



Title	寺尾寿自筆ノート[087]
Author(s)	寺尾, 寿
Citation	
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/89948
rights	Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

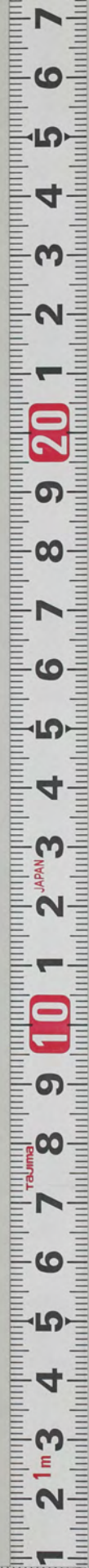
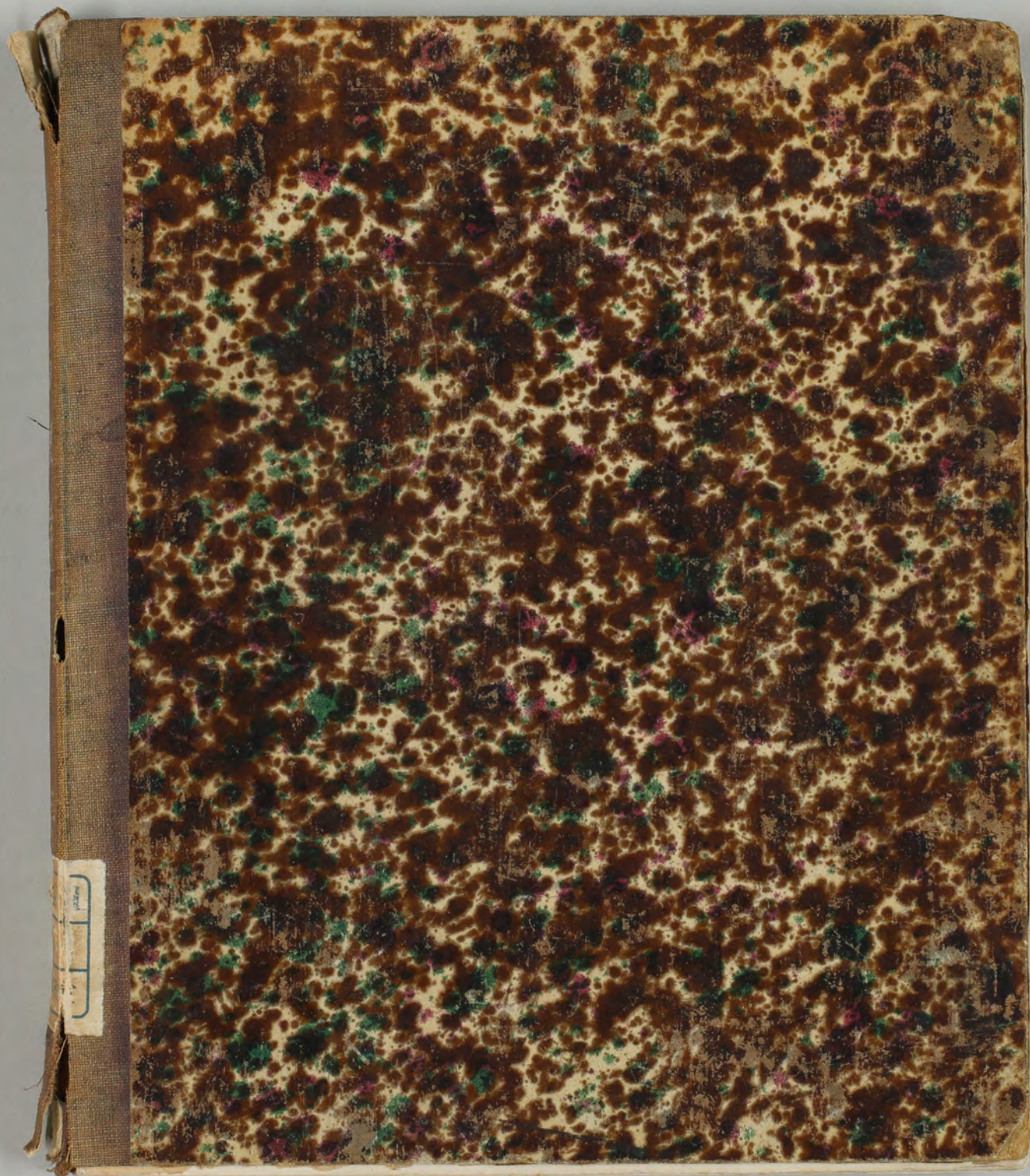


物理学

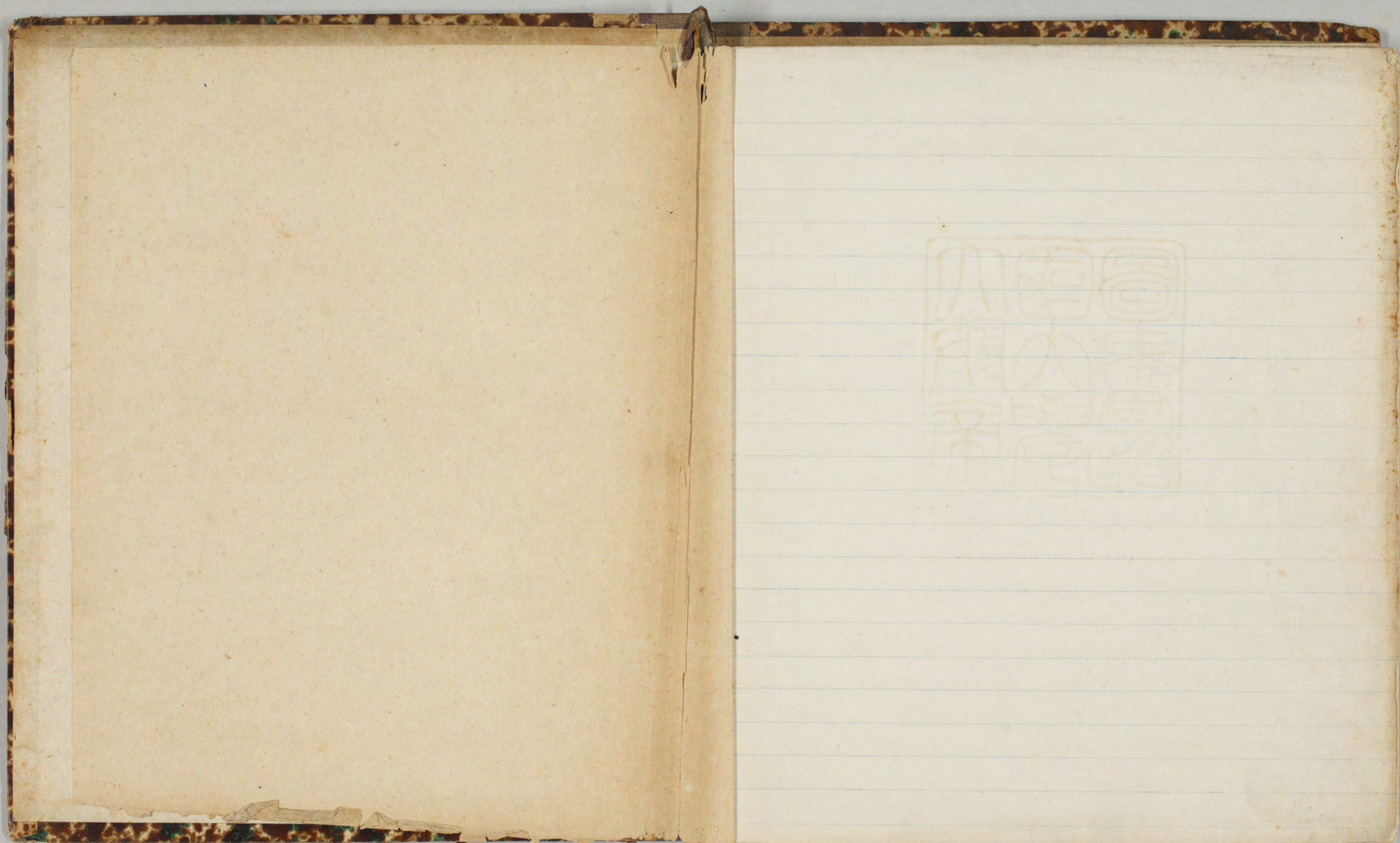
10

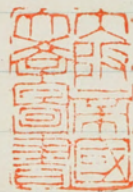
教 学











De la Chaleur.

Il est de la Chaleur comme de tous les agents physiques que nous étudions. Nous n'avons pas besoin d'en faire une science à part, nous nous contenterons d'étudier ses propriétés et ses relations avec les autres agents et de chercher à tracer par le bien ce qu'il y a de commun et de contraire dans les phénomènes de même genre.

La notion de la Chaleur nous parait fort différente d'après que nous faisons à même temps dans un même état. C'est bien que ce corps est plus ou moins chaud. Il paraît que, si l'on ^{par exemple} expose à l'air la flamme d'une bougie quelconque, cette bougie, sans en avoir éprouvé une impression particulière qui se transmette au cerveau par l'intermédiaire du système nerveux, nous fait juger que l'air est dans un état différent de l'état primitif, ou au moins de l'habitude ^{à dire} que sa température est plus élevée. Si l'on a renfermé cette bougie dans un vase qui permet de mesurer son volume, on constate que le volume de l'air a changé pendant qu'il se rapportait à la flamme: le phénomène est d'ailleurs ordinairement son le nom de **dilatation**. Si l'on continue à chauffer cet air, on constate bientôt qu'il se transforme en gaz: c'est ce qu'on appelle un **changement**.

D'état physique. Si l'on va plus loin encore, on pourra constater que ce gaz qu'on appelle vapeur d'eau donne naissance à deux gaz différents & premiers qu'on appelle l'oxygène et l'hydrogène: ce phénomène est une dissociation chimique et quand la dissociation est partielle, une dissociation.

Il y a une série d'autres phénomènes qui sont liés à l'action de la chaleur, comme par exemple la production de lumière, la chaleur concentrée au moyen d'un appareil produit un morceau d'une substance très-combustible comme l'amadou, il met le feu. C'est là un phénomène lumineux et au même temps un phénomène chimique.

Dans d'autres circonstances, la chaleur pourra produire une aimentation ou une cristallisation. L'étude complète de la chaleur doit donc embrasser ces différents genres de phénomènes, rechercher ce qu'il y a de contact, ce qu'il y a de bien expérimental, il sera possible de faire des hypothèses possibles sur la nature de ce que nous appelons la chaleur. Nous devons donc commencer par établir un usage de plus précis que celui que nous fournissons nous-mêmes pour mesurer la température d'un corps, par exemple, nous la déterminons par l'initiation de nos organes ^{la température possible} par le même corps dans la même étendue nous différencier, la chaleur peut être la chaleur d'un corps, l'étude de la même des températures ou la thermométrie, nous nous attachons ensuite à l'étude spéciale de la modification de volume produite

ou négative de ce grand effet pour les températures différentes. Nous nous attachons à classer les différents corps de la nature en groupes soit chacun observés à la même loi, ce sera le chapitre de la Dilatation. Nous pourrions nous proposer aussi de rechercher si la chaleur agit sur les points fixes de ce corps différent l'on fait varier la même façon les températures; nous constaterons qu'il n'y a pas de lien entre ces deux séries d'études. Nous étudierons ce qu'on appelle la Capacité calorifique d'un corps ou bien sa chaleur spécifique c'est à dire la quantité de chaleur qu'il faut attribuer à un corps pour que sa température augmente d'une quantité donnée. Voilà donc l'étude de la chaleur sous ses différents aspects. Nous nous proposons de rechercher les changements d'états physiques de ce corps, passage de l'état solide à l'état liquide, de l'état liquide à l'état gazeux et réciproquement. Nous nous attachons à mesurer la quantité de chaleur nécessaire pour faire subir ces modifications. Nous nous proposons de faire la même étude pour les modifications chimiques introduites par la chaleur. Nous devons étudier aussi comment la chaleur se propage d'un corps à un autre soit à distance soit au contact. Nous traitons, lorsque nous nous occupons de l'électricité et du magnétisme, il nous sera permis d'étudier les rapports de la chaleur avec ces autres agents physiques: j'en ferais une synthèse générale de tous les phénomènes et de leur transformation réciproque nous pourrions montrer que ce que nous appelons la chaleur n'est qu'une

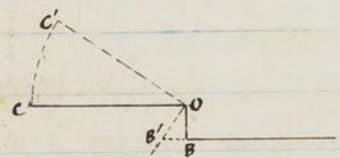
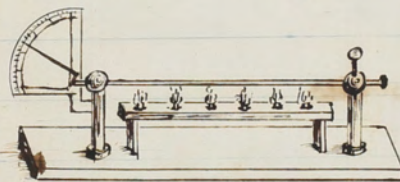
manifestation particulière de cette force & la nature qui produit
tous les mouvements, toutes les phénomènes calorifiques, électriques,
magnétiques.

Chapitre I.

Des Températures.

Faits généraux préliminaires.

Longue & chauffe une barre métallique, on constate qu'elle
s'allonge: cet allongement est généralement faible; mais on peut
le rendre sensible & le multiplier par un coefficient donné à
l'aide d'un moyen d'un pyromètre à levier. Cet appareil

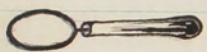


se compose d'une barre métallique supportée
par des colonnes métalliques dont l'une porte
un vis de pression qui sert à fixer l'axe
de rotation, l'autre porte un bras mobile
dont la petite branche sert d'appui contre
l'extrémité libre de la barre. Tout allongement
de la barre peut rendre sensible sur l'axe CC' parce que ce dernier est
égal à BB' multiplié par le rapport $\frac{OC}{OB}$. Au-dessus de la barre, il
y a un miroir qui projette sur une échelle de cette même barre l'indication.

Accroissement de volume des corps solides par la Chaleur.

L'accroissement de volume de ces solides se manifeste généralement
à mesure que l'on chauffe & s'accroît, qui se compare

D'un amorce de bûche ou d'une sphère pleine de diamètre égal à celui
de l'anneau et l'anneau. Cette sphère est suspendue
à une chaîne. Par moyen de la chaîne de ces sortes
pour le chauffer, il suffit de chauffer la sphère; on voit
qu'elle ne peut plus par l'anneau qu'on qu'elle est
restée sphérique car elle s'applique encore sur l'anneau.



On peut aussi montrer à cette chose par cet amorce.
Si nous chauffons simultanément l'anneau et la sphère,
l'on constate que l'anneau continue à laisser passer la sphère, ce qui
prouve qu'ils restent d'égal diamètre; donc les corps creux se dilataient
comme les corps pleins.

Accroissement de volume des corps liquides.

Par le moyen d'un petit ballon contenant un liquide coloré (qui se communique avec le ballon
vison de la table) pour le faire passer dans l'eau chaude.
L'on constate que le niveau descend (Voyez Fig. 2), ce qui prouve à ce que le ballon
se dilate d'abord augmentant de volume et par suite le liquide descend.
Mais si que le liquide s'échauffe lui-même, l'on voit l'anneau
monter rapidement; donc le liquide se dilate et l'expérience se
montre de plus qu'il se dilate plus que l'anneau.

Accroissement de volume et de force élastique des corps gazeux.

Il est facile de montrer l'accroissement de volume, on prend un
ballon fermé à l'extrémité d'un tube, on introduit dans ce tube un petit

index de liquide qui a forme de languette; l'on fait monter
l'accroissement de volume des gaz par le chauffage.

**Définition des températures différentes et des températures
égales.** — Lorsqu'on met deux corps à des époques différentes sur la
même flamme, on observe le même volume, on dit que sa température
est restée la même ou que son état thermique est resté constant.

Si l'on place soit à côté soit à une certaine distance deux
corps quelconques, il arrive généralement que l'un d'eux diminue
de volume pendant que l'autre a augmenté et graduellement; il
arrive à un moment où le volume de volume devient nul et
plus et d'autre, ^{il est alors} on dit alors que ces deux corps sont en équilibre
de température. Si cet équilibre est réel et permanent, c'est-à-dire
à dire s'il n'y a pas de variation de volume de ce qu'il obtient
sur un peu, on dit que ces deux corps sont à des températures
égales. Si au contraire ils sont à des températures différentes.

Thermomètres La comparaison que nous venons d'indiquer
se fait difficilement si l'on est obligé d'y avoir recours chaque
fois qu'on apprécie la température d'un corps. Le thermomètre
est un appareil dont on prend le volume de volume comme type
auquel on compare un autre corps à la même température. Soit A
le corps thermométrique et B le corps dont on veut mesurer la tem-
pérature. Si A a la même température que B et si l'on a défini



probablement les variations de volume de A par la variation de la pression
souterraine, l'a en concluant immédiatement la température de B.

La construction du thermomètre repose sur le deux fait suivants:

1^{re} Un cys quelconque plonge dans la glace fondante sur le premier normand prend un volume invariable; la température de la glace fondante est de une température constante. 2^{re} Un cys quelconque plonge dans de l'eau bouillante sur le premier normand ou sur celui de brasse, qui s'en éleve acquies bécot un volume invariable; la température de l'eau bouillante sur le premier normand est de une température constante.

L'evaluation numérique de la température repose sur la constatation simple. On appelle la température 0° la température de la glace fondante, la température cent la température de l'eau bouillante. On a choisi comme thermomètre qui est le plus exact et le plus sûr l'alcool de rose et de mercure. On est convenu d'appeler degré la variation de température correspondante à centième de la variation de volume opposée de mercure de la rose quand il passe de la température de la glace fondante à la température de l'eau bouillante.

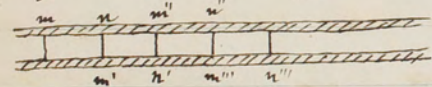
Un thermomètre donne la indication d'autant plus facile
à observer, ^{plus} grande ^{de volume} régulière & tempérée que la variation qu'il
doit mesurer ^{est} considérable. Le rapport d'un volume à un autre est
un degré de volume total & inversement on appelle le coefficient

thermométrique. Un thermomètre ne doit d'atteindre plus propre
à mesurer la petite variation de température que son coefficient
sera plus étendu. — On pourrait croire le thermomètre avec
d'autres que celui-ci. Mais on voit qu'il n'est pas nécessaire de
spécifier la nature du corps thermométrique pour que la température
soit et soit mesurée avec la même précision il n'est pas possible de même
pour les autres. Nous verrons en effet plus tard que des corps qui
peuvent nécessiter des équilibres de température différents et donner
des variations de nature qui sont de fractions différentes de volume total.

Thermomètre à mercure ordinaire ou à Tige. — Le thermomètre à tige se compose d'une tube capillaire cylindrique à l'une des extrémités lequel est soufflé en petit réservoir ou bulbe et l'extrémité de tube en d'égale se termine à mercure; l'autre bout est fermé. Pour construire cet appareil, on commence par faire choir d'un tube bien cylindrique, on rend on a soufflé le réservoir. Et l'on ^{le} continue; à l'autre on soufflé une petite capsule. Il s'agit de remplir l'appareil à mercure bien pur. On commence par chauffer le réservoir, qu'on retire du feu on plonge le bec dans du mercure, et on monte et on marche de l'égale; on retire le thermomètre, l'on fait venir le mercure à l'extrémité de tube. et si l'on a de mercure comme à se contenter, il reste à mercure; on chauffe et le mercure continue à monter jusqu'à faire connaître le niveau; le surplus

pour faire le thermomètre quel on a choisi.

Thermomètre de précision. C'est à dire un verre à l'air et
liquide qui a été que le tube est parfaitement cylindrique, ce
qui n'a jamais été, si l'on veut en un thermomètre de
précision, on cherche à cela qu'il est possible à faire par
diamètre; ce qui a été fait par la gaine de verre qui doit être
une baguette continue quand on la fait venir le long du tube
à mesure d'être de la même épaisseur à l'extrémité du tube;
supposons donc que nous ayons un tube suffisamment cylindrique; il y a
alors des vides de graduation du tube sont des intervalles arbitraires.
On peut graduer le tube ^{par} en parties d'égal volume ou en parties
d'égal légères ou en un intervalle de ^{spécialement} la même composition
entre des divisions ^{convenables} de légères égales. Pour graduer le tube en parties
d'égal volume on y introduit une petite gaine de verre. Soit



soit une partie de la gaine, on marque à l'extrémité de la gaine
un trait en m; si on avance la gaine à mesure la
position m'n', n' coïncidera avec n, on marque à l'extrémité de la gaine
on avance la gaine à m'n'', n'' coïncidera avec n', on
marquera à l'extrémité de la gaine à m''n'' et l'on continuera ainsi
jusqu'à ce que l'on ait le tube; si on marque à l'extrémité de la gaine
diviser le tube en divisions égales et on peut en un nombre de parties

égales ou non quand on le veut; les petites divisions ont le
même aspect de capacité égale si l'on admet que, le verre n
le diamètre ne varie pas sensiblement, on détermine et le
pour faire comme à l'ordinaire, ainsi il y a des a et un
nombre quelconque de divisions entre zéro et cent degrés.
Comme le division 90 à laquelle on donne le zéro, il est facile
de déterminer la température, on a ce effet:

$$\frac{9}{10} = \frac{2}{100} \quad \text{D'où} \quad x = \frac{100 \cdot 9}{2}$$

à diviser la température. Mais tenir compte de la physique,
présenter une autre méthode de graduation à l'usage de la baguette longue et d'un
à faire un tube et la difficulté qu'il présente. Il commence par
une petite division à mesure de la machine à diviser tout le tube
et en la même mesure de parties égales; si l'on continuait une
telle méthode de capacité de chacune des divisions. Pour cela, ils
font le tube en un tube à faire par la même méthode cylindrique
à l'extrémité de laquelle on mettrait des lampes. Supposons qu'on ait obtenu
même qu'on a obtenu par la même méthode
le diamètre et sensiblement constant.
On introduit la machine qui occupe

(la longueur de l'air a une mesure que l'on). Soit PN cette longueur
cette est constant. On fait alors comme à l'ordinaire d'un
certain nombre de divisions à gauche par exemple. L'autre extrémité

de la colonne p' ou encore de p' dans la diffusion de p' dans la
 direction n'est pas oblique à l'axe, et les points M, N'
 ont la même valeur que M, N ; le fait est évident de gauche
 à droite et à droite de la partie M, N , on détermine combien il
 faut de divisions, pour obtenir une capacité égale à la capacité d'une
 division de la partie M, N ; on fait de la même manière le même
 regard de gauche à droite la capacité correspondante, on pourra aller
 ainsi de gauche à droite. On détermine ainsi la partie fin
 comme précédemment et l'on trouve une température quelconque
 et l'on a le nombre q .

Détermination des Coefficients thermométriques Supposons le ther-
 momètre à tige ouvert; nous appelons le coefficient thermométrique
 le rapport de la capacité correspondante à 1 degré à la capacité de mer-
 cure jusqu'à ce point zéro méridien à la même température et nous
 avons dit qu'un thermomètre quel qu'il soit, apprécie mieux
 la petite variation que son coefficient est plus élevé tant que l'autre
 condition égale d'ailleurs. Pour mesurer le coefficient thermométrique
 d'un thermomètre à tige, il suffit de le remplir de la capacité de la tige
 de 0° à 100°, et mesurer ensuite la capacité de réservoir jusqu'à 0° et
 de diviser la capacité de la division par la première. Le rapport ainsi
 à la même température, le rapport de capacité est le même que le
 rapport des poids de mercure contenus. Si j'appelle p le poids

de mercure qui remplit le réservoir jusqu'à 0° et p' le poids de mer-
 cure qui remplit la tige jusqu'à cent, $p' - q$ sera le poids de liquide
 qui remplit la partie de la tige comprise entre 0° et 100°
 et $\frac{p' - q}{p}$ sera donc le poids de mercure contenu entre les
 divisions de la tige. Le coefficient thermométrique est donc:

$$C = \frac{1}{100} \cdot \frac{p' - q}{p}$$

Pour le mesurer le plus généralement employé pour le contrôle
 d'un thermomètre à tige, on trouve

$$C = \frac{1}{6480}$$

Nous venons plus tard que le coefficient thermométrique d'un ther-
 momètre n'est autre chose que le coefficient de dilatation apparent
 du mercure contenu dans un tube de verre ordinaire.

Thermomètre à poids. — Il arrive souvent qu'il est utile,
 pour le plus grand de la nuit, de savoir la température
 tant de la tige d'un thermomètre qui est d'abord plus longue que
 son tube de précision. Il faut se fier surtout à la température du réservoir,
 qui présente toujours quelque incertitude. On peut alors, dans
 quelques circonstances, remplacer le thermomètre à tige par le
 thermomètre à poids qui se compose d'un globe de verre à
 la partie supérieure par un tube très fin et
 recouvert de la capacité et obliquement in-
 significante par rapport à celle du réservoir qui
 est très grand. Les deux thermomètres

à l'eye à gros verre; on a aussi supposé le tube se dilater
 le point 0° n'est à l'extrémité du tube. Remarquons que
 on peut se procurer le thermomètre de la même manière
 mais, car comme il contient une grande masse de mercure, il lui
 faut longtemps pour se mettre à l'équilibre de température avec le
 milieu; à 2^e fois, si le milieu n'est pas très grand on que
 la température n'est pas constante
 le thermomètre peut se mettre à l'équilibre, pour ramener notablement
 la température de ce milieu.

Pour déterminer le coefficient de dilatation, on le capillaire com-
 plètement de mercure à zéro, après l'avoir préalablement purifié;
 on se sert d'un dilaté en fer l'air qu'il contient, par plongement
 le bec dans le liquide, il entre bientôt une certaine quantité de mercure
 on chauffe au-dessus l'appareil
 de façon à chasser tout l'air contenu dans l'appareil, on plonge
 ensuite le bec dans le mercure, l'appareil se remplit; on le refroidit
 le bec plongé tout d'un coup dans une eau contenant du mercure, on
 le fait venir de la glace fondante, on le laisse longtemps, on
 prend alors un capillaire vide de même épaisseur, on le fait
 entrer une ballonne, on y fait toujours cette capillaire on donne
 le bec pour recevoir le mercure qui sort du thermomètre grand
 on le retire de la glace fondante. On a ainsi le poids de
 mercure qui remplit le thermomètre à la température 0°

On se sert du thermomètre de ce capillaire, on le fait de
 approuver avec un verre de l'air, le point à l'extrémité, on
 chauffe jusqu'à ce que la température de l'air 100°, on qu'on
 constate ce qu'il ne reste plus de mercure. On fait alors
 sur la ballonne, le capillaire contient tout le mercure restant
 de la température 0° à la température 100° c'est à dire le mercure
 qui occupait ^{le tube} le point 0° au point 100° s'il y avait une
 fois le poids et P le poids de mercure qui remplit
 le tube à zéro. P-p est le poids de liquide qui s'est
 à 100°, le coefficient thermométrique est donc:

$$C = \frac{1}{100} \cdot \frac{p}{P-p}$$

Si l'on veut avoir la même précision dans les poids, il
 faut avoir des ballons, l'une capillaire de poids plein
 kilogrammes, et remplie à 1 centigramme, par exemple et l'autre
 capillaire de poids et une certaine nombre de grammes et remplie
 de milligrammes. C'est par ce procédé que Dulong
 et Berthollet ont déterminé le plus rigoureusement le coefficient.

$$C = \frac{1}{6490}$$

En tout cas, il faut déterminer le coefficient thermométrique
 du thermomètre. Pour cela on se sert de la température
 au moyen de
 cet appareil, on considère pour le capillaire de mercure à
 zéro, pour le point de la même manière on recueille

de liquide qui a resté dans un capillaire dont on connaît le poids. Soit t_0 le poids de même nature, $P - t_0$ sera donc le poids de même que le rempli à cette température t .

$\frac{t}{6480}$ représente la fraction de volume qui est égale à la capacité d'un degré $\frac{t}{6480}$ représente la fraction de volume du volume correspondant à t degré c'est à dire.

$$\frac{t}{6480} = \frac{V - V_0}{P - V_0}$$

$$t = 6480 \frac{V - V_0}{P - V_0}$$

C'est la formule d'appareil de précision de la mesure, d'abord pour ce que l'on veut et si grand ce qui se compare la grandeur de mesure.

Il y a une graduation à effectuer et que le physicien fait toujours avec beaucoup plus de précision que les mesures des longueurs.

L'état complet de la thermométrie, nous le fera après avoir traité la dilatation.

Etude spéciale de la Dilatation.

On fait de deux sortes de dilatation, la vraie et la mesure faite à l'aide d'un grand collimateur. Les qui sont les mêmes à ces mêmes et ceux qui se déforment. Cette classification ne comprend évidemment pas les liquides et les gaz qui n'ont

pas la forme fixe les mêmes et l'expérience nous montre que les corps amorphes et les cristallins de système cubique sont semblables à eux-mêmes tandis que les cristallins de autres systèmes ont des formes variables avec la température. Dans la première catégorie on peut distinguer deux classes, la première comprend les corps à dilatation uniforme c'est à dire de laquelle l'accroissement de volume ^{est} le qui a pour la température t_0 à t , et indépendamment de t c'est à dire la même que l'accroissement de volume de t_0 à t . La seconde comprend les corps à dilatation non uniforme. La seconde des classes comprend le plus grand nombre de corps solides amorphes entre la température zéro et la température 100° ainsi que les gaz, la seconde de ces classes comprend presque tous les liquides.

Formules pour les Dilatations uniformes. On appelle dilatation linéaire d'un corps solide l'accroissement de longueur que prend ce corps de la température t_0 à t . On appelle coefficient de dilatation linéaire l'accroissement que prend l'unité de longueur de qui a été sa température d'un degré, cette unité est mesurée à 0° .

Problème. Connaissant la longueur l d'un corps à la température t et le coefficient de dilatation linéaire α , de ce corps.

Pour ρ comme on a vu, la longueur à zéro l_0 ,
la longueur l s'accroît à la température t de $l_0 \alpha t$

Donc on a $l = l_0 + l_0 \alpha t = l_0 (1 + \alpha t)$

D'où $l_0 = \frac{l}{1 + \alpha t}$

La quantité $1 + \alpha t$ est appelée le binôme de dilatation linéaire
cette quantité exprime que pour une température quelconque
la longueur l de la longueur l_0 est la même base pour le binôme
de dilatation linéaire et ce nombre constant, on a donc

$$\frac{l}{1 + \alpha t} = \frac{l'}{1 + \alpha t'} = l_0$$

D'où $l' = l \frac{1 + \alpha t}{1 + \alpha t'}$

Dans la pratique, on fait l'approximation suivante; on suppose que

$$l' = l \frac{1 + \alpha(t - t_0) - \alpha^2 t t'}{1 - \alpha^2 t t'}$$

α^2 est un nombre extrêmement petit on a approximativement

$$l' = l \{1 + \alpha(t - t')\}$$

On appelle dilatation cubique d'un corps l'accroissement
de volume de ce corps quand on élève sa température, on
appelle coefficient de dilatation cubique l'accroissement que
prend l'unité de volume quand la température s'élève
d'1 degré (celcius pour les solides et d'1 degré Fahrenheit pour les gaz).

Problème. Connaissant le volume V d'un corps à la
température t et son coefficient de dilatation cubique K ,
trouver son volume à la température t' .

Soit V_0 le volume à zéro, on a évidemment

$$V = V_0 (1 + Kt)$$

D'où $\frac{V}{1 + Kt} = V_0$

ce qui exprime que pour une température quelconque
le volume V d'un corps à dilatation uniforme, le
quotient $\frac{V}{1 + Kt}$ est un nombre constant. On a donc

$$\frac{V}{1 + Kt} = \frac{V'}{1 + Kt'}$$

D'où $V' = V \frac{1 + Kt}{1 + Kt'}$

ou approximativement

$$V' = V \{1 + K(t - t')\}$$

Problème. Connaissant le poids spécifique p d'un
corps à la température t et son coefficient de dilatation K ,
trouver le poids spécifique à la température t' .

Soient V et V' les volumes de ce corps à ces températures

on a

$$Vp = V'p' = V \frac{1 + Kt}{1 + Kt'} p'$$

D'où $p(1 + Kt) = p'(1 + Kt') = p_0$

Donc le produit du poids spécifique par le binôme
de dilatation cubique est un nombre constant. On a donc

$$p' = \frac{p_0}{1 + Kt'} = p \frac{1 + Kt}{1 + Kt'}$$

ou approximativement

$$p' = p \{1 - K(t - t')\}$$

Relation entre le coefficient linéaire et le coefficient de dilatation cubique. Considérons un cube ayant pour arête l'unité, si l'on élève sa température d'un degré son volume devient $1+K$ ou bien $(1+\alpha)^3$, donc on a:

$$(1+\alpha)^3 = 1+K$$

Or on sait l'ultim. développée. On peut l'écrire:

$$1+3\alpha+3\alpha^2+\alpha^3 = 1+K$$

$$3\alpha+3\alpha^2+\alpha^3 = K$$

On néglige généralement α^2 et α^3 car ils sont très petits, de sorte qu'on peut écrire sans erreur sensible:

$$K = 3\alpha$$

Le coefficient de dilatation cubique est donc à peu près le triple du coefficient de dilatation linéaire de la même substance.

Il vaudrait donc mieux à l'expérience de déterminer K et admettre qu'on commette la même erreur absolue plutôt que α ; mais généralement, c'est ce qui est fait. La valeur de α peut se déterminer plus facilement.

Formules relatives aux dilatations variées.

Soit V_0 le volume d'un corps à zéro et soit V le volume à la température t ; la dilatation sera alors $V-V_0$. La dilatation par l'unité de volume est:

$$\Delta = \frac{V-V_0}{V_0}$$

On appelle coefficient de dilatation moyen entre la température zéro et la température t le quotient de la dilatation de l'unité de volume par le nombre t de degrés:

$$\Delta = \frac{V-V_0}{V_0 t}$$

Il est facile de voir que ce n'est le coefficient de dilatation constant d'un corps qui aurait le volume V_0 à zéro et qui se dilaterait uniformément jusqu'à avoir le volume V à la température t .

Soient V le volume d'un corps à la température t , V' son volume à la température t' , le coefficient moyen de dilatation entre les températures t et t' est:

$$\Delta' = \frac{V'-V}{V_0(t'-t)}$$

Lorsque nous cherchons le coefficient de dilatation nous devons appliquer l'une ou l'autre de ces formules. Si on faisait varier la température, on trouve pour Δ un nombre constant, le corps sera à dilatation uniforme; sinon le corps sera à dilatation variée et l'on construira une table donnant les coefficients de dilatation moyen entre les températures données.

Remarquons que l'expression du coefficient moyen, peut s'écrire pour une petite variation de température Δt :

$$\Delta = \frac{1}{V_0} \cdot \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

On appelle le coefficient vrai de dilatation à une température t la limite de la quantité $\frac{1}{V_0} \frac{\Delta V}{\Delta t}$ quand Δt tend vers zéro:

$$C = \frac{1}{V_0} \frac{dV}{dt}$$

Certain physiciens, ont cherché à définir la dilatation moyenne entre les températures t et t_0 , ainsi:

$$\bar{\alpha}_t = \frac{1}{V} \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

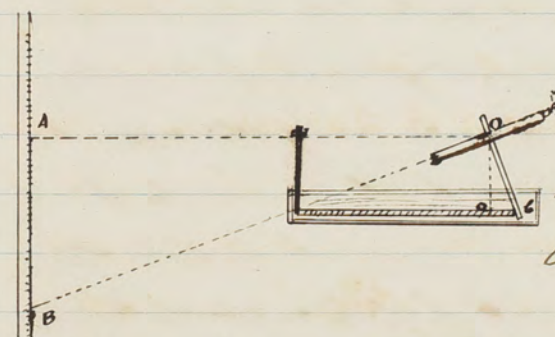
où le coefficient réel sera:

$$\alpha_t = \frac{1}{V} \frac{dV}{dt} = \frac{d \log V}{dt}$$

Dilatation des Corps solides Amorphes. — Il y a deux méthodes générales pour la détermination du coefficient. La première consiste à se servir d'appareils multipliés par le coefficient donné à l'échelle la dilatation est plus précise par la précision dans les mesures. La 2^e consiste à mesurer directement la dilatation tant petite qu'elle soit à l'aide de systèmes perfectionnés.

1^{re} procédé. — Méthode de Lavoisier et Laplace. — Les premières recherches sont dues à Laplace et Lavoisier. L'appareil qui sert à mesurer la dilatation consiste en une règle de pyramètre à bras sur lequel la grande branche et le rayon visuel allant d'une lunette à un point placé à une distance 744 fois le petit bras, et dont le petit bras de bras est une tige en verre normal à la lunette et à son axe de rotation. La barre à étudier peut glisser entre les colonnes au verre en contact ou des cylindres en verre sont fixés sur le sol. Des miroirs commencent à se voir empêcher toute déformation et supportent l'axe de la lunette.

L'extrémité fixe de la barre s'appuie contre un mur et une règle qui est fixée à son extrémité supérieure sur une traverse supportée par les murs en mouvement. On commence par amener la barre à la température zéro, et on remplit l'angle qui l'axe et qui se fait et on vise la mire pour déterminer la direction du rayon visuel. On remplit ensuite l'angle d'un à l'autre que l'on chauffe progressivement; la lunette s'incline peu à peu et lorsque le thermomètre placé sur l'angle indique que la liqueur est à la température fixe de son équilibre, on vise la mire; l'on connaît la distance de la barre à l'axe de rotation et la lunette.



Les deux triangles OAB , Oab , sont semblables on a:

$$\frac{ab}{Oa} = \frac{AB}{OA}$$

$$\text{D'où } ab = \frac{Oa}{OA} \cdot AB$$

O étant ici:

$$\frac{Oa}{OA} = 744 \text{ donc } ab = 744 \cdot AB$$

Il y a la deuxième erreur principale. La première est que la règle n'est pas rigoureusement sur une même horizontalité que le point A. La 2^e est que la règle n'est pas qui est dans la construction de l'appareil se dilate elle-même et on n'en tient pas compte.

II^e Procédé. — Méthode de Roy et Ramsden. — L'appareil se compose de 3 angles égaux. Des baguettes supportent 3 tiges métalliques. Chacune des extrémités de la tige AB est munie d'un support vertical portant à son tour deux fils croisés éclairés à moyen d'un réflecteur. Chacune des extrémités de CD porte une lentille biconvexe portée sur un support égal au premier, et qui sert à observer les objets par les fils croisés de AB. Enfin la tige EF porte un support égal aux premiers, et, autour, munies de lentilles. On commence par remplir les 3 angles d'une glace fondante, et on coupe le vis de pression, on fixe tout le système d'appareil, on fixe à chaque extrémité de la tige à former une lentille vis-à-vis les fils croisés de AB. Les baguettes sont à leur tour attachées et les 2 bords extérieurs de la glace fondante, on marque la place de la ligne médiane par un trait, par lequel on plonge le thermomètre, ce qui a pour effet d'établir le moyen de la température à alcool. La ligne va se dilater et la lentille que l'on formerait à l'extrémité et qui servirait de point de croisement ne serait constituée la même chose, autrement dit, le fil de la tige de AB ne coïnciderait plus avec

l'axe de l'oculaire, et a moyen d'un petit rin
a purno flacie de l'allongement de CD, on fait
monter cette barre pivot sur l'oculaire jusqu'a ce que la
lentille CE appuie avec le pied de coulisse de A sur
son axe optique, il suffit de mesurer la distance de support
D pour avoir l'allongement de la barre ^{la longueur de} camp. vis entre les deux
supports Pour effectuer cette mesure, on a constitue le support D
d'un fais special, on lui d'etre fixe sur ses pieds

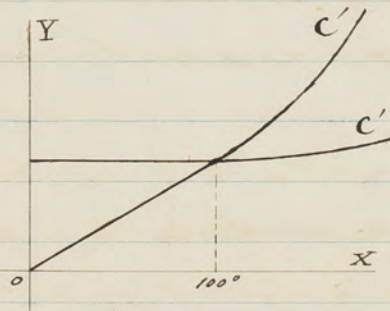
quel a une a moy de la vis de pression, il est
fait d'une piece metallique pourat se mouvoir d.
2 raimeurs paralleles a moy d'une vis microscopique
On peut mouvoir la vis microscopique jn qu'a ramener
l'image de croissement d. l'oeil a l'optique de la lunette fournie
par le rapport F et D. On a ainsi l'allongement de la
lame avec une grande precision. Mais encore ga. bit
quelques causes d'erreur. La distance de l'oeil a l'optique
l'appareil est d. de la glace fondante. La vis microscopique
se debite elle meme, de sorte que la mesure qu'elle donne
n'est pas celle qu'elle donnerait si elle etait a zero.

III^e Procédé. — Méthode différentielle de Dulong et Petit.

Duboy et Petit se sont proposés de déterminer la différence
dans la déviation
de ces forces. Il paraissait d'ailleurs bon de vérifier de

même forme qu'ils plaçaient l'un à côté de l'autre les deux extrémités
 d'un même côté et les deux faces l'une à l'autre à moyen d'une
 pièce en fer munie d'une vis les autres extrémités
 étaient reliées à des tiges de laiton ^{à l'usage} verticales, les faces de laiton
 étaient garnies d'une couche de mastic, l'autre de
 gaze à fines mailles ou à vingtunes, avec la pièce
 dentée. On commençait par plonger l'ensemble dans la
 glace fondante et l'on notait la position de l'anneau par
 rapport à la règle le quel des bords de la plaque était à 0°.
 On portait ensuite l'appareil dans une cage contenant
 de l'huile. Lorsque l'huile était arrivée à la température
 à laquelle on voulait faire l'opération, on faisait la formation
 de la plaque et quelque temps, la température
 devenait constante, on mesurait la longueur
 du fil et on pouvait alors mesurer la longueur
 qui devait être de 10 à 12 millimètres à peu près.
 On avait alors le temps d'observer
 l'allongement des deux bords, on l'obtenait ainsi à 1/100
 de millimètre à peu près. C'est donc une méthode très
 sensible qui a servi de déterminer les coefficients d'
 dilatation de métaux connus. Le coefficient d'
 dilatation est ce.

Résultats des recherches précédentes. En prenant le coeffi-
 cient de dilatation moyenne du différent métaux et d'acier
 ces métaux ne varient pas de manière à changer, on a constaté
 que entre la température 0° et 100°, le coefficient est constant
 et par conséquent, entre ces deux limites, la dilatation est
 uniforme. Au-dessus de 100°, le coefficient va en augmentant, très
 lentement. Si donc on représente la dilatation par une courbe figu-
 rative on peut se représenter la température et par conséquent



les coefficients de dilatation correspon-
 dants, de 0° à 100°, la courbe sera
 une parallèle à l'axe des x et on dira
 elle s'élève lentement et uniformément.
 Si l'on prend pour ordonnées les
 dilatations et l'unité de volume, on
 aura la courbe C' ou la courbe C. En réalité, la
 courbe figurative est certainement une courbe continue c'est à-
 dire que la partie droite de notre figure doit être une partie
 d'une courbe dont le rayon de courbure est très grand et chaque point
 qui se trouve sur la partie droite, on peut admettre que
 c'est une droite et comme la plupart des températures
 usuelles sont inférieures à 100°, on peut se représenter la
 dilatation uniforme.

Dilatation des Liquides. — Ici on distingue deux sortes de dilatation : la dilatation apparente et la dilatation absolue. Soit un liquide renfermé dans un vase gradué. A zéro il occupe un certain volume quel'on lit sur la graduation et que je prends pour unité. A la température t , il occupe un plus grand nombre de divisions, soit Δ l'accroissement de son volume lu sur la graduation, son volume est donc devenu $1 + \Delta$ si l'on suppose que le volume d'eau n'a pu changer de capacité. Soit D l'accroissement réel de volume, son volume est alors $1 + D$. Soit K le coefficient de dilatation cubique du vase, on a alors :

$$1 + D = (1 + \Delta)(1 + Kt)$$

on aura donc :

$$1 + D = 1 + \Delta + Kt + \Delta Kt$$

Pour qu'on ne tienne pas compte de ΔKt on suppose que les coefficients de dilatation sont si petits qu'on les néglige. C'est donc un nombre d'ordre inférieur à K et à Δ , on aura donc sans erreur :

$$D = \Delta + Kt$$

C'est à dire que la dilatation absolue est égale à la dilatation apparente plus la dilatation du vase.

La marche à suivre pour déterminer la dilatation absolue d'un liquide est donc indiquée. Si l'on connaît la dilatation d'un

vase, il suffit de déterminer la dilatation apparente de ce vase. La première chose à faire est donc de déterminer la dilatation d'un vase qui forme le verre. Pour cela on se sert d'un point quel'on fixe : on cherche directement la dilatation absolue du mercure. Soit m cette dilatation absolue à la température t et soit μ la dilatation apparente du vase à la même température. On a alors :

$$m = \mu + Kt$$

Si l'on a le vase et détermine m et μ à la même température, on a la :

$$K = \frac{m - \mu}{t}$$

On verra cependant que le mercure se dilate à peu près comme les corps solides, c'est à dire d'une façon uniforme.

I Détermination de la dilatation absolue du mercure.

Les premières expériences faites à ce sujet sont dues à Duboy, Duboy et Petit; elles ont été reprises avec des appareils plus compliqués par M. Rignault et le m. m. ; mais les résultats se concordent parfaitement : nous ne donnons donc que les premiers.

L'appareil de Duboy et Petit se compose de deux vases communiquants dont le tube de communication est capillaire. Il repose sur le fait expérimental : Si l'on met deux liquides dans un vase à deux faces à ce que le niveau de l'un des liquides se trouve dans le tube capillaire, cette surface

n'est pas horizontal, et le liquide
n'obéit pas à la pesanteur seule;
la route est capillaire; cette
surface est verticale; et note que
les hauteurs de mires de la
tubes a - d'un tube horizontal
sont à raison inverse des poids

spécifiques. Tout appareil est fait sur une pièce
métallique horizontale. L'axe A du tube est d'une enveloppe
métallique percée de trous et destinée à servir de l'axe
fondant. Le tube B est un milieu d'acier formant une bague
à milieu de quel se trouve la manivelle qui enveloppe tout
le tube B et une partie de tube horizontal; les deux tubes
mètres de tubes A et B sont à cet effet. La manivelle est
remplie de liquide et on porte le liquide de liquide plongeant
dans le thermomètre. L'axe à tige et l'autre à poids à une tige,
percée par la méthode à manivelle. Les deux tubes A et
B sont étroitement remplis de mercure, l'un à la
température 0° et l'autre à la température t°, mais avec
attention de l'un et de l'autre liquide. Pour la surface de repère,
noter et de la tube capillaire horizontal. Si j'appelle
h₀ et h la hauteur et p et p₀ les poids spécifiques de ces

des liquides, on aura:

$$h p = h_0 p_0$$

Moins on appelle m le coefficient de dilatation de mercure, on a:

$$p(1+mt) = p_0$$

Donc

$$h = (1+mt) h_0 \text{ et } m = \frac{h-h_0}{h_0 t}$$

équation qui détermine en li l'axe convenant de h₀ et t.
h₀ se mesure à la règle, h-h₀ se mesure à un cathé-
tomètre. Duby et Petit ont trouvé des nombres sensiblè-
ment constants. Voici le résultat:

$$0^\circ \text{ à } 100^\circ \quad m = \frac{1}{5550} = 0,000180$$

$$0^\circ \text{ à } 200^\circ \quad m = \frac{1}{5425} = 0,000184$$

$$0^\circ \text{ à } 300^\circ \quad m = \frac{1}{5300} = 0,000189$$

Ces résultats ont été confirmés par M. Regnault.

II. Détermination de la dilatation apparente d'un liquide dans
un vase. On peut se servir de 3 procédés:

1^{er} Procédé du thermomètre à tige. Le coefficient de dilatation
apparent de mercure du verre n'est autre chose que le
coefficient thermométrique du thermomètre employé. Mais on
sait en effet que le coefficient thermométrique est le rapport de l'ac-
croissement apparent de mercure à son volume total. Nous ne
pourrions donc pas en cette détermination de coefficient. Nous

l'eau qui entre ^{0° au} 100° et t₀.

$$\mu = \frac{1}{6480}$$

Le coefficient de dilatation de l'eau ordinaire est donc,

$$K = m - \mu = \frac{1}{5550} - \frac{1}{6480}$$

Quant à la détermination du coefficient de dilatation apparent de liquid pur, on peut le même thermomètre et on déterminera coefficient thermométrique pour le même liquid. On finit le volume de la dilatation apparente de la dilatation de l'eau, on obtient la dilatation absolue du liquid. On trouve qu'en général la dilatation d'un liquid n'est pas proportionnelle à la température.

2^e Une 2^e méthode employée pour la détermination de la dilatation apparente de l'eau c'est la méthode du thermomètre à poids avec lequel on peut répéter les opérations qu'on nous venons d'exposer pour le thermomètre à mercure.

3^e La 3^e méthode consiste à employer la flèche pour déterminer les densités des liquides, en amenant constamment le liquid à un état qui est, malgré l'étranglement à toutes les températures, à l'équilibre. Ce n'est autre chose que le thermomètre à poids.

Résultats. La dilatation des liquides est une fonction compliquée de la température. Si l'on développe cette fonction on verra sous la forme suivante

la température, on constate qu'elle s'écrit sous la forme d'une fonction du 3^{ème} degré.

$$D = at + bt^2 + ct^3$$

On détermine a, b, c par 3 expériences. Pour la plupart des liquides, on a une formule qui est en concordance avec les résultats de l'expérience.

Maxima et Minima des densités d'un liquid. La densité d'un liquid s'accroît ou diminue lorsque la dilatation s'accroît ou diminue donc le maximum de la dilatation correspond à un minimum de la densité. On aura donc les maxima et minima de la densité en élevant l'équation

$$\frac{dD}{dt} = 0 \quad \text{ou} \quad a + 2bt + 3ct^2 = 0$$

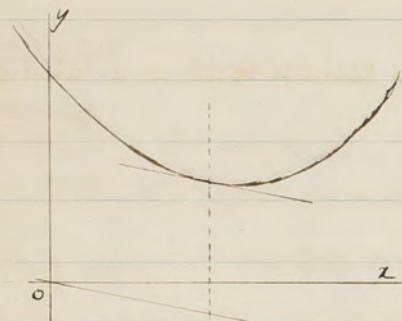
Si les racines sont imaginaires, il n'y a ni maximum ni minimum. Si elles sont réelles, il y a un maximum et un minimum.

Pour l'eau cette équation donne deux racines:

$$t' = 4,001 \quad t'' = 251,0$$

Le second correspond à l'état gazeux de l'eau et nous ne devons y faire attention. La première correspond bien à un maximum et nous venons de le prouver par la méthode directe et par la méthode expérimentale.

Il a pu d'abord faire observer le coefficient γ qui représente le coefficient de volume de l'eau rapporté au volume de l'eau à 0°, on obtient une courbe ressemblant beaucoup à une parabole, pour avoir les véritables variations de volume, il faut ajouter à chaque



une droite qui a pour coefficient angulaire $-K$, K étant le coefficient de dilatation de l'eau. Pour avoir le maximum de densité de l'eau, il suffit de prendre le minimum de l'ordonnée telle que MP, c'est-à-dire qu'il faut mener à la courbe une tangente parallèle à la droite OR. On a trouvé 4°.

En résumé, la température exacte de maximum de densité de l'eau n'est pas fixée exactement: on l'a trouvée tantôt égale à 3° tantôt égale à 3° et tantôt égale à 4° et aussi tantôt égale à 4°,001, ce qui est déjà

Remarque: quand on fait l'expérience de Despretz, il a pu constater la dilatation de l'eau.

On voit même que l'eau

ne se dilate pas à -20° et il a constaté

Despretz a étudié avec son thermomètre à grand volume de dilatation relative, il a reconnu que les dilatations partent, comme l'eau, d'un maximum de densité dans la température finissant à mesure que la quantité de sel dissout augmente; il en résulte que le maximum de densité est reporté au-dessous du point de congélation, ainsi l'eau de mer ne se congèle

tant qu'elle est pure; c'est pourquoi pour le maximum de densité; cela s'explique facilement. Le maximum de densité à 4°

de l'eau s'explique aussi facilement.

Dans ces cas, les canchons profonds ont une température qui va jusqu'à 4°.

Application de la dilatation des liquides à la recherche de la dilatation des Solides

C'est la possibilité de thermomètre à poids, On prend une barre métallique munie d'une petite tige à l'un des bouts qui forme le bras du tube. On termine le tube à l'autre bout comme le thermomètre à poids, connaissant la dilatation de l'eau on a obtenu la dilatation de ce solide qui y est contenu. On a pu en déduire

Soit P le poids de l'eau qui remplit à zéro, D son densité en

Soit p le poids de l'eau dans

à la température t , soit d la densité du métal introduit; il suffit d'écrire que le poids de l'eau est égal à la dilatation de l'eau, plus la dilatation du métal moins la dilatation de l'eau. On a donc:

$$\frac{P}{D}(1+mt) = \frac{P}{D}mt + \frac{P'}{D}Kt - \left(\frac{P}{D} + \frac{P'}{D}\right)K't \quad K' \text{ coef. de l'eau.}$$

Cette équation détermine K . Cette méthode n'est applicable qu'à des solides de métaux qui à moins qu'ils ne soient légèrement expansibles c'est un métal étendu par l'eau, comme le cuivre par exemple.

Dilatation des Gaz.

Preliminaires. Rappel. qu'on appelle coefficient de dilatation α d'un corps, le rapport que prend le volume ΔV à l'unité de sa température Δt d'un degré sans une pression constante. Je montre que le coefficient de dilatation des gaz sont sensiblement constants. Pour ce le volume d'un gaz augmente avec la température avec la même pression, le loi d'expansion est plus approchée lorsque la température varie. Cherchons à quel point la loi est constante lorsque la pression est constante. Soit V le volume d'un gaz à la température t et à la pression H ; soit V' le volume à la température t' et à la pression H' . Cherchons une relation entre ces quantités. On sait qu'il y a une affinité de densité quel que soit le volume, à la pression H et à la pression H' si la température est la même, égale à 0° par exemple. Soit donc à volume V_0 à 0° sous pression H et V'_0 à 0° à la pression H' et soit α le coefficient de dilatation des gaz, on a :

$$V = V_0(1 + \alpha t) \quad V' = V'_0(1 + \alpha t') \quad \text{et} \quad V_0 H = V'_0 H'$$

D'où on élimine V_0 et V'_0 :

$$\frac{VH}{1 + \alpha t} = \frac{V'H'}{1 + \alpha t'} = C$$

Donc pour une même masse gazeuse le produit de sa température par sa pression est un nombre constant.

Ce nombre constant est facile à trouver. Physiciens nous proposent à la température 0° et à la pression 760, on voit alors que le coefficient est égal au volume de la masse gazeuse considérée sous la pression 760 et à la température 0° multiplié par cette pression 760. $C = V_0 \times 760$.

Dilatation des coefficients de dilatation des Gaz.

Il y a longtemps qu'on a fait des expériences pour établir l'accroissement

des volumes des gaz d'un degré à différentes températures.

On commençait même, se consacrant à faire la loi de l'expansion, on expérimentait en fait à pression constante sans le volume et la pression à même temps. Les premiers expériences ont été faites par Gay-Lussac. Celui-ci se servait d'un petit ballon avec une très longue tige et très fine et aussi cylindrique que possible. Il avait enfoncé le gaz dans le ballon à l'aide d'un petit goulot de mercurie qui pouvait se mouvoir le long de la tige et telle que la température du zéro, cet index de mercurie se trouvant au zéro de la naissance de la tige. Gay-Lussac plaçant cet appareil dans une étuve pour la faire horizontale.



Dans cette étuve se trouvant plusieurs thermomètres les uns horizontaux et les autres verticaux. Il y avait un office de dégagement de la vapeur. On chauffait jusqu'à une certaine température. Alors le goulot de mercurie s'élevait.

qu'il venait s'opposer à la tige, mais on ne chauffait pas assez pour qu'il fût possible de faire subir à la pression et la température baissait insensiblement. On observait de temps en temps la température et la position de l'index de mercurie. Soit V le volume de la tige mesuré à zéro, jusqu'à la position qu'occupe l'index à zéro. Soit α le coefficient d'expansion d'un degré à zéro et α' le coefficient

de l'air qui se trouve à la température t . Soit K le coefficient de dilatation cubique de l'air; on a $(V + na)(1 + Kt)$ représente le volume de l'air à la température t . Comme la pression reste la même pendant tout le temps de l'expérience, on peut dire que l'index de mercure reste toujours le même; on a donc aussi:

$$V = \frac{(V + na)(1 + Kt)}{1 + \alpha t}$$

Comme il faudrait cependant représenter quelque quantité de la pression de l'air et de l'expérience, on a écrit la formule barométrique à chaque observation, on a aussi:

$$VH = \frac{(V + na)(1 + Kt)}{1 + \alpha t} H$$

équation qui détermine α . On objecte à Gay-Lussac qu'il n'est pas certain qu'il n'y ait pas de la vapeur d'eau. Il répond que non.

Il a fait la méthode suivante. Il remplit la boule d'air et mesure par la méthode ordinaire, par la boule et le tube étiré et rempli, il adapte à l'extrémité de la tige un anneau de caoutchouc et un tube en V qu'il remplit de chlorure de sodium, de sorte que l'air ne peut entrer dans la boule sans s'être dissout.

par le chlorure de sodium. On a vu le tube de platine qui s'adaptait au tube de verre, Gay-Lussac faisait entre les deux gants à gants. En agitant avec de l'air au-dessus de l'eau, il a constaté qu'il obtenait absolument le même résultat qu'avec de l'air sec.

Voici les résultats

1° Les gaz se dilatent également.

2° Les dilatations sont indépendantes de la pression.

3° Le coefficient de dilatation est égal à $\alpha = 0,00375$

Ces résultats sont confirmés par Dulong et Petit. En 1840, ils font connaître par un Suédois nommé Regnault. C'est par lui que M. Regnault a repris l'étude de la dilatation des gaz et remarqué

que pour l'air, l'air n'est pas le même; j'ai vu qu'il n'est pas le même. On a vu que l'index de mercure se frotte par la boule, c'est à dire qu'il agit sur l'index de mercure, après avoir chassé la boule et le mercure à sa place, l'index ne revient pas à sa position primitive.

Expériences de M. Regnault.

M. Regnault ne fait qu'un travail de révision de la méthode de Gay-Lussac, qui est représentée par la figure ci-dessous, il ne fait que la méthode de Gay-Lussac que M. Regnault a revue minutieusement. Mais

1° Celle de Dulong et Petit de laquelle le volume et la pression de

2° La méthode de

de laquelle le volume de gaz reste constamment constant est la première méthode. 3° est la méthode de

Paillard de laquelle la pression de gaz reste constamment constant est le volume constant.

Méthodes de Dulong et Petit.

L'appareil de Dulong et Petit se compose d'un tube en forme d'U dans lequel on fait

L'apogée qui termine la vie des nations est une communication avec une force ^{à l'}supérieure et résistante. On commence par celui d'ins qui se trouve dans la balle, fin à y fait ce tiers de gaz qu'il a vu et étendu de gaz avec une de la thermomètre. Alors la il se charge d'une autre quantité de vapeur d'eau de la humidité de la fin de la balle; on entend alors le gaz à mesure de la fin de la balle et ce qui est à l'air est ce ne fait à l'air qui y est et est. Et une autre cette opération une quarantaine de fois, il voit une parfaite d'air et d'air insignifiant, on a donc de la thermomètre à l'air de la fin de la balle. Le fait, ~~on voit de la fin de la balle~~ et il est à la fin de la balle de la fin de la balle. Pour, qui est à la fin de la balle de la fin de la balle. L'air de la fin de la balle, voit H la fin de la balle de la fin de la balle. L'air de la fin de la balle, et on fin de la fin de la balle de la fin de la balle.

L'extrémité supérieure d'une petite tige verticale de longueur commune, l
 dont l'extrémité inférieure touche le même. Au moyen d'une petite
 contact d'une même et fin d'un contact. On peut le
 faire à moyen d'une petite quantité de verre ou d'un autre appa-
 reil à qui donne l'écoulement d'une même qui y est contenue. Sans le faire.
 Le même gaz ou l'écoulement d'une même volume $\frac{P}{P_0}$ la pression et
 égale à la pression atmosphérique H ou même la distance h . Comme que
 la quantité $\frac{VH}{P_0}$ est constante, on a alors l'égalité:

$$\frac{\frac{P}{Q}(1+K'T)H}{1+\alpha T} = \frac{P-\beta}{Q}(H'-\lambda)$$

égoutte qui déboulait d. — M. Piquet et avait un je ne
sais quel air ou même l'aspect d'Hannibale, il fut et fut
un bel d'air qui avait réjoui. Amis à tout le monde



L'air humide & se refroidit & se condense & se gèle qui s'analyse avec
le mercure & note que le même le bache le mouille et qu'il ne peut
permettre d'air — etc. Regnault a tenu une fois de la
valeur: $\alpha = 0,0036623$

nombre notablement inférieur à celui de Gay Lussac.
Méthode de Rudberg. Dans la méthode de Rudberg on fait
sortir d'étudier la dilatation de gaz sur une
La appareil se compose d'un ballon d'acier 3/4 de litre rempli d'une
chambre en bûche de la même sorte & qu'on
quel on y fait bouillir. Le col de ballon traverse le couvercle & est muni d'un
Ce col est en communication avec un manomètre
à air libre. Le tube de communication de ballon
on peut se faire un branchement
latéral menant à un cabinet V. La chambre est
chauffée à l'aide d'une grande lampe à alcool,
et le manomètre porte à la partie supérieure
trait A. Supposons qu'on connaisse le volume

de l'air partiel qui se trouve à A, on commencera alors par remplir
le ballon d'air sec et on se servira comme précédemment, le cabinet V étant
ouvert, on verse le mercure par la grande branche jusqu'à ce que le
mercure soit à A, on ferme alors le cabinet R de façon à intercepter
toute communication, puis à l'ajoutage de cabinet V on adapte

une série de tubes & V contenant des matières desséchantes telles que
la potasse caustique ou la soude sulfureuse, et terminés par une
pompe aspirante et foulante. On commence par faire l'air aussi
sec que possible jusqu'à y laisser entrer de l'air sec, on fait bouillir
une seconde fois et ainsi de suite. L'air est alors aspiré une
quatrième de fois comme dans la méthode précédente. On commence
alors par refroidir le ballon qui avait été chauffé & on refroidit de plus
avec de l'eau jusqu'à l'entrée de glace fondante, il se condense alors
de l'air & la température 0° est à la pression atmosphérique, & on a de ce
volume V d'air à la température 0° et à la pression II

Le volume compris à l'entrée & la chambre jusqu'à A.
On appelle t la température extérieure $v(1+Kt)$ & étal
le coefficient. Ceci fait on ferme le cabinet V et on met
à la grande branche de manomètre en communication avec le cabinet R, on
la chambre est alors chauffée jusqu'à la température t'
on verse de nouveau le grand bache de façon à ramener le mercure
à point A l'air est alors à une pression relative d'air sec que celle,
qui est due à la dilatation de l'appareil, on a alors le volume $V(1+Kt')$
à la température t' et à la pression $II'+h$, H' est la pression baromé-
trique et h la différence de niveau. et de même $v(1+Kt)$ à 0° et à $H+h$
Donner la constance de la quantité analogue à

$$\left[V + \frac{v(1+K\theta)}{1+\alpha\theta} \right] H = \frac{V(1+K\P)}{1+\alpha\P}$$

équation de 3^e degré en θ qui détermine de M. Regnault
n'a pas cherché à résoudre directement cette équation; il a remarqué que
le terme $\frac{v(1+K\theta)}{1+\alpha\theta}$ est une terme correctif au volume étant
capillaire, de sorte que, si on le négligeait complètement, l'équation deviendrait
un volume V plus différent de V quelque peu de l'équation complète.
Il ne l'a pas négligé tant de fait mais du moins il a remplacé
par des nombres déjà trouvés; ce qui lui donnait une équation de 1^e
degré dont on a résolu les valeurs plus approchées; c'est ces nombres approchés qu'il
a substitués une 2^e fois dans les termes correctifs et il a obtenu un nombre
un peu différent, il a refait les substitutions jusqu'à ce moment où il se
trouvait que les opérations successives des nombres qui se différencient peu
par des chiffres de dix millièmes; il s'est contenté de cette approximation
et a trouvé le nombre $\alpha = 0.003665$

Ce procédé exige la connaissance des volumes V , θ et de températures θ ,
et θ , les températures θ et θ étaient données par le thermomètre à cet égard
avec la table des volumes mais il est facile de voir que la température
n'étant pas constante il y a donc une ligne d'incertitude. Le jaugage
de volume V se faisait en pesant l'eau qui remplit le ballon jusqu'à
ce qu'il marque sur la table à zéro, on avait jaugé le ballon jusqu'à A
avec du mercure avant de ramener le ballon au ballon.

Méthode de Donillet.

Dans la méthode de Donillet, on
fait le verre, le contenu, le bouchon le premier complètement constant.
L'appareil se différencie peu seulement de celui de Rudberg, mais le verre,
monomètre et tout est enfermé dans une cage en bois d'un seul
pièce

et le verre et qui a rempli d'eau à une tempé-
rature constante. Le monomètre a sa petite boule
graduée à parties égales capaires; on commence
par remplir l'appareil de gaz avec la précaution
employée dans la méthode précédente. On mesure
le volume à 3 fois, on fait le verre que l'on

branches vient à communication et qu'on s'arrête au point A
On a donc le volume V d'air à 0° et à la pression H , et le volume
 $v(1+K\theta)$ à la température θ et à la pression H et on a le volume
de l'air jusqu'au point A, K le coefficient de dilatation de l'air et θ la
température moyenne de l'air. On ferme le robinet V et l'on chauffe le
chambre jusqu'à ce qu'il y ait la température Π d'ébullition, l'air se
dilatant et il se produit une différence de niveau dans le monomètre.
On mesure le volume à 3 fois, on laisse passer à la fois l'air et le mercure jusqu'à
ce que le niveau soit le même dans les 2 branches et B par exemple. La
pression de l'air est connue, on a donc résolu le problème.

On a donc le volume d'air $V(1+K\P)$ à la température
 Π et la pression H' et le volume $v(1+K\theta')$ à la température θ'

ce à la base H' est inférieure

$$\left(V + \frac{v(1+K\theta)}{1+\alpha\theta} \right) H = \left(\frac{V(1+K\theta)}{1+\alpha\theta} + \frac{v(1+K\theta')}{1+\alpha\theta'} + \frac{a(1+Kt)}{1+\alpha t} \right) H'$$

équation de la 2^e degré en α que l'on résout par la méthode d'approximation

On a trouvé pour le premier nombre $\alpha = 0,003665$
ce nombre qui est sensiblement égal à $\frac{1}{273}$ et généralement adopté.

Variation de α avec la pression. M. Regnaud employait les deux dernières méthodes pour se rendre compte de la différence, c'est la qu'il se rendait à la pompe foulante et il a constaté que, pour le même gaz, le coefficient de dilatation ne s'augmente pas avec la pression, il a trouvé qu'avec

pour l'air à 100°	$\alpha = 0,3648$
pour l'air à 100°	$\alpha = 0,3665$
pour l'air à 100°	$\alpha = 0,3709$

$D = 0,0044$

Pour l'acide carbonique, il a trouvé:

C ⁰	1	0,3685
	4,7	0,3859

$D = 0$

On remarque que le coefficient de dilatation s'augmente avec la pression et peut remarquer aussi qu'il ne s'augmente pas de la même façon pour tous les gaz.

Variation de α avec la nature du gaz Les tableaux précédents suffisent pour montrer que tous les gaz n'ont pas le même coefficient de dilatation, mais le nombre sensiblement le même, M. Regnaud

se rendait à la pompe foulante de Pouillet pour voir à côté et aussi identiques que possible mais les deux manomètres ont un grand manche commun.

Il a rempli l'un des appareils d'air et l'autre d'acide carbonique et d'acide carbonique avec la pompe employée précédemment. Dès qu'il a chauffé, il a pu constater que toutes les dilatations se différencient à mesure que le manomètre s'élève.

Variation de α avec la Température. On a utilisé l'appareil de la pompe foulante. La balle est placée entre deux chambres en fonte qui peut verser du fluide, le mercure et l'eau qui a une surface qui donne une au col de la balle, et pour une autre surface qui donne issue à la pompe d'un thermomètre à poids destinée à mesurer la température de l'huile de la balle à chaque expérience. On a vu ainsi à de multiples reprises que ne s'attendant pas à ce que l'on a trouvé qu'à la même température le gaz se dilate moins à mesure que la température s'élève.

Conclusions. - 1^o Le coefficient de dilatation α est égal à $0,003665$ ou à $\frac{1}{273}$ pour l'air à pression atmosphérique et il varie avec la nature.
2^o α varie avec la pression.
3^o α diminue quand la température s'augmente.
Quoi qu'il en soit, comme on verra, sont toujours faibles.

Logue nous amène à dire. Par la même, cette température
varie entre de limites extrêmes, on pourra admettre que le soleil
à cet instant si le soleil n'éprouve aucune variation extrême.

Dilatation des Corps solides Cristallisés.

[illegible]

de l'oeil optique, comme tout le monde, il a deviné l'autre.

Après M. Scherlich, M. Fizia a étudié de nouveau la dilatation
du cristallin et employé les procédés nouveaux. Ces procédés, lui ont permis
de mener à son bout une région de la dilatation et la contraction. Il a
fauc à faire paraître, nous ne pouvons ^{ici} que dire, il ne pourra se
donner qu'un bon coup d'oeil.

Théorie. Les expériences précédentes nous montrent que :

Les lignes à faces parallèles restent à faces parallèles. Soit le cristal
 uniaxe et soit le cristal, cette surface restera plane quand la
 température du cristal variera. De même si le cristal est biaxe
 quelconque dans un cristal, cette ligne restera constamment droite et restera
 d'intersection d'axes plans. Il résulte de tout cela que, si le cristal
 est uniaxe quelconque quelconque dans le cristal, la ligne de cette surface ne
 variera pas quand la température variera. Soit une surface droite en
 oblique. Remarquons que, si dans un cristal, on considère un point comme
 fixe, le déplacement de ce mobile quelconque en, quand on élève la température,
 ne se fait qu'environnement par la droite ou, la distance d'origine le
 fait en $\frac{1}{2}$ ou $\frac{1}{2}$ d'unité de la longueur
 de la droite ou.

Théorème. Dans un cristal n'appartenant pas au système cubique, il y a 3 directions rectangulaires pour lesquelles la double^{te} se fait sous 20 directions différentes et il n'y en a que trois.

Considérons un effet une sphère d'un cristal. Supposons son centre fixe. Si l'on élève la température, cette sphère va devenir une ellipse quelconque de même centre. Considérons un point quelconque de la surface de cette sphère et de sa tangente en ce point. Si l'on change la température, la tangente et le point quelconque de la surface vont se déplacer. Dans le mouvement relatif à la sphère, le point quelconque de la surface va se déplacer dans une direction quelconque. Si l'on y a que trois directions de dilatation principales, les points tangents aux extrémités des rayons vont se déplacer dans les directions des trois axes de l'ellipse.

Dilatation cubique. Considérons un petit cube d'un cristal à zéro du froid et perpendiculaire aux axes de l'ellipse. Considérons une appellation Directions de Dilatation principales les axes et est égal à l'unité. son volume est 1. Soit a, b, c les coefficients de dilatation linéaires, soit en 3 directions, qu'on appelle coefficients des dilatations principales et soit Δ la dilatation cubique lorsque la température va de la température t à t_0 .

$$1 + \Delta = (1 + a)(1 + b)(1 + c)$$

on en développe :

$$1 + \Delta = 1 + a + b + c + a(b + c) + \dots$$

$$\Delta = a + b + c + ab + ac + \dots$$

Soient 3 points, les axes a, b et c , les axes de la surface de la sphère. Soient 3 points, les axes a, b et c , les axes de la surface de la sphère. Soient 3 points, les axes a, b et c , les axes de la surface de la sphère.

accroissement relatif, par rapport à ces coefficients. On peut donc en grande partie négliger les termes en a^2, b^2, c^2 et la grande dilatation cubique est égale à la somme des dilatations principales :

$$\Delta = a + b + c.$$

Coefficient de dilatation suivant une direction quelconque. Supposons con-

sidérons les 3 directions principales a, b, c , et soit α, β, γ les angles que fait une direction quelconque avec ces 3 axes. Soit MP la projection de la direction quelconque sur l'axe a . La dilatation n'est pas MP mais MP, MP est perpendiculaire à OM , et le coefficient de dilatation n'est OM et est égal à $\frac{MP}{OM}$. Appelons Δ_x , Δ_y , Δ_z les projections de MP sur les 3 axes, on a alors :

$$MP = \Delta_x \cos \alpha + \Delta_y \cos \beta + \Delta_z \cos \gamma$$

Mais on a, en appelant x, y, z les coordonnées du point M :

$$\Delta_x = ax \quad \Delta_y = by \quad \Delta_z = cz$$

Dans ce cas :

$$MP = ax \cos \alpha + by \cos \beta + cz \cos \gamma$$

Appelons f le coefficient de dilatation suivant la direction quelconque, on a :

$$f = a \frac{x}{r} \cos \alpha + b \frac{y}{r} \cos \beta + c \frac{z}{r} \cos \gamma$$

Mais $\frac{x}{r}, \frac{y}{r}, \frac{z}{r}$ sont les cosinus des angles α, β, γ , donc on définit :

$$f = a \cos^2 \alpha + b \cos^2 \beta + c \cos^2 \gamma.$$

Celle est l'expression du coefficient de dilatation suivant la direction α, β, γ .

Ellipsoïde de dilatation. Pour fixer les coordonnées x, y, z de la dilatation principale et représenter un ellipsoïde représenté par l'équation

$$ax^2 + by^2 + cz^2 = 2\varphi$$

Théorème I La que la température va à l'infiniment d'une mole.
et la surface d'un corps normal à un point à la surface.

Théorème II. La même quint uéside est une
cinqaine de même de rage recte.

$$\rho = a \cos \alpha + b \cos \beta + c \cos \gamma$$

$$l = a \frac{x^2}{r^2} + b \frac{y^2}{r^2} + c \frac{z^2}{r^2} = \frac{2\phi}{r^2}$$

Détermination de l'Ellipsoïde de dilatation. Parmi les 5 systèmes cristallins autres que le système cubique, le plus grand pour tout des indications sur les directions des axes de dilatation principaux. Ainsi le système de pyrite cristallise à base carrée le système de pyrite cristallise à base rectangle ou à base losange, de pyrite cristallise à base parallélogramme, à base hexagonale rhombique présentent une origine, qui est évidemment une des directions de dilatation principaux. Il suffit donc d'étudier

La dilatation perpendiculaire est à cet égard la même que la dilatation parallèle. De la même façon, si l'on veut à l'inverse connaître immédiatement les directions qui sont indéterminées dans le système de la rectangulaire, on connaît aussi la direction qui est la 2^{ème} direction de la rectangulaire. La difficulté est plus grande pour les autres systèmes à l'usage de l'enseignement géométrique. En fait, pour le dernier système cristallin à forme oblique, on ne peut pas déterminer avec des directions principales.

Mesure des Températures (suite).

Comme nous l'avons dit déjà, la mesure de la dilatation des corps est la base à laquelle on établit la mesure des températures. On a construit, en effet, aujourd'hui des appareils qui mesurent les températures élevées et qui servent à mesurer les températures basses, qui ont la dissociation des corps composés.

I. Mesures des températures par la Dilatation des corps. —

Choix du corps thermométriques. En choisissant des températures de 0° et 100°, les températures indiquées par un thermomètre de n'importe quel corps, ne sont pas constantes, parce que les différents corps se dilatent inégalement. Il faut donc toujours avoir soin de spécifier la nature du corps employé. Nous allons discuter sur la base de choisir que les pyromètres ont fait de ces ^{mesures} ~~choix~~ ^{choix}.

Corps solides. — Les corps solides sont ceux qui présentent la plus faible dilatation. Ainsi entre 0° et 100° le coefficient de dilata-

tion est que 1 à 3 cent millièmes. Par conséquent si la dilatation n'est pas de cette dilatation pour mesurer les températures, on a des appareils, ^{pour} très sensibles, de plus la dilatation solide ne peut pas être mesurée et ils ne sont jamais obtenus à l'état de pureté parfaite et à cette fin, la dilatation solide n'est pas modifiée avec la dilatation physique des liquides. Ils sont plus, de sorte que les thermomètres n'apportent pas la dilatation de même que les solides ne mesurent pas comparables entre eux et même un même solide ne peut pas être comparé à lui-même à des instants différents. Le usage des corps solides doit donc être évité.

Corps liquides. — Quant aux liquides, ils ont une dilatation assez notable, mais que le même qui est le moins dilatable des liquides a un coefficient à peu près égal à 0,00018. En conséquence, les liquides sont commodes à la grande mesure de la forme des vases des liquides ou la mesure de l'abaissement de la mesure qui les contiennent se dilatent avec eux et cette dernière dilatation est notablement sensible pour les liquides. Il y a une autre chose à considérer, c'est que les thermomètres à mercure constants avec des vases différents ne sont pas comparables entre eux et que les thermomètres donnent à des instants différents des indications qui ne sont pas comparables entre elles à cause de la modification que subit le vase le quel a éprouvé des températures élevées ou basses.

Corps gazeux. — Les gaz sont éminemment dilatables. Ainsi le coefficient de dilatation d'un gaz est égal à 1/273 à 0° et à 1/273 à 100°.

celui de verre. Une petite variation de température de verre produira
donc un changement sensible de volume sans former constante, celle
de plus la différence de la nature du verre qui forme le thermomètre à
gaz n'influent pas d'une manière appréciable sur le résultat à cause de
l'incertitude de la composition à celle du verre. On voit que
des thermomètres à gaz construits avec du verre différents sont comparables
entre eux. De plus, il est de même des erreurs qui résultent de la
modification due à la température. Elles sont absolument négligeables par rapport à la
grande variation de gaz. Donc la indication d'un même thermomètre à gaz restera
comparable entre elles. On a donc tout intérêt à prendre un gaz comme objet
monnaie. Le gaz qui vient naturellement à l'esprit est l'air, gaz excellent
pour cet usage, car il est le plus commun, et sa composition est la même
quelques autres substances (étrangères) ou à tout le moins à gaz de composition constante.
Le thermomètre à air n'est pas celui que nous comparons à présent.
C'est le appareil de M. Regnault qui est le plus exact. On peut voir
le thermomètre à air. Les expériences qui devraient donner lieu à la construction
naissant de. L'un de ces appareils, n'est pas parfait, car on voit, c'est
celui de Regnault le volume est constant, pour deux raisons. 1^{re} c'est
que il n'est pas possible de se servir de l'air de l'atmosphère qui n'est pas
rigoureusement exacte 2^{de} c'est qu'il comporte une sensibilité constante
si que tout soit toujours à la même distance relative au
niveau de l'atmosphère. On appelle ce thermomètre thermomètre normal.

Il est clair que ces appareils ne sont employés que pour des
expériences précises, si on a besoin d'une égalité pour faire chaque
détail. Dans la pratique il n'en va pas ainsi que les comparaisons
un thermomètre à mercure à un thermomètre à gaz pour donner le thermomètre à mercure. On
a tout ainsi l'inconvénient qui résulte de la différence de nature des
verres qui forment les thermomètres. Mais ces thermomètres sont tous sujets
à la modification due à la température et au verre.

Thermomètre à vapeur d'Iode. — Ces thermomètres à air ne sont
pas limités par la température de l'atmosphère de verre, on a bien
rempli le verre par la vapeur d'iode ou par la vapeur, mais lorsque la pression
devient considérable dans l'intérieur le verre se brise. On a donc
de gaz. M. Duvillier et Becquerel ont imaginé de déterminer la tempé-
rature par la pression de la vapeur d'iode qui remplit la boule de l'appareil
détachée de la partie supérieure de la température. Ils prennent donc
une boule de porcelaine à long col, et y placent quelques grains d'iode et mettent
la boule dans une fiole à l'empêcher de se briser avec un petit bouchon
à la façon qui se ferme parfaitement. L'iode entre immédiatement
en vapeur et donne naissance à l'air qui se trouve dans la boule. Le
bouchon est la température de la vapeur d'iode. On peut alors la flamme d'un chalumeau à l'empêcher de brûler et cette flamme
sur le bouchon de la boule de manière à la fermer hermétiquement. On
pèse la boule et la balance est la température. Si l'appareil est le volume de

ballon à 0° x la température inconnue, le poids de la vapeur contenue sera:

$$1.293 \cdot V(1+Kx) d_1 + \alpha x \frac{H}{760} \quad \text{Pistonné & refroidi}$$

Chacun ne dit pas qu'il y a poids. On a bien pu se tromper de ligne (ou de l'ell.)
 et d'ici qui n'est pas de la même, on n'aurait pu le dire et on le suppose
 pour l'air et la balance. Il faut ajouter un autre poids pour
 établir l'équilibre, on a donc:

$$p = 1.293 \cdot V(1+Kx) d_1 + \alpha x \frac{H}{760} = 1.293 \cdot V(1+Kt) d_1 + \alpha t \frac{H}{760}$$

ou

$$p = 1.293 \cdot V \frac{H}{760} \left(d_1 \frac{1+Kx}{1+Kt} - \frac{1+Kt}{1+Kx} \right)$$

 équation dans laquelle on peut déterminer toutes les quantités, ce qui
 donne x

Thermomètre à liquide

On aura décrit en détail le thermomètre à
 mercure, à tige ou à poids. Le thermomètre à tige est beaucoup plus
 employé à cause de sa commodité. Longi-thermomètre à tige
 présente une échelle arbitraire en parties d'égalles capacités, il est très
 facile à chaque expérience de déterminer la température correspondante. Soit en effet

On déterminent

a et c les nombres correspondants aux points de mesure de
 la glace fondante et du ^{l'effervescence} bouillonnant dans la pression de l'air soit b
 le niveau de mercure à cette température et x soit la température et

T soit la température du bouillonnant à cette pression. D'après
 la définition de degré les quantités x et T sont proportionnelles
 aux volumes apparents comparés entre b et a et c et a. On a donc:

$$\frac{x-a}{b-a} = \frac{T-a}{c-a} \quad \text{donc } x = T \frac{b-a}{c-a}$$

Dans un grand nombre de cas le type de thermomètre est trop long
 pour plonger le milieu de la tige dans la température et on n'a
 qu'une petite colonne de mercure et on a des deux milles. Soit d le niveau
 qui marque les 2 milles. On a la température x inconnue et la
 à la température extérieure t. Pour trouver la température x, il me
 suffit de trouver quelle soit la dilatation apparente du liquide compa-
 rée à celle de l'eau qui y est enfermée pour la température
 si il est que nous apprenons que la température ambiante t à la
 température x. Cette dilatation apparente sera donc $\frac{(b-d)(x-t)}{6480}$
 celle soit la dilatation. A quel accroissement cela correspond-il? C'est
 l'accroissement de volume c-a qui correspond à une variation de température
 T. Donc $\frac{T}{c-a} \frac{b-d}{6480} (x-t)$ donne l'accroissement correspondant
 à cet accroissement de volume $\frac{b-d}{6480} (x-t)$ la température que soit T $\frac{b-a}{c-a}$, on a donc:

$$x = T \frac{b-a}{c-a} + T \frac{b-d}{c-a} \frac{x-t}{6480}$$

$$x = \frac{T}{c-a} \left((b-a) + \frac{(b-d)(x-t)}{6480} \right)$$

Il arrive et généralement pour simplifier cette formule on se
 fonde que si on a fait a, la formule devient:

$$x = T \frac{b-a}{c-a} \left(1 + \frac{x-t}{6480} \right)$$

équation de 1^{er} degré en x. — Ajoutons que nous pourrions
 pour simplifier la formule qui donne x, on remarque que $\frac{x-t}{6480}$ est
 une correction, on y remplace x par le nombre de la tige thermométrique.

Différentes échelles thermométriques. On employait différents échelles

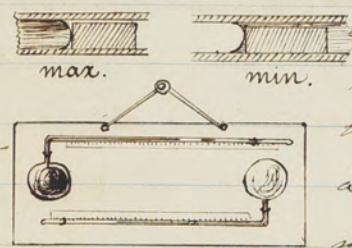
thermométriques (l'échelle centigrade) Réaumur marque 0 de la glace fondante. Il y a 80° de 1° centigrade, de sorte que chaque division centigrade vaut $\frac{8}{9}$ ou $\frac{4}{5}$ de degré Réaumur. La différence à point de départ diffère de 212° ou 180° Réaumur. L'écoulement correspond à la température de la bouillie, le point fixe inférieur est déterminé thermométriquement par la glace fondante. Les thermomètres centigrades et Réaumur correspondent réciproquement à 32° de thermomètre Fahrenheit. De sorte qu'un degré centigrade vaut $\frac{9}{5}$ de thermomètre Fahrenheit. Si j'appelle C, R, F, les températures, les 3 sorts de thermomètres plongés dans la même matière, on aura donc :

$$\frac{C}{100} = \frac{R}{80} = \frac{F-32}{180} \quad \text{ou} \quad \frac{C}{5} = \frac{R}{4} = \frac{F-32}{9}$$

Connaissant l'un de ces quantités, C, R, F, on peut en déduire les autres.

Thermomètre à alcool. Le mercure se congèle à la température de -40°, on ne peut pas se servir de thermomètre à mercure pour les températures au-dessous de la température à laquelle le mercure se congèle. Les thermomètres à alcool ne sont pas généralement si précis que ceux à mercure. La température la plus basse alcoolique possible dans le tube, si elle est grande, dans le thermomètre à alcool pour comparaison avec le thermomètre à mercure et la dilatation de l'alcool n'est pas la même que celle du mercure et il y a une erreur.

Thermomètres à maxima et à minima de Rutherford. Ces thermomètres ne diffèrent des thermomètres à mercure et à alcool qu'en ce qu'ils se



placent horizontalement et qu'ils ont la tige se mouvant sur un petit index. Le thermomètre à maximum est un thermomètre à mercure, le thermomètre à minimum est à alcool. L'index est maintenu par l'alcool et il vient se maintenir sur le mercure, se dirigeant vers le thermomètre à maximum. L'index se maintient en avant du mercure jusqu'à la température d'équilibre; lorsqu'il s'abaisse, il se maintient en place et il en résulte que sa position indiquera la température la plus élevée qui s'est produite entre les observations si l'on a eu soin de le ramener au contact du mercure. Quant au thermomètre à minimum, l'alcool qui est en contact entraîne l'index en mouvement de contact, si ce que son mercure maintient est index, mais si la température s'élève, l'index retourne en place, se dirigeant sa position indiquera la température la plus basse qui s'est produite entre les observations si l'on a eu soin de ramener l'index à la position d'équilibre.

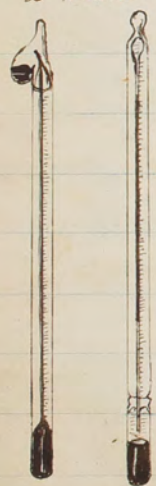
Thermomètre à maxima et à minima de Six. Ce thermomètre se



compose de deux branches verticales réunies entre elles horizontalement. Les deux branches sont de diamètre différent, la partie supérieure qui a la partie inférieure. Elle contient deux tubes de verre qui contiennent de l'alcool. Les deux tubes sont remplis exactement de l'alcool et se trouvent en contact avec le mercure à une certaine distance. Les deux tubes sont

de même se trouvent de petits index qui flottent légèrement contre le
paroi. Supposons que la température s'élève; et le mercure ne s'élève
cette même ne monte, de sorte que l'index en restera en place tandis que
l'index ne monte pas restera à une position déterminée par la température
la plus élevée; si au contraire la température s'abaisse, l'index en restera en place et
une, la température va à s'abaisser; ce sera l'index en qui restera en place et
l'index en monte jusqu'à ce point correspond au minimum de la
température. Cet appareil donne donc en même temps les températures maximales
minimales comprises entre deux observations. À chaque observation on remène
les index au contact avec le mercure au moyen d'un petit aimant qui se
fait glisser le long de la tige et qui attire l'index contenant le petit
morceau de fer.

Thermomètres à maxima et à minima de Walfordin.



à maximum ressemble beaucoup à un grand thermomètre à tige mais dont
la tige n'est pas droite et est courbée. L'index est à l'extrémité de la
tige et est enfermé dans une ampoule soudée à la tige.
L'appareil contient du mercure. Pour déterminer la
température maximum se fait en cette façon, on chauffe
le thermomètre jusqu'à ce que le mercure arrive à la
pointe de l'ampoule, puis on le retourne et l'inclinaison; de
sorte que, quand il refroidit le mercure entre dans la tige.
On obtient le refroidissement de la température s'élève
à maximum.

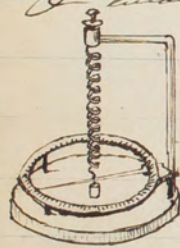
à celle qui a été mesurée et on redonne l'appareil. Supposons que
la température s'élève, l'appareil est ainsi préparé; le mercure sortira de
la pointe; soit V par exemple la température maximum indiquée; il y
aura le maximum de la température correspondant à cette température V ; mais après
que le thermomètre sera refroidi et restera en repos, progressivement, le
mercure se contractera et le mercure dans la tige descendra et s'arrêtera à
une certaine hauteur et s'opposera à l'ampoule. Pour déterminer cette tempé-
rature V , on place l'appareil dans un bain qui se chauffe progressi-
vement; lorsque le mercure du mercure atteindra la pointe, la tempéra-
ture du bain sera précisément la température V ; on lira donc cette
température maximum sur le thermomètre ordinaire placé dans le bain.

Le thermomètre à minimum a une forme un peu différente; la
tige se prolonge inférieurement de la division à mesure; elle débouche inférieu-
rement dans une ampoule. L'appareil contient du mercure et le mercure infé-
rieur la pointe inférieure contient du alcool. La tige est remplie d'alcool.
La quantité de mercure est telle qu'en retournant l'appareil la pointe soit
dans le mercure. Avant de faire une expérience, on retourne d'abord l'appareil
de manière à ce que le mercure entre dans la pointe jusqu'à ce qu'il se réunisse
jusqu'à ce que tout l'alcool contenu dans la tige soit recouvert par le mercure
et que la tige se remplisse de mercure. On agit l'appareil à cette tempé-
rature inférieure à la température minimum que le mercure du thermomètre
l'appareil; à ce moment la tige contient du mercure et on retourne

l'autre. Si la température s'élève il y a de la vapeur une quantité
de mer et de plus en plus considérable. Si elle continue de brûler la
température s'élève et est de 100 degrés. Tout à la fois la vapeur
qui se trouve dans la tige s'élève et se condense en une quantité de mer
et la vapeur s'élève de la même manière. C'est précisément la
pointe de la tige, si la vapeur est de la même manière et
qu'il y a un peu de vapeur et d'appareil qui a amené de la même
la tige à l'inférieur inférieure de la tige. A ce moment la température de la tige
est précisément la température minimum.

Thermomètre métallique de Bréguet.

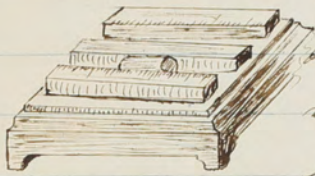
Il se compose de 3 tubes, argent, or et platine, remplis d'un liquide expansible capable de
démontre la force et la forme du liquide. Comme ces 3 métaux sont
inégale dilatation, si la température varie à l'égard l'un d'eux
le liquide se déplace et s'élève. On fixe la partie supérieure et à la
partie inférieure on a une aiguille qui est attachée à un
cadran. On a donc un appareil pour comparaison
avec un thermomètre à tige ordinaire. L'ordre de dilata-
bilité est or, argent, or, platine.



Pyromètre de Wedgwood.

Les pyromètres sont destinés à mesurer
hautes températures. Le pyromètre de Wedgwood repose sur le fait que
l'argile exposée à des températures supérieures à celle à laquelle on l'a prise
présentement subit une contraction qui subsiste de même qu'elle se

refaît. On a construit de petits tubes de terre et argile de
même dimension et pour tout glissement de la règle
dont l'angle est égal à l'ouverture de la terre. Longue
et se fait un morceau d'argile ainsi posé, il suffit de la
faire glisser et la règle se mesure sa contraction.
C'est à dire la température de la terre en règle
portant une graduation qui a fait pour comparaison.

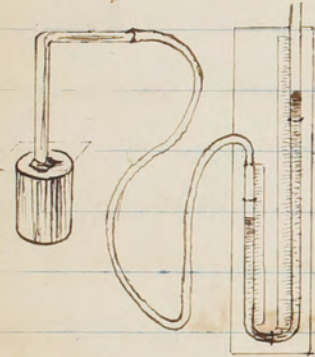


On a utilisé aussi pour la mesure des températures élevées des pyromètres
analogues, à pyromètre à l'échelle qui nous a servi à mesurer la dilata-
tion des métaux.

II. Mesure des Températures par la Dissociation des Corps Composés. —

Il y a peu d'années qu'on a découvert le phénomène de la disso-
ciation des corps composés. Lorsqu'un corps composé est soumis à une
haute température de chaleur à — ou à plusieurs gaz, la dissociation de
ce corps se fait à toute température et d'après une loi bien simple. Si
le corps est exposé à une haute température, sa dissociation se produit
si qu'il y a une certaine température de gaz et de gaz auxquels elle donne naissance.
C'est ce qu'on détermine souvent avec la température et caractéristique pour
chaque température de gaz et de gaz. On obtient la dissociation s'arrête,
si la température s'élève comme la température doit diminuer, une partie
des éléments se réunissent pour constituer le corps composé à partir.

Il résulte de ces faits que, si l'on donne un corps on a fait ce qui
 pour la table de tensions & de dilatation comparant, à diverses
 températures, la force, et l'on donne une tension, on a immédiatement
 la température correspondante. — Or, l'anneau a constant le poids connu
 et la force. C'est ce petit barreau en platine dans lequel on a mis
 une substance élastique. Cet appareil est à
 platine et le barreau est en platine et le barreau est en platine.



une substance élastique. Cet appareil est à
 platine et le barreau est en platine et le barreau est en platine.

de dilatation qui est à la différence. Il suffit de lire la table de la
 force correspondante. Généralement même, le manomètre a lieu
 d'être gradué en pouces, pour les indications de températures.

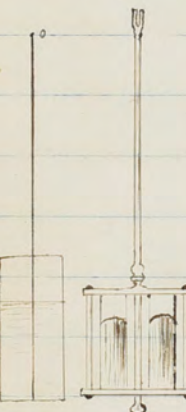
Application des études des Dilatations.

Pendule compensateur.

L'anneau fait en platine et le barreau est en platine et le barreau est en platine.

Par suite cette quantité constante, il n'est pas besoin que la soit constante
 mais elle suffit. Or, par suite, on a vu que la constante a été calculée
 la distance de l'appareil de force à la que $a + \frac{K^2}{2}$ reste constant.

On a alors exposé de ces principes permettant de rendre cette quantité à
 constante. 1° Le premier principe consiste à employer un poids de la forme
 d'un cylindre métallique posé à son extrémité inférieure et on a une
 constante de mesure. Il est facile de déterminer la
 centre de gravité. Soient



Soient p le poids de la tige, p' le
 poids de
 Soient x, x'

On a : $PX = px + p'x' + p''x''$
 à zéro par exemple. Supposons que la température change
 t , le poids de l'appareil ne change pas, mais le centre de gravité
 se déplace et la distance, en appelant x, x', x'' les nouvelles distances, du
 centre de gravité à l'axe de suspension, on aura alors.

$$PX_1 = px_1 + p'x'_1 + p''x''_1$$

On a : $x = x(1 + \alpha t)$
 et appelle α le coefficient de dilatation linéaire. Le vase est vase et le point
 de la barrière est la base de suspension au centre de gravité, ce
 est le barrière est la base de suspension au centre de gravité, ce

$$x'_1 = x_1 - (x_1 - x'_1)(1 + \alpha t) = x_1(1 + \alpha t) - (x_1 - x'_1)(1 + \alpha t) = x_1(1 + \alpha t)$$

$$V_1 = \pi r^2 x_1 \quad V = \pi r^2 (1 + \alpha t) x \quad V_0 = \frac{V}{1 + \alpha t}$$

équation détermine la nouvelle hauteur du cylindre mercureiel, donc:

$$x'' = x(1+lt) - \frac{(x-x')(1+mt)}{(1+2lt)}$$

On a déduit la valeur de x ,

$$PX = p x(1+lt) + p' \left\{ x(1+lt) - (x-x')(1+lt) \right\} - p' \left\{ x(1+lt) - \frac{(x-x')(1+mt)}{2(1+2lt)} \right\}$$

Mais voyons que x , resté égal à x exprime qu'il n'y a eu que le premier membre resté indépendant de t ; le second membre est une fraction de forme:

$$\frac{At^2 + Bt + C}{B't + C'}$$

Pour qu'elle soit indépendante de t , il faut que $A=0$.

$$A=0 \text{ et } \frac{B}{B'} = \frac{C}{C'} \text{ ce qui fait 2x conditions sur les constantes}$$

p, p', p'' et x, x', x'' .

Une autre pendule comparatrice, appelée pendule à grilles, se compose

de 2x tiges en fer verticales et parallèles réunies par 2x traverses en cuivre.

La traverse inférieure porte à l'extrémité de tige précédente

2x tiges verticales en laiton réunies à la partie supérieure

par une nouvelle traverse horizontale, ce qui forme un cadre intérieur

sur le premier. Cette traverse supérieure porte une nouvelle tige

en fer dont l'une de ses extrémités est fixée, l'autre est

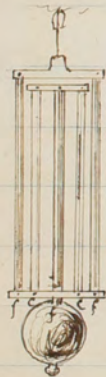
beaucoup de fois au-dessus de la pièce mobile du grand cadre, elle

porte une petite spirale et se voit à l'œil nu qui permet

de s'assurer à volonté de la hauteur de la spirale. Dans tout ce dispositif

on fait entrer les 2x spirales de cuivre refaites à bras net,

de sorte que la spirale est égale à la distance, quant à la spirale,



elle est fixée par son centre de sorte que le centre de gravité est au point

fixe de la tige. Pour exprimer que la distance de centre de gravité

à l'axe de suspension ne change pas, on employant idéalement

la même spirale que précédemment. On a vu ainsi que la fraction

de la forme $At+B$ est la même avant $A=0$ fait condition de compensation.

Densités des gaz. Pour les gaz, on a abondamment la relation de la com-

pression à l'air de la densité et des limites relatives. On appelle densité

d'un gaz le rapport d'un volume de ce gaz au poids d'un même volume

d'air pris dans la même condition de pression et de température.

Pour que la densité d'un volume de gaz soit constante, il faudrait que la

densité soit la même pour tout le gaz, il faudrait que la densité du gaz

soit la même pour tout le gaz. Aussi s'agit-il de supposer que la densité

(ou la masse volumique) du gaz est la même pour tout le gaz, et que la densité

du gaz au poids d'un égal volume d'air, ou la densité du gaz, est la même

pour tous les gaz. — Proposons-nous de trouver la densité

des gaz, en mesurant leur volume, sa température et sa pression, ainsi que sa densité

ou sa masse volumique. On a vu d'air à zéro ou à 760° faire 1,293. Appelons

V_0 le volume du gaz à 0° et à la pression normale, et supposons que le volume

soit mesuré à ces mêmes conditions de température et de pression, et que le volume

soit V , et le poids du gaz sera: $P = 1,293 \cdot V_0 \cdot d$.

Pour obtenir V_0 , on a vu que $\frac{V}{1+at}$ est constant, on a vu:

$$\frac{V}{1+at} = V_0 \cdot 760^\circ \text{ donc } P = 1,293 \times V \cdot d \cdot \frac{1}{1+at} \cdot \frac{760}{760}$$

Supposons qu'un volume de vapeur se soit un gramme de gaz p.
 que ce gaz p. soit d'une densité h. Alors le poids réel est connu.

$$p = 1,293 \cdot V \cdot d \cdot \frac{1}{760} \cdot \frac{h}{760}$$

et le poids coloré sera :

$$P - p = 1,293 \cdot V \cdot d \cdot \frac{1}{760} \cdot \frac{H - h}{760}$$

C'est ce qu'on a écrit dans le gaz. M. Regnault a déterminé la densité
 du gaz. M. Regnault a mis d'abord une cuvette de cobalt
 il plonge la balle d'acier baillonnée et adaptée au col de la balle
 une série de tubes à V contenant des substances desséchées et terminées par une
 pompe à main. Il fait le vide et graduellement la fin du même
 gaz que la substance du contact de la balle est la même chose.
 M. Regnault a mis d'abord l'air baillonné, afin d'être sûr de la
 balle au moyen d'un poids, il la laisse au vide de gaz jusqu'à ce que
 l'équilibre s'établisse; il mesure la pression H et il place la balle dans un
 récipient d'hydrogène d'une balance; il met ce récipient à l'abri de l'air
 pour préserver l'équilibre horizontalement. Il entre alors ce gaz de
 gaz qui est contenu dans la balle et il note la pression $\frac{1}{2}$ de gaz à ce moment.
 il ferme la balle et rapporte à la pression de l'hydrogène la balance, pour
 établir l'équilibre et fait ajuster le récipient de l'hydrogène, puis
 qui représente le gaz coloré; soit $\frac{1}{2}$ ce poids, ou a obtenu.

$$\frac{1}{2} = 1,293 \cdot V \cdot d \cdot \frac{1}{760} \cdot \frac{H - h}{760}$$

M. Regnault recommence la même série d'opérations avec d'autres

en ayant soin de noter la pression de l'air, de l'hydrogène, de l'azote, etc.
 la balle de la balance se trouve quand on obtient la pression. On a

$$\frac{1}{2} = 1,293 \cdot V \cdot d \cdot \frac{1}{760} \cdot \frac{H' - h'}{760}$$

D'où :

$$\frac{\frac{1}{2}}{\frac{1}{2}} = x \cdot \frac{H - h}{H' - h'} \quad \text{D'où} \quad x = \frac{\frac{1}{2}}{\frac{1}{2}} \cdot \frac{H' - h'}{H - h}$$

Pendant la série d'opérations déterminées il paraît au premier abord que la pression
 barométrique et la température fussent variables, il eût fallu que la pression qu'on
 l'air atmosphérique et la balle soient en équilibre si elle était connue, des
 mêmes d'abord sur la pression de gaz. On observe à cet égard que M. Regnault
 tenait la balle en équilibre au moyen d'une balle et une cuvette identique que possédait
 avec la première, en ajustant de petits tubes de verre à la balle et pour faire
 la note qu'il présentait le même volume extérieur quelle que soit la variation
 dans l'état physique de l'atmosphère, la pression sur la balle variait de la même
 façon et se trouvait être la même chose relative à la pression.

Pour vérifier que la agitation de l'air autour de la balle ne venait troubler l'équilibre
 de la balance, il enfermait le tout dans une cuvette en verre, dont l'air et la pression
 était variable dans une cuvette.

Lorsque la balle sortait de la glace fondante, pour éviter l'humidité intérieure
 de la pression extérieure, il fallait s'en garantir. Mais il eût été constant que
 fallait ainsi avec un large empilage, il ne produirait un faible
 développement d'électricité qui produirait des attractions ou des répulsions
 lignes de la balance exigent pour équilibrer et ajuster ou attachant quelque
 chose au poids que l'on cherchait. Il a remarqué qu'il fallait enlever

fin légèrement ou un large fond et légèrement humide par contact
la paille totale d'un, elle se lève et on le tait avec sa feuille ou
un large dard par lequel la dernière trace de l'humidité.

Densités des gaz qui attaquent le cuivre. Dans la méthode
qui suit d'être décrite, il y a une garniture en cuivre qui s'applique
l'ampoule par laquelle l'air, comme l'acide par exemple, peut
se combiner avec le cuivre à la température ordinaire. On se place et
on s'entre appuie qui donnera nécessairement un résultat moins précis.
On se sert d'un flacon par lequel on peut humectifier à usage de
bouche et une valve à l'extrémité. On commence par peser et appuier
plus d'air à la température ambiante et l'on se place de la balance
et on tire de l'autre côté, fin on remplit le flacon de gaz et on
cherche le point. On pèse et la flacon et la balance, il faut après
qu'on pèse par l'équilibre. Si l'on appelle G le poids du gaz et A
le poids d'un égal volume d'air à la même condition physique, on a:

$$p = G - A$$

$$\text{d'où } G = A + p$$

$$\text{donc } d = \frac{A}{G} = \frac{A + p}{A}$$

Il suffit donc de déterminer A , c'est à dire le poids d'un volume d'air
égal au flacon. On mesure le volume du flacon par un procédé quelconque.
Soit V ce volume, on aura alors $A = 1,293 V$

Densité de l'air par rapport à l'eau. On se place dans la
à venir à déterminer la densité des gaz. Soit A le poids de l'air à 0°

soit 76° ^{mm.} On pèse le ballon dans l'air à la température t et la pression
H. soit p le poids diminué de la pression de l'air. On le remplit et
d'un distillat ^{à 21°} et à la température de matière, et on pèse
qu'elle contienne l'indicateur. Soit P le poids ^{de l'eau} diminué de la nouvelle pression.

$$\text{On aura donc: } P - p = \text{Eau} - \text{Air}.$$

$$\text{Or le poids d'air déplacé est égal à } \text{air} = A \frac{1 + t}{1 + 0} \frac{H}{760}$$

$$\text{en négligeant l'épaisseur du ballon. Le poids de l'eau qui remplit le ballon est donc égal à: } \text{Eau} = P - p + A \frac{1 + t}{1 + 0} \frac{H}{760}$$

C'est son volume à 0° ou son poids à 4° que nous cherchons, ces 2 quantités
sont représentées par x si l'on prend pour unité de poids la gramme ou
le milligramme à 4° et l'on a
unité de poids et la constante cube. Soit x le poids de l'eau à 4° Eau
est le poids de l'eau dont on a rempli le ballon à 0°, soit e la densité à
21°, le poids d'un même volume est proportionnel à la densité ou à e ,
 $\frac{x}{\text{Eau}} = \frac{1}{e}$ d'où $x = \frac{\text{Eau}}{e}$

On compare la densité de l'air par rapport à l'eau que j'appelle
 a qui est égal à $\frac{A}{x}$ et donc égal à $\frac{A e}{\text{Eau}}$. on a donc que

$$a = \frac{A e}{P - p + A \frac{1 + t}{1 + 0} \frac{H}{760}}$$

$P - p$ est l'abaissement de la pression, A a toujours la même valeur à Paris:

$$A = 0,0012932$$

à 45° et exactement la même de la mer, on a:

$$a = 0,0012927$$

Remarque. 1° On suppose le ballon plein d'air à 0° que

22 On suppose que l'atmosphérique est par et les baromètre, ce qui
 21^{re} ^{jeu de l'été.}
 On verra plus tard comment on peut déterminer la tension de la vapeur
 d'eau; il semblerait facile de s'en servir pour la mesure de la pression.

Ces corrections sont insignifiantes, car on les fait à une même
nombre que M. Regnault.

$$A = 0.00193 \times \frac{1}{1 + \alpha t} \cdot \frac{FI - \frac{3}{8}f}{760}$$

à affect D_0 la suite λ est à mes. 0 et la fct. déterminée
les suites λ sera à toutes les températures, l'équation pour la
déterminer sera D_0 .

I^{er} cas. - Détermination du volume intérieur. On suppose la bourse
à l'écart la surface. Le même bourse est à l'écart la surface,
plus petites; mais la balance de précision ne permet pas de peser
de poids constants, à l'écart la bourse généralement. On peut
à l'écart la bourse à l'écart; soit plus petits marqués, à l'écart
à l'écart soit plus petits marqués, à l'écart

L'appell à la science est ^{par rapport à l'homme} la condition et l'expérience et
la science de la pratique doit et former le pays moine, et aussi.

Don't outstretch.

On ne peut le faire le plus d'un égal volume d'air et de la cire.

V. ét. le volume est D la demi-l' de mesure à la carotide et l'apex.
Celle équation détermine le volume V. On remarque qu'il n'est pas
nécessaire de peser ou de faire mesurer il suffit d'observer

Si le pair & même doit signer / Kilg. & ne peut le
même p^r d^r en butte; als & le fait compte & paids d'un

* Le jaugage a été fait par
Lefebvre-Gillot.

égal volume d'air en l'air avant :

$$(P-p)(1-\frac{a}{E}) = \text{Eau - air} = V(E-a) = V_0(1+Kt)(E-a)$$

équation qui détermine V_0 .

II^d cas. Détermination du volume extérieur. - On suspend le vase

à platine de la balance. Soit p le poids qui doit faire équilibre, on a,

$$p(1-\frac{a}{E}) = \text{Cops - air.}$$

On le pèse ensuite et le plongeur dans l'eau. Soit P le poids mesuré.

$$P(1-\frac{a}{E}) = \text{Cops - Eau}$$

$$\text{D'où } (P-p)(1-\frac{a}{E}) = \text{Eau - air} = V(E-a) = V_0(1+Kt)(E-a)$$

Et on a été défini, comme précédemment, l'eq. donne V_0 .

Détermination du Kilogramme.

Jeunis les jauges faites par les
physiciens, le plus exact est celui qui a donné le kilogramme. On
a fait un cylindre en platine ^{*} d'après l'échelle de
constructeur, et soumettait ce cylindre à des mesures précises, on constatait
que la section n'était pas circulaire. On a donc le cylindre par le genre et
tranches qu'on a comparées comme on a voulu l'égalité approximative et
on a trouvé par tout le volume 11 lit, 2900554 à 17°, 6

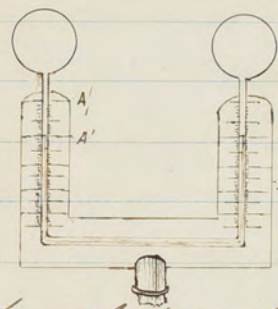
On a suspendu ce cylindre sous l'échelle, on a mesuré la pesanteur du poids
de l'air dans une des parties d'unité subdivisée. Soit I le nombre de
arabes. On avait alors :

$$P(1-\frac{a}{E}) = V_0(1+Kt)(E-a)$$

On avait fait l'opération à la température de 4°. alors,

$\frac{P}{V_0}(1-\frac{a}{E})$ représente le poids d'un litre d'air ^{(à une même} à la température de 4°. Soit p le poids qui pèse le litre
à poids sec du kilogramme; il est donc suffisant pour une masse de
l'air égal précisément à celle du litre, on avait ainsi le kilogramme.

Thermomètres différentiels.



volume restés entre elles par un tube très fin.

on étendit de la façon verticale et présentait une

forte horizontale. Avant de saisir ce tube on

avait on y introduit le liquide coloré dont

la surface se trouve à A et A' et une même ligne

horizontale si que les pressions sont la même dans les 2 branches à condition

tant que la température soit la même de part et d'autre. Si la température

est différente les masses d'air ainsi limitées par le liquide occupent des volumes

différents et comme la longueur de la colonne ^{liquide} est sensiblement invariable, il

en résulte que l'accroissement du volume va de pair avec l'accroissement de pression.

Soit V le volume de la branche ^{à zéro} jusqu'à A. Supposons que la température

soit portée à t° la température par exemple à zéro, le niveau A descend

en A', et le niveau A' monte en A', d'une quantité égale à AA'. On peut

appliquer la loi $\frac{VH}{1+Kt} = C^a$ aux deux masses gazeuses renfermées dans les

appareils, si qu'à 0° elles ont la même volume et sont de même pression.

Soit K le coefficient de dilatation, h la longueur AA', et la section de tube.

H la pression atmosphérique renfermée en colonne de liquide en physique dans

l'appareil, le volume du gaz à 0° est $V - wh$ et le volume du gaz à t°

et $(V+ah)(1+kt)$; la première de 1^{re} est $H+h$ et celle de 2^e est $H-h$.

On a donc :

$$(V-ah)(1+kt) = (V+ah)(1+kt)(H+h)$$

Celle est la relation qui lie la température t à la hauteur h . La température t varie donc en fonction de la hauteur h et de la température t est fonction de h , on néglige la variation du volume de l'air et on a :

$$V(H+h) = \frac{V(1+kt)(H-h)}{1+at}$$

$$\frac{1+kt}{1+at} = \frac{H+h}{H-h}$$

En faisant ce développement, on donne une forme plus simple à cette relation. On effectue la division et l'on a une fraction de la forme :

$$1+At+Bt^2+\dots = 1+Ah+$$

On peut vérifier évidemment la même raison et il suffit que l'on se souvienne que nous ne sommes pas à 0° mais simplement qu'il y a une différence entre les températures des 2 bancs, et note que cet appareil donne des différences de température proportionnelles à la différence de niveau des bancs. On l'appelle *Thermobaromètre*.

On a constaté

Rumford ne met

qu'une seule branche dans le tube dont la branche horizontale a de note que la différence de température des 2 bancs se manifeste par le déplacement de l'équilibre de la petite colonne d'air.

la première des 2 bancs ne change donc pas.

Comme il a été vu, à moment si il se fait le tube se bouché, l'air se dilate le banc inférieur se dilate et celui, si la température est égale.

Soit V le volume du banc.

Si la température présente une différence entre les 2 bancs, le banc inférieur se dilate et le banc supérieur se contracte, on a donc :

$$\frac{V-aw}{1+at} = \frac{V+aw}{1+a(0+t)}$$

on a :

$$\frac{1+a(0+t)}{1+at} = \frac{V+aw}{V-aw}$$

$$1 + \frac{at}{1+at} = 1 + \frac{2aw}{V-aw}$$

Comme ces fractions sont très petites on peut les approximer à la température ordinaire et on a une quantité semblable mais en tout cas $1+at$ est une quantité très voisine de 1, le même $V-aw$ et ce quantité très voisine de V , on a donc approximativement $t = Ka$ et il est évident que la différence de température est évidemment proportionnelle à l'écartement de l'équilibre. On peut présenter le calcul de la même façon.

tra de molécules et très-faible. Si la continue à briser la te-
nue de ces il arrive à un état de certaines molécules s'échappent
que les autres que doit une simplicité d'oscillation tellement com-
mune que la force centrifuge, elle s'échappent considérablement
des molécules qui les attirent, et on a le petit gaz.

Quant à l'air on observe qu'il y a la même dépression de
chaque et de fait assez considérables, mais l'air n'est pas
comparable à remplir tous les vides qu'il y a, car il y a
un certain nombre de corps qui font exception; on a la cire
qui ne se peut pas fondre; le gaz d'air n'est pas étalé; mais
l'opinion générale est que on doit à l'impénétrabilité des molécules
et à l'infusibilité de nos principes.

De la Fusion.

La fusion est le phénomène de passage d'un corps solide à l'état liquide.
Pendant longtemps on a considéré comme solide, personnellement un grand nombre
de corps, parce qu'on ne parvenait pas à les porter à une température assez élevée pour
les fondre. Aujourd'hui par la combustion de carbone ou de celle de l'hydrogène
on a obtenu la combustion, et on est parvenu à fondre presque tous les corps qui
ne se décomposent pas sous l'action de la chaleur. Parmi les corps simples
la cire est la seule. Voici les 3 lois auxquelles la fusion des corps solides
est soumise.

1^{re} loi La fusion d'un corps se produit à une température fixe

caractéristique à chaque corps.

2^e loi La température reste constante pendant toute la durée de la
fusion.

3^e loi Le changement d'état est accompagné d'un changement
de volume.

On a observé successivement on observe des corps solides
explicites et présents des récepteurs et d'abord à la première loi.

I. La température à laquelle un corps se met à fondre est appelée son
point de fusion. En général, lorsqu'on élève progressivement la tempé-
rature d'un corps solide, lorsqu'il a atteint son point de fusion, on voit
certaines parties qui passent immédiatement à l'état liquide; il y a appa-
rentement une catégorie ^{de corps} qui n'est pas sujet de fusion, ce sont des corps
appelés des verres. Les verres lorsqu'on élève la température, commencent
par se ramollir, se ramollissent de plus en plus à mesure que la tempé-
rature s'élève jusqu'à ce qu'ils atteignent difficilement l'état complètement
liquide. On les considère donc cette catégorie de corps. Les autres corps ont
leur point de fusion propre, comme la glace. On dit que la glace fond, on
comprend à
caractère que la température est à zéro.

Il ne faut pas croire que le point de fusion d'un corps est absolu-
ment fixe; il y a en effet, une influence considérable de la pression atmo-
sphérique. Pour certains corps, le point de fusion s'élève, par exemple il
s'élève lorsque la pression augmente. On a observé quelques exceptions.

	atmosphères	points de fusion.
Paraffine.	1.	46° 3
	95	48° 9
	100	49° 9
Eau.	1	0°
	8	-0° 05
	16,8	-0° 13

On voit que pour la paraffine, le point de fusion augmente avec la pression et c'est la même qui a lieu pour l'eau. Quasi qu'il se voit il est toujours variable.

Un alliage métallique n'est jamais une composition chimique simple, c'est toujours un mélange de même nombre de métaux à proportions variables, de sorte que, si l'on élève progressivement la température d'un alliage, les divers composants ne fondent pas à la même température, il est, comme du plomb, la partie la plus fusible, et ainsi de suite jusqu'à l'alliage ayant le point de fusion le plus élevé.

II. Un corps soumis à un point de fusion ne fond pas tout d'un coup, il met d'autant plus de temps à fondre que la masse est plus grande, ce que le calorifère fournit et absorbe, et ainsi pendant tout ce temps, la température reste constante: c'est la température de la fusion. Il vult dire fait que il y a une sorte d'absorption de la chaleur fournie, si la masse continue à chauffer le corps malgré cela la température ne s'élève plus. Cette chaleur qui semble s'opposer est appelée *chaleur latente*.

De la fusion: nous apprenons qu'il n'y a pas de quantité de chaleur; mais des proportions qui ont à voir la destruction de la chaleur. Non, il n'y a pas de chaleur qui se transforme en chaleur latente, c'est un travail mécanique ou physique, et il y a une action et une réaction de la chaleur latente, il y a une action et une réaction de la chaleur latente, il y a une action et une réaction de la chaleur latente, il y a une action et une réaction de la chaleur latente.

Mélanges réfrigérants. - Si l'on met de l'eau et du sel, le sel se dissout dans l'eau et la température baisse, il y a une action et une réaction de la chaleur latente, il y a une action et une réaction de la chaleur latente, il y a une action et une réaction de la chaleur latente, il y a une action et une réaction de la chaleur latente.

De même l'acide sulfurique et l'eau se combinent, il y a une action et une réaction de la chaleur latente, il y a une action et une réaction de la chaleur latente, il y a une action et une réaction de la chaleur latente, il y a une action et une réaction de la chaleur latente.

ou on peut faire solidifier à l'air, toute la masse se solidifie d'un seul coup. Il semblerait donc qu'il y eût herein la même cause de la même nature pour l'entretien de la solidification. Le phénomène est tout à fait à comparer avec celui qui a appelé sursaturation. Il suit que, pour chaque température, l'écoulement de volume ^{d'eau} dans une certaine situation d'un sel donné. Le gisement, le rebelle du sel à ces facteurs maintenant de la température; on a cependant constaté la même pour de certains sels. Qu'il y ait ou non nous maintenons à la température à l'équilibre et, pour constater que, si on sature à l'état d'un sel à la température t , si on jette le liquide à tout contact avec l'extérieur, que le liquide au repos, la température s'élève et s'abaisse considérablement sans qu'il y ait formation de cristaux. Mais si la sursaturation est touchée le liquide se met à l'état de sursaturation avec un petit cristallin de ce sel, au point qu'il se vaudrait, ^{la} la masse se solidifie d'un seul coup; il suffit même de briser la partie de la balle à la surface la plus élevée pour que la solidification se produise, pour ce qu'il y a contact de la balle avec le liquide, partiellement, d'un sel qui cristallise, qu'il y a une force, de la balle.

Une expérience faite sur ce premier loi est de ce genre
appelle le fluement de **regel** D'après le remarque que nous
avons faite sur le point de la loi de premier, à la copie de la copie d'autre
des morceaux de givre à une température légèrement inférieure à 0°, les

Jaune jaunâtre ou verdâtre, puis que le point de fusion s'éclaircit
quand la température augmente, cette fusion produit un léger éclaircis-
sement de température de sorte que si la masse se comprime beaucoup
faute d'eau qui s'écoule les morceaux de glace se solidifient immédia-
tement et les "à plus qu'une seule morceau de glace.

L'anneau de la veine n'a pas apparu, peut-être le phénomène de solidification il y a dégellement de chalcite. C'est une veine qui est dans le manteau qui se dégellement de chalcite pendant le refroidissement pendant la fusion.

Large on aspect of Pitt & refine & a satisfaction in
relief to be up of hearted in pitto vintal; the disengagement
I deal at ^{the} with with the noblest of temperance,

Quant à la 3^e loi, nous en avons déjà fait comme nous.
celle de la 3^e loi de la fin.

De la Vaporisation.

La vaporisation est le phénomène de l'évaporation. Elle se fait à l'état solide ou liquide et gazeux. Elle se fait à l'état solide et liquide et gazeux et à certain nombre de solides qui sont la pression atmosphérique et la forme et rapent sans passer par l'état liquide. La plupart des corps sont même dans ce cas, citons l'argent, l'or, le phosphore, etc. etc.

La vaporisation se produit sous 3 formes : évaporation, ébullition et sublimation

Evaporation.

L'évaporation est le passage d'un liquide à l'état de vapeur à toute température. Elle peut se faire dans le vide ou sous pression. Étudions d'abord le cas le plus simple.

Evaporation dans le vide. — Prenons deux baromètres à mercure, dont l'un plonge son tube dans le vase profond et l'autre dans un vase contenant une petite quantité de liquide. L'effet est, par exemple, que l'eau s'évapore. Immédiatement le niveau de l'autre baromètre baisse et la différence des niveaux des deux baromètres représente la pression de la vapeur, on peut tenir compte de la petite colonne de liquide employée qui n'a rien au-dessus de sa surface.

Voici les lois auxquelles l'évaporation dans le vide est soumise :

1^{ère} loi : La pression de la vapeur est constante.

C'est en effet, car si l'on verse un peu de liquide dans un vase, la pression ne peut être que constante.

2^{ème} loi : La vapeur se forme immédiatement à la température maximum.

Si la température reste constante, on constate en effet qu'une petite quantité de liquide et on se rend compte que la pression reste constante.

3^{ème} loi : Quand la vapeur est en contact avec le liquide, on l'a produite on dit qu'elle est saturée. La tension de la vapeur

reste constante et indépendante de sa valeur.

Si c'est en effet, on constate la pression qui est la même quelle que soit la quantité de liquide qui se trouve dans le vase. La différence de niveau des deux baromètres reste constante. On constate aussi que la petite colonne de liquide reste la même, c'est que la même quantité de liquide est en contact avec la vapeur. Quand la température augmente de façon que la tension de la vapeur reste constante.

Observez que si l'on verse un peu de liquide dans un vase, on voit que la vapeur se forme et que la tension reste constante. On constate que la tension reste la même quelle que soit la valeur de la température.

4^{ème} loi : La vapeur non saturée se comporte comme les gaz. Par conséquent, à une température donnée, la tension de la vapeur saturée est la plus grande que l'on puisse produire. C'est pour cela qu'on dit que la vapeur saturée a la tension maximum constante pour un liquide à une température donnée. Toute quantité de vapeur non saturée est toujours à une tension inférieure à la tension maximum. On constate qu'en comprimant une vapeur non saturée, on la rend saturée. Si l'on continue à comprimer, la tension reste la même.

constante et il se condense par à peu de vapeur en liquide.

5^{ème} loi: La tension de la vapeur saturée est une fonction croissante de la température, mais ce n'est pas une fonction simple, par conséquent elle ne peut être représentée par un symbole ordinaire en temps. ^{fig. 2}
Quand on a une table, c'est-à-dire donnée en liquide et en vapeur qui, à une température donnée, a la même tension maximum déterminée, de sorte que une fois que l'on a construit la table on se trouve placé à l'égard, pour le liquide, la température, les tensions maximum, si l'on redonne la tension, on se rend tout à fait immédiatement la température et réciproquement. De sorte qu'un manomètre pourra servir de thermomètre. Cette loi est absolument la même que la loi de la dissolution de corps composés.

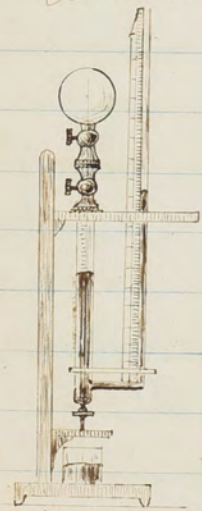
6^{ème} loi: Principe de Watt.— Quand l'unité de la vapeur n'a pas de tension au point à la même température, la tension de la vapeur est partout la même, c'est la tension correspondante à la température de la vapeur.

C'est tout ce que Watt a fondé la distillation. On a un récipient composé de 2 parties à températures différentes, la partie supérieure chaude, on place le liquide qui est en vapeur dans la tension correspondante à cette température; ces vapeurs venant de la partie froide se condensent et partent pour former la tension correspondante à la température de la partie basse. De sorte que le phénomène se continue ainsi, le liquide se transforme

peu à peu de la partie chaude à la partie froide, l'état gazeux ne venant que d'intermédiaire.

Evaporation dans les gaz.— L'impact de la vapeur se produit comme dans le vide avec cette seule différence qu'elle s'y produit lentement. La tension maximum de la vapeur correspondante à chaque température est la même que dans le vide pour cette température. De sorte que la tension ^{pression} de la vapeur dans un gaz est égale à la somme de la pression du gaz primitive et de la tension maximum de la vapeur.

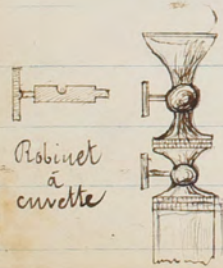
On a établi un fait on a vu de l'appareil suivant. Un appareil



manomètre dans lequel 2 tubes sont posés, l'un est à la partie supérieure et l'autre est à la partie inférieure. Le tube supérieur est rempli d'un gaz et le tube inférieur est rempli d'un gaz différent. Les deux tubes sont communiqués par un tube horizontal qui peut s'ouvrir ou se fermer à volonté. On observe que la pression dans les deux tubes est la même, ce qui démontre que la tension de la vapeur est la même dans les deux gaz.

ventée de gaz dans l'éthère, & faire de l'air cabinet R. Le gaz balle
 était gradué, & pouvait de peu varier le volume de gaz, &
 entre de l'éthère & de l'air, & le volume de gaz, &
 cabinet de l'air, qui permet d'introduire de l'air, & de l'air, &
 de faire un volume de l'air, & de l'air, & de l'air, &
 du gaz. On fait donc venir à contact de l'air, & de l'air, &
 qu'on a gaz, & de l'air, & de l'air, & de l'air, &
 graduellement j'en ai vu un peu, & de l'air, & de l'air, &
 comme de l'air, & de l'air, & de l'air, & de l'air, &
 fait de gaz, & de l'air, & de l'air, & de l'air, &
 constaté que la pression finit vite, & de l'air, & de l'air, &
 tenue de la respiration de la température de l'air.

Remarque: quand on a fait le gaz, & de l'air, & de l'air, &
 est après avoir fait le gaz, & de l'air, & de l'air, &
 exemple j'ai vu de l'air, & de l'air, & de l'air, &
 était de l'air, & de l'air, & de l'air, & de l'air, &
 volume de l'air, & de l'air, & de l'air, & de l'air, &
 tube et fermé à sa partie supérieure. Il me



présente qu'un cabinet à sa partie inférieure
 et lui a donné le gaz, & de l'air, & de l'air, &
 a été de l'air, & de l'air, & de l'air, &
 On commence par l'air, & de l'air, & de l'air, &

ou plutôt incomplètement l'air, & de l'air, & de l'air, &
 ou l'air, & de l'air, & de l'air, & de l'air, &
 et de l'air, & de l'air, & de l'air, & de l'air, &
 de l'air, & de l'air, & de l'air, & de l'air, &
 cabinet de l'air, & de l'air, & de l'air, & de l'air, &
 fait de l'air, & de l'air, & de l'air, & de l'air, &
 fait de l'air, & de l'air, & de l'air, & de l'air, &

Point de l'air, & de l'air, & de l'air, & de l'air, &
 fait de l'air, & de l'air, & de l'air, & de l'air, &
 donne le volume de l'air, & de l'air, & de l'air, &
 cabinet de l'air, & de l'air, & de l'air, & de l'air, &
 le gaz, & de l'air, & de l'air, & de l'air, &
 de l'air, & de l'air, & de l'air, & de l'air, &

On voit de l'air, & de l'air, & de l'air, & de l'air, &
 grand de l'air, & de l'air, & de l'air, & de l'air, &
 cabinet de l'air, & de l'air, & de l'air, & de l'air, &
 apparence de l'air, & de l'air, & de l'air, & de l'air, &
 tenue maximum de la température de l'air.

Ebullition.

L'ebullition est le vaporiser de l'air, & de l'air, &
 ou l'air, & de l'air, & de l'air, & de l'air, &
 et l'ebullition est le vaporiser de l'air, & de l'air, &
 de l'air, & de l'air, & de l'air, & de l'air, &

99,8 760,03.

Il n'est ni phénomène ni fait physique.



longheris vicinidistant, il y a une lac a mille d'alt ca
formata d'ec cruste de glau à la surface d'el arid melleux.

[illegible]

Des Tensions de la vapeur d'eau.

Le zéro des officiers très fréquente de la zone montagne de la
rope d'un à l'autre, il était important de rechercher quelques
diverses températures de cette zone qui correspondent à des températures const.
prises entre des points très étendus. Le gisement, de cette, a nommé
plusieurs fois des compressions p. effectuer ces mesures. Les mesures
au-dessus de la température zéro ont été faites p. Gay-Lussac et ensuite
p. Ch. Regnaud, le zéro à 100°, ont été faites p. Dalton, au-dessus
de 100° p. qu'à 220° à 230°, ont été faites p. Dulong et Berz.

Enfin, M. Regnault a repris ces mêmes p. & constaté les résultats de Dalton & ceux de Dubrunfaut & ceux de Berzelius & de Dumas. Le même temps que M. Regnault, le physicien allemand Magnus a fait les mêmes expériences et est arrivé à des résultats à peu près identiques. Les plus anciennes données sont celles de Dalton.

1^{re} Entre 0° et 100°. — Expérience de Dalton. L'appareil de Dalton se compose d'un long manomètre, et une feuille de papier mince est placée sur le manomètre. On fait passer le manomètre et plume et gomme avec soin sur un support de baromètres A et B, dont le premier est sec et dont le second contient du gaz d'eau. On fait appliquer cette méthode à d'autres liquides. Le manomètre est ensuite rempli d'eau pure. On agit à volonté le manomètre par une tige métallique à la main. Des thermomètres sont placés à différentes hauteurs, dont les échelles et baromètres sont appliqués contre une planchette métallique graduée. On chauffe le manomètre et la feuille de papier, le thermomètre à l'aide d'un bocal et égale à la différence des niveaux. On voit alors un petit miroir qui indique l'état du manomètre à 0° et qu'il est à 100°. On voit que le manomètre se remplit d'eau et qu'il est rempli d'eau pure. On voit que le manomètre se remplit d'eau pure et qu'il est rempli d'eau pure.

Pour que l'aimant dépose sur cette x , cette similitude oblige
 la ^{même} courbe de se faire. Ajoutons que cette méthode est la plus précise
 car la courbe qui lui diffère le plus, ne marque le point de même
 température et qu'il ne document en fait que la température d'
 l'eau qui est précisément celle de l'eau. Ajoutons encore
 que au point I lui il fait observer les différences de x et de y le
 coefficient même de x et de y il est impossible de le faire exactement à
 cause de l'irrégularité de l'aimant et de la courbe.

M. Regnault a perfectionné cette méthode, mais a ajouté en-
 core autre 90° et 50° , c'est-à-dire ces deux, a fait rendre la tempé-
 rature bien uniforme; dans ses expériences, la plaque a été dans une
 eau seule et chauffée au moyen d'un bain d'eau renfermé dans ce
 cuivre et bouché de l'autre des faces et une plaque de même forme, ce
 bain est chauffé au moyen d'un bain de vapeur d'eau et agit contre
 met par une agitation mécanique. M. Regnault n'aurait qu'un
 calorimètre.

2^e Au-dessous de zéro. — Les études faites en ce genre
à Paris par M. Gay Lussac sur le rapport qui a existé entre
montée de la route de principe de Watt. Il se compare de la baromètre
l'un à l'autre de la route et l'autre baromètre de la route en
et se compare à l'usage de la machine à vapeur. L'expérience a fait
connaître la température de mélange de l'eau et à quel point

la température de l'air est ^{maint} élevée et la vapeur d'eau est en abondance. Le vent, le temps et le mélange réfrigérant font au sang un effet, comme font Gay-Lussac, avec son uniforme. M. Regnaud a fait cette remarque et a expliqué ce mélange réfrigérant par l'action compressive des liquides, cela ne peut être la température est bien uniforme.

3^e Au-dessous de 100°. — Expérience de Dulong et Arago.

Ces physiocrates se servent de l'appel à l'image & quel ils avaient
chaque à sa fin la loi de l'humanité. } *Ne compare*
le d' - être à mansueta à

est complétement unifiée comme les capes et
le couvet d'eau; le cap de pange se termine à
sa partie supérieure par une table inclinée en commun
avec la chaudière; elle présente à sa partie
latérale sup. une table de contre-vent qui
relié à une table à son tour. fort renforcé par
saute colonne de tôle et formé à sa partie sup.

La chaudière est munie d'un siphon d'inté. on peut sur thermo-
mètres. Le p. & p. de l'état actuel est simple & muni d'un p. qui
est sur l'autre; on donne un tour de l'eau qui se fait l'ap-
puyer & l'autre incliné. On fait capere, Duboy et Magasin
d'abord le siphon d'inté se fait bouillir sur le d'abord
on fait à chauffer l'eau qui est au-dessus, puis il ferme
le siphon et continuait à chauffer; lorsqu'il avait obtenu, il

fermant le baromètre et observant à des intervalles rapprochés, égales
 les thermomètres et le manomètre. Comme nous l'avons fait déjà
 remarquer, il se produit le mouvement de température qui dure assez
 longtemps. Soit P la tension de la vapeur d'eau à cette température, p
 la pression exercée par la colonne d'eau qui agit sur la surface de l'éprouvette
 renversée AB ; soit h la différence de niveau BC relatif à zéro,
 et soit P la force élastique de la vapeur d'eau barométrique; on a.

$$P + p = h + P$$

Donc

$$P = h + P - p.$$

Effectivement, l'ébullition de l'eau dans la chaudière se faisait
 ainsi à une température constante. Quelque
 que soit le poids d'eau qui se trouve dans la chaudière, on a vu
 que les bulles de vapeur s'échappaient abondamment
 de la surface de la chaudière. Quelques temps après, la température
 comprise de physique au-dessus de l'eau et dans la chaudière
 changea un peu et l'appareil, à partir de 10° de différence de
 niveau, était déjà de 60° il fallait donc employer ce nouveau
 appareil.

Expérience de M. Regnault. L'appareil de M. Regnault est fondé
 sur ce principe que l'ébullition de l'eau se fait à une température
 constante que la pression que supporte la vapeur soit inférieure à
 la tension de la vapeur pour la température considérée. La pression

se compose de la pression exercée par la
 colonne d'eau renversée et de la pression
 exercée par la vapeur d'eau qui agit sur la surface de l'éprouvette.
 Soit P la tension de la vapeur d'eau barométrique, p la pression exercée
 par la colonne d'eau renversée, h la différence de niveau, et soit P
 la force élastique de la vapeur d'eau barométrique; on a.

et on a donc $P + p = h + P$. On chauffe l'eau dans la chaudière et on la
 chauffe à feu nu et on met le thermomètre dans la vapeur. La
 tension de la vapeur d'eau est constante et on a vu que la
 température de la vapeur d'eau est constante. On mesure la
 pression exercée par la colonne d'eau renversée, on donne à l'eau
 la température déterminée. Puis on chauffe l'eau dans la
 chaudière jusqu'à ce que l'ébullition se produise. La vapeur est
 alors siccative et la température de la vapeur est constante. On
 mesure la température au moment de l'ébullition, on a vu
 la température maximum de la vapeur correspondante à la température
 de l'ébullition. Ici, la pression est constante et la température de
 l'ébullition est constante. Ce sont les deux principes sur
 lesquels est fondé l'appareil de M. Regnault qui est adopté pour
 la mesure de la tension de la vapeur d'eau qui correspond à une température donnée à l'avance.

Densités des Vapeurs

La densité du crap est huppé & pairs & ont
val de rap a pairs de égal volume d'air de la même
condensé & tempéant ce de page c'est la même densité
que p le gaz. Soit v le volume de vapeur à la température t
et la p première H et p le pairs de cette vapeur, on aura.

$$\rho = v \times 1,293 \times d \times \frac{1}{1 + \alpha t} \cdot \frac{H}{760}$$

Belle et la femme qui s'accroche à son bras et
rappele à ce temps là se penche quelques. Dans
ce temps là d'ici, et enfin et est. Je ne
sais, si c'est le fait d'un égal ou d'un
autre de la même condition, ou non.

$$d = \frac{w}{w'} \quad w' = 1, 293 \text{ V. } \frac{1}{1+at} \frac{11}{760} \quad \text{So } d = \frac{w(1+at)760}{1,293 \times V \times H}$$

Pour déterminer d, il suffit par conséquent de déterminer 4 quantités
W, t, V et H. Il y a 2 méthodes généralement adoptées: la 1^{re} due à
Gay-Lussac qui consiste à mesurer W et à déterminer V, la 2^{de} due
à M. Dumas qui consiste à mesurer V et à déterminer W, dans les 2
cas, il faut déterminer H et t ce qui est facile.

1^{re} Méthode de Gay-Lussac. L'appareil de Gay-Lussac se compose d'un grand tube en verre fermé à une extrémité, renfermant, rempli d'oxygène et fermé à l'autre extrémité, laquelle est entourée d'un manchon contenant de l'eau et le tout étant fermé à son extrémité.

[illegible][illegible]

La pression H est égale à la pression atmosphérique diminuée de la part
 AB, soit p cette part même connue du baromètre de B. Re,
 quant. Soit H' et la pression atmosphérique mesurée à 0°, H est égale
 à $H' - \frac{h}{1 + \alpha t}$, ou est le coefficient de dilatation ^{de dilatation}; $H = H' - \frac{h}{1 + \alpha t}$; quant
 au volume V , il n'est que celui qui a été gradué à 0°,
 soit V_0 volume des; on a alors $V = V_0(1 + \alpha t)$ α est le coefficient
 de dilatation de l'air, V_0 est déterminé à 0°, on a donc tout ce
 qu'il faut pour déterminer d. — Cette méthode n'est applicable
 qu'en dessous de 100° et au dessus de 200°, elle est sujette de suite

2^e Méthode de Dumas. Faire bouillir le mélange de la vapeur.

La la même, on le trouve de même, Li' S et le pair de battes pl' d'air
et S' les pils de battes ^(plus) de même, ou a, et appl' c V₀ le volume de battes
à 0° et S' le temps de battes, ou a.

$$P' - P = \frac{V_0(1+K_0) \cdot 1293 \cdot FI}{(1+K_0) 760}$$

(non-mattholphe cannot it of traviger Hf kampf & Co
que content f'oi) if, agt & dte V_o, H. dte le p'mi baron,
trigie a moment d'espier, l'att l'espier la plangant d.

*Il est a pte le ball de bas à main et a une bête
de bas main; le main n'est de ballon a l'endroit de la pte.
et il a un pte complètement a à se pte, complètement il a un pte
n'est de l'air de ballon a à se pte il a un pte a se. Pour le
premier cas; a se de ballon pte de main a se et 1" l'endroit
apparaissant, a a se*

$$P'' - P = \frac{V_0(1+K_0')}{1+n_0'} D_0 - \frac{V_0(1+K_0') \cdot 1.295 \times H}{(1+a_0) 760}$$

D. d'auk' & me à 0°. Les 2 ignat's dit et Voet to; c'a adonc
tout ce qu'il faut p' déterminer d. - Chais r'ffon p'cel et
note's schalk d'in d'el' app'el; q'z in r'pli schalk d'm
a tout p' possible, a nouvelle att'e balle d'in d'un p'otte e'p'ente
quadrée; ut al. V sa volume et t' sa temp'te, & q'z a am'ie
de m'in d'el' e'p'ente au m'in p'le b'out q'z b'm'in est
l'ait h' b' p'm'in q'z est at'o'i
d'el' balle à b' temp'te & d'exp'ience, & a.

$$\frac{V_{II}}{1 + \alpha I} = \frac{V_o(1 + K\theta)}{1 + \alpha \theta}$$

Les 2 premiers peris a cette nuit donne.

$$P' - P = \frac{w}{g} - \frac{V_0(1 + Kb) / 293 \cdot (H - h)}{(1 + 20) / 60}$$

[illegible]

$$\underline{P} = 1293 \text{ V} \cdot \text{A} \cdot \frac{1}{1 + \text{at}} \cdot \frac{\text{PI}}{760} \quad \underline{P}' = 1293 \text{ V}' \cdot \text{A}' \cdot \frac{1}{1 + \text{at}} \cdot \frac{\text{PI}}{760}$$

es für ein Recht.

$$\frac{P}{P'} = \frac{V}{V'} \cdot \frac{d}{d'}$$

Remarque & note quel'o &c.

$$V = \bar{V}_0 (1 + Kt) \quad V' = \bar{V}'_0 (1 + Kt)$$

Price

$$\frac{P}{P'} = \frac{V_e}{V'} \cdot \frac{d}{d'}$$

Pot P' se déterminer p^r le point commun, V_0 et V_0' se déterminent
facilement comme nous l'avons vu, à cause de la d, si la courbe
passait d'.

Résultats. Gay. Une a b c que la pente de la coupe. Pour
est égale à $d = \frac{5}{8} = 0,625$

le monde et d'un air habitué à la science théorique et
voilà que les autres braves d'air à se tenir à la queue
à se proposer quelque chose et d'écouter d'hydrogène
ou d'hydrogène à la même manière la même manière.

Supposons cette température égale à t , on aura alors :

$$1,293 \times 2. \pi_{1+at} \times \frac{H}{760} = 1,293.2 \times 0.669 \times \frac{1}{2} \times \frac{H}{760} + 1,293.1 \times 1.1056 \times \frac{1}{2} \times \frac{H}{760}$$

Ja $rx = 2 \times 0,0692 + 1,1056 = 0,622$

général, le point de vue est.

$$P = 1,293 \cdot \frac{1}{8} \times \frac{1}{1+at} \cdot \frac{F}{760}$$

$$P = 0,804 \cdot \frac{1}{1+at} \cdot \frac{F}{760}$$

Par $t=0^{\circ}$, on a $F=4^{\text{mm}}6$ et $P=0,005$

Par $t=100^{\circ}$ on a $F=780^{\text{mm}}=1^{\text{at}}$ $P=0,588$

Par $t=200^{\circ}$ on a $F=15^{\text{at}}$ $P=7,200$

230 on a $F=27^{\frac{1}{2}}^{\text{at}}$ $P=12,000$

500 on a 990 $168,200$

Il veut donc que les poids soient les mêmes, et que la température soit la même; il était donc permis de supposer que la pression obtenue en vase de densité égale à la densité de l'air.

C'est à dire qu'on peut obtenir la même densité de l'air en vase de même volume. - M. Cagnard Latour a opéré sur quelques liquides au moyen d'un tube ayant la forme d'un thermomètre à tige renversée dans lequel le liquide à étudier se trouve en contact avec l'air.

On voit que la densité de l'air est la même dans les deux vases, car la densité de l'air est la même dans les deux vases.

On observe en effet que la densité de l'air est la même dans les deux vases.

On observe en effet que la densité de l'air est la même dans les deux vases.

On observe en effet que la densité de l'air est la même dans les deux vases.

On observe en effet que la densité de l'air est la même dans les deux vases.

en volume double et la pression de

volume de l'air est la même. On peut donc dire que la

densité de l'air est la même dans les deux vases.

Température 200000lit

100° 1700

200° 140

230 83

500 6

Correspondance de la densité de l'air et de la température.

La densité de l'air est la même dans les deux vases.

La densité de l'air est la même dans les deux vases.

La densité de l'air est la même dans les deux vases.

La densité de l'air est la même dans les deux vases.

La densité de l'air est la même dans les deux vases.

La densité de l'air est la même dans les deux vases.

La densité de l'air est la même dans les deux vases.

La densité de l'air est la même dans les deux vases.

La densité de l'air est la même dans les deux vases.

La densité de l'air est la même dans les deux vases.

La densité de l'air est la même dans les deux vases.

La densité de l'air est la même dans les deux vases.

La densité de l'air est la même dans les deux vases.

a vaine des 2, 22 j. grà 1, 58; j. p. l'air antique des 3, 20,
j. grà 2, 08 mais c'est la plus grande variété qu'on ait
observée. Le général a une grà de tempêtes, ^(auv.) p. d'air la
derrière et bien content et qu'il est le général même p. des
tempêtes, vaine, de fait d'acquiescence, et tout à la fois
un voyage de fait d'acquiescence, qu'il content d'acquiescence
qu'il content d'acquiescence, quelques-uns de fait d'acquiescence
et qu'il content d'acquiescence.

Hygrométrie.

L'air atmosphérique contient toujours le vapor d'eau en plus ou moins grande quantité; or la température est variable dans une chambre quelconque; or tout d'après Watt, le vapor d'eau varie toujours en raison inverse de la température. Donc quand on voit qu'il y a beaucoup d'air même s'il n'est pas très chaud, et tout le monde a vu le vapor d'eau s'élever de la terre et sur les montagnes, il suffit d'en faire abstraction et de ne s'occuper que de la vapeur d'eau qui est dans l'air, on voit qu'il y a une certaine force qui a été appelée humidité de l'air. Or cet effet, quel qu'il soit, produit le vapor d'eau qui y est contenu à une température donnée maximum correspondant à la même température. Donc cet effet, il suffit de le faire abstraction de la température pour que

La vapeur d'eau se trouve dans l'air en quantité variable. On dit qu'il y a saturation d'eau dans l'air quand la vapeur d'eau est en quantité telle qu'elle ne peut plus se condenser. On appelle état hygrométrique le rapport de la vapeur d'eau dans l'air à la vapeur d'eau qui saturerait l'air à la même température. Si j'appelle p la pression de la vapeur d'eau dans l'air, et P la pression de la vapeur d'eau qui saturerait l'air à la même température, on appelle fraction de saturation le rapport $\frac{p}{P}$.

$$\rho = 1.293 \times V.d \times \frac{1}{\text{at}} \frac{f}{F}.$$

Le 1^{er} de nos 2^{es} rations que contenant le même volume.

$$I = 1293 \times V \times d \times \frac{1}{1 + \alpha t} \times \frac{\sqrt{r}}{760}$$

à servir ses intérêts, ou à nuire, ou à obtenir:

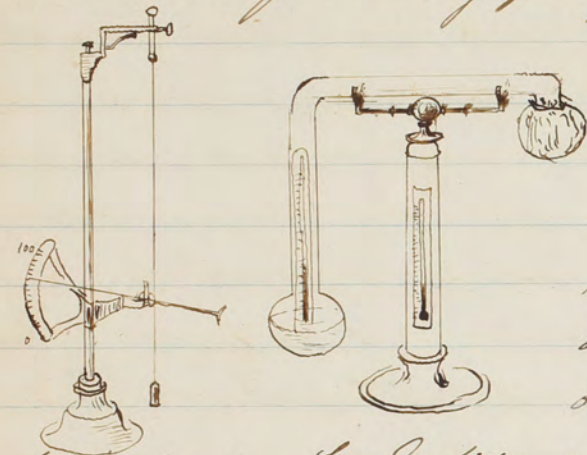
$\frac{P}{\rho} = \frac{f}{\rho}$

O jet d'eau en quel état l'hyge s'est opposé à p.
à la fois d'un certain de ce volume d'eau à p.
vapeur qui y met continue à la même température. Les
mélanges hygroscopiques précis déterminent soit f, soit p. Comme
on a dit cela détermine P et P f c'est la température, la détermination
à p. ou f suffit pour faire l'état hygroscopique.

I. Hygromètre de Saussure ou à absorption. Le hygromètre à absorption est fondé sur le fait expérimental que certaines substances organiques, comme le sucre, les huiles, les résines, absorbent facilement l'humidité de l'air et s'allongent d'une quantité variable selon l'état hygrométrique, de sorte que cet allongement peut servir de mesure à l'état hygrométrique. L'hygromètre de Saussure est un hygromètre à charbon. Un charbon et fixé sur une tige métallique qui se termine supérieurement et sert d'appui à une petite poutre munie d'une aiguille, à l'autre extrémité du charbon est une petite poutre qui tend le fil. De sorte que l'aiguille sert à mesurer et à allonger ou à contracter le charbon; cette aiguille se meut sur une échelle divisée fort généralement en centimètres. Pour graduer cet appareil, on se sert d'un poids et d'un vase de charbon, ou plus souvent d'un vase contenant des substances déshydratées, comme de l'acide sulfurique concentré, de l'acide phosphorique anhydre qui absorbent rapidement toute l'humidité qui se trouve

On le cherche et l'aiguille quand on part d'un point d'équilibre vis à vis la
légère ou nul 0° ; avec on s'en fait l'appui d'une charnière et la
poire est perpendiculaire à l'axe qui contient le centre d'inertie à sa
base; l'aiguille est plus longue; est l'aiguille on a une
partie d'équilibre vis à vis l'aiguille à mesure 100° ; par on dit
l'axe est entre 0° et 100° en 100 parties égales. Il est clair que, si
l'aiguille s'arrête à la division 30° par exemple, l'état hygrométrique
est un peu de 30° et il n'y a pas de proportionnalité à l'axe d'inertie
général; il faut donc continuer de tables d'après le regard des chiffres
des hygromètres et les états hygrométriques correspondants à la partie
intermédiaire des tables d'eau. Voici comment M. Regnault
constitue ces tables. Cette question est une à fait que le volume d'air
suffisant et d'eau est le même toujours des tables d'eau et
plus ou plus grand ou même que la quantité d'eau doit être plus
plus considérable. Qu'on ait déterminé les tables d'eau
et les mélanges, il faut plus massivement une échelle avec un hygromètre
même et il a déterminé ainsi la division ou l'arrêt l'aiguille sur les
tables d'eau comme à l'ordinaire, c'est-à-dire que, en considérant
la table des tables d'eau qui se trouve dans le volume d'air qu'on
que comme une fonction de l'axe d'inertie par l'aiguille du hygromètre,
même, il a déterminé si ce n'est pas
variables et il a construit approximativement le nombre correspondant de

vanter de la foudre & jager p. & tout ce qui se fait



de la foudre & jager p. & tout ce qui se fait

de la foudre & jager p. & tout ce qui se fait

de la foudre & jager p. & tout ce qui se fait

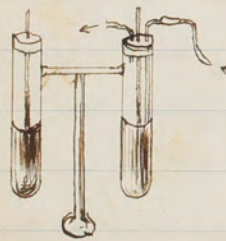
de la foudre & jager p. & tout ce qui se fait

de la foudre & jager p. & tout ce qui se fait

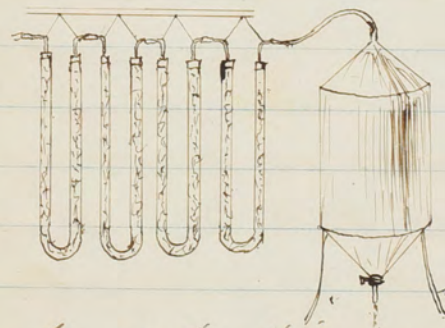
de la foudre & jager p. & tout ce qui se fait

de la foudre & jager p. & tout ce qui se fait

de la foudre & jager p. & tout ce qui se fait

[illegible]

Hygromètre chimique.— L'hygromètre chimique se compose d'un
vase à tubes, le V contenant du chlorure de calcium anhydre que de la poudre
mélangeuse, du sulfate anhydre et de la bague à feu pour de l'air ou
mélange d'acide carbonique. Le flacon principal et les tubes se trouvent en verre, le
petit



tenant de l'autre flésshoing, et le tube qu'on
 appelle tube témoin. par lequel on
 voit qu'il ne vient point de vapeur de l'eau au
 moment qu'il est de sa surface. L'aspirant se compose d'un cylindre à piston
 tenu par 2 câbles ou contenance avec un tube
 pour porter l'expérience et l'écume d'^{eau} cabot à la partie inférieure, et appelé
 et est complètement rempli d'eau, si on ouvre le robinet, l'eau s'écoule et
 et remplace par de l'air qui a traversé les tubes V. On presse la valve des tubes
 et V à l'exception de tube témoin sont l'expérience, on la pousse après
 la diffusion de l'air dans le point de la vapeur d'eau continue d'être

Calorimétrie

La calorimétrie est la partie de l'étude de la chaleur qui s'occupe de la mesure de la quantité de chaleur nécessaire pour produire les différents phénomènes, de dilatation, de changement d'état etc, que nous venons d'étudier.

Soit α exposé à une température constante inférieure à la température θ de l'air. Soit t un temps x . La quantité $\theta - \alpha$ est appelée l'excès de température du corps sur l'enceinte. Au bout de

temps x , α a une augmentation de température égale à $\frac{d\theta}{dx}$. La quantité $\frac{d\theta}{dx}$ est appelée la vitesse de refroidissement à l'instant x . Cette quantité est une fonction de l'excès de température, on peut donc le développer suivant les puissances croissantes de l'excès; il n'y aura pas de constante dans le développement; car si l'excès de température est nul, la vitesse de refroidissement sera évidemment nulle; le développement sera donc de la forme:

$$-\frac{d\theta}{dx} = mt + at^2 + pt^3 + \dots$$

Loi de Newton. — Quand l'excès t n'est pas considérable, les coefficients $a, p, \dots$ sont négligeables, et la vitesse de refroidissement peut être représentée par l'équation: $-\frac{d\theta}{dx} = mt$.

Cette équation définit l'excès α fonction de temps x . On trouve alors:

$$\frac{d\theta}{dx} = -m(\theta - \alpha) \quad \text{Donc} \quad \log t = -m(x - a)$$

$$\text{D'où on a} \quad t = e^{-m(x-a)} \\ \text{ou} \quad t = Ae^{-mx}$$

On obtient la formule qui donne l'excès de température α après un temps x .

$$\text{On peut également écrire } t = Ae^{-mx} \quad t = Ae^{-mx}$$

Cette formule nous montre que, lorsqu'on se trouve en présence d'un milieu homogène, l'excès de température décroît en fonction géométrique. Or, si l'excès de température est α au bout de 1 minute, au bout de 2 minutes, il sera de α^2 , au bout de 3 minutes de α^3 etc. Nous venons de voir que l'excès de température décroît en fonction géométrique jusqu'à 30° ; au-dessus de 30° , il faut tenir compte des autres termes, si l'on veut quelque exactitude.

Deuxième formule. — Il y a une manière d'obtenir l'excès α après un temps x en opérant comme on le fait pour les dérivations chimiques. On divise le temps en intervalles τ courts et égaux et on admet que l'excès reste constant pendant ces intervalles et varie seulement à la fin de chaque intervalle.

Soit θ_0 l'excès de température à temps 0, soit θ_1 l'excès de température au bout de 1 intervalle que je suppose égal à 1', la différence d'excès est $\theta_1 - \theta_0$, l'excès moyen est $\frac{\theta_0 + \theta_1}{2}$, donc le refroidissement moyen de l'excès sera $\frac{\theta_1 - \theta_0}{\frac{\theta_0 + \theta_1}{2}}$. On admettra ici de Newton l'abaissement moyen de l'excès est constant et on a approximativement pour valeur la quantité m , on a donc:

$$\frac{\theta_1 - \theta_0}{\frac{\theta_0 + \theta_1}{2}} = m \quad \text{ou} \quad 2\theta_1 - 2\theta_0 = m\theta_0 + m\theta_1$$

$$\text{D'où} \quad A(m+2) = A_1(2-m) \quad \text{D'où} \quad A_1 = A \frac{m+2}{2-m}$$

On appelle A_n le coefficient de 2^n , etc, on a donc:

$$A_1 = \frac{2+m}{2+m} A, \quad A_2 = \frac{2+m}{2+m} A_1, \quad \dots \quad A_n = \frac{2+m}{2+m} A_{n-1}.$$

Pour avoir A_n en fonction de n et de t , il suffit de multiplier
tous les exponents précédents membre à membre; ce qui donne:

$$A_n = \left(\frac{2+m}{2+m}\right)^n A$$

$$t = \left(\frac{2+m}{2+m}\right)^n A.$$

Remarquons que c'est même A que tout à l'heure.

Troisième formule. On donne généralement à Laplace et à Fourier
la même formule plus simple quoique moins approchée, mais la
première montre que cette formule de Laplace est aussi bien que la seconde, etc.
des limites de temps ^{pour conditions}. Soit t le temps de temps, a et p sont
l'accès ou la distance x , l'abaissement total est $A - t$, et l'abaissement
moyen est: $\frac{A-t}{2}$. La nouvelle approximation consiste à admettre
que cette quantité est encore égale à m .

$$2A - at = mAx + mt x \quad \text{ou} \quad t(2+mx) = A(2-mx)$$

$$t = \frac{2-mx}{2+mx} A$$

En effectuant le développement et négligeant le terme $\frac{m^2 x^2}{2+mx}$, on aura:

$$t = A(1-mx)$$

Cette est la formule que nous employons. Comme elle n'a jamais été
que dans la correction qui est faite, par rapport à la méthode finale, l'expérience
montre que cette dernière formule qui mathématiquement n'est pas
approchée que la première, donne des résultats plus exacts, les limites identiques

Des Chaleurs spécifiques. On appelle chaleur spécifique d'un corps

le chaleur nécessaire pour élever d'un degré centigrade la température d'un kilogramme
de ce corps; on prend pour unité de chaleur spécifique la chaleur spécifique
de l'eau: la calorie est donc la quantité de chaleur nécessaire pour
élever d'un degré centigrade la température d'un kilogramme d'eau.

Soit c le coefficient P kilogramme et de chaleur spécifique c . Pour
un échantillon de température t , il faudra une quantité de chaleur c pour
un kilogramme et cP pour P kilogrammes. Il faut donc que ces deux
catégories de corps, ou qui ont le chaleur spécifique constant, se
puissent ^{différencier} par c et les chaleurs spécifiques variables. Pour le cas d'un corps
général, elle est généralement constante ou variable.

$$Q = P c t.$$

L'eau cependant a une chaleur spécifique variable, mais le plus souvent on la considère
et les chaleurs spécifiques variables, ou t .

I. Méthode du calorimètre à glace. Pendant longtemps

après Laplace et Laplace a été mis en usage le calorimètre ou le chaleur
nécessaire pour élever d'un degré centigrade d'un kilogramme d'eau
le poids de l'eau à 0° qu'il faut élever de t degrés, ou la quantité de
chaleur Q serait d'un kilogramme, par exemple, si l'eau est à 0°
il faut 10° l'eau qu'il faut élever à 0°, la chaleur Q est le poids
 P d'eau à 0° et t est le chaleur à 0°, le chaleur Q est le poids
ou la température de 0° et t est le chaleur à 0°, le chaleur Q est le poids

Le poids de l'eau de fonte est égal à
 80 P. donc: $\text{P. d'air} = 80 \text{ P.}$ d'où $\alpha = \frac{80 \text{ P.}}{\text{P. d'air}}$

De tous les appareils de fonte, on n'en a pas d'autre qui
 donne une fonte si pure, si douce, si facile à couler, et si
 susceptible de résister à la corrosion. C'est pourquoi on l'emploie
 pour la fonte des machines à vapeur, des pompes, des
 chaudières, etc.



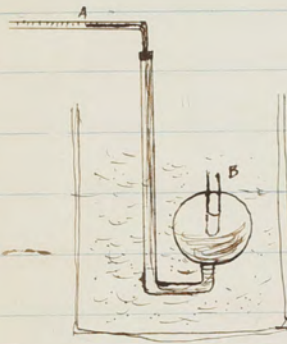
Il faut que l'air qui se trouve dans la fonte soit
 évacué, et que la fonte soit purifiée. C'est pourquoi on
 emploie un appareil qui permet de purifier la fonte
 avant de la couler.

La température de la fonte est d'environ 2000°C .
 Elle est donc très chaude, et elle se contracte
 en se refroidissant. C'est pourquoi on doit
 prendre garde à ne pas la couler trop vite,
 car elle pourrait se fissurer.



La fonte est un métal qui se coule facilement,
 mais qui est très dur. C'est pourquoi on doit
 la couler avec précaution, et on doit la
 couler dans un moule qui est bien préparé.

La fonte est un métal qui se coule facilement,
 mais qui est très dur. C'est pourquoi on doit
 la couler avec précaution, et on doit la
 couler dans un moule qui est bien préparé.



Il faut que l'air qui se trouve dans la fonte soit
 évacué, et que la fonte soit purifiée. C'est pourquoi on
 emploie un appareil qui permet de purifier la fonte
 avant de la couler.

La température de la fonte est d'environ 2000°C .
 Elle est donc très chaude, et elle se contracte
 en se refroidissant. C'est pourquoi on doit
 prendre garde à ne pas la couler trop vite,
 car elle pourrait se fissurer.

La fonte est un métal qui se coule facilement,
 mais qui est très dur. C'est pourquoi on doit
 la couler avec précaution, et on doit la
 couler dans un moule qui est bien préparé.

Je retire l'ea de terre, & remette au l'ist p compo^{se} de
l'app^{re}l; ad fait & mettra dans le tube & p^{ro}vide p' à t^o d'
up. Plus fort de g^{ra}ce p^{ro} du enco^{re} et soit

up. There is still some paper to be made and sent
in the number of drawings, but we have now a better
quantity of steel & paper. Lc

$$\frac{n}{\rho t} = \frac{n'}{\rho' t'} \quad \text{D' a} \quad c = \frac{n'}{n} \cdot \frac{\rho}{\rho'} \cdot \frac{t}{t'}$$

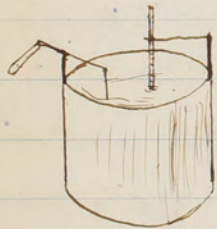
II. Méthode des mélanges. — . Soit a pds P.D. ap. & b pds

Il se peut que si C , P est pair, D a à la fin t , on n'ajoute
rien, et si D a à la fin t , on n'ajoute rien à P et
 t . En résumé, si D a à la fin t , on n'ajoute rien à P et
 t .

$$P_c(T-\theta) = P'(\theta-t)$$

$$C = \frac{P'}{P} \cdot \frac{\theta - t}{I - \theta}$$

équation qui détermine c , l'achat de m s'est vu d'une



autre ambassade. Suit l'expédition de la flotte de C.
Suit l'expédition de la flotte de C.
Chet expédition de la flotte de C.
Droide et.

$$P_c(T-\theta) = P'(\theta-t) + (p_1 c_1 + p_2 c_2 + p_3 c_3)(\theta-t)$$

esprit qui contient plusieurs inconnues. Ces rangs que n'a pas ceux au même appel la question de la nature est la même, c'est-à-dire que si l'a

[illegible]

deben, Remford anstellt den columnen des in der post
statut ist in der post an dem zu il parayt que coll. iett
infer à bte p'c affiché. De ab que ont l'mission de la
le colonie mit schaff' p' unguent, af il indation, il
reparé et Remford admett q' il gant a si compant.
Col mit m' n' legi es bte d' col auf sold d' mien
top, gantant d' d' top d' bte q' d' p' m'it, vici cam,
mit opet ill. Regnall. soit i bte p' c' d' hite, mit t
bte p' infiche 71^{+ 7} bte p' d' r

[illegible]

$$m = \frac{\Delta \theta}{\frac{T+L}{2} \times}$$

De même si je compare le temps t par lequel le liquide s'est refroidi

$$m = \frac{\Delta' \theta}{\theta - \tau} x$$

Pour conclure, il faut remarquer que le temps t est le même dans les deux cas.

$$\text{La quantité de chaleur} : m \frac{\theta - \tau}{2} x' - m \frac{\tau - t}{2} x$$

$$m \left(\frac{\theta - \tau}{2} x' - \frac{\tau - t}{2} x \right)$$

On remarque que si $x = x'$, cette quantité est nulle, c'est-à-dire qu'il n'y a ni gain ni perte de chaleur.

Supposons $x = x'$, on voit que cette quantité est nulle.

$$m x \left(\frac{\theta + t}{2} - \tau \right) \text{ ce effet de refroidissement par rapport à la moyenne } \frac{\theta + t}{2}$$

est nul si x est fini et τ est égal à $\frac{\theta + t}{2}$.

Cette méthode des mélanges ne peut s'appliquer directement qu'à des corps solides, les conducteurs et isolants dans le cas. Elle est de même inapplicable, directement au moins, aux substances qui flottent à la surface du calorimètre, ou le baignent partiellement dans un tube qui s'élève au-dessus du bain, ou le thermomètre, mais le thermomètre et le corps ne sont jamais exactement à la même température. Quant aux corps solubles dans l'eau et dont la dissolution s'accompagne d'une absorption de chaleur, on détermine la chaleur spécifique par rapport à un liquide dans lequel ils sont insolubles; on voit aussi comment de l'erreur de température. Quant aux corps mauvais conducteurs,

dont la température est généralement différente de celle des corps environnants, on force les mélanges et on les refroidit.



