

## LES TRANSFERTS THERMIQUES

### Energie interne

*L'énergie interne  $U$  d'un système macroscopique résulte de contributions microscopiques.*

Les particules qui constituent le système sont en mouvement perpétuel : c'est l'agitation thermique. En s'agitant, elles possèdent une **énergie cinétique microscopique**. Plus elles sont agitées et plus l'énergie cinétique sera élevée et plus grande sera la température.

Chaque particule possède une **énergie potentielle microscopique** due aux interactions entre elles (gravitationnelle, électromagnétique, forte, faible etc..).

Un système possède donc une énergie interne  $U$  telle que :  $U = E_{c \text{ microscopique}} + E_{p \text{ microscopique}}$

### Energie totale

*L'énergie totale d'un système est la somme des énergies que possède un système : macroscopique + microscopique*

Le système possède une énergie totale  $E_{\text{tot}}$  telle que

$$E_{\text{tot}} = E_{m \text{ macroscopique}} + U = E_{c \text{ macroscopique}} + E_{p \text{ macroscopique}} + U$$

### Variation d'énergie d'un système :

*Un système échange de l'énergie avec le milieu extérieur. Son énergie qu'il possède au départ va donc être modifiée. Il va y avoir une variation d'énergie.*

Lorsque l'énergie mécanique macroscopique reste constante, il n'y aura que son énergie interne qui sera modifiée.

La variation d'énergie interne  $\Delta U$  est la conséquence d'échanges d'énergie avec le milieu extérieur (par le travail  $W$  et le transfert thermique  $Q$ ) telle que :  $\Delta U = W + Q$

- Si le système reçoit le travail et le transfert thermique alors  $W > 0$  et  $Q > 0$ .
- Si le système cède le travail et le transfert thermique alors  $W < 0$  et  $Q < 0$ .

### Exemple :

Un radiateur électrique reçoit un travail électrique  $W_e > 0$  et perd de la chaleur  $Q < 0$ .

**La capacité thermique :**

Lorsqu'un corps (solide ou liquide) est chauffé ou refroidit en passant d'une température initiale  $T_i$  à une température finale  $T_f$  sa variation d'énergie interne  $\Delta U$  est :

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

Avec  $c$  la capacité thermique massique ( $J.kg^{-1}.K^{-1}$ ) ou ( $J.kg^{-1}.^{\circ}C^{-1}$ ) et  $C = m \times c$  la capacité thermique ( $J.^{\circ}C^{-1}$  ou  $J.K^{-1}$ ).

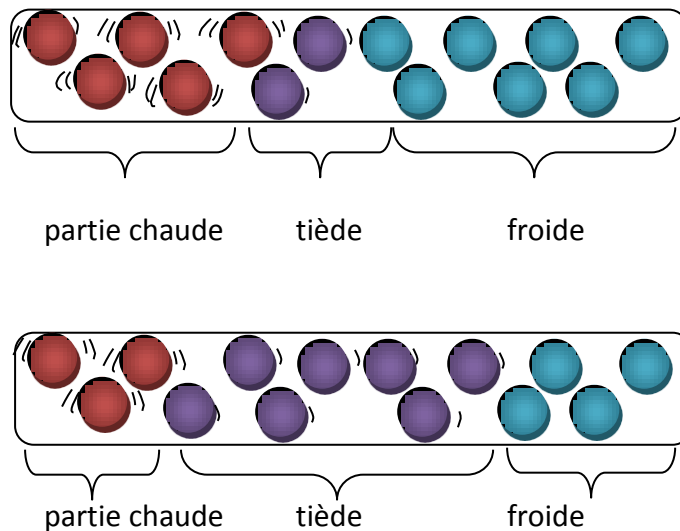
La capacité thermique est l'énergie que doit recevoir le corps pour élever sa température de 1 degré ( $^{\circ}C$  ou  $K$ ).

- Si le corps chauffe :  $\Delta U > 0$ , il reçoit de la chaleur.
- Si le corps refroidit :  $\Delta U < 0$ , il cède de la chaleur.

**Les modes de transferts thermiques :**

Le système peut échanger de l'énergie sous forme de chaleur (transfert thermique) de trois manières possibles : par conduction, par convection et par rayonnement.

**La conduction :** le corps est à l'état solide. Les particules en mouvement (partie chaude) viennent percuter les particules (partie froide) de proche en proche. Il n'y a pas de déplacement de matière macroscopique de la matière.



**Exemple :** on tient une tige d'acier placée au feu. Après quelques secondes ou minutes, notre main va ressentir de la chaleur provenant de la tige d'acier.

**Le transfert thermique se fait toujours de la zone chaude vers la zone froide, même pour les autres types de transferts thermiques.**

**La convection :** le corps est un fluide (liquide ou gazeux). La zone chaude (la moins dense) s'élève et laisse la place à la zone froide. Il y a alors déplacement macroscopique de la matière.

**Exemple :** on chauffe de l'eau dans une casserole :



*Casserole contenant de l'eau que l'on chauffe à l'aide d'un brûleur*

**Le rayonnement :** le corps, pris à une température, émet un rayonnement (électromagnétique) ou peut en absorber. Ce rayonnement est dit « rayonnement thermique ». Le corps va donc soit s'échauffer soit se refroidir (même dans le vide).


**Exemple :** le soleil émet un rayonnement sur Terre. Le corps placé face au Soleil va s'échauffer puisqu'il va absorber ce rayonnement.

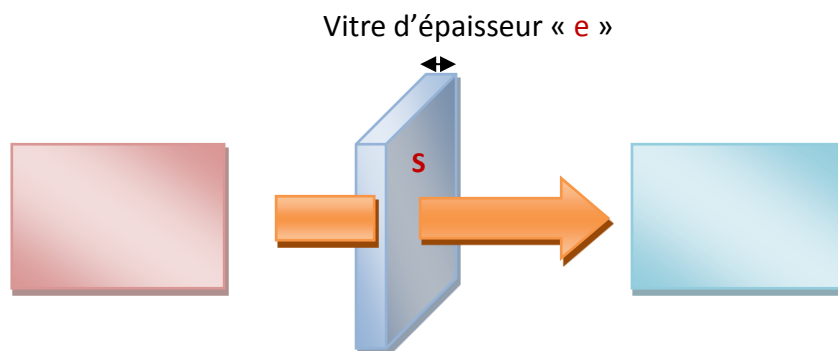
### Le flux thermique :

*Le flux thermique est l'énergie transférée à travers une paroi par unité de temps. Il est noté  $\varphi$  tel que :*

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

$\varphi$  est en W (watt) , Q est en J et  $\Delta t$  en s.

Ce transfert se fait de la source chaude vers la source froide. 



### La résistance thermique :

Pour montrer qu'un matériau est plus isolant qu'un autre, on compare sa résistance thermique. Elle est notée  $R_{th}$  et peut être calculée de deux manières différentes:

$$R_{th} = \frac{\Delta T^\circ}{\varphi} = \frac{|T_{ext} - T_{int}|}{\varphi} \quad \text{ou} \quad R_{th} = \frac{e}{\lambda \times S}$$

$R_{th}$  s'exprime en  $K.W^{-1}$  ou  $^\circ C.W^{-1}$

$e$  : épaisseur du matériau en m,  $S$  la surface du matériau en  $m^2$ ,  $\lambda$  conductivité thermique du matériau  $W.m^{-1}.K^{-1}$  ).

Si plusieurs matériaux sont accolés les uns aux autres alors  $R_{th} = \sum R_{th}$  de chaque matériau.

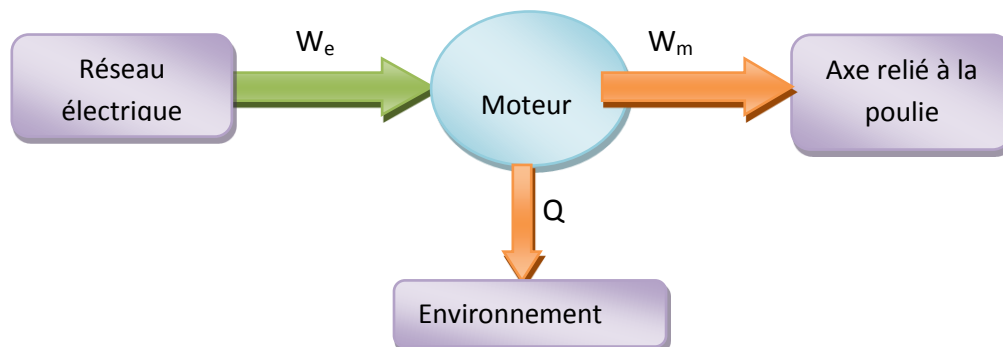
**Une paroi de grande résistance thermique est un bon isolant.**

### Le bilan énergétique :

Pour étudier un bilan énergétique, il faut définir le système et relever la nature des échanges d'énergie (travail et/ou transferts thermiques).

Exemple :

Système : un moteur qui va permettre de faire tourner un axe relié à une poulie.



Le moteur reçoit un travail électrique pour le faire fonctionner :  $W_e$

Le moteur fournit un travail mécanique pour faire tourner l'axe relié à la poulie :  $W_m$

Le moteur cède de l'énergie thermique à l'environnement :  $Q$ .

D'où une variation d'énergie interne :  $\Delta U = \sum W + \sum Q = W_e + W_m + Q$

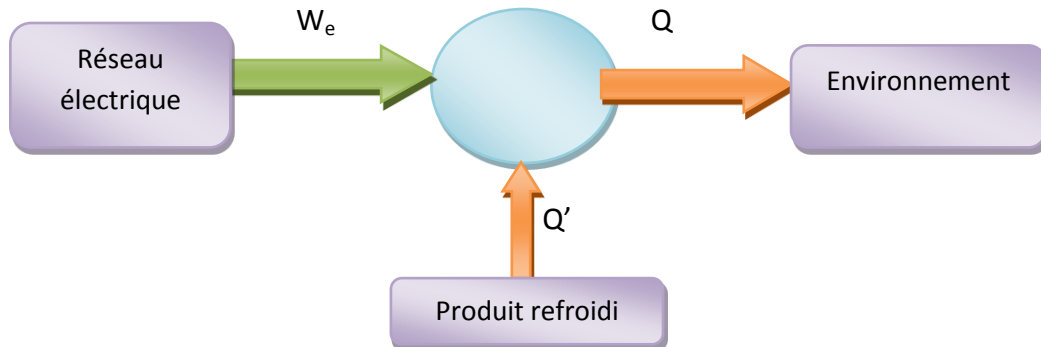
Avec  $W_e > 0$  : travail reçu par le moteur ;

$W_m < 0$  : travail cédé par le moteur ;

$Q < 0$  transfert thermique cédé par le moteur.

**Exemple :**

**Système :** un réfrigérateur qui va refroidir un aliment.



Le réfrigérateur reçoit un travail électrique pour le faire fonctionner :  $W_e$

Le réfrigérateur cède de l'énergie thermique à l'environnement (perte thermique) :  $Q$

Le réfrigérateur reçoit de l'énergie thermique de la part de l'aliment à refroidir:  $Q'$  (transfert de la source chaude à la source froide).

D'où une variation d'énergie interne :  $\Delta U = \sum W + \sum Q = W_e + Q + Q'$

Avec  $W_e > 0$  : travail reçu par le réfrigérateur ;

$Q < 0$  : énergie thermique cédée par le réfrigérateur ;

$Q' > 0$  énergie thermique reçue par le réfrigérateur.