

**CARACTERISTIQUES D'UN ECHANGEUR :**

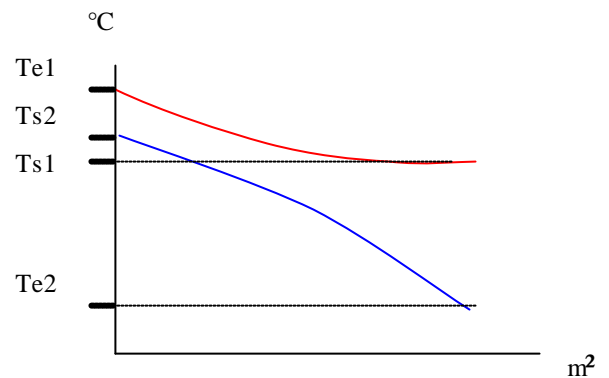
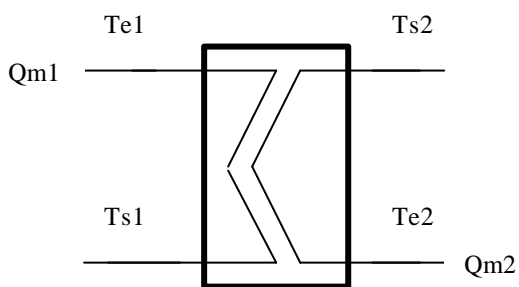
Pour l'ensemble de l'étude, nous partirons d'un échangeur alimenté à contre courant (cas le plus courant dans l'industrie).

Nous prendrons comme référence :

- $qm_1$  : débit massique de fluide chaud,
- $qm_2$  : débit massique de fluide froid,

et nous supposons que le débit de fluide chaud est supérieur au débit de fluide froid :

- $qm_1 \cdot cp_1 > qm_2 \cdot cp_2$ .



**Pincement (P) :**

Ecart de température minimum entre les deux fluides en un point de l'échangeur donné. Dans notre cas ,le Pincement =  $Te_1 - Ts_2$ .

**Puissance transmise dans un échangeur :**

$$P = K \cdot S \cdot \Delta T_{ln} = qm_1 \cdot cp_1 \cdot (Ts_1 - Te_1) = qm_2 \cdot cp_2 \cdot (Te_2 - Ts_2)$$

$P$  = puissance transmise  $kW = \frac{kJ}{s}$

$qm_1$  = débit masse de fluide chaud  $\frac{kg}{s}$

$qm_2$  = débit masse de fluide froid  $\frac{kg}{s}$

$cp_1$  = capacité thermique massique du fluide chaud  $\frac{kJ}{kg.K}$

$cp_2$  = capacité thermique massique du fluide froid  $\frac{kJ}{kg.K}$

$Te_1$  = température d'entrée du fluide chaud °C

$Ts_1$  = température de sortie du fluide chaud °C

$Te_2$  = température d'entrée du fluide froid °C

$Ts_2$  = température de sortie du fluide froid °C

$K$  = coefficient de transfert thermique  $\frac{kW}{m^2.K}$

$S$  = surface d'échange en  $m^2$

$\Delta T_{LN}$  = écart moyen logarithmique

- **Ecart moyen logarithmique :**

$$\Delta T_{LN} = \frac{\Delta T_{\max} - \Delta T_{\min}}{\ln\left(\frac{\Delta T_{\max}}{\Delta T_{\min}}\right)} = \frac{(T_{s1} - T_{e2}) - (T_{e1} - T_{s2})}{\ln\left(\frac{(T_{s1} - T_{e2})}{(T_{e1} - T_{s2})}\right)}$$

- **Efficacité d'un échangeur (E) :**

Elle correspond au rapport de la puissance transmise (P) sur la puissance maximum transmissible ( $P_{\max}$ ).

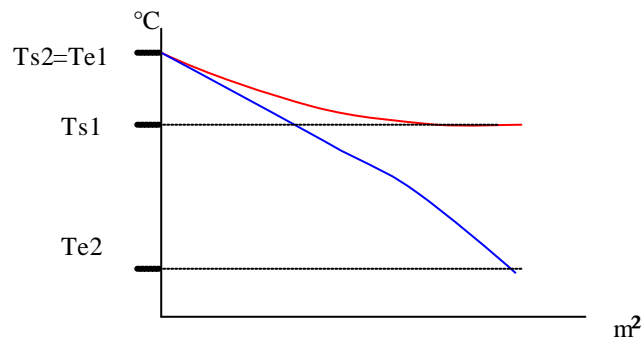
$$E = \frac{P}{P_{\max}}$$

La puissance maximum transmissible serait obtenue si le pincement de l'échangeur était nul. Dans notre exemple :

$$T_{e1} = T_{s2}$$

Afin d'obtenir un pincement nul, il serait nécessaire d'augmenter la surface d'échange ( $S \rightarrow \infty$ ).

D'après l'hypothèse faite précédemment ( $qm_1 > qm_2$ ), c'est le fluide le plus froid (fluide 2) qui subira la plus grande variation de température.



$$P_{\max} = (qmcp)_{\min} \cdot (\Delta T_{\max}) = qm_2 \cdot cp_2 \cdot (Ts_2 - Te_2)$$

$P_{\max}$  correspond donc au fluide dont le produit  $qm \cdot cp$  sera le plus faible, ce qui correspond au fluide qui subira le plus grand écart de température.

$$E = \frac{qm_1 \cdot cp_1 \cdot (T_{e1} - T_{s1})}{(qm \cdot cp)_{\min} \cdot (T_{e1} - T_{e2})} = \frac{qm_2 \cdot cp_2 \cdot (T_{s2} - T_{e2})}{(qm \cdot cp)_{\min} \cdot (T_{e1} - T_{e2})}$$

Si  $qm_1 .cp_1 > qm_2 .cp_2$  alors :

$$E = \frac{(Ts_2 - Te_2)}{(Te_1 - Te_2)}$$

Si  $qm_1 .cp_1 < qm_2 .cp_2$  alors :

$$E = \frac{(Te_1 - Ts_1)}{(Te_1 - Te_2)}$$

La notion d'efficacité devient particulièrement intéressante, car elle permet de déterminer la puissance échangée en ne faisant intervenir **que les températures aux entrées**.

$$P = E.(qm.cp)_{\min} .(Te_1 - Te_2)$$

**Nombre d'unités de transfert (NUT) :**

Certains constructeurs ont choisi d'exprimer l'efficacité de leur échangeur en fonction du nombre d'unité de transfert.

Il est possible d'écrire :

$$P = K .S .\Delta T \ln = (qm_2 .cp_2)_{\min} .(Te_2 - Ts_2)$$

$$NUT = \frac{K.S}{(qm_2 .cp_2)_{\min}} = \frac{Te_2 - Ts_2}{\Delta T \ln}$$

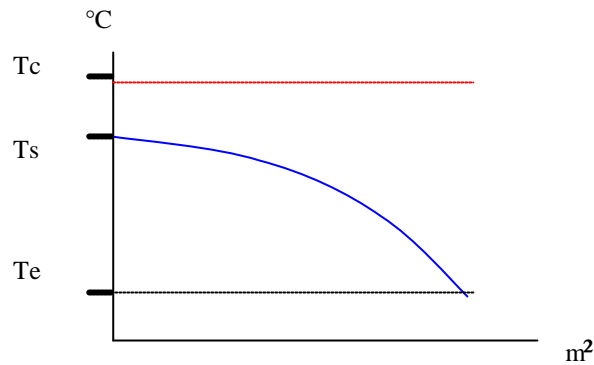
En fonction de la surface (S) d'échange (différentes tailles d'échangeurs), on suppose le coefficient de transfert (K) constant en fonction des débits.

Et d'après le rapport :

$$Cr = \frac{(qm.cp)_{\min}}{(qm.cp)_{\max}} = \frac{C_{\min}}{C_{\max}}$$

Il sera facile de représenter l'efficacité d'une série d'échangeur de même technologie mais de tailles différentes dans un seul et même abaque.

Pour les échangeurs ou l'un des fluides conserve une température quasi constante tout au long du transfert de chaleur, ce qui est le cas des condenseurs par exemple :



$$P = K.S. \frac{(Tc - Te) - (Tc - Ts)}{\ln\left(\frac{(Tc - Te)}{(Tc - Ts)}\right)} = qm.cp.(Ts - Te)$$

En supposant le débit de fluide de refroidissement constant :

$$\frac{K.S}{qm.cp} = \ln\left(\frac{(Tc - Te)}{(Tc - Ts)}\right) = NUT$$

$$\exp(NUT) = \frac{Tc - Te}{Tc - Ts}$$

Le condenseur d'une machine frigorifique est toujours sélectionné pour le régime de fonctionnement le plus défavorable. Les caractéristiques K, S sont donc connues. Il est facile de déterminer le NUT de celui-ci, en supposant le débit de fluide de refroidissement constant.

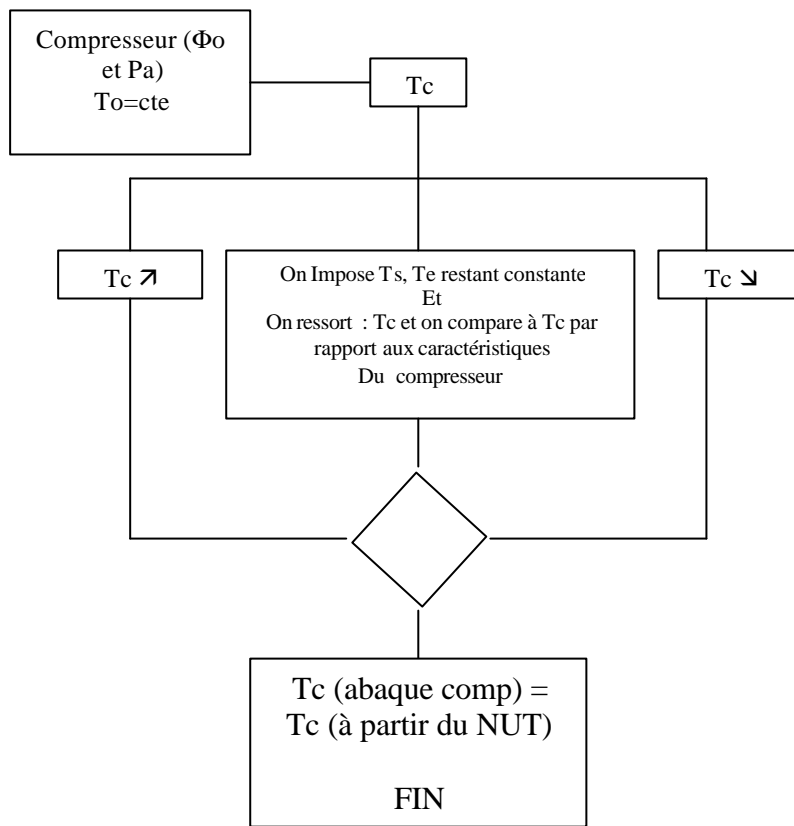
Il est par la suite possible de déterminer la température de condensation du couple compresseur / condenseur à partir d'une température d'entrée de fluide de refroidissement (Te) différentes. Pour la saison froide par exemple.

Recherche de la température Tc :

$$Tc = Te + \frac{\exp(NUT)}{\exp(NUT) - 1} \cdot (Ts - Te)$$

En fonction des caractéristiques du compresseur ( $\Phi_0$  et Pa) en gardant la température d'évaporation (To) et en procédant par itération, on recherche la température Tc en fonction de la température d'entrée (Te) du fluide de refroidissement.

Méthode itérative :



Un raisonnement analogue est possible sur l'évaporateur.