

Chapitre 2 : L'énergie calorifique (5 h)

Introduction

Un système possède de l'énergie s'il est capable de produire des transformations telles que par exemple :

- Elever la température d'un corps ;
- Faire circuler un courant à travers un conducteur ;
- Mettre en mouvement un corps ; etc...

Exemples : Les systèmes {gaz butane +air},{pile} ;{ressort tendu} possèdent de l'énergie

2.1 Différentes formes d'énergies

En général un système possède un stock global d'énergie sous diverses formes : **cinétique** E_c ; **potentielle** E_p et **l'énergie interne liée à sa structure microscopique**(Energie chimique(liaisons chimiques) ;Energie nucléaire(noyau)...)

Autres formes d'énergies : L'énergie renouvelable

Les énergies renouvelables sont des sources d'énergies dont le renouvellement naturel est assez rapide pour qu'elles puissent être considérées comme inépuisables à l'échelle du temps humain.

Exemples : Energie solaire ;énergie éolienne ;la biomasse...

Remarque :L'énergie totale d'un système notée E est égale à la somme de l'ensemble de ses formes d'énergies .

$$E = E_c + E_p + U_{int}$$

N.B : Toutes les énergies ou variations d'énergie s'expriment dans le système international en Joule (J)

2.2. Transferts d'énergie par chaleur

a)Notion de Chaleur

Le transfert d'énergie par chaleur est un des moyens mis à la disposition d'un système pour gagner ou perdre de l'énergie .

b) Expérience

Chauffons une barre métallique avec une bougie , nous constatons que la masse de la bougie diminue et que la température de la barre augmente.

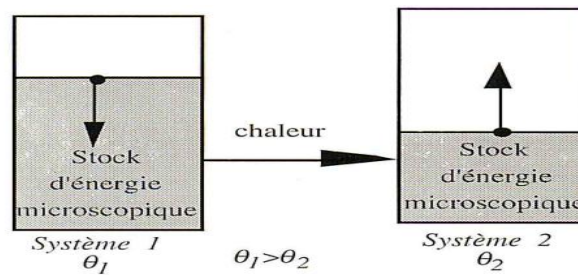
c)Observations-Interprétation

La combustion de la bougie produit des molécules de dioxyde de carbone et de l'eau et des atomes de carbone qui se déplacent à grandes vitesses. Ces molécules heurtent les atomes de la barre métallique qui vont bousculer leurs voisins de proche en proche .L'agitation microscopique de la barre augmente .Ce mécanisme de transfert d'énergie que nous venons de décrire est un transfert par chaleur. Notons que ce transfert se fait en augmentant le désordre microscopique. La quantité d'énergie transférée par chaleur est notée Q .

2.2.1. Définition et modes de transfert

a)Définition

Le transfert d'énergie par chaleur est un transfert d'énergie microscopique entre deux systèmes se trouvant à des températures différentes θ_1 et θ_2 .



b) Modes de transferts par chaleur

Il existe trois(03) modes de transfert par chaleur : **La conduction ; la convection et le rayonnement**

-La conduction : Les particules des corps chauds transmettent leur agitation microscopique, par l'intermédiaire de choc, aux particules des corps plus froids. Ainsi l'agitation se transmet des régions chaudes vers les régions froides.

-la convection : Le transport de l'énergie microscopique peut se faire par un mouvement d'ensemble de molécules appelé mouvement de convection. Par exemple quand on chauffe de l'eau dans une casserole au-dessus d'une flamme. L'eau en contact avec la paroi inférieure de la casserole est plus chaude que l'eau à la surface ... La densité de l'eau chaude étant plus faible que celle de l'eau froide. L'eau chaude va monter du fond de la casserole en se refroidissant ; sa densité augmente et elle va redescendre et ainsi de suite. Ces mouvements de fluide chauds sont appelés **mouvement de convection**.

-Le rayonnement : Ce transfert est lié à la nature électromagnétique (W_{ray}) du rayonnement. La chaleur est transférée par rayonnement. La chaleur du soleil nous parvient au sol par rayonnement

2.2.2. Expressions Des Transferts d'énergie Par Chaleur

2.2.2.1. Capacité thermique massique ou chaleur massique

Soit un corps pur de masse m . On réalise un transfert d'une quantité d'énergie Q par chaleur. Au cours de ce transfert l'énergie microscopique du système augmente : On observe une augmentation de température de celui-ci de θ_1 à θ_2 sans qu'il subisse de changement d'état. On vérifie que la quantité de chaleur Q est proportionnelle à la masse m du corps pur et à la variation de la température (ΔT).

La constante de proportionnalité notée (**C**) dépend de la nature du corps pur et est appelée capacité thermique massique. La capacité thermique massique est donc la quantité d'énergie nécessaire pour élever de 1°C ou (1K), une unité (1kg) de masse d'un corps (liquide ; gazeux ou solide).

Son unité dans S.I est le ($\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$). Le degré Celsius et le kelvin correspondent à des variations de température identique on peut écrire la relation : **$Q = m \cdot C(T_2 - T_1) = m \cdot C(\theta_2 - \theta_1)$**

- Si $\theta_2 > \theta_1$, alors $Q > 0$ et la substance reçoit donc de la chaleur.
- Si $\theta_2 < \theta_1$, alors $Q < 0$ et la substance cède donc de la chaleur.

2.2.2.2 Chaleur reçue et changement d'état

Dans les conditions physiques habituelles la matière peut exister sous trois états : L'état solide ; l'état liquide ; l'état gazeux.

a) Capacité thermique

-Le produit $m \cdot C$ est appelé la **capacité thermique** ou **calorifique** d'un système exprimée en $\text{J} \cdot \text{K}^{-1}$.

$$m \cdot C = \frac{Q}{\theta_i - \theta_f}$$

Exemple : Un calorimètre ayant une capacité calorifique de 80 J.K^{-1} aura une valeur en eau de combien ?

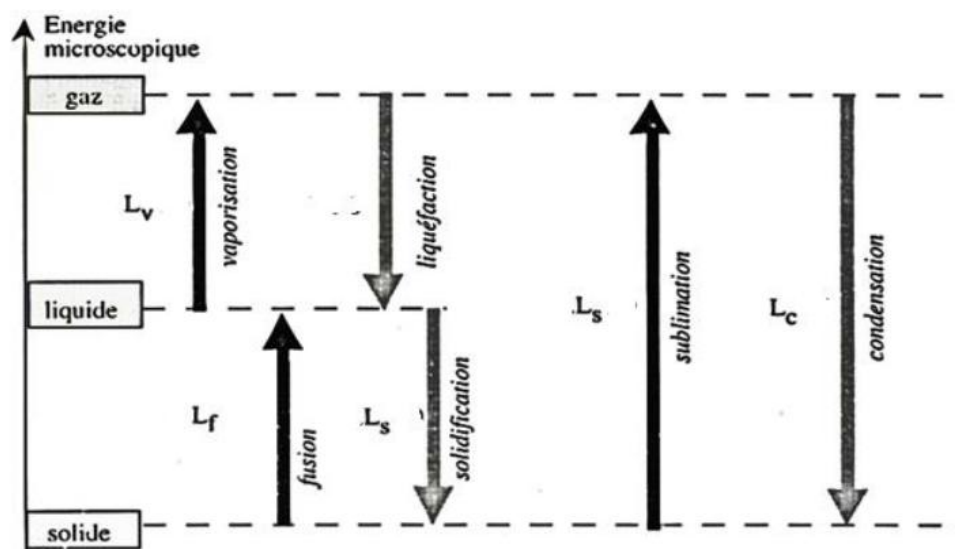
Application : $C_{\text{eau}} = 4,18 \text{ kJ/Kg/K}$ et $m = \frac{80}{4,18} = 19,13 \text{ g}$ donc $m = 19,13 \text{ g}$

b) Chaleur latente

Le transfert d'énergie par chaleur lors d'un changement d'état d'une masse m d'un corps pur, sous une pression et une température données est proportionnelle à la masse. La constante de proportionnalité L est appelée **chaleur latente de changement d'état**. La **chaleur latente** est une quantité de chaleur absorbée ou cédée par unité de masse (1kg) d'un corps pour changer d'état physique à la même température et à la même pression. La quantité de chaleur Q mise en jeu pour changer l'état physique d'un corps pur de masse m est donné par l'expression : $Q = m \cdot L$

Remarque : L dépend de la nature de la substance. A chaque changement d'état correspond une chaleur latente :

- La fusion, la vaporisation et la sublimation nécessite un apport de chaleur au système ($Q > 0$) donc la chaleur L_f ; L_v et L_{sub} sont **positives**.
- La solidification, la liquéfaction et la condensation s'accompagnent d'une libération de chaleur du système au milieu extérieur ($Q < 0$) ; ainsi la chaleur latente L_s ; L_l et L_c sont **négatives**.



NB : Les chaleurs latentes de changement d'état dépendent de la température et de la pression.

- La sublimation et la condensation se faisant à la même température on peut écrire : $L_f = -L_c$
- Il en est de même pour la fusion et la solidification : $L_f = -L_s$
- Et pour la vaporisation et la liquéfaction : $L_v = -L_l$

Exercice d'application

On dispose de 10kg de glace à -5°C que l'on veut transformer en eau à 20°C à la pression atmosphérique. Calculer la quantité de chaleur nécessaire à cette opération.

On donne : $C_{\text{glace}} = 2,1 \text{ kJ/Kg/}^\circ\text{C}$; $C_{\text{eau}} = 4,18 \text{ kJ/Kg/}^\circ\text{C}$; $L_f(\text{glace}) = 335 \text{ kJ/Kg}$

Réponse

- Il y a ici trois transformations successives à considérer :

- élever la température de la glace de -5°C à 0°C : $Q_1 = m C_g(0 - (-5))$
- Fondre la glace à 0°C : $Q_2 = m \cdot L_f$
- élever la température de 10Kg d'eau de 0°C à 20°C : $Q_3 = m \cdot C_e(20 - 0)$
- La quantité de chaleur à fournir est donc : $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 4291 \text{ KJ}$

c) Chaleur et température

La température mesure le degré d'agitation des particules. Elle s'exprime en degré Celsius ($^{\circ}\text{C}$) ; kelvin(K) et se mesure avec le thermomètre. La température absolue $T(\text{K})$ est liée à la température $\theta(^{\circ}\text{C})$ par : $T = \theta + 273,15$

La chaleur, c'est l'énergie thermique transférée d'un corps à un autre corps lorsqu'ils sont à des températures différentes. La chaleur se mesure en joule contrairement à la température. Il n'existe pas de mesure directe de la chaleur. Il faut recourir à la méthode indirecte.

2.3. Méthode des mélanges dans un calorimètre

-D'abord ; introduisons un corps $S_1 (m_1, C_1)$ dans un calorimètre et l'ensemble à la température θ_1 .

-Ensuite ; On introduit dans le même calorimètre un autre corps $S_2 (m_2, C_2)$ à la température θ_2 .

Au bout d'un temps suffisant le calorimètre S_1 et S_2 finissent par se mettre à la même température θ_e (température d'équilibre ou équilibre thermique).

Lorsque l'équilibre thermique est atteint :

-La température du vase passe de θ_1 à θ_e en échangeant la quantité de chaleur $Q_1(\text{Cal})$.

-La température de S_1 passe de θ_1 à θ_e en changeant la quantité de chaleur $Q_2(S_1)$.

-Enfin la température de S_2 passe de θ_2 à θ_e en changeant la quantité de chaleur $Q_3(S_2)$.

Le calorimètre étant adiabatique (il n'y a pas d'échange avec l'extérieur) .Le principe de conservation de l'énergie appliqué au calorimètre et à son contenu donne : $Q_1(\text{cal}) + Q_2(S_1) + Q_3(S_2) = 0$

Si S_1 et S_2 ne change pas d'état, la relation précédent s'écrit: $C_{\text{cal}}(\theta_e - \theta_1) + m_1 C_1(\theta_e - \theta_1) + m_2 C_2(\theta_e - \theta_2) = 0$

Exercice d'application

Un calorimètre de capacité thermique $C_{\text{cal}} = 0,18 \text{ kJ} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$ contient $m_1 = 300 \text{ g}$ d'eau à la température $\theta_1 = 19,8^{\circ}\text{C}$. On plonge dans ce calorimètre un morceau de plomb de masse $m_{\text{pb}} = 265 \text{ g}$ à la température $\theta_2 = 95^{\circ}\text{C}$. La température mesurée à l'équilibre est $\theta_e = 21,5^{\circ}\text{C}$.

Calculer la capacité thermique massique C_{pb} du plomb. On donne : $C_{\text{eau}} = 4,2 \text{ KJ} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$.

Réponse : Calcul de C_{pb} .

La chaleur échangée par le calorimètre de l'eau est : $Q_1 = C_{\text{cal}}(\theta_e - \theta_1) + m_1 C_e(\theta_e - \theta_1)$

Le plomb échange : $Q_2 = m_{\text{pb}} \cdot C_{\text{pb}}(\theta_e - \theta_2)$

A l'équilibre thermique : $Q_1 + Q_2 = 0 \leftrightarrow C_{\text{cal}}(\theta_e - \theta_1) + m_1 C_e(\theta_e - \theta_1) + m_{\text{pb}} \cdot C_{\text{pb}}(\theta_e - \theta_2) = 0$

AN : $C_{\text{pb}} = 0,125 \text{ KJ} / \text{Kg} / ^{\circ}\text{C}$