



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
Peoples Democratic republic of Algeria  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministry of Higher Education and Scientific Research  
جامعة عبد الحميد بن باديس – مستغانم  
Abdel Hamid Ibn Badis University – Mostaganem  
كلية العلوم والتكنولوجيا  
Faculty of Sciences and Technology  
قسم هندسة الطرائق  
Department of Process Engineering



N° d'ordre:M2...../GPE/2021

# MEMOIRE DE FIN D'ETUDE DEMASTER ACADEMIQUE

**Filière : Génie des procédés  
Spécialité : Génie chimique**

## Thème

### ETUDE D'UN ECHANGEUR DE CHALEUR A PLAQUES

**Présenté par :**

**BENTATA karima**

**Soutenu le 13 /09/2021 devant le jury composé de :**

President: AEK. DJELLOUL	Professeur	Université de Mostaganem
Examineur : B. ABSAR	Professeur	Université de Mostaganem
Examinatrice : F. BENMEKKI	MAA	Université de Mostaganem
Encadrant(e) : Kh. SOLTANE	MAA	Université de Mostaganem

## ***Remerciements***

Je tiens tout d'abord à remercier Dieu pour m'avoir donné la santé, la volonté et le courage d'accomplir ce travail.

*Ce travail a été effectué au sein de l'Université **ABD ELHAMID IBN BADIS** de Mostaganem.*

*Je voudrais remercier mes parents qui sont eux je ne serré pas là ou j'en suis, tous ce qu'ils ont fait pour moi*

*Je remercié chaleureusement **Madame SOLTANE maitre assistante** au département de Génie des procédés qui a suivi et encadré ce travail avec intérêt*

Nos remerciements vont aux membres du jury président et examinateurs d'avoir accepté de juger mon travail. En l'occurrence Pr AEK. DJELLOUL, Professeur B. ABSAR, Mme F. BENMEKKI, qu'ils trouvent ici notre profonde reconnaissance.

*Et tous les membres du personnel du l'université **ABD ELHAMID IBN BADIS** pour leurs accueils.*

*Enfin je remercie mes amis et toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

## **Dédicace**

*Je dédie ce mémoire à :*

*Ma très chère mère*

*Mon cher père*

*Mes chères sœurs :*

*NOURIA CHAIMA*

*Mon cher frère*

*Sofiane*

*Ma grande mère*

*A toute la famille*

*Mes amis d'Université de ABD ELHAMID IBN BADIS*

# SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION GENERALE</b>	<b>1</b>
<b>CHAPITRE I. GENERALITES SUR LES ECHANGEURS DE CHALEUR</b>	
I.1. Les échangeurs de chaleurs	2
I.1.1 Définition	2
I.1.2. Types classiques des échangeurs de chaleur	2
I.1.2.1. Les échangeurs tubulaires	2
a-Echangeur monotube	2
b-Echangeur coaxial	2
c-Echangeur multitubulaire	2
I.1.2.2. Les échangeurs à plaques	3
I.1.3. Critères de classement des échangeurs	4
I.1.3.1. Classement technologique	4
I.1.3.2. Classement selon les écoulements	5
I.1.3.3. Classement suivant la nature du matériau de paroi d'échange	5
I.1.3.4. Classement suivant la compacité de l'échangeur	5
I.1.3.5. Classement suivant le mode de transfert de chaleur	6
I.1.3.5.1. Modes de transfert de chaleur	7
a.La conduction	7
b.La convection	7
c.Le rayonnement	8
I.1.3.6. Classement fonctionnel	8
I.1.4. Choix de l'échangeur	9
<b>CHAPITRE II. ETUDE D'UN ECHANGEUR A PLAQUE</b>	
II.1. Introduction	10
II.2. Structure de l'échangeur à plaques	11
II.3. Principe de fonctionnement	11
II.4. Types des échangeurs à plaque	12
II.4.1. Échangeurs à surface primaire	12
II.4.2. Échangeurs à plaques et joints	13
II.4.3. Échangeur Pack inox	13
II.5. Utilisation	14
II.6. Avantages et inconvénients des échangeurs de chaleurs à plaques	14

II.7. Maintenance	15
II.7.1. Etape de maintenance d'un échangeur à plaque	15
II.7.1.1. Maintenance d'échangeur à plaques : le nettoyage	16
II.7.1.2. Le nettoyage manuel des plaques	16
II.7.1.3. Le nettoyage des plaques en utilisant une cuve	17
<b>CHAPITRE III.CALCULS DES PARAMETRES ENERGETIQUES DE</b>	
<b>L'ECHANGEUR E-1104</b>	
III.1. Introduction	18
III.2. Présentation du circuit de l'échangeur	18
III.3. Les formules de calcul :	19
III.4. Exemple de calcul	20
III.4 .1. Exemple de calcul cas n° 01	20
III.4.2. Exemple de calcul cas n° 02	24
<b>CHAPITRE IV SIMULATION</b>	
IV.1. Introduction	25
IV.2. Définition	25
IV.4. Déclaration des variables	26
<b>CONCLUSION</b>	<b>36</b>

## Liste des figures

Figure I.1 : Les différents types d'échangeurs tubulaires	<b>3</b>
Figure I.2: Distribution en U mono passe dans un échangeur à plaque	<b>3</b>
Figure I.3 : Distribution en Z mono passe dans un échangeur à plaque	<b>4</b>
Figure I.4 : Les échangeurs à plaques	<b>4</b>
Figure I.5: Différents modes de circulation des fluide	<b>5</b>
Figure I.6 : Classification d'un échangeur en fonction de sa compacité	<b>5</b>
Figure I.7: Transfert thermique par conduction	<b>7</b>
Figure I.8 : Transfert thermique par convection	<b>8</b>
Figure I.9 : Transfert thermique par rayonnement	<b>8</b>
Figure II.1 : Echangeur à plaques	<b>10</b>
Figure II.2: Structure de l'échangeur à plaques	<b>11</b>
Figure II.3: Principe de fonctionnement d'un échangeur à plaque	<b>12</b>
Figure II.4: Différentes géométries de plaques d'échangeurs à surface primaire	<b>12</b>
Figure II.5: Echangeur à plaque et joints	<b>13</b>
Figure II.6: Échangeur Packinox	<b>13</b>
Figure. III.1 : Schéma de circulation des fluides à travers l'échangeur à plaques	<b>18</b>
Figure. III.2 : Diagramme des températures d'un échangeur à contre-courant	<b>18</b>
Figure. IV.1 : Fenêtre de commandes MATLAB	<b>26</b>
Figure. IV.2 : Moyenne logarithmique de la différence de température en fonction du débit massique d'eau froide	<b>29</b>
Figure. IV.3 : Le coefficient d'échange globale en fonction le débit massique d'eau froide	<b>29</b>
Figure. IV.4 : Le nombre d'unités de transfert en fonction du débit massique d'eau froide	<b>30</b>
Figure. IV.5 : L'efficacité en fonction du débit massique d'eau froide	<b>30</b>
Figure. IV.6 : Moyenne logarithmique de la différence de température en fonction du débit massique d'eau chaude	<b>33</b>
Figure. IV.7: Le coefficient d'échange globale en fonction du débit massique d'eau chaude	<b>34</b>
Figure. IV.8 : Le nombre d'unités de transfert en fonction du débit massique d'eau chaude	<b>34</b>
Figure. IV.9 : L'efficacité en fonction du débit massique d'eau chaude	<b>35</b>

### Liste des tableaux

<b>Tableau II.1</b> : Avantages et inconvénients des échangeurs de chaleurs à plaques	<b>15</b>
<b>Tableau III.1</b> : Caractéristique de l'eau chaude et froide. Le débit massique de l'eau chaude est constant : $Q_{mc} = 20.54$ kg/h	<b>20</b>
<b>Tableau III.2</b> : Caractéristique de l'eau chaude et froide. Le débit massique de l'eau froide $Q_{mf} = 23,33$ kg/h	<b>24</b>
<b>Tableau IV.1.</b> Les paramètres de calcul de l'échangeur pour la simulation1	<b>27</b>
<b>Tableau IV.2.</b> Les paramètres de calcul de l'échangeur pour la simulation2	<b>31</b>

## Nomenclatures

Symbole	Unité	Définition de la grandeur
$T_{ce}$	°C	Température entrée eau chaude.
$T_{cs}$	°C	Température de sortie eau chaude
$T_{fe}$	°C	Température entrée eau froide
$T_{fs}$	°C	Température de sortie eau froide
$S$	<b>m<sup>2</sup></b>	Surface d'échange
$E$	%	L'efficacité
NUT		Le nombre d'unités de transfert
DTLM	°C	Moyenne logarithmique de la différence de Température
$\Phi_c$	w	flux de chaleur du fluide chaud
$\Phi_f$	w	flux de chaleur du fluide froid
$K$	<b>W/m<sup>2</sup>K</b>	Le coefficient d'échange d'un échangeur
$Q_{mc}$	<b>Kg/s</b>	Débit massique d'eau chaude
$Q_{mf}$	<b>Kg/s</b>	Débit massique d'eau froide
$C_{pc}$	J/Kg. °C	Chaleur massique de l'eau chaude
$C_{pf}$	J/Kg. °C	Chaleur massique de l'eau froide

# **INTRODUCTION GENERALE**

## **Introduction générale :**

Les échanges thermiques interviennent dans de nombreux secteurs d'activités humaines. Dans la plupart de ces activités, le transfert de chaleur doit s'effectuer sans altération des milieux intervenant dans le transfert thermique. L'utilisation d'équipements spécifiques d'échange est alors nécessaire. Ces équipements sont connus sous la dénomination d'échangeurs de chaleur.

Ce sont des systèmes thermodynamiques présents dans toutes les unités industrielles dans lesquelles interviennent les processus d'extraction de chaleur.

Les échangeurs de chaleur sont des appareils qui fournissent l'énergie thermique d'écoulement entre deux ou plusieurs fluides à des températures différentes. Ils sont utilisés dans une large variété d'applications, ceux-ci incluent la production d'énergie ; les industries alimentaires, de produit chimique ; dans le domaine d'électronique ; technologie environnementale ; rétablissement de chaleur résiduelle ; industrie ; et climatisation, réfrigération, et applications de l'espace. [1]

Le domaine des échangeurs de chaleurs peut être considéré comme une synthèse des domaines suivants : transferts thermiques, mécanique des fluides, corrosion, encrassement.[2]

L'échangeur étudié est du type échangeur à plaques, ce dernier fonctionne dans des conditions de débits et températures variables.

Notre étude envisagée dans ce travail, est la mise en évidence les paramètres énergétiques et calorifiques de cet échangeur, tout en comparant les résultats calculés par rapport le simulateur.

Dans le premier chapitre, nous allons présenter des généralités sur les différents types d'échangeurs et leurs domaines d'utilisations.

Suivi d'un chapitre, présente d'une étude sur l'environnement et le fonctionnement de l'échangeur à plaques.

Le troisième chapitre sera consacré à la détermination des paramètres énergétiques tels que : le flux de chaleur, le coefficient d'échange globale et l'efficacité, en se basant sur les analyses par deux méthodes : la méthode de différence de température logarithmique moyenne, et celle du nombre d'unité de transfert.

Le quatrième chapitre simulation à l'aide du programme MATLAB et interprétation des résultats

Finalement ce mémoire sera terminé par une conclusion générale, et proposition de quelques perspectives.

# **CHAPITRE I**

## **GENERALITES SUR LES ECHANGEURS DE CHALEUR**

## **I.1. Les échangeur de chaleur :**

### **I.1.1. Définition :**

Un échangeur de chaleur est un système qui permet d'échanger la chaleur entre deux fluides ou plus. Dans un échangeur thermique, le fluide chaud et le fluide froid sont séparés par une paroi bien adaptée et par principe la transmission de la chaleur se fait du fluide chaud vers le fluide froid. [3]

### **I.1.2. Types classiques des échangeurs de chaleur :**

Pour résoudre des problèmes d'échanges thermiques, l'utilisateur se trouve devant une grande variété de produits, dont les principales catégories sont :

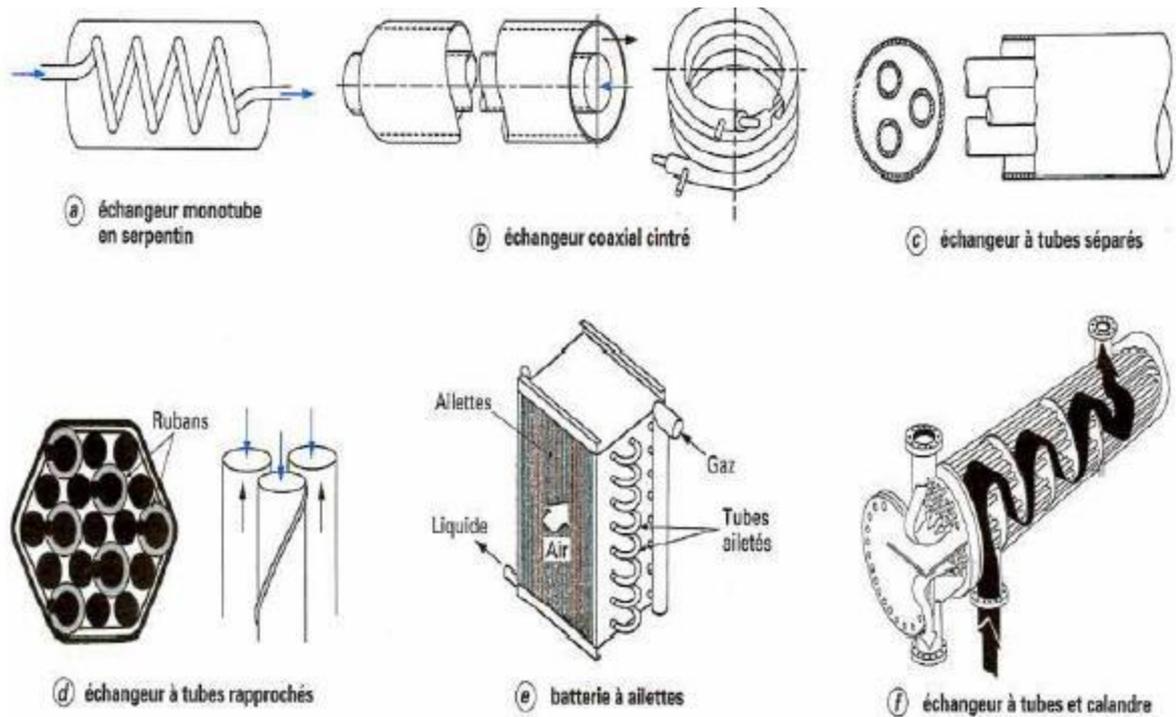
- les échangeurs à plaques.
- les échangeurs tubulaires.

#### **I.1.2.1. Echangeurs tubulaires :**

Ce sont de loin les échangeurs les plus répandus, simple de conception et d'utilisation, ils sont répertoriés comme suit :

- a) échangeur monotube** (figure **I.5.a**), dans lequel le tube est placé à l'intérieur d'un réservoir et a généralement la forme d'un serpentin.
- b) échangeur coaxial** (figure **I.5.b**), dans lequel les tubes sont le plus souvent cintrés ; en général, le fluide chaud ou le fluide à haute pression s'écoule dans le tube intérieur ;
- c) échangeur multitubulaire**, existant sous quatre formes [4]

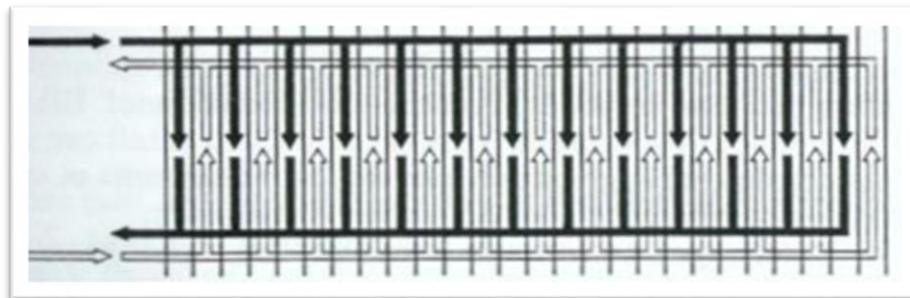
1. Echangeur à tubes séparés
2. Echangeurs à tubes rapprochés
3. Echangeurs à tubes ailettes
4. Echangeur à calandre



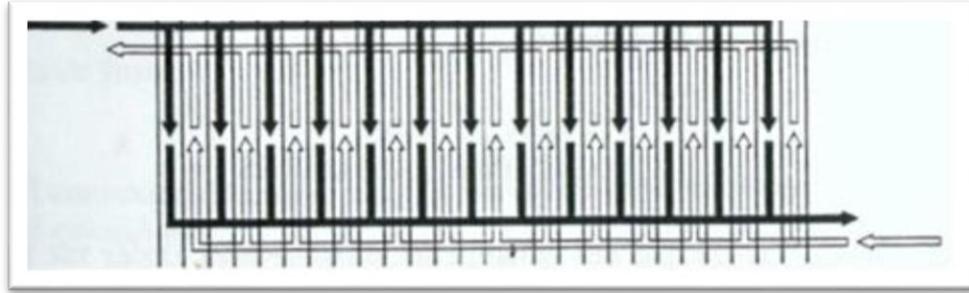
**Figure I.1: Les différents types des échangeurs tubulaires**

### I.1.2.2. Les échangeurs à plaques :

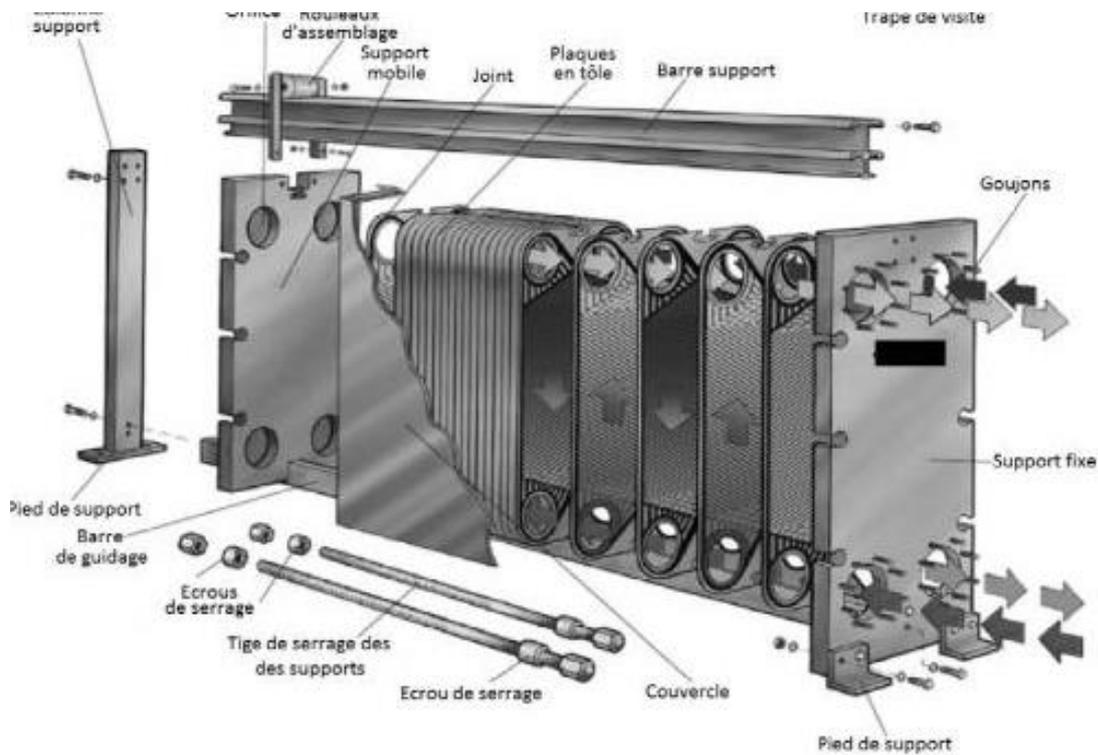
Ils sont constitués par un empilement de plaques garnies de joints d'étanchéité à leur périphérie ; les fluides s'écoulent entre ces plaques dans des canaux plats ou la circulation peut être soit diagonale ou latérale. Il y a alternance du fluide froid et du fluide chaud d'un canal au suivant, globalement, la distribution des fluides entre les canaux se fait en U, en Z ou un schéma multi-passes. Ils sont surtout recommandés lorsqu'il s'agit de transférer de la chaleur entre deux liquides, d'une part parce que la surface d'échange est importante par rapport au volume de l'appareil et d'autre part parce que les fluides se trouvent en turbulence au cours de la traversée de l'appareil.



**Figure I.2: Distribution en U mono passe dans un échangeur à plaque**



**Figure I.3 :** Distribution en Z mono passe dans un échangeur à plaque



**Figure I.4: Les échangeurs à plaques**

### **I.1.3. Critères de classement des échangeurs :**

Il existe plusieurs critères de classement des différents types d'échangeurs de chaleur, ces derniers peuvent être classés comme suit :

#### **I.1.3.1. Classement technologique :**

Les principaux types d'échangeurs rencontrés dans ce type, sont les suivants :

- Les échangeurs à tubes : monotubes, coaxiaux ou multitubulaires.
- Les échangeurs à plaques : à surface primaire ou à surface secondaire.
- Les échangeurs d'autres types : contact direct, à caloducs ou à lit fluidisé

### I.1.3.2. Classement selon les écoulements :

Une classification des échangeurs peut être établie d'après le sens relatif des écoulements des fluides. On distingue ainsi notamment :[4]

- Les échangeurs à courants parallèles : les deux fluides s'écoulent parallèlement et dans le même sens
- Les échangeurs a contre-courant : les deux fluides s'écoulent parallèlement et dans un sens contraire.
- Les échangeurs à courant-croisé : les deux fluides s'écoulent perpendiculairement l'un à l'autre.

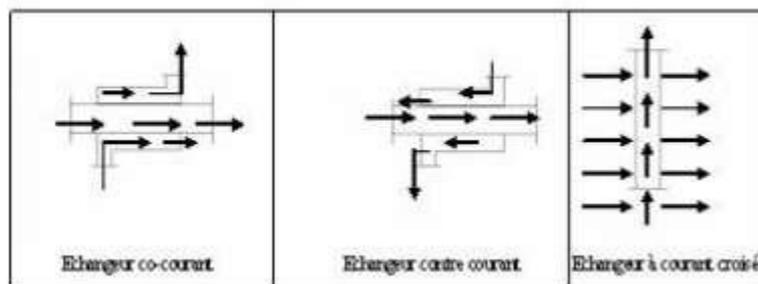


Figure I.5 : Différents modes de circulation des fluides

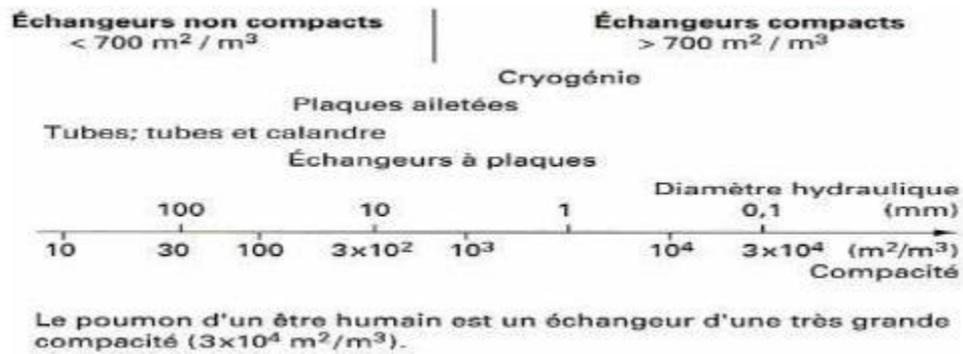
### I.1.3.3. Classement suivant la nature du matériau de paroi d'échange :

On retiendra deux types de paroi :[4]

- les échangeurs métalliques en acier, cuivre, aluminium ou matériaux spéciaux superalliages, métaux ou alliages réfractaires ;
- les échangeurs non métalliques en plastique, céramique, graphite, verre, etc.

### I.1.3.4. Classement suivant la compacité de l'échangeur :

La compacité est définie par le rapport de l'aire de la surface d'échange au volume de l'échangeur. R.K. Shah propose qu'un échangeur soit considéré comme compact si sa compacité est supérieure à  $700 \text{ m}^{-1}$ ; cette valeur est susceptible de varier de  $500$  à  $800 \text{ m}^{-1}$ . Une classification en fonction de la compacité est représentée sur la (Figure I.6) :



**Figure I.6 :** Classification d'un échangeur en fonction de sa compacité [4]

Bien évidemment, ces différents paramètres ne sont pas détachés, et sont souvent regroupés dans un seul échangeur. Aussi on choisira de faire une autre classification qui se rapproche plus de la réalité des échangeurs qu'on peut croiser dans les industries

Tout d'abord nous commencerons par décrire les échangeurs tubulaires et à plaques pour des raisons technologiques, ensuite nous passerons aux évaporateurs et condenseurs pour leurs applications un peu particulières.

### **I.1.3 .5. Classement suivant le mode de transfert de chaleur :**

Lorsqu'un corps plus chaud se trouve en présence d'un corps plus froid l'expérience nous montre qu'il y a transmission de chaleur, c'est à dire qu'une augmentation de température se produit dans le corps le plus froid et une diminution de température se produit dans le corps le plus chaud ; la transmission de chaleur demeure jusqu'à ce que les températures des deux corps soient égales. Ainsi, dans le même corps il y a transmission de chaleur lorsque deux points présentent des températures différentes.

D'après ce que nous venons de dire la transmission de chaleur se produit en cas de différence de températures. En effet c'est l'unique condition car, comme nous le verrons par la suite, il n'est pas nécessaire que les corps soient en contact direct pour qu'il y ait transmission de chaleur.[4]

### I.1.3.5.1. Modes de transfert de chaleur :

Il y a trois modes de transfert de chaleur :

- a. Conduction
- b. Convection
- c. Rayonnement

#### ❖ La conduction :

Est définie comme étant le mode de transmission de la chaleur provoquée par la différence de température entre deux régions d'un milieu solide, liquide ou gazeux au repos, ou encore entre deux milieux en contact physique. (Les atomes se transmettent la chaleur de proche en proche).

Le transfert de chaleur par conduction caractérise tous les transferts de chaleur qui s'effectuent dans les parois séparant deux corps à des températures différentes. C'est le cas des surfaces d'échange des échangeurs de chaleur.[4]

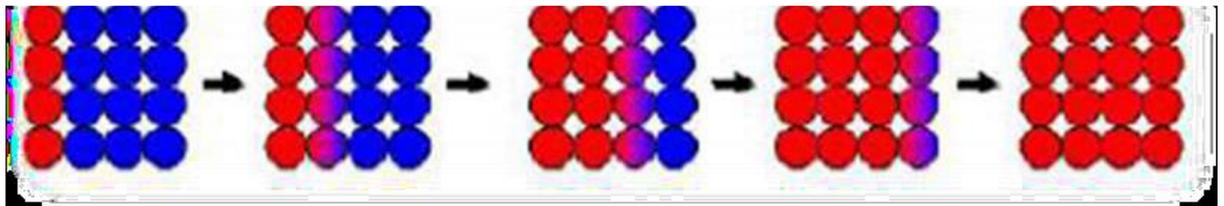


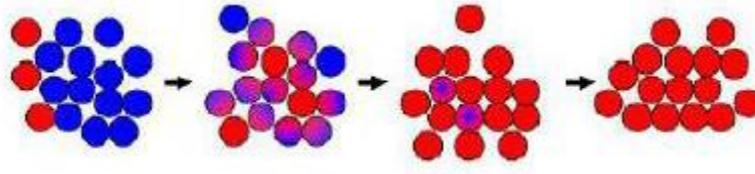
Figure I.7 : Transfert thermique par conduction

#### ❖ La convection :

Consiste en une transmission de chaleur par le mouvement réel des molécules en raison d'une différence de température. C'est un processus caractéristique des liquides et des gaz : les particules proches d'une source de chaleur. Présentent une température plus élevée et, par conséquent, une densité inférieure par rapport aux autres, ces particules s'élèvent à l'intérieur du fluide et sont remplacées par des particules plus froides. Ainsi, une transmission de chaleur se produit par l'intermédiaire du mouvement des différentes particules.

Les applications du transfert de chaleur par convection sont beaucoup trop nombreuses. Elles interviennent chaque fois que l'on chauffe ou que l'on refroidit un liquide ou un gaz.

La convection s'applique même si la surface d'échange n'est pas matérialisée par une paroi, ce qui est le cas des condenseurs par mélange ou des réfrigérants atmosphériques.



**Figure I.8 :** Transfert thermique par convection

#### ❖ **Le Rayonnement :**

Est l'écoulement de chaleur par ondes électromagnétique d'un corps haute température vers un corps à température plus basse. Il y a rayonnement lorsque les corps sont séparés par des molécules soit lorsqu'ils se trouvent dans le vide.

Le rayonnement permet le transfert de chaleur sans aucun intermédiaire matériel (comme le soleil qui transmet la chaleur vers les planètes)



**Figure I.9 :** Transfert thermique par rayonnement.[4]

#### **I.1.3 .6. Classement fonctionnel :**

Le passage des fluides dans l'échangeur peut s'effectuer avec ou sans changement de phase, suivant le cas, on dit que l'on a un écoulement monophasique ou diphasique. On rencontre alors les différents cas suivants [4] :

- Les deux fluides ont un écoulement monophasique.
- Un seul fluide a un écoulement avec changement de phase, cas des évaporateurs ou des condenseurs.

- Les deux fluides ont un écoulement avec changement de phase, cas des évapore condenseurs.

#### **I.1.4. Choix de l'échangeur:**

Le choix d'un échangeur de chaleur pour une application donnée dépend de nombreux paramètres : les propriétés physiques des fluides, leur agressivité, les températures, ainsi que les pressions de service. Les contraintes d'encombrement et de maintenance doivent aussi être prises en compte, ainsi que les considérations économiques.

Tout d'abord, les échangeurs à faisceau tubulaire sont choisis pour des raisons technologiques.

Puis, résiste aux fortes pressions et ces derniers sont économiques.

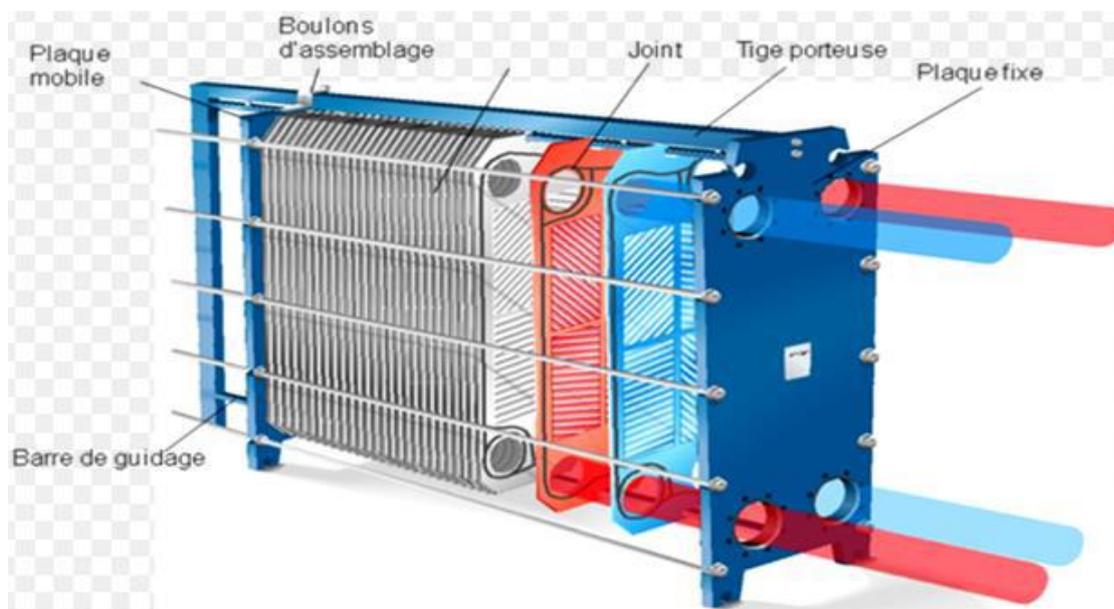
# **CHAPITRE II :**

## **ETUDE D'UN ECHANGEUR A PLAQUE**

## II.1.Introduction:

Les échangeurs à plaques sont constitués par un assemblage de plaques cannelées indépendantes. Les plaques sont encastrées et serrées dans un bâti. Chaque paire de plaques adjacentes forme un canal et les deux fluides (produits et fluide caloporteur) circulent alternativement dans les canaux. Des profils spéciaux sont utilisés pour augmenter la turbulence, augmenter ainsi le coefficient de convection. Les plaques sont équipées de joints permettant d'éviter tout mélange des fluides.

L'échangeur à plaques est un appareil qui permet un transfert de chaleur entre deux liquides ayant des températures différentes et ce, sans contact direct entre les liquides. Ce sont des plaques d'acier inoxydable qui assurent le passage de la chaleur d'un liquide à l'autre (voir figure II-1).

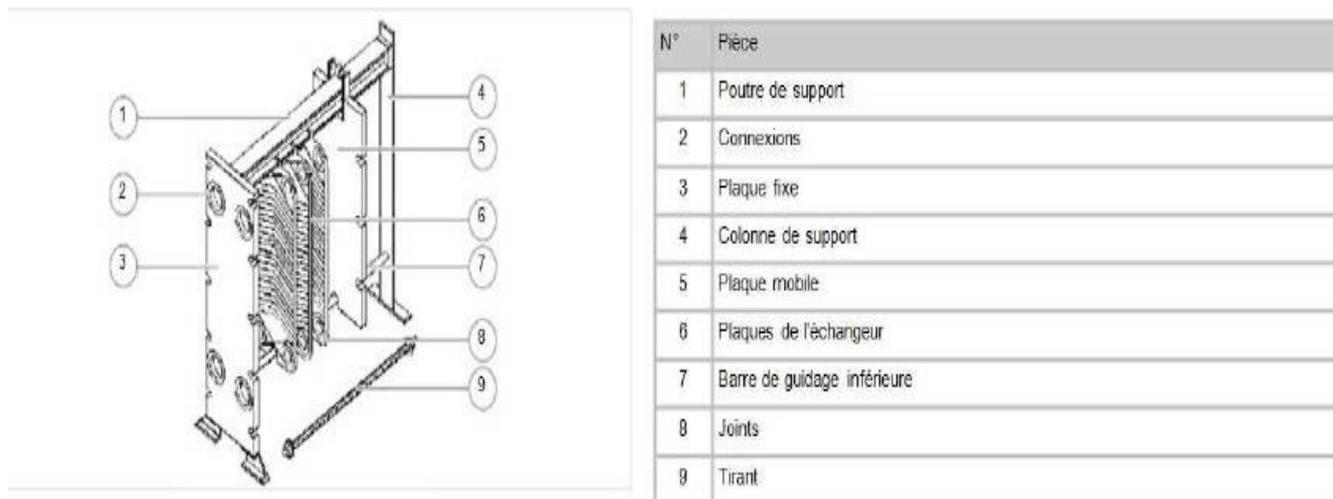


**Figure II.1 : Echangeur à plaques**

## II.2. Structure de l'échangeur à plaque:

Le schéma ci-dessous présente la structure de base d'un échangeur de chaleur à plaques.

La réalisation finale est spécifique à chaque application :



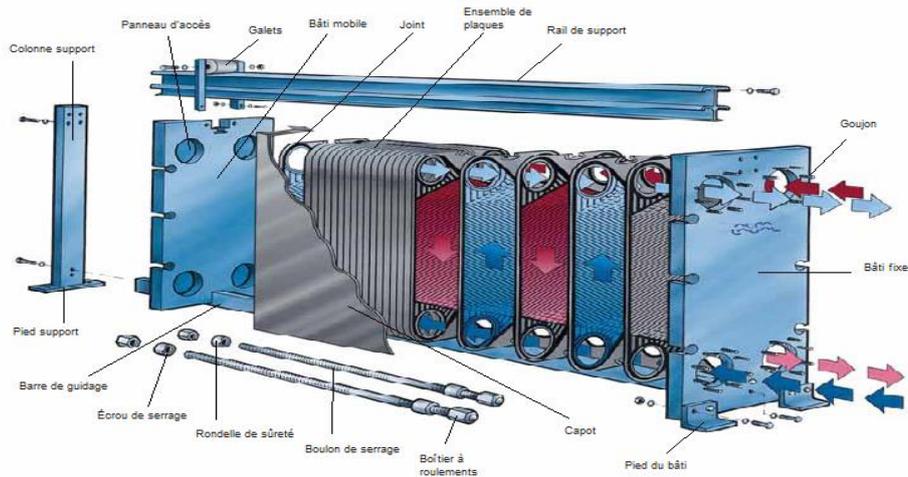
**Figure II.2 :** Structure de l'échangeur à plaques

## II.3. Principe de fonctionnement :

L'échangeur de chaleur à plaques comprend des plaques profilées et empilées présentant des orifices de passage et formant un paquet de fentes d'écoulement. Les canaux (créés par l'empilement des plaques) sont parcourus, à raison d'un sur deux, par les deux fluides participant à l'échange de chaleur.

Les canaux sont formés entre les plaques et les passages de coins sont disposés de façon que les deux milieux circulent par des canaux alternatifs. La chaleur est transférée à travers la plaque entre les canaux et le flux à contre-courant est créé pour assurer une plus grande efficacité.

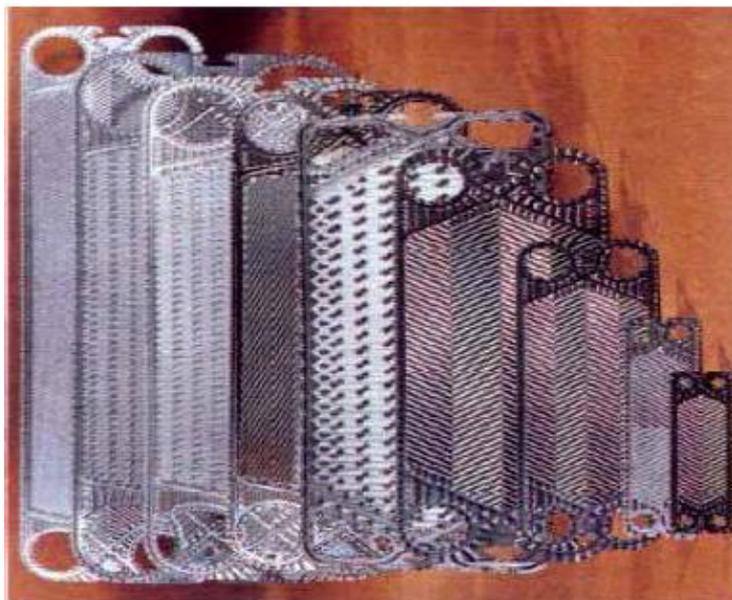
L'ondulation des plaques fournit le passage entre elles, supportent chaque plaque contre adjacente, et augmente la turbulence, donnant lieu à un transfert de chaleur plus efficace.



**Figure.II.3** : Principe de fonctionnement d'un échangeur à plaques

## II.4. Types des échangeurs à plaque :

**II.4.1. Échangeurs à surface primaire :** Les échangeurs à surface primaire sont constitués de plaques corruguées, nervurées ou picotées. Le dessin du profil de plaques peut être assez varié mais il a toujours un double rôle d'intensification du transfert de chaleur et de tenue à la pression par multiplication des points de contact.



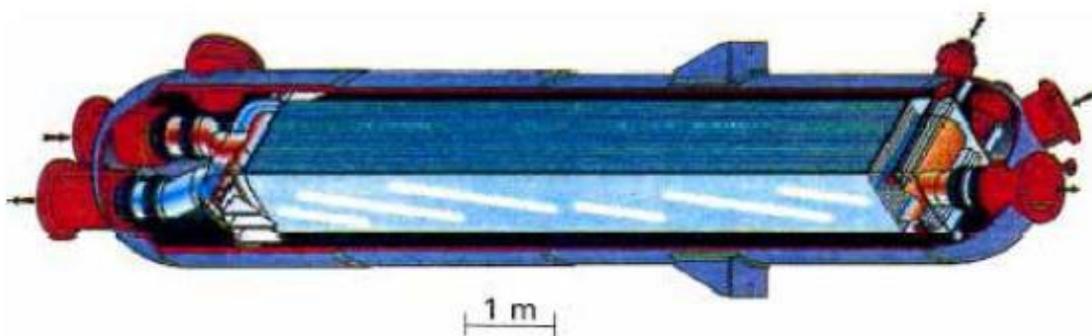
**Figure II.4:** Différentes géométries de plaques d'échangeurs à surface primaire.

**II.4.2. Échangeurs à plaques et joints :** La surface d'échange est alors composée de plaques métalliques, équipées de joints, serrées les unes contre les autres à l'aide de tirants entre deux flasques, l'un fixe, l'autre mobile.



**Figure.II.5 :** *Echangeurs à plaques et joints*

**II.4.3. Échangeur Packinox:** C'est un échangeur à plaques soudées de grandes dimensions. Le faisceau est constitué d'un empilement de plaques formées par explosion et insérées dans une calandre pouvant atteindre une longueur de plus de 10 m. Cet échangeur peut fonctionner jusqu'à des températures de l'ordre de 600 °C et des pressions de 50 ba r.



**Figure II.6:** Échangeur Packinox [5].

## **II.5. Utilisation :**

Ils sont particulièrement utilisés dans le domaine de la cryogénie où leur efficacité est élevée avec des niveaux de températures compris entre -269 et + 65 °C et des niveaux de pression pouvant atteindre 75 bars. Pour certaines applications spécifiques touchant au domaine de l'aéronautique, des échangeurs en acier inoxydable sont également utilisés [5]

## **II.6. Avantages et inconvénients d'un échangeur à plaques :**

Les avantages de ce type d'échangeur est sa simplicité qui est fait un échangeur peu coûteux et aisément adaptable par ajout /retrait de plaques afin d'augmenter /diminuer la surface d'échange suivant les besoins (Attention : la surface ne peut être augmentée de manière illimitée à cause de la perte de charge). La surface avec l'extérieur est réduite au minimum, ce qui sert à limiter les pertes thermiques et l'étroitesse de l'espace où circulent les fluides mais aussi le profil des plaques assure un flux turbulent qui permet un excellent transfert de chaleur.

Cependant ces derniers paramètres entraînent une importante perte de charge qui limite le nombre de passage des fluides élevée (<2.5 MPa) car une trop grande pression causerait des fuites au travers des joints positionnés entre les deux fluides ne doit pas être trop grande aussi pour éviter une déformation des plaques par dilatation /contraction de ces dernières qui empêcherait les joints entre les plaques d'être idéalement étanches. La turbulence sert à diminuer l'encrassement de la surface d'échange de 10-25% comparé à un échangeur à faisceau tubulaire la surface d'échange est inférieure de 50% pour le même transfert de chaleur.

Les avantages et les inconvénients d'un échangeur cités au part avant sont classées dans le tableau suivant :

**Tableau II.1 : Avantages et inconvénients des échangeurs de chaleurs à plaques**

<b>Types d'échangeurs</b>	<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
Echangeurs à plaques	<ul style="list-style-type: none"><li>• Compact.</li><li>• Modulable.</li><li>• Prix compétitifs.</li><li>• Peu de perte thermique.</li><li>• Très bon coefficients de transferts.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Faible écart de température envisageable.</li><li>• Perte de charge importante.</li><li>• Pression de travail limitée.</li></ul>

## **II.7. Maintenance**

Contrôle quotidien : Vérifier s'il y a des fuites de fluide dans les zones fermées de l'échangeur de chaleur.

Maintenance périodique : Réviser l'échangeur de chaleur et nettoyez les pièces selon le calendrier. Dans le même temps, vérifiez s'il existe des fissures visibles.[7]

### **II.7.1. Etapes de maintenances d'un échangeur de chaleur à plaques :**

La maintenance d'un échangeur à plaques est importante pour garder l'échangeur de chaleur en bon état de fonctionnement et conserver des performances intéressantes.

Voici les principales étapes :

- 1-Maintenance d'échangeur à plaques : le nettoyage
- 2-Le nettoyage manuel des plaques
- 3-Le nettoyage des plaques en utilisant une cuve

### **II.7.1.1. Maintenance d'échangeur à plaques :**

Tout d'abord, un échangeur de chaleur doit être maintenu en bon état de par l'entretien de ses plaques.

L'opération doit être réalisée régulièrement, la fréquence dépendant évidemment en premier lieu du type d'utilisation et des performances demandées à l'échangeur de chaleur.

Il convient de s'assurer qu'aucune incrustation et qu'aucun dépôt ne se forment sur les plaques.

Si cela devait être le cas, il faut les éliminer au plus vite : incrustations et dépôts impactent grandement thermique de l'appareil, et peuvent à la fois causer et accélérer la corrosion des plaques.

Pour cela, il suffit de faire circuler dans l'échangeur de chaleur, sans l'ouvrir, une solution de nettoyage (qui dépend du type de conception de l'échangeur) au lieu et place des fluides de fonctionnement.

Celle-ci doit circuler au sein de l'échangeur, avant de ressortir. Complétez l'opération en faisant de l'eau jusqu'à ce qu'elle ressorte sans trace de la solution de nettoyage.

### **II.7.1.2. Le nettoyage manuel des plaques :**

Si l'opération précédente devait ne pas suffire, il est possible de poursuivre la maintenance d'un échangeur à plaques en procédant à un nettoyage manuel.

Pour cela, ouvrez votre échangeur de chaleur après avoir laissé refroidir les plaques.

Après avoir méticuleusement retiré les plaques, et en ayant veillé à respecter les consignes de démontage fournies, par le constructeur de l'échangeur à plaques, nettoyez-les en utilisant de l'eau tiède et une brosse en nylon.

Notez qu'il est également possible de vous servir d'un jet à haute pression afin d'obtenir une meilleure propreté des plaques.

Cette solution est néanmoins plus risquée pour les plaques : veillez donc à ne pas dépasser une pression de 30 bars et à toujours diriger le jet perpendiculairement aux plaques, afin de ne rien endommager pendant l'opération.

Dans tous les cas, que vous utilisiez une brosse en nylon ou un jet haute pression, vérifiez que vous n'avez pas retiré les joints des plaques de leurs emplacements.

### **II.7.1.3. Le nettoyage des plaques en utilisant une cuve :**

Parfois, un nettoyage avec échangeur fermé et un nettoyage manuel ne suffisent pas, certaines incrustations ne peuvent être éliminées sans un lavage chimique.

Cela doit être réalisé dans des cuves appropriées et en retirant le joint des plaques de l'échangeur.

Pour cette opération de maintenance d'un échangeur à plaques, il vous faudra utiliser le produit chimique correspondant au type d'incrustation constaté.

Il peut s'agir de soude caustique (NaOH) à 4% maximum et à une température de 80°C, si vous constatez des incrustations grasses ou bactériologiques.

Le bain peut alors durer jusqu'à 24 heures, si les impuretés sont plutôt de type calcaire, préférez l'utilisation d'acide nitrique (HNO<sub>3</sub>) à 4%, porté à une température de 60°C.

Limitez alors la durée du bain à 1 heure. Attention, vérifiez toujours, à la fois auprès du fournisseur de l'échangeur à plaques et du fabricant de la solution de nettoyage, que vous utilisez le bon produit pour votre maintenance.

Procéder à la maintenance d'un échangeur de chaleur à plaque est une démarche incontournable, car elle vous permettra très probablement de gagner en efficacité et en performance tout en préservant le bon état de votre appareil.

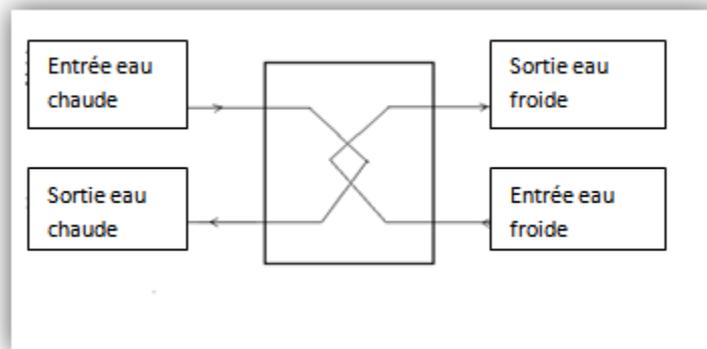
# **CHAPITRE III**

## **CALCULS DES PARAMETRES ENERGETIQUES DE L'ECHANGEUR A PLAQUES**

### III.1. Introduction :

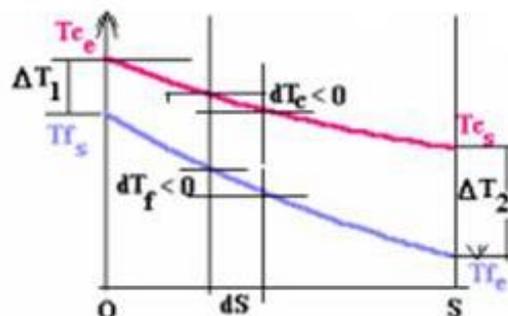
Dans ce chapitre, nous allons calculer les paramètres énergétiques de l'échangeur à plaques, tels que : les flux du fluide chaud (eau chaude), et fluide froid (eau froide) le coefficient d'échange globale, la différence de température logarithmique moyenne, le nombre d'unité de transfert et l'efficacité. Pour ce faire on utilise des méthodes d'analyses telles que : la méthode (NUT) et la méthode (DTLM).

### III.2. Présentation du circuit de l'échangeur :



**Figure. III.1 :** schéma de circulation des fluides à travers l'échangeur à plaques.

L'échangeur fonctionne selon un circuit à contre-courant, ou le fluide chaud est l'eau chaude (condensats d'huile), le fluide froid est une eau refroidie provenant par des tours de refroidissements. La figure III-2 représente un diagramme des températures d'un échangeur à contre-courant.



**Figure. III.2 :** Diagramme des températures d'un échangeur à contre-courant.

**Avec:**

$$\Delta T_1 = T_{ce} - T_{fs}$$

$$\Delta T_2 = T_{cs} - T_{fe}$$

Ou

$T_{ce}$ : Température entrée eau chaude.

$T_{cs}$ : Température de sortie eau chaude

$T_{fe}$ : Température entrée eau froide

$T_{fs}$ : Température de sortie eau froide

### III.3. Les formules de calcul :

$$C_c = Q_{mc} \cdot C_{pc} \quad (1)$$

$$C_f = Q_{mf} \cdot C_{pf} \quad (2)$$

$$Z = \frac{C_{min}}{C_{max}} \quad (3)$$

$$\Delta T_{ML} = \frac{(T_{cs} - T_{fe}) \cdot (T_{ce} - T_{fs})}{\ln\left(\frac{T_{cs} T_{fe}}{T_{ce} T_{fs}}\right)} \quad (4)$$

$$\Phi_c = Q_{mc} \cdot C_{pc} (T_{ce} - T_{cs}) \quad (5)$$

$$\Phi_f = Q_{mf} \cdot C_{pf} (T_{fs} - T_{fe}) \quad (6)$$

$$K = \frac{\Phi}{S \Delta T_{ML}} \quad (7)$$

$$NUT = \frac{K \cdot S}{C_{min}} \quad (8)$$

$$E = \frac{1 - \exp\left[-\frac{KS}{C_{min}} \cdot \left(1 - \frac{C_{min}}{C_{max}}\right)\right]}{1 - \frac{C_{min}}{C_{max}} \cdot \exp\left[-\frac{KS}{C_{min}} \cdot \left(1 - \frac{C_{min}}{C_{max}}\right)\right]} \quad (9)$$

$\Phi_c$ : Flux de chaleur du fluide chaud

$\Phi_f$ : flux de chaleur du fluide froid

**K** : coefficient d'échange global entre les deux fluides ;

**S** : Surface d'échange.

$Q_{mf}$ : Débit massique d'eau froide

$Q_{mc}$ : Débit massique d'eau chaude

$C_{pc}$ : Chaleur massique de l'eau chaude

$C_{pf}$ : Chaleur massique de l'eau froide ;

### III.4. Exemple de calcul :

#### III.4.1. Exemple de calcul cas n° 01 :

Le débit massique de l'eau chaude est constant :  $Q_{mc}=20.54$  kg/h (les débite et les températures de l'échangeur 1104 de la Raffinerie)

**Tableau III.1** : caractéristique de l'eau chaude et froide.

		<b>01</b>	<b>02</b>	<b>03</b>
Données de base	Débit de l'eau froide $Q_{mf}$ (kg /h)	16.511	19 .996	20.866
	$T_{ce}$ (°C)	40,94	39,79	37,82
	$T_{cs}$ (°C)	30,88	27,48	28,81
	$T_{fe}$ (°C)	14,4	11,08	15,46
	$T_{fs}$ (°C)	26,83	23,71	24,34
Résultats obtenus	$C_c= Q_{mc}C_{pc}$	23,81498889	23,81498889	23,81498889
	$C_f=Q_{mf}* C_{pf}$	19,18027833	23,22868667	24,23933667
	$C_{min}$ (W/ °C)	19,18027833	23,22868667	23,81498889
	$C_{max}$ (W/ °C)	23,81498889	23,81498889	24,23933667
	Z	0,805386826	0,975380957	0,982493424
	DTLM (°C)	15,26434778	16,2394746	13,4148959
	$\Phi_c$ (W)	239,5787882	293,1625132	214,5730499
	$\Phi_f$ (W)	238,4108597	293,3783126	215,2453096
	K (W/m <sup>2</sup> °C)	0,72645601	0,840267511	0,746290528
	NUT	0,814315827	0,77773452	0,673745699

	E (%)	46,87595932	43,97795792	40,40465215
--	-------	-------------	-------------	-------------

**On utilise la méthode de DTLM :**

$$C_c = Q_{mc} \cdot C_{pc}$$

$$C_c = 20.54 \cdot 4174$$

$$C_c = 23.814 \text{ w /k}$$

$$C_f = Q_{mf} \cdot C_{pf}$$

$$C_f = 16.511 \cdot 4182$$

$$C_f = 19.180 \text{ w /k}$$

On trouve que :

$$C_c = C_{max}$$

$$C_f = C_{min}$$

$$Z = \frac{C_{min}}{C_{max}}$$

On fait l'application numérique :

$$Z = \frac{19,180}{23,814}$$

$$Z = 0.805$$

$$\Delta T_{LM} = \frac{(T_{cs} - T_{fe}) \cdot (T_{ce} - T_{fs})}{\ln\left(\frac{T_{cs} - T_{fe}}{T_{ce} - T_{fs}}\right)}$$

On fait l'application numérique :

$$\Delta T_{LM} = \frac{(30,88 - 14,4) \cdot (40,94 - 26,83)}{\ln\left(\frac{30,88 - 14,4}{40,94 - 26,83}\right)}$$

$$\Delta T_{LM} = 15.264^\circ\text{C}$$

$$\Phi_c = Q_{mc} \cdot C_{pc} (T_{ce} - T_{cs})$$

$$Q_{mc} = 20,54 \text{ kg/h} \Rightarrow Q_{mc} = 0.0057 \text{ Kg/s}$$

La valeur du Cp de l'eau est égale 4174 (J/Kg. °C).

On fait l'application numérique de la puissance thermique  $\Phi_c$  on trouve que :

$$\Phi_c = 0.0057 \cdot 4174 \cdot (40.94 - 30.88)$$

$$\Phi_c = 239.578 \text{ W}$$

$$\Phi_f = Q_{mf} \cdot C_{pf} (T_{fs} - T_{fe})$$

$$Q_{mf} = 16.511 \text{ kg/h} \Rightarrow Q_{mf} = 0.0045 \text{ Kg/s}$$

La valeur du Cp de l'eau est égale 4182 (J/Kg. °C).

On fait l'application numérique de la puissance thermique  $\Phi_f$  on trouve que :

$$\Phi_f = 0.0045 * 4182 * (26.83 - 14.4)$$

$$\Phi_f = 238.411 \text{ W}$$

D'après les données :

$$S = 21.5 \text{ m}^2$$

Le coefficient d'échange d'un échangeur à plaque à contre-courant est donc donnée par :

$$K = \frac{\Phi}{S \Delta T_{ML}}$$

On fait l'application numérique :

$$K = \frac{238,411}{21,5 * 15,264}$$

$$K = 0.726 \text{ W/m}^2\text{K}$$

On utilise la méthode de NUT :

$$K = 0.726 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$NUT = \frac{K.S}{C_{min}}$$

On fait l'application numérique

:

$$NUT = \frac{0.726 * 21.5}{19.180}$$

$$NUT = 0.814$$

On écrit l'efficacité  $E$  sous la forme :

$$E = \frac{1 - \exp\left[-\frac{KS}{C_{min}} \left(1 - \frac{C_{min}}{C_{max}}\right)\right]}{1 - \frac{C_{min}}{C_{max}} \exp\left[-\frac{KS}{C_{min}} \left(1 - \frac{C_{min}}{C_{max}}\right)\right]}$$

On fait l'application numérique :

$$E = \frac{1 - \exp\left[-0.814 \cdot \left(1 - \frac{19.180}{23.814}\right)\right]}{1 - \frac{19.180}{23.814} \cdot \exp\left[-0.814 \cdot \left(1 - \frac{19.180}{23.814}\right)\right]}$$

$$E = 88.238\% \text{ à } 46,87$$

### Commentaire du tableau n° III.1 :

Le tableau n° III.1 représente les calculs effectués sur l'échangeur en fixant le débit massique du fluide chaud (à 20.54 kg/h=0.0057kg/s). D'après les résultats obtenus, nous constatons que :

**DTLM** : prend des valeurs différentes selon le débit de l'eau froide.

**$\Phi_c$  et  $\Phi_f$**  : on remarque que la différence est négligeable cela veut dire que la quantité de chaleur cédée par le fluide chaud est presque reçue par le fluide froid.

**K** : coefficient d'échange global qui fonctionne proportionnellement avec  $\Phi$  et inversement avec le DTLM, prend des valeurs différentes liées aux températures d'entrée et sortie.

**NUT** : nombre d'unités de transfert, prend des valeurs décroissantes.

**L'efficacité E** : prend des valeurs décroissantes, tout en augmentant le débit du fluide froid.

### III.4.2. Exemple de calcul cas n° 02

**Tableau III.2** : caractéristique de l'eau chaude et froide.

Le débit massique de l'eau froide est constant  $Q_{mf} = 23,33$  kg/h

		01	02	03
Données de base	Débit de l'eau chaude $Q_{mc} =$ (kg /h)	21,64	22,35	22,54
	$T_{ce}$ (°C)	38,95	39,99	40,27
	$T_{cs}$ (°C)	29,26	28,4	27,47
	$T_{fe}$ (°C)	15,96	13,41	11,31
	$T_{fs}$ (°C)	24,85	24,57	23,66
Résultats obtenus	$C_c = Q_{mc} \cdot C_{pc}$	25,09037778	25,91358333	26,13387778
	$C_f = Q_{mf} \cdot C_{pf}$	27,10168333	27,10168333	27,10168333
	$C_{min}$ (W/ °C)	25,09037778	25,91358333	26,13387778
	C max (W/ °C)	27,10168333	27,10168333	27,10168333
	Z	0,9255786692	0,956161394	0,964289836
	DTLM (°C)	13,69610621	15,20398658	16,38397036
	$\Phi_c$ (W)	243,1257607	300,3384308	334,5136356
	$\Phi_f$ (W)	240,9339648	302,454786	334,7057892
	K (W/ m <sup>2</sup> °C)	0,818205608	0,925261568	0,9501794
	NUT	0,701122188	0,767671667	0,781700185
E (%)	41,85763516	43,85973945	44,24325651	

#### Commentaire du tableau n° 03:

Ici on fixe le débit de l'eau froide, on remarque dans ce tableau que les paramètres calculés prennent des valeurs croissantes :

Le DTLM : prend des valeurs 13.69, 15.20, 16.38.

La quantité de chaleur échangée  $\Phi_c$  et  $\Phi_f$  sont presque égal avec un ordre croissant.

K : aussi prend des valeurs croissantes 0.81, 0.92, 0.95

Même remarque que le NUT.

# **Chapitre IV**

## **Simulation**

## **IV.1. Introduction :**

Dans cette dernière partie, en calculant à l'aide du programme MATLAB les paramètres énergétiques tels que : le flux de chaleur, le coefficient d'échange globale et l'efficacité et les autres paramètres. Les résultats obtenus sont affichés et interprétés au suivant.

Le logiciel MATLAB est un logiciel de manipulation de données numériques et de programmation dont le champ d'application est essentiellement les sciences appliquées. Son objectif, par rapport aux autres langages, est de simplifier au maximum la transcription en langage informatique d'un problème mathématique, en utilisant une écriture la plus proche possible du langage naturel scientifique.

Le logiciel fonctionne sous Windows et sous Linux. Son interface de manipulation HMI utilise les ressources usuelles du multifenêtrage. Son apprentissage n'exige que la connaissance de quelques principes de base à partir desquels l'utilisation des fonctions évoluées est très intuitive grâce à l'aide intégrée aux fonctions.

Une alternative à MATLAB est SCILAB, logiciel libre, dont la version 5 présente de nombreux points communs avec MATLAB. De nombreuses entreprises (EDF, ...) ont fait le choix de passer sous SCILAB. Le passage d'un logiciel à l'autre n'est cependant pas direct, certaines fonctions ayant des comportements différents (ce ne sont pas des erreurs mais des choix scientifiques différents). Tous les logiciels de calcul réutilisent des savoir-faire scientifiques anciens et éprouvés, développés dans les années 1960.

## **IV.2. Définition :**

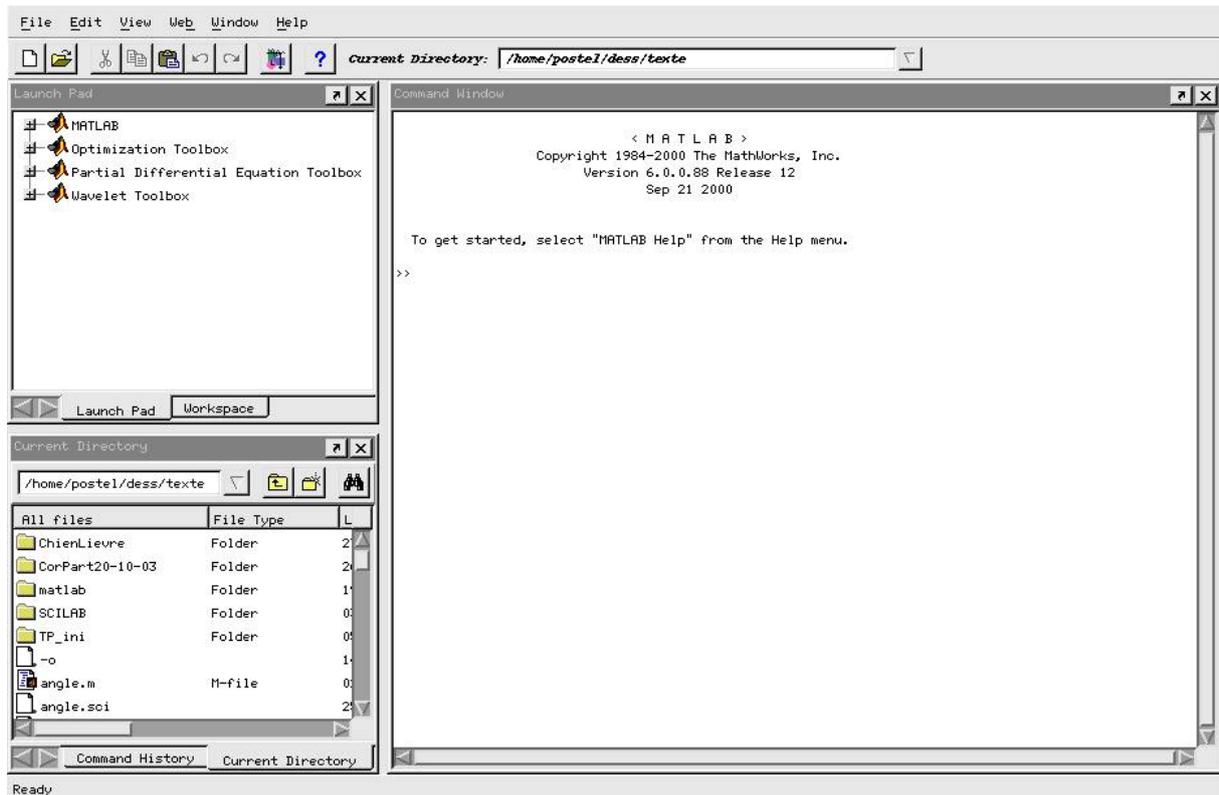
MATLAB (MATRIX LABORATORY) est un logiciel pour le calcul scientifique, orienté vers les vecteurs et les listes de données. MATLAB est un langage interprété, chaque ligne d'un programme MATLAB est lue, interprétée et exécutée.

MATLAB est un logiciel interprété (donc sans phase préliminaire de compilation) qui exécute les opérations demandées séquentiellement, avec possibilité de boucle, test et saut. Il ne manipule que des données numériques et ne sait effectuer aucun calcul formel à priori.

### ***Ecran de base (présentation pouvant légèrement différer selon version)***

L'écran de base comprend l'écran de contrôle Command Windows ainsi que des fenêtres complémentaires permettant de suivre le fonctionnement général d'une application.

Les instructions frappées (ou collées) dans la Command Windows s'exécutent directement.



**Figure IV. 1 : Fenêtre de commandes MATLAB**

Les commandes peuvent être relancées dans la fenêtre MATLAB simplement en remontant la liste par  $\uparrow$  et en validant la ligne par Return. L'exécution d'une ligne provoque automatiquement l'affichage des résultats sous forme d'une liste de données numériques. Cette fonctionnalité peut être bloquée en mettant un ";" à la fin de chaque ligne de programme (préférable lorsque le calcul concerne une matrice de grande dimension).

### IV.3. Déclaration des variables :

MATLAB permet de créer et d'initialiser des variables. La déclaration des variables en MATLAB suit les règles suivantes :

- toutes les variables sont des matrices
- pas de déclaration de type

```
>> a = 5                                variable scalaire (1 × 1)
>> b = [4 6]                             vecteur ligne (1 × 2)
>> c = [-5 ; 2]                          vecteur colonne (2 × 1)
>> d= [2 3 ; -1 7]                       matrice carrée (2 × 2)
```

Dans ces exemples on a utilisé les opérateurs suivants :

- séparateur de ligne : point-virgule ou return
- séparateur de colonne : virgule ou espace blanc

### Simulation 1 :

Premièrement, on a fixé le débit massique d'eau chaude et varie le débit massique d'eau froide avec :

Le débit massique de l'eau chaude est constant :  $Q_{mc}=20.54$  kg/h

Et la valeur de surface c'est  $S=21,5m^2$

	$Q_{mf}$ (kg /h)	$T_{ce}$ (°C)	$T_{cs}$ (°C)	$T_{fe}$ (°C)	$T_{fs}$ (°C)
1	16.511	40,94	30,88	14,4	26,83
2	19 .996	39,79	27,48	11,08	23,71
3	20.866	37,82	28,81	15,46	24,34

**Tableau IV.1.**les paramètres de calcul de l'échangeur pour la simulation1

En présente les résultats du programme élaboré avec le langage de programmation MATLAB

Cc =

8.5734e+04

Cf =

1.0e+04 \*

6.9049      8.3623      8.7262

Cmin =

1.0e+04 \*

6.9049      8.3623      8.5734

Cmax =

1.0e+04 \*

8.5734 8.5734 8.7262

Z =

0.8054 0.9754 0.9825

DTlm =

15.2643 16.2395 13.4149

Qc =

1.0e+06 \*

0.8625 1.0554 0.7725

---

Qf =

1.0e+06 \*

0.8583 1.0562 0.7749

K =

1.0e+03 \*

2.6281 3.0227 2.6783

NUT =

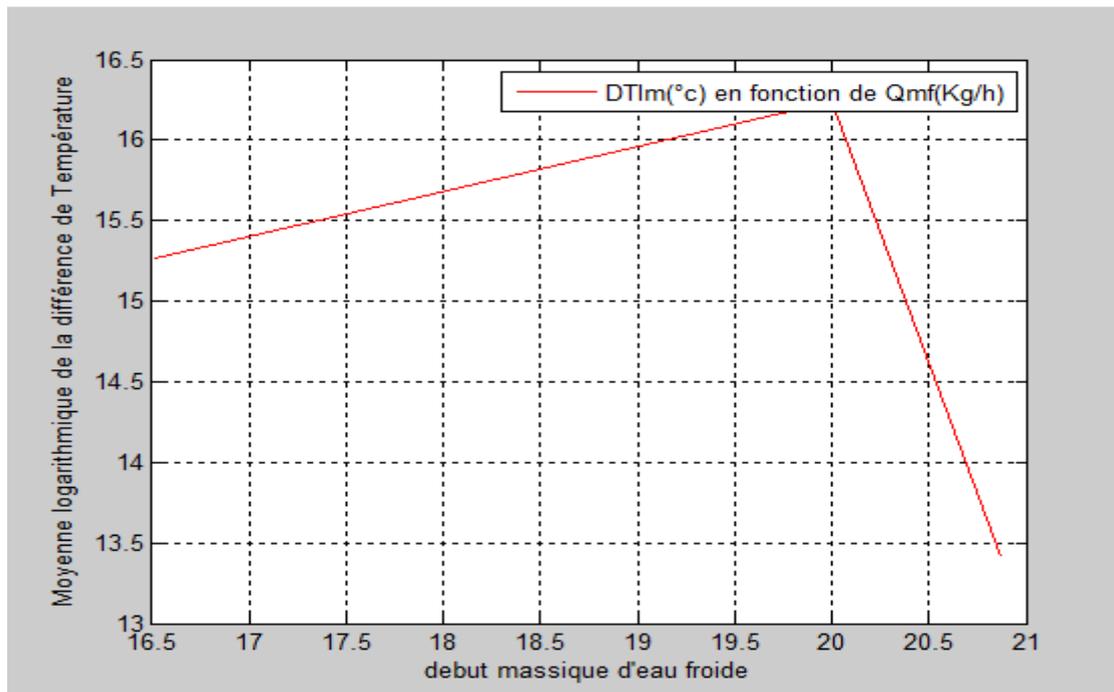
0.8183 0.7772 0.6716

E =

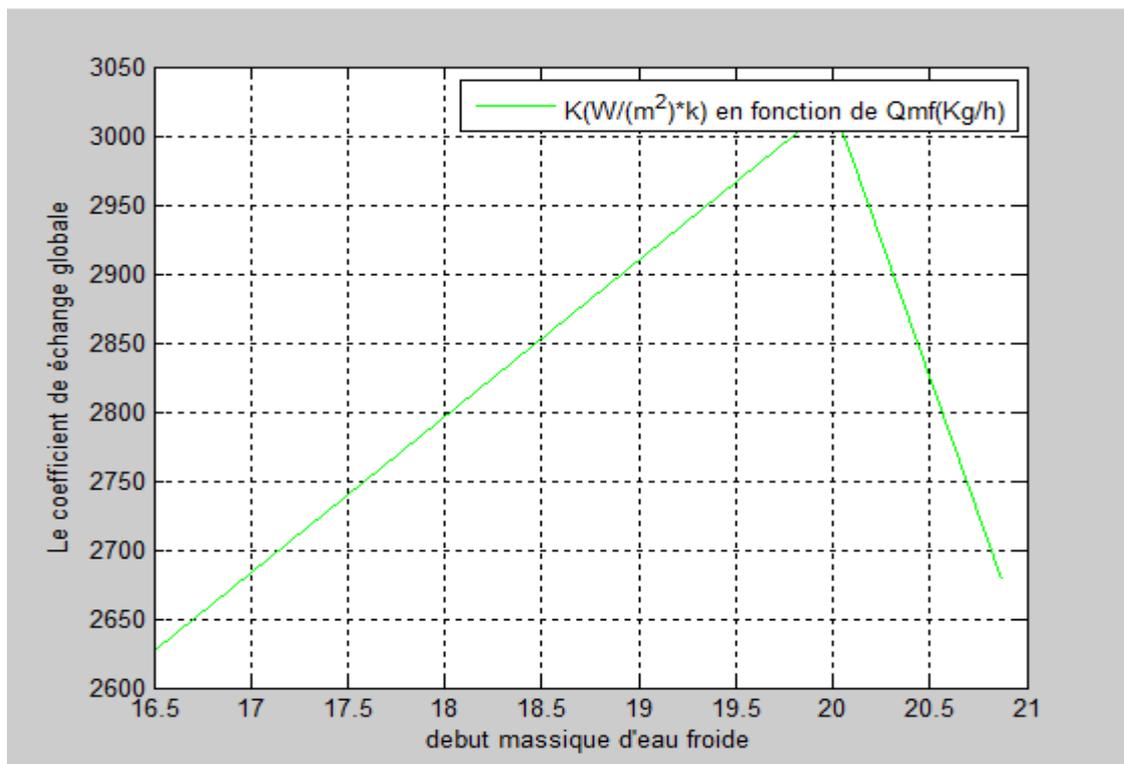
0.4701 0.4397 0.4032

---

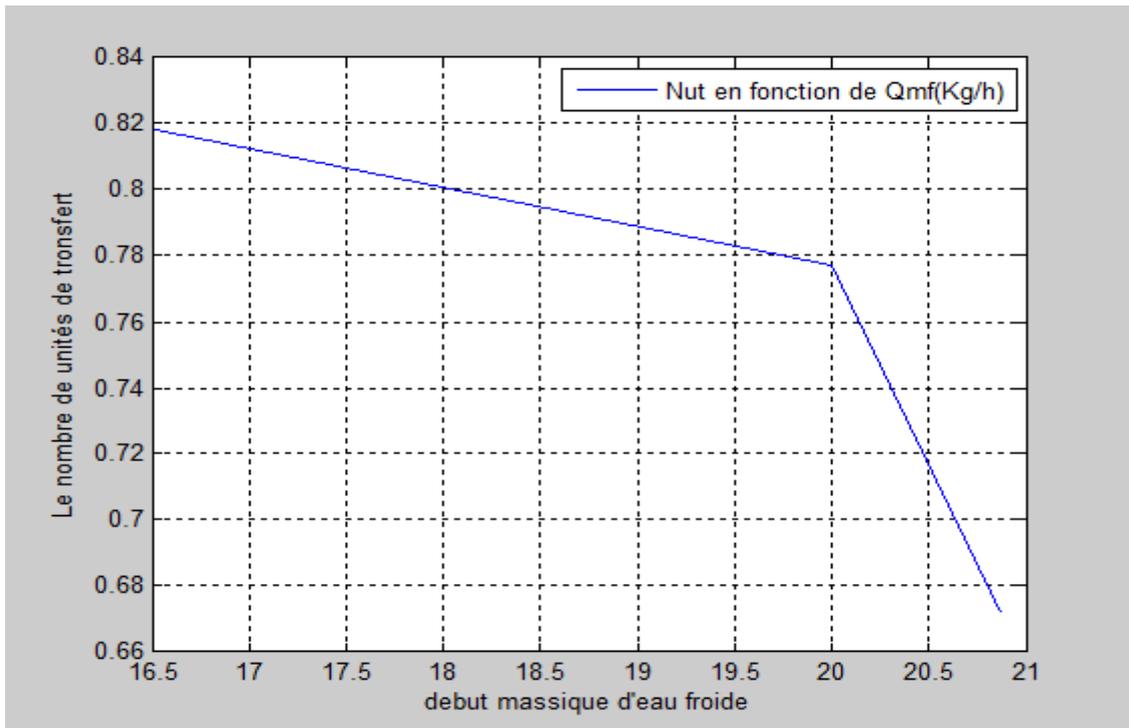
Les résultats de cette simulation sont donnés par les suivants :



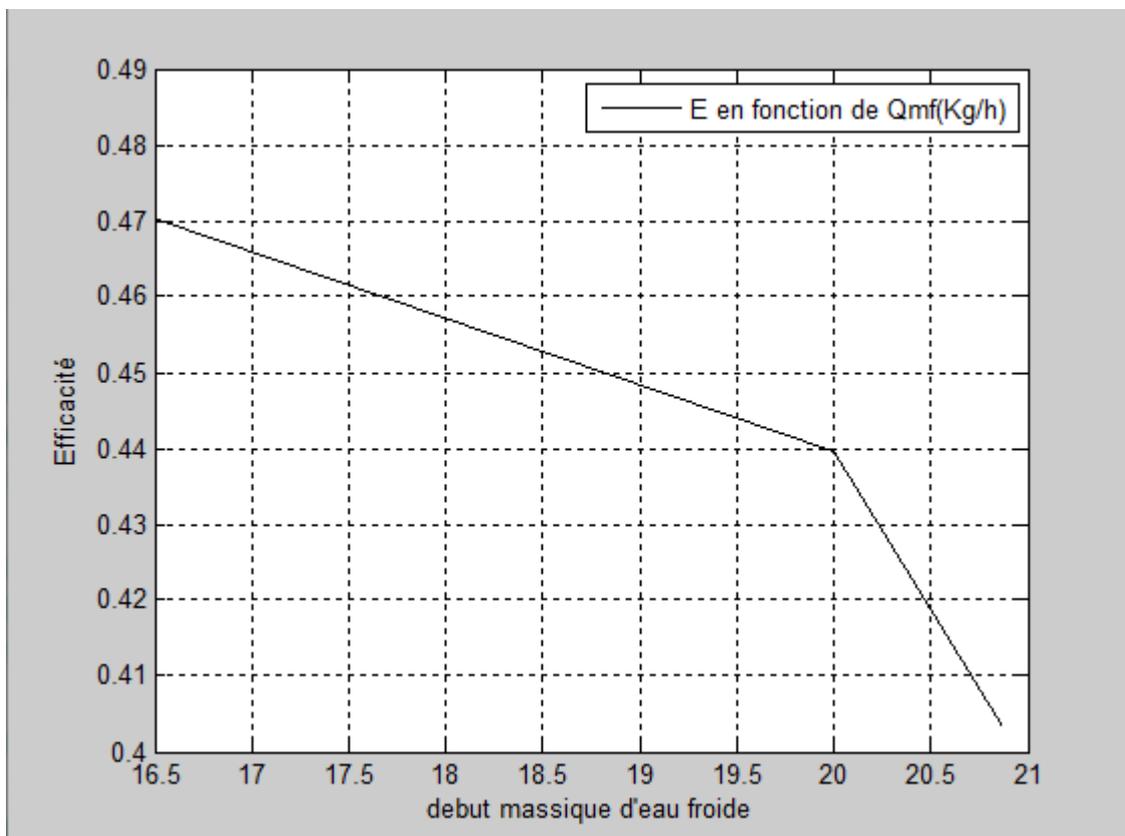
**Figure. IV.2.** Moyenne logarithmique de la différence de température en fonction du débit massique d'eau froide



**Figure. IV.3.** Le coefficient d'échange globale en fonction du débit massique d'eau froide



**Figure. IV.4.** Le nombre d'unités de transfert en fonction du débit massique d'eau froide



**Figure. IV.5.** L'efficacité en fonction du débit massique d'eau froide

### Interprétation :

Dans la figure (IV.1) nous remarquons que la moyenne logarithmique de la différence de température augmente de ( $\Delta TLM=15,26$ ) jusqu'à ( $\Delta TLM=16,24$ ) après diminue en fonction du débit massique d'eau froid

Dans la figure (IV.2) nous constatons que le coefficient d'échange globale augmente de ( $K=0,73$ ) jusqu'à ( $K=0,84$ ) après diminue en fonction du débit massique d'eau froid

Dans la figure (IV.3) et (IV.4) je remarque que Le nombre d'unités de transfert et L'efficacité diminue en fonction du débit massique d'eau froide

### Simulation 2 :

Je fixe le débit massique d'eau froide et varie le débit massique d'eau chaude les résultats de cette simulation sont donnés par les suivants :

Le débit massique de l'eau froide  $Q_{mf} = 23,33$  kg/h

Et la valeur de surface c'est  $S=21,5m^2$

	$Q_{mc} = (\text{kg /h})$	$T_{ce} (^{\circ}\text{C})$	$T_{cs} (^{\circ}\text{C})$	$T_{fe} (^{\circ}\text{C})$	$T_{fs} (^{\circ}\text{C})$
<b>1</b>	21,64	38,95	29,26	15,96	24,85
<b>2</b>	22,35	39,99	28,4	13,41	24,57
<b>3</b>	22,54	40,27	27,47	11,31	23,66

**Tableau IV.2.** Les paramètres de calcul de l'échangeur pour la simulation2

En présente les résultats du programme élaboré avec le langage de programmation MATLAB

Cc =

1.0e+04 \*

9.0325      9.3289      9.4082

Cf =

9.7566e+04

Cmin =

1.0e+04 \*

9.0325      9.3289      9.4082

Cmax =

1.0e+04 \*

9.7566      9.7566      9.7566

DTlm =

13.6961      15.2040      16.3840

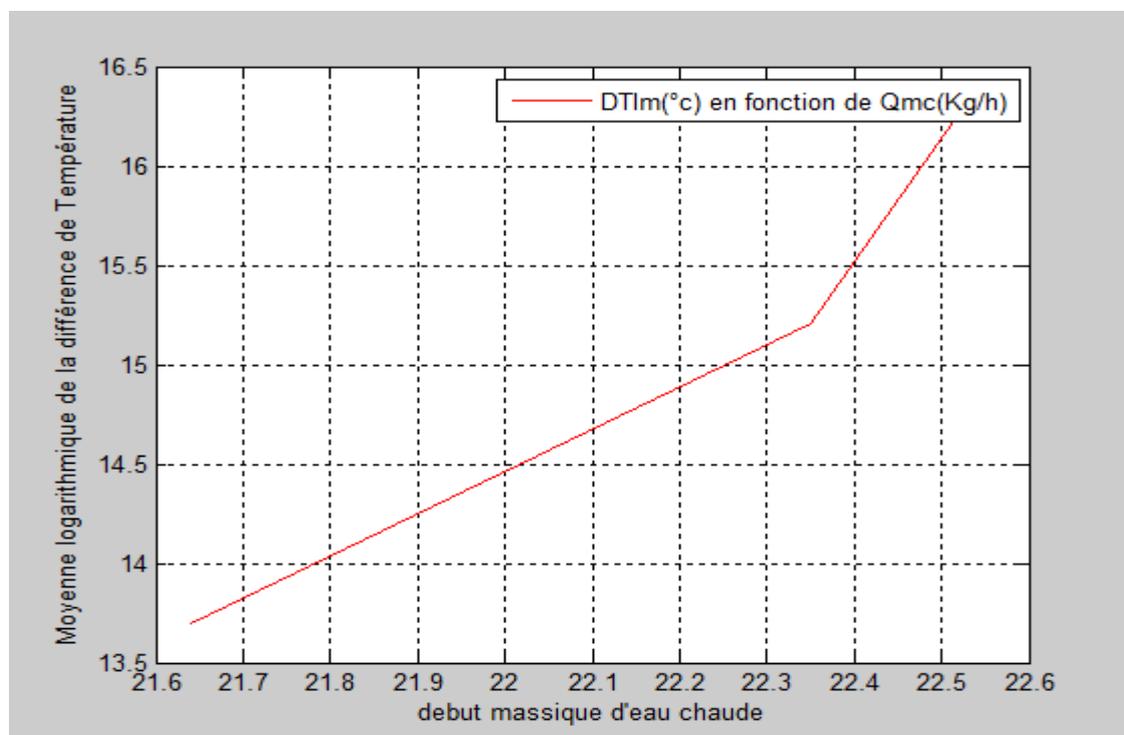
Qc =

1.0e+06 \*

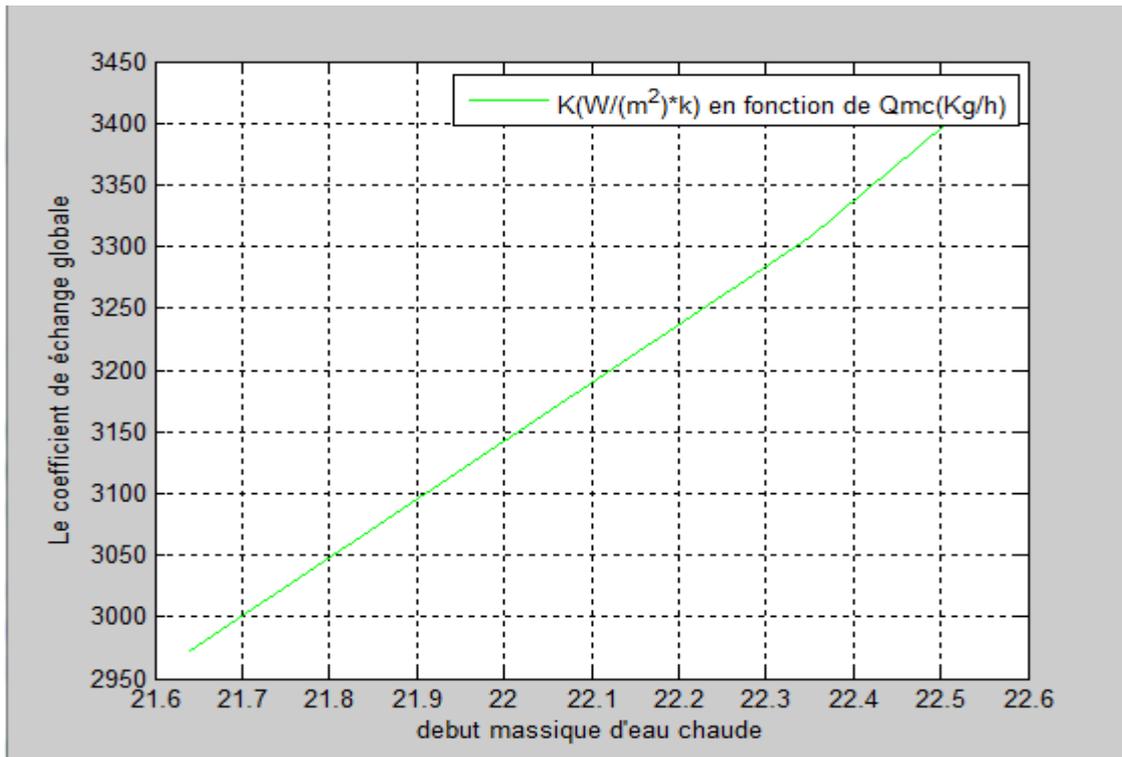
0.8753      1.0812      1.2042

QI =	1.0e+06 *		
	0.8674	1.0888	1.2049
K =	1.0e+03 *		
	2.9723	3.3076	3.4187
NUT =			
	0.7075	0.7623	0.7813
E =			
	0.4208	0.4367	0.4420

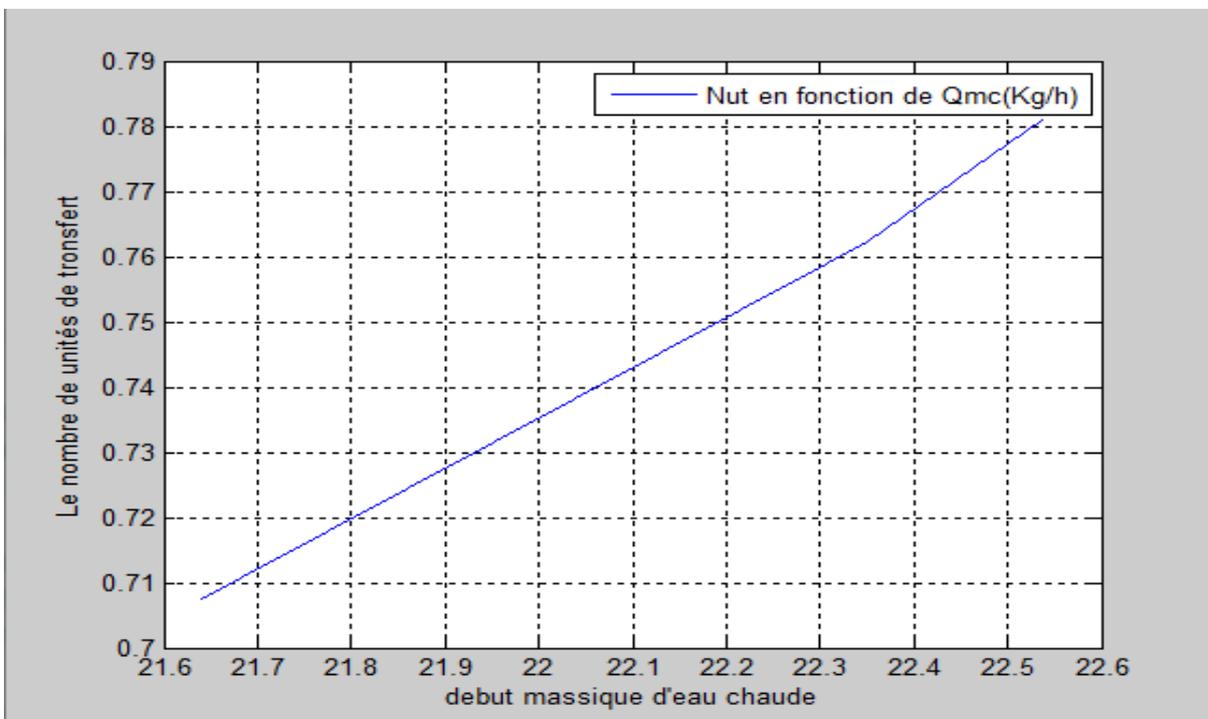
Les résultats de cette simulation sont donnés par les suivants :



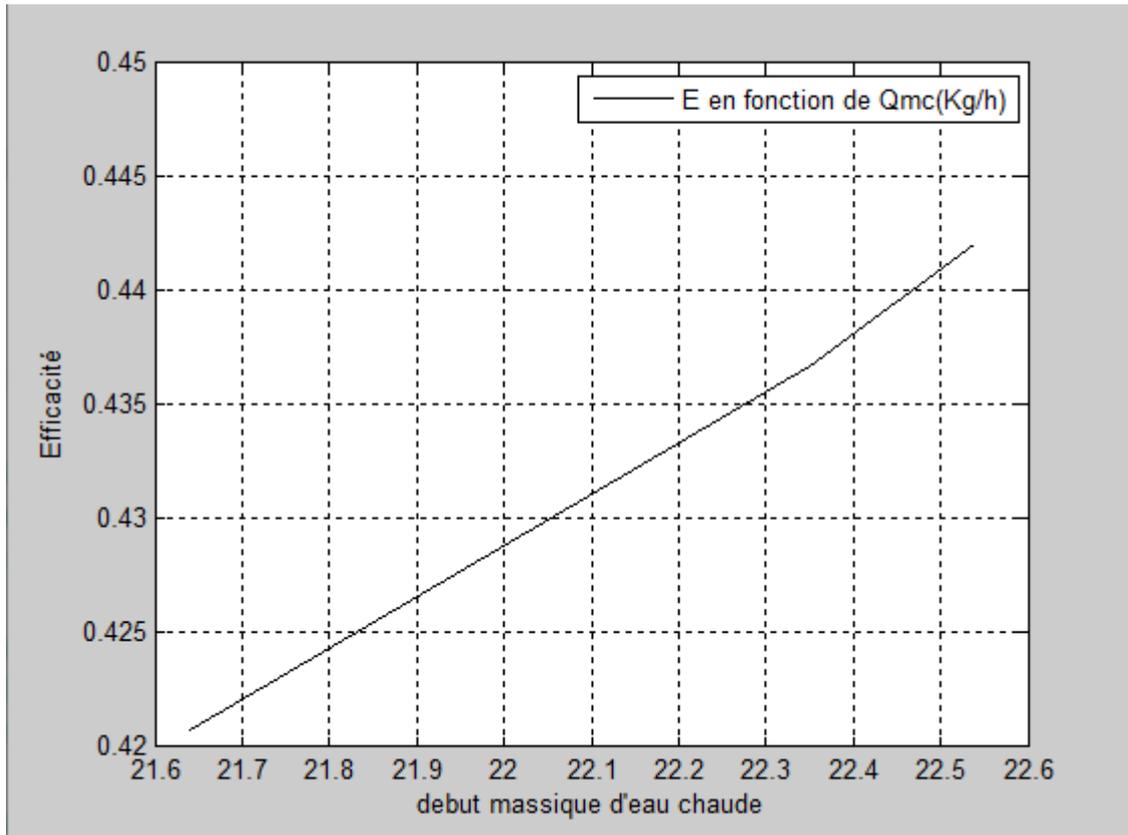
**Figure. IV.6.** Moyenne logarithmique de la différence de température en fonction du débit massique d'eau chaude



**Figure. IV.7.** Le coefficient d'échange globale en fonction du débit massique d'eau chaude



**Figure. IV.8.** Le nombre d'unités de transfert en fonction du débit massique d'eau chaude



**Figure .IV.9.**L'efficacité en fonction du débit massique d'eau chaude

**Interprétation :**

Dans la figure (IV.5) et la figure (IV.6) nous remarquons que la moyenne logarithmique de la différence de température augmente avec l'augmentation du débit massique d'eau chaude  
 Et ensuite dans la figure (IV.7) et la figure (IV.8) je remarque que le nombre d'unités de transfert et l'efficacité augmente en fonction du débit massique d'eau chaude

# CONCLUSION

## **Conclusion générale**

Le travail réalisé dans ce mémoire, a déterminé en grande partie les différents paramètres énergétiques, d'un échangeur de chaleur à plaques, à partir des données réelles de l'Installation.

Cette étude nous a permis de mettre en évidence les paramètres énergétiques de l'échangeur, par la méthode de différence de température logarithmique moyenne, qui a donné des résultats selon la fixation du débit de fluide chaud ou froid. La deuxième méthode est basée sur le nombre d'unité de transfert (NUT), afin de déterminer les paramètres, tels que le coefficient d'échange globale et l'efficacité. Puis on a simulé par le programme Matlab. On constate que, lorsqu'on fixe le débit du liquide chaud, l'efficacité de l'échangeur diminue, par contre, si on fixe le débit du liquide froid, l'efficacité augmente.

Nous constatons que cet échangeur ne permet pas de donner des satisfactions, puis les données sont perturbées, soient, par des bouchages ou des mauvais ajustements des vannes d'isolement...,etc.

Donc il faut vérifier les deux circuits de cet échangeur (côté chaud et côté froid), procéder au nettoyage, soit par une opération de détartrage (nettoyage chimique) ou démontage des plaques, et de les vérifier en cas de perforations.

Cette étude nous a permis de découvrir le domaine industriel, en traitant un sujet réel, l'échangeur de chaleur à plaques de la Raffinerie d'Arzew, et d'élargir nos connaissances déjà acquise durant notre cursus universitaire.

## **Bibliographie :**

**[1]A.NEHARI**, « Étude thermo-énergétique d'un échangeur de chaleur à plaques et joints : Application aux fluides géothermiques. », Mémoire fin d'étude pour l'obtention du diplôme de master en Physique Énergétique et Matériaux, département de génie mécanique, université de Tlemcen, 2010/2011.

**[2]S.BOUHALILI , F.BOUALEM**, « Etude thermique de condenseurs à tubes et à calandre », Mémoire fin d'étude pour l'obtention du diplôme de master, département de génie mécanique, université de Mostaganem, 2018/2019.

**[3]F.TAOURIT**, « Etude du comportement dynamique et thermique de deux écoulements du fluide dans un échangeur de chaleur (comparaison entre le cas simple et le cas avec ailettes), Mémoire fin d'étude pour l'obtention du diplôme de master, département de génie mécanique, université de Tlemcen, 2012/2013.

**[4]A.OUGANA**, « Etude et dimensionnement d'un système de refroidissement Tchén-lait, Candia », Mémoire fin d'étude pour l'obtention du diplôme de master, département de génie mécanique, université de Bejaia, 2018/2019.

**[5] A. BONTEMPS, A. GAREIGUE, CH. GOUBIER, J. HUETZ, CH. MARVILLET et R.VIDIL** « Description des échangeurs de chaleur », technique de l'ingénieur [B 2 341].

**[6]M.MAROUA**, « Dimensionnement d'un échangeur à tube et calandre de l'unité de décarbonatation du complexe GL1K Skikda », Mémoire fin d'étude pour l'obtention du diplôme de master, département de génie mécanique, université de Annaba, 2016/2017.

**[7]L. KHADIR**, « Calcul et dimensionnement d'un condenseur à faisceau et calandre », Mémoire fin d'étude pour l'obtention du diplôme de master, département de génie mécanique, université de Tlemcen, 2006/2007.

## *Résumé*

Il s'agit d'un échangeur de chaleur à plaques de type contre-courant.

La première méthode d'analyse exploitée est la méthode de différence de température logarithmique moyenne, elle permet de déterminer les paramètres énergétiques de cet équipement, en fonction des températures d'entrée et de sortie des deux fluides. La méthode du nombre d'unités de transfert est la deuxième méthode appliquée, permet de calculer le coefficient d'échange global de l'échangeur, ainsi que l'efficacité recherchée puis ont fait la simulation par le programme Matlab.

Les résultats obtenus par ces méthodes signifient que l'échangeur fonctionne loin de ces performances de construction. Donc une vérification de l'équipement (maintenance, nettoyage) et son circuit (bouchage, vannes mal ajustées) est nécessaire.