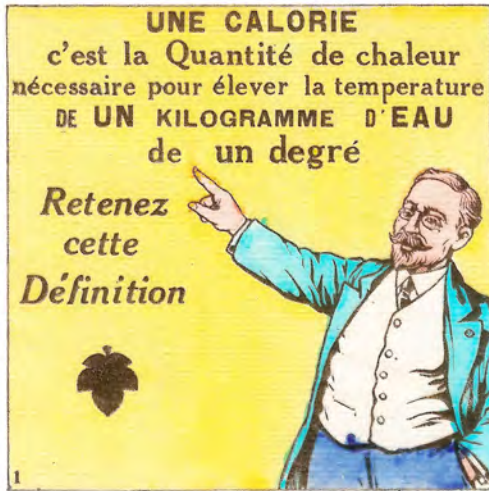


# Calorimétrie

## I. — QUANTITÉ DE CHALEUR

Vue : Définition.



L'idée de quantité de chaleur s'impose immédiatement à l'esprit par l'expérience de chaque jour qui nous montre la nécessité d'une plus grande quantité de combustible pour échauffer à la même température deux litres d'eau qu'un litre de même liquide. Les thermomètres, qui, eux permettent la comparaison des températures ne donnent directement aucune indication sur la quantité de chaleur libérée ou absorbée par les corps.

C'est cependant encore ces instruments qui vont nous permettre de résoudre le problème.

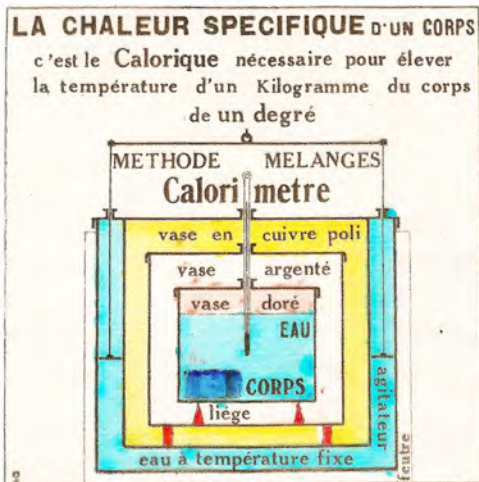
La base de la méthode est la définition de l'unité de quantité de chaleur ou calorie, cette définition est bien simple :

*La calorie est la quantité de chaleur nécessaire pour élever 1 kilogramme d'eau à 1 degré.*

Retenez bien cette définition.

## II. — CHALEURS SPÉCIFIQUES

Vue : Calorimètre.



Connaissant la quantité de chaleur pour élever 1 kilogramme d'eau de 1 degré, il est facile de calculer la quantité de chaleur nécessaire par exemple pour élever 1 hectolitre d'eau de 0° à 80°.

C'est 1 calorie  $\times$  100 litres  $\times$  80° = 8.000 calories. Voilà pour l'eau ; pour les autres corps le problème serait aussi facile si on connaissait la quantité de chaleur nécessaire pour élever 1 kilog. de ce corps de 1° ce chiffre s'appelle la chaleur spécifique du corps, on le détermine au moyen de mélanges.

Exemple : Dans un vase contenant 1/2 litre d'eau à 12°, jetons un morceau d'étain pesant 1 kilogramme et chauffé à côté dans de l'eau bouillante, le morceau est donc à 100°. Le thermomètre nous indiquera que la température finale du mélange est 22°.

Appelons C la chaleur spécifique de l'étain et écrivons que la chaleur perdue par l'étain est égale à la chaleur gagnée par l'eau, on a l'égalité : 0 kilog 5  $\times$  10 degrés = 1 kilog  $\times$  C  $\times$  78 degrés, d'où C = 0.06.

Les physiciens ont trouvé en effectuant ces opérations avec soin dans des vases appelés calorimètres qui empêchent toutes les pertes de chaleur les résultats suivants :

Fer .....	C = 0.1	Marbre ....	C = 0.02
Zinc .....	C = 0.09	Chêne .....	C = 0.57

Ce petit tableau montre que les métaux s'échauffent 10 fois plus facilement que l'eau, les pierres 5 fois plus facilement, le bois 2 fois plus.

Conclusion. — L'eau est le corps qui absorbe le plus de chaleur pour élever sa température.

Remarque. — La chaleur spécifique d'un corps n'est pas la même à l'état solide qu'à l'état liquide ou gazeux. Il faut pour chaque état faire des expériences bien séparées.

### III. — CHALEUR LATENTE DE FUSION

Vue : Découverte par Blake en 1762.



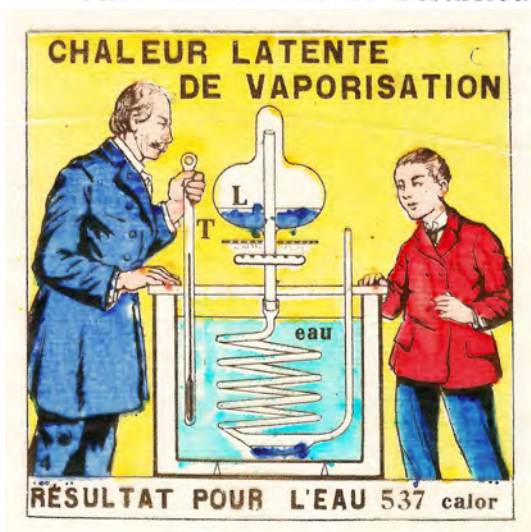
Lorsqu'on opère la fusion d'un corps le thermomètre reste fixe, nous l'avons vu, bien qu'il soit nécessaire de continuer à chauffer pour effectuer la fusion totale.

Cette chaleur que le thermomètre n'accuse pas est très importante à connaître pour tous les corps, d'où encore pour les physiciens une série d'expériences qui ont donné des nombres consignés dans des tableaux. Ces nombres se rapportent toujours à la quantité de chaleur nécessaire pour fondre 1 kilog. du corps passant de solide à l'état liquide à la température du point de fusion.

Cette chaleur qui est cachée au thermomètre s'appelle *chaleur latente de fusion*.

### IV. — CHALEUR LATENTE DE VAPORISATION

Vue : Calorimètre de Berthelot.



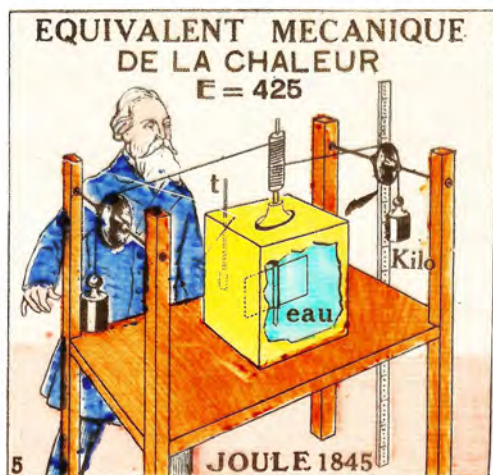
Ce que nous venons de dire s'applique au passage de l'état liquide à l'état gazeux, il y a donc aussi des *chaleurs latentes de vaporisation*.

On les détermine assez facilement au moyen du calorimètre de Berthelot. Le liquide condensé dans le serpentín du calorimètre se pèse après l'expérience.

Pour la vapeur d'eau cette chaleur est de 537 calories, c'est un nombre énorme, mais on comprend très bien l'énormité de ce chiffre si l'on réfléchit qu'un litre d'eau donne l'énorme volume de 1.700 litres de vapeur.

## V. — ÉQUIVALENT MÉCANIQUE DE LA CHALEUR

Vue: Expérience de Joule.



Pour déterminer le rendement des machines il était important de connaître combien il fallait théoriquement de calories pour remplacer un cheval, c'est-à-dire effectuer un travail de 75 kilogrammètres ou plus simplement encore l'équivalent en chaleur de 1 kilogrammètre.

C'est Joule qui, le premier, a effectué cette détermination.

Son appareil est des plus simples. Dans un calorimètre il plaçait des palettes dont il déterminait la rotation par la chute de poids connus. Il savait donc à la fin de l'expérience :

1° le nombre de kgm fournis par la chute des poids ;

2° le nombre des calories enmagasinés par le calorimètre.

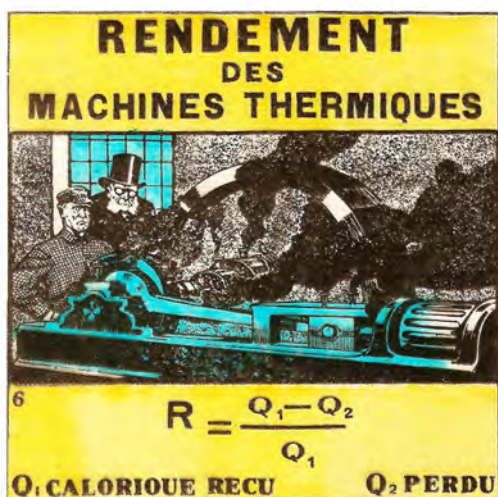
Le rapport de ces deux nombres est le nombre cherché. Ce nombre s'appelle équivalent mécanique de la chaleur, on le désigne par E.

$E = 425$  calories.

Une machine parfaite donnerait donc l'énergie de 425 kilogrammètres pour une dépense de 1 calorie.

## VI. — RENDEMENT DES MACHINES THERMIQUES

Vue : Influence des frottements.



Mais la machine la plus parfaite a des frottements, on a beau employer des lubrifiants, c'est-à-dire de l'huile, des graisses, il s'ensuit qu'elle ne transforme pas en travail toute l'énergie qu'on lui donne. Si l'on appelle  $Q_1$  la quantité de calories fournies à une machine et  $Q_2$  la quantité de calories non transformées en travail dans le même temps, on appelle rendement de la machine le Rapport

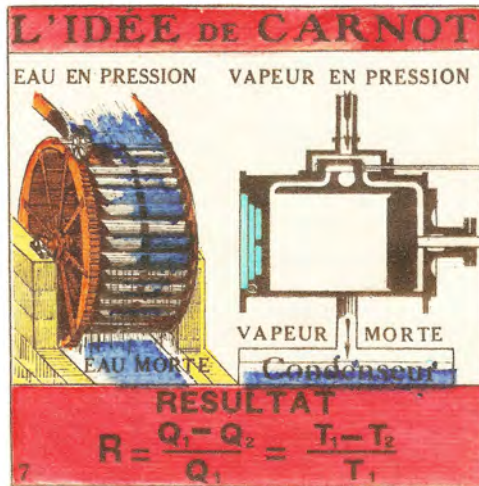
$$R = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

Exemple : si  $Q_1 = 1.000$  ;  $Q_2 = 400$

$$R = \frac{1.000 - 400}{1.000} = 0.6$$

## VII. — L'IDÉE DE CARNOT

Vue : Comparaison des machines thermiques et hydrauliques.



Carnot, le fils du grand Carnot, avait remarqué que toutes les machines thermiques utilisaient le calorique en abaissant sa température, autrement dit que la température de la vapeur utilisée dans une machine est plus élevée à l'entrée qu'à la sortie. C'est un phénomène analogue qui se passe lorsque l'eau fait tourner une roue, elle perd de sa pression pour faire tourner la roue.

Au moyen de calculs savants qui forment un chapitre de la physique sous le nom de thermodynamique, il a établi une formule très commode et qui permet de comparer facilement les rendements des diverses machines thermiques — (vapeur, gaz, pétrole).

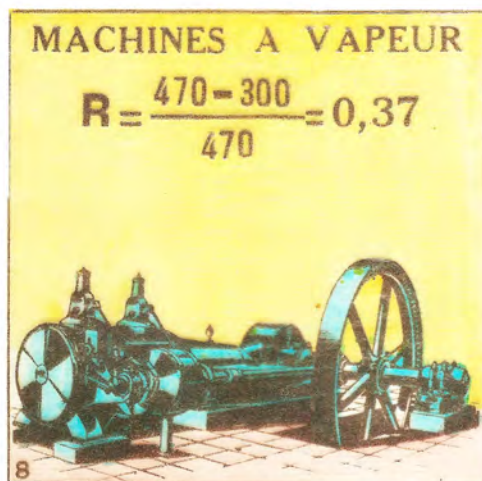
Cette formule est :

$$R = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

$T_1$  et  $T_2$  étant les températures absolues de la vapeur ou gaz détonnants employés.

## VIII. — RENDEMENT D'UNE MACHINE A VAPEUR

Vue : Machine à vapeur.



Avec la formule de Carnot calculons le rendement d'une machine à vapeur. — Si la pression de la vapeur est de 15 atmosphères, sa température centigrade est de 200° donc  $T_1 = 200 + 273 = 473$ .

Si la vapeur sort à 30 degrés centigrades :

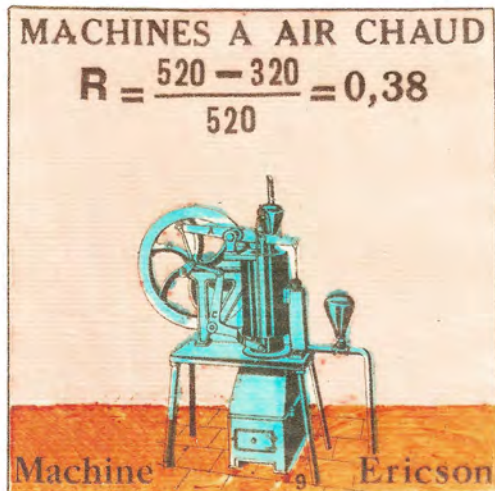
$$T_2 = 273 + 30 = 303.$$

Le rendement sera donc en chiffres ronds :

$$R = \frac{473 - 303}{470} = \frac{170}{470} = 0,37 !!$$

## IX. — RENDEMENT D'UNE MACHINE A AIR CHAUD

Vue : Moteur Ericson.



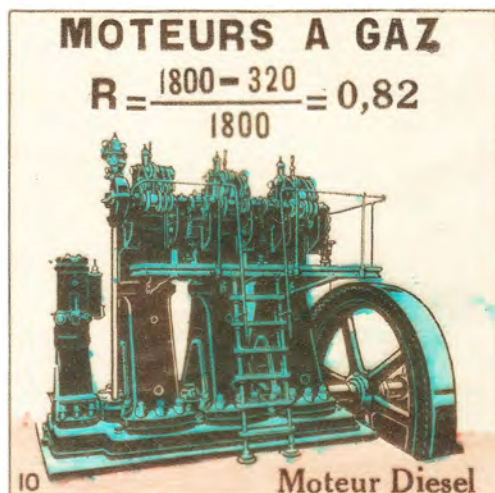
L'impossibilité de perfectionner la machine à vapeur au point de vue du rendement thermique a amené les ingénieurs à chercher à utiliser l'air chaud, mais là encore on ne peut utiliser l'air à plus de 250° centigrades parce que à cette température les graisses des moteurs brûlent. En supposant que l'air sorte de la machine à 47° centigrades, le rendement maximum de ces machines ne peut s'élever à plus de

$$R = \frac{520 - 320}{520} = 0.38.$$

Dans certains pays où l'on manque d'eau, on commençait à utiliser ces machines dont le meilleur type était l'*Ericson*, lorsque les moteurs à gaz et à pétrole sont venus les détrôner définitivement. Leur construction est aujourd'hui abandonnée.

## X. — RENDEMENT DES MOTEURS A GAZ

Vue : Moteur Diesel.





Dans les moteurs à gaz ou à pétrole, au moment de la détonation, les gaz sont portés à plus de 1.500° centigrades et ils s'abaissent à 50° centigrades, donc en moyenne :  $T_1 = 1.800$  ;  $T_2 = 320$ . et le rendement est :

$$R = \frac{1.800 - 320}{1.800} = 0.82.$$

D'où le grand essor des moteurs à gaz. La vue vous représente un moteur à pétrole utilisé par les sous-marins.

## XI. — PRIX DE LA CALORIE

Vue : Houille et Gaz.

Prix de la calorie	
HOUILLE	GAZ
$\frac{C_{\text{houille}}}{C_{\text{gaz}}} = \frac{1}{5}$	
	
<b>LA TONNE</b> <b>30 Francs</b>	<b>METRE CUBE</b> <b>10 Centimes</b>

Pourquoi donc les moteurs à gaz ou à pétrole n'ont ils pas encore remplacé les machines à vapeur ?


Pour la raison bien simple, c'est que si 1 kilogramme de houille donne 6.000 calories, à 30 francs la tonne on a pour 1 centime 2.000 calories.

Avec le gaz le mètre cube donne 6.000 calories, s'il coûte 15 centimes le mètre cube on a pour 1 centime 400 calories seulement. Le rapport des deux prix est de 1 à 5 et comme les rendements sont dans le rapport 1 à 2 environ, l'avantage reste aux machines à vapeur.

Mais cet avantage disparaîtra sans doute, on sait déjà fabriquer en grand du gaz pauvre à bon marché, très bon marché et l'on installe de grandes forces motrices au gaz pauvre.

## XII — L'INDUSTRIE GACHE LE CALORIQUE

Vue : Tableau.

L'INDUSTRIE gache le calorique	
	un kilog de houille donne : Théoriquement <b>8.000 calories</b> soit <b>3.400.000 kgm</b> Pratiquement <b>UN cheval heure</b> soit <b>270.000 kgm</b> la Machine utilise donc <b>10 <math>\frac{0}{0}</math> !</b>
	

La machine à vapeur dont l'homme est si fier et qui a transformé la civilisation n'est qu'un clou au point de vue de l'utilisation du calorique.

Théoriquement, un kilog de houille excellente donne 8.000 calories soit 3.400.000 kgm. Les machines exigent en moyenne 1 kilogramme de houille par cheval et par heure. Or un cheval à vapeur travaillant une heure produit 270.000 kgm., donc le rendement est :

$$\text{ment est : } \frac{270.000}{3.400.000} = 0.09.$$

moins de 10 pour cent.