

Term S - Chap 14 - Transferts thermiques

I) Du microscopique au macroscopique

1) Comment passer du microscopique au macroscopique ?

La matière est constituée d'entités (atomes, ions ou molécules) dont le comportement individuel est inaccessible. En revanche, leur comportement collectif peut être décrit grâce à des grandeurs physiques macroscopiques mesurables à l'échelle humaine : la pression, la température...

Dans un ensemble d'entités, de nombreuses grandeurs physiques (la masse, l'énergie...) dépendent du nombre de particules présentes. Celui-ci étant très grand, on travaille souvent à l'aide de la quantité de matière n (nombre de mole). Par définition, une mole comporte $6,02 \cdot 10^{23}$ espèces identiques ; ce nombre s'appelle le nombre d'Avogadro, il est noté N_A .

Remarque : Lorsqu'il n'est pas nécessaire de travailler avec des valeurs précises, on peut se contenter des ordres de grandeur. Ainsi, pour le nombre d'Avogadro, l'ordre de grandeur est 10^{24}

2) Système macroscopique:

Un système macroscopique est une portion d'espace limitée par une surface contenant la matière étudiée. Tout ce qui n'appartient pas au système macroscopique est dit extérieur au système.

II) Energie interne d'un système

1) Notion d'énergie interne

Lorsque la température d'un système macroscopique augmente, l'agitation des entités microscopiques augmente également. L'augmentation de l'agitation microscopique se traduit au niveau macroscopique par une variation de l'énergie interne U . Cette énergie interne correspond à la somme des énergies microscopiques (cinétique et potentielle) des particules.

2) Variation d'énergie interne

Les changements microscopiques d'un système entre un état initial et un état final, peuvent être décrits par la variation de son énergie interne : $\Delta U = U_f - U_i$

Pour un système solide ou liquide, de masse m , qui n'échange que de l'énergie thermique avec l'extérieur, sans changer d'état, et dont la variation de température est ΔT , alors, la variation d'énergie interne est : $\Delta U = m \times c \times \Delta T$

où c est la capacité thermique massique du solide ou du liquide en $J \cdot kg^{-1} \cdot ^\circ K^{-1}$ ($J \cdot kg^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}$)

La capacité thermique massique est l'énergie qu'il faut fournir pour augmenter de 1K (ou $1^\circ C$) la température d'un corps de masse 1kg.

Application: une cuillère sortant du congélateur est plongée dans un bol de soupe de 250 mL (considéré comme de l'eau) initialement à $50^\circ C$ et finalement à $42^\circ C$.

Déterminer la variation d'énergie interne de la soupe.

$$C = 4, \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ \text{K}^{-1}$$

$$\Delta U = 0,25 \times 4200 \times (42 - 50) = - 8400 \text{ J}$$

Le signe - traduit que la soupe a perdu de l'énergie

Matériau	Capacité thermique massique ($J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$)
eau	4 180
cuivre	385
bois	$1,2 \cdot 10^3$ à $2,7 \cdot 10^3$ selon le bois
brique	840
verre	720
aluminium	897

III) Transferts thermiques :

Lorsqu'il existe une différence de température entre deux systèmes (ou entre deux parties d'un même système), on assiste à un transfert thermique Q du système chaud vers le système froid. Lorsque la température est la même entre les deux systèmes, l'équilibre thermique est atteint.

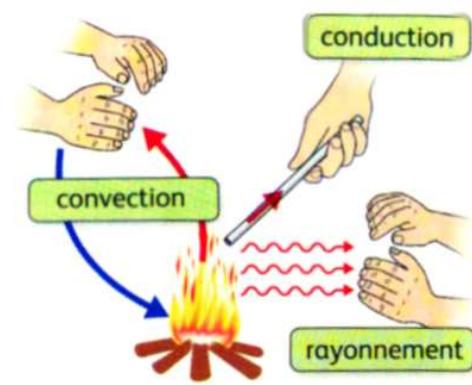
Ce phénomène est la plupart du temps irréversible (impossible de revenir en arrière).

Les trois modes principaux de transfert thermique sont la conduction, la convection et le rayonnement.

1) Par conduction:

Il s'agit d'un transfert thermique par contact, sans transport de matière. D'un point de vue microscopique, les constituants du matériau conducteur communiquent à leurs voisins leur agitation thermique tout en restant globalement à la même place.

Exemple : Une barre métallique dont l'une des extrémités est placée au-dessus d'une flamme ne peut pas être tenue longtemps par l'autre bout à main nue : la conduction thermique entraîne une élévation de la température de toute la barre .



2) Par convection :

Ce mode de transfert thermique est spécifique aux fluides (gaz et liquides). Il correspond à un déplacement des particules qui constituent le fluide.

Exemple : Dans une pièce possédant un chauffage au sol, l'air chaud a tendance à monter réchauffant ainsi l'ensemble de la pièce ; il s'agit d'un transfert thermique par convection.

3) Par rayonnement :

Il y a transfert thermique par rayonnement lorsqu'il y a absorption ou émission d'une onde électromagnétique. Exemple : Le soleil génère des transferts par rayonnement.

IV) Flux thermique :

1) Définition :

Le flux thermique Φ caractérise la vitesse du transfert thermique Q , pendant une durée Δt , au sein d'un même système ou entre deux systèmes différents :

$$\Phi = Q / \Delta t \quad Q \text{ en joules, } \Delta t \text{ en seconde et } \Phi \text{ en watts}$$

2) Cas d'une paroi plane

Lorsque l'on coupe le chauffage d'une habitation en hiver, sa température va décroître d'autant plus vite que l'amplitude thermique est importante entre l'extérieur et l'intérieur et que les murs sont mal isolés.

Le flux thermique Φ qui traduit la vitesse du transfert thermique à travers une paroi, dépend donc du matériau utilisé et de la différence de température ΔT entre les deux faces de la paroi:

$$\Phi = \Delta T / R \quad \text{avec } \Phi \text{ en watts, } \Delta T \text{ en K ou } ^\circ\text{C} \text{ et } R \text{ la résistance thermique en } \text{K.W}^{-1}$$

Remarque : La résistance thermique d'une paroi dépend principalement de son épaisseur et des matériaux qui le constituent. Plus R est grande, meilleure est l'isolation.

V) Bilan d'énergie

L'énergie totale E d'un système fermé (qui n'échange pas de matière avec l'extérieur) est la somme de son énergie interne U (d'origine microscopique) et de son énergie mécanique E_m d'origine macroscopique : $E = U + E_m$

Faire un bilan d'énergie, revient à exprimer la variation d'énergie $\Delta E = \Delta U + \Delta E_m$ de l'énergie totale du système lors de son évolution. ΔE met en jeu les échanges d'énergie avec l'extérieur ; les transferts thermiques sont notés Q et ceux dus aux travaux W .

Par convention, les transferts d'énergie sont comptés positivement s'ils sont reçus par le système et négativement s'ils sont cédés au milieu extérieur.