COURS SUR LES ECHANGEURS THERMIQUES

1. Le flux thermique en régime permanent

a. Rappels :

- **Le transfert d'énergie thermique par chaleur (Q) se réalise toujours spontanément de la source chaude vers la source froide.**
- Lorsqu'un système, de masse m et de capacité thermique c, reçoit ou fournit de la chaleur alors sa température varie tel que : $\boldsymbol{Q = m \cdot c \cdot (T_f - T_i)}$.
- La puissance P d'un système lorsqu'il met en œuvre une énergie E pendant une durée t, a pour expression : $P = \frac{E}{t}$.
- Expressions des différents débits massique et volumique : $\boldsymbol{D_m = \frac{m}{t}}$ et $\boldsymbol{D_V = \frac{V}{t}}$ les deux débits sont liés par la masse volumique du fluide : $D_v = \rho \cdot D_m$.

b. Régime permanent

Un système thermique est en régime permanent lorsque les différentes températures du système ne varient pas dans le temps. La chaleur apportée au système compense les pertes de celui-ci. Dans le cas contraire où la température varie on est en régime transitoire.

c. Flux thermique

- Définition : Le flux thermique est la puissance du transfert d'énergie thermique du système vers le milieu extérieur ou réciproquement. On parle aussi de flux thermique traversant la paroi de séparation du système avec le milieu extérieur. Son symbole est Φ et son unité le watt (W).
  L'énergie thermique transférée correspondant à la quantité de chaleur *Q*, l'expression du flux découlera de : $\boldsymbol{\Phi = \frac{Q}{t}}$.

- Expression du flux thermique sera donc : $\Phi = \frac{m}{t} \cdot c \cdot (T_f - T_i)$. On reconnaît alors en $\frac{m}{t}$ le débit massique. On obtient donc pour expression du flux en fonction du débit volumique la relation suivante : $\boldsymbol{\Phi = D_V \cdot c \cdot \rho \cdot (T_f - T_i)}$.
  Avec D_V le débit volumique (m^3/s), *c* la capacité massique du fluide (J/(kg·K)), ρ la masse volumique du fluide, T_f la température finale (à la sortie) et T_i la température initiale (à l'entrée) (K ou °C car on a une différence).

Cette expression deviendra pour le flux du fluide chaud : $\boldsymbol{\Phi_c = D_{Vc} \cdot c_c \cdot \rho_c \cdot (T_f - T_i)}$

Et pour le flux du fluide froid : $\boldsymbol{\Phi_f = D_{Vf} \cdot c_f \cdot \rho_f \cdot (t_f - t_i)}$

Il faut bien comprendre que la capacité thermique et la masse volumique d'un fluide sont des grandeurs fonction de la température de ce fluide.

d. Détermination expérimentale des flux échangés par un système

Déterminer expérimentalement le flux thermique échangé par les fluides dans un échangeur liquide-liquide.

Cette détermination de Φ nécessite de mesurer le débit volumique et les températures à l'entrée et à la sortie. Puis il faut également par la technique d'extrapolation linéaire déterminée ρ_c et c_c.

2. Les échangeurs thermiques

a. Définition :

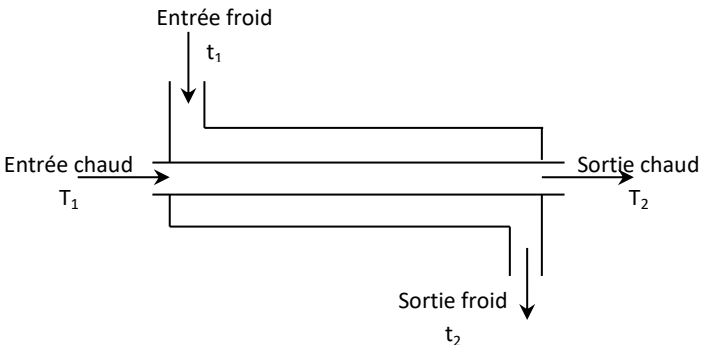
On appelle échangeur thermique un dispositif permettant de transférer l'énergie thermique d'un fluide chaud à un fluide froid. Il est donc constitué d'un circuit chaud en contact thermique avec un circuit froid sans qu'il y ait échange de matière.

b. Types d'échangeur :

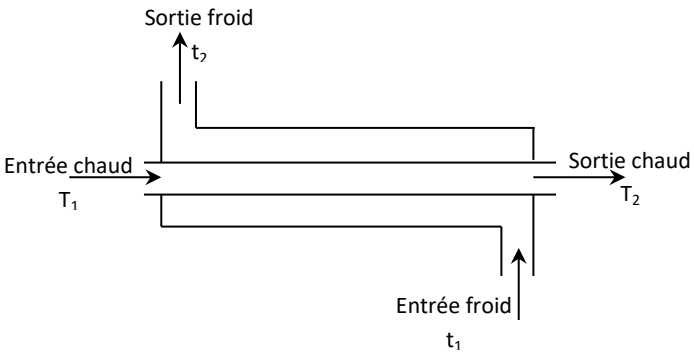
Dans l'industrie, pour des questions d'encombrement, on utilise comme échangeurs thermiques des échangeurs multitubulaires et des échangeurs à plaques.

c. Mode de circulation des fluides :

Il existe 2 modes de circulation des fluides dans les échangeurs l'un par rapport à l'autre. Ils peuvent fonctionner à co-courant, les entrées des deux fluides sont proches. Ils peuvent fonctionner à contre-courant l'entrée du fluide froid se faisant du coté de la sortie du fluide chaud.



Circulation à co-courant



circulation à contre-courant

d. L'échange thermique au sein de l'échangeur

L'échange thermique entre 2 fluides séparés par une paroi est caractérisé par le flux thermique qui traverse la paroi. Il dépend des températures aux entrées et sortie des deux fluides, de la surface extérieure de la paroi et d'un coefficient caractéristique de cette paroi K. Vous devez être capable de déterminé expérimentalement ce coefficient K (*Évaluer à partir de données expérimentales le coefficient global d'échange.*).

D'après le premier principe de la thermodynamique de conservation de l'énergie, le flux thermique Φ est transféré au fluide froid à travers la surface de séparation. Et si on néglige la dissipation de chaleur externe à l'échangeur on a :

Flux cédé par le fluide chaud	=	Flux reçu par le fluide froid	=	Flux traversant la paroi interne de l'échangeur

e. Détermination du coefficient globale d'échange

Évaluer à partir de données expérimentales le coefficient global d'échange.

Pour déterminer K vous avez besoin de la relation du flux traversant la paroi interne :

$\Phi = K \cdot S \cdot \Delta T_{mlog}$ (pas à connaître)

K est le coefficient global d'échange à travers la surface S.

ΔT_{mlog} est la moyenne logarithmique des températures des fluides sur les surfaces :

$$\Delta T_{mlog} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{Ln\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}}$$

ΔT_1 est la différence de température entre les fluides chaud et froid à l'extrémité où elle est la plus forte.

ΔT_2 est la différence de température entre les fluides chaud et froid à l'extrémité où elle est la plus faible.

Il faut réaliser les mesures de température et de débit pour déterminer le flux cédé par le fluide chaud ou reçu par le froid. Il faut connaître S et calculer ΔT_{mlog} en utilisant l'égalité des flux : $K = \frac{\Phi}{S \cdot \Delta T_{mlog}}$.

f. Rendement d'un échangeur thermique

$$\eta = \frac{énergire\ reçue\ par\ le\ fluide\ froid}{énergie\ cédée\ par\ le\ fluide\ chaud}$$