiendra donc en ajoutant à la longueur primitive L sa dilatation $L\delta t$, ce qui donnera pour la longueur totale L′,

$$L' = L + L\delta t \text{ ou plus simplement } L' = L\,(1 + \delta t) \qquad (A)$$

Par conséquent, ayant la longueur d'une règle à 0°, il suffira, pour trouver sa longueur à une température t, de multiplier la longueur initiale par le *binôme de dilatation linéaire* $(1 + \delta t)$.

Cette formule s'applique également à la dilatation cubique. Il suffit de remplacer L et L′ par V et V′, qui expriment des volumes au lieu d'exprimer des longueurs, et de multiplier par 3 le coefficient δ. On aura ainsi

$$V' = V\,(1 + 3\delta t) \text{ ou plus simplement } V' = V\,(1 + kt) \qquad A'$$

k représentant le coefficient de dilatation cubique, lequel, comme nous l'avons vu, est sensiblement le triple du coefficient de dilatation linéaire, le binôme $(1 + kt)$ se désigne sous le nom de *binôme de dilatation cubique*.

2. On connaît le volume V′ d'un corps à t degrés : on demande son volume V à zéro.

La formule précédente $V' = V\,(1 + kt)$ donne

$$V = \frac{V'}{(1 + kt)}. \qquad (B)$$

* Ces formules ne sont applicables qu'aux corps dont la dilatation est uniforme. Ainsi elles peuvent être appliquées aux solides entre 0° et 100°, au mercure parmi les liquides, et à tous les gaz.

3. Soit V le volume d'un corps à t degrés: on demande son volume V' à t' degrés.

On trouve d'abord le volume à zéro en divisant V par $1+kt$; puis on obtient le volume à t' degrés en multipliant le résultat par $1+kt'$; on a ainsi

$$V'=V\left(\frac{1+kt'}{1+kt}\right). \qquad (C)$$

4. Soit D la densité d'un corps à 0°: on demande sa densité D' à t degrés.

En représentant par 1 le volume du corps à 0°, son volume à t° sera $1+kt$. Or, comme la densité d'un corps est en raison inverse du volume que prend ce corps en se dilatant, on aura

$$\frac{D'}{D}=\frac{1}{1+kt};\quad \text{d'où}\quad D'=\frac{D}{1+kt}. \qquad (D)$$

145. *Problèmes sur les dilatations.* — 1. Une masse d'air occupe un volume de 156 centim. cub. à la température de 10° et sous la pression de 0m,78 : on demande le volume x qu'elle occuperait à la température de 35° et sous la pression de 0,75, le coefficient α de dilatation de l'air étant 0,00366.

Appelons V le volume donné. D'après la loi de Mariotte, le volume V, en passant de la pression P à la pression P', devient

$$\frac{VP}{P'}.$$

En appliquant la formule précédente (C), pour le changement de température de t à t' degrés, on aura

$$x=\frac{VP}{P'}\times\left(\frac{1+\alpha t'}{1+\alpha t}\right)=176^{\text{cent cub}},560.$$

2. La densité du mercure à 0° est 13,596 : on demande la densité de ce métal à la température de 75°, son coefficient k de dilatation absolue étant 0,00018.

Soient V le volume d'une certaine quantité de mercure à 0° et V' le volume à t°. Si nous désignons par d la densité du mercure à 0° et par d' sa densité à t°, nous aurons

$$\frac{d}{d'}=\frac{V'}{V},$$

puisqu'à poids égal les densités sont en raison inverse des volumes.

Mais, d'après la formule précédente (A'),

$$\frac{V'}{V}=1+kt;$$

donc

$$d'=\frac{d}{1+kt}=\frac{13,596}{1+0,00018\times 75}=13,414.$$

Ce calcul peut s'appliquer à toute espèce de corps dont la dilatation est uniforme.

3. Deux hauteurs barométriques ont été observées en A et en B, l'une à + 15°, l'autre à — 10° : on demande quelle correction il faut leur faire subir pour les ramener l'une et l'autre à ce qu'elles eussent été à la température de 0°, sachant que le coefficient k de dilatation absolue du mercure est de 0,00018.

On suppose que la hauteur du baromètre en A est de 763 millimètres, et que la hauteur du baromètre en B est de 737.

Désignons par h la hauteur barométrique à 0°, et par h' la hauteur qui mesure la même pression à t° ; désignons en outre par d et par d' les densités du mercure à 0° et à t°. La pression étant la même aux deux températures, les hauteurs seront en raison inverse des densités : on aura par conséquent

$$\frac{h}{h'}=\frac{d'}{d},\quad \text{d'où}\quad hd=h'd'.$$

Or, $d'=\dfrac{d}{1+kt}$ (prob. 2), donc $d=d'(1+kt)$.

En remplaçant d par sa valeur dans l'égalité précédente, nous aurons $hd'(1+kt)=h'd'$, ou simplement $h(1+kt)=h'$; donc

$$h=\frac{h'}{1+kt}. \qquad (140)$$

Si t est négatif, on aura

$$h=\frac{h'}{1-kt}.$$

Remplaçant les lettres par les valeurs énoncées dans les données du problème, nous aurons

pour l'observation A, $$h = \frac{763^{mm}}{1 + 0,00018 \times 15} = 760^{mm},94;$$

pour l'observation B, $$h = \frac{737^{mm}}{1 - 0,00018 \times 10} = 738^{mm},33.$$

4. Un corps perd 10 grammes de son poids dans de l'air à 0°; on demande ce qu'il perdrait si la température de l'air s'élevait à 34°.

La perte de poids que subit un corps plongé dans un gaz est nécessairement proportionnelle à la densité de ce gaz.

Or, d'après la formule précédente (D), la densité de l'air à 34° est

$$\frac{1}{1 + 0,00366 \times 34};$$

donc la perte de poids du corps sera

$$\frac{10}{1 + 0,00366 \times 34} = 8^{gr},893.$$

5. Un pendule en cuivre non compensé et battant la seconde règle une horloge placée, à Paris, dans un milieu dont la température est constamment de 8° : on demande de combien de temps cette horloge varierait en 24 heures, si elle était transportée dans un milieu dont la température serait constamment de 40°, sachant que la longueur du pendule battant la seconde est à 8° de 994 millimètres, que la durée des oscillations d'un pendule est en raison directe de la racine carrée de sa longueur, et que le coefficient de dilatation linéaire du cuivre est 0,0000187.

La longueur du pendule étant à 8° de 994 millimètres, sa longueur l à 40° sera

$$l = 994 \times (1 + 0,0000187 \times 32).$$

Or, les durées des oscillations étant en raison directe des racines carrées des longueurs d'un pendule, si nous désignons par x la durée de chacune des oscillations que fera le pendule à 40° nous aurons

$$x = \sqrt{\frac{994 \times (1 + 0,0000187 \times 32)}{994}} = \sqrt{1 + 0,0000187 \times 32},$$

ce qui donne

$$x = 1^s,0002991.$$

L'horloge retardera, par conséquent, de 2991 dix-millionièmes de seconde par seconde.

Pour avoir le retard en 24 heures, il suffira donc de multiplier $0^s0002991$ par 86400, nombre de secondes que contiennent 24 heures, ce qui donnera, à un centième de seconde près,

$$0^s,0002991 \times 86400 = 25^s,84.$$

Résumé.

I. On désigne, en physique, sous le nom de *chaleur*, la cause qui produit en nous la sensation du chaud ou du froid. On admet aujourd'hui que la chaleur est le résultat d'un mouvement vibratoire des molécules de la matière pondérable, transmis d'un corps à un autre par l'intermédiaire d'un fluide répandu dans tout l'univers et que l'on nomme *éther*.

II. La chaleur appliquée à tous les corps les dilate. On distingue dans les solides la dilatation *linéaire* et la dilatation *cubique*; dans les liquides, la dilatation *apparente* et la dilatation *absolue*.

III. On appelle *thermomètres* des instruments destinés à mesurer la température des corps, c'est-à-dire les différents degrés de chaleur sensible qu'ils contiennent. Ils reposent sur la dilatation.

IV. Les thermomètres proprement dits sont construits avec le mercure ou l'alcool. Leur graduation est établie sur deux points fixes de température : la glace fondante et l'eau bouillante.

V. Il y a trois échelles thermométriques : l'échelle centigrade, de 0° glace fondante à 100° eau bouillante ; celle de Réaumur, de 0° à 80°; celle de Fahrenheit, de 0°, correspondant au froid produit par un mélange de sel ammoniac et de glace, à 212° eau bouillante. Le 0 glace fondante des thermomètres centigrades et Réaumur correspond au 32e degré Fahrenheit.

VI. Les thermomètres à gaz ont pour but d'apprécier de très-petites différences de température. Les principaux sont le *thermomètre différentiel de Leslie* et le *thermoscope de Rumford*.

VII. Les *pyromètres* sont destinés à mesurer de hautes températures. Celui de Wedgwood est fondé sur le retrait qu'éprouve l'argile exposée à une chaleur intense.

VIII. On appelle *coefficient de dilatation* l'accroissement que prend l'unité de volume de chaque corps pour 1° centigrade.

IX. On distingue, dans les solides, deux sortes de coefficients de dilatation : le coefficient de la dilatation linéaire et celui de la dilatation cubique. Celui-ci est sensiblement le triple du premier.

X. Les coefficients de dilatation des solides sont très-différents pour chacun d'eux. Entre 0° et 100°, la dilatation de ces corps est régulière ; au delà, elle cesse de l'être et augmente en général avec la température.

XI. Les coefficients de dilatation des solides trouvent leur application dans la construction des chemins de fer, dans les ouvrages de grosse serrurerie, dans le *pendule compensateur*, qui repose sur l'inégale dilatabilité du fer et du cuivre, et dans le *thermomètre de Bréguet*.

XII. Les liquides se dilatent aussi inégalement. Chacun d'eux possède deux coefficients de dilatation : le coefficient de dilatation apparente et le coefficient de dilatation absolue. Ce dernier s'obtient en ajoutant au premier le coefficient de dilatation de l'enveloppe. L'eau possède son maximum de densité à 4° centigrades.

XIII. Les gaz se dilatent beaucoup plus que les autres corps ; leur dilatation est aussi beaucoup plus uniforme et plus régulière. Leurs coefficients de dilatation, fixés par M. Regnault, diffèrent très-peu les uns des autres.

XIV. On obtient la densité des gaz en pesant successivement, à la température 0° et sous la pression $0^m,76$, un ballon de verre d'abord vide, puis plein d'air, et ensuite rempli du gaz dont on veut connaître la densité.

CHAPITRE XII.

Chaleur rayonnante. Miroirs ardents. Loi de Newton. — Pouvoirs absorbant, émissif et réflecteur des corps pour la chaleur. — Expériences de Melloni. Corps diathermanes et athermanes.

Chaleur rayonnante. Miroirs ardents. Loi de Newton.

146. *Chaleur rayonnante.* — On appelle *chaleur rayonnante* la chaleur qui se transmet * d'un corps à un autre à travers l'espace, et *rayon de chaleur* ou *rayon calorifique*, la ligne que suit la chaleur en se propageant à distance.

La chaleur rayonnante est soumise aux lois suivantes :

1° *Un corps chaud émet de la chaleur, autour de lui, dans toutes les directions.*

Il suffit, pour démontrer cette loi, de placer un thermomètre dans différentes positions autour d'un corps chaud. On voit l'instrument accuser une élévation de température dans chacune des positions qu'il occupe.

2° *La chaleur rayonnante, dans un milieu homogène, se transmet en ligne droite.*

Pour le prouver, on place un écran sur la droite qui joint un foyer de chaleur à la boule d'un thermomètre. L'instrument n'accuse alors aucune élévation de température ; si on enlève l'écran, il monte aussitôt.

3° *La chaleur rayonnante se transmet à travers le vide.*

En plongeant dans l'eau bouillante un ballon de verre renfermant un petit thermomètre, et dans l'intérieur duquel on a fait le vide, on voit aussitôt le thermomètre monter rapidement ; ce qui ne peut être attribué qu'au rayonnement dans le vide, puisque le verre est trop mauvais conducteur de la chaleur pour que la propagation puisse se faire par les parois du ballon et par la tige du thermomètre. Cette expérience a été faite pour la première fois par Rumford, qui lui a donné son nom.

4° *L'intensité de la chaleur rayonnante est proportionnelle à la température du foyer.*

On démontre ce principe à l'aide du thermomètre différentiel de Leslie. En présentant l'une des boules de l'instrument à des sources de chaleur variables, par exemple à l'une des faces d'un cube en fer-blanc rempli successivement d'eau à 50°, 60°, 70°, 80°, 90°, on voit le thermomètre, à distance égale, indiquer des températures qui sont entre elles dans le même rapport que les premières, c'est-à-dire comme 5, 6, 7, 8, 9.

5° *L'intensité de la chaleur rayonnante est en raison inverse du carré de la distance.*

Cette loi se démontre en plaçant l'une des boules du thermomètre différentiel devant une source de chaleur constante, à des distances successivement égales à 1, 2, 3, 4.... On observe alors que les températures indiquées par le thermomètre sont entre

* Nous rappelons ici que par *chaleur qui se transmet* il faut entendre, non pas un fluide particulier se dégageant d'un corps pour se porter dans un autre corps, mais un mouvement vibratoire des molécules matérielles se propageant à distance par l'intermédiaire de l'éther. (Voyez page 162.)