
TP : Echangeur de chaleur

Introduction

Un échangeur de chaleur, comme son nom l'indique, est un dispositif qui permet le transfert d'énergie (forme de chaleur) entre deux fluides (chaud et froid). Les deux fluides échangent de la chaleur sans contact direct à travers la paroi.

I. Rappels théorique :

$$Q_c: \text{ La puissance perdue par le fluide chaud : } \quad Q_c = \dot{m}_c C p_c (T_{ce} - T_{cs}) \quad (1)$$

$$Q_f: \text{ La puissance gagnée par le fluide froid : } \quad Q_f = \dot{m}_f C p_f (T_{fs} - T_{fe}) \quad (2)$$

La puissance perdue par le fluide chaud = puissance gagnée par le fluide froid = Q

$$Q_c = Q_f = Q \quad (3)$$

$$\text{Efficacité de l'échangeur : } \quad \varepsilon = Q/Q_{max} \quad (4)$$

$$\text{Efficacité de refroidissement : } \quad \varepsilon_c = (T_{ce} - T_{cs}) / (T_{ce} - T_{fe}) \quad (5)$$

$$\text{Efficacité de chauffage : } \quad \varepsilon_f = (T_{fs} - T_{fe}) / (T_{ce} - T_{fe}) \quad (6)$$

$$\text{Efficacité de l'échangeur : } \quad \varepsilon = \max(\varepsilon_c, \varepsilon_f) \quad (7)$$

$$\text{La puissance maximale échangée : } \quad Q_{max} = (\dot{m} C p)_{min} (T_{ce} - T_{fe}) \quad (8)$$

$$\text{La puissance réelle : } \quad Q = \varepsilon Q_{max} \quad (9)$$

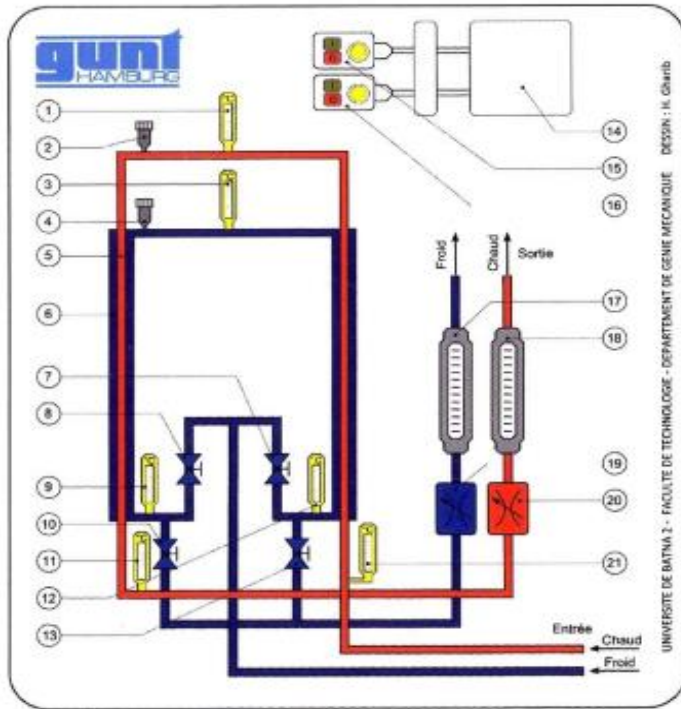
Avec : c : Coté chaud e : entrée f : Coté froid s : sortie

II. Composition de l'appareil :

Les principaux éléments qui composent le banc d'essai d'échangeur de chaleur sont :

- Le bac de stockage d'eau chaude.
- L'élément chauffant.
- Une pompe de circulation.
- Un réseau de tubes concentriques.
- Deux débitmètres pour les fluides chaud et froid.
- Des thermomètres pour la mesure de températures.
- Vanne de sélection de configuration (co-courants où à contre- courants).

Le schéma du principe de fonctionnement est représenté sur la figure 1



1	Thermomètre intermédiaire fluide chaud.
2	Purgeur d'air / circuit fluide chaud.
3	Thermomètre intermédiaire fluide froid.
4	Purgeur d'air / circuit fluide froid.
5	Circuit fluide chaud.
6	Circuit fluide froid.
7	Vanne de sélection : co-courant / contre-courant.
8	Vanne de sélection : co-courant / contre-courant.
9	Thermomètre fluide froid. Co-courant : sortie / Contre-courant : entrée
10	Vanne de sélection : co-courant / contre-courant.
11	Thermomètre sortie fluide chaud
12	Thermomètre fluide froid. Co-courant : entrée / Contre-courant : sortie.
13	Vanne de sélection : co-courant / contre-courant.
14	Boîtier électrique.
15	Commande résistance on/off.
16	Commande pompe on/off.
17	Débitmètre fluide froid.
18	Débitmètre fluide chaud.
19	Régulateur de débit fluide froid.
20	Régulateur de débit fluide chaud.
21	Thermomètre entrée fluide chaud

Figure. 1 : Banc d'essai Echangeur de chaleur.

III. Manipulations

1. Première expérience

a) **But :**

Effet de la variation du débit d'eau froide \dot{m}_f ($\dot{m}_c = \text{Cst}$) sur l'efficacité de l'échangeur sous des conditions de flux parallèles (co-courants) et flux opposés (contre-courants).

b) **Mode opératoire :**

- Connecter l'entrée d'eau froide à un robinet.
- Fixer le débit d'eau chaude \dot{m}_c à une valeur quelconque et faites varier le débit d'eau froide \dot{m}_f cinq fois.
- Noter les températures de l'eau chaude et froide à l'entrée à la sortie et au milieu.

Tableau des résultats et calculs :

Débit d'eau chaude	T_{ce} °C	T_{cm} °C	T_{cs} °C	T_{fe} °C	T_{fm} °C	T_{fs} °C
$\dot{m}_c =$						
$\dot{m}_c =$						
$\dot{m}_c =$						
$\dot{m}_c =$						
$\dot{m}_c =$						

Travail demandé :

- Tracer la variation de l'efficacité de l'échangeur en fonction du débit du fluide froid : $\epsilon_c = f(\dot{m}_f)$ et $\epsilon_f = f(\dot{m}_f)$ et déduire $\epsilon = f(\dot{m}_f)$.
- Commenter le graphe.

2. Deuxième expérience

a) But

Effet de la variation du débit d'eau chaude \dot{m}_c ($\dot{m}_f = \text{Cst}$) sur l'efficacité de l'échangeur sous des conditions de flux opposés (contre-courants) et flux opposés (contre-courants).

b) Mode opératoire

- Connecter l'entrée d'eau froide à un robinet.
- Fixer le débit d'eau froide \dot{m}_f à une valeur quelconque et faites varier le débit d'eau chaude \dot{m}_c cinq fois.
- Noter à chaque fois les températures de l'eau à l'entrée, au milieu et à la sortie.

Tableau des résultats et calculs

Débit d'eau chaude	T_{ce} °C	T_{cm} °C	T_{cs} °C	T_{fe} °C	T_{fm} °C	T_{fs} °C
$\dot{m}_f =$						
$\dot{m}_f =$						
$\dot{m}_f =$						
$\dot{m}_f =$						
$\dot{m}_f =$						

Travail demandé :

- Tracer les graphes de l'efficacité de l'échangeur en fonction du débit du fluide pour les deux configurations : $\varepsilon_c = f(\dot{m}_c)$ et $\varepsilon_f = f(\dot{m}_c)$ et déduire $\varepsilon = f(\dot{m}_c)$.
- Commenter le graphe.

3. Troisième expérience

- A l'aide d'un pied à coulisse mesurer le diamètre extérieur du tube en cuivre.
- A l'aide d'une règle mesurer la surface d'échange entre le fluide chaud et le fluide froid, c'est-à-dire la partie calorifugée du tube en cuivre.
- Calculer le coefficient d'échange global.
- Calculer la température théorique du fluide froid. Conclure.

4. Quatrième expérience

- A partir du débit d'eau chaude m_1 ou d'eau froide m_2 déduire le régime d'écoulement et tracer le graphe $Re = f(\dot{m}_c)$ et $Re = f(\dot{m}_f)$ pour les deux configurations co-courants et contre-courants.