

LA TEMPÉRATURE

1 La Température

Vue : Le premier thermomètre



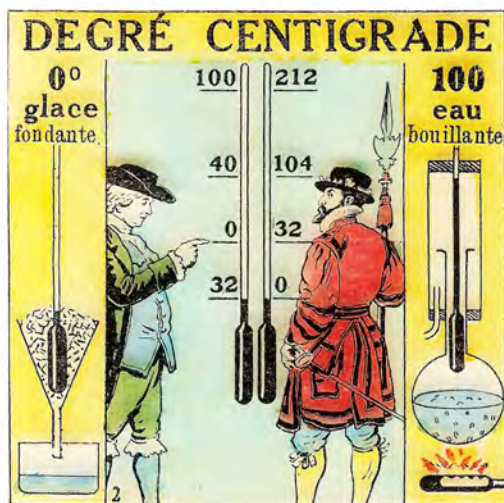
L'hiver des pays chauds, c'est l'été des pays froids. Où commence le chaud, où finit le froid ? Nul ne saurait le dire. Il n'y a guère plus de trois siècles qu'un apothicaire inventa le « caloris mensor » en perpétuel mouvement. A cette époque l'industrie des tubes en verre était inconnue et l'appareil que vous montre la figure n'a guère des thermomètres actuels que le nom. Cet appareil donnait déjà cependant des indications plus précises que celles de nos sens, très variables d'ailleurs avec les individus qui sont plus ou moins frileux.

Le mot *thermomètre* veut dire je mesure le chaud, et le mot *température* sert à désigner la comparaison des sensations de chaud et de froid que nous procurent les corps.

C'est indirectement que nous connaissons la température des hivers rigoureux de l'antiquité ; les historiens ont eu soin, en effet à ces époques, de noter les effets occasionnés par les grands froids, tel que le gel des fleuves qui ne se produit qu'à des températures plus basses que le gel de l'eau tranquille.

2 Le degré centigrade

Vue : Echelle thermométrique.
Point 0 et point 100

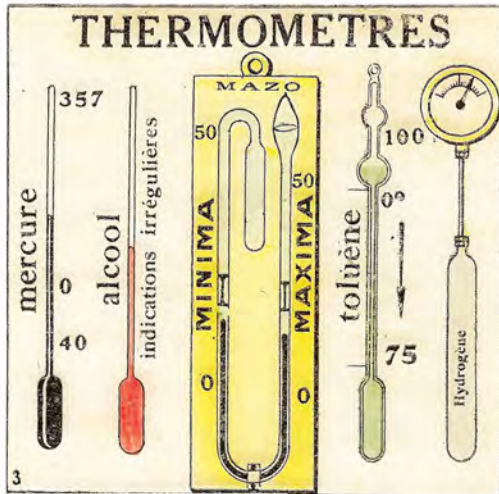


Un apothicaire anglais, Fahrenheit, ayant observé durant des années son « caloris mensor », marqua 0 au point le plus bas, et 100° au point le plus haut. 0 était pour lui le plus grand froid de l'Angleterre, 100 le plus grand chaud. Les Anglais ont conservé pieusement la graduation de Fahrenheit ; elle n'est pas pratique et c'est à Celsius que l'on doit l'échelle centigrade actuellement en usage dans tous les laboratoires. Un thermomètre centigrade marque 0 dans la glace fondante et 100 dans la vapeur d'eau bouillante. Ces deux chiffres n'ont été adoptés, bien entendu, qu'après s'être assuré par maintes expériences, que le liquide du thermomètre revenait toujours au même point dans la glace fondante et dans la vapeur d'eau bouillante. Celsius divisa ensuite l'intervalle de 0 à 100 en cent parties égales et il fut *convenu* que chacun des intervalles serait un *degré centigrade*.

Grâce à cette échelle il est facile d'obtenir des indications précises sur l'état calorifique des corps, ce qui est extrêmement utile dans les applications constantes que la science fait aujourd'hui de l'énergie calorifique.

3 Thermomètres

Vue : Divers thermomètres



Le jeu du thermomètre est basé sur la dilatation des liquides sous l'influence de la chaleur ; les solides se dilatent trop peu, c'est la raison pour laquelle on ne les emploie pas ; les gaz se dilatent trop pour que leur usage soit pratique ; cependant aujourd'hui c'est avec l'hydrogène que l'on construit le fameux **thermomètre normal**, d'une grande sensibilité toujours régulière et qui sert aux savants pour les expériences délicates, nous ne le décrivons pas.

Le tableau vous montre les différents modèles de thermomètres utilisés actuellement.

1. Thermomètre à mercure, dilatation régulière mais ne peut servir au-dessous de 40° , car à cette température le mercure gèle.

2. Le thermomètre à alcool abandonné aujourd'hui, car si l'alcool ne gèle pas à -40° il devient sirupeux et sa dilatation n'est plus régulière, il donne alors des indications fausses.

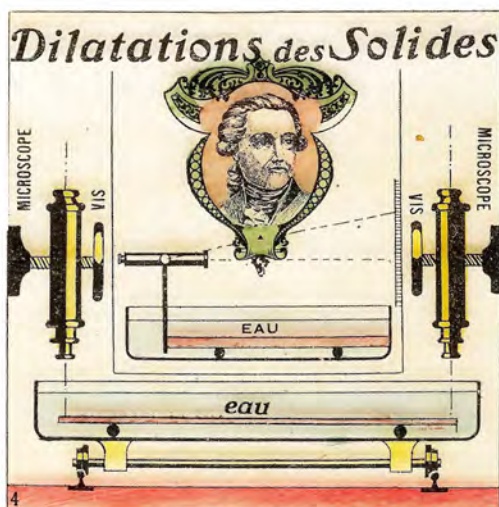
3. Thermomètre à toluène pour basses températures ; le toluène a une dilatation régulière.

4. Pyromètre à gaz (azote) qui sert à mesurer la température des fours en utilisant la grande pression que prend le gaz à haute température. Le gaz est enfermé dans un tube en acier étiré et la pression mesurée par un manomètre métallique.

Enfin on utilise beaucoup les thermomètres à maxima et à minima. Une petite colonne de mercure oscille par la dilatation du liquide de deux réservoirs et déplace des index qui restent en place quand le mercure se retire. Ces thermomètres sont gradués par comparaison.

4 Dilatation des solides

Vue : Méthodes de mesure



La chaleur dilate les solides ; voici l'exemple bien connu de la roue du charron et qui nous a déjà servi dans la leçon sur l'éther (repasser cette vue).

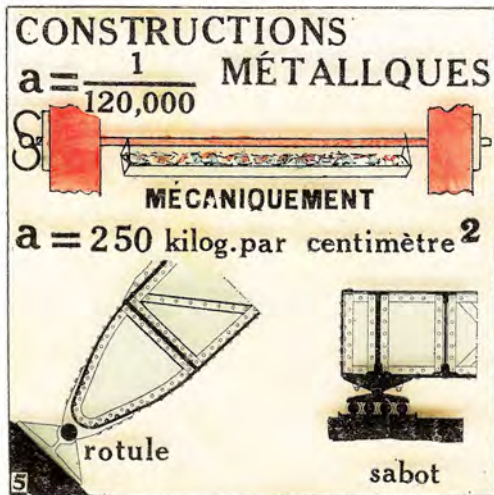
L'étude de la dilatation des solides est extrêmement importante en raison des applications du fer aux constructions modernes. Lavoisier a, le premier, mesuré la dilatation des solides en barres en agrandissant cette dilatation au moyen d'une lunette ainsi que le montre la figure.

Aujourd'hui ces mesures s'effectuent avec des microscopes dont le déplacement est repéré par des vis micrométriques. La dilatation en longueur d'une barre solide de 1 mètre pour 1° s'appelle *coefficient de dilatation linéaire* du solide.

Nota. — On peut, sur un papier calque, écrire les formules et montrer que le coefficient de dilatation en volume est 3 fois le coefficient de dilatation linéaire.

5 Constructions métalliques

Vue : *Efforts produits par la dilatation*

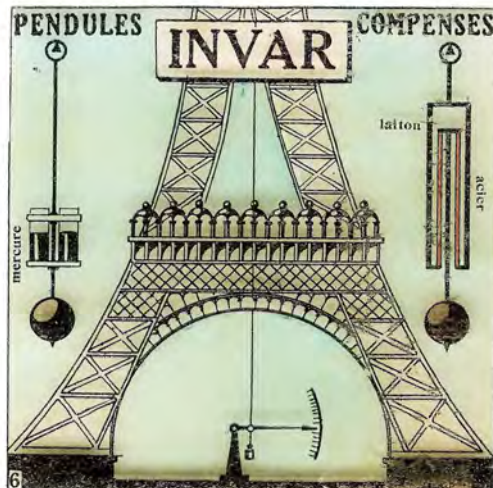


Pour un abaissement de température de 100°, une barre de fer de 1 mètre se rétrécit de 1^m/120,000, et si on s'oppose à cette diminution, la barre exerce un effort de 250 kilogs par centimètre carré. Ce chiffre vous donne l'idée des énormes efforts mécaniques qui se développent dans les constructions métalliques modernes. Ces constructions doivent donc comporter des organes qui leur permettent de laisser jouer la dilatation sans occasionner leur rupture et diminuer leur stabilité. Les ponts à poutres droites utilisent des sabots ; les ponts en arc, des rotules.

(Le professeur fera passer alors quelques belles vues de constructions métalliques qu'il prendra dans notre grande conférence sur l'Art du fer).

6 Dilatations compensées

Vue : *Pendules et l'Invar*

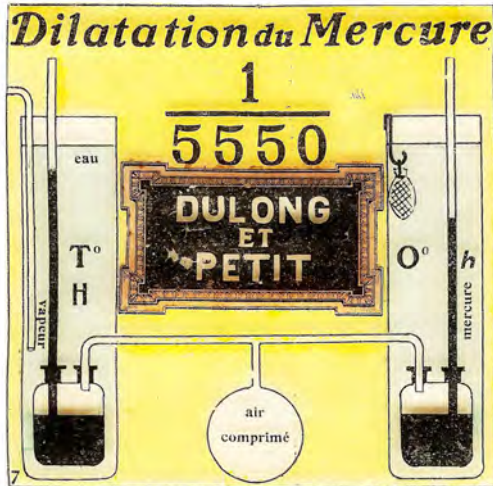


Pour qu'une horloge soit exacte, il faut que la longueur de son pendule soit constante, quelle que soit la température. On arrive à maintenir cette constance en disposant, comme le montre la figure, soit des vases de mercure, soit des tiges de métaux divers dont les dilatations se compensent (montrer comment).

Les physiciens en étudiant les alliages ont trouvé un corps formé de 64 % de fer et de 36 % de nickel dont la dilatation est pratiquement nulle pour les variations habituelles de la température : c'est l'invar. C'est avec l'invar que l'on a pu étudier expérimentalement la dilatation de la Tour Eiffel qui, dans une journée, monte et descend en moyenne de dix centimètres.

7 Dilatation des liquides

Vue : Dilatation du mercure



Prenez un ballon surmonté d'un tube et contenant un liquide coloré, il est facile en l'échauffant de voir que le liquide se dilate, mais il est plus difficile de savoir de combien il se dilate, car le verre s'est dilaté avec lui.

La dilatation observée ou *apparente* est donc la différence entre la dilatation totale du liquide et la dilatation du verre. Pour connaître la dilatation totale d'un liquide il faut donc connaître, avec sa dilatation apparente, la dilatation de l'enveloppe. C'est là une opération à priori extrêmement difficile, mais dont la solution facile a été trouvée par deux physiciens, Dulong et Petit, au moyen du mercure.

Si on connaissait la dilatation absolue du mercure, on pourrait facilement connaître la dilatation d'une enveloppe car il est facile d'observer la dilatation apparente du mercure dans la dite enveloppe. La méthode de Dulong et Petit se base sur le principe de l'équilibre de deux liquides de différentes densités dans des vases communicants et qui donne comme on le sait au-dessus du plan de séparation des liquides : $Hd = H'd'$.

Mais d'autre part la densité d'un liquide augmente quand le volume du liquide diminue et l'on a

$$d = d' (1 + at)$$

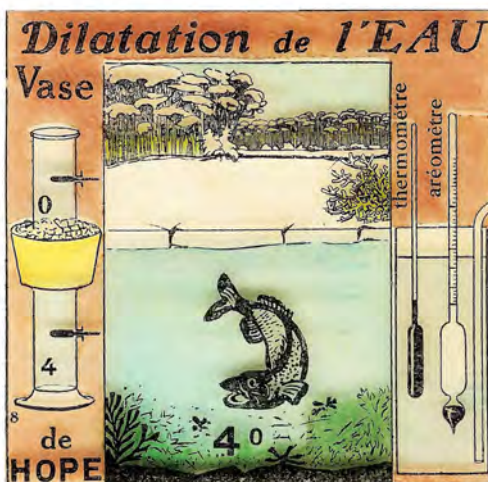
finalement $a = \frac{H' - H}{H t}$ (On peut compléter les détails du calcul sur une feuille de papier calque)

Il suffit donc de mesurer les hauteurs H et H' de mercure dans 2 tubes entourés de manchons d'eau à 0° et à t° et à partir d'un niveau où ces colonnes ont la même pression. Le dispositif de la figure montre la simplicité de l'expérience.

Les tubes qui servent à mesurer le coefficient de dilatation des liquides et dont on a étudié préalablement la dilatation avec le mercure, s'appellent dilatomètres.

8 Dilatation de l'eau

Vue : Un étang en hiver

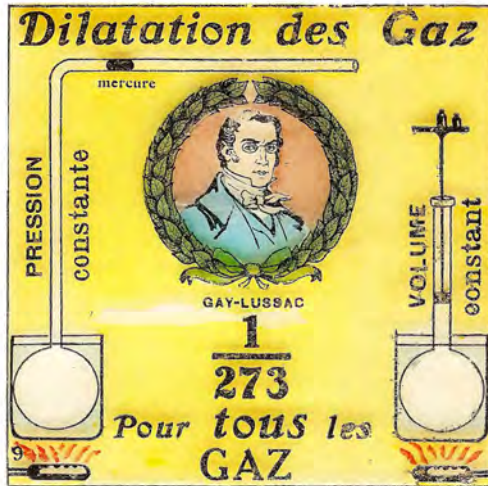


La dilatation de l'eau présente un phénomène curieux : en se refroidissant, l'eau se contracte, mais jusqu'à 4° seulement, puis elle se dilate de 4° à 0° et la glace est plus légère que l'eau. Il est facile d'observer le phénomène, soit au moyen du vase de Hope, soit au moyen d'un aréomètre et d'un thermomètre. L'aréomètre descend jusqu'à ce que l'eau ait une température de 4° puis remonte ensuite ; l'eau a donc à 4° un *maximum* de densité, c'est pourquoi on définit le kilo le poids de 1 décimètre cube d'eau à 4° . L'eau à 4° étant plus lourde qu'à n'importe quelle autre température gagne le fond des bassins ; c'est la raison pour laquelle les poissons peuvent vivre dans les lacs alors que la surface est gelée.

Les eaux salées se congelent à des températures inférieures à 0° . La glace n'est jamais *salée*. N'oublions pas enfin de rappeler que l'eau en se congelant peut produire des effets mécaniques considérables que l'on met en évidence dans les cours par l'expérience de la rupture de la carafe frappée. (Vue du chapitre l'Energie).

9 Dilatation des gaz

Vue : *Expérience de Gay-Lussac*



La dilatation des gaz a été étudiée pour la première fois par le savant physicien Gay-Lussac. Il réchauffait un ballon terminé par un long tube fermé au moyen d'un index de mercure. L'ensemble de ses expériences conduisit ce savant à cette loi importante que *tous les gaz se dilatent également de* $\frac{1}{273}$ *de leur volume pour 1 degré.*

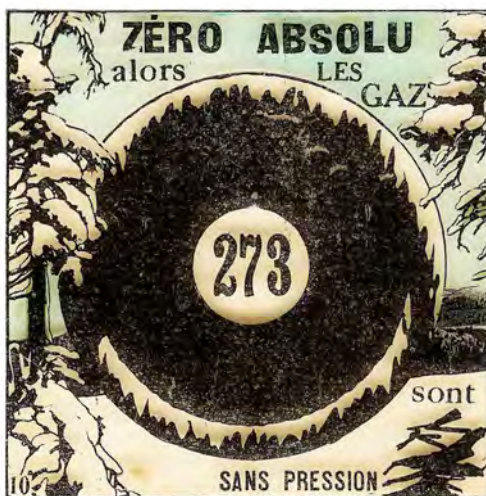
$\frac{1}{273}$ s'appelle *coefficient de dilatation des gaz sous pression constante* parce que pendant la mesure, la pression du gaz ne change pas.

Mais on peut chauffer un gaz en l'empêchant de se dilater, alors sa pression change et dans ces conditions on appelle *coefficient de dilatation d'un gaz à volume constant*, l'augmentation de pression du gaz quand la température s'élève de 1°.

Le savant Regnault, qui a étudié ce coefficient, a montré qu'il avait la même valeur que le coefficient de Gay-Lussac. Ces résultats sont très importants car ils sont utilisés tous les jours par les ingénieurs dans la construction des machines thermiques.

10 Température absolue

Vue : *Zéro absolu*



De 0 degré à **moins** 1 degré, un gaz diminue sa pression de $\frac{1}{273}$

De 0 degré à **moins** 10 degrés, un gaz diminue sa pression de $\frac{10}{273}$

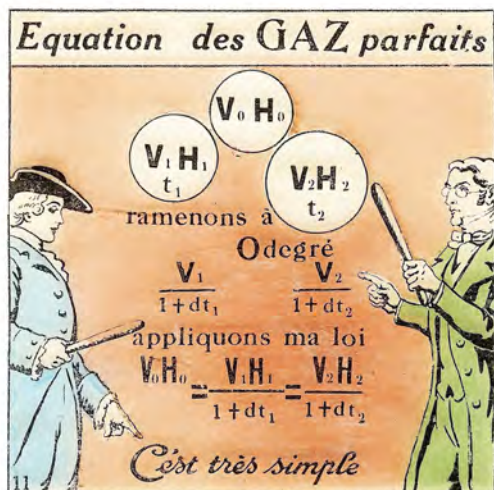
De 0 degré à **moins** 273 degrés, un gaz diminue sa pression de $\frac{273}{273} = 1$ c'est-à-dire que le gaz n'a *plus de pression*, n'a plus d'énergie.

Les savants ont convenu d'appeler cette température de moins 273 degrés centigrades le Zéro absolu, et ils écrivent

T (températ. absolue) = 273 + t (centigrades)

11 Equation des gaz parfaits

Vue : *Gay-Lussac et Mariotte*



Considérons un certain volume de gaz V_0 à 0° et à la pression H_0 .

Ce volume deviendra V_1 à t_1 et à H_1

V_2 à t_2 et à H_2

Si l'on applique successivement à ces volumes

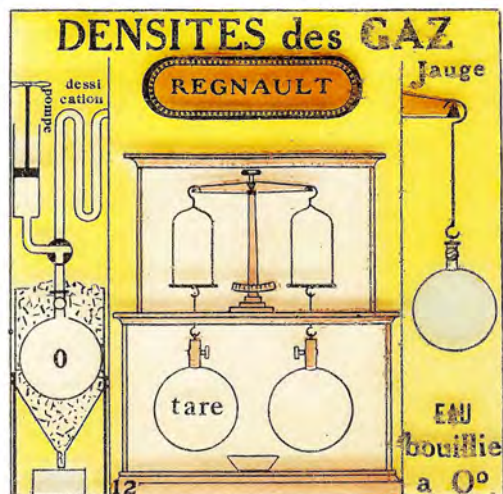
1° La loi de Gay-Lussac ;

2° La loi de Mariotte,

on trouve finalement la fameuse égalité des gaz parfaits : elle ne joue des tours aux examens que parce que les candidats oublient de faire passer Gay-Lussac avant Mariotte. — Avis aux amateurs.

12 Densité des gaz

Vue : *Balance de Regnault*



La densité d'un solide ou d'un liquide c'est le rapport du poids d'un décimètre cube du solide ou liquide au poids d'un litre d'eau. La densité d'un gaz ne s'obtient pas en comparant les poids de volumes égaux de gaz et d'eau, mais de gaz et d'air.

Les densités des gaz ont été déterminées avec une grande précision par Regnault, voici comment :

On prend un ballon d'environ 10 litres :

1° On le pèse vide ;

2° On le remplit de gaz pur et sec à 0° sous 760 (les corrections se font avec l'Equation des gaz parfaits).

3° On le pèse à nouveau et on a P le poids du gaz qui remplit le ballon.

4° On répète les 3 expériences avec l'air et on a p le poids de l'air qui remplit le ballon.

Il s'ensuit que $D = \frac{P}{p}$

Entre les pesées la température peut varier par conséquent la poussée de l'air sur le ballon ; le calcul montre que la différence de poussée peut atteindre quelques centigrammes. Regnault a supprimé cette cause d'erreur en effectuant la tare du ballon par un autre ballon et un petit tube dont l'ensemble a exactement le même volume.

Poids du litre d'air. — Pour obtenir le poids du litre d'un gaz, il faut multiplier sa densité par le poids du litre d'air. C'est encore Regnault qui l'a déterminé exactement le premier en jaugeant son ballon à l'eau bouillie, et il a trouvé un nombre qu'il faut se rappeler mieux qu'une date historique :

1 gramme 293 milligrammes.