

LES TRANSFERTS THERMIQUES

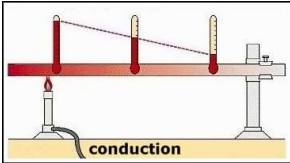
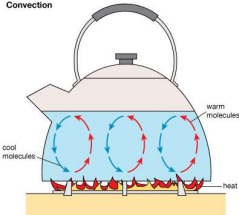
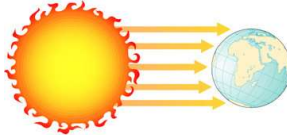
I- Le transfert thermique

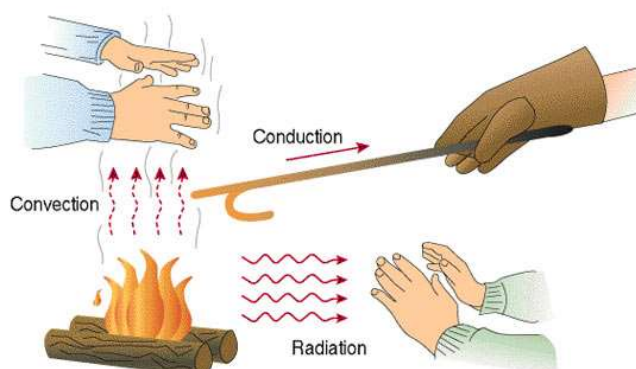
Le transfert thermique (appelé dans le langage courant chaleur) est le mode d'échange d'énergie interne entre deux systèmes de températures différentes.

Si le système et le milieu extérieur ne sont pas à la même température, il se produira un transfert thermique Q du corps le plus chaud vers le corps le plus froid.

Un transfert thermique peut modifier la température et/ou l'état physique du système.

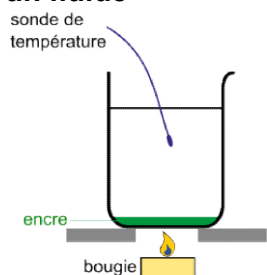
1. Trois modes de transfert thermique (séparément ou simultanément)

Conduction thermique	Convection thermique	Rayonnement thermique
- Dans les solides principalement - Par contact sans déplacement de matière. - L'agitation thermique des particules du matériau se transmet de proche en proche.	- Dans les fluides (liquides et gaz) - Par contact avec déplacement de matière. - L'agitation thermique des particules du matériau se transporte avec la matière qui se déplace : circulation de courants de fluide.	- Dans tout milieu et dans le vide - Les ondes électromagnétiques transportent de l'énergie. - L'agitation thermique est modifiée par absorption et émission d'ondes électromagnétiques.
		



Expériences :

Mise en évidence du transfert thermique par convection dans un fluide



Mise en évidence du transfert thermique par rayonnement : lampe halogène + capteur de température



Mise en évidence du transfert thermique par conduction le long d'un tuyau de cuivre



2. Flux thermique

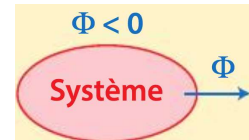
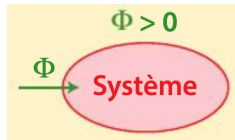
Le flux thermique ϕ est la **puissance** thermique transférée,

c'est donc l'**énergie** thermique échangée entre le système et l'extérieur **par unité de temps** :

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

avec Q en J et Δt en s. Il s'exprime en Watt : **W** = J.s⁻¹

Son signe dépend du sens du transfert :



Exemple : transfert thermique d'un café chaud



3. Résistance thermique

On considère une paroi plane dont les deux faces sont à des températures différentes T_1 et T_2 .

Lorsque T_1 et T_2 sont constantes, la **résistance thermique de la paroi** est définie par $R_{th} = \frac{T_1 - T_2}{\phi}$

Elle s'exprime en K.W⁻¹ ou en °C.W⁻¹.

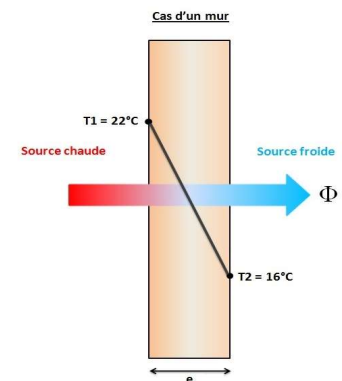
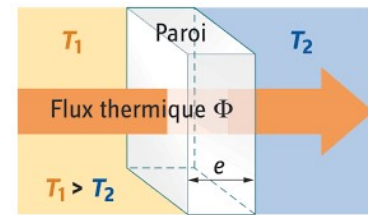
Plus elle est grande, plus le flux thermique est faible donc plus la paroi est un bon isolant

La résistance thermique caractérise l'opposition d'un milieu au transfert thermique. Elle dépend de l'épaisseur du milieu, de la surface d'échange et de la nature du matériau.

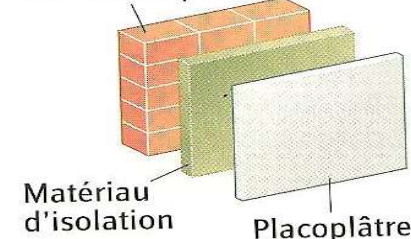
Plus le milieu considéré est **épais**, plus la résistance thermique de ce milieu est **grande**.

Au contraire, plus la **surface d'échange augmente**, plus la **résistance thermique diminue**.

Lorsque plusieurs parois sont accolées, la résistance thermique totale est égale à la somme des résistances thermiques.



Mur en brique



$$R_{th}^{total} = R_{th}^{mur} + R_{th}^{isolant} + R_{th}^{placo}$$

II- La loi de Newton (C'est un modèle de transfert thermique)

1. Modèle

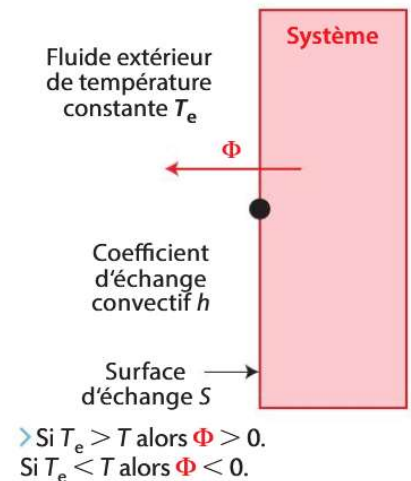
On considère un **système incompressible** à la température T en contact avec le milieu extérieur (température constante T_{ext}) sur une surface S , sans échange de matière. Le milieu extérieur est appelé **thermostat**.

Le système ou/et le milieu extérieur est un fluide.

Le **principal** mode de transfert thermique est la **convection** dans le fluide. Il y a aussi de la **conduction** mais le transfert par rayonnement est négligeable.

D'après la loi phénoménologique de Newton, le flux thermique convectif ϕ est proportionnel à la différence de température $T_{\text{ext}} - T$:

$$\phi = h \times S \times (T_{\text{ext}} - T)$$



h est le **coefficient d'échange convectif**, dit coefficient de Newton en $\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$, qui dépend de la nature du fluide notamment.

S est l'aire de la surface d'échange en m^2

On peut exprimer les températures T en Kelvin ou θ en degrés Celsius.

2. Bilan d'énergie pour un système incompressible (savoir ♥)

Les liquides de refroidissement automobile sont traités de manière à rester liquide à des températures négatives afin de ne pas risquer de détériorer les moteurs en hiver.

Suivi expérimental de l'évolution de la température d'un liquide de refroidissement au cours du temps :

Le liquide de refroidissement sort du congélateur (-25°C). On suit l'évolution de sa température au cours du temps pendant 80 min.

Etude énergétique : le système incompressible étudié est le liquide de refroidissement. Il échange de l'énergie par transfert thermique convectif (et conductif) avec l'air de la pièce (thermostat à température constante T_{ext}).

La température initiale du système est notée T_i : c'est celle du congélateur.

La valeur de sa température au cours du temps est notée $T(t)$ ou T .

La température finale du système sera la même que celle du thermostat (ceci va être démontré).

a. Établissement de l'équation différentielle vérifiée par la température T du système

D'après le premier principe de la thermodynamique appliqué au système entre un instant de date t et l'instant de date $t + \Delta t$:

Pour une durée Δt suffisamment courte, le transfert thermique s'écrit :

De plus, d'après la loi de Newton,

La variation d'énergie interne ΔU d'un système incompressible de masse m qui passe de la température $T(t)$ à la température $T(t + \Delta t) = T(t) + \Delta T$ est :

Le premier principe devient :

La solution de l'équation différentielle est donc : $T(t) = (T_i - T_{ext})e^{-\frac{hS}{mc}t} + T_{ext}$

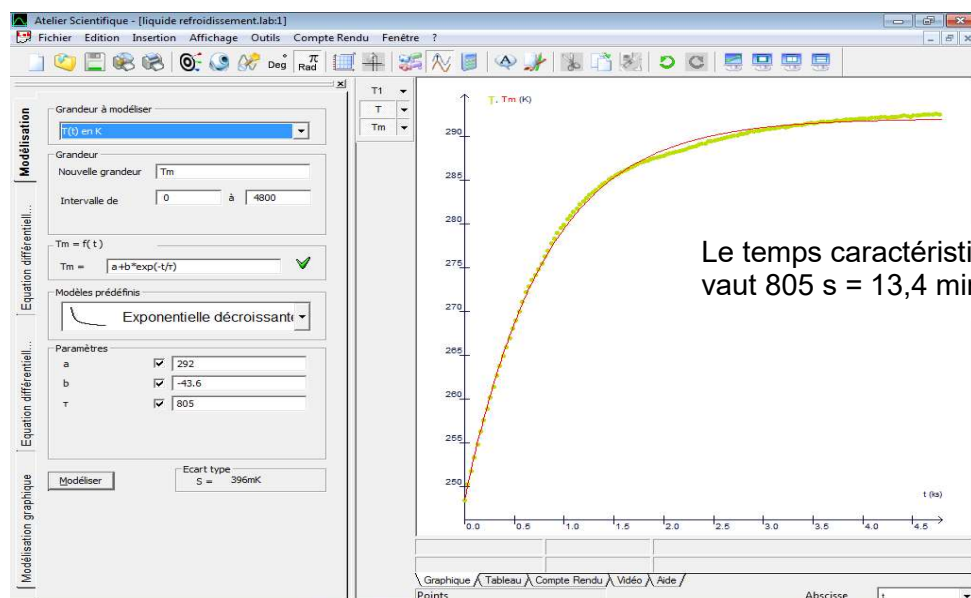
On définit le temps caractéristique $\tau = \frac{mc}{hS}$ (exprimé en seconde) pour pouvoir écrire la solution sous la forme : $T(t) = (T_i - T_{ext})e^{-\frac{t}{\tau}} + T_{ext}$

Lorsque la **masse** du système augmente ou que la surface d'échange diminue, le temps caractéristique augmente.

On retrouve qu'en régime permanent, le système a la température du thermostat.

$$\lim_{t \rightarrow \infty} T(t) = T_{ext}$$

b. Allure de la courbe



On retrouve bien :

$$T(0) = (T_i - T_{ext}) + T_{ext} = T_i = a + b = 292 - 43,6 = 248,4K = -24,6^\circ C$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} T(t) = T_{ext} = a = 292 K = 19^\circ C \quad \text{température de la pièce}$$