

Title	寺尾寿自筆ノート[088]
Author(s)	寺尾, 寿
Citation	
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/89949
rights	Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

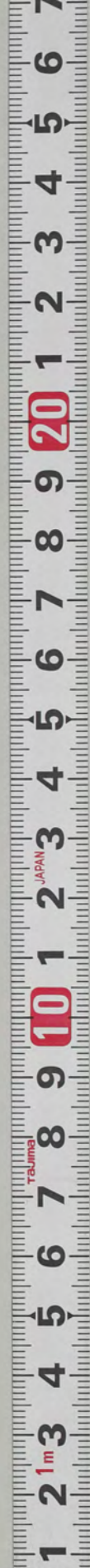
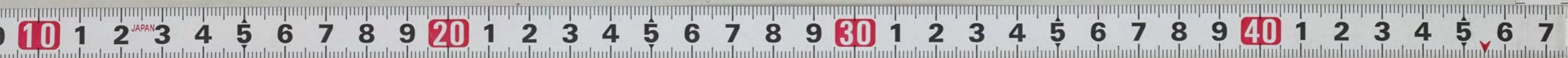
<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University



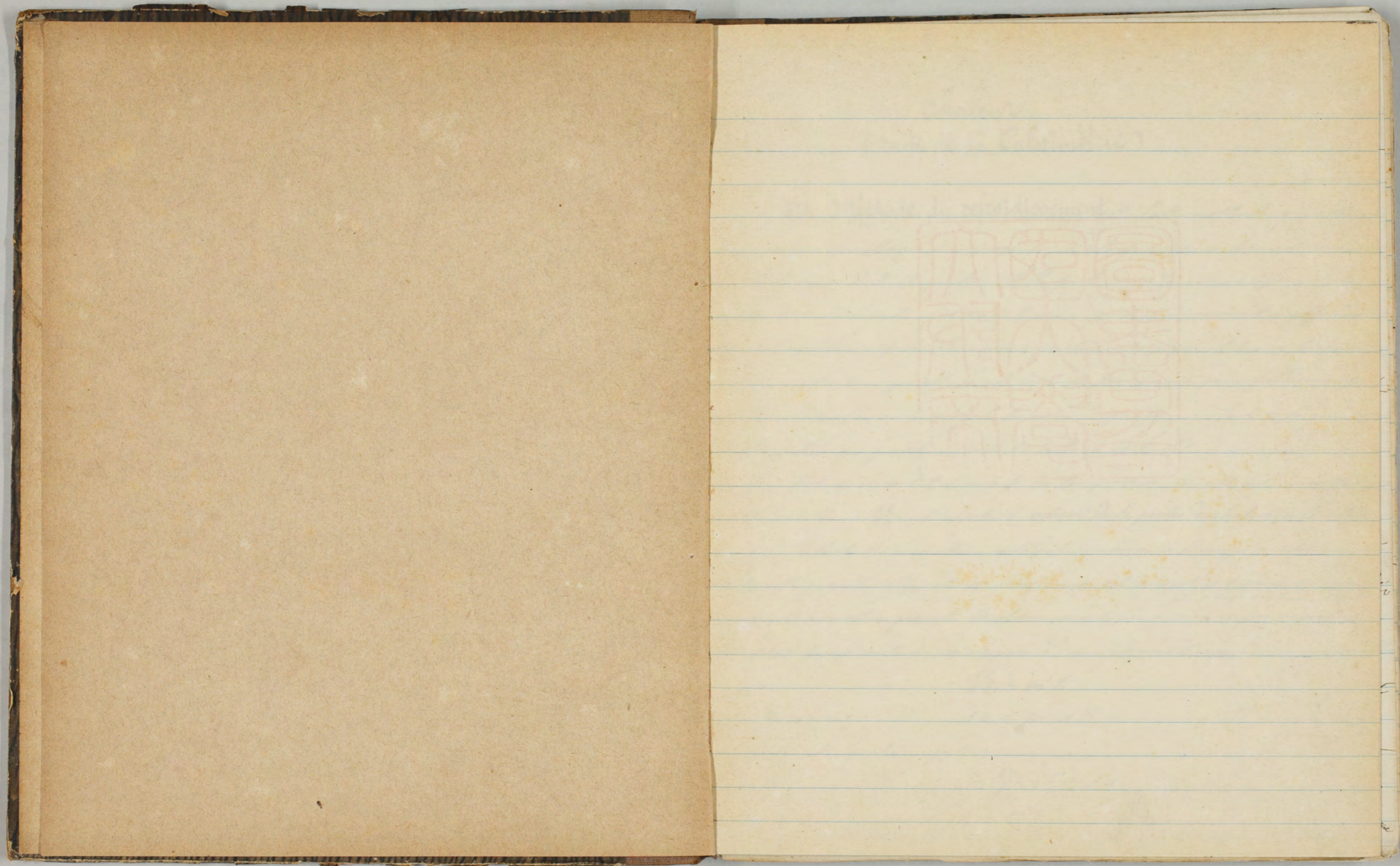
物理学

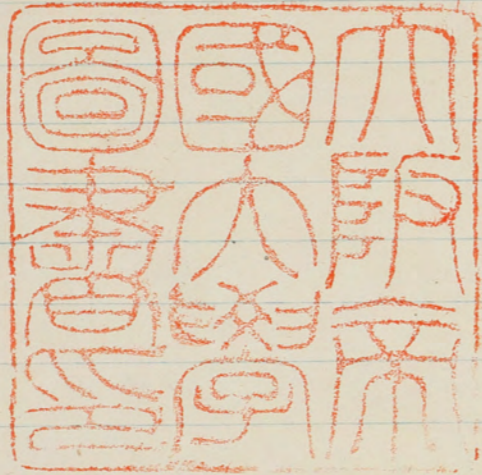
310 1
数学教室



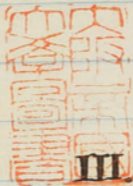








Chaleur
(suite de la Calorimétrie)



III Méthode du refroidissement. — Cette méthode qui a été imaginée par Lavoisier et employée par Dulong, a une forme définitive de la main de M. Regnault. Elle peut se appliquer sur des corps solides et sur des liquides, pourvu qu'il n'y a pas de transition à effectuer. Elle consiste à opposer dans une enceinte un corps qui est à une température plus élevée que celle de cette enceinte et à observer son refroidissement avec le temps, on en déduit la chaleur spécifique. Soit Q la quantité de chaleur que prend un corps de poids p et de chaleur spécifique c à l'instant x et soit t l'écart de sa température et celle de l'enceinte. La quantité $-\frac{dQ}{dx}$ est appelée la vitesse de la perte de chaleur à l'instant x . Si toutes les circonstances, restent les mêmes à l'exception de l'instant t , cette quantité $-\frac{dQ}{dx}$ est une fonction de cet instant et si t varie peu, on peut admettre que cette fonction, développée en série et qui se contient jusqu'à terme constant, se réduise à sa première terme :

$$-\frac{dQ}{dx} = m't$$

Où a , $dQ = pc dt$

Dans cette équation fait varier :

$$-\frac{dt}{t} = \frac{m'}{pc} dx.$$

$$\log \frac{A}{t} = \frac{m'x}{pc}$$



ce qui a fait voir :

$$t = A e^{\frac{pc}{m'x}}$$

ou, si l'on veut, en posant $m = \frac{m'}{pc}$

$$t = A e^{mx}$$

L'appareil de M. Rignault se compose d'un petit vase en argent poli contenant le vase d'un diamètre avec la poudre ou le liquide en lequel on veut opérer. L'ensemble se compose d'un vase en tôle muni d'un tube d'évacuation avec un robinet permettant de le mettre en communication avec une machine pneumatique, ses parois intérieures sont tapissées de soie de femme.

Le tout est contenu dans un récipient plus grand rempli de glace à 5° de façon à maintenir la température constante. Pour faire l'expérience, on chauffe l'enceinte et l'on note le moment où la température est à un nombre quelconque : on prend le moment pour origine des temps. Soit à l'instant de température à ce moment, on soit d'un temps x , la température est devenue t et l'on a :

$$\log \frac{A}{t} = \frac{mx}{pc}$$

Si l'on opère avec un vase quelconque au lieu de l'argent, on obtiendra au temps x ou tout autre quel la température soit de A sera devenue

t et l'on aura :

$$\log \frac{A}{t} = \frac{m'x}{pc'}$$

D'où

$$\frac{m'x}{pc} = \frac{m'x'}{pc'} \quad \text{ou} \quad \frac{x}{pc} = \frac{x'}{pc'}$$

équation qui permet de comparer les chaleurs spécifiques de deux corps quelconques. On a :

$$c = \frac{p'}{p} \cdot \frac{x'}{x} \cdot c'$$

Il suffit donc de connaître la chaleur spécifique d'un corps pour avoir les chaleurs spécifiques de tous les autres. Il suffit de prendre l'un comme unité de ces corps, alors $c = 1$ et l'équation précédente donne c en colonnes.

Remarquons que la machine pneumatique permet, dans tous les cas possibles, d'obtenir la même pression. On fait en sorte que de l'air sortant l'enceinte autant que possible et d'y laisser une très-petite pression d'air pour empêcher le refroidissement se fait très-lentement et que, par conséquent, pour une valeur quelconque de la variable t varie d'une quantité très-petite.

Entre les mains de M. Rignault ^{cette méthode} on trouve jamais, pour les poudres les plus volatiles absolument concordant dans deux expériences consécutives, au point à ce que les poudres ne sont pas conductrices, que si la température descend de 20° à 16°, par exemple, il est possible que la température des poudres n'a pas changé de la même façon.

Thermo-calorimètre de M. Regnault. - C'est un appareil

à alcool analogue au calorimètre de M.

Büsen. La partie supérieure du tube peut

être remplie d'une substance connue

son point de fusion et maintenue à 0°

par le bague fixe. On ferme le tube A

avec un bouchon, on le chauffe à la flamme

dans l'enceinte. On note le temps que met

l'alcool de ^{passer} un ^{point} ou un ^{autre} point

quelque marque arbitraire. Soit A et t le ^{premier} temps

correspondant à ces deux instants séparés par le temps t.

On a alors
$$\log \frac{A}{t} = \frac{m'x}{K}$$

K étant ce qui s'appelle le poids évalue en eau du calorimètre qui s'est refroidi c'est à dire le produit de sa ^{capacité} chaleur spécifique. On remarquera aussi l'importance ^{du} poids p' d'eau

dans le manœuvre et c'est même le temps t' que met le ^{liquide} manœuvre

dans de B. C. p' a une abs.
$$\log \frac{A}{t'} = \frac{m'x'}{K+p'}$$

On fait une 3^e fois l'expérience en remplaçant l'eau

par un poids p'' de corps étudié, a a abs.
$$\log \frac{A}{t''} = \frac{m'x''}{K+p''}$$

ce qui donne les 2 équations :

$$\frac{x}{K} = \frac{x'}{K+p'} = \frac{x''}{K+p''}$$

qui permettent d'évaluer K et de déterminer ce qui s'appelle

$$\frac{x' - x}{p' - p''} = \frac{x' - x}{p'}$$

Les résultats données par cette méthode ont été reconnus être

constants. Elle est surtout applicable aux liquides, elle a été

aussi appliquée aux corps solides et métalliques et on a vu

encore que le corps solide qui a été étudié.

Résultats généraux. - 1^o La chaleur spécifique d'un même

corps est variable avec son état moléculaire. Exemple :

Chaleur spécifique du Carbone sous différents états.	Diamant	0,15
	Graphite	0,20
	Charbon de bois	0,24 généralement
	Noir de fumée	
	Noir animal	0,26

2^o Les corps ont des chaleurs spécifiques variables plus petites

quel'unité. L'eau est donc le corps de la plus grande chaleur

spécifique.

3^o La chaleur spécifique d'un corps varie avec son état

physique. Ainsi, pour l'eau, sa chaleur spécifique est

0,5 quand elle est à l'état de glace tandis qu'elle est de 1

dans l'état liquide.

4^o. La chaleur spécifique d'un même corps est variable avec



la température; de sorte que dans toute la surface que nous faisons, nous ne déterminons que la chaleur spécifique moyenne d'un corps entre deux températures données c'est à dire la chaleur spécifique moyenne constante que devient c si le corps passe par une même quantité de chaleur la température varie de un même nombre de température.

1^{er} cas. - Pour les corps solides, la chaleur spécifique augmente un peu avec la température. Exemple:

Chaleurs spécifiques du Platine:	{	0° - 100°	0,033
		0° - 300°	0,035
		0° - 1200°	0,038

Les faits infirment un procédé qui avait été proposé comme méthode pyrométrique. Il aurait suffi de mettre dans un vase un poids p d'un corps non volatil, comme le platine, par exemple, jusqu'à ce qu'il eût la température de t par le contact par la méthode des mélanges; l'équation que nous avons obtenue dans ce qui précède, servirait à déterminer t connaissant c .

On a bien cherché à donner c et ch à la fois deux poids différents d'un même métal. Mais, quoi qu'il en soit, cette méthode est très incertaine, car la température de la masse métallique est notablement abaissée de moment à autre la robe du fait, jusqu'au moment où on la plonge dans le calorimètre. De plus,

pour avoir vu que la méthode des mélanges n'est applicable que pour des températures qui ne sont pas au-dessus de la température ambiante; et c'est pourquoi les méthodes pyrométriques qui sont employées aujourd'hui sont beaucoup plus précises et plus commodes.

2^o cas. - Pour les liquides, la chaleur spécifique est très variable avec la température:

Chaleurs spécifiques de l'Alcool:	{	5° - 10°	$c = 0,646$
		10° - 10°	$c = 0,654$
		15° - 20°	$c = 0,677$

Cependant, la chaleur spécifique de l'eau varie très peu avec la température. On a trouvé que la quantité de chaleur Q nécessaire pour élever la température d'un kilogramme d'eau de t à $(t+1)$ est une équation pour une série de chiffres suivant les puissances croissantes de t et dans laquelle tous les termes, à partir de 3^{ème} exclusivement sont négligeables:

$$Q = t + 0,00008 t^2 + 0,000007 t^3$$

Dans les dernières méthodes calorimétriques, on détermine la quantité de chaleur Q que cède un kilogramme d'un corps pour que sa température s'abaisse de t °, et le nombre que l'on détermine est c . D'expérience on trouve que, si l'on appelle c la chaleur spécifique par le titre de la température,

Soit Q la chaleur :

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

ce qui donne :

$$\frac{dQ}{dt} = c + 2at + 3bt^2$$

C'est ce qui est appelé la chaleur spécifique moyenne entre t et $t + dt$. Mais soit Q la quantité de chaleur que possède un corps à la température t , à la température $t + dt$, il aura une quantité de chaleur $Q + dQ$ et l'on appelle chaleur spécifique à la température t le nombre $\frac{dQ}{dt}$. On voit que c'est la limite de la chaleur spécifique moyenne entre les deux temps t et $t + dt$ quand dt tend vers zéro.

Loi de Dulong et Petit — Loi des Chaleurs atomiques. —

La chaleur spécifique d'un corps simple est presque multipliée par son poids atomique et ce nombre constant pour tous les corps.

Si c est la chaleur spécifique et p le poids atomique, on a $cp \approx 3$ ou 4 c'est-à-dire que le produit de c par p est voisin de 3 à 4 à peu près.

Bismuth	0,03	= variation de la chaleur spécifique
	3,20	"
Charbon	6	= variation du poids atomique
	108	"
Chaux	3	= variation de CE

Abstraction 3, 4.

On croit quelquefois que la loi est fautive.

La chaleur spécifique des atomes de corps simples est constante pour tous les corps.

Soit n le nombre d'atomes qui se trouvent dans un kilogramme de corps et E le poids atomique ou ana ato.

$$1 = nE$$

Soit a la quantité de chaleur que possède un atome de corps simple à la température t , on aura :

$$c = na$$

C'est la chaleur spécifique du corps. D'où

$$CE = a$$

Le nombre CE est ce qui est appelé la chaleur atomique.

Loi de Wroestyne. — La chaleur spécifique des atomes des corps simples est la même soit à l'état libre soit à l'état de combinaison.

Soit un mélange de corps qui contient n atomes de 1^{er} corps n' de 2^d n'' de 3^e, mais c, c', c'' les poids atomiques des 3 corps simples, on a :

$$E = c + c' + c''$$

Si j'appelle C la chaleur spécifique du corps composé, on a :

$$CE = (n + n' + n'')a$$

en général:

$$CE = 3 \sum n$$

Les oxydes de la forme M_2O , ou a , $\sum n = 2$, et le nombre CE, traité directement par les paragraphes et semblablement 5, 7. Pour les sulfures de la forme M_2S , ou a , $CE = 5, 9$; pour les sulfures de la forme M_2S_3 , ou a , $CE = 9, 4$ (ici $\sum n = 3$).

Chaleurs spécifiques des Gaz.

Il y a plusieurs manières d'étudier la chaleur spécifique d'un gaz.

1^o La chaleur spécifique d'un gaz est la quantité nécessaire de chaleur pour élever d'un degré la température d'un kilogramme de ce gaz.

2^o Quelqu'un a dit et est, on l'a généralement expliquée au gaz, on compare la chaleur spécifique d'un gaz à celle de l'air.

Si j'appelle C la chaleur spécifique d'un gaz et A celle de l'air le nombre $\frac{C}{A}$ est appelé la chaleur spécifique en poids par rapport à l'air. Exemple: pour l'air on a $A = 0,237$ et pour l'hydrogène $0,405$.

3^o Soit a le poids en kilogrammes d'un mètre cube d'air, pour élever sa température d'un degré il faut $Aa = 0,306$ calories. De même si j'appelle D le poids en kilogrammes d'un mètre cube de gaz, CD sera le nombre de calories nécessaires pour élever sa température d'un degré. Ce nombre a été appelé aussi la chaleur spécifique d'un gaz en volume. (Si d'après la loi de Boyle-Mariotte, on a $CD = Cda$.)

4^o La C est appelée la chaleur spécifique d'un gaz en volume par rapport à l'air le nombre $\frac{CD}{Aa} = \frac{C}{A} d$, cette dernière s'appelle et multipliée par le densité de l'air spécifique en poids par rapport à l'air.

On a adapté ces deux définitions pour la chaleur spécifique d'un gaz la même définition que pour les autres opérations. Remarquons que, pour le gaz, cette définition ne s'applique pas, pour déterminer complètement la chaleur spécifique, nous nous sommes offert quel'actio de la chaleur sur un gaz se fait soit dilatation soit contraction de température soit des deux simultanément. Considérons la chaleur spécifique C à pression constante et la chaleur spécifique C' à volume constant, dans ces conditions, tant que C est plus grand que C' .

Chaleurs spécifiques sous pression constante. Elles ont été étudiées par le sieur M. de la Roche, Delambre et Berard, on peut s'imaginer un cylindre fermé d'un gaz, on y met un piston qui fait double usage de piston et de vitre constante de ce gaz et une capsule d'air et d'un quel'objet se déplace par conséquent de l'air avec une vitesse constante. Cet air est dans un vase qui contient une masse remplie de gaz à laquelle sont appliqués de bas l'objectif est d'un gaz qui ne peut être comprimé ou étendu. Le gaz est dans un tube horizontal qui se meut

verticalement; on en a fait deux tubes. Le tube
 gauche a un bouchon de liège de thermomètre
 Il se trouve par
 rapport au tout
 contient de l'eau avec
 un thermomètre placé sur
 l'axe de suspension. Le
 gaz est chauffé de bas
 tube horizontal de la vapeur d'eau qui circule
 autour du tube. Le gaz a un tube de suspension
 à sa température de l'eau qui se refroidit à sa
 température à l'extérieur et il se trouve à la
 partie de haut de rayonnement et égal au gain de chaleur
 fait de la température de l'eau dans un premier
 agitateur, soit de la température de gaz de part de la
 moyenne arithmétique de la température de la vapeur et de la
 température de l'eau de thermomètre de tube. Soit v le volume
 de gaz qui s'est élevé pendant le temps t en
 mètres cubes, D le poids de 1 mètre cube, C la chaleur spécifique, ρ le poids
 de l'eau. On s'obtient de $t - \tau$, il faut faire
 quantité de chaleur égal à $VDC(t - \tau)$, soit τ le temps
 ambiant à l'air.

$$VDC(t - \tau) = m'(t - \tau)$$

Cette formule est à se connaître m' elle s'
 remarque auparavant qu'il y a lieu de se rendre
 à fin de la tube qui mesure le gaz et il est de distance
 de la vapeur par conséquent il est de même le bain
 d'eau. Soit même l'écart de température que ce tube
 offre à l'air, de la Rodde et de l'air ^{parait} fonction de l'appareil sans
 faire varier le gaz, et il se fait que l'équilibre est
 établi ^{que l'usage} à la température est $t = 21.9$. Soit τ la température
 de la conductibilité de tube doit être considéré et retranché de
 l'écart de température $t - \tau$ de l'air; de sorte que l'équation
 précédente devienne

$$VDC(t - \tau) = m'(t - \tau - \epsilon)$$

On détermine m' on mesure le volume qui mesure le gaz et on
 voit avec l'expérience et la mesure la température de l'air de 4
 à 5 minutes. Soit t_2 la température de l'air à la fin de temps x .
 D'après la loi de Newton, on a

$$t_2 - \tau = (t - \tau) e^{-mx}$$

Mais nous ne savons que x a :

$$m = \frac{m'}{\rho C}$$

Cette équation détermine m' . Dans l'expérience citée, on avait

$$m = \frac{1}{114} \text{ et } m' = \frac{\rho C}{114} = 5,24.$$



Le thermomètre de Réaumur
 se chauffe par la conductibilité
 de l'air et se refroidit par
 rayonnement (ou se refroidit
 encore); il s'agit de tenir
 compte de ces deux quantités.
 10 minutes ont été données
 à l'air, le Réaumur s'élevait

la température de l'alcool, de même à un moment donné
 l'expérience a été faite le 10, il avait la variation moyenne
 pendant 1 minute. Soit K l'excès de température pendant
 de l'air et soit m la variation moyenne pendant 1 minute
 de l'alcool; si T est la température ambiante, la variation due à ces deux
 causes est:

$$(1) \quad \theta = K + m(\theta - T)$$

soit commençant l'expérience, à chaque minute on donne le
 temps de l'alcool et le temps ambiant; pendant chacune de
 ces minutes on avait deux observations à causes égales:

$$\theta_1 = K + m(\theta_1 - T_1)$$

$$\theta_2 = K + m(\theta_2 - T_2)$$

$$\theta_n = K + m(\theta_n - T_n)$$

ce que nous cherchons, c'est la somme $\Sigma \theta$.

$$\Sigma \theta = nK + m(\Sigma \theta - \Sigma T)$$

Cette eq. donnerait la variation cherchée si l'on connaissait K et
 m . Mais on a deux eq. avec ces 2 quantités, équation due
 à l'observation précédente. Il faut une autre équation pour
 déterminer K et m . On observe la variation de l'air pendant
 10 minutes après qu'on a fermé le cabinet et l'on a:

$$(2) \quad \theta' = K + m(\theta' - T')$$

On a donc K et m et par suite $\Sigma \theta$. M. Réaumur a tenu (1) et (2)

$$0,036 = K - m \times 1,23$$

$$-0,018 = K + m \times 11,11$$

$$\left. \begin{array}{l} 0,036 = K - m \times 1,23 \\ -0,018 = K + m \times 11,11 \end{array} \right\} \theta' = \begin{cases} m = 0,005 \\ K = 0,041 \end{cases}$$

$$n=14 \quad \left\{ \begin{array}{l} \Sigma \theta = 233,43 \\ \Sigma T = 122,52 \end{array} \right\} \Sigma \theta = -0,02 \quad \begin{array}{l} \theta' - \theta = 10,53 \\ -4\theta = 0,02 \end{array}$$

Chaleurs spécifiques des Vapeurs. —

Soit les exp. de Réaumur se composent de trois parties: 1° une obser-
 vation qui se fait à l'air, on donne la pression et la température.
 2° on se chauffe par l'air à donner à cette vapeur une température
 uniforme et bien déterminée 3° l'alcool qui se refroidit.

Soit t le temp. de l'alcool à l'état de liquide, T le temp. de l'air et
 soit c la chaleur spécifique de l'air à l'état de vapeur, c' la chaleur spéci-
 fique à l'état liquide, θ le temp. initial de l'alcool et θ' le temp.
 final. M. Réaumur pensait que le temp. constant le moyen

mathématique $\frac{\theta + \theta'}{2}$. Soit p le poids de vase fermé & le poids
 de l'air à t. Soit p' le poids de colonne d'air
 en vase. PC(V-t) sera le calor. dégagé par le gaz par unement
 la temp. de réchauffement à t. Soit p' le poids de colonne d'air
 calor. latente de liquéfaction que nous supposons connue. P'(t - $\frac{\theta + \theta'}{2}$)
 sera le calor. dégagé par le liquide & la colonne d'air.

$$Pc(V-t) + PL + P'c'(t - \frac{\theta + \theta'}{2}) = P'(V-t)$$

M. Regnault faisait par cette méthode les mêmes constatations qu'à
 l'air. Voici quelques résultats:

Air	c = 0,2377	$\frac{c}{A} = 1$	CE =
H	3,405	0,944	CE = 3,4
O	0,218	1,018	1,7
Az	0,244	1,000	3,4
CO	0,245	1,012	3,4
AzO ²	2,232	0,1015	6,9

Si l'on compare ces résultats à ceux de M. Regnault, on
 constate que le gaz non liquéfiable, le calor. spécifique est
 constant ainsi que le nombre $\frac{c}{A}$. Pour les gaz non liquéfiables
 cela n'est plus vrai. Les gaz ne sont pas de Dulong.

Chaleurs spécifiques des gaz sous volume constant. - Soit

1 mètre cube de gaz à la temp. t et à la pression CD colonnes, on
 chauffe et porte à t+t', mais son volume augmente

$$\frac{1}{1+\alpha t} = \frac{x}{1+\alpha(t+t')}$$

le premier étant constant. On tire

$$x = 1 + \frac{\alpha t t'}{1 + \alpha t}$$

Le volume a donc augmenté de $\frac{\alpha t t'}{1 + \alpha t}$. Si on compare ce volume
 à la quantité $\frac{\alpha t t'}{1 + \alpha t}$, on produit un autre dégagement de calor. et
 2^e effet est l'abaissement de température produit par cette calor. Si
 calor. en plus, c'est une même masse gazeuse et est proportionnelle
 à sa température, produite, à savoir.

$$\frac{CD}{C'D} = \frac{1+\omega}{1} \quad \text{ou} \quad \frac{C}{C'} = 1 + \omega$$

On pose généralement: $\gamma = 1 + \omega$ d'où $\frac{C}{C'} = \gamma$.

Supposons un volume V de gaz que nous comprimons de e
 fois $\frac{1}{V}$ de son volume initial & la temp. produite par cette compression
 adiabatique, ce qui est vrai que p & p' sont variables, que la temp.
 & la temp. sont proportionnelles aux variations de volume,
 nous avons:

$$\frac{\omega}{\theta} = \frac{\alpha t t'}{V}$$

$$d'où \quad \omega = \frac{\alpha \theta}{1 + \alpha t} \cdot \frac{V}{V}$$

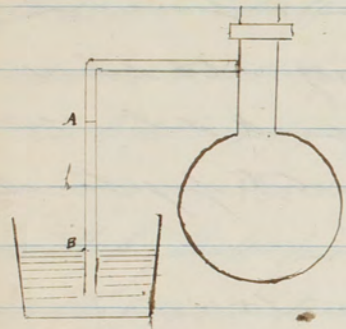
Voici comment Laplace me a un moyen de le constater.

Il prend un grand ballon à bords col fermé par un robinet
 le ballon porte à sa surface un tube latéral dont l'autre bout est plongé
 dans un vase contenant de l'eau. On y introduit le gaz qui se
 raréfie & enlevant le robinet, on respire en p. le gaz qui se



trame de la balle, et on ferme tout de suite le robinet.

La que l'appareil est bien remis à la temp. ambiante, on mesure le haut AB = h de liquide de la vase. Soit V le



volume de gaz ainsi renfermé, et H le

pression exercée de colonnes de même liquid ^{ou autre} qui a la même hauteur.

Le volume V est mesuré par la pression H-h et à la température t. On ouvre le robinet,

l'air entre et précipite dans la balle,

comprimant le gaz de la balle, on ferme le robinet lorsque le vase

est de même de la balle que de la vase. La masse de gaz qui se trouve

le volume V se comprime maintenant le volume V-v à la pression H-h et à t',

et est comprimé de temps de t à t' compression. Soit t' le temps et

volume à la temp. ambiante. On mes. quel espace occupait le

liquide avant de le balle jusqu'à son point A et j'appelle h' la distance AB;

le volume de gaz et le poids V-v, se pressent H-h' en temps t'.

La pression se trouve par compte de pression et de hauteur. On a la relation

de mesure ^{de la balle} $V(H-h) = (V-v)H'$ et j'appelle h' la distance AB;

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

On a deux équations, on tire:

$$\frac{V}{V-v} = \frac{H-h'}{H-h} \quad \text{d'où} \quad \frac{v}{V} = \frac{h-h'}{H-h'}$$

Deux fois rapporté on tire:

$$\frac{(V-v)H}{V(H-h)} = \frac{1+at+at'}{1+at} \quad \text{d'où} \quad \frac{H}{H-h} \left(1 - \frac{h-h'}{H-h'}\right) = 1 + \frac{at'}{1+at}$$

$$\frac{H}{H-h'} = 1 + \frac{at'}{1+at} \quad \text{d'où} \quad \frac{at'}{1+at} = \frac{h'}{H-h'}$$

On a donc définitivement:

$$a = \frac{h'}{h-h'}$$

La pression a ainsi mesurée par le nombre 1,35

On a aussi mesuré la vitesse de propagation de la son.

$$v = \sqrt{\frac{e}{\rho}}$$

et était d'élasticité de l'air et de sa densité.

Cette formule est en accord avec l'expérience car il se trouve

par compte de la variation de volume

elle a été corrigée par Laplace qui a trouvé, dans une

nouvelle théorie de la transmission de son, la formule:

$$v = \sqrt{\frac{e}{\rho} \gamma}$$

Comme on a $\gamma = 1,42$ par l'expérience Laplace déduit:

$$v = \sqrt{\frac{e}{\rho} \gamma} = 1,42$$

La vitesse se trouve à v, l'a été donnée v = 1,35. Il

admet que cette différence est due à la densité de l'air

qui a été mesurée de la même manière et qu'on a fait l'expérience

avec des vases de son et il a regardé la concordance

de ces nombres comme confirmation de sa théorie de propagation

de son.

c. ou d'un spécifique à l'état solide, c. ou d'un spécifique à l'état liquide, et d'un autre. soit P la température constante de calorimètre et θ' le poids de calorimètre, combiné en poids. On pèse de la tige θ à la tige θ' . Le corps donne une chaleur égale à $Pc(\tau - \theta)$ pour former il absorbe une quantité de chaleur égale à $Pc'(\theta' - \tau)$ pour se porter de τ à θ' , il donne une quantité de chaleur égale à $Pc'(\theta' - \tau)$ en absorbant.

$$Pc(\tau - \theta) + Px + Pc'(\theta' - \tau) = P'(\theta' - \tau)$$

c'est de la tige la méthode de mélange. On doit lui faire subir les mêmes corrections que pour le d'air spécifique. Dans ce particulier comment on l'a appliquée à la glace et la chaleur latente de fusion était très importante à connaître à cause de l'usage de calorimètre à glace. C'est à Black, professeur à Edimbourg qui, en 1763, est le premier d'illustrer la chaleur latente de fusion et donna le nombre 80 comme la chaleur latente de fusion de la glace. On a beaucoup contesté ce nombre. Laplace et Lavoisier, les ont réduits, à leur et adopté le nombre 75. M. Regnault et d'autres physiciens ont trouvé le nombre 79,25. M. Dumas, après les expériences de M. Pons et de M. Berzelius conclut au contraire le nombre 80 comme bien exact. M. Regnault, par ses expériences penant dix ans, plus tard a repris de la glace fondante. Non sans s'être vu qu'il est difficile de faire ces substances à la tige de nos calorimètres. On ne peut pas

préparer de la substance ou tige, inférieure à zéro. 2^e cas. — Supposons maintenant que le corps est un solide à la température ambiante. Alors on commence par chauffer le corps à une température supérieure à la température ambiante, soit P cette température et soit τ la tige de fusion. On pèse le corps de la calorimètre qui est à une température inférieure à la température ambiante, soit θ la tige de mélange. Le poids du corps est x et c est la chaleur spécifique de l'état solide et c' la chaleur spécifique de l'état liquide et soit θ' le poids de calorimètre combiné en un. Le corps, par son absorption de la tige de fusion une quantité de chaleur égale à $Pc(\tau - \theta)$, à cette température, le corps se solidifie et se liquéfie. Px calories, et c'est la chaleur latente de fusion, $Pc'(\theta' - \tau)$ calories, et a donc.

$$Pc(\tau - \theta) + Px + Pc'(\theta' - \tau) = P'(\theta' - \tau)$$

Cette eq détermine x connaissant c et c' . Remarque que cette méthode ne peut être employée que pour les corps dont la tige de fusion est peu élevée ou deux de la tige ordinaire, et si la tige P diffère notablement de la tige ordinaire, l'intensité de la tige ordinaire pour la vaporisation est petite, il y aura une certaine quantité de chaleur absorbée par cette vaporisation, quantité de chaleur très difficile à mesurer même grossièrement. Il est vrai que se peut employer la calorimètre à un corps en calorimètre à tige



Je suppose donner τ l'annuel à une temp. quelconque x sur la
 surface à τ , et on l'admettra d'une autre part l'équation:

$$y - (c\tau + l) = c'(x - \tau)$$

Puis, cherchant l'intersection de ces 2 droites, qui est à la fois
 sur la surface qui ne peut pas se déformer, à une temp.
 autre constante. On applique les 2 eq. (1) et (2):

$$cx - (c\tau + l) = c'(x - \tau) \quad (c - c')$$

$$x = \tau - \frac{l}{c - c'} = -160^\circ$$

Ch. Pons considérait cette temp. de 160° comme zéro absolu de
 la température, c'est à dire que, pour lui, le zéro n'est pas plus
 de zéro à cette température. Mais le raisonnement qu'il fait
 suppose une contradiction. On a pu en chercher, on applique
 les esp. spécifiques sur un denier de 0° , et nous avons fait
 remarquer que, quand la limite de température est élevée, la quantité
 de chaleur ne varie pas constant; par conséquent, le volume qui
 représente la quantité de chaleur donnée au corps et est plus ou moins
 elle peut même ne pas se multiplier de tout. Le fait de
 Pons n'est qu'un fait empirique, mais sa conclusion
 fait une supposition de pure physique, qui tend à se
 qu'elle est en contradiction avec l'idée généralement admise
 aujourd'hui sur la physique, et la notion de la chaleur.

Chaleurs latentes de vaporisation. On appelle état latent

de vapeur d'eau, le volume d'eau qui, à une temp. τ
 se trouve dans l'état liquide, à l'état gazeux, et qui, en se
 évaporant, se convertit en vapeur, et la même quantité de chaleur
 de liquéfaction.

Appareil de Watt. — Watt a recherché et a trouvé l'état
 de vaporisation d'eau. On obtient à la fin une colonne

de vapeur dans laquelle il fait un bouchon
 de verre et de la colonne de vapeur, et on termine par
 un tube vertical plongeant dans une
 colonne d'eau, fait à la température ambiante
 de la colonne d'eau, et on peut évaluer
 la hauteur de la temp. de la colonne d'eau

liquide, et la temp. finale de la colonne, et la chaleur spécifique
 de ce liquide, soit t la temp. de liquéfaction de la vapeur, et
 P le poids d'accroissement de poids de la colonne, et c' la chaleur spécifique
 de la vapeur. $Pc'(T - \tau)$ représente la chaleur dégagée par la chaleur
 qui est à la temp. de liquéfaction. $P\alpha$ est la chaleur de liquéfaction
 de la vapeur, $Pc(\tau - 0)$ est la chaleur dégagée par le liquide formé par la
 refroidissement. On aura alors:

$$Pc'(T - \tau) + P\alpha + Pc(\tau - 0) = P'(0 - t)$$

Si la liqueur est de l'eau, et si on admet que $T = \tau$



$c = t$ et cette quantité devient:

$$Px + P(100 - t) = P'(t - t')$$

équation qui détermine x . Le nombre qui a été trouvé ainsi et soigneusement égal, dans le cas, à 550.

Appareil de M. Despretz. - Dans l'appareil de Watt, il se produisait une évaporation considérable dans le vase de cuivre. De plus, le cuivre se déformait par suite de la dilatation, et envoyait une grande quantité de chaleur par la conduction. On a pu remédier à ces inconvénients de la manière suivante: on a employé une substance très-peu conductrice, mais le premier inconvénient subsiste toujours en partie. Dans l'appareil de Despretz, l'eau se voit dans une cuvette au-dessous de la cuve, et une plaque de bois en haut afin de communiquer les quantités d'eau qui peuvent être évaporées par la vapeur. L'extrémité inférieure de la cuvette se termine à sa partie inférieure par une petite ouverture d'où s'échappe une certaine quantité de vapeur. Dans cet appareil se trouve un thermomètre. La cuvette est de même un petit tube vertical rempli de l'eau, ce qui permet à la vapeur, sans avoir condensé dans le passage de la vapeur, de se condenser au moment et de retomber dans la cuvette sans

former de liquide. Une cuve très-longue et très-étendue est chauffée et le cuivre qui est fermé à sa partie supérieure. Une cuvette remplie d'eau pendant la nuit peut un agitateur qui rend uniforme la température de l'eau. Despretz produisit ainsi une certaine quantité de vapeur qui venait se condenser à la partie inférieure et qui, il se peut à l'état liquide, il se déversait dans, par l'ouverture de la cuvette de mélange, le seul défaut de l'appareil de Watt est la vapeur. Malgré les précautions de Despretz, la vapeur n'arrive pas absolument sèche dans le cuivre parce que, depuis la sortie de la cuve jusqu'à sa destination, la température de l'air est toujours élevée, de sorte qu'il y avait de la condensation une petite quantité d'eau liquide sans former de bruyant. De plus, la conduction de la chaleur est mal faite.

Méthode de M. Regnault. - Dans la méthode de M. Regnault, il y a deux vases symétriques qui fonctionnent en même temps. Ces deux vases sont symétriquement disposés par rapport à la plaque de bois et le tube oblique de la vapeur. Mais les cuvettes sont plus petites que, au moment de l'expérience, l'un des cuivres reçoit tout la vapeur. La différence entre les températures de l'eau et la température de la vapeur est due à la conduction et s'équilibre dans les faits. Quant à la vapeur qui arrive dans le cuivre, elle arrive



parfaitement à l'état gazeux sans condensation, et le temps qui s'y
écoule est contenu dans le temps beaucoup plus long et dans lequel
circule la vapeur d'eau en grande quantité. Le grand courant de vapeur
monte à 100°, par conséquent la température du temps intérieur.

Le nombre trouvé par la chaleur latente de vaporisation de l'eau
a été reconnu variable avec la température à laquelle on fait l'ébullition.

Après avoir de bas en haut, M. Regnault a modifié son appareil par

Formule de M. Regnault. — Watt qui s'est occupé le premier
de la vapeur d'eau avait pensé et adapté que la chaleur latente
nécessaire pour vaporiser un kilogramme d'eau est constant
si l'eau part d'une même température initiale et arrive à une
même température finale, quel que soit le temps de l'ébullition.

L'expérience, au contraire, après quelques expériences, avait démontré
que la chaleur latente de vaporisation de l'eau est constante quelle
que soit la température de l'ébullition.

Ces deux lois sont fausses, elle ne s'appliquent qu'à un
assez grand nombre d'expériences. Après les expériences de M.

Regnault, il a cherché à représenter les résultats par une loi empirique.
Cette loi empirique est d'abord plus vraie de la vérité que les
expériences de M. Regnault étaient plus précises, car il faisait
pour la vapeur les mêmes corrections que nous avons étudiées
précédemment. Et il a trouvé que la quantité de chaleur latente

absorbée par un kilogramme d'eau pour être portée de 0° à t°
supérieure à la température de l'ébullition est représentée par la formule

$$Q = 606,5 + 0,305 t.$$

Cette chaleur est un peu plus grande que la chaleur latente
et la chaleur sensible du thermomètre. Nous avons vu que la chaleur
sensible du thermomètre, quand on ne s'éloigne pas trop du temps
entre 100° et 100°, et véritablement représentée par le même nombre que
la température. La quantité de chaleur latente est donc
représentée par $Q - t$.

$$L = Q - t = 606,5 + 0,305 t - t$$

$$L = 606,5 + 0,695 t.$$

La chaleur latente de vaporisation n'est donc pas constante.

Cette formule de M. Regnault nous montre qu'il y a nécessairement
une disposition de chaleur dans une machine à vapeur.

L'effet, suppose que la vapeur travaille à la température T.

Comme on purge le condenseur avec de l'eau de pluie appelée
condensant, on voit donc qu'il faut lui donner une quantité
de chaleur égale à :

$$Q = 606,5 + 0,305 T - t$$

Il y a un fait remarquable, c'est que la vapeur à la fin de son
travail se condense par le même effet de l'eau à la température de condensation
et nécessite donc une quantité de chaleur sensiblement égale.



$$Q' = 606,5 + 0,305t - t$$

Par conséquent la différence sera :

$$Q - Q' = 0,305(T - t)$$

C'est le nombre qui, dans l'équation de Watt, était regardé comme un tel.

Théorie des Gaz.

Préliminaires. —

Les deux tubes en kilogrammes d'un gaz, ont de la poids en kilogrammes d'un mètre cube de ce gaz. (Rappelons-nous que le poids de 760^{mm} de mercure sur un mètre carré est égal à 1333 kilogrammes et affecte la pression que supporte un gaz, pendant un temps évalué en kilogrammes. Supposons de ce gaz, soit un volume v de gaz, forme quelconque ou via une pression p élémentaire w de la force motrice de ce corps de pompe. Si le gaz se dilate d'une quantité infiniment petite, dx , la pression s'éleva d'une quantité infiniment petite dp , w est la recte de ce petit dx , c'est-à-dire l'accroissement de volume en $w dx$. Si tant les forces de la pression sont également mobiles, l'accroissement total de volume en la somme de tous les accroissements de volume. Le travail effectué par les éléments sur la paroi et le travail total sera $\int p dx$ ou $\int p dx$. On affecte de l'accroissement de volume. Et, nous voyons que, dans un gaz, fait supporté parfait, a été fait le volume :

$$\frac{pv}{\text{rat}} = C^a$$

On a donc le volume de cette constante. Si le poids d'un kilogramme de gaz à 0° est H , on aura $C^a = \frac{H}{D}$, D est la densité :

$$pv = \frac{H}{D}(1 + at) = \frac{H\alpha}{D}(\alpha + t)$$

Or, α est un nombre égal à $\frac{1}{273}$, donc :

$$pv = \frac{H\alpha}{D}(273 + t)$$

La quantité 273 est et a pour effet température absolue, affecte la T , a une abscisse :

$$pv = 29,30 T$$

R est constant pour un même gaz. On a donc :

$$pv = RT$$

R est une constante pour un même gaz.

Equation différentielle des gaz. —

On suppose un gaz de température T et fonction de son volume et de sa pression. On a donc en général, T affecte t la température :

$$dt = \frac{\partial t}{\partial p} dp + \frac{\partial t}{\partial v} dv$$

Le premier terme représente la variation de température comprise dans la variation de pression et le second est une composition à la variation de volume. Il résulte que la quantité de chaleur dQ nécessaire pour faire varier la température de gaz de dt est :

$$dQ = c' \frac{\partial t}{\partial p} dp + c'' \frac{\partial t}{\partial v} dv.$$

(c' est chaleur spécifique à volume constant, c, est chaleur spécifique à pression constante). Or on a:

$$pV = R\Pi \quad \text{et} \quad \Pi = t + K.$$

$$\text{D'où} \quad \frac{dt}{dp} = \frac{V}{R} \quad \frac{dt}{dp} = \frac{p}{R}$$

De sorte que dq peut s'écrire:

$$dq = c' \frac{V}{R} dp + c \frac{p}{R} dV$$

$$\text{ou} \quad dq = \frac{1}{R} (c'V dp + cp dV)$$

On peut mettre cette équation sous une autre forme en remarquant que l'on a en différentiant l'éq. $pV = R\Pi$:

$$p dV + V dp = R dt.$$

en éliminant p en multipliant par V, il vient:

$$dq = c'(dt - \frac{p}{R} dV) + \frac{cp}{R} dV$$

$$\text{ou} \quad dq = c' dt + (c - c') \frac{p}{R} dV$$

La quantité $\frac{c - c'}{R}$ est une autre chose que ce qu'on appelle coefficient calorifique du kilogramme, A; on a donc

$$dq = c' dt + A p dV.$$

De sorte que si la quantité de chaleur qui se cède A, ou l'augmentation de quantité de chaleur nécessaire pour élever la température d'une unité de gaz de t à t':

$$Q = c'(t' - t) + A \int p dV.$$

Or, $\int p dV$ est la travail que produit le gaz en se dilatant; donc la quantité de chaleur nécessaire pour élever la température d'

gaz de t à t' est la somme de la chaleur qui a servi à lui fournir le volume d'air incompressible et de l'équivalent calorifique du travail nécessaire pour dilater ce gaz de la quantité de t à t' et réellement dilaté:

$$Q = c'(t' - t) + A \int p dV.$$

Cas particuliers. -- Il y a 3 quantités variables, p, V, t, Q; supposez les successivement invariables:

1^o. Supposons d'abord $dV = 0$. Alors, on a:

$$dq = c' dt \quad \text{ou} \quad Q = c't + K$$

Si l'on part de t_0 , on a $Q_0 = c't_0 + K$

$$\text{D'où} \quad Q - Q_0 = c'(t - t_0)$$

Donc, quand le gaz entre sous volume constant, la chaleur de chaleur qui est faite lui fournit $Q - Q_0$ pour élever la température de t_0 à la température t' et proportionnelle à $t - t_0$.

2^o. Supposons en second lieu $dp = 0$. Alors, l'équation:

$$dq = c' \frac{dV}{p} + c \frac{dV}{R} \text{ devient, après intégration:}$$

$$Q = c't + K'$$

$$\text{D'où} \quad Q - Q_0 = c(t - t_0)$$

C'est une conclusion déjà connue.

3^o. Supposons en 3^o lieu $dt = 0$. Alors le volume et la pression sont les variables et la température reste constante. On a donc:

$$dq = A p dV$$



si, d'après la relation $pV = RT$,

$$dQ = ART \frac{dV}{V}$$

ce qui donne par intégration :

$$Q = ART \log V + K$$

Si le volume part de v_0 , on a :

$$Q - Q_0 = ART \log \frac{V}{v_0}$$

Cette est la quantité de chaleur nécessaire pour produire la variation de pression et de volume sans changer la température.

Remarque que la relation donnée à Q est une expression géométrique. En effet, si on se représente, par un point P de la relation $pV = C^{\frac{r}{\gamma}}$. Si donc on représente l'état du gaz par un couple dont les ordonnées représentent la pression et les abscisses les volumes, cette courbe sera une hyperbole équilatère qui servira pour représenter les courbes de coordonnées p et V représentées sur l'axe des ordonnées et p et V sur l'axe des abscisses. On se représente et l'on coupe l'axe des ordonnées par p_0 et p_1 et l'on coupe l'axe des abscisses par v_0 et v_1 . La quantité de chaleur donnée est égale à l'équivalent calorifique du kilogramme pour l'axe des ordonnées entre le couple $pV = RT$ l'axe des v et les deux ordonnées p_0 et p_1 .

4^e. Supposons enfin $dQ = 0$. On a l'équation précédente :

$$c \frac{dT}{T} dp + c' \frac{dT}{T} dV = 0$$

$$c' v dp + c p dV = 0$$

$$c \frac{dp}{p} + c' \frac{dV}{V} = 0$$

Si on intègre :

$$c \log p + c' \log V = C^{\frac{c}{c'}}$$

ce qui se fait $c' = \gamma$ comme dans le cas précédent :

$$\log p + \gamma \log V = C^{\frac{c}{\gamma}}$$

$$pV^{\gamma} = K$$

Cette est la relation entre la pression et le volume.

Supposons un même gaz dans deux états différents, on a :

$$pV^{\gamma} = p'V'^{\gamma}$$

si on se lui a pas donné le même volume, on a :

$$\frac{pV}{T} = \frac{p'V'}{T'}$$

Si l'on divise membre à membre, il vient :

$$TV^{\gamma-1} = T'V'^{\gamma-1}$$

Cette est la relation entre le volume et la température.

T et T' sont proportionnels à $1 + \alpha t$ et $1 + \alpha t'$, on a aussi :

$$\frac{1 + \alpha t'}{1 + \alpha t} = \left(\frac{V}{V'}\right)^{\gamma-1}$$

Or, la première équation donne :

$$\left(\frac{V}{V'}\right)^{\gamma} = \frac{p'}{p} \quad \text{d'où} \quad \frac{V}{V'} = \left(\frac{p'}{p}\right)^{\frac{1}{\gamma}}$$

on a aussi :

$$\frac{1 + \alpha t'}{1 + \alpha t} = \left(\frac{p'}{p}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

relation entre la température et la pression. On a donc :

$$\frac{p^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}}{T} = C^{\frac{c}{\gamma}} \quad \text{et} \quad TV^{\gamma-1} = C^{\frac{c}{\gamma}}$$

Chaleur latente de Combinaison.

Une combustion chimique dégage en général une certaine quantité de chaleur; il est plus difficile ici de la mesurer que dans le cas où elle se produit dans un état de combinaison de deux corps. — On prend en général pour point de comparaison l'oxygène, et on appelle la chaleur latente de combinaison d'un corps le nombre de calories produites par la combustion d'un poids de ce corps avec l'oxygène. On compare ce nombre à un nombre de calories qu'on obtient par la même poids de ce corps avec un autre corps quelconque. L'étude de la chaleur dégagée par les acides divers a été commencée par Lavoisier qui s'est servi d'un calorimètre à gaz pour mesurer la chaleur dégagée dans une combustion; mais les erreurs de cette méthode sont tellement considérables que les résultats sont complètement inutiles.

Méthode de Rumford. — Rumford a repris l'étude de Lavoisier sur le calorimètre à gaz; c'est le calorimètre à eau qui est employé. On se sert d'un récipient qui se chauffe latéralement, et qui a sa partie supérieure ouverte sur l'atmosphère par un entonnoir large. L'appareil contient naturellement un thermomètre; c'est cet entonnoir que Rumford prend pour la combustion des

substances légères qui s'étalaient sur un cône de glace d'égale épaisseur. On compare l'énergie dans un rayonnement et on emploie la méthode de compensation qui consiste, comme nous le verrons, à mesurer le nombre de calories qui se produisent pendant le temps que l'on chauffe.

Mais il est évident que l'appareil ne recevait pas la chaleur produite par la combustion et que conséquemment les résultats sont faibles, voire même beaucoup trop faibles.

Expérience de Despretz. En 1825, Despretz se servit d'un récipient en fer ou en tôle avec un calorimètre. Le récipient contenait le substance à brûler et l'oxygène était amené par un tube et il avait ainsi effectuée une combustion aussi complète que possible.

Expérience de Dulong. L'appareil de Dulong diffère peu de celui de Despretz. Il fut employé à déterminer la chaleur latente de combustion des substances gazeuses. Il se compose d'un calorimètre constant à eau intérieure un récipient qui se chauffe latéralement, et qui a sa partie supérieure ouverte sur l'atmosphère par un entonnoir large. On se sert d'un récipient qui se chauffe latéralement, et qui a sa partie supérieure ouverte sur l'atmosphère par un entonnoir large. On se sert d'un récipient qui se chauffe latéralement, et qui a sa partie supérieure ouverte sur l'atmosphère par un entonnoir large. On se sert d'un récipient qui se chauffe latéralement, et qui a sa partie supérieure ouverte sur l'atmosphère par un entonnoir large.

de l'air est un acide carbonique de sang, les deux se combinent en composé
de sucre, d'hydrogène, d'oxygène, et d'azote à l'instant de la
pièce. On remarque quelquefois effluve par le canal et
en cet état, tout qui est produit par une quantité d'acide
équivalente due à la combustion de ces muscles ^{aff. de la sang.} en présence de l'oxygène
Il existe des combustions de l'acide carbonique, de l'air, et de
bonne sorte une petite quantité d'azote. Les substances extraites
de sang, l'acide carbonique entre dans les globules de sang par forme
une ^{comp. de} ^{base} de carb. & d'oxygène qui est la cause du sang venant.
Ce composé est appelé un panaris si il se trouve en contact de
l'oxygène de l'air par l'intermédiaire de membranes très déliées.
Le premier de l'oxygène de l'air se combine au sang avec l'acide
carbonique se dégage par forme d'un composé avec l'oxygène
ce qui donne une ^{forte} ^{temp.} ^{de} ^{comb.} ^{de} ^{sang}
artériel. C'est le sang artériel ^{artériel} ^{de} ^{l'oxygène} qui
est le premier de la teneur affectée à l'oxygène avec
par la combustion des muscles. Quant à l'acide carbonique
dégagé de la panaris il est usé à l'entretien de la température.
Le phénomène de la respiration n'est autre qu'un phénomène de la
de l'air par lequel l'oxygène interagit à la température inférieure à
la température de l'air. Il est évident, s'il y a de l'air de la température
inférieure, il y a évidemment de l'air par lequel l'oxygène fait contact.

ce point de vue par l'acide carbonique et l'air usé.
C'est le phénomène de digestion qui est la plus grande partie
de la vie animale. Les substances extraites
dans l'estomac, comme aliments, s'y combinent avec différents menus
de l'organisme animal par forme de nourriture à des degrés qui
peuvent se faire de la sang ou soit instant de la mort de la
combustion ^{et} ^{continuelle} ^{de} ^{la} ^{vie}, par le mouvement de différents
parties de l'air. Les vitales qui se trouvent à l'état de digestion
sont accompagnées de trois grande ^{de} ^{la} ^{digestion}
d'hydrogène de l'air. — Il a été dit à propos de la quantité
de l'air que peut se respirer pendant un temps déterminé. On est
à se fier l'animal dans une cage fermée de manière à se faire
uniquement de la teneur par exemple de l'air par et faire sentir l'air
vicié par la respiration ^{de} ^{la} ^{respiration}
de l'air de l'atmosphère à l'air. Il est évident que ces expériences
n'ont rien de précis, et le premier et le plus important
est de se fier la conductibilité de l'atmosphère, etc. etc.



Chaleur produite par le Mouvement.

Les lois dynamiques auxquelles j'ai admises regardent le
chaleur comme un mode particulier du mouvement. Elle
correspondrait plus à moins chaud suivant que l'ampleur des
oscillations de ses molécules est d'un fait central, qui serait
le point d'équilibre si le mouvement cessait, et plus à moins
convenable. C'est là une hypothèse, car on n'a jamais pu constater
le mouvement des molécules. Mais chaque fois qu'on a constaté
une destruction de mouvement, on a constaté aussi qu'il y
avait production de chaleur, de sorte qu'il y a simplement une
transformation d'un mouvement sensible à l'œil et affectant
toutes les molécules en général en un mouvement particulier insen-
sible à l'œil et affectant chaque molécule en particulier.
Lorsqu'on applique une force quelconque à un corps, ce corps
se met en mouvement s'il ne rencontre pas de résistance; mais
ce mouvement peut être arrêté ou même complètement arrêté
par des résistances quelconques. Les cas particuliers sont, par exemple,
le frottement de corps en mouvement contre un autre corps.
L'expérience apprend que les molécules de ces corps s'accrochent les unes
aux autres et que, par conséquent, la vitesse du mouvement de

corps est diminuée. Il semble que la force appliquée à un corps
s'élève au travers d'une série de frottements; elle le corps et se perd
et le mouvement est d'abord arrêté et puis bientôt arrêté.
Enfin, si un corps ^{en mouvement} vient à heurter une masse fixe et le corps
est imparfaitement élastique, il y a une destruction d'une grande
partie du mouvement. Voilà autant de cas dans lesquels le mou-
vement se transforme en chaleur.

Si nous considérons d'abord le cas, phénomènes de frottement,
les exemples sont très nombreux, qui, dans l'expérience de chaque
jour, nous montrent la production de chaleur par frottement.
C'est le monde tout entier qui une fois de plus, le monde de
fermé produit sur les mains et diminuée rien qu'en le frottant
d'une contre l'autre. Il est un mode d'obtenir le bois qui
consiste à frotter des morceaux de bois l'un contre l'autre. La
chaleur produite par le frottement suffit pour porter à l'ébullition
tous les corps mis en contact. Il n'est personne qui n'ait touché
une fois le bois qui vient de résister à un morceau de bois; on
sait très bien que, dans ce cas, le bois devient chaud et les résistances
de bois sont très bien qui se diminue le frottement et diminue
le travail nécessaire pour servir au même but, aussi grand est
- est le cas qui elle s'échange mais et que l'effet à se produire
est moins considérable. C'est le même fait qui s'observe dans les

gares de chemin de fer, lorsque gravie les courbes des locomotives.
Vient ensuite le fait qui nous montre que le frottement de deux
surfaces se frottant produit du chaleur. C'est Rumford
qui donna le premier acte immortel de la chaleur et il se procura
lui-même à faire saillir de l'eau au moyen d'un cylindre vertical qu'il
faisait tourner rapidement. Citons enfin l'expérience de Beignot à
frottement qui nous montre que la chaleur produite par frottement
rapide et prolongé peut faire combler la bouche qui ferme un récipient
contenant un liquide volatil, et produire le bris de tout bouchon.

La compression produit une quantité de chaleur non moins considérable.
Les pièces de machines que l'on travaille par frottement
se compriment par cette pression et s'échauffent à point de devenir
incandescentes. Quand on met une pile thermo-électrique au contact de
l'air et d'un récipient, on constate que l'air s'échauffe une certaine
température à point où il se frotte et se comprime. Le Beignot
à air montre que la compression d'air de cet appareil produit
une quantité de chaleur par frottement Beignot qu'on a mis à fond de
Beignot. La compression de liquides produit aussi de la chaleur : on
constate, chaque fois qu'on s'efforce à comprimer un liquide, et on
toujours obtenu un dégagement de chaleur, dégagement d'autant plus
considérable que l'effort s'élève d'autant plus considérable.

On voit que, par liquéfaction un gaz, on peut employer soit la

refroidissement, soit la compression soit ces deux moyens simultanément.
Il faut, si que la compression produit cet effet que la liquéfaction
aussi, et cela semblait d'abord à que nous venons de dire, mais il n'en
est rien cependant, car si l'on comprime un gaz, il y a un dégagement
de chaleur et rapprochement de molécules, dans l'opération de liquéfaction,
la chaleur dégagée est perdue par la conductibilité du récipient qui est générale-
ment métallique, et elle est absorbée par le mélange réfrigérant qui a eu
le premier effet de la compression et s'échauffe et se contracte et
est en contact avec le récipient; de sorte que le premier effet, rapprochement de
molécules, reste seul pour produire la liquéfaction.

Un fait qui montre la route de la production de chaleur par compression
est le phénomène inverse : production de froid par dilatation. L'
effet, si l'on a fait d'un récipient et qu'on ait ramené l'air à sa
température ordinaire, on constate que, quand on ouvre le récipient,
l'air qui en sort se dilate d'une façon très-considérable à la sortie, et
produisant un refroidissement capable de geler à une température
nature du corps qu'il frappe en contact de récipient.

Quant aux pressions, il est facile de constater qu'elles produisent
aussi de la chaleur. Lorsque on presse une balle de plomb sur un
mortier, on constate qu'il y a un dégagement de chaleur. Tout le
monde sait aussi que, lorsque on essuie avec un chiffon le fer de sa
voiture contre une pierre dure, il se détache une petite quantité de
poudre et assez chaude pour que elle puisse se faire, et le fer se fait



à l'usage de la fontaine. Le frottement à l'usage chez les peuples japonais et une application de la production de chaleur par frottement.

Détermination expérimentale de l'Equivalent mécanique de la Chaleur. — On a cherché, au moyen de ces différents phénomènes,

à trouver une relation entre le travail mécanique et la chaleur produite, comme nous l'avons déjà fait en comparant la chaleur spécifique de l'air sans volume constant et sans pression constante.

On a comprimé de l'air au moyen d'une pompe foulante et de l'échelle de température graduée, on a mesuré la chaleur produite par un frottement, puis on a utilisé la pompe à piston et on a fait ainsi fonctionner la machine sans qu'il y eût compression de l'air. Le frottement de piston dans les cylindres de la pompe a produit une certaine quantité de chaleur. La différence entre ces deux quantités de chaleur représente la chaleur due à la compression seule. Soit \mathcal{E} l'effet à force pendant le premier coup de piston et soit l la longueur de course de la pompe, \mathcal{E} est le travail produit pendant le 1^{er} coup de piston. Remarquons que \mathcal{E} représente la pression moyenne de l'air du récipient pendant le 1^{er} coup de piston. Soit α l'accroissement de pression dans le récipient au bout du 1^{er} coup de piston, pendant le 2^e coup de piston le travail effectif sera égal à $(P+\alpha)l$, et pendant le 3^e coup de piston il sera égal à $(P+2\alpha)l$, pendant le n ^o coup de piston le travail sera $(P+(n-1)\alpha)l$. On a donc, on appelle \mathcal{T} le travail

$$E = 436 \text{ Kilogrammètres.}$$

total effectif produit les n coups de piston.

$$\mathcal{T} = Pl + (P+\alpha)l + (P+2\alpha)l + \dots + (P+(n-1)\alpha)l$$

$$= l \{ P + (P+\alpha) + (P+2\alpha) + \dots + (P+(n-1)\alpha) \}$$

soit $P_1 = P + (n-1)\alpha$

$$\mathcal{T} = l \frac{P + P_1}{2} n$$

Ce travail est égal à une certaine quantité de chaleur A ; on a une relation équivalente à $\frac{\mathcal{T}}{A} = \frac{P + P_1}{2} n$, c'est ce qu'on appelle l'Equivalent mécanique de la chaleur. — On a de cette relation les corrections à faire par la méthode des températures variables.

On a employé un grand poids qui pouvait à force frotter des petites mobiles sur d'un axe vertical, à évaluer la chaleur produite dans un cylindre et à mesurer le travail transformé ainsi en chaleur. Le travail est produit par les poids qui frottent sur tout le système. Le travail est équivalent 1^o au frottement des petites contre l'axe, 2^o aux frottements des cordons et des poulies, 3^o au choc des poids au bout de la course, car ces derniers font avec une certaine vitesse. Connaissant cette dernière vitesse, on a déterminé la force vive perdue qui est égale à $\frac{1}{2}mv^2$. Quant au frottement des cordons et des poulies, on l'évaluait expérimentalement et déterminant combien de millimètres étaient étirés par la pression des cordons et des poulies sur quel point frottement contre le liquide. Connaissant ainsi le travail de la chaleur absorbée, on a déterminé l'équivalent mécanique E .

^{à cause}
 son caractère si fort à son chemin par conséquent il
 même temps de sa salle à communiquer, et ce n'est
 ment l'apportement sur chemin, mais aussi le fonctionnement
 de chaque chemin un valent plus fort que de la terre qui
 donne à la pierre. Enfin le chemin un moment à l'air, et
 le temps que le bois de la cheminée, un air et un produit quel
 que soit son caractère de gaz descendant à côté de la terre ascendante.
 ce sont des éléments de foyer, de la terre et un moment
 pour de la terre et de la terre qui se regardent dans
 la salle.

Chauffages de grandes salles. — Le chauffage de grande salle
 se fait généralement par des 3 principes suivants.

1° On amène dans la salle de la chaleur par un conduit
 par un tuyau en fer métallique qui le reçoit ^{des foyers} généralement placé
 à l'extérieur de la salle.

2° On fait venir dans la salle de la chaleur par
 des tuyaux en fer de la terre qui se trouvent à des
 intervalles rapprochés par des procédés mécaniques.

3° On fait venir dans la salle de la chaleur par
 une ou deux lignes à l'aide de la vapeur d'eau qui s'y élève,
 si les tuyaux sont légèrement courbés vers la chaudière, la
 retourne de la chaudière. L'air même est la terre de la

de vapeur d'eau fait de la terre et met en usage de chauffage.

Des Machines à Vapeur.

Une machine à vapeur se compose de 3 parties principales:
 1° Une chaudière ou générateur de la vapeur; 2° un appareil
 ou des appareils la force élastique de la vapeur; 3° un appareil
 servant à transformer la puissance en travail productif ou à l'usage
 de la machine.

1° La chaudière reçoit un grand nombre de formes. Quoiqu'il
 soit qu'on cherche à la former la plus grande surface possible
 en contact avec la flamme du foyer, et ce qu'on appelle la **sur-**
face de chauffe. La chaudière est munie d'un grand nombre
 d'appareils pour la conduite de la vapeur de la terre, il faut
 effet que toute la surface de chauffe soit en contact avec la terre,
 que la terre se soit en contact avec la surface de chauffe, et chauffé
 convenablement, et quand on introduit de la terre dans elle, il
 produit d'abord une collection et comme sous la terre
 production de la vapeur. Il y a deux manières de produire
 la terre de la terre, à savoir à l'aide de la terre de la terre.
 celle qui consiste à faire passer la terre par un conduit qui
 est la terre et par un tuyau qui se trouve dans la chaudière, et

atmosphères, et les machines à vapeur qui fonctionnent de 5 à 8.
 Dans ces derniers, il n'y a qu'un élément pour la condensation, et
 on n'a à vaincre que l'atmosphère de l'air.

Cheval-vapeur. - On appelle cheval-vapeur une force capable
 de produire un travail de 75 kilogrammètres et de rendre
 et à l'aide d'un cheval 75 kilogrammes à une hauteur d'un mètre en
 une seconde. On évalue généralement la force d'une machine à vapeur en voyant
 le cheval-vapeur qu'elle peut produire par un cheval, et par conséquent
 compte le temps que l'air d'un cheval ordinaire, et par conséquent
 par conséquent, on n'a à vaincre que l'air d'un cheval-vapeur qui est
 100 fois et demi de plus de travail que l'animal appelé cheval.

rayonnant

différence entre les machines à vapeur ordinaires et celles qui sont rayonnantes

m

Chaleur rayonnante.

Existence de la Chaleur rayonnante.

La chaleur se propage par deux procédés, soit au contact, soit à distance. Le premier procédé est appelé la propagation par conductibilité et le second propagation par rayonnement.
 Un corps exposé au soleil se chauffe rapidement si l'air est pur et tout le monde sait que le soleil a une grande influence sur l'air qui est généralement plus frais que le corps solide exposé au soleil. L'air est de même que l'on s'expose à être échauffé dans une chambre, ou que l'on est échauffé par le soleil d'abord. Il existe donc dans l'air une sorte de transmission de chaleur indépendante des substances matérielles, et applicable à nos sens, elle se propage ^{rapidement} en ligne droite. On sait que cette transmission de chaleur n'est en ligne droite. On peut se le prouver en plaçant un miroir qui réfléchit la chaleur qui joint ces points. On appelle rayons de chaleur toute sorte de transmission de chaleur appartenant à ce genre de corps. Le rayon de chaleur n'a pas d'existence matérielle comme on le voit par son long passage, ce mot indique par son nom la direction de la transmission de chaleur vers le corps de destination.

Propagation dans le Vide

La chaleur rayonnante se propage dans le vide comme dans les gaz. Ainsi, l'expérience et la théorie nous font voir que l'atmosphère terrestre est baignée à une petite distance de l'écorce du globe et nous ne pouvons pas concevoir qu'il y ait une substance particulière dans l'espace interstellaire. Quelque chose, le soleil se réchauffe par nous même de ses rayons, de même que il se réchauffe lui-même par lui-même; il y a donc rayonnement de chaleur dans le vide. Nous voyons d'un côté un objet distinct qu'il est et ainsi. Supposons deux tubes barométriques dans lesquels le mercure barométrique se maintient à une grande distance. On a rempli deux thermomètres de mercure dans ces deux tubes barométriques de même forme. On a bouché l'un de ces tubes rempli d'air, dans l'autre on y avait fait le vide comme dans un baromètre. Et les deux se maintiennent à la même température de chaleur, on a constaté que le thermomètre se réchauffe également sous même capacité. On explique ce fait de la transmission de la chaleur et admettent l'existence d'une substance très subtile que l'on appelle *éther* et qui remplit tous les espaces possibles. Ce serait cette matière qui transporterait la chaleur et à distance.

movement à travers le espace qui nous environne.

Propriétés générales de la Chaleur rayonnante. Réflexion de la Chaleur. —

Quand on expose une surface polie à un foyer, on constate que cette surface polie réfléchit la chaleur, c'est à dire renvoie les rayons de chaleur vers le foyer dans différentes directions de la direction incidente. En disposant la surface réfléchissante d'une façon convenable, on peut obtenir une concentration de rayons de chaleur, les effets considérables à une très grande distance. C'est la découverte de Herschel, Lavoisier et Berthollet qui a fait à un usage de ces miroirs sphériques, on peut brûler le papier et de tout autre substance facilement combustible.

Parmi les miroirs de chaleur, les miroirs à miroirs, miroirs et miroirs. La réflexion se fait de la même façon de tous les côtés.

Réfraction de la Chaleur.

On constate que, si une surface de rayons calorifiques tombe sur une substance cristalline, ces rayons sont divisés en deux directions initiales et généralement ils sont divisés, on obtient ainsi ce que l'on appelle *spectre calorifique* qui est le spectre lumineux et le spectre chimique forme une couleur de magnificence difficile de même que l'hypothétique, l'éther.

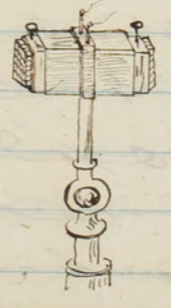
Transmission de la Chaleur. Les corps de chaleur se transmettent par rayonnement ou par conduction. Les corps qui ne se chauffent pas par rayonnement sont appelés **Diathermanes** ou **athermanes**. Les corps qui se chauffent par rayonnement sont appelés **Diathermanes** ou **athermanes**. Les corps qui se chauffent par conduction sont appelés **Diathermanes** ou **athermanes**. Les corps qui se chauffent par conduction sont appelés **Diathermanes** ou **athermanes**.

Pouvoirs rayonnants. Les différents pouvoirs rayonnants des corps sont appelés **Diathermanes** ou **athermanes**. Les corps qui se chauffent par rayonnement sont appelés **Diathermanes** ou **athermanes**. Les corps qui se chauffent par conduction sont appelés **Diathermanes** ou **athermanes**.

Appareils et Méthodes. Les différents appareils et méthodes sont appelés **Diathermanes** ou **athermanes**. Les corps qui se chauffent par rayonnement sont appelés **Diathermanes** ou **athermanes**. Les corps qui se chauffent par conduction sont appelés **Diathermanes** ou **athermanes**.

un valet de force de mesure, mais étendu simplement les différents rayons colorés... 2^e le thermomètre différentiel de Leslie & de Rumford. La méthode consiste à faire passer le gaz ou à obtenir ce qui est appelé l'état stationnaire. Cet état est obtenu par quel que soit le rayonnement de chaleur même et égale à la chaleur qui est perdue par rayonnement pendant le temps. D'après la loi de Newton les quantités de chaleur se perdent et se gagnent proportionnellement à l'exces de température de la surface chaude à celle de la surface froide qui est celle de l'air ambiant, si ce n'est dans les conditions les mêmes d'ailleurs. 3^e pile thermoelectrique.

Substance, se chauffe la surface de la surface à différents points, les courants et antinomie, sont caractérisés par leur direction. Ils sont électrostatiques tenant à la surface métallique de la surface. Notable et remarquable est constant à la surface à petit appareil appelé pile thermoelectrique. Cet appareil se compose de deux courants, les courants et antinomie. Les courants de la surface de la surface.



L'antonomie est toute autre de même côté de la surface de l'antonomie de la surface. De l'autre côté, il est que si on chauffe de côté, on aura un courant électrostatique qui influera de la surface de la surface.



me l'angle de direction par le p^o l'impulsion
par son angle de la direction finale.

Mesure des Pouvoirs rayonnants des corps.

I. Pouvoirs reflecteurs. — On appelle puissance reflectrice d'un
corps le rapport de la quantité de chaleur réfléchie par ce corps à la quantité
d'arrivée à la quantité de chaleur incidente. Avant de mesurer ce rapport,
il faut faire d'abord étudier les lois de réflexion à la surface polie.
Les lois géométriques de réflexion sont les suivantes.

- 1° Le rayon incident et le rayon réfléchi sont dans un même
plan perpendiculaire au point d'incidence.
- 2° L'angle que fait le rayon d'incidence avec la normale
est égal à l'angle que fait le rayon réfléchi avec cette même normale.

On peut déterminer ces lois à l'aide d'un appareil
de réflexion sur une surface polie. Cette surface est
à faire à la base d'un miroir, ou de cette surface est
de quel côté on se trouve horizontale par le p^o l'ou de
cette surface par le rayon réfléchissant. Cet axe de réflexion
vertical par le p^o l'ou de quel côté on se trouve horizontal gradué à degrés et la
base qui tourne par le p^o l'ou est gradué à degrés et
permettent de déterminer de quel côté on a fait tourner l'appareil.

Par ces lois on peut mesurer le rapport de réflexion
de toute la surface réfléchissante, on met le p^o l'ou dans le prolongement du

rayon incident et on mesure la quantité de chaleur arrivant sur
une surface réfléchissante ou la surface polie à un angle
quelconque avec le rayon incident; on fait de façon que le p^o l'ou
recoupe la surface réfléchissante et la même la quantité de chaleur
arrivant sur elle. Le rapport de ces deux nombres obtenus est le rapport cherché.

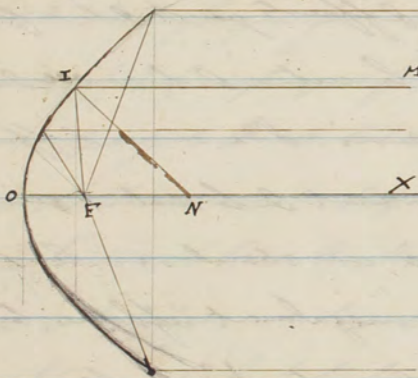
Le rapport de réflexion d'un corps est variable avec l'angle de
direction. 1° On a vu que, si le rapport est variable avec l'angle
de direction, les différents rayons de la même lumière ne peuvent avoir la
même surface physique, identiques ne peuvent pas également réfléchir la
chaleur. 2° On a vu que le rapport de réflexion est variable avec
le degré de poli, c'est à dire à mesure que les différents points de la surface
s'approchent de la surface dans un même plan. 3° La nature de la surface de la
chaleur a une importance considérable aussi; d'une surface réfléchissante
qui réfléchirait également chaudement en avant de la chaleur qui se
réfléchit différemment. Ainsi on voit à la surface, on trouve
un fil de fer rouge en avant de la chaleur, inégalement réfléchies, tant
les autres conditions sont les mêmes de cette. 4° Le rapport
de réflexion d'un corps poli est variable avec l'incidence. Pour les sub-
stances vitreuses, Fresnel a trouvé la formule:

$$I = \frac{1}{2} \left(\frac{\sin^2(i-r)}{\sin^2(i+r)} + \frac{5^2(i-r)}{9^2(i+r)} \right)$$

i est l'angle d'incidence et r l'angle de réflexion de la chaleur
conduite, c'est à dire: $\frac{\sin i}{\sin r} = n =$ indice de réfraction

5^o af , l'œil a fait tomber le faisceau de quel rayon a sur la surface de cristal de roche, le faisceau se terminet, comme avec le verre, dans une direction différente de la direction incidente; mais de plus, le faisceau semble se répéter en un autre faisceau x qui ne part point, a dit que ces différents faisceaux ont des indices de réfraction différents. Le point réfléchi est variable aussi avec l'indice de rayon incident.

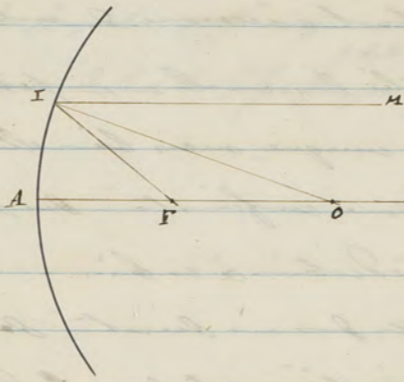
Problèmes. - Etant donné un faisceau de rayons incidents parallèles à l'axe d'un paraboloïde, et tombant sur la surface intérieure polie de ce paraboloïde, trouver quel est le faisceau réfléchi.



Considérons un rayon incident MI , pour avoir le rayon réfléchi, je mène le normale au pt I et je mène un droit qui fait avec cette normale un angle égal à MIN ; cette droite qui est le droit de rayon réfléchi passe par le pt F situé sur l'axe OX .

Il est facile de voir que ce pt F est le foyer de paraboloïde. Donc tous les rayons réfléchis passent par le foyer. De sorte que le cylindre de rayons incidents se réfléchira sur un cône de même base que le

Supposons que a l'œil d'un paraboloïde ne rayonne en un point appartenant à une grande sphère, et supposons encore les rayons



incidentes parallèles à l'axe de la grande sphère. Soit o le centre de la sphère. Considérons un rayon MI . Le rayon réfléchi fera un angle OIF égal à l'angle MIO . Calculons le droit en AF . Soit maintenant le triangle FOI et considérons

que $OE = IF$. Mais si l'angle AFI n'est que de quelques degrés, comme nous l'avons supposé, la longueur AF est sensiblement égale à IF . De sorte que le pt F est sensiblement le milieu de AO . Donc les rayons réfléchis passent par un même point F que on appelle foyer, pour que c'est la que le droit se rassemble.

Réciproquement, si on place un pt F sur l'axe de la sphère, et que les rayons incidents de cette source et incidents sur le miroir se réfléchissent sur un point de parallèle à l'axe OA . De sorte que si l'on met deux miroirs en un pt F c'est à dire même axe, et que on place une source de droit au foyer de l'un d'eux, tous les rayons incidents sur le premier et réfléchis par le second miroir se rassemblent en un pt qui sera plus ou moins grand que l'autre pt. C'est la le principe de l'expérience de Lavoisier et Berthollet.

II. Convoirs diffusifs. - On verra que, l'œil a fait tomber un rayon oblique sur une surface parfaitement polie, il se réfléchit



de la chaleur de toute la surface; et est nécessaire de voir, si ce que la surface inférieure fait le mouvement est petit devant de faire une force directe unique, mais bien elle a une infinité de directions; c'est plutôt une confirmation de la géométrie de la surface que une contradiction à ce bi.

On appelle force diffusif de ces deux directions données la force de chaleur qui est inhérente inégalement de cette direction à la chaleur qui tombe sur la surface. On étudie à présent un moyen de l'appel de chaleur de surface comme si la force diffusif est. Les études les plus complètes qui ont été faites, c'est à faire la ray incident sur un plan, à savoir la surface de diffusion, direct et la surface à la chaleur en ray de cette direction. On fait le rapport de cette quantité de chaleur à la chaleur incidente à la force diffusif de la direction donnée, pour avoir la force diffusif total, on fera le somme des forces diffusives de diverses directions pour avoir d'intégration, mais il y a une difficulté, c'est que la substance diffusante se chauffe très rapidement de sorte que la chaleur ne peut se faire à la surface uniquement à la surface diffusif mais aussi à la chaleur incidente sur la surface diffusif; il faut tenir compte de cette chaleur incidente, et se voir comment on y y parvient. Soit I la ligne à laquelle tombe la ray incident et IA la direction

de la chaleur diffusif qui a été étudiée, la chaleur incidente sur la surface est égale à la somme de la chaleur diffusif et de la chaleur incidente, $Q = E + D$.
 On se dit que si l'angle est égal à celui que fait IA avec la surface incidente on trouve plus de chaleur incidente sur IA que sur la même que cette surface est IA pour que la direction de la surface soit

indiquée; on fait la différence, on a une direction de chaleur diffusif. L'expérience a démontré que si la surface diffusif, la force diffusif et tri-petit et voit la même quelque soit la surface de chaleur et la surface de la surface, on dit qu'il est semblable avec la surface de la surface de chaleur. Il est très semblable avec la ligne de surface, avec la direction de laquelle on le considère est. On va à présent à la surface de la surface à la direction à la direction de la force diffusif.

III. Pouvoir émissifs. — Long a paru en observant de la surface de la surface et inférieure, la surface de la surface se fait à la surface de la surface et l'incident qui se chauffe par là. On a défini la force émissif de différents manières, on nous dira que la force émissif est la quantité de chaleur émise pendant l'unité de temps par l'unité de surface. Cette quantité émise est, on compare la force émissif de corps à celui de l'eau de la surface; et est bien plus facile, et est fait

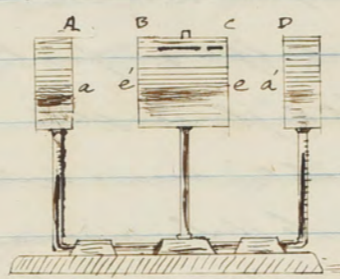
Méthode de M. M. de Laprovostaye et Desains.

Je fais un
 un feu absorbant et thermomètre recouvert de
 un bocal à étudier. Ce thermomètre absorbant est fait de
 du chal. mis en tube par un bocal absorbant
 jusqu'à un anneau à l'état stationnaire, cette chose
 absorbante sera égale à la quantité de chal. perdue. La quantité
 de chal. perdue est proportionnelle à la vitesse de refroidissement
 et la détermination de ce refroidissement, elle de refroidissement
 sera s'opposent à la loi de Newton. Il est
 de la que, si la même chose se vitent de refroidissement,
 le qual est ^{thermomètre} usité de substance à étudier, p. le qual
 et usité de un de fumée, le qual de us d'usitions
 sera le qual p. les p. absorbants. Il est affa de
 de déterminer directement la p. absorbant de un de
 fumée p. un bocal absorbant de divers substances.

Egalité des pouvoirs émissifs et des pouvoirs absorbants. —

La théorie, comme l'expérience, p. à admettre que
 les p. émissifs et les p. absorbants de ces choses
 mêmes, voir comment Ritchie a fait de ces choses
 par un bocal absorbant. Il a fait un appareil composé
 de 3 bécots pleins de la même liqueur homogène; de la de
 les substances absorbantes de thermomètre différentiel

de la suite p. un de un de un, absorbant
 à l'égale de un de un, de un
 de la chose. La face absorbant de la face métallique



la face B et usité de un de fumée,
 la face C et usité de la face
 métallique d'usité de un de la face A
 et la face D et usité de un de
 fumée comme la face B. Admettre
 que les p. émissifs absorbants et

les mêmes p. émissifs, la face B usité de un de
 fumée et la quantité de chal. proportionnelle au p. émissif
 de un de fumée est à d'us à d', la face de
 un de un ^{émissif} p. la face A, et propor-
 tionnelle au p. absorbant de un de un, Kac', la quantité
 de chal. absorbant de un de un p. Kac', la même
 la quantité de chal. émissif p. la face C et proportionnel
 au p. émissif de fumée métallique et la face de un de
 chal. absorbant p. la face D usité de un de fumée et propor-
 tionnelle au p. absorbant de un de un de fumée, l'usité
 montre que les bécots de thermomètre est à la même
 température, p. un de un de un de un absorbant et la
 mêmes, a ad c.

$$Kac' = Kea' \text{ ou } ac' = ca' \text{ d'o } \frac{a}{c} = \frac{a'}{c'} \text{ c.g.f.d.}$$



Lois du Rayonnement.

Les études faites sur le b^o de rayonnement sont que des résultats empiriques, nous n'avons aucune idée théorique, nous ne pouvons que constater que quel que soit le corps à analyser les différents effets qui peuvent modifier le rayonnement d'un corps. Cette étude plus complète mène à une formule qui n'a aucune relation avec les idées théoriques émises sur le gaz et le calor rayonnant.

I. Loi de la Distance. - Soit Q la quantité de calor émise dans toute la direction perpendiculaire pendant l'unité de temps; on peut recueillir cette calor sur une sphère de rayon égal à r et qui aurait pour centre le point chaud considéré. Soit d l'épaisseur inf^o et p^o de la surface, on recevra une quantité de calor

$$\frac{dq}{ds} = \frac{Q}{4\pi r^2}$$

donc la quantité de calor reçue pendant l'unité de temps sur une surface de distance différente sera entre elles comme le carré des distances.

II. Loi de l'Emission normale Soit S une face S,

de température absolue t, et t₀ la température de la surface. Soit d l'épaisseur de la surface, la quantité de calor émise dans une direction normale sera proportionnelle à la surface S, à une certaine fonction de la température absolue

et de la température de la surface, fonction qui dépendra de diverses circonstances qui accompagnent le phénomène. Dans le cas général, nous devons dire encore que cette quantité dépend de la nature de la substance émissive, mais nous allons faire la convention que tout ce que nous allons dire ne sera applicable qu'à des températures inf^o à 100° celsius, produites à ce que on appelle **chaleurs obscures** et p^o sera le quant d'indices p^o variable. La forme de la fonction f dépendra donc uniquement de la nature et du corps, du degré de pol^o et de la pression et de la nature du gaz environnant.

Soit nous admettons que nous opérons sur un corps opaque, réfléchissant de la température et constante pendant l'expérience, soit la face de la surface et

$$q = S f(t)$$

La forme de f ne dépend donc plus que de la nature et de la surface et du degré de pol^o. La fonction f peut se développer en série et l'on aura:

$$q = S(\epsilon t + \epsilon' t^2 + \dots)$$

L'expérience nous apprend que, si l'on opère dans une enceinte telle que l'excès de calor soit compensé par des brûlés, l'on peut se tenir à la température de cette enceinte et l'on aura:



et pour un élément de surface ds de la zone considérée sera,

$$\frac{8 ds \cos^2 \omega}{r^2} \cdot \pi r^2 \sin^2 \omega ds$$

i.e. d

$$dq = 2\pi \epsilon t ds \sin \omega \cos^2 \omega ds$$

donc

$$q = \frac{1}{2} \pi \epsilon t ds (\sin^2 \omega - \cos^2 \omega)$$

donc la quantité de chaleur totale

$$Q = \pi \epsilon t ds$$

La quantité de chaleur émise par un face ds pendant l'unité de temps est donc égale à $\pi \epsilon ds$ si nous

posons $E = \pi \epsilon$ nous aurons:

$$Q = E t ds$$

Si à la fois le corps et l'élément de surface ds sont à la même température S , la quantité de chaleur totale émise par un face ds pendant l'unité de temps sera $S E t$.

III. Les corps opaques de la surface et S sont à la même température et pendant l'unité de temps la quantité totale de chaleur $S E t$ dans l'unité de temps, dans un temps infiniment petit dt , est perdue en quantité de chaleur $S E t da$, sa température se sera abaissée de dt et les autres:

$$S E t da = - P C dt$$

et c'est son poids et C sa chaleur spécifique. D'où l'on tire

$$\frac{S E t}{P C} = - \frac{dt}{dt}$$

C'est la capacité de chaleur ^{ou} appelée vitesse de refroidissement:

$$m = \frac{S E}{P C}$$

Appelons v la quantité $\frac{S E t}{P C}$ ou son abréviation:

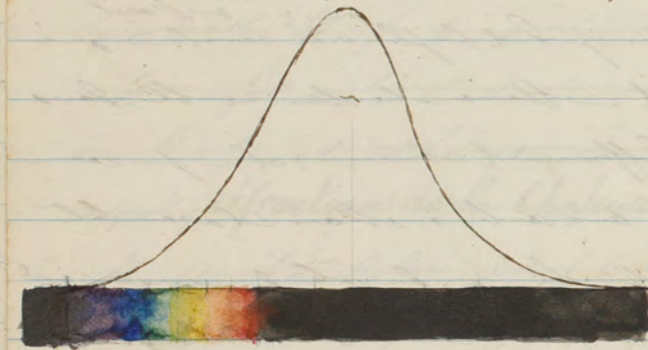
$$Q = S E t = P C v$$

C'est à dire la quantité de chaleur perdue pendant l'unité de temps et est égale à un poids isolé v ou son multiple par la vitesse de refroidissement.

Transmission de la Chaleur rayonnante.

Nous avons fait connaître déjà que, pour la chaleur rayonnante, les corps sont diathermans, c'est à dire transparents à la chaleur, les autres sont opaciques, c'est à dire opaques à la chaleur. On appelle pouvoir diathermane d'un corps le rapport de la chaleur transmise par ce corps à la chaleur incidente par une épaisseur égale à l'unité. Le problème de la détermination du pouvoir diathermane des corps a été étudié par Herschell par Herschell et enfin par Garnier et Abboussier. Le méthode employée consiste à faire tomber un faisceau de rayons calorifiques sur la lame opaque, puis de la faire passer à travers un diaphragme et de la faire passer à travers un diaphragme et de la faire passer à travers un diaphragme. Les objets ou les substances bien transparentes, le sel gemme, le verre, l'obsidienne,

électrique il a lieu que le verre coloré figure et envoie
 l'angle de la grande chaleur contenue dans le verre. La couleur ne s'ap-
 proche pas de la couleur de l'air et de l'air est plus altérée un instant à la
 distance range à se faire égale à la base de l'aspect lumineux.



Il n'est donc que la chaleur rayonnée par le verre et qui
 comme le vent du soleil
 et de la plus grande source
 lumineuse, se compose
 d'état de chaleur obscure.
 Notons de tout que le verre
 fait ces expériences, il fait
 aussi le compte

de la chaleur de la substance de forme; ce qui est dans le verre
 de l'état de la chaleur, et se fait de la chaleur obscure.
 L'expérience montre que le verre qui est le même verre de
 la même substance, de la même forme, tant de la chaleur possible; il
 se compose avec le même faisceau coloré et avec de la
 forme de même forme et de vent différents, les aspects, éclairés
 que ce soit de la même substance ou de la même substance, ou
 même sont représentés par des objets qui ne sont pas représentés
 et de la même substance obscure de la couleur d'une certaine
 couleur qui n'absorbe pas la chaleur et n'est pas représenté.

absorbent inégalement les rayons. D'inégales réfrangibilités.
 De même que nous venons de voir que la couleur humaine
 rayonne et que le soleil est obscur, de même nous
 voyons, la chaleur obscure peut être transformée en chaleur
 lumineuse. C'est le phénomène que nous appelons **calorescence**.
 Si on s'appuyait sur le fait de la réfraction de la chaleur, on
 fait comme on fait de la chaleur obscure, on ne peut
 combiner les faisceaux de chaleur obscure, et même on change
 une chaleur obscure.

Polarisation de la Chaleur. — La chaleur est soumise à
 force de rayons colorés, certains opérations comme la polari-
 sation de la chaleur de l'éther de l'éther de la chaleur obscure
 peut être singulièrement déterminée à la source. On voit que la
 forme d'un modifié ne peut être déterminée par les propriétés
 étirées précédemment. Ainsi, par exemple, il ne s'agit plus
 de la même et de la même même incidence si la source est
 d'ordinaire et perpendiculaire à la surface de la source de
 forme visible et complètement, et de la même substance de
 planant que nous étudions et de la même à propos de la

Conclusion générale.

De l'étude des divers aspects de la chaleur rayonnée, il
 résulte qu'il n'y a aucune différence fondamentale entre les phénomènes



sur le charbon rayonnant. - Voici une machine ^{de} l'hydrogène sur à
 Pivot de Genève. Dans les vases, quelle que soit la température
 en soit, des tubes de bouches de charbon rayonnant, mais à quatre
 visible sur la température, les vases s'échauffent, les autres se refroidissent.
 D'après ce qui se voit à ce que toute l'opération se fait à la température
 à part de moment, le rapport ne change pas, il reste constant
 mais le charbon rayonnant se chauffe par une force qui est égale à celle qui est
 absorbée et il y a un état appelé de Pivot Equilibre
 mobile de température.

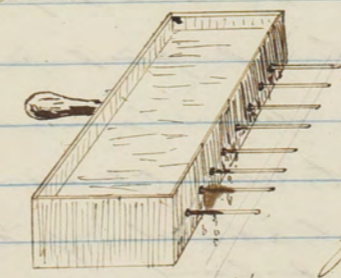
l'opposé est l'immensité de la chaleur rayonnante

De la Conductibilité.

C'est le passage de la chaleur par contact. Les molécules des
 corps s'échauffent avant de venir de la chaleur aux molécules voisines.

Corps solides. - Tous les corps solides ne conduisent pas
 la chaleur avec même vitesse c'est à dire, ni les métaux ni les corps solides
 de même forme et que les chauffés de la même façon et d'intensité
 ne blanchissent pas que la chaleur ne se passe par des corps de même
 avec même rapidité et que les températures ne sont pas les mêmes
 de distances égales de la source permanente et étendue. On dit
 que les corps qui conduisent de la chaleur et à l'état permanent que
 la température des différents points de ces corps sont des mêmes en même
 temps toute la chaleur acquise par un touché est égale à la chaleur perdue
 dans le même temps par cette touché. Tenez dans la main

l'écaille conductibilité de ces corps se mesure de
 une ou l'autre. On se sert de la méthode de Laplace
 on a fait plusieurs expériences, entre autres
 de tubes de verre, différents mais égaux de
 forme. On y verse une liqueur conductible de
 et toute en tubes se sur le charbon de la même
 forme de la même manière à quel point de la chaleur
 On constate que la chaleur se passe à des distances inégales et inégalement vite.



On verra que pour les cas de la transmission et des
 cas conducteurs, l'équilibre est mené à conducteurs.

L'état de la conductibilité a été occupé par le physicien
 allemand Lambert, par le physicien français Fourier, Laplace
 Poisson. Nous allons traiter par l'analyse et par l'expérience ces
 phénomènes de conductibilité; le cas d'un mur et le cas d'une barre.

On appelle **mur** un corps solide terminé par deux surfaces parallèles et
 indéfinies en hauteur et en largeur; on appelle **barre** une pièce
 droite quelconque. Nous supposons toujours que le mur ou la barre
 est à l'état permanent et nous admettrons l'hypothèse de rayonne-
 ment particulier de Fourier constatée à l'appui que les chaleurs se pro-
 pagent de couche à couche (c'est-à-dire enchaînées) à la même vitesse
 de température par différent. Ces températures sont par différent, le
 rayonnement est la loi de Newton c'est-à-dire que la chaleur que
 une couche cède à la 2^e est proportionnelle à l'excès de température.

I. Cas d'un Mur. — Nous supposons une surface de mur
 complètement à contact avec une source uniforme. Comme nous
 nous supposons à l'état permanent, cela veut dire que
 toute la chaleur reçue par une couche est égale à la chaleur perdue
 pendant le même temps. Si la conductibilité est la même partout
 une face et à des distances égales de celle-ci, la quantité de chaleur
 que la 1^{re} couche cède à la 2^e est égale à la quantité de chaleur que

la 2^e couche cède à la 3^e dans le même temps. Par suite
 on en déduit la loi admise de Newton, il faut que l'excès de
 température de la 1^{re} à la 2^e et de la 2^e à la 3^e soit le même
 qu'auparavant dit que la température varie en croissant d'une
 face à l'autre à la distance x de la face chaude, et de la face froide.
 Soit t la température à la distance x de la face chaude, et $t + dt$ de la face
 froide. Soit t_1 la température à la distance $x + dx$, et t_2 la température à
 la distance $x + dx$ de la face chaude. Soit t_3 la température à la distance
 $x + dx$ de la face froide. Soit t_4 la température à la distance $x + dx$ de la face
 chaude. Soit t_5 la température à la distance $x + dx$ de la face froide.

Soit t_1 la température à la distance x de la face chaude, et t_2 la température à
 la distance $x + dx$ de la face chaude. Soit t_3 la température à la distance
 $x + dx$ de la face froide. Soit t_4 la température à la distance $x + dx$ de la face
 chaude. Soit t_5 la température à la distance $x + dx$ de la face froide.
 Soit t_1 la température à la distance x de la face chaude, et t_2 la température à
 la distance $x + dx$ de la face chaude. Soit t_3 la température à la distance
 $x + dx$ de la face froide. Soit t_4 la température à la distance $x + dx$ de la face
 chaude. Soit t_5 la température à la distance $x + dx$ de la face froide.

l'équation précédente peut s'écrire :

$$t = -\frac{a-b}{l}x + a$$

Soit Q la quantité de chaleur qui passe par l'unité de surface
 pendant l'unité de temps, on a :

$$Q = K \frac{dt}{dx} = K \frac{a-b}{l}$$

Conduits maintenus à une même température d'une part et à une même température de l'autre, et de même substance, on peut se demander si l'épaisseur et la distance ont une influence sur la quantité de chaleur qui passe.



par l'unité de surface une quantité de chaleur égale à

$$Q' = -K \frac{a-b}{l}$$

D'où
$$\frac{Q}{Q'} = \frac{a-b}{a-b} \cdot \frac{l}{l}$$

Si nous supposons que l'épaisseur de la barre est égale à 1, ainsi que la différence des températures extrêmes $a-b$, nous voyons que Q' représente la quantité de chaleur qui traverse pendant l'unité de temps l'unité de surface d'un mur de 1 de température extrêmes, et d'épaisseur égale à 1: c'est ce qu'on appelle **coefficient de conductibilité intérieure**. On le représente par C et l'on a:

$$Q = C \frac{a-b}{l}$$

Si la conductibilité est S , la quantité de chaleur qui y passe est donc:

$$I = CS \frac{a-b}{l}$$

Il est évident que cette théorie est applicable, non seulement à un cylindre ou à un tube, mais également à une barre dont la forme est quelconque.

Il est difficile de trouver la conductibilité spécifique d'un matériau. Mais en étudiant l'équilibre thermique, nous pourrions trouver la même théorie par un autre moyen que les fils qui conduisent des courants ne possédant pas d'isolation à l'intérieur: il suffit de poser $\frac{Q}{Q'} = \frac{l}{l}$ et $a-b = c$ pour avoir la formule de l'électricité: $I = \frac{E}{R}$.

La conductibilité d'un mur est connue si l'on connaît C ; mais l'obtention de ce mur est obtenue, soit à la température de

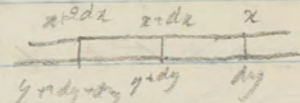
mur et soit et h le coefficient de conductibilité extérieure

ou aura:
$$CS \frac{a-b}{l} = hS(b-\theta)$$

D'où
$$C(a-b) = h(b-\theta)$$

équation qui détermine C :

$$C = h \frac{b-\theta}{a-b}$$



II. Cas d'une barre.

Soit que l'obtention de la barre soit obtenue et acquise la quantité de chaleur qui y passe est égale à celle que celle-ci donnerait à un 3^e segment de la barre qui se trouve à l'intérieur. Soient y la distance de la barre à la barre, et $x+dx$ de l'autre extrémité de la barre. Soit y l'épaisseur de la barre et dx l'épaisseur de la barre, l'épaisseur de la barre est $y+dy$ et celle de la barre est $y+dy$. D'où il résulte que nous venons de voir, la quantité de chaleur qui traverse la barre est à la barre pendant le temps $t = CS \frac{dy}{dx}$. La quantité de chaleur qui traverse la barre est donc $-CS \frac{dy+dy}{dx}$. Soit p le coefficient de conductibilité de la barre et h le coefficient de conductibilité de la barre. Soit Q la quantité de chaleur qui traverse la barre pendant le temps t . On aura donc:

$$(1) -CS \frac{dy}{dx} = -CS \frac{dy+dy}{dx} + phy dx$$

ce qui simplifie:

$$CS \frac{dy}{dx} = phy$$

ou en posant: $\frac{ph}{CS} = a'$

on écrit: $\frac{dy}{dx} = a'y$

L'intégrale générale de cette équation est:

$$(2) \quad y = Me^{ax} + Ne^{-ax}$$

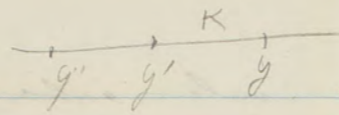
Remarquons que si la conductivité des bords opposés est la même K , on aura des axes y, y', y'' ; la quantité $\frac{y+y''}{y'}$ est constante et l'on aura:

$$\frac{y+y''}{y'} = \frac{Me^{ax} + Ne^{-ax} + Me^{a(x+K)} + Ne^{-a(x+K)}}{Me^{a(x+K)} + Ne^{-a(x+K)}} \quad ||$$

$$\begin{aligned} \text{on a par} \quad \frac{y+y''}{y'} &= \frac{Me^{ax}(1+e^{2aK}) + Ne^{-ax}(1+e^{-2aK})}{Me^{ax}e^{aK} + Ne^{-ax}e^{-aK}} \\ &= \frac{(Me^{ax}e^{2aK} + Ne^{-ax})(1+e^{2aK})}{e^{aK}(Me^{ax}e^{2aK} + Ne^{-ax})} \end{aligned}$$

$$\text{on a définitive:} \quad \frac{y+y''}{y'} = \frac{1+e^{2aK}}{e^{2aK}}$$

On peut déterminer expérimentalement y, y' et y'' et par suite l'équation précédente donne la valeur de a . On connaît donc la valeur de $\frac{K}{a}$ pour une barre. Si donc on connaît la barre de même forme et que la barre est de même substance, le coefficient de conductibilité interne est le même pour ces deux barres, et on peut le rapport de ces deux quantités correspondantes à ces deux barres. On aura l'unité de rapport des coefficients de conductibilité interne de ces mêmes barres. On pourra ainsi comparer entre elles les conductibilités de différents barres. L'équation $\frac{y+y''}{y'} = \frac{1+e^{2aK}}{e^{2aK}}$ est d'un usage précieux pour exprimer le résultat de la théorie.



Supposons que la barre s'allonge indéfiniment et que l'intérieur ne chauffe, et l'axe de température à une extrémité qui s'éloigne indéfiniment, non doit tout évidemment être; ce qu'il s'agit de faire est de résoudre l'équation (2), on trouve pour y général infini; les constantes M et N qui nous servent de forme de la barre sont telles que la constante est nulle quand la barre est infiniment longue, que l'intérieur ne chauffe soit à la température ambiante, c'est à dire quel que soit spécialement dans ce cas: $y = Ne^{-ax}$.

Si l'on suppose que la barre est de même substance, on voit que, si la conductivité des bords opposés à des distances de la barre de chauffe qui sont en progression arithmétique, les axes deviennent en progression géométrique. C'est la même manière de vérifier le résultat analytique obtenu, cette équation est une manière à comparer les coefficients de conductibilité interne de deux barres. On suppose l'effet de la barre à des distances x et $x+K$ de la première, on a l'axe $y = Ne^{-ax}$ de la barre de la seconde $y' = Ne^{-a(x+K)}$ d'où $\frac{y}{y'} = e^{-aK}$. L'équation qui détermine a . Si donc on a les barres de même forme et conductivité de même substance, le rapport de deux quantités correspondantes à ces deux barres est égal à l'inverse du rapport des coefficients de conductibilité interne. — Voici le tableau des coefficients de conductibilité interne de quelques corps rapportés à celui de l'air.



Or	1000	Etain	304
Argent	973	Plomb	180
Cuivre	898	Charbon	24
Fer	374	Porcelaine	12
Zinc	363	Terre réfractaire	11

Revenir à la formule générale de ces 2^{es} lois :

$$y = M e^{ax} + N e^{-ax}$$

Il s'agit de déterminer les constantes M, N. On a, affecté

I l'axe des temps de l'estime de chauffage à l'air ambiant, à savoir :

$$I = M + N$$

et si l'on suppose de N et a plus petit que l'q. précédent, elle devient égale :

$$y = M(e^{ax} - e^{-ax}) + I e^{-ax}$$

On détermine M, nous allons voir que lorsque l'équilibre est établi, le dernier terme rayonne à l'extérieur toute la chaleur qu'elle reçoit, sans en avoir le plus :

$$-SC \frac{dy}{dx} = SHy$$

Dans laquelle $\frac{dy}{dx}$ et y sont en des valeurs déterminées. On a :

$$\frac{dy}{dx} = Ma(e^{ax} + e^{-ax}) - I a e^{-ax}$$

Si on remplace et on affecte le b. g. de la base :

$$-CMa(e^{al} + e^{-al}) + CIae^{-al} = hM(e^{al} - e^{-al}) + hIe^{-al}$$

ou en fin :

$$M = \frac{I(ca-h)e^{-al}}{h(e^{al} - e^{-al}) + ca(e^{al} + e^{-al})} = \frac{I(ca-h)e^{-al}}{(ca-h)e^{al} + (ca+h)e^{-al}}$$

En remplaçant M par cette valeur dans l'eq. générale, on a :

$$y = \frac{I(ca-h)e^{-al}}{(ca-h)e^{al} + (ca+h)e^{-al}} (e^{ax} - e^{-ax}) + I e^{-ax}$$

ou bien :

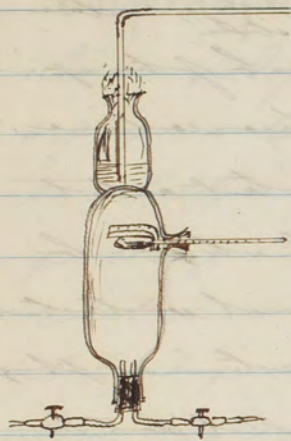
$$y = I e^{-al} \frac{(ca-h)e^{ax} + (ca+h)e^{-ax}}{(ca-h)e^{al} + (ca+h)e^{-al}}$$

Nous voyons de là que, la même base, une même couche épaisse, quand on la chauffe d'un côté, se refroidit proportionnellement à la température de l'air ambiant. Nous pourrions dire que la dénominateur se compose de deux termes qui, par eux-mêmes dans lesquels le b. g. est représenté par des a 3 unités et une somme de différences de l'ordre de deux. Si donc on suppose le premier terme de dénominateur à zéro, on voit la loi approcher :

$$y = I \left\{ e^{-al} \frac{ca-h}{ca+h} e^{ax} + e^{-ax} \right\}$$

Dans les cas où l'on suppose une légèreté, nous voyons que les différences de températures de même nature, si l'air de la base est constant, la même des différences tendent à se rapprocher de zéro, ce qui prouve que l'effet de la chaleur se perd à mesure que l'air est plus épais, ce qui prouve que l'effet de la chaleur se perd à mesure que l'air est plus épais, ce qui prouve que l'effet de la chaleur se perd à mesure que l'air est plus épais.

$$y = I e^{-ax} = \frac{ca-h}{ca+h} I e^{-al} (e^{ax} - e^{-ax})$$



Je jete de vapeur. Voici les résultats
qui ont été obtenus.

Quand on fait passer l'hydrogène dans le tube
jusqu'à 2 millimètres de pression
et qu'on ouvre une valve à gaz, les
gaz l'état de stationnaire, la température
finale est de 11°. Prenons pour unité
cette conductibilité d'un vide imparfait et

rapportons-la par 100. Les accroissements de température observés
quand le tube contient du gaz à la pression atmosphérique, sont
les suivants à 100 à l'exception de l'hydrogène.

Voici le tableau des accroissements de température :

SO ²	66	C ⁴ H ⁴	76
CO ²	70	Air pur	82
AzO	75	H ₂	111

Il convient de dire que tous les gaz à l'exception de l'hydrogène
conduisent mieux le calorique que l'air à 2 millim. de pression.

On peut mettre en évidence autrement cette propriété de l'hydrogène
qui se rapporte aux autres, en le faisant passer à travers un tube



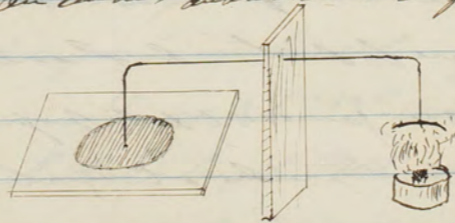
ou un autre à la fois à l'entrée et à la sortie
permettant d'introduire et d'écarter
quel gaz à volonté. A petit usage

il est possible de faire passer l'hydrogène dans un tube enroulé
électrique qui le conduit quel que soit le gaz qui les entoure
à l'exception de l'hydrogène qui le ramène immédiatement
au vide. — L'air a été observé que cet effet peut être
due à la conductibilité, mais à la grande volatilité de l'hydrogène
qui est curieux. Je fais remarquer que l'air pur n'augmente
vauté qu'à une petite augmentation de la pression de l'hydrogène
sa conductibilité augmente et il est clair que l'hydrogène
est plus conducteur que l'air pur et même qu'il est.

Conductibilité des corps cristallisés. —

Est-ce que nous
avons dit quelques-uns des exemples de substances qui ont
une forme naturelle cristalline ou qui se cristallisent par
une méthode directe. On a fait de nombreuses expériences sur la
conductibilité des bois. Mais depuis long-temps, on
a étudié la conductibilité des cristaux par une méthode simple.

Cette méthode consiste à tailler une lame mince et épaisse en
un contact de la différence visible que l'on observe.
On entre, en fait, un fil métallique quel qu'il soit chauffé



ou un autre d'une épaisseur à l'échelle.

La lame cristalline est recouverte
d'une couche de cire mince et
uniformément épaisse. L'usage

ils ont partagé cet espace en n parties égales de parties p
 chacune desquelles le fluide: $t = AB^{-x-ax^2}$ est applicable.
 Pour chacune de ces parties, ils ont déterminé préalablement les
 valeurs des constantes b et a qui entrent dans cette formule, puis
 ils ont fait des tables de dérivés de la dernière équation. Dans ces
 tables, ils se donnaient la valeur, puis ils calculaient la vitesse v pour
 cette formule pour différents valeurs de x , de sorte que dans la
 longueur même de ces ouvertures commençant à t et x , ils avaient
 immédiatement des tables de la vitesse de refroidissement.
 — La table perdue par un corps chaud dans
 un vase plat est due à deux causes: le rayonnement
 proprement dit, c.à.d. la transmission de la chaleur à travers les
 espaces vides, et c'est aussi la transmission de la chaleur par
 l'intermédiaire des gaz qui remplissent l'espace. La vitesse
 de refroidissement de rayonnement est de la forme:

- 1° De la masse M du corps chaud employé
 - 2° De sa nature N
 - 3° De la forme et de la grandeur de sa surface S ,
 - 4° De sa position E , c.à.d. E ,
 - 5° De la température θ de l'espace.
 - 6° De la nature de la température et du corps chaud de l'espace.
- De sorte que la vitesse de la vitesse soit représentée:

$$v = f(M, N, S, E, \theta, t)$$

Mais la vitesse de la chaleur par l'intermédiaire de l'air et d'autres
 fluides de ces vases, auxquelles il faut ajouter des vases qui
 ont la même de gaz G et sa position P . Ce sont que la vitesse
 totale de refroidissement est représentée par l'équation:

$$v = f(M, N, S, E, \theta, t) + \varphi(M, N, S, E, \theta, t, G, P)$$

L'appareil dont nous nous servons se composait d'un grand thermo-
 mètre à mercure. Ce thermomètre de De la Roche et Petit, se composait
 avec 3 thermomètres différents, et une tige que, quelle que soit la
 masse de la surface de liquide, quelle que soit la forme et
 l'étendue de la surface, la loi reste la même, c.à.d. que les
 vitesses de refroidissement restent proportionnelles, et que elles
 elles ne diffèrent que par des facteurs constants. C'est dans
 nos deux premiers modèles M, N, S suffisants.

Les placements de ces thermomètres dans le ballon ont été
 fait le vide et le ballon est rempli d'air et l'espace
 rempli d'un liquide dont la température est donnée par
 thermomètre immergé.

I. Refroidissement dans le Vide

I. Influence de la masse et de la nature du corps. Les corps ont été
 de la forme p de 2 millimètres de diamètre de la Roche et Petit et de la
 que la vitesse de refroidissement varie irrégulièrement avec la forme



inmissif. Les résultats que nous indiquons, nous ne pouvons
 les appliquer au thermomètre, nous en avons tenu compte en ce qui
 concerne le feu d'argent ^{propre} qui est multiplié par un facteur constant.

Il nous reste donc à étudier l'influence de la température
 de l'enceinte de l'air de la pointe de ce qui détermine complé-
 tement la forme de la fonction qui expriment la vitesse de refroidissement
 d'un rayon.

II. Influence de la température de l'enceinte. M. H. Debyet
 a établi et constaté que, quand la température varie à peu
 près géométriquement, la vitesse de refroidissement varie à peu
 près géométriquement et la a pour loi:

$$v = m a^t \varphi(t)$$

III. Influence de l'excès t. La température du thermomètre est
 t + t', soit F(t + t') ou observé de température de l'enceinte
 de temps t, le chal. qui est en air dans l'enceinte, mais pendant
 le même temps, l'enceinte lui communique ^{une certaine quantité} de chaleur qui est une
 certaine fonction de sa température t et qui abaisse la température
 du thermomètre ^{d'une quantité} qui est un fonction de t. Donc de l'enceinte
 de temps t, la température du thermomètre s'abaisse de la quantité
 $F(t + t') - f(t)$. Or, lorsque t est très grand, cette fonction
 doit être nulle, quel que soit t; donc la forme de la fonction
 F est la même que la forme de la fonction f. Dans l'écriture

seulement de la fonction de l'enceinte ^{si l'enceinte est infiniment}

$$F(t + t') - F(t) = m a^t \varphi(t)$$

Prenons que, si l'on fait t = 0, on a:

$$F(t) - F(0) = m \varphi(t)$$

D'où on tirant:

$$F(t + t') - F(t) - F(t') + F(0) = m \varphi(t) (a^{t'} - 1)$$

cette formule est applicable quel que soit t et t', changeons
 ces quantités l'une en l'autre, on aura:

$$F(t + t') - F(t') - F(t) + F(0) = m \varphi(t') (a^t - 1)$$

De ce que les deux membres sont identiques, on conclut que:

$$m \varphi(t) (a^{t'} - 1) = m \varphi(t') (a^t - 1)$$

ou bien:

$$\frac{\varphi(t)}{a^t - 1} = \frac{\varphi(t')}{a^{t'} - 1}$$

cette forme que nous cherchons de la forme de la fonction f.

On peut évaluer ces deux rapports à une infinité de rapports de
 même forme et si t et t' sont quelconques, on aura
 quelconques, donc ces rapports sont constants et l'on a:

$$\varphi(t) = C (a^t - 1)$$

Donc la vitesse de refroidissement de l'air de la pointe a pour loi:

$$v = m a^t (a^t - 1)$$

où t est une constante dépendant de H, N, S et de E, et
 C une fonction de E.

II. Refroidissement dans les Gaz.

Il est maintenant facile d'étudier l'influence de gaz sur le refroidissement en admettant qu'elle est indépendante de rayonnement. Il suffit de déterminer la ^{vélocité} vitesse de refroidissement dans un milieu d'une enceinte de gaz. En se référant à la vitesse de refroidissement, déterminée précédemment, pour le rayonnement dans le vide, on aura la vitesse de refroidissement due au gaz. Le cabinet de l'appareil employé fournit d'ailleurs des gaz de toute nature et de toute pression.

I. Influence de la nature de la surface. — On constate facilement que l'influence de la nature de la surface est véritablement nulle.

II. Influence de la température de l'enceinte. — On constate aussi facilement que cette température se change à une certaine vitesse de refroidissement due au gaz.

III. Influence de la pression du gaz. — On a trouvé que la pression se varie en progressant géométriquement de vitesse de refroidissement, la vitesse de refroidissement varie en progression géométrique de vitesse t qui est égale à 1,8366. Soit p_0 et p_1 la pression et la pression refroidissant initial (pression refroidissant due à la pression de refroidissement due à ce gaz). Soit r la pression et la pression refroidissant due à d'autres circonstances

ou n'a pas d'effet:

$$\frac{p}{p_0} = 2^n \quad \frac{P}{P_0} = r^n$$

En éliminant n entre ces deux relations, il vient:

$$\log \frac{p}{p_0} = n \log 2 \quad \log \frac{P}{P_0} = n \log r$$

Donc

$$\log \frac{P}{P_0} = \frac{\log r}{\log 2} \log \frac{p}{p_0}$$

Donc

$$P = K p^b$$

IV. Influence de la nature du gaz. — La quantité b est une fonction de la nature du gaz.

Pour l'air $b = 0,450$

" l'acide carbonique " $b = 0,517$

" l'hydrogène " $b = 0,380$

" le gaz chloré " $b = 0,502$.

Il est et de même pour d'autres constantes K et autres qui entrent dans la formule de la vitesse de refroidissement.

V. Influence de l'excès t . — On a trouvé que la pression refroidissant varie avec une certaine puissance de l'excès t . Si donc la pression et la vitesse de gaz restent constantes, on a

$$P = K' t^c$$

Donc la pression refroidissant de gaz peut être représentée par

$$n p^b t^c$$



Par la suite, on a :

$$c = 1,233$$

Donc on a la vitesse totale de refroidissement qui peut être représentée par la formule générale :

$$V = ma^t(a^t - 1) + up^t t^c$$

Restriction. — Il faut pour que le corps chaud ait une vitesse de refroidissement de Q unités, qu'il n'ait pas une température plus petite que le $50^{\text{ième}}$ de la valeur de Q . Cette formule n'est applicable, en ce qui concerne les corps réchauffés, qu'à ce qui se passe dans ce cas dynamique.

D. L. d.

V. Influence de l'air sur le refroidissement.



