

Transferts thermiques

Définition.

Un transfert thermique consiste en un transfert d'énergie sous forme thermique.

Ce mode de transfert est appelé chaleur, noté Q , et mesurée en joules. Il se fait naturellement d'une source chaude (corps à une température « élevée ») vers une source froide (corps à une température « basse »).

Modes de transfert thermique.

1. Convection.

Le transfert thermique par convection se fait par un mouvement circulaire de matière, en raison de la présence d'une source chaude et d'une source froide.

Rq : La convection est le principal mode de transfert thermique dans les fluides (gaz et liquides).

2. Conduction.

Le transfert thermique par conduction se fait de proche en proche, par la vibration d'un support matériel autour d'une position d'équilibre, d'une source chaude vers une source froide.

Rq : La conduction est le principal mode de transfert thermique dans les solides.

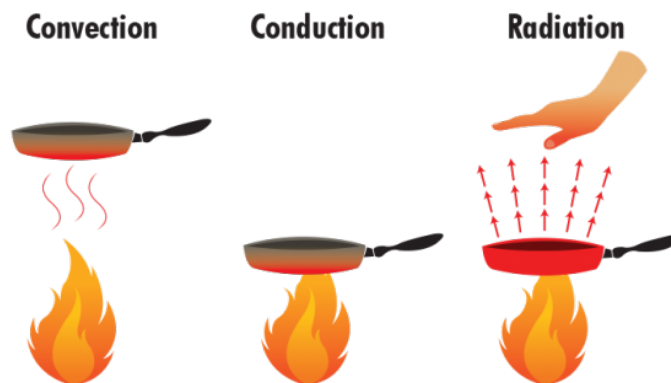
Le phénomène de conduction peut être modélisé par une onde mécanique.

3. Rayonnement.

Le transfert thermique par rayonnement se fait sous la forme d'une onde électromagnétique.

Rq : Le rayonnement est l'unique mode de transfert thermique possible dans le vide.

Tout corps dont la température est différente du milieu environnant rayonne, même si les phénomènes de convection et/ou de conduction sont présents.

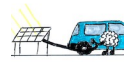


Flux thermique.

On appelle flux thermique la chaleur échangée par le système avec le milieu extérieur par unité de temps. Noté Φ , il se mesure en watts (W).

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

Rq : Le flux thermique est également appelé puissance thermique.



Flux thermique et variation de température.

1. Capacité thermique d'un matériau.

Un matériau peut être utilisé pour sa capacité à emmagasiner de l'énergie par un transfert thermique. Ce stockage d'énergie se traduit par une élévation de température du matériau.

La quantité d'énergie mise en jeu pour élever la température d'un matériau de 1 K est appelée capacité thermique massique du matériau. Notée c_m , elle se mesure en $J.K^{-1}.kg^{-1}$. On a alors, pour une masse m de matériau et une variation de température souhaitée ΔT , une variation énergie interne :

$$\Delta U = mc_m \Delta T$$

Rq : En thermodynamique, la température se mesure en K. On a $T(K) = \theta(^{\circ}C) + 273,15$.

Toutefois, lorsqu'on étudie une variation de température, celle-ci peut rester exprimée en $^{\circ}C$, et ne doit pas être convertie en K.

Ex : Pour une élévation de température de $\theta_1 = 20^{\circ}C$ à $\theta_2 = 30^{\circ}C$, on a $T_1 = 293 K$ et $T_2 = 303 K$.

$$\Delta\theta = 30 - 20 = 10^{\circ}C ; \Delta T = 303 - 293 = 10 K \neq 283 K (10 + 273).$$

Il existe également une capacité thermique molaire c_n d'un corps. Elle se mesure en $J.K^{-1}.mol^{-1}$.

$$\Delta U = nc_n \Delta T$$

Dans le cas d'un corps dont la constitution est complexe, ou inconnue, on définit souvent sa capacité thermique C , mesurée en $J.K^{-1}$.

$$\Delta U = C \Delta T$$

2. Loi de refroidissement de Newton

Lorsqu'on effectue une approche « élémentaire » d'une situation, on étudie l'évolution d'une variable dépendante lors d'une variation infinitésimale d'une variable indépendante.

Le premier principe de la thermodynamique s'écrit alors :

$$dU = \delta W + \delta Q = mc dT$$

Le flux thermique s'écrit alors :

$$\phi = \frac{\delta Q}{dt}$$

En proposant une loi de refroidissement pour un corps laissé en contact avec son environnement, Isaac Newton a fait l'hypothèse que le flux thermique entre un corps chaud et son environnement est proportionnel à la différence de température entre le corps et la température ambiante :

$$\phi = k(T_{amb} - T)$$

Rq : Le coefficient de proportionnalité dépend de la surface de contact S entre le corps et son environnement, et de la nature du corps, à travers le coefficient d'échange conducto-convectif entre le corps et son environnement, $h : k = hS$

Lorsqu'une paroi sépare le corps de son environnement, les caractéristiques de celle-ci (épaisseur et conductivité) sont également à prendre en compte dans l'expression du coefficient de proportionnalité.

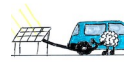
L'échange d'énergie entre le corps et son environnement est purement thermique : $\delta W = 0$

$$\Rightarrow \delta Q = mc dT \Rightarrow \phi = mc \frac{dT}{dt}$$

En appliquant l'hypothèse de Newton, on obtient $mc \frac{dT}{dt} = k(T_{amb} - T) = hS(T_{amb} - T) \Rightarrow$

D'où l'équation différentielle :

$$\frac{dT}{dt} + \frac{hS}{mc} T = \frac{hS}{mc} T_{amb}$$



On peut alors résoudre cette équation différentielle pour obtenir l'évolution de la température du corps en fonction du temps :

$$T = (T_0 - T_{amb})e^{-kt} + T_{amb}$$

