



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la
Recherche Scientifique



UNIVERSITE D'EL-OUED

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNOLOGIE

Mémoire de fin d'étude

Présenté pour l'obtention du diplôme de

LICENCE ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologies

Spécialité : Génie mécanique

Option : ENERGETIQUE

Thème

Etude expérimentale d'un échangeur de chaleur à tube

Devant le jury composé de :

..... Président
..... Examineur
..... Examineur
A. Khechekhouché Encadreur

Présenté par :

- Cherfi Hassen
- Khader Fares
- Said Tahar

2013-2014

DÉDICACE

À nos parents,

À nos mères ,

À nos familles,

À nos amis.

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, nous remercions ALLAH, notre créateur de nous avoir donné les forces pour accomplir ce travail.

Nous adressons le grand remerciement à notre encadreur qui a proposé le thème de ce mémoire, aussi pour ses conseils et ses orientations.

Nous avons également l'honneur de remercier l'Administration du Département de Mécanique d'avoir facilité le processus de sélection du mémoire et de l'encadreur, ainsi que de l'organisation et la bonne coordination.

Un grand merci est adressé aux examinateurs d'avoir accepté la lecture et l'évaluation de notre mémoire.

Finalement, nous remercions tous ceux qui ont participé à réaliser ce mémoire.

Tableau des matières:

Introduction générale.....	3
----------------------------	---

Chapitre 1 Transfert de chaleur à travers une paroi

1.1. Introduction.....	5
1.1. Conduction à travers la paroi d'un tube cylindrique circulaire Considérons un tube cylindrique.....	5
1.2. Expression du flux thermique à travers un tube cylindrique.....	5
1.3. Expression de la résistance thermique d'un tube cylindrique.....	5
1.4. Expression de la résistance thermique équivalente de deux tubes cylindriques accolés.....	8
1.5. Conduction à travers deux tubes concentriques accolés.....	8
1.6. Profil radial des températures à travers le tube.....	9
1.7. Expression du flux thermique à travers deux tubes cylindriques accolés.....	10
1.8. Conclusion.....	11

Chapitre 2 Généralité sur les échangeurs de chaleur

2.1.Introduction.....	14
2.2. Définition d'un échangeur de chaleur.....	15
2.3. Les types d'échangeurs de chaleur.....	16
2.3.1. Echangeurs tubulaires.....	16
2.3.2. Echangeurs à ailettes.....	16
2.3.3. Echangeurs à plaques	16
2.3.4. Echangeurs chaleur-bateaux-.....	17
2.3.5. Echangeur de chaleur Spiral.....	17
2.3.6. Echangeurs thermiques multitubulaire.....	18
2.3.7. Échangeurs de chaleur de gaz d'échappement.....	18
2.3.8. Échangeur de chaleur coaxial de tube de bobine.....	19
2.3.9. Échangeurs de chaleur – Refroidisseur.....	19
2.3.10. échangeurs de chaleur rotatifs.....	20
2.4. Conclusion.....	20

Chapitre 3: Réalisation d'un échangeur de chaleur coaxial

3.1. Introduction.....	24
3.2. Les étapes de la réalisation de l'échangeur de chaleur.....	25
3.2.1. Matériels.....	25
3.3.Description.....	25
3.4. Contenu didactique / Essais.....	25
3.5. Conclusion.....	26

chapitre 4 : Résultats et discussions

4.1. Introduction.....	28
4.2. Expression du flux échangé.....	28
4.2.1. Billon thermique	29
4.3. conclusion	33
Poster	35
Conclusion generale	36
Résumé	37

Introduction générale

L'échangeur de chaleur est un équipement qui permet d'assurer un transfert de chaleur d'un fluide chaud à un fluide froid sans contact direct entre les deux. Le même fluide peut conserver son état physique liquide ou gazeux, ou se présenter successivement sous les deux phases : c'est le cas des condenseurs, évaporateurs, bouilleurs, ou des tours de refroidissement.

L'objectif de notre travail c'est de répondre aux diplomatiques suivantes :

1. Est-ce qu'en peut construire une échangeur de chaleur ?
2. Est-ce qu'en peut tirer des résultats ?
3. Est-ce que les résultats obtenus sont conforme aux résultats des échangeur de chaleur d'origine ?

Pour répondre clairement au problématique, nous proposons les chapitres suivants ;

Chapitre 1 : Transfert de chaleur à travers une paroi

Chapitre 2 : Généralité sur les échangeurs de chaleur

Chapitre 3 : Réalisation d'un échangeur de chaleur coaxial

Chapitre 4 : Résultats et discussions

Chapitre 1

Transfert de chaleur à travers une paroi

1.1. Introduction:

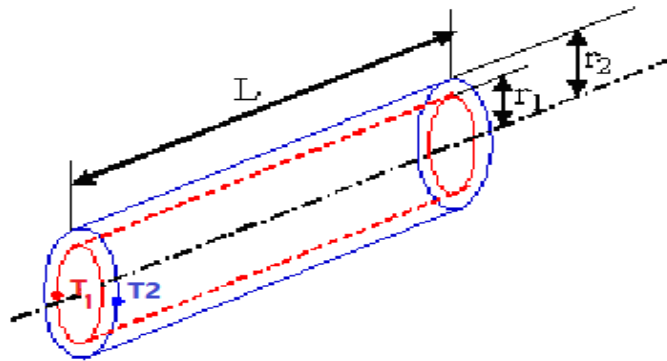
Pour mieux comprendre les échangeur et leur principe de fonctionnement, il faut avoir une idée sur le transfert de chaleur dans les tube monocouche et multi couches.

Dans ce chapitre nous avons cité des exemples de compréhension pour comprendre le reste des chapitre.

1.2. Conduction à travers la paroi d'un tube cylindrique circulaire

Considérons un tube cylindrique (voir figure 1.1)

Soient r_1 le rayon de la paroi interne, r_2 celui de la paroi externe, Θ_1 et Θ_2 , les températures respectives des faces interne et externe et λ la conductivité thermique moyenne entre T_1 et T_2 du matériau constituant le tube.



(Figure1.1) : Vue d'un tube cylindrique traversé par un flux de conduction

1.3. Expression du flux thermique à travers un tube cylindrique:

On désire connaître le flux thermique qui traverse le tube de l'intérieur vers l'extérieur (lorsque $T_1 > T_2$) pour une longueur L de tube. Par raison de symétrie, les lignes d'écoulement de la chaleur sont des droites dirigées selon des rayons. On dit que le transfert de chaleur est radial

Soit un cylindre de rayon intermédiaire " r " avec $r_1 < r < r_2$ et d'épaisseur de (voir figure 1.2)

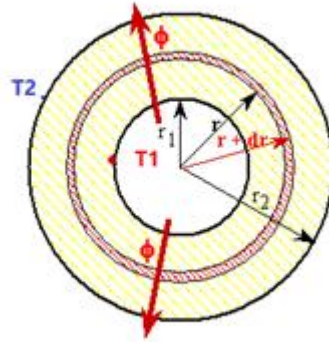


Figure 1.2 : Vue en coupe d'un tube cylindrique traversé par un flux de conduction

1.4. La densité de flux thermique à travers ce cylindre est donnée par la (loi de FOURIER) :

$$\Phi = -\lambda \cdot s \cdot \frac{dT}{dr} \dots \dots \dots (1)$$

Le flux thermique correspondant est : $\Phi = -\lambda \cdot s \cdot \frac{dT}{dr}$

S : étant l'aire de la surface latérale du cylindre de rayon **r** et de longueur **L** soit :

$$S = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot L$$

$$\text{donc : } \Phi = -\lambda \cdot 2\pi \cdot L r \cdot \frac{dT}{dr} \quad \text{ou encore} \quad dT = \frac{-\Phi}{\lambda \cdot 2\pi \cdot L} \cdot \frac{dr}{r}$$

Comme Φ est constant à travers tout cylindre coaxial de rayon **r** compris entre **r₁** et **r₂**, l'équation précédente peut donc s'intégrer de l'intérieur à l'extérieur du cylindre de la manière suivante :

$$\int_{T_2}^{T_1} dT = \frac{-\Phi}{\lambda \cdot 2\pi \cdot L} \cdot \int_{r_2}^{r_1} \frac{dr}{r}$$

$$T_1 - T_2 = \frac{-\Phi}{\lambda \cdot 2\pi \cdot L} (\ln r_2 - \ln r_1) = \frac{-\Phi}{\lambda \cdot 2\pi \cdot L} \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)$$

$$\text{d'où : } \Phi = \frac{\lambda \cdot 2\pi \cdot L}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)} (T_1 - T_2) \dots \dots \dots (2)$$

On **déduit l'expression** du flux thermique.

Remarque :

Ce flux ne dépend pas des dimensions absolues du tube. Il ne dépend que du rapport r_2 / r_1 . Transformons cette expression pour la rendre semblable à celle d'un mur plan :

Pour cela, rappelons la définition de la moyenne logarithmique appliquée aux deux rayons r_1 et r_2

$$r_{ml} = \frac{r_2 - r_1}{\ln \left(\frac{r_2}{r_1} \right)} = \frac{e}{\ln \left(\frac{r_2}{r_1} \right)}$$

e étant l'épaisseur du tube.

$$\text{d'où : } \ln \left(\frac{r_2}{r_1} \right) = \frac{e}{r_{ml}}$$

soit en remplaçant dans l'expression du **flux**

$$\phi = \frac{\lambda \cdot 2\pi \cdot L}{\ln \left(\frac{r_2}{r_1} \right)} (T_1 - T_2) = \frac{\lambda \cdot 2\pi \cdot L \cdot r_{ml}}{e} (T_1 - T_2) \dots\dots\dots(3)$$

La surface latérale interne du tube est : $S_1 = 2 \pi \cdot r_1 \cdot L$

La surface latérale externe du tube est : $S_2 = 2 \pi \cdot r_2 \cdot L$

La moyenne logarithmique de ces 2 surfaces est

$$S_{ml} = \frac{S_2 - S_1}{\ln \left(\frac{S_2}{S_1} \right)} = \frac{2\pi \cdot L \cdot (r_2 - r_1)}{\ln \left(\frac{2\pi \cdot L \cdot r_2}{2\pi \cdot L \cdot r_1} \right)} = 2\pi \cdot L \cdot \frac{(r_2 - r_1)}{\ln \left(\frac{r_2}{r_1} \right)} = 2\pi \cdot L \cdot r_{ml}$$

D'où l'expression finale du flux à travers un tube: $\phi = \frac{\lambda \cdot S_{ml}}{e} (T_1 - T_2)$

Cette expression est semblable à celle obtenue pour le mur plan, la surface S est remplacée par la surface moyenne logarithmique.

Très fréquemment, comme l'épaisseur du tube est faible, on peut remplacer la surface moyenne logarithmique par la surface moyenne arithmétique soit

$$S_{ma} = (S_1 + S_2) / 2 = \pi \cdot L \cdot (r_1 + r_2) \dots\dots\dots(4)$$

1.5. Expression de la résistance thermique d'un tube cylindrique:

A partir de l'expression du flux, on déduit l'expression de la résistance thermique d'un tube :

$$R = \frac{T_1 - T_2}{\Phi} = \frac{T_1 - T_2}{\frac{\lambda S_{ml}}{e} (T_1 - T_2)}$$

donc : $R = \frac{e}{\lambda S_{ml}}$

$$R = \frac{e}{\lambda S_{ml}} = \frac{r_2 - r_1}{\lambda 2\pi L \frac{(r_2 - r_1)}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}} = \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{\lambda 2\pi L}$$

Soit:

1.5.1 Exemple d'application :

Soit un tube d'acier 20/27 dont la température de la paroi interne est

$T_1 = 119,75^\circ\text{C}$ et celle de la paroi externe $T_2 = 119,64^\circ\text{C}$.

Conductivité thermique de l'acier : $\lambda = 46 \text{ W.m}^{-1}.\text{°C}^{-1}$

- a) la résistance thermique du tube pour une longueur de 1 m.
- b) le flux correspondant.

Réponse : a) La **résistance thermique** du tube pour une longueur de 1 m est :

$$R = \frac{e}{\lambda S_{ml}} = \frac{r_2 - r_1}{\lambda 2\pi L \frac{(r_2 - r_1)}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}} = \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{\lambda 2\pi L}$$

$$\Phi = \frac{T_1 - T_2}{R} = \frac{119.75 - 119.64}{1.038 \cdot 10^{-3}}$$

- Le **flux** traversant par conduction un tube de 1m de longueur est : donc

$$\Phi = 105,97 \text{ W}$$

$$R = \frac{\ln\left(\frac{27/2}{20/2}\right)}{46 \cdot 2\pi \cdot 1}$$

$$\text{donc } R = 1,038 \cdot 10^{-3} \text{ °C.W}^{-1}$$

1.6. Profil radial des températures à travers le tube:

Chaque cylindre concentrique constitue une surface isotherme. On peut donc parler de profil radial de température.

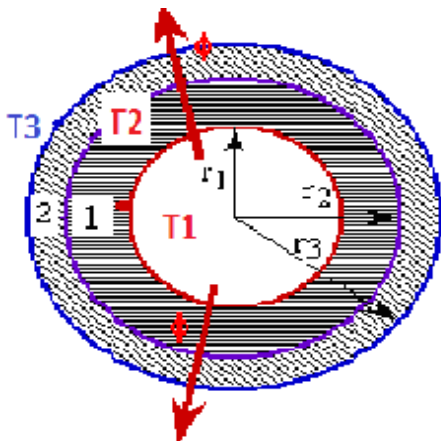
On intègre l'expression donnant dT en fonction de Φ et r et dr entre la face interne du tube de rayon r_1 et un cylindre de rayon r ($r_1 < r < r_2$) à la température T .

$$\text{d'où } \int_{r_1}^r dT = \frac{-\Phi}{\lambda \cdot 2\pi \cdot L} \cdot \int_{r_1}^r \frac{dr}{r} \quad \text{et} \quad T = T_1 \frac{-\Phi}{\lambda \cdot 2\pi \cdot L} \cdot \ln\left(\frac{r}{r_1}\right)$$

Cette expression montre que le long d'un rayon, la température décroît de T_1 et T_2 , selon une loi logarithmique. **Le profil radial des températures n'est pas linéaire.**

1.7 Conduction à travers deux tubes concentriques accolés:

Considérons 2 tubes concentriques de longueur L en contact thermique parfait (voir figure 1.3)



(Figure 1.3) : Vue en coupe de 2 tubes cylindriques accolés

T_1 est la température de la face interne du **tube 1** de conductivité thermique λ_1 .

T_3 est la température de la face externe du **tube 2** de conductivité thermique λ_2 .

T_2 est la température de l'interface entre les 2 tubes

1.8. Expression de la résistance thermique équivalente de deux tubes cylindriques accolés:

- Le **tube 1** constitue une première résistance thermique R_1 au transfert de chaleur.

$$R_1 = \frac{e_1}{\lambda_1 \cdot S_{1\text{mi}}}$$

e_1 étant l'épaisseur du **tube 1** et S_{1ml} la **surface moyenne logarithmique** du tube 1.

- **Le tube 2** constitue une seconde résistance thermique au transfert de chaleur :

$$R_2 = \frac{e_2}{\lambda_2 \cdot S_{2ml}}$$

e_2 étant l'épaisseur du **tube 2** et S_{2ml} la **surface moyenne logarithmique** du tube 2.

Ces 2 résistances sont placées en série et la résistance équivalente est :

$$R = R_1 + R_2 = \frac{e_1}{\lambda_1 \cdot S_{1ml}} + \frac{e_2}{\lambda_2 \cdot S_{2ml}}$$

1.9.Expression du flux thermique à travers deux tubes cylindriques accolés:

D'après la résistance équivalente calculée ci-dessus, **on déduit l'expression du flux thermique** : (si $T_1 > T_3$)

$$\phi = \frac{T_1 - T_3}{R_1 + R_2} = \frac{T_1 - T_3}{\frac{e_1}{\lambda_1 \cdot S_{1ml}} + \frac{e_2}{\lambda_2 \cdot S_{2ml}}}$$

Ce calcul s'applique pour déterminer l'effet d'un **calorifugeage** de tube ou pour prévoir l'augmentation de la résistance thermique quand un tube est encrassé ou entartré.

1.9.1 Exemple d'application :

L'intérieur du tube 20/27 étudié dans l'exemple précédent (1.4) est entartré sur une épaisseur de 2 mm.

On suppose que les températures intérieures et extérieures restent inchangées : la température de la paroi interne est $T_1 = 119,75^\circ\text{C}$ et celle de la paroi externe $T_2 = 119,64^\circ\text{C}$.

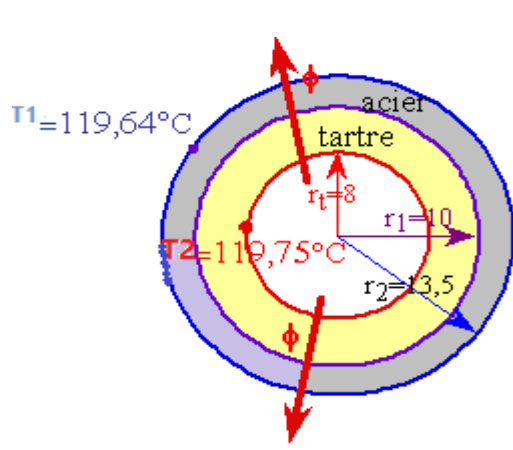
Calculer :

- **a)** la résistance thermique de la couche de tartre (pour une longueur de 1 m).
- **b)** la résistance équivalente du tube entartré.
- **c)** le flux thermique correspondant.

Conductivité thermique du tartre : $\lambda_c = 2,2 \text{ W.m}^{-1}.\text{°C}^{-1}$

Réponse :

- a) La résistance thermique de la couche de tartre R_t pour une longueur de 1 m est :



$$R_t = \frac{e_t}{\lambda_t S_{mt}} = \frac{r_1 - r_t}{\lambda_t 2\pi L \frac{(r_1 - r_t)}{\ln\left(\frac{r_1}{r_t}\right)}} = \frac{\ln\left(\frac{r_1}{r_t}\right)}{\lambda_t 2\pi L}$$

avec $r_t = r_1 - \text{épaisseur couche de tartre}$

$$R_t = \frac{\ln\left(\frac{10}{8}\right)}{2,2 \cdot 2\pi \cdot 1}$$

donc $R_t = 1,614 \cdot 10^{-2} \text{ °C.W}^{-1}$

(Figure 1.3) : Vue en coupe de 2 tubes cylindriques accolés

- La **résistance équivalente du tube entartré** est la somme de la résistance de la couche de tartre et de la résistance du tube en acier calculée précédemment soit :

$$R_{\text{totale}} = R_{\text{tube acier}} + R_{\text{tartre}} = 1,038 \cdot 10^{-3} + 1,614 \cdot 10^{-2} = 1,718 \cdot 10^{-2} \text{ °C.W}^{-1}$$

- c) Le **flux traversant le tube entartré** de 1m de longueur est :

$$\phi = \frac{T_1 - T_2}{R_{\text{totale}}} = \frac{119,75 - 119,64}{1,718 \cdot 10^{-2}}$$

$$\text{donc } \Phi = 6,4 \text{ W}$$

1.9.2 Analyse des résultats :

La présence du tartre réduit le flux à 6 W alors qu'en absence de tartre il était de 106 W.

1.10 Conclusion:

1. Un rappel sur le transfert de chaleur dans les tube a été fait.
2. Une exemple explicative de transfert monocouche (cylindre) a été rédiger pour bien comprendre le phénomène
3. Une exemple explicative de transfert monocouche (cylindre) a été rédiger pour bien comprendre le phénomène

Chapitre 2

Généralité sur les échangeurs de chaleur

2.1. Introduction

Les échangeurs les plus courants sont ceux dans lesquels l'un des fluides est séparé de l'autre par une paroi ou une cloison à travers laquelle la chaleur s'écoule. Ces types d'échangeurs sont appelés récupérateurs. Il existe de nombreux modèles de tels appareils allant du simple tuyau placé à l'intérieur d'un autre tuyau de quelques centimètres carrés de surface d'échange de chaleur. Dans notre cas où nous avons utilisés un échangeur à tube.

Dans les calculs qui suivent, nous avons retenu les hypothèses suivantes :

- Pas de pertes thermiques : la surface de séparation set la seule surface d'échange.
- Pas de changement de phase au cours du transfert.

2.2. Définition d'un échangeur de chaleur :

L'échangeur de chaleur est un appareil qui permet de transmettre de la chaleur d'un fluide à un autre. Le type le plus simple d'échangeur de chaleur est un récipient dans lequel un fluide froid et un fluide chaud sont directement mélangés. Dans un tel système, les deux fluides atteindront la même température finale et la quantité de chaleur transmise peut être calculée en égalant l'énergie perdue par le fluide le plus chaud à l'énergie récupérée par le fluide le plus froid.

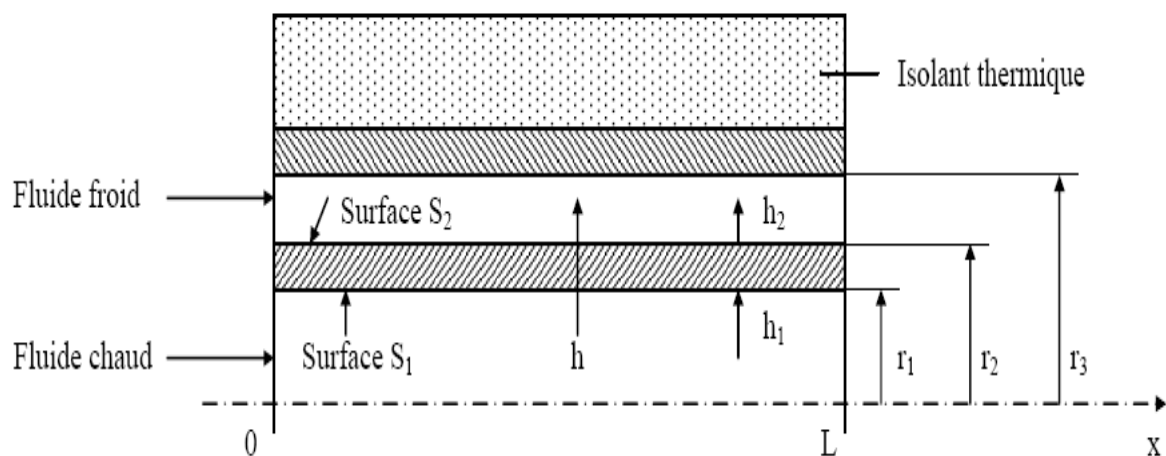


Figure 2.1 schéma d'un échangeur tubulaire simple

Le fluide entre dans l'échangeur à la température T_{1e} et en sort à T_{1s} , le fluide entre à T_{2e} et sort à T_{2s} deux modes de fonctionnement sont réalisables:

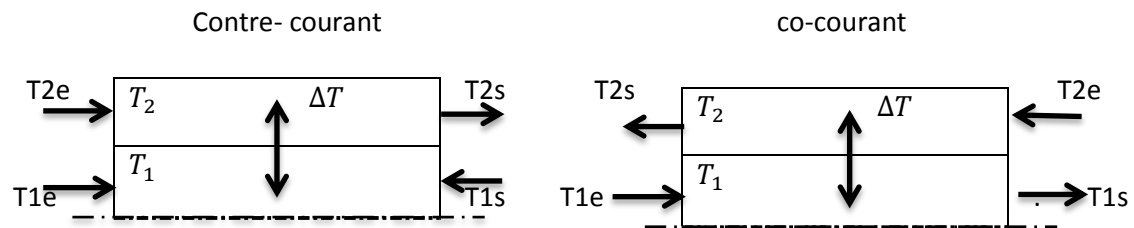


Figure 2.2: schématisation des fonctionnements à co-courant et à contre-courant

2.3. Les types d'échangeurs de chaleur:

2.3.1. Echangeurs tubulaires:



Figure 2.3 Echangeurs tubulaires

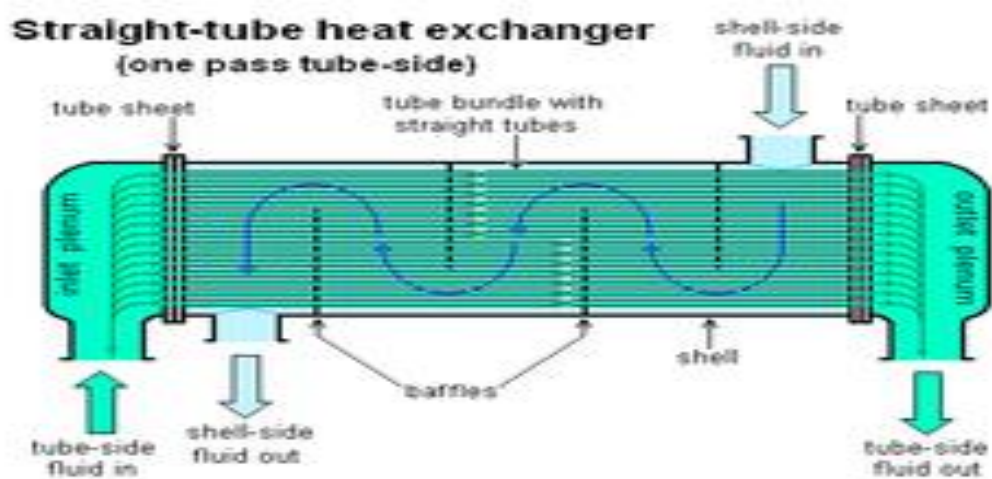
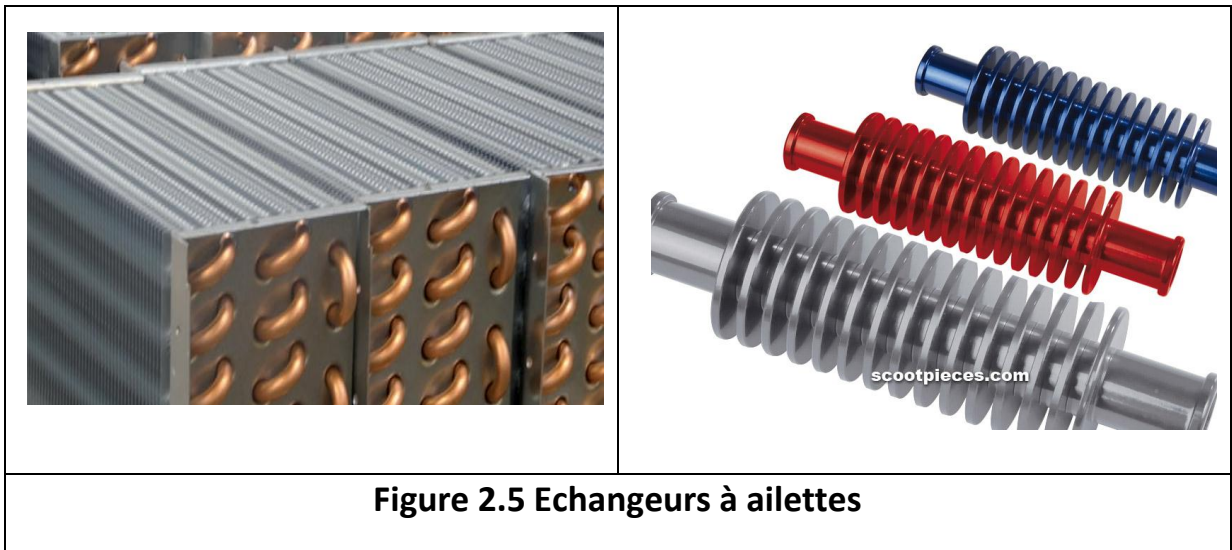
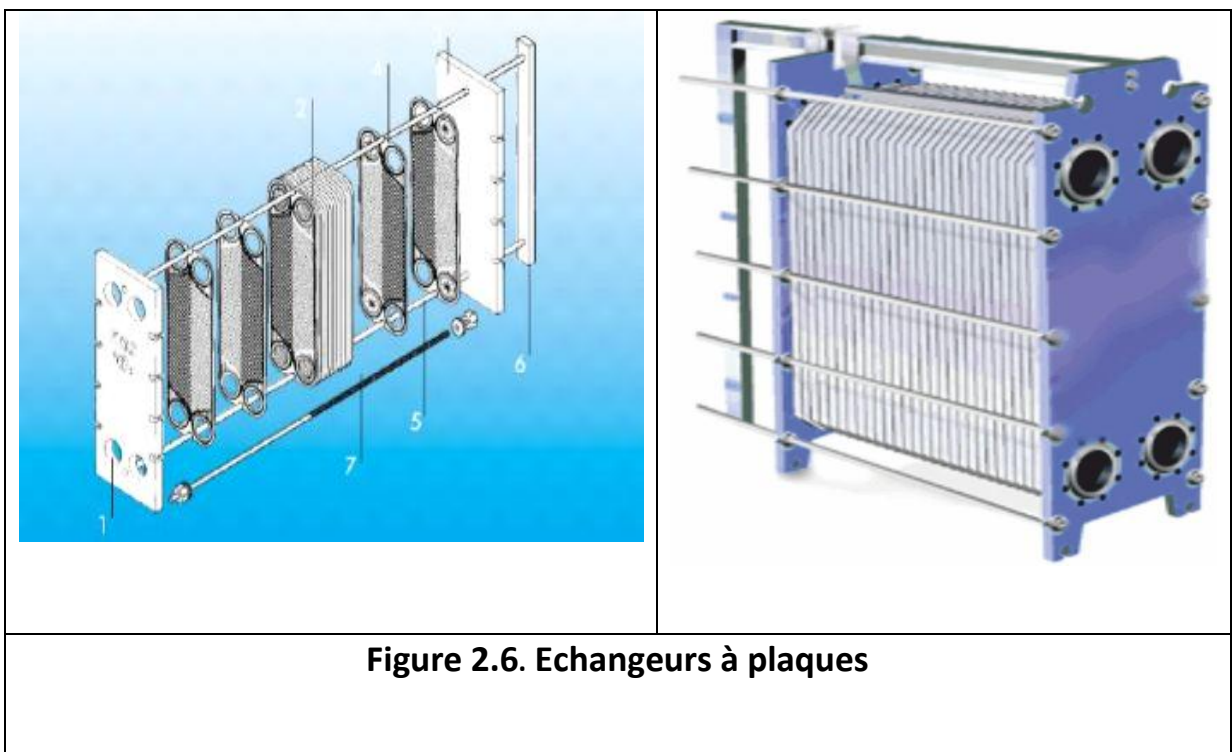


Figure 2.4 croquis d'echangeurs tubulaires

2.3.2.: Echangeurs à ailettes:



2.3.3. Echangeurs à plaques



2.3.4. échangeurs-chaleur-bateaux- :

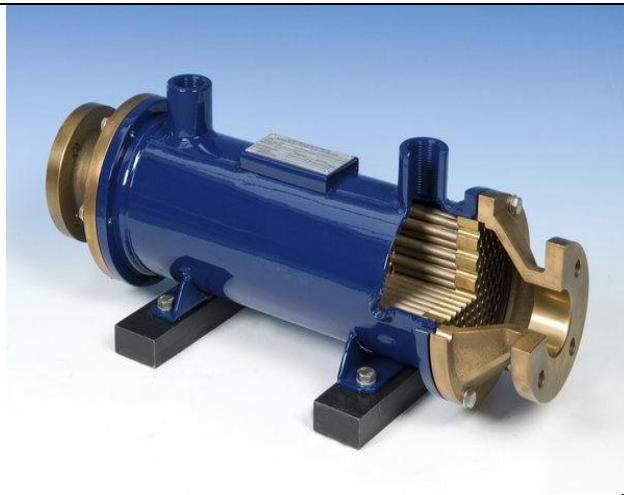


Figure 2.7. échangeurs chaleur bateaux

2.3.5. Echangeur de chaleur Spiral :

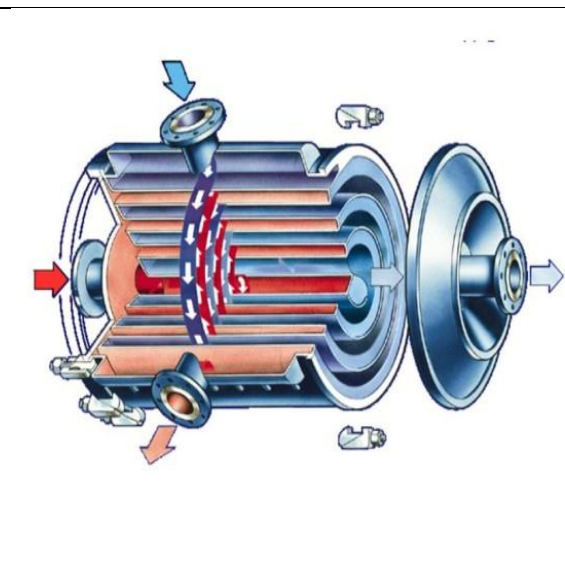
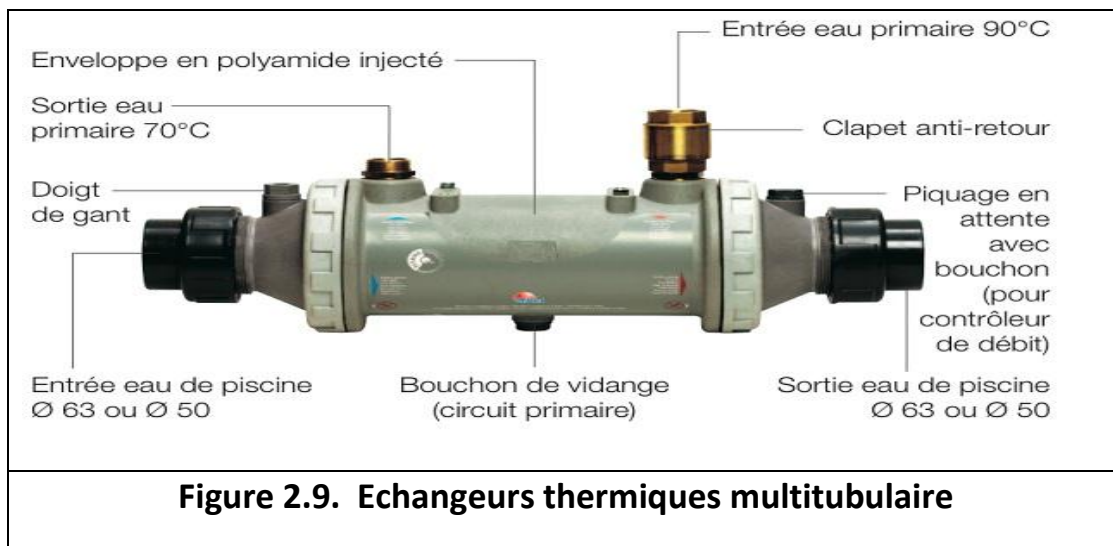
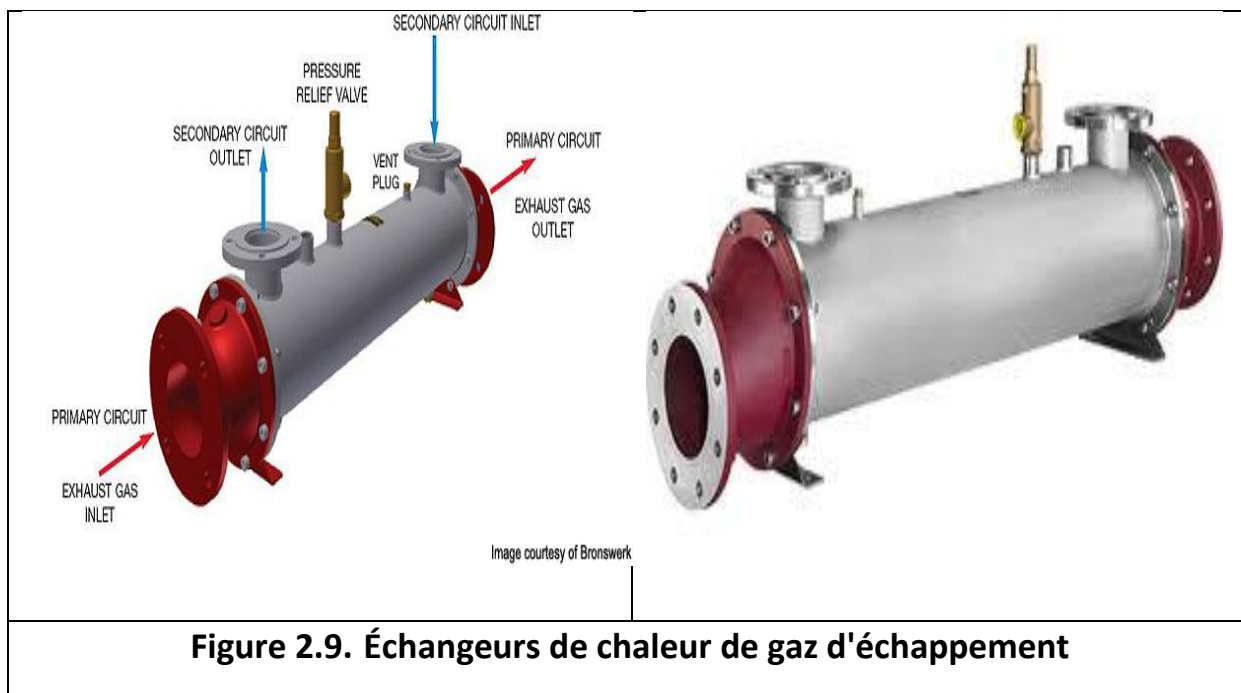


Figure 2.8. Echangeur de chaleur Spiral

2.3.6. Echangeurs thermiques multitubulaire :



2.3.7. Échangeurs de chaleur de gaz d'échappement :



2.3.8. Échangeur de chaleur coaxial de tube de bobine :



Figure 2.10. Échangeur de chaleur coaxial de tube de bobine

2.3.9. Échangeurs de chaleur – Refroidisseur- :

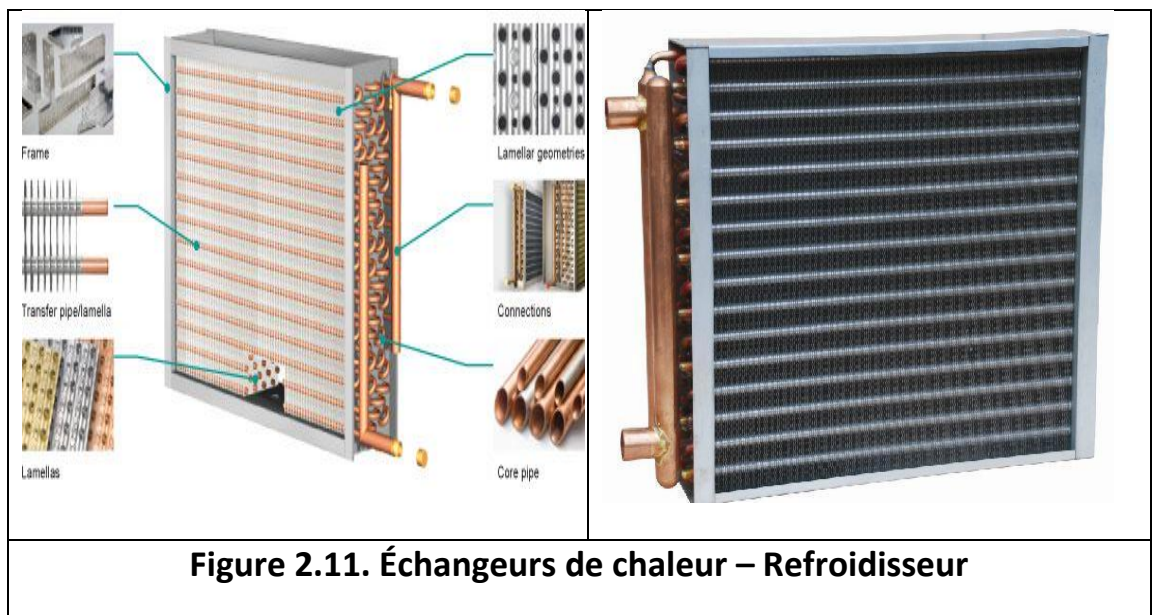
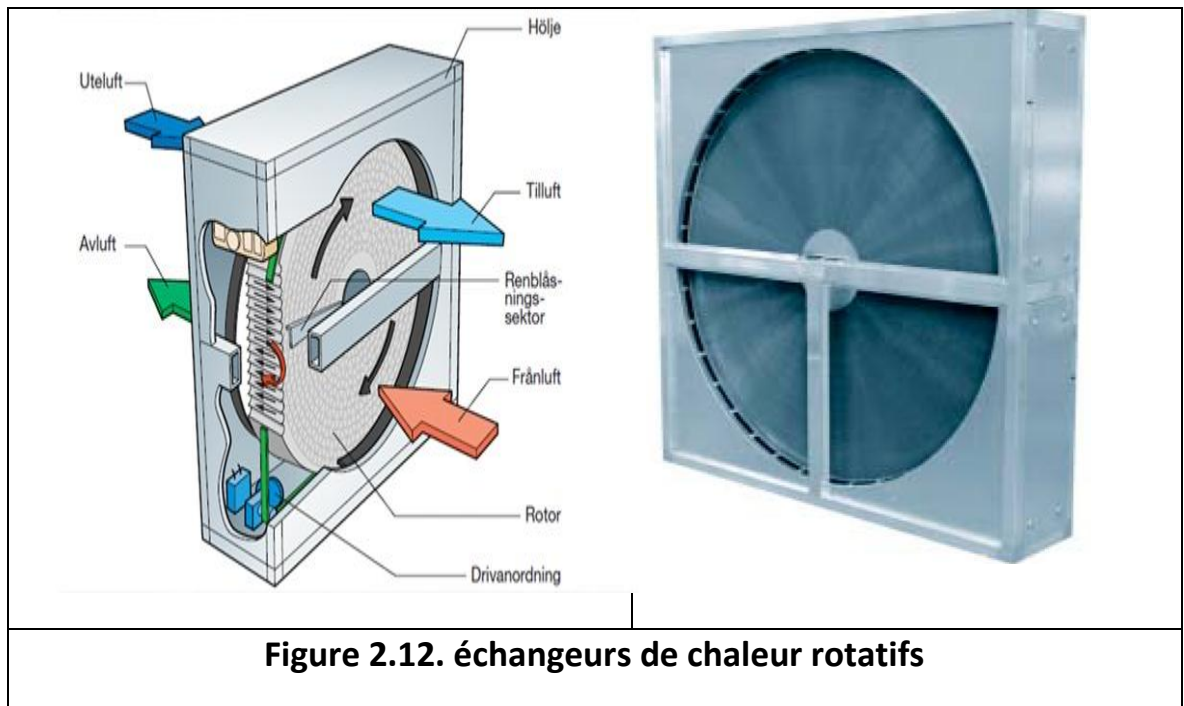


Figure 2.11. Échangeurs de chaleur – Refroidisseur

2.3.10. échangeurs de chaleur rotatifs:



Conclusion

1. Plusieurs type d'échangeurs ont été citer pour avoir une idée sur les différents type d'échangeurs.
2. L'échangeur a tube coaxial a été choisi comme l'objet de notre étude.
3. Un échangeur sera conçue pour le renforcement de notre étude et cela dans le prochain chapitre.

Chapitre 3

Réalisation d'un échangeur de chaleur coaxial

3.1. Introduction

Nous avons choisi de construire un échangeur a tube coaxiale vu la disponibilité du matériels dans le marché et vu la facilité de construction.

3.2. Les étapes de la réalisation de l'échangeur de chaleur

3.2.1. Matériels



Figure 3.1 tube cuivre



Figure 3.2 tube plastique



Figure 3.3 collie



Figure 3.4 thermocouple



Figure 3.5 montage des tubes en plastiques



Figure 3.6 montage de deux tubes plastiques et du tube



Figure 3.7 sortie et entrée de l'échangeur

3.3. Description

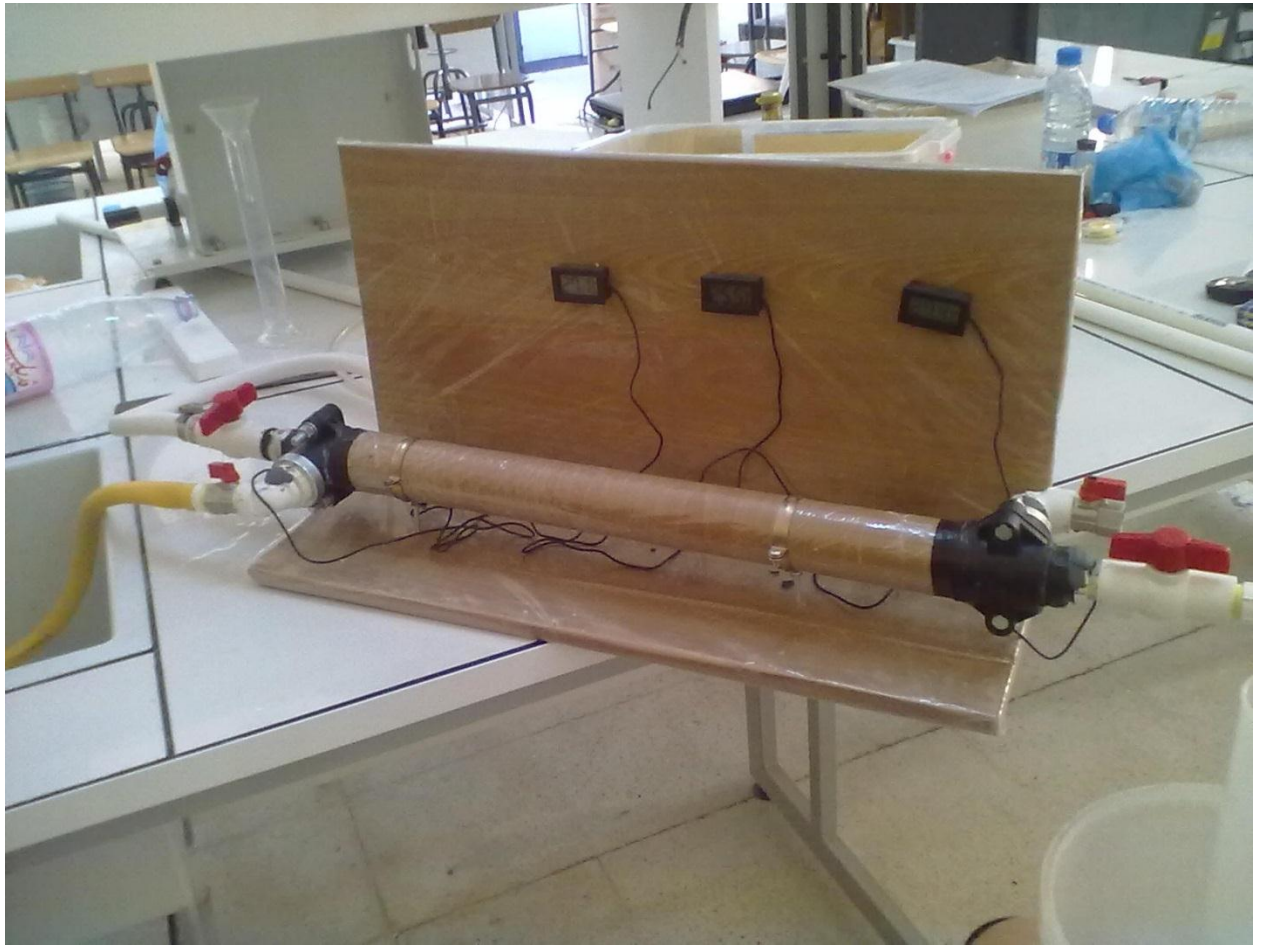


Figure 3.3.1. la maquette de l'échangeur

Les échangeurs de chaleur coaxiaux représentent la forme la plus simple des échangeurs de chaleur et sont utilisés en priorité pour le transfert de chaleur en cas d'écart important de pression ou entre des fluides à viscosité élevée (p. ex. boues d'épuration). Un avantage est l'écoulement uniforme traversant l'espace du tube. Dans cet espace, il n'existe pas de zones d'écoulement mortes. L'échangeur possède un circuit d'eau chaude et d'eau froide et tous les raccords nécessaires, cet appareil d'essai s'avère parfait pour étudier le fonctionnement et le comportement en fonctionnement d'un échangeur de chaleur coaxial.

L'eau chaude dans le tube intérieur et l'eau froide dans le tube extérieur

s'écoulent en continu. L'eau chaude transmet ainsi une partie de son énergie thermique à l'eau froide. Les débits d'eau chaude et d'eau froide sont ajustés à l'aide des vannes situées sur l'unité d'alimentation. Le flexible d'alimentation peut être branché et débranché à l'aide de raccords facilement détachables de manière à modifier le sens d'écoulement. Il est ainsi possible de réaliser un fonctionnement à courant parallèle et à contre-courant. Des capteurs de température permettant de mesurer les températures d'entrée et de sortie de l'eau se trouvent sur les raccords d'alimentation.

L'échangeur de chaleur coaxial comprend deux capteurs de température supplémentaires qui mesurent la température au-delà de la moitié de la section de transfert. Lors des essais, les profils de température sont enregistrés et représentés sous forme graphique. Le coefficient global moyen de transfert de chaleur est ensuite déterminé comme grandeur caractéristique.

3.2.3.Contenu didactique / Essais :

- fonctionnement et comportement en fonctionnement d'un échangeur de chaleur coaxial
- enregistrement de la température.
- * à courant parallèle
- * à contre-courant
- détermination du coefficient global moyen de transfert de chaleur
- comparaison avec les autres types d'échangeurs de chaleur

Conclusion

1. Un échangeur à tube coaxial a été conçu au niveau du laboratoire de mécanique et hydraulique de l'université d'El oued.
2. Des manipulations et des tests ont été faites.

CHAPITRE 4

Résultats et discussions

4.1.Introduction

Des expériences et des manipulations sont faites avec une grande facilité. Nous avons appliqué les formules théoriques sur notre échangeur et les résultats sont dans ce chapitre.

4.2. Expression du flux échangé:

$$\varphi = h \cdot s \cdot \Delta T$$

φ = flux de chaleur échangé

h = coefficient d'échange

s = surface du tub intérieur

ΔT = différences de températures

4.2.1Billon thermique :

$$Q_1 = q_{c1}(T_{1e} - T_{1s}) = q_{c2}(T_{2s} - T_{2e}) = Q_2$$

$$q_{c1} = m \cdot c_{p1} = q_{c2} = m \cdot c_{p2}$$

$$Q_1 = q_{c1}(T_{1e} - T_{1s}) =$$

$$m \cdot = Q_v \cdot \rho$$

$$Q_v = \frac{v}{t}$$

$$V = 200 \text{ ml} , t = 18 \text{ s} , \rho_{eau} = 1000 \text{ kg/m}^3 , c_p = 4.18 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

$$T_{1e} = 60^\circ\text{C} \quad T_{1s} = 47$$

Applique numérique:

$$Q_v = \frac{v}{t} = Q_v = \frac{0.2}{18} = 0.011 \text{ l/s} , Q_v = 0.011 \text{ l/s}$$

$$m \cdot = Q_v \cdot \rho = m \cdot = 0.011 \cdot 1000 = 11.11 \text{ kg/s} \quad m \cdot = 11.11 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$q_{c1} = m \cdot c_{p1} = q_{c1} = 11.11 \cdot 4.18 = 0.04598 \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

$$Q = q_{c1}(T_{1e} - T_{1s}) = 0.0458 \cdot (60 - 47) = 0.59774 \frac{\text{J}}{\text{s}} \quad Q = 0.59774 \text{ J/s}$$

Le coefficient global d'échange de transfert k :

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{h_1} + \frac{1}{h_2} + \frac{e}{\lambda} \quad \frac{w}{m^2} \cdot k$$

D= 22 mm , d=20 mm

$$h_1 = 1000 \quad \frac{w}{m^2} \cdot k, h_2 = 2000 \quad \frac{w}{m^2} \cdot k, \lambda = 46 \text{ w/m.k}$$

$$e = \frac{D-d}{2} = e = \frac{22-20}{2} 1.10^{-3} m$$

A.N:

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{h_1} + \frac{1}{h_2} + \frac{e}{\lambda} = \frac{1}{1000} + \frac{1}{2000} + \frac{1.10^{-3}}{46} = 15.10^{-4} \text{ w/m}^2 \cdot k$$

$$K = 657.14 \text{ w/m}^2 \cdot k$$

*Ordres de grandeur du coefficient global de transfert k de divers types d'échangeurs:

	coefficient global de transfert k (w/m ² . k)
Liquide – liquide	100-2000
Liquide - gaz	30-300
Condenseur	500-5000

Ref: Itroduction aux échangeurs de chaleur (Yves Jannot)

Le flux de chaleur échangé se met donc finalement sous la forma:

$$\varphi = k \cdot s \cdot \Delta T_{ml} \quad w$$

φ = flux de chaleur échangé.

k=coefficient global de transfert.

S= surface du tub intérieur.

ΔT_{ml} = températures moyenne logarithmique.

$$\Delta T_{ml} = \frac{\Delta T_s - \Delta T_e}{\ln\left(\frac{\Delta T_s}{\Delta T_e}\right)}$$

Co-courant:

$$\Delta T_e = (T_{1e} - T_{2e})$$

$$\Delta T_s = (T_{1s} - T_{2s})$$

canter-courant:

$$\Delta T_e (T_{1e} - T_{2s})$$

$$\Delta T_s (T_{1s} - T_{2e})$$

Exemple applique:

$$T_{1e} = 60^\circ\text{C} \quad T_{1s} = 47^\circ\text{C}$$

$$T_{2e} = 27^\circ\text{C} \quad T_{2s} = 36^\circ\text{C}$$

Fonctionnement Co-courant:

$$\Delta T_{ml} = \frac{(T_{1e} - T_{2e}) - (T_{1s} - T_{2s})}{\ln\left(\frac{(T_{1e} - T_{2e})}{(T_{1s} - T_{2s})}\right)} \quad \Delta T_{ml} = \frac{(60 - 27) - (47 - 36)}{\ln\left(\frac{(60 - 27)}{(47 - 36)}\right)} = 20.025^\circ\text{C}$$

Fonctionnement canter-courant:

$$\Delta T_{ml} = \frac{(T_{1e} - T_{2s}) - (T_{1s} - T_{2e})}{\ln\left(\frac{(T_{1e} - T_{2s})}{(T_{1s} - T_{2e})}\right)} \quad \Delta T_{ml} = \frac{(60 - 36) - (47 - 27)}{\ln\left(\frac{(60 - 36)}{(47 - 27)}\right)} = 21.939^\circ\text{C}$$

la distribution des températures dans un échangeur tubulaire à contre-courant présente l'une des allures suivante:

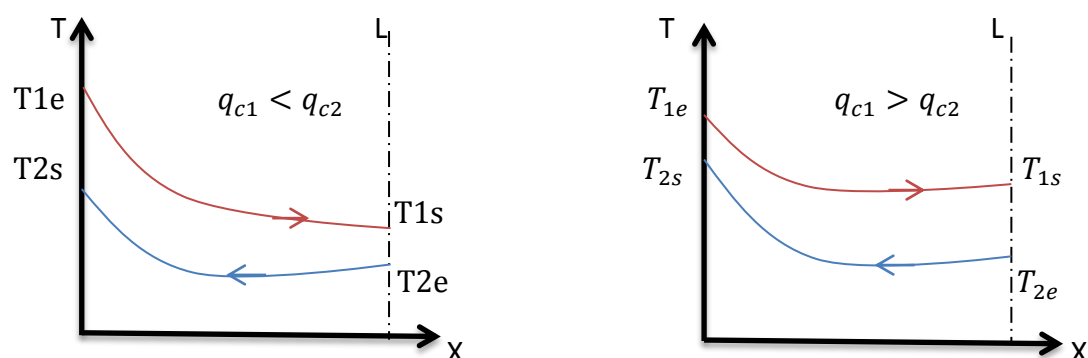


Figure 3. Evolution des températures dans un échangeur tubulaire fonctionnant à contre-courant

Remarque:

$q_{c1} < q_{c2}$ on dit que le fluide chaud commande le transfert:

si $L \rightarrow \infty$ alors $T_{1s} \rightarrow T_{2e}$ et $T_{2s} \neq T_{1e}$.

$q_{c1} > q_{c2}$ on dit que le fluide chaud commande le transfert:

si $L \rightarrow \infty$ alors $T_{2s} \rightarrow T_{1e}$ et $T_{1s} \neq T_{2e}$.

la distribution des températures dans un échangeur tubulaire à co-courant présente l'une des allures suivante:

$$T_{\text{lim}} = \frac{q_{c1} \cdot T_{1e} + q_{c2} \cdot T_{2e}}{q_{c1} + q_{c2}}$$

AN:

$$q_{c1} = q_{c2} = 0.04598 \text{ J/S}, T_{1e} = 60^\circ\text{C}, T_{2e} = 27^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{lim}} = \frac{0.04598 \cdot 60 + 0.04598 \cdot 27}{0.04598 + 0.04598} = 43.5^\circ\text{C}$$

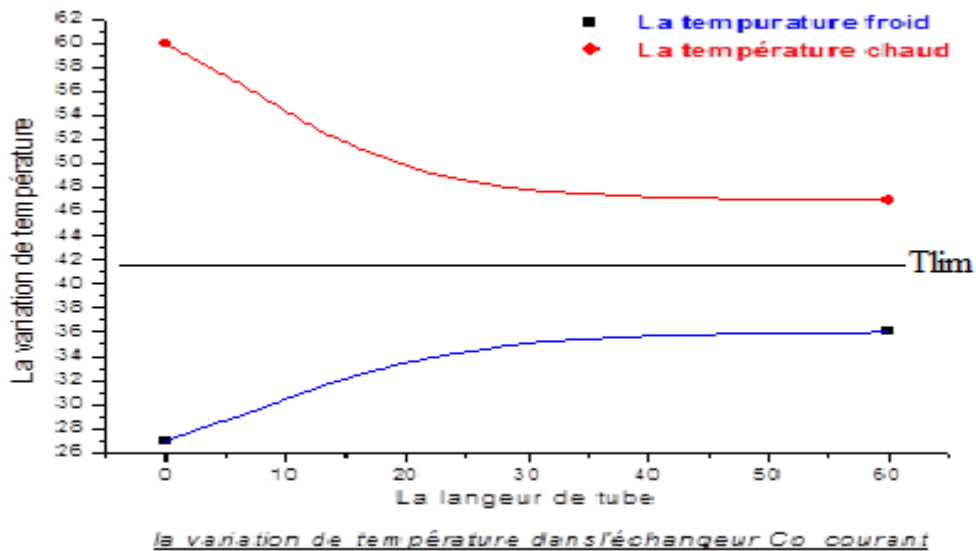


Figure 3. Evolution des températures dans un échangeur tubulaire fonctionnant à co-courant

Efficacité à échangeur de chaleur ce cas contre -courant:

$$E = \frac{T_{2s} - T_{2e}}{T_{1e} - T_{2e}}$$

$$R = \frac{T_{1e} - T_{1s}}{T_{2s} - T_{2e}}$$

AN:

$$E = \frac{38-29}{80-29} = 0.17$$

$$R = \frac{80-62}{38-29} = 2$$

Utiliser la méthode NUT:

$$NUT = \frac{1}{1-R} \ln \frac{1-ER}{1-E} = 0.22$$

Efficacité à échangeur de chaleur ce cas co-courant:

$$E' = \frac{1}{1+R} (1 - \exp(1 - (1+R).NUT))$$

$$E'=0.117$$

Table de résultat Expression:

cas: co-courant:

Tableau3.1 valeur de l'expérience 1

Co-courant	T_{1e}	T_{1s}	T_{2e}	T_{2s}	ΔT_s	ΔT_e
1	60	47	27	36	20	24
2	77	62	30	38	32	39
3	70	58	28	37	30	33
4	45	40	28	32	12	13
5	9	27	26	8	19	-17
6	9	10	27	26	-16	-18
7	8	10	26	25	-15	-18

contre-courant:

Tableau3.1 valeur de l'expérience 2

Contre-courant	T_{1e}	T_{1s}	T_{2e}	T_{2s}	ΔT_s	ΔT_e
1	76	57	29	38	28	38
2	80	62	29	38	33	42
3	76	62	29	38	36	38
4	79	64.5	29	42.5	35.5	36.5
5	7	8	26	26	-18	-19
6	4	8.5	23	24	-14.5	-20
7	6	9	23	25	-14	-19

Remarque : les valeurs négatives sont du a l'utilisation de l'eau glacée.

4.3.Conclusion

1. Des manipulations ont été faites sans la moindre problèmes.
2. Des résultats ont été tirés.
3. Des graphes ont été tracer.

Poster



Etude expérimentale d'un échangeur de chaleur à tube

Présenté par : Chérif Bessou, Elhadji Famer, Zaid Tahar
 Laboratoire de Génie Mécanique, LGM, Université de Saida

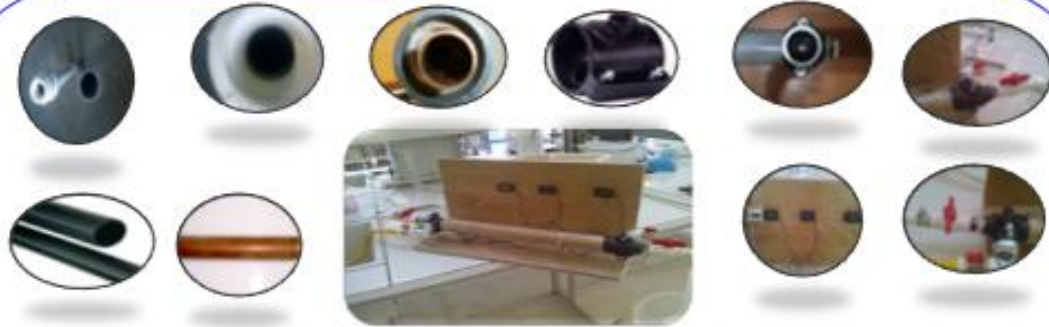


Introduction

L'échangeur de chaleur est un équipement qui permet d'assurer un transfert de chaleur d'un fluide chaud à un fluide froid sans contact direct entre les deux. Le même fluide peut servir à son rôle physique (liquide ou gazeux), ou agir comme un médiateur entre les deux phases, il est le cas des condensateurs, évaporateurs, bouilleurs, ou des tours de refroidissement.

Quelques données de base, à quoi servent-elles ?
 Quelles sont les performances d'un échangeur ?
 Quelles sont les limites de son utilisation ?

Les étapes de la réalisation de l'échangeur de chaleur



L'optimisation des processus d'usinage prend une place importante au niveau de la recherche scientifique industrielle dans un but de répondre à un double objectif : l'amélioration de la qualité des produits usinés et la réduction de coût et de temps d'usinage.

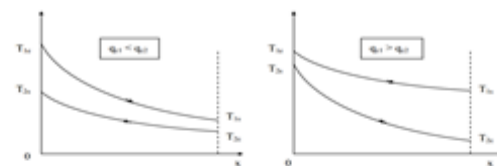
Résultats

contre-courant:

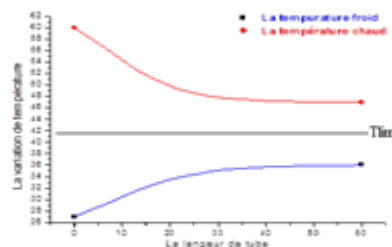
Temps	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
0	75	17	23	23	23	23
10	75	17	23	23	23	23
20	75	17	23	23	23	23
30	75	17	23	23	23	23
40	75	17	23	23	23	23
50	75	17	23	23	23	23
60	75	17	23	23	23	23
70	75	17	23	23	23	23
80	75	17	23	23	23	23
90	75	17	23	23	23	23
100	75	17	23	23	23	23

co-courant:

Temps	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
0	75	17	23	23	23	23
10	75	17	23	23	23	23
20	75	17	23	23	23	23
30	75	17	23	23	23	23
40	75	17	23	23	23	23
50	75	17	23	23	23	23
60	75	17	23	23	23	23
70	75	17	23	23	23	23
80	75	17	23	23	23	23
90	75	17	23	23	23	23
100	75	17	23	23	23	23



Evolution des températures dans un échangeur tubulaire fonctionnant à contre-courant



La variation de la température dans l'échangeur Co-courant

Conclusion

1. Des manipulations ont été faites sans aucune problème.
2. Les graphes ont été tracés et ils sont satisfaisants.
3. L'efficacité est de l'ordre 0.17
4. Les résultats sont conformes avec les résultats d'autres échangeurs.

Bibliographie

Conclusion générale

1. Des manipulations ont été faites sans aucune problème.
2. Les graphes ont été tracer et ils sont satisfaisants.
3. L'efficacité est de l'ordre 0.17
4. Les résultats sont conformes avec les résultats d'autres échangeurs.

Bibliographie

Résumé

Une maquette d'échangeur coaxiale a été conçue au niveau du laboratoire de mécanique et hydraulique de l'université d'El oued. Les résultats ont montré que l'efficacité est de l'ordre 0.17 et les graphes obtenus sont en bonne correspondance avec les graphes d'autres échangeurs.

Notre maquette elle est bonne pour les travaux pratiques au niveau des laboratoires pédagogiques soit universitaires ou dans les collèges.

ملخص

قمنا على مستوى مخبر الميكانيك والهيدروليك بجامعة الوادي بإنجاز نموذج مصغر لمبادل حراري حيث حصلنا على فاعلية تقدر 0.17 ومنحنيات متوافقة تقريبا مع التربينات البيداغوجية .

هذا النموذج صالح لإجراء الأعمال التطبيقية على مستوى المختبرات البيداغوجية الجامعية أو الثانوية.