

P9. Transferts thermiques

Cours

I Energie d'un système

Energie interne d'un système

Au niveau macroscopique, l'**énergie mécanique** E_m d'un système est définie par :

$$E_m = E_c + E_{pp}$$

avec E_c l'énergie cinétique et E_{pp} l'énergie potentielle de pesanteur du système.

L'**énergie totale** du système, notée E , prend en compte aussi l'**énergie interne** du système, notée U :

$$E = E_m + U$$

L'énergie interne rend compte des énergies microscopiques du système :

- l'énergie cinétique microscopique du système, qui correspond à l'agitation thermique
- les énergies potentielles d'interaction entre les éléments du système (ex : interaction forte au sein du noyau, interaction électromagnétique ou gravitationnelle entre les particules...)

Par convention, une énergie reçue est positive et une énergie cédée est négative.

Conservation de l'énergie

On appelle **système fermé** un système qui n'échange pas de matière avec l'extérieur.

On appelle **système isolé** un système qui n'échange ni matière ni énergie avec l'extérieur.

Pour un système isolé, l'énergie totale E se conserve : $\Delta E = 0$.

II Transferts d'énergie

L'énergie totale d'un système peut varier, lorsque le système effectue des échanges d'énergie avec l'extérieur. Ces transferts d'énergie avec l'extérieur peuvent s'exercer au travers :

- du travail des forces extérieures qui s'exercent sur le système
- des **transferts thermiques** (aussi appelés **chaleur**) cédés à l'environnement extérieur ou reçus.

La variation de l'énergie totale d'un système est égale à la somme du travail et du transfert thermique reçu de l'extérieur.

$$\Delta E = W + Q$$

avec W : travail des forces extérieures exercées sur le système en J.
 Q : transfert thermique (chaleur) échangé avec l'extérieur en J.

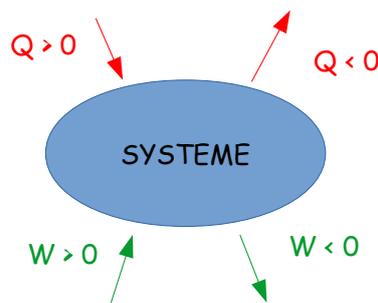
En effet,

- une force exercée sur un système peut :

- mettre en mouvement ou modifier la trajectoire du système (modifier E_m)
- modifier sa structure, le déformer ou entraîner un échauffement voire un changement d'état (modifier U).

- la chaleur reçue par un système peut entraîner un échauffement voire un changement d'état (modifier U).

Transfert thermique : échange de chaleur



Echange de Travail

Si l'énergie mécanique ne varie pas $\Delta E_m = 0$ (c'est le cas notamment pour un système immobile) alors $\Delta E = \Delta U$ donc $\Delta U = Q + W$.

Si en plus, aucun travail n'est exercé sur le système (cas d'un système soumis à des forces dont le point d'application ne se déplace pas) alors $W = 0$ donc $\Delta U = Q$.

Si $\Delta E_m = 0$ et $W = 0$ alors $\Delta U = Q$

III Transfert thermique Q

Les modes de transfert thermiques

La chaleur peut se propager :

- par **conduction**, dans les solides : la chaleur se propage alors sans transport de matière
- par **convection**, dans les fluides : la chaleur se propage par déplacement, par mouvement de la matière
- par **rayonnement** : la chaleur se propage par émission d'un rayonnement électromagnétique.

Tout corps émet un rayonnement thermique appelé **rayonnement du corps noir** (visible si la température dépasse 1000 K).

La chaleur se propage toujours du corps chaud vers le corps froid.

Transfert thermique sans changement d'état

La variation d'énergie interne ΔU d'un corps incompressible de masse m dont la température passe d'une température T_i à une température T_f se calcule par :

$$\Delta U = m c (T_f - T_i) = m c \Delta T$$

T en Kelvin (K), m en kg, c en $J.kg^{-1}.K^{-1}$ et Q en J.

c est la **capacité calorifique massique** du système.

Ex : $c_{eau} = 4180 J.kg^{-1}.K^{-1}$

Pour élever la température d'1 kg d'eau de 1K (1°C), il faut lui apporter une énergie de 4180 J.

On peut aussi définir pour un système sa **capacité calorifique**, notée C , comme $C = m c$ en $J. K^{-1}$.

On a alors $\Delta U = C \Delta T$

Transfert thermique avec changement d'état

La chaleur reçue par une masse m qui subit un changement d'état, à température et pression données, se calcule :

$$Q = m L$$

m en kg, L en $J.kg^{-1}$ et Q en J.

L est la chaleur latente massique de changement d'état ; sa valeur varie selon le changement d'état considéré.

$L_{fusion} \quad L_f = - L_s \quad (L_{solidification})$

$L_{vaporisation} \quad L_{vap} = - L_{liq} \quad (L_{liquéfaction})$

$L_{sublimation} \quad L_{sub} = - L_{cond} \quad (L_{condensation})$

Ex : Pour l'eau, $L_f = 2261 J.kg^{-1} > 0$