

Transferts thermiques d'énergie

1. Du microscopique au macroscopique

La matière est constituée d'un nombre très important d'atomes, ions, molécules et son étude à l'échelle microscopique nécessiterait l'étude d'un nombre de grandeurs physiques trop important. Par contre, le comportement collectif de ses constituants est mesurable à l'échelle macroscopique à l'aide d'un petit nombre de grandeurs physiques telles que la température, le volume ou la pression.

Par exemple, dans un gaz, l'agitation des molécules qui le composent est décrite par des grandeurs macroscopiques de température et de pression : les chocs de ces molécules sur les parois du récipient sont interprétés en termes de pression, et la vitesse des particules est liée à la température du gaz. Cependant, à l'échelle microscopique, température et pression n'ont pas de sens.

Dans un échantillon considéré de nombreuses grandeurs comme la masse, l'énergie, le volume dépendent du nombre d'entités présentes. Ces entités sont regroupées en « paquets » ou moles. Le nombre d'entités par mole est une constante appelée constante d'Avogadro, notée N_A : $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

Exemple

Déterminer le nombre de molécules d'eau N présentes dans un litre d'eau. On donne $\rho_{\text{eau}} = 1,0 \text{ kg.L}^{-1}$.

2. Energie interne d'un système

1. Système d'étude

Dans ce chapitre, on étudie un système macroscopique constitué par la matière contenue à l'intérieur d'une surface donnée. Il est constitué d'un grand nombre d'atomes ou molécules. Par exemple, l'air enfermé dans un ballon est un système fermé.

Tout ce qui n'appartient pas au système est dit « milieu extérieur ».

Un système qui n'échange pas de matière avec l'extérieur est dit fermé.

2. Energie interne

Voir activité « l'énergie interne ».

L'énergie interne U d'un système macroscopique est la somme de toutes les énergies microscopiques (cinétiques et potentielles) liées à ses constituants à l'échelle microscopique.

3. Variation d'énergie interne

Lorsqu'un système en phase condensée (liquide ou solide) de masse m , constitué d'un corps de capacité thermique massique c , évolue d'un état initial à un état final, la variation de son énergie interne ΔU est proportionnelle à la variation de température ΔT :

$$\Delta U = m \cdot c \cdot \Delta T \text{ ou bien } U_f - U_i = m \cdot c \cdot (T_f - T_i)$$

ΔU s'exprime en joules J.

m s'exprime en kg.

c s'exprime en $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$.

ΔT en K ou en $^{\circ}C$.

La capacité thermique massique c correspond à l'énergie nécessaire à fournir à un système de 1kg pour augmenter sa température de 1° .

Voici les capacités thermiques massiques de quelques corps :

Corps	Eau liquide	Mercure	Béton	Verre	Alu	cuivre	Plomb	Bois	fer
c ($J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$)	4180	140	800	460	910	388	129	2500	750

3. Les différents modes de transferts thermiques

Une différence de température entre deux systèmes induit un transfert spontané d'énergie du corps le plus chaud vers le plus froid. On parle de transfert thermique, on le note Q .

Lorsque les deux systèmes finissent par atteindre la même température, on est à l'équilibre thermique.

On peut interpréter les transferts thermiques à l'échelle microscopique suivant trois principaux modes : la conduction, la convection et le rayonnement.



Extrait du manuel Hatier TS physique chimie

1. La conduction

On parle de conduction thermique lorsque le transfert thermique se fait de proche en proche, sans déplacement macroscopique de matière. C'est le seul mode de transfert thermique dans les solides.

2. La convection

On parle de convection thermique lorsque le transfert thermique du fluide (gaz ou liquide) est généré par des mouvements macroscopiques de matière à l'échelle du système.

3. Le rayonnement

Le transfert thermique par rayonnement est créé par l'absorption ou l'émission de rayonnement électromagnétique.

4. Flux thermique

1. Le flux thermique

Le flux thermique permet de connaître la rapidité avec laquelle l'énergie est échangée :

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

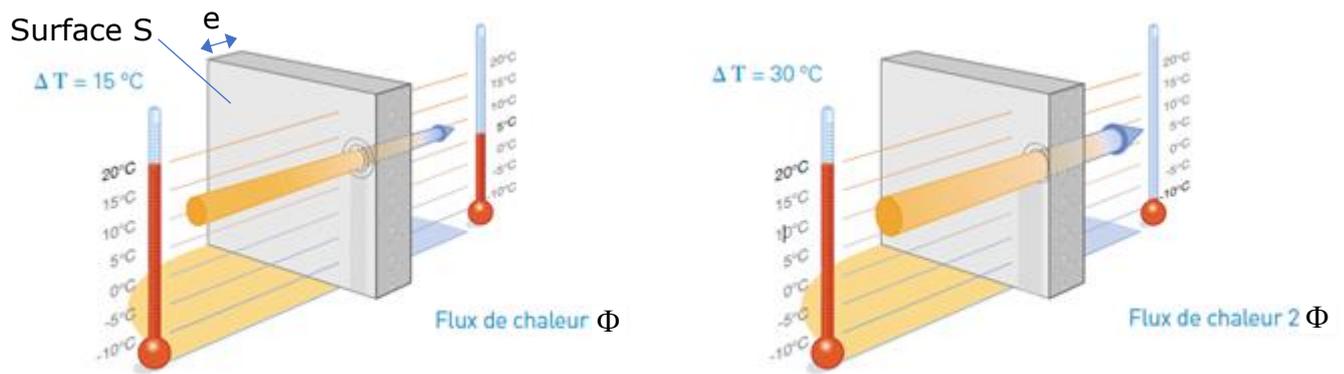
Q désigne l'énergie échangée sous forme de chaleur (J)

Φ désigne le flux thermique en Watt (W)

Δt désigne la durée de transfert thermique (s).

2. Cas d'une paroi plane

- Pour une même paroi, de nature et d'épaisseur identiques, et pour un écart de température deux fois plus grand, la fuite de chaleur se traduit par un effet double.



Si, pour un écart de température de 15 °C, le flux de chaleur est égal à Φ , pour un écart de température de 30 °C (double), le flux de chaleur ou transfert thermique sera alors égal à 2Φ .

- D'autre part, le transfert thermique est d'autant plus important que la surface S est grande, que l'épaisseur e est petite et que le matériau est bon conducteur thermique.
- La capacité d'un matériau à transférer l'énergie thermique est donnée par sa conductivité thermique λ . Un bon conducteur thermique a un λ élevé. Quelques valeurs de conductivités :

Conducteurs	λ W/(m.K)	
Cuivre	380,000	
Acier	52,000	
Granit	3,500	
Béton courant	1,750	
Plâtre enduit	0,460	
Pierre, marbre	0,290	
Bois dur	0,230	
Bois tendre	0,220	
Béton cellulaire	0,120	
Liège comprimé	0,100	
Verre	1,000	
Isolants		
Laines minérales	0,030 à 0,040	
Air sec immobile	0,025	

A travers une paroi plane de surface S , d'épaisseur e , constituée d'un matériau de conductivité thermique λ , le flux thermique Φ s'écrit est proportionnel à l'écart de température entre les deux faces :

$$\Phi = \frac{\lambda \cdot S}{e} \cdot \Delta T$$

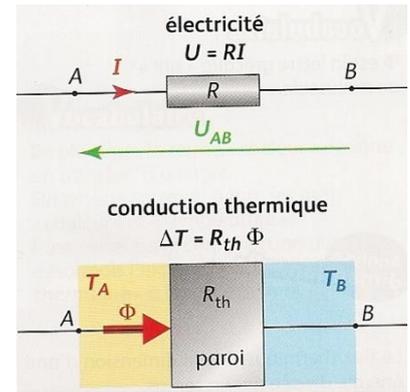
3. Résistance thermique

On peut faire l'analogie entre l'étude ci-dessus et le cas d'un conducteur ohmique de résistance R et soumis à la tension électrique $U_{AB}=V_A-V_B$

La loi d'ohm à ses bornes s'écrit : $V_A-V_B=R.I$

L'expression du paragraphe 2 peut s'écrire : $\Delta T = \frac{e}{\lambda.S} \Phi$.

La variation de température ΔT joue le rôle de $U_{AB}=V_A-V_B$, Φ joue le rôle de I .



On peut alors définir le rapport $\frac{e}{\lambda.S}$ comme une résistance thermique, notée R_{th} :

$$R_{th} = \frac{e}{\lambda.S}$$

On peut alors réécrire la relation du paragraphe précédent :

$$\Delta T = R_{th} \cdot \Phi$$

5. Bilan d'énergie

L'énergie totale d'un système est la somme de son énergie interne et de son énergie mécanique :

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

La variation d'énergie totale du système entre deux états d'équilibre est la somme des variations de l'énergie interne et de l'énergie mécanique.

Si l'énergie mécanique du système est constante, alors la variation d'énergie totale est seulement due à la variation d'énergie interne.

L'énergie interne d'un système peut varier par transfert thermique Q ou par un travail échangé W avec le milieu extérieur :

$$\Delta U = W + Q$$

Le travail W et le transfert thermique Q sont des grandeurs algébriques, ils sont comptés positivement s'ils sont reçus par le système et négativement s'ils sont cédés par le système :

