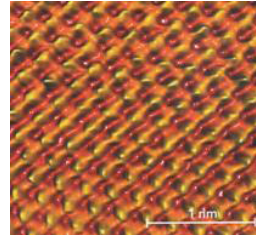


# CHAPITRE 12 : TRANSFERTS THERMIQUES D'ÉNERGIE

## I. Du macroscopique au microscopique

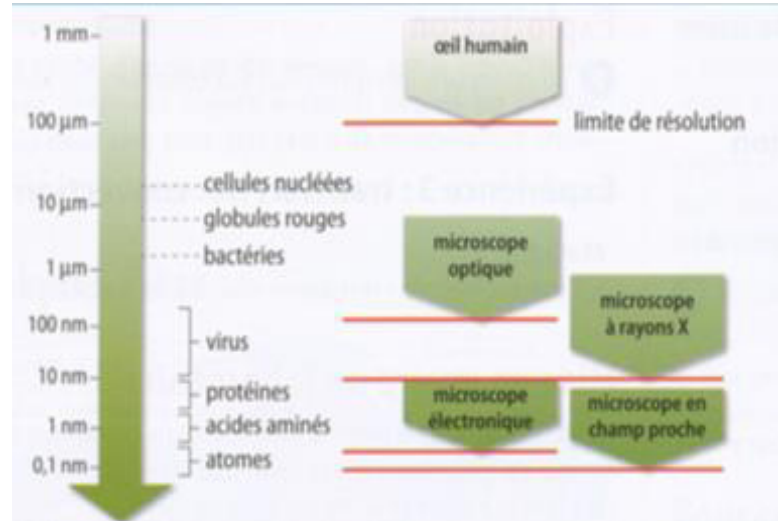
### 1. Observations à l'échelle microscopique

A l'heure actuelle, les microscopes qui permettent d'explorer la matière à l'échelle de « l'infiniment petit » sont les microscopes dits « *en champ proche* », comme le *microscope à effet tunnel* (1981). Grâce à un ordinateur qui traite ces données, on peut alors dessiner le relief de l'échantillon (voir ci-contre).



### 2. Changement d'échelle

La matière est constituée d'un nombre trop grand d'entités (atomes, molécules, ions) pour que l'on puisse appliquer les lois physiques à l'échelle microscopique. On est donc **obligé de décrire le comportement collectif d'un grand nombre** d'espèces chimiques à l'aide de grandeurs physiques macroscopiques, mesurables à l'échelle humaine telles que la pression  $P$ , le volume  $V$  ou la température  $T$ .



La constante d'Avogadro, notée  $N_A$ , permet de faire le lien entre le réel à l'échelle microscopique et le réel tel qu'on l'appréhende, à l'échelle macroscopique.

Ainsi, on a défini (en 2nde) la **mole comme l'une unité de quantité de matière** qui contient autant d'entités qu'il y a d'atomes dans 12 g de carbone 12, soit :

$$N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

Un **système macroscopique** est une portion d'espace limitée par une surface, contenant un grand nombre d'entités assimilées à des points matériels.

## II. Énergie totale d'un système

L'énergie totale  $E_{TOT}$  d'un système physique se décompose en :

□ **Énergies microscopiques ( $U$ )** : Les énergies cinétiques des particules composant le système, qui sont en mouvement du fait de leur agitation thermique liée à la température ; Les énergies potentielles d'interaction entre atomes, ions, molécules ...

□ **Énergies macroscopiques ( $E_m$ )** : L'énergie cinétique du système s'il est en mouvement ; Les énergies potentielles (de pesanteur, électrique, élastique).

### 1. Énergie interne $U$

**Définition** : l'énergie interne  $U$  d'un système notée est la grandeur macroscopique définie comme la somme des énergies cinétiques et potentielles microscopiques des entités constituant le système.

Ainsi, l'énergie totale d'un système physique est égale à :

$$E_{TOT} = E_m + U$$

$E_m$  : énergie mécanique, en  $J$  ;  $U$  : énergie interne, en  $J$

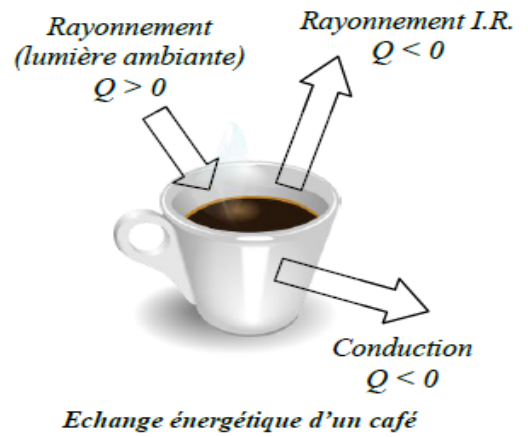
### 2. Variation de l'énergie interne $U$

On ne mesure que la **variation  $\Delta U$  de l'énergie interne**, entre un état initial et un état final. Cette variation est la conséquence d'échanges d'énergies du système avec l'extérieur, sous forme de travail  $W$  ou par transfert thermique  $Q$ .

S'il y a conservation de l'énergie du système :  $\Delta U = W + Q$   
 (On appelle cette égalité le 1er principe de la thermodynamique)

Dans le cas où le système étudié n'interagit pas avec son environnement (système isolé), son énergie interne reste constante :  $\Delta U = 0$

Par convention, W et Q sont >0 s'ils sont reçus par le système et <0 s'ils sont cédés par le système.



### III. Transferts thermiques

L'existence d'une différence de température entre deux systèmes ou au sein d'un système engendre un **transfert spontané d'énergie, sous forme thermique**. Et les transferts thermiques induisent de l'**irréversibilité** : le système évolue vers un état final sans pouvoir revenir à son état initial.

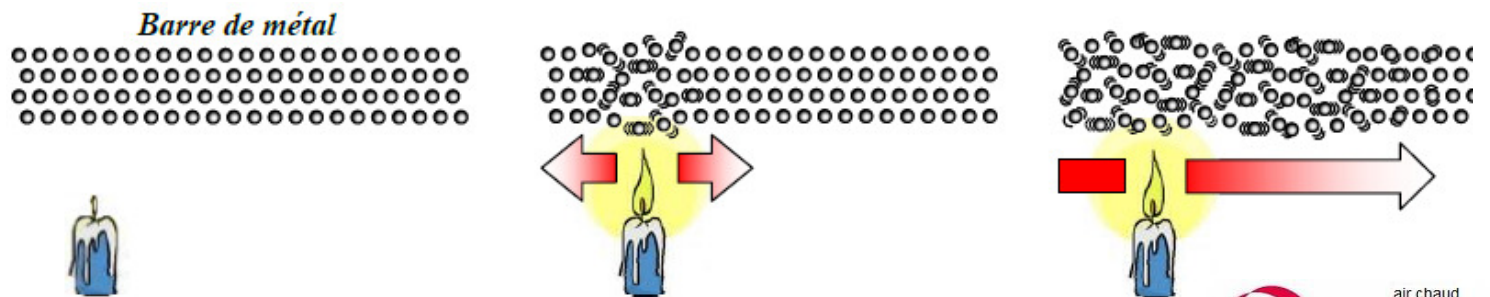


#### 1. Modes de transferts thermiques

Il existe 3 modes d'échange d'énergie, avec l'extérieur par transfert thermique :

##### a. 1<sup>er</sup> mode : par conduction

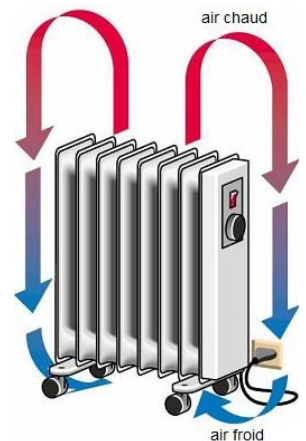
Le transfert thermique se fait de proche en proche, sans déplacement de matière. Au niveau microscopique, il y a transmission d'énergie lors du contact direct entre atomes ou molécules.



##### b. 2<sup>ème</sup> mode : La convection

La convection est un transfert porté par un mouvement de matière. Elle ne se produit que dans les fluides (gaz, liquides).

Le fluide chauffé, et donc dilaté, s'élève à la verticale de la source entraînant un appel de fluide à la base de la source chaude. Le fluide est ainsi brassé. Contrairement à la conduction, il y a un déplacement (macroscopique) de matière.



##### c. 3<sup>ème</sup> mode : Par rayonnement

Un transfert par rayonnement est généré par l'émission ou l'absorption d'un rayonnement électromagnétique.

Ce mode de transfert est le seul à pouvoir s'effectuer dans le vide.

#### 2. Energie interne et température

On considère un système solide ou liquide qui n'échange de l'énergie que par transfert thermique sans changer d'état physique.

Lorsqu'un corps de masse m, liquide ou solide, passe d'une température initiale  $T_i$  à une température finale  $T_f$ , sa variation d'énergie interne  $\Delta U$  a pour expression :

$$\Delta U = m \cdot c \cdot (T_F - T_I)$$

$$\Leftrightarrow \boxed{\Delta U = m \cdot c \cdot \Delta T}$$

$\Delta U$  en  $J$   
 $\Delta T$  en kelvins ( $K$ ) ou  $^{\circ}C$   
 $m$  en  $kg$   
 $c$  en  $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$  ou en  $J \cdot kg^{-1} \cdot ^{\circ}C^{-1}$

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 d'un kilogramme de ce solide ou liquide.

*Exemples de valeurs :*

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

### 3. Flux thermique- Résistance thermique

Définition du flux thermique : **Le flux thermique  $\Phi$**  à travers une surface est la **puissance thermique qui la traverse**. Ce flux évalue la vitesse du transfert thermique  $Q$  pendant une durée  $\Delta t$ . **Il va spontanément de la source chaude vers la source froide :**

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

$\Phi$  en watt ( $W$ )  
 $\Delta t$  en seconde ( $s$ )  
 $Q$  en joule ( $J$ )

Définition de la résistance thermique : **La résistance thermique  $R_{th}$**  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 :

$$\boxed{\Phi = \frac{1}{R_{th}} \Delta t}$$

$\Phi$  en  $W$   
 $T$  en  $K$  ou  $^{\circ}C$   
 $R_{th}$  en  $K \cdot W^{-1}$

Rq : Pour une paroi plane, la résistance thermique dépend de : son épaisseur  $e$ , sa surface  $S$ , sa conductivité thermique  $\lambda$  (qui est associée à la nature du matériau).

### IV. Bilans énergétiques

Pour établir un bilan énergétique, on doit :

- Définir le système macroscopique étudié.
- Déterminer la nature des transferts énergétiques (Travail  $W$  ou chaleur  $Q$ ) entre le système et l'extérieur.
- Déterminer le sens de ces transferts : l'énergie reçue par le système est comptée positivement, et celle cédée, négativement.
- Représenter ces transferts par une chaîne énergétique et conclure sur l'efficacité de la transformation en déterminant généralement un rendement (en %) noté  $\eta$  (êta)

$$\boxed{\eta = \frac{\text{énergie utile}}{\text{énergie reçue}}}$$

*Exemple :*

L'eau circulant dans le circuit primaire d'un chauffe-eau solaire utilise la puissance solaire reçue, valant, pour chauffer 200 L d'eau.

