

Chapitre 16 : Transferts macroscopiques d'énergie

Connaissances et compétences :

- Savoir que l'énergie interne d'un système macroscopique résulte de contributions microscopiques.
- Connaître et exploiter la relation entre la variation d'énergie interne et la variation de température pour un corps dans un état condensé.
- Interpréter les transferts thermiques dans la matière à l'échelle microscopique.
- Établir un bilan énergétique faisant intervenir transfert thermique et travail.

I. Du microscopique au macroscopique

⇒ Activité documentaire 1 p 350 : « La constante d'Avogadro »

La **constante d'Avogadro** nous donne une idée de la différence d'échelle entre le microscopique et le macroscopique.

Elle correspond au nombre d'entités dans une mole (unité de quantité de matière) et se définit par le nombre d'atomes de carbone présents dans 12 g de carbone 12.

$$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}.$$

II. Energie interne

⇒ Activité : « Energie interne et transferts d'énergie »

1. Notion d'énergie interne

De l'énergie peut être **stockée** dans un système sans que soit modifiée ni la position de son centre d'inertie (altitude) ni sa vitesse : il s'agit de **l'énergie interne**.

L'énergie interne d'un système notée U est la **somme de toutes les énergies microscopiques** liées à sa structure à l'échelle moléculaire, atomique et nucléaire (échelle dite microscopique) :

- **l'énergie cinétique microscopique**, liée à l'agitation thermique des particules, qui augmente avec la température ;
- **les énergies potentielles d'interaction**, qui dépendent des positions relatives des particules et qui diminue lorsque les particules s'éloignent.

2. Variation d'énergie interne d'un système

En l'absence de changement d'état ou de transformation chimique, la variation d'énergie interne ΔU d'un corps condensé (liquide ou solide) est proportionnelle à sa variation de température ΔT :

$$\Delta U = C \cdot \Delta T = C \cdot (T_f - T_i)$$

C : capacité thermique du corps ($\text{J} \cdot \text{K}^{-1}$), caractérise sa capacité à stocker ou céder de l'énergie interne.

ΔT : variation de température du corps en Kelvin (K)

ΔU : variation d'énergie interne en Joules (J)

3. Capacité calorifique massique

La capacité thermique C d'un corps est proportionnelle à sa masse m : $C = c \cdot m$ (c en $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$).

c et C en toute rigueur dépendent de la température. Ils seront considérés comme constants dans l'intervalle de température envisagé.

Ainsi la variation d'énergie interne d'un corps ne subissant pas de changement d'état est :

$$\Delta U = m \cdot c \cdot \Delta T$$

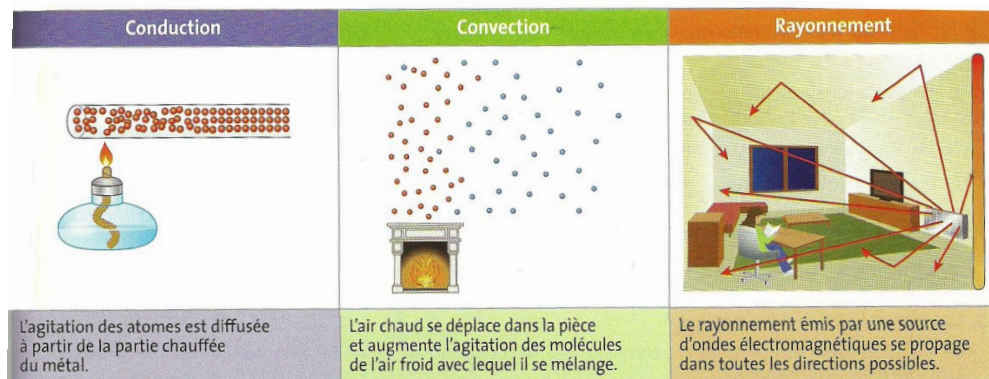
III. Transferts thermiques

⇒ *Activité documentaire : « les transferts thermiques dans un bâtiment »*

1. Les 3 modes de transfert thermique

Un système peut échanger de l'énergie avec le milieu extérieur par transfert thermique de différentes manières :

- **par conduction** : l'énergie cinétique d'agitation thermique des particules se transmet de proche en proche sans déplacement de matière, généralement dans les solides.
Exemple : Une main au contact d'une cuillère chaude subit un transfert thermique.
- **par convection** : l'énergie est transportée par des mouvements de matière, généralement dans un fluide.
Exemple : dans une pièce, l'air chauffé au contact d'un radiateur s'élève, remplacé par de l'air plus froid.
- **par rayonnement** : l'énergie est transportée par un rayonnement électromagnétique.
Exemple : Le soleil cède de la chaleur à la terre par rayonnement.



Descriptions microscopiques des trois modes de transfert thermique.

L'énergie thermique ne se transmet **que dans un sens** : du système de plus haute température, appelé source chaude, au système de plus basse température, appelé source froide : un transfert thermique est **irréversible**.

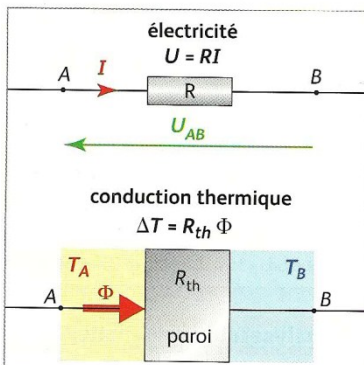
2. Flux et résistance thermique

Le **flux thermique** est l'énergie transférée à travers une paroi par unité de temps :

$$\Phi = \frac{Q}{\Delta t}$$

Q en J, Δt en s, Φ en W.

C'est une **puissance**, exprimée en Watt(W) qui traduit la **vitesse du transfert thermique**.



Analogie entre la loi d'Ohm et le transfert thermique.

La **résistance thermique** traduit la capacité d'un corps à **s'opposer au transfert thermique** (comme en électricité la résistance d'un conducteur électrique traduit la résistance que ce dernier oppose au passage du courant électrique ce qui s'exprime par la loi d'Ohm : $U_{AB} = RI$).

La résistance thermique R_{th} est définie par :

$$\Delta T = R_{th} \cdot \Phi \quad \text{soit} \quad R_{th} = \frac{\Delta T}{\Phi}$$

Φ en watt, Δt en kelvin, R_{th} en kelvin par watt ($K \cdot W^{-1}$)

Plus la résistance thermique est grande, plus le flux thermique est faible.

La **résistance thermique d'une paroi** constituée de plusieurs parois accolées est égale à la **somme des résistances thermiques** de chaque paroi.

IV. Bilan d'énergie

⇒ *Activité documentaire* : « les transferts thermiques dans un bâtiment »

1. Principe de conservation de l'énergie

L'énergie totale d'un système est la somme de son énergie cinétique macroscopique E_c , de son énergie potentielle de pesanteur E_{pp} et de son énergie interne U :

$$E_t = E_c + E_{pp} + U$$

Un système ne peut *ni créer ni détruire* son énergie totale. Si un système est *isolé* (pas de transferts d'énergie avec le milieu extérieur) alors son énergie totale est *constante*.

2. Bilan d'énergie

Le *travail* W (électrique, mécanique..) et le *transfert thermique* Q (chaleur) sont des modes de *transfert de l'énergie*.

La variation de l'énergie totale d'un système au cours d'une évolution est donc égale à la somme des travaux et des transferts thermiques échangés avec le milieu extérieur :

$$\Delta E_t = W + Q$$

Si de plus l'énergie mécanique est constante (*système immobile*) alors :

$$\Delta E_t = \Delta U = W + Q$$

Par convention, le travail W et le transfert thermique Q sont comptés *positivement* s'ils sont reçus *par le système*.

3. Etablir un bilan énergétique

Pour établir un bilan énergétique, il faut :

- définir le *système* étudié ;
- définir la *nature des transferts énergétiques* : thermique ou travail ;
- repérer le *sens* de ces transferts et leur attribuer le *signe* positif si le système reçoit, négatif s'il cède de l'énergie.