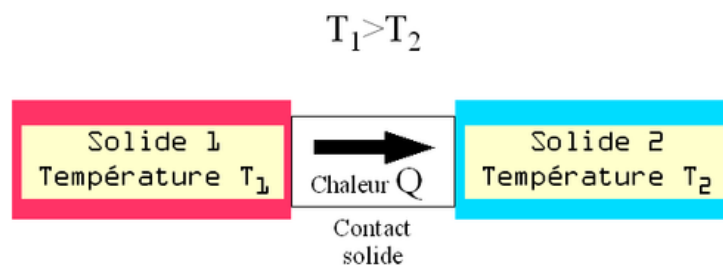


Leçon N°6: ENERGIE THERMIQUE ET TRANSFERT THERMIQUE (Sc.Math)

I Transfert thermique:

I.1 Définition et sens transfert thermique:

Lorsque 2 corps à des températures différentes sont mis en contact, on constate que la température du corps chaud diminue tandis que celle du corps froid augmente. Il y a transfert d'énergie entre les deux corps : c'est le transfert thermique. Un transfert thermique se fait spontanément du corps ayant la température la plus élevée vers le corps ayant la température la plus basse.



I.2 Modes de transfert thermique:

I.2.1 transfert thermique par conduction:

Définition: Transfert thermique par conduction est un mode de transfert d'énergie ayant lieu à travers des corps conducteurs thermique sans déplacement de la matière

I.2.2 transfert thermique par convection:

Définition: Transfert thermique par convection est un autre mode de transfert d'énergie avec déplacement de la matière

I.2.3 Effets du transfert thermique:

Le transfert peut élever la température d'un corps.

Le transfert thermique peut aboutir à un changement d'état physique d'un corps pur.

II Transfert thermique et Energie thermique:

II.1 Energie thermique (Quantité de chaleur):

Définition: Un transfert thermique est un transfert d'énergie d'un corps chaud (ou système chaud) à un corps froid (ou système froid), cette énergie est dite énergie thermique (ou quantité de chaleur). on note une énergie thermique par la lettre Q , son unité dans S.I. des unités est le joule noté (J).

$$Q = m.C.(\theta_f - \theta_i)$$

Q : énergie thermique ou quantité de chaleur (J)

m : masse (kg) , θ_i : température initiale (K)

C : capacité thermique massique ($J.kg^{-1}.K^{-1}$) θ_f : température finale (K) ,

Convention: Un système peut recevoir ou céder de l'énergie par transfert thermique avec l'extérieur.

- Si système reçoit effectivement de l'énergie par transfert thermique, Q sera positive
- Si système perd effectivement de l'énergie par transfert thermique, Q sera négative

II.2 Définition capacité thermique massique C :

La capacité thermique massique d'un corps pur est l'énergie thermique nécessaire à 1 kg de ce corps pour élever sa température de 1°C .

Capacité thermique massique de quelques solides

Solide	Capacité thermique massique $\text{J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$
Béton	880
Bois	1200-2700
Graphite	720
Verre	720
Aluminium	897
Cuivre	385
Fer	444
Zinc	380

II.3 Définition capacité thermique μ :

La capacité thermique μ d'un corps de masse m est l'énergie thermique nécessaire pour élever sa température de 1°C , elle est exprimée par la relation:

$$\mu = m.C$$

μ : capacité thermique (J.K^{-1}) ou (J.C^{-1})

m : masse (kg) ;

C : capacité thermique massique ($\text{J.kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)

Remarque :

La capacité thermique μ d'un système (S) formé de plusieurs corps est égale à la somme des capacités thermiques de ces corps :

$$\mu_s = \sum_i \mu_i = \sum_i m_i.C_i$$

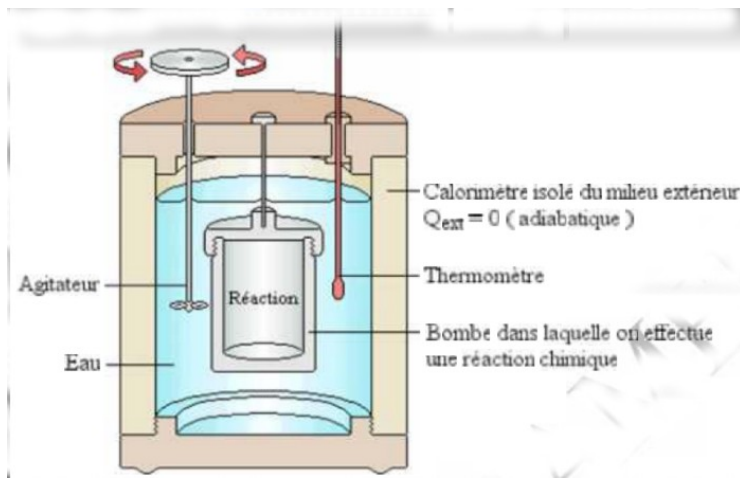
II.4 Equilibre thermique:

Lorsque deux corps de températures différentes entrent en contact "dans une enceinte isolante : fuites thermique négligeable", ils échangent de l'énergie thermique : le corps chaud perd de l'énergie Q' et sa température diminue tandis que le corps froid perd de l'énergie Q et sa température augmente.

Le transfert thermique se produit de sorte à ce que leurs températures respectives s'égalisent. ils sont alors dans un état appelé équilibre thermique, il est exprimé par la relation

$$Q + Q' = 0$$

Remarque : Souvent un transfert thermique s'accompagne de fuites thermiques pour remédier à ce problème "minimiser les fuites" on utilise souvent une enceinte adiabatique (pas d'échange thermique avec le milieu extérieur) qui n'est autre que le calorimètre.



III Application 1 : Détermination de la capacité thermique d'un calorimètre

La capacité thermique d'un calorimètre (et ces accessoires) est l'énergie nécessaire pour élever la température du calorimètre et ses accessoires de 1°C . on la note μ_C .

On verse rapidement une masse m_2 d'eau chaude de température θ_2 dans un calorimètre contenant une masse m_1 d'eau froide de température θ_1 . on agite le mélange, après un moment la température du mélange se stabilise à θ (équilibre thermique)

- Le système (S) formé par le calorimètre et la masse m_1 d'eau reçoit une énergie Q_1 $Q_1 > 0$

$$Q_1 = m_1 \cdot C_e (\theta - \theta_1) + \mu_C (\theta - \theta_1)$$

- La masse m_2 d'eau chaude perd une énergie Q_2 ($Q_2 < 0$)

$$Q_2 = m_2 \cdot C_e (\theta_2 - \theta)$$

- A l'équilibre thermique : $Q_1 + Q_2 = 0$ donc

$$\mu_C = \frac{m_2 \cdot C_e \cdot (\theta_2 - \theta)}{(\theta - \theta_1)} - m_1 \cdot C_e$$

IV Application 2 : Détermination de la capacité thermique massique d'un métal :

On dispose d'un calorimètre de capacité thermique μ_C contenant une masse m_1 d'eau dont la température est θ_1 .

On introduit dans le calorimètre un petit bloc d'un métal de masse m après bouillie et l'avoir séché. après agitation la température du mélange se stabilise à θ

$m_1 = 300\text{g}$ et $m = 122\text{g}$, $\mu_C = 100\text{J.K}^{-1}$, $\theta_1 = 19.8^\circ\text{C}$ $\theta_2 = 22.1^\circ\text{C}$

- Le système (S1) formé par le calorimètre et la masse m_1 d'eau reçoit une énergie Q_1 $Q_1 > 0$

$$Q_1 = m_1 \cdot C_e (\theta - \theta_1) + \mu_C (\theta - \theta_1)$$

- Le système (S2) formé par le bloc de métal a perd une énergie Q_2 ($Q_2 < 0$):

$$Q_2 = m \cdot C (\theta - \theta_2)$$

- A l'équilibre thermique entre les 2 systèmes : $Q_1 + Q_2 = 0$

$$C = \frac{(m_1 \cdot C_e + \mu_C)(\theta - \theta_1)}{m \cdot (\theta_2 - \theta)}$$

V Exercice d'application N°1:

On verse rapidement dans un calorimetre de capacité thermique $\mu_C = 210 J.C^{-1}$ une masse $m_1 = 355$ g d'eau dont la température $\theta_1 = 23,8$ °C. on introduit ensuite dans le calorimètre un morceau de laiton " alliage composé essentiellement de cuivre et de zinc " de masse $m_2 = 173$ g et de température $\theta_2 = 88,5$ °C.

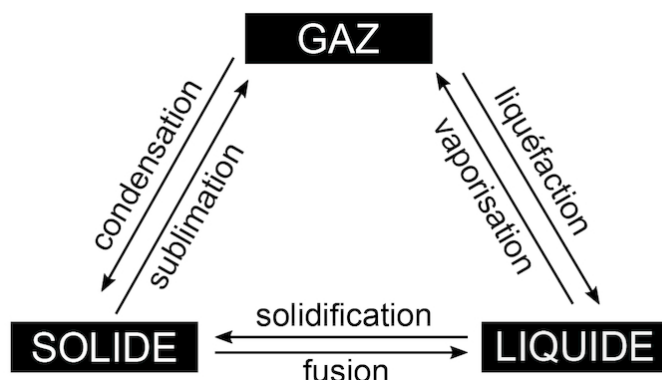
1) Comment appelle-t-on le transfert d'énergie entre les 2 systèmes calorimetre , masse d'eau et morceau de laiton .

2) Préciser le sens du transfert.

3) Ecrire la relation traduisant l'équilibre thermique ayant lieu.

4) en déduire la température finale θ du mélange sachant que la capacité thermique massique du laiton est $C = 378 J.kg^{-1}.C^{-1}$

VI Transfert thermique avec changement d'état physique d'un corps pur (chaleur latente) :



VI.1 Chaleur latente massique de fusion L_f :

La chaleur latente massique L_f de fusion d'un corps pur est l'énergie thermique nécessaire pour transformer totalement à 1 kg de ce corps de l'état solide à l'état liquide à température θ_f et pression constant

Expression de l'énergie thermique : L'énergie reçue par le corps pur au cours de sa fusion, à température et pression constante, est donnée par la relation :

$$Q = m.L_f$$

Q : énergie thermique (J) , m : masse (kg) ; L_f : Chaleur latente massique de fusion ($J.kg^{-1}$)

Corps pur	$L_f(j.kg^{-1})$	$\theta_f(^{\circ}C)$
Glace	$3.35.10^5$	0
Aluminium	$4.04.10^5$	660
Fer	$2.70.10^5$	1635

Remarque : On admet que l'énergie Q' perdu par le corps pur au cours de sa solidification, à température et pression constante, est : $Q' = m.L_{sol}$; $Q' < 0$ avec L_{sol} Chaleur latente massique de solidification ; avec $Q' = -Q$ donc : $L_{sol} = -L_f$

VI.2 Exercice d'application N°2:

Cent tonnes de ferrailles sont chauffées dans un four électrique afin d'obtenir du fer liquide à 1538°C. La température initiale est 20°C. La durée de l'opération dure 5 heures et le rendement du four est de 70%. Données :

$C_{fer} = 450 J.kg^{-1}.K^{-1}$; $L_{fusion_{fer}} = 270 kJ.kg^{-1}$; $\theta_{f(fer)} = 1538^{\circ}C$. Quelle est l'énergie électrique nécessaire. En déduire la puissance du four.

VI.3 Vaporisation et liquéfaction :

Définition Chaleur latente massique de vaporisation L_V : La chaleur latente massique L_V de fusion d'un corps pur est l'énergie thermique nécessaire pour transformer totalement à 1 kg de ce corps de l'état liquide à l'état gazeux à température θ_V et pression constante.

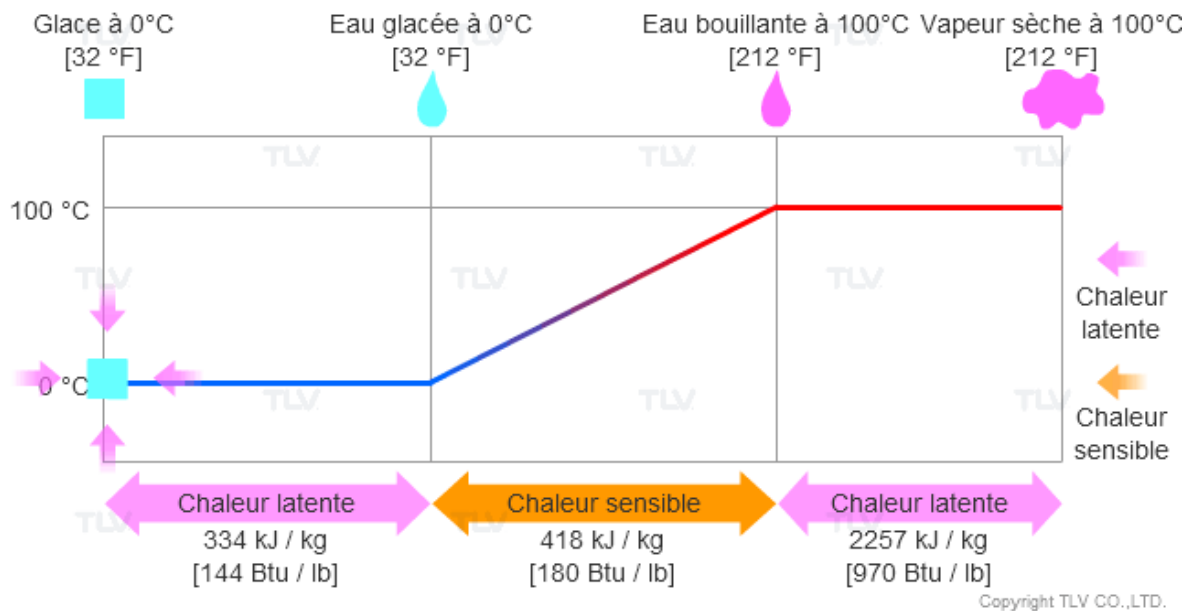
L'énergie reçue par le corps pur au cours de sa vaporisation, à température et pression constante, est donnée par la relation :

$$Q = m.L_V$$

Q : énergie thermique (J.) ; m : masse (kg) ; L_V : Chaleur latente massique de vaporisation ($J.kg^{-1}$)

Corps pur	$L_V(Kj.kg^{-1})$	θ_V
eau	2261	100
éthanol	906	78
dioxygène	212.5	-182.962
dihydrogene	450	-252.87

Remarque : On admet que l'énergie Q' perdu par le corps pur au cours de sa liquéfaction, à température et pression constante, est : $Q' = m \times L$; $Q' < 0$ avec L_l avec L_l Chaleur latente massique de liquéfaction; avec $Q' = -Q$ donc : $L_l = -L_V$



VII Transfert d'énergie par rayonnement:

L'énergie transportée sous forme de radiations électromagnétiques est appelée énergie rayonnante. Elle est notée WR. Elle s'exprime en Joule. Tout corps chaud émet des radiations électromagnétiques qui transportent de l'énergie.

VIII Energie interne et transfert d'énergie:

- Si le transfert s'effectue par travail uniquement, la variation de l'énergie interne du système est : $\Delta U = W$ avec W étant l'énergie transfert par travail
- Si le transfert s'effectue seulement par chaleur, la variation de l'énergie interne du système est : $\Delta U = Q$ Avec Q étant l'énergie transfert par chaleur
- Si le transfert s'effectue par travail, par chaleur ou par rayonnement, la variation de l'énergie interne du système est : $\Delta U = W + Q_T$ Avec Q étant l'énergie transfert par chaleur et/ ou par rayonnement