

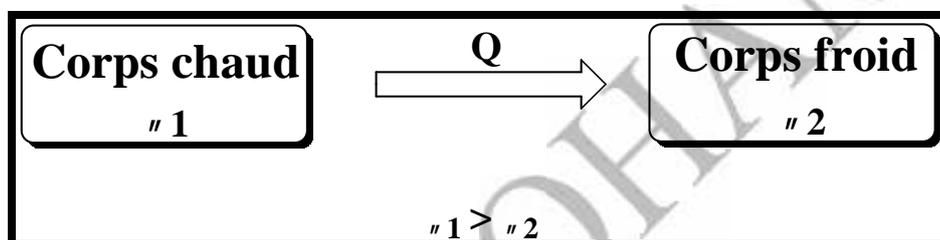


I) Transfert thermique:

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.



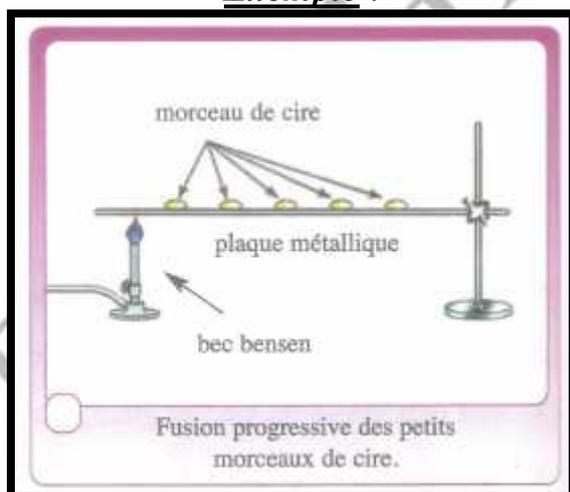
2) Modes de transfert thermique:

3-1/ *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*

Exemple :



3-2/ *transfert thermique par convection:*

Définition:

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

Exemple :



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:

1) Energie thermique (Quantité de chaleur):

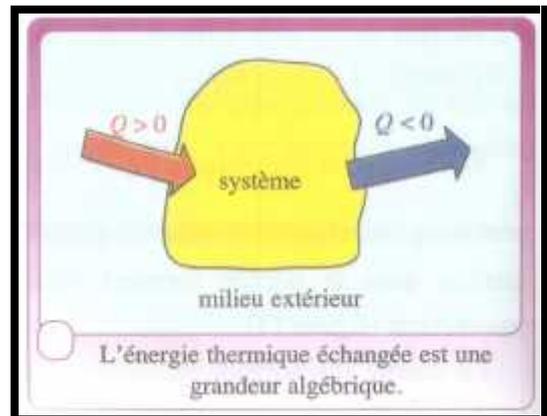
Définition:

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).

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 ($Q > 0$).
- Si système **perd** effectivement de l'énergie par transfert thermique, Q sera négative ($Q < 0$).



Expression de l'énergie thermique:

$$Q = m \times C \times (t_f - t_i)$$

Q : énergie thermique ou quantité de chaleur (J) ; m : masse (kg) ; t_i : température initiale (K)
 C : capacité thermique massique ($J.kg^{-1}.K^{-1}$) ; t_f : température finale (K)

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.

| Substances | Chaleur massique ($J.kg^{-1}.K^{-1}$) |
|----------------|---|
| Eau | 4186.8 |
| Glace | 2100 |
| Verre | 830 |
| Huile végétale | 2300 |
| Aluminium | 900 |
| Fer | 450 |

Définition capacité thermique ~:

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

$$\mu = m \times C$$

~ : capacité thermique ($J.K^{-1}$) ou ($J.C^{-1}$) ; m : masse (kg) ;
C : capacité thermique massique ($J.kg^{-1}.K^{-1}$)

Remarque :

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

$$\mu_S = \sum_i \mu_i = \sum_i m_i \times C_i$$

2) 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.

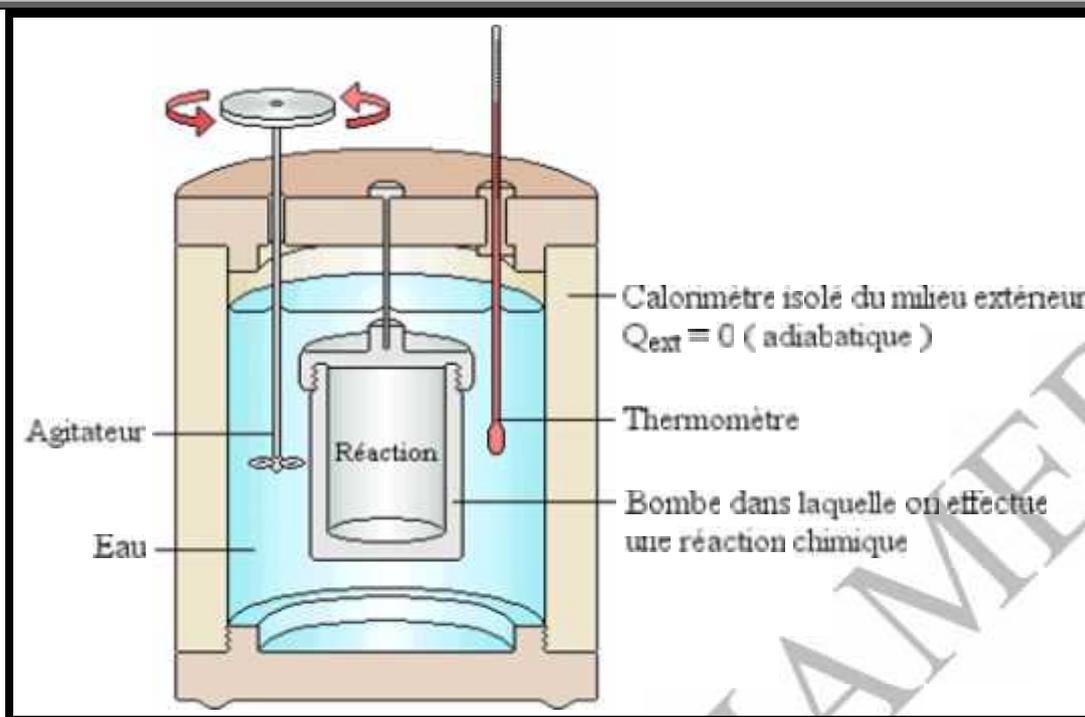
Le transfert thermique se produit de sorte à ce que leurs températures respectives s'égalisent. ils sont alors dans un état appelé équilibre thermique, il est exprimé par la relation :

$$Q + Q' = 0$$

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**.





Applications:

Application N°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 ($Q_1 > 0$):

$$Q_1 = m_1 \times C_e (\theta - \theta_1) + \mu_c (\theta - \theta_1)$$

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

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

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

$$m_1 \times C_e (\theta - \theta_1) + \mu_c (\theta - \theta_1) + m_2 \times C_e (\theta - \theta_2) = 0$$

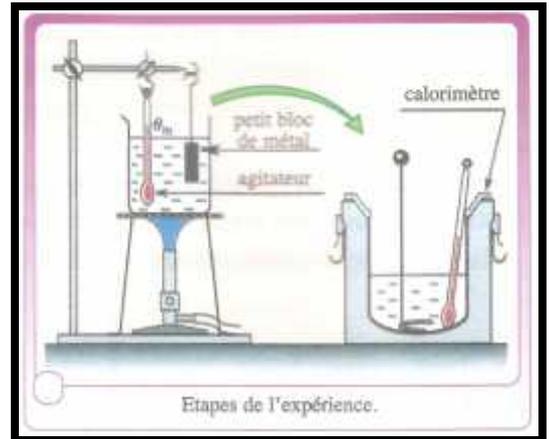
$$\mu_c (\theta - \theta_1) = m_2 \times C_e (\theta_2 - \theta) - m_1 \times C_e (\theta - \theta_1)$$

$$\mu_c = \frac{m_2 \times C_e (\theta_2 - \theta)}{(\theta - \theta_1)} - m_1 \times C_e$$

Application N°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 d'avoir retiré d'une eau bouillante et l'avoir séché. après agitation température du mélange se stabilise à θ (Figure ci contre).



$$m_1 = 300 \text{ g} ; m = 122 \text{ g} ; \mu_C = 100 \text{ J.K}^{-1} ;$$

$$\theta_1 = 19,8^\circ\text{C} ; \theta_2 = 76^\circ\text{C} ; \theta = 22,1^\circ\text{C} ;$$

- Le système (S_1) formé par le calorimètre et la masse m_1 d'eau reçoit une énergie Q_1 ($Q_1 > 0$):

$$Q_1 = m_1 \times C_e (\theta - \theta_1) + \mu_C (\theta - \theta_1) = [m_1 \times C_e + \mu_C] (\theta - \theta_1)$$

- Le système (S_2) formé par le bloc de métal a perdu une énergie Q_2 ($Q_2 < 0$):

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

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

$$[m_1 \times C_e + \mu_C] (\theta - \theta_1) + m \times C (\theta_2 - \theta) = 0$$

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

Calculer la valeur de C ?

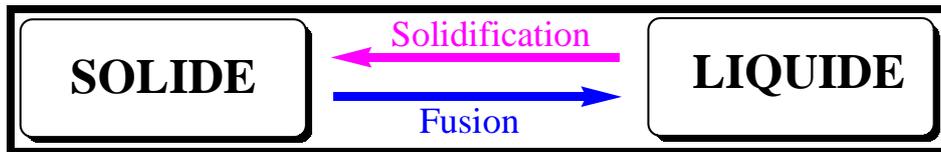
Exercice d'application N°1:

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

- 1) Comment appelle-t-on le transfert d'énergie entre les 2 systèmes {calorimètre , 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 $C = 378 \text{ J.kg}^{-1}.\text{C}^{-1}$.

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

3-1/ *Fusion et solidification :*



Définition *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 constante.

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 :

$$Q = m \times L_f$$

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 : $Q' = m \times L_{Sol}$; $Q' < 0$ avec L_{Sol} *Chaleur latente massique de solidification* ; avec $Q' = - Q$ donc :

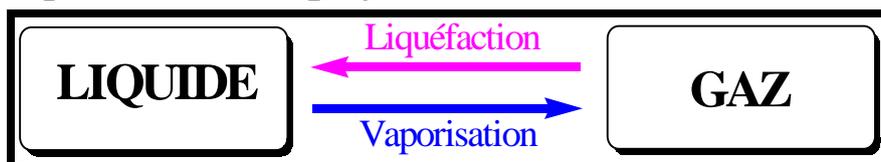
$$L_{Sol} = - L_f$$

Exercice d'application N°2:

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

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

3-2/ 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.

Expression de l'énergie thermique:

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

$$Q = m \times L_V$$

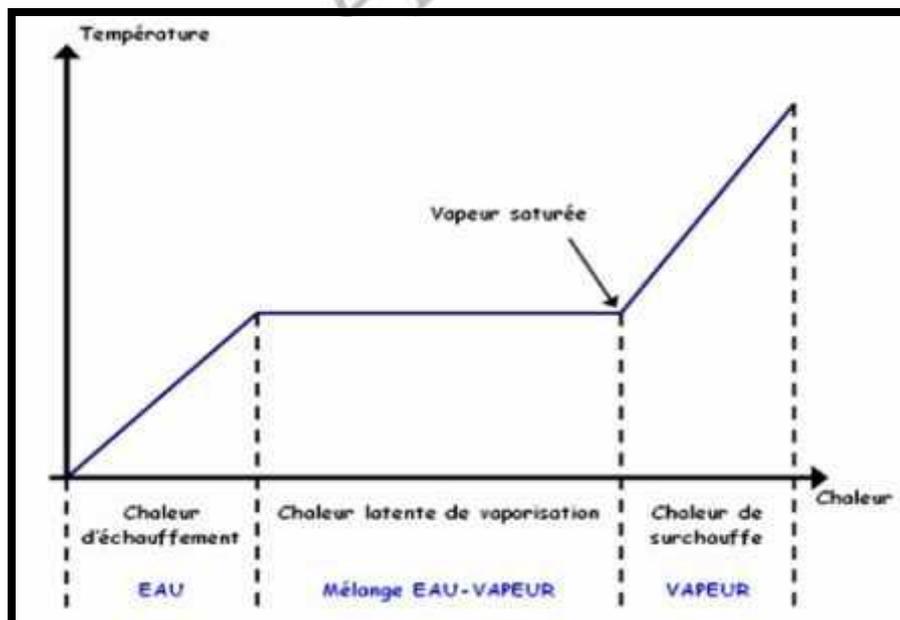
Q : énergie thermique (J.) ; m : masse (kg) ; L_V : Chaleur latente massique de vaporisation (J.kg⁻¹.)

| Corps pur | L_V (Kj.kg ⁻¹) | θ_V (°C) |
|-------------|------------------------------|-----------------|
| 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 : $Q' = m \times L_l$; $Q' < 0$ avec L_l Chaleur latente massique de liquéfaction; avec $Q' = - Q$ donc :

$$L_l = - L_V$$



III) Transfert d'énergie par rayonnement:

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



IV) 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

Enoncé du premier principe de la thermodynamique :

La variation de l'énergie interne d'un système, au cours d'une transformation, est égale à la somme des énergies transférées (par travail, par chaleur ou par rayonnement) entre le système et le milieu extérieur.

$$U = W + Q_T$$