

## PARTIE 8 : RESSOURCE ET ENVIRONNEMENT

### Séquence 1 : Transferts d'énergie entre systèmes macroscopiques

#### I. Du microscopique au macroscopique

##### 1. Deux descriptions de la matière

La description de la matière constituée d'un nombre d'entités très important (atomes, ions ou molécules) peut être faite au niveau microscopique (comportement individuel des entités) ou au niveau macroscopique (comportement de l'ensemble des constituants du système).

Ceci est possible grâce à des grandeurs physiques mesurables à l'échelle humaine (P, T, V, ...)

##### Exemples

Dans un gaz, l'agitation des particules qui le composent est décrite par des grandeurs macroscopiques :

- la pression liée aux chocs des particules sur les parois du récipient
- la température liée à la vitesse des particules

Dans un ensemble d'entités de nombreuses grandeurs physiques (la masse, l'énergie, etc...) dépendent du nombre de ces entités, très grand à l'échelle macroscopique.

La **constante d'Avogadro**  $N_A$ , permet de faire le lien entre le microscopique et le macroscopique. La mole est une unité de quantité de matière qui contient autant d'entités qu'il y a d'atomes dans 12 g de carbone 12, soit  $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$  atomes.

##### Application

##### Comment déterminer le nombre d'atomes dans un morceau de fer ?

Le morceau de fer a une masse  $m = 15,0$  g.

La masse molaire du fer est  $M(\text{Fe}) = 55,8 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  (Fig. 1).

La quantité de matière d'atomes de ce morceau de fer vaut :

$$n = \frac{m}{M(\text{Fe})} = \frac{15,0}{55,8} = 0,269 \text{ mol.}$$

Le nombre  $N$  d'atomes de fer qu'il renferme est donc :

$$N = nN_A = 0,269 \times 6,02 \cdot 10^{23} = 1,62 \cdot 10^{23}.$$

► Exercices 3 et 4 p. 395

##### 2. Ordre de grandeur

L'ordre de grandeur d'un nombre est la puissance de 10 la plus proche de ce nombre.

##### Exemples :

- ordre de grandeur d'un bus de 8,3 m de long :  $10^1$  m
- ordre de grandeur de la Terre (12 800 km) :  $10^7$  m

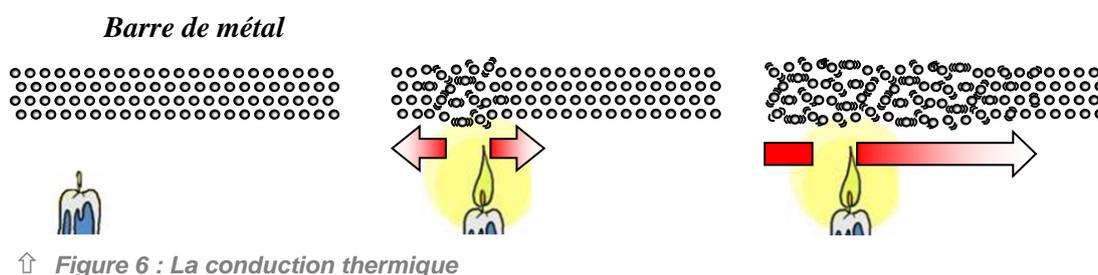
### 3. Dispositifs de visualisation d'atomes et de molécules

Le microscope optique permet de visualiser les cellules vivantes mais ne permet pas de voir à l'échelle de l'atome. Le **microscope à effet tunnel** (1981) et le **microscope à force atomique** (1986) sont deux technologies permettant de représenter des surfaces d'atomes.

## II. Transferts thermiques

### 1. Les trois modes de transfert thermique

- **La conduction**



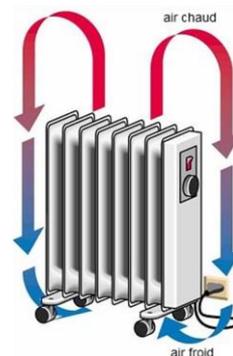
**Transfert thermique par contact sans transport de matière** : l'agitation des particules se fait de proche en proche à partir de la partie chauffée du métal.  
C'est le seul mode de transfert thermique dans les solides.

- **La convection**

La convection est un transfert thermique généré par un **mouvement de matière**. Elle ne se produit que dans **les fluides**.

L'air chaud, moins dense, s'élève à la verticale de la source entraînant un appel d'air donc l'air froid descend : il y a un déplacement (macroscopique) de matière.

↓ *Figure 7 : Mouvement de convection*

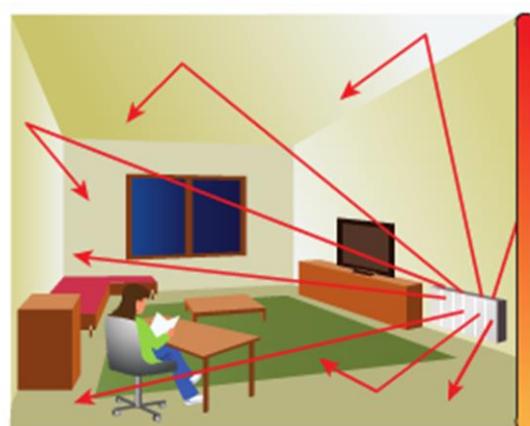


- **Le rayonnement**

Un transfert par rayonnement est généré par l'émission ou l'absorption d'un rayonnement électromagnétique, s'effectue dans le vide et se propage dans toutes les directions.

Exemple :

Le soleil cède de la chaleur à la terre par rayonnement.



## 2. Énergie interne et température

### a) 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 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.

### b) Variation d'énergie interne d'un système

Sans changement d'état ou de transformation chimique, la variation d'énergie interne  $\Delta U$  d'un corps condensé (liquide ou solide) de masse  $m$  est proportionnelle à sa variation de température  $\Delta T$  :

$$\Delta U = m \cdot c \cdot (T_F - T_I) \quad \left| \begin{array}{l} \Delta U \text{ en J} \\ \Delta T \text{ en kelvins (K) ou } ^\circ\text{C} \\ m \text{ en kg} \\ c \text{ en } \text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1} \text{ ou en } \text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot^\circ\text{C}^{-1} \end{array} \right.$$

$\Leftrightarrow$

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

La grandeur  $c$  est appelée « **capacité thermique massique** » du solide ou du liquide. Elle représente l'énergie qu'il faut fournir pour augmenter de 1 K la température de 1 kg de ce solide ou liquide.

Exemples :

Matériau	Eau	Cuivre	Ethanol	Brique	Verre	Aluminium
$c \text{ (J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}\text{)}$	4180	385	2430	840	720	897

## 3. Flux thermique dans la matière

### o Sens du transfert thermique

L'énergie thermique ne se transmet **spontanément que dans un seul sens : de la source la plus chaude vers la plus froide** ; le transfert thermique est **irréversible**. Lorsque les deux systèmes sont à la même température, le transfert thermique cesse, on est alors à **l'équilibre thermique**.

### o Flux et résistances thermiques

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

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

avec  $Q$  en J,  $\Delta t$  en s,  $\Phi$  en W

Le flux thermique à travers une surface est la puissance thermique qui la traverse, il évalue la rapidité du transfert thermique.

**La résistance thermique  $R$**  d'un corps traduit sa capacité à s'opposer au transfert thermique

Pour une paroi plane dont les deux faces sont à la température  $T_1$  et  $T_2$  avec  $T_1 > T_2$ , traversée par un flux thermique  $\Phi$ , la résistance thermique  $R$  est définie par :

$$T_1 - T_2 = R_{th} \times \Phi \quad \left| \begin{array}{l} \Phi \text{ en watts (W)} \\ T \text{ en K ou } ^\circ\text{C} \\ R_{th} \text{ en K}\cdot\text{W}^{-1} \end{array} \right.$$

$$\text{soit } R_{th} = \frac{T_1 - T_2}{\Phi}$$

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

Remarque :

Lorsque plusieurs parois sont accolées, la résistance thermique équivalente est égale à la somme des résistances thermiques.

### III. Bilans énergétiques

#### 1. Principe de conservation de l'énergie

L'énergie totale  $E_T$  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  $U$  :

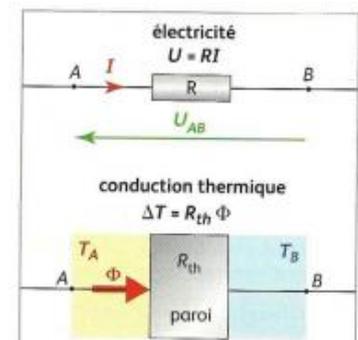
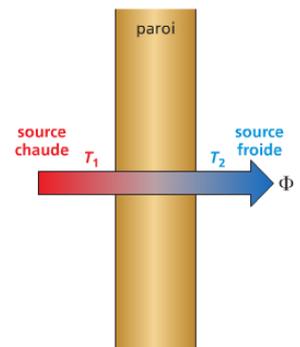
$$E_T = E_c + E_{pp} + U$$

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 :



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

$$\Delta E_T = W + Q$$

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 **positifs** s'ils sont reçus par le système et **négatifs** s'ils sont cédés par le système.

### 3. Établir 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.