

I-4 Transferts thermiques :

Il existe des processus de transfert d'énergie par interaction thermique. Le sens spontané de ce flux d'énergie est du corps de température la plus élevée vers le corps de température la plus faible.

Trois phénomènes peuvent intervenir dans l'interaction thermique :

- la conduction thermique (ou diffusion thermique). A l'échelle microscopique, l'énergie se propage en se transférant entre particules par chocs intermoléculaires (cas des gaz) ou vibrations (cas des solides).

- la convection thermique. L'énergie est transportée par le mouvement macroscopique d'un fluide support. Par exemple, on aura une convection de l'air au contact d'un radiateur chauffant une pièce d'habitation.

- le rayonnement thermique. L'énergie est rayonnée sous forme d'ondes électromagnétiques dont la composition est liée à la température absolue du corps considéré. Un corps recevant l'énergie de ces ondes va s'échauffer en convertissant et accumulant cette énergie sous forme d'énergie interne. Par exemple, on se chauffe les mains en présentant les paumes devant un brasero.

Le transfert thermique, noté Q , est la quantité d'énergie échangée par interaction thermique entre le système et l'extérieur.

Par convention thermodynamique, Q sera positif si l'énergie est transférée de l'extérieur vers le système et Q sera négatif dans le cas contraire.

Le flux d'énergie s'annulera à l'équilibre entre le système considéré et l'extérieur avec lequel il y a interaction thermique quand la température du système sera égale à la température extérieure : c'est l'équilibre thermique.

Le terme de chaleur était employé pour désigner le transfert thermique Q , mais il est à proscrire car il induit des contresens.

Dans le sens commun, la chaleur renvoie à l'état de température plus ou moins élevée d'un corps (corps chaud ou corps froid). Or l'état de température est à relier à l'énergie interne contenue dans le corps. On fait donc une confusion entre énergie contenue et énergie transférée.

Cette confusion vient du fait que notre perception de la température (sensation de chaud ou de froid) est fondée en réalité sur la perception des échanges thermiques avec notre peau. Quand nous identifions un corps comme chaud, c'est que nous percevons un flux d'énergie allant de ce corps vers notre main.

L'interaction thermique est plus ou moins intense selon les caractéristiques de l'interface système / extérieur, dans le cas des transferts thermiques conducto-convectifs (cas courant où les transferts sont assurés par conduction et convection).

Les critères intervenants seront :

- la nature des matériaux : les métaux sont de très bons conducteurs thermiques, le bois, la laine de verre, l'air sont au contraire des isolants. Pour une cloison donnée, l'épaisseur de matériau isolant va limiter la conduction.

- la surface d'échange, de contact thermique : plus elle sera grande plus fort sera le transfert thermique.

- l'écart de température entre système et extérieur à l'interface $T_{\text{ext}} - T_{\text{syst}}$. Un écart plus élevée va accroître le transfert thermique.

- l'existence de convection forcée : un mouvement macroscopique du fluide situé à l'interface va favoriser le échanges thermiques (vent, fluide caloporteur en écoulement...).

La loi de Newton va rendre compte de ces aspects pour les transferts conducto-convectifs :

le transfert thermique reçu par le système, à travers une portion d'interface d'aire S , pendant une durée infinitésimale dt s'exprime par :

$$\delta Q = aS(T_{\text{ext}} - T_{\text{syst}})dt$$

a est un coefficient (en $\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$) dépendant des caractéristiques de l'interface.

On peut aussi exprimer la puissance thermique :

$$P_{\text{th}} = \frac{\delta Q}{dt} = aS(T_{\text{ext}} - T_{\text{syst}})$$

Cette loi n'est pas exigible au programme de Sup PCSI mais elle est souvent fournie dans les sujets, et l'on s'y réfère implicitement dans certaines questions "qualitatives" sur les critères permettant d'optimiser un transfert thermique.

Vocabulaire :

Une cloison parfaitement perméable aux transferts thermiques est dite **diatherme**.

Une cloison parfaitement imperméable à ces transferts, thermiquement isolée, est dite **athermane**.

Une transformation ayant lieu sans échange d'énergie par transfert thermique ($Q = 0$) est qualifiée d'**adiabatique**.

Remarquons pour finir que l'interaction thermique est un processus assez lent. Les transferts thermiques mis en jeu dans des transformations rapides sont souvent faibles relativement à l'énergie échangée par d'autres voies (travail, réaction chimique...).

Pour être adiabatique, une transformation ne nécessite donc pas forcément que le système soit isolé de l'extérieur par des cloisons athermanes.

Par exemple, la détente des gaz brûlés dans le cylindre d'un moteur à explosion peut être considérée comme adiabatique. Pourtant les parois du cylindre sont en acier, très bon conducteur thermique. Mais la transformation a lieu en une fraction de seconde (environ $1/100^{\circ}$ de seconde).