

Chap XVI : Les transferts thermiques

I. Les différents modes de transfert thermique.

1°- Le transfert thermique.

Un transfert thermique est un transfert d'énergie qui s'effectue microscopiquement entre le système et le milieu extérieur lorsqu'il existe une **différence de** entre eux.

Un transfert thermique se fait spontanément du corps le plus vers le corps le plus

Un transfert thermique a pour conséquence un changement de température ou un changement d'état physique du système.

2°- Les différents modes de transferts thermiques.

Ressource : vidéo V16a



Il existe 3 modes de transferts thermiques :

- Par :
L'énergie thermique se transmet de proche en proche dans la matière, mais **SANS** déplacement **macroscopique** de celle-ci. Il se produit principalement dans les solides.
- Par :
L'énergie thermique se transmet de proche en proche dans les fluides (liquides et gaz) **AVEC** un déplacement **macroscopique** de celui-ci. (des courants de fluides circulent)
- Par :
L'énergie thermique est transférée par absorption ou émission de rayonnements électromagnétiques dans la matière ou dans le vide.

3°- Le flux thermique.

Ressource : vidéo V16b

Un transfert thermique n'est pas un phénomène instantané. Pour évaluer la vitesse du transfert d'énergie, on utilise le flux thermique.

Le flux thermique, noté Φ représente la d'un transfert thermique.



Le flux est homogène à une

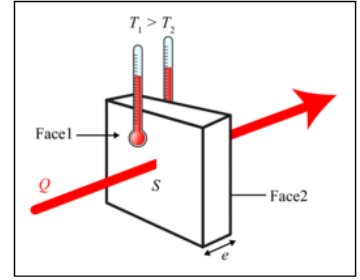
. Il correspond donc à la thermique P_{th} liée au transfert d'énergie

II. Transfert thermique par conduction : Flux à travers une paroi.

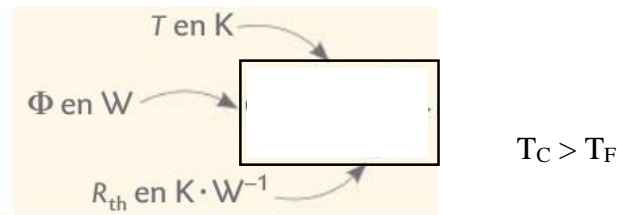
Ressource : vidéo V16b

Un transfert thermique par conduction s'établit à travers une paroi dont les 2 faces ne sont pas à la même température.

Dans ce cas, le flux thermique est **proportionnel** à la **différence de température** entre les 2 faces de la paroi, et **inversement proportionnel** à la **résistance thermique** de cette paroi, qui dépend du matériau.



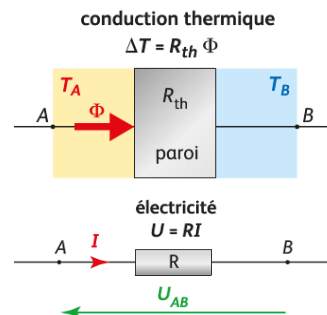
Le flux thermique positif à travers une paroi de résistance thermique R_{th} s'exprime :



La résistance thermique dépend de l'épaisseur et de la surface de la paroi, ainsi que du matériau.

Remarque : Une analogie peut être faite avec la loi d'Ohm en électricité.

Électricité	Thermique
Courant électrique I (Débit de charge)	Flux thermique Φ (Débit d'énergie)
Tension électrique U (Différence de potentiel)	ΔT (Différence de température)
Résistance électrique R	Résistance thermique R_{th}
$U = R \cdot I$	$\Delta T = R_{th} \cdot \Phi$



III. Transferts thermiques par convection : Evolution de la temp. d'un corps au contact d'un thermostat.

PARTIE HORS PROGRAMMES DES ECRITS

Ressource : vidéo V16c

1°- Thermostat.

Un thermostat est un système capable d'échanger de l'énergie thermique sans que sa température ne soit modifiée. C'est un modèle, proche de la réalité lorsque le système est suffisamment grand pour que la variation d'énergie cinétique microscopique soit négligeable. (Ex : L'air ambiant au contact d'une tasse de café.)

La température T_{th} d'un thermostat est constante.

2°- Loi phénoménologique de Newton.

Lorsqu'un système à la température T_{sys} est en contact avec un thermostat à la température $T_{th} \neq T_{sys}$, un transfert thermique a lieu du corps le plus chaud vers le corps le plus froid. Ce transfert thermique est principalement convectif.

La température du thermostat étant constante, c'est la température du système qui va évoluer au cours du temps.

La loi de phénoménologique de Newton, modélise le transfert thermique entre le système et le thermostat au cours du temps.

Lorsqu'un système fermé, incompressible échange de l'énergie thermique à travers une surface S au moyen d'un transfert convectif avec un thermostat, le flux thermique convectif peut s'exprimer :

$$\Phi = h \times S \times (T_{th} - T)$$

Φ en W h en $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ S en m^2 T en K

h est le coefficient d'échange convectif (ou conducto-convectif). S est la surface d'échange.

Remarque : h représente la facilité avec laquelle le transfert se produit. (Ex : une ventilation forte implique une diminution de température plus rapide et un coefficient h plus élevé)

3°- Évolution temporelle de la température du système.

La température du système incompressible {café + tasse}, initialement à la température T_0 , en contact avec le thermostat (air), à la température T_{th} , va évoluer dans le temps. Comment déterminer sa température à un instant t ?



MÉTHODE

a- Appliquer le premier principe de la thermodynamique.

Le système n'échange que de l'énergie thermique avec l'extérieur donc $\Delta U = Q$

Le système est incompressible et passe d'une température T_0 fixée à une température $T_{sys}(t)$ au cours du temps donc

$$\Delta U = C \cdot (T_{sys}(t) - T_0) = C \cdot \Delta T_{sys}(t)$$

On en déduit alors $Q = C \cdot \Delta T_{sys}(t)$

b- Faire le lien avec le flux thermique.

Par définition $\Phi = \frac{Q}{\Delta t}$ (*considéré constant sur une durée courte*)

d'après la loi de Newton, $\Phi = h \cdot S \cdot (T_{th} - T_{sys}(t))$

On en déduit $\frac{Q}{\Delta t} = h \cdot S \cdot (T_{th} - T_{sys}(t))$

c- Remplacer Q par son expression en fonction de la température.

On obtient alors $\frac{C \cdot \Delta T_{sys}(t)}{\Delta t} = h \cdot S \cdot (T_{th} - T_{sys}(t))$

et en faisant tendre Δt vers 0, on obtient : $C \cdot \frac{dT_{sys}(t)}{dt} = h \cdot S \cdot (T_{th} - T_{sys}(t))$

On peut alors écrire cette relation sous la forme :

$$\frac{dT_{sys}(t)}{dt} = -\frac{h \cdot S}{C} \cdot T_{sys}(t) + \frac{h \cdot S}{C} \cdot T_{th}$$

soit une équation différentielle avec second membre ($\neq 0$) dont la fonction $T_{sys}(t)$ est solution.

d- Résoudre l'équation différentielle.

L'équation différentielle est de la forme $y'(x) = ay(x) + b$ avec $a \neq 0$

Avec $a = -\frac{hS}{c}$ et $b = \frac{hS}{c} \cdot T_{th}$

Cette équation admet pour solution la fonction $y(x)$ telle que : $y(x) = K \cdot e^{ax} - \frac{b}{a}$ où $K = \text{constante}$

La solution de cette équation différentielle est donc de la forme : $T_{sys}(t) = K e^{-\frac{hS}{c} \cdot t} + T_{th}$

Remarque : Par analogie avec le régime transitoire en électricité, on retrouve le temps caractéristique τ :

$$\tau = -\frac{1}{a} = \frac{c}{hS} \quad \tau \text{ est homogène à un temps, il s'exprime en seconde}$$

Pour déterminer la constante K , on utilise les conditions initiales :

À $t = 0$, $T_{sys}(t = 0) = T_0$

or $T_{sys}(t = 0) = K e^0 + T_{th}$ et $e^0 = 1$

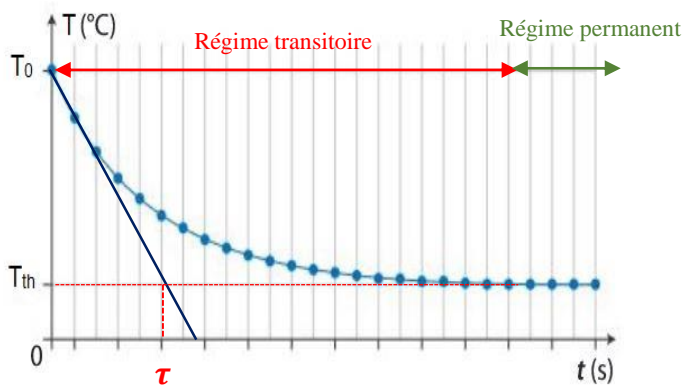
on en déduit donc $T_0 = K + T_{th}$ soit $K = T_0 - T_{th}$

La solution de l'équation différentielle est donc :

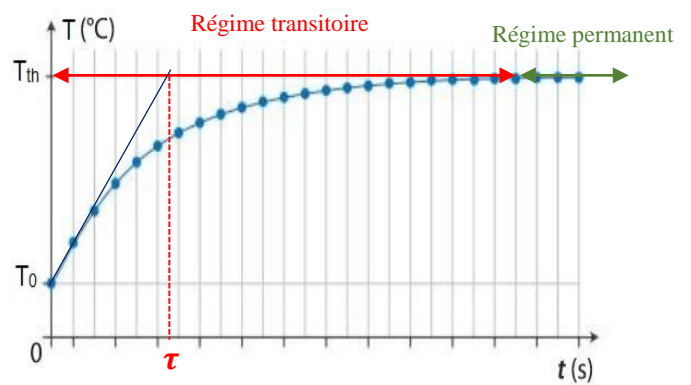
$$T_{sys}(t) = (T_0 - T_{th}) \cdot e^{-\frac{hS}{c} \cdot t} + T_{th}$$

Ou $T_{sys}(t) = (T_0 - T_{th}) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + T_{th}$

Allure des courbes donnant l'évolution de la température en fonction du temps.



Refroidissement du système $T_0 > T_{th}$



Réchauffement du système $T_0 < T_{th}$

IV. Transferts thermiques par rayonnement : La température moyenne terrestre.

Partie à traiter après les écrits : Voir Cours SVT enseignement scientifique de 1^{ère}