



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
La République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de L'Enseignement Supérieur & la Recherche Scientifique
جامعة عبد الحميد بن باديس - مستغانم
Université Abdel Hamid Ben Badis – Mostaganem
كلية العلوم والتكنولوجيا
Faculté des Sciences et de la Technologie
قسم الهندسة الميكانيكية
Département Génie Mécanique



N° d'ordre : M...../GM/2019

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE MASTER ACADEMIQUE

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : Energétique

Thème

ETUDE D'UN ECHANGEUR A PLAQUES

Présenté par :

- ❖ BOUDAOU D Sabrina Amina
- ❖ EL HACI Aicha

Soutenu le 06/07/2019 devant le jury composé de :

Président	Dr.MEDJAHED Bendida	Université de Mostaganem UMAB
Examineur	Dr .GUERMAT Abdelkader	Université de Mostaganem UMAB
Encadreur	Dr.BENKABOUCHE Salah Eddine	Université de Mostaganem UMAB

Année Universitaire : 2018 / 2019

Remerciements

Ce travail a été effectué au sein de l'Université université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem.

EL HACI AICHA

Je voudrais en tout premier lieu 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 **Mr .BENKAABOUCHE SALAH-EDDINE** Professeur au département de Génie Mécanique, qui a suivi et encadré ce travail avec intérêt*

Je remercie vivement les membres de mon jury d'avoir accepté de juger ce travail

*Je remercie également mon mari **BENHAMDI MOHAMMED***

*Et très particulièrement ma binôme **Boudaoud Sabrina Amina** pour la patience dont elle a fait preuve.*

BOUDAUD SABRINA AMINA

Je remercie en premier lieu ALLAH de m'avoir donné cette volonté, patience et ce courage de toujours atteindre les objectifs que je me suis fixé.

*Pour une patience sans limites et un dévouement personnel sans égal, j'exprime mes vifs remerciements à mon encadreur **M. BENKAABOUCHE SALAH-EDDINE** pour ces conseils qui m'ont beaucoup aidé à apprécier ce rapport.*

J'adresse aussi mes remerciements à mes jurys :

M. MJAHEB BENDIDA

M. GUERMAT ABDEL KADER

Et à ma binôme :

EL HACI AICHA

*Et tous les membres du personnels de 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

EL HACI AICHA

Je dédie ce travail à :

A celle qui a inséré le goût de la vie et le sens de la responsabilité....merci MERE.

A celui qui a été toujours la source d'inscription et de couragemerci PERE.

A mes frères : IDRIS et MEHADJI

BOUDAUD SABRINA AMINA

Je dédie ce modeste travail à ceux qui sont la source de mon inspiration et mon courage.

A ma très chère mère, qui ma donne toujours l'espoir de vivre et qui n'a jamais cessé de prier pour moi.

A mon très cher père, pour ces encouragements et son soutien, et surtout pour son sacrifice afin que rien n'entravé le déroulement de mes études.

A mes grands-parents : ABDELLAH et FATMA.

A la famille : BOUDAUD, CHEIKH.

Je tiens à exprimé mes vifs dédicaces à mon chère professeur MJAHEB BENDIDA qu'il m'a aidé tout au long de mon cursus universitaire.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE.....	1
I.GENERALITES SUR LES ECHANGEUR DE CHALEUR	
I-1-Introduction.....	2
I-2- Définition d'un échangeur thermique	2
I.3 Types classiques des échangeurs de chaleur.....	2
I.4 Critères de classement des échangeurs.....	2
I.4.1 Classement technologique.....	2
I.4 .2. Classement suivant le mode de transfert de chaleur.....	3
I.4 .3. Classement fonctionnel.....	3
I.5. Echangeurs tubulaires	3
I.6. Les échangeurs à plaques.....	4
II.ETUDE D'UN ECHANGEUR A PLAQUE	
II.1.Introduction.....	6
II.2.Structure de l'échangeur à plaques	7
II.3.Principe de fonctionnement	7
II.4.Types des échangeurs à plaque	8
II.4.1.Échangeurs à surface primaire	8
II.4.2.Échangeurs à plaques et joints	9
II.4.3.Échangeur Packinox	9
II.5.Utilisation	9
II.6.Présentation de l'échangeur de la RAFFINERIE « E-1104 »	9
II.6.1.Fiche technique	10
II.6.2.Schéma de l'échangeur « E-1104 ».....	11
III.CALCULS DES PARAMETRES ENERGETIQUES DE L'ECHANGEUR E-1104	
III.1. Introduction.....	12

III.2.Présentation du circuit de l'échangeur	12
III.4. Exemple de calcul cas n° 01.....	15
III.4 .3. Exemple de calcul cas n° 02	19
CONCLUSION.....	23

Liste des figures

Figure I.1 : Les différents types d'échangeurs tubulaires	4
Figure I.2: Distribution en U mono passe dans un échangeur à plaque	4
Figure I.3 : Distribution en Z mono passe dans un échangeur à plaque	4
Figure I.4: Les échangeurs à plaques.....	5
Figure II.1 : Echangeur à plaques.....	6
Figure II.2 : Structure de l'échangeur à plaques	7
Figure II.3 : schéma d'un échangeur à plaques avec écoulement des fluides.....	12
Figure II.4: Différentes géométries de plaques d'échangeurs à surface primaire.....	8
Figure II.5: Échangeur Packinox	9
II.6 :Fiche technique :	10
II.7 :Schéma de l'échangeur « E-1104 »:	11
La figure. III.1 : représente le schéma de circulation des fluides à travers l'échangeur à plaques	12
La figure. III.2 : Diagramme des températures d'un échangeur à contre courant.	12

Liste des tableaux

III.4.1. Tableau 01 : caractéristique de l'eau chaude et froide. Le débit massique de l'eau chaude est constant : $Q_{mc} = 20.54 \text{ kg/h}$:	15
III.4.2. Tableau 02 : caractéristique de l'eau chaude et froide. Le débit massique de l'eau chaude $Q_{mc} = 24.846 \text{ kg/h}$	18
III.4.3. Tableau 03 : caractéristique de l'eau chaude et froide. Le débit massique de l'eau froide $Q_{mf} = 23,33 \text{ kg/h}$	19
III.4.4. Tableau 04 : caractéristique de l'eau chaude et froide. Le débit massique de l'eau froide $Q_{mf} = 42,642 \text{ kg/h}$	20
III.4.5. Tableau 05 : caractéristique de l'eau chaude et froide. Le débit massique de l'eau froide $Q_{mf} = 17,613 \text{ kg/h}$	21

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	m²	Surface d'échange
E	%	L'efficacité
NUT		Le nombre d'unités de transfert
DTLM	°C	Moyenne logarithmique de la différence de Température
Φ_c	w	flux de chaleur du fluide chaud
Φ_f	w	flux de chaleur du fluide froid
K	W/m²K	Le coefficient d'échange d'un échangeur
Qmc	Kg/s	Débit massique d'eau chaude
Qmf	Kg/s	Débit massique d'eau froide
Cpc	J/Kg. °C	Chaleur massique de l'eau chaude
Cpf	J/Kg. °C	Chaleur massique de l'eau froide

INTRODUCTION

GENERALE

Les équipements statiques jouent un rôle très important dans différents domaines industriels, car ils assurent l'outil de production. Parmi ces équipements, les échangeurs de chaleurs de différents types. Ces derniers sont généralement installés dans les circuits de production ou dans les autres circuits d'utilités.

L'échangeur étudié est du type échangeur à plaques, installé dans une chaîne de récupération des *condensats des huiles*, 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 obtenus par rapport à ceux de son état initial de fabrication (fiche technique).

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 fixant un paramètre (débit d'eau chaude ou froide), suivi des interprétations de ces résultats, 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.

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

CHAPITRE I
GENERALITES SUR LES
ECHANGEURS DE
CHALEUR

I-1-Introduction :

Dans les sociétés industrielles, l'échangeur de chaleur est un élément essentiel dans toute politique de maîtrise de l'énergie. Une grande partie (90%) de l'énergie thermique utilisée dans les procédés industriels transite au moins une fois par un échangeur de chaleur, aussi bien dans les procédés eux-mêmes que dans les systèmes de récupération de l'énergie thermique de ces procédés. Le choix d'un échangeur de chaleur, pour une application donnée, dépend de plusieurs paramètres : domaine de température et pression des fluides, propriétés physiques et agressivité des fluides, maintenance et encombrement.

Ce chapitre présente des généralités sur les différents types d'échangeur, en donnant leurs propriétés, domaines d'utilisation, ...etc

I-2- Définition d'un échangeur thermique :

Un échangeur de chaleur est un appareil destiné à assurer un transfert de chaleur entre deux ou plusieurs fluides. Cet appareil réchauffe un fluide de procédé et en refroidit un autre souvent sans changement de phase. de l'un et l'autre .

Les échangeurs thermiques permettent des échanges de chaleur entre : deux liquides, deux gaz, ou un gaz et un liquide. En cas de transfert de chaleur accompagné de changement de phase, les échangeurs thermiques peuvent assurer une fonction d'évaporation ou de condensation.

I.3 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 et les échangeurs tubulaires.

I.4 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.4.1 Classement technologique :

Les principaux types d'échangeurs rencontrés dans ce type, sont les suivants [1] :

- 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.4 .2. Classement suivant le mode de transfert de chaleur :

Les trois modes de transfert de chaleur (conduction, convection, rayonnement) sont couplés dans la plupart des applications (chambre de combustion, récupération sur les fumées, etc.), il y a souvent un mode de transfert prédominant. Pour tout échangeur avec transfert de chaleur à travers une paroi, la conduction intervient [1].

I.4 .3. 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 [1] :

- 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 évapocondenseurs.

I.5. Echangeurs tubulaires :

Les échangeurs tubulaires utilisant des tubes comme constituant principal de la paroi

Sont largement répandus. On distingue 3 catégories :

- Echangeur monotube, dans lequel le tube est placé à l'intérieur d'un réservoir. Il a généralement la forme d'un serpent.
- Echangeur coaxial, dans lequel les tubes sont le plus souvent contrés ; en général, le fluide chaud ou le fluide à haute pression s'écoule dans le tube intérieur.
- Echangeur multitubulaire, existant sous quatre formes :
 1. Echangeur à tubes séparés
 2. Echangeurs à tubes rapprochés
 3. Echangeurs à tubes ailettes
 4. Echangeur à calandre

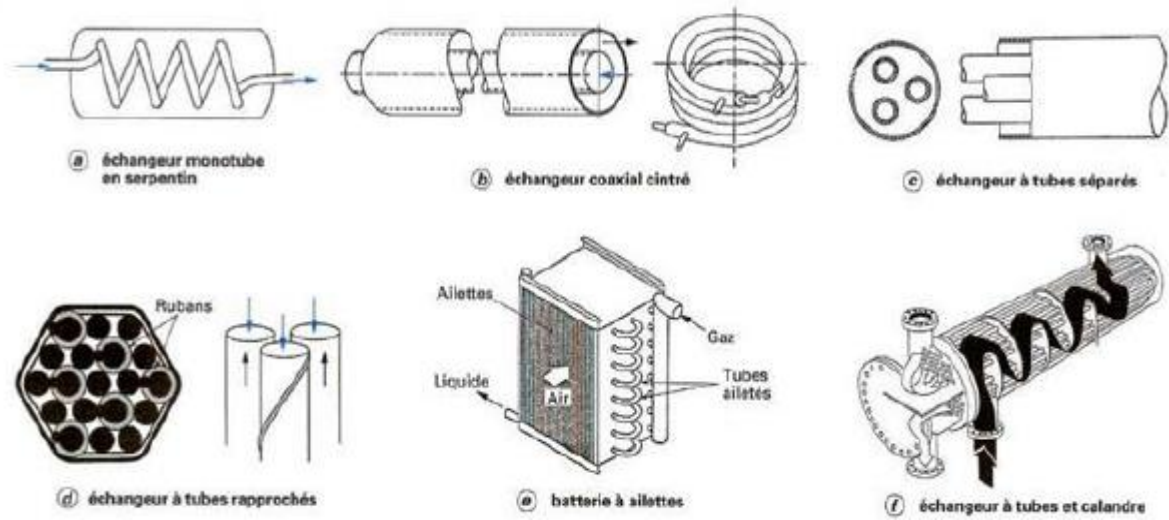


Figure I.1 : Les différents types d'échangeurs tubulaires

I.6. 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.

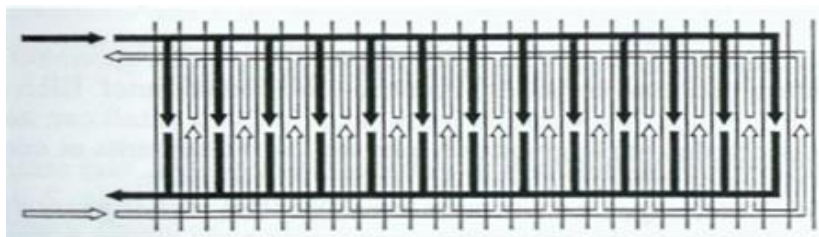


Figure I.2 : Distribution en U mono passe dans un échangeur à plaque

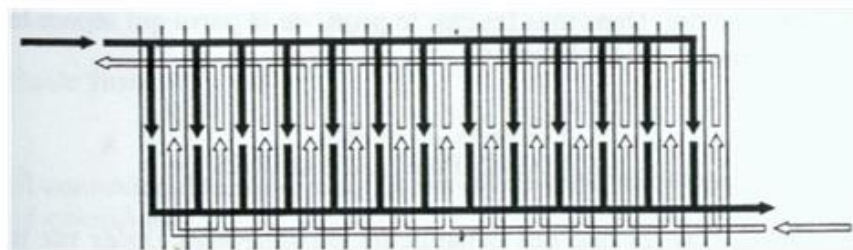


Figure I.3 : Distribution en Z mono passe dans un échangeur à plaque

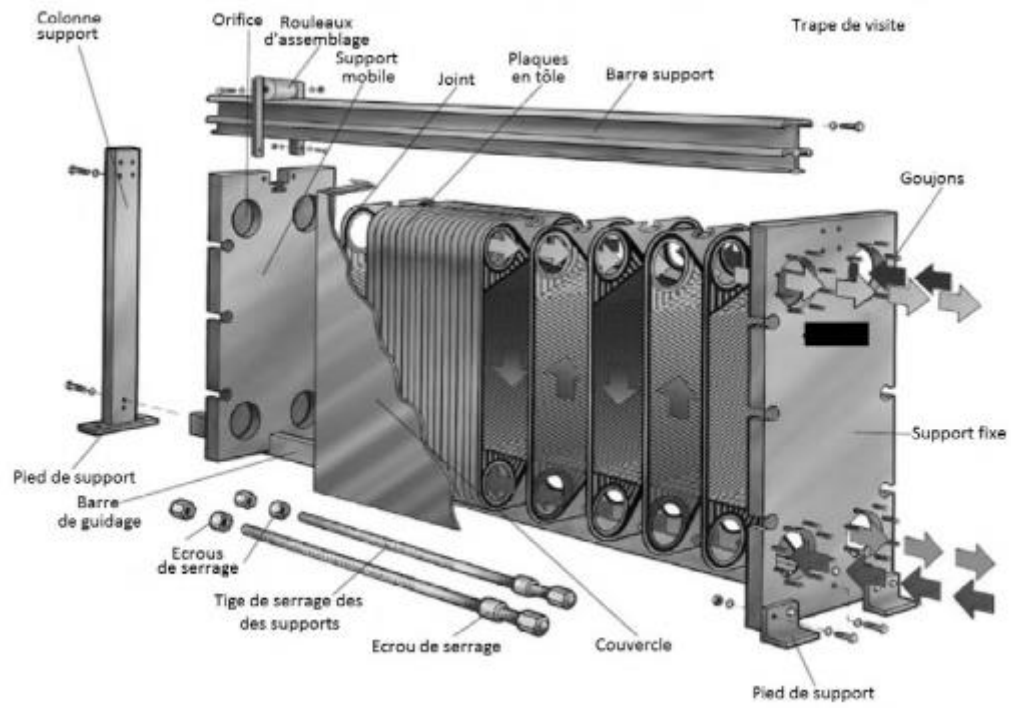


Figure I.4: Les échangeurs à plaques

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 fig II-1).

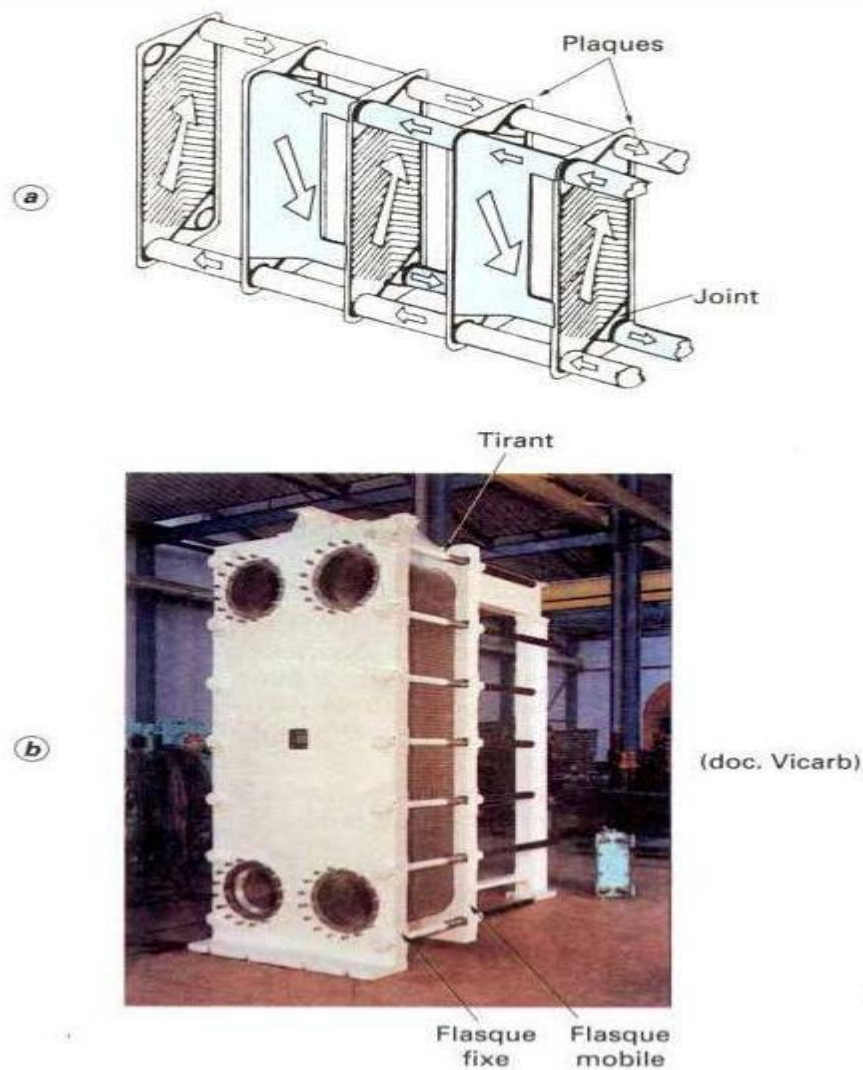


Figure II.1 : Echangeur à plaques

II.2. Structure de l'échangeur à plaques : Le schéma ci-dessous présente la structure de base d'un échangeur de chaleur à plaques. La réalisation finale est spécifique à chaque application :

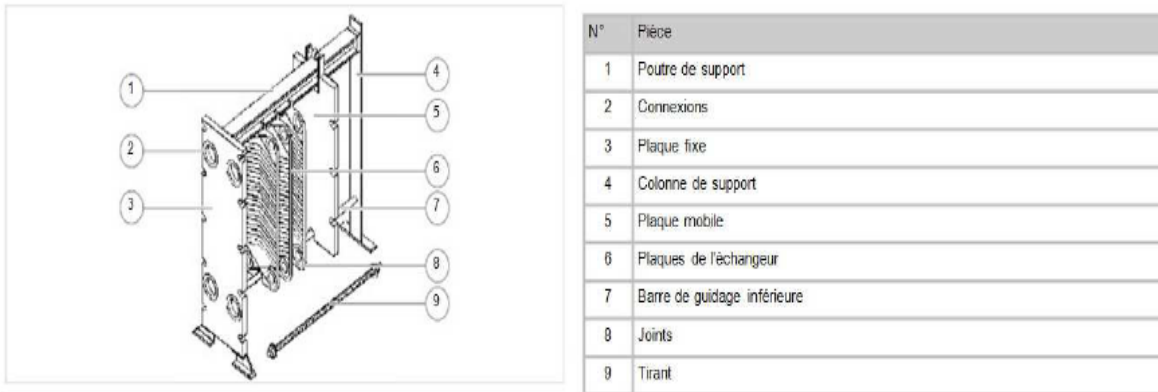


Figure II.2 : Structure de l'échangeur à plaques

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.

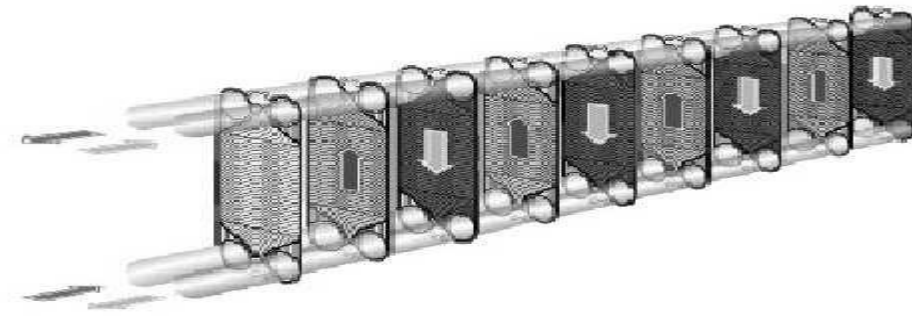


Figure II.3 : schéma d'un échangeur à plaques avec écoulement des fluides

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.

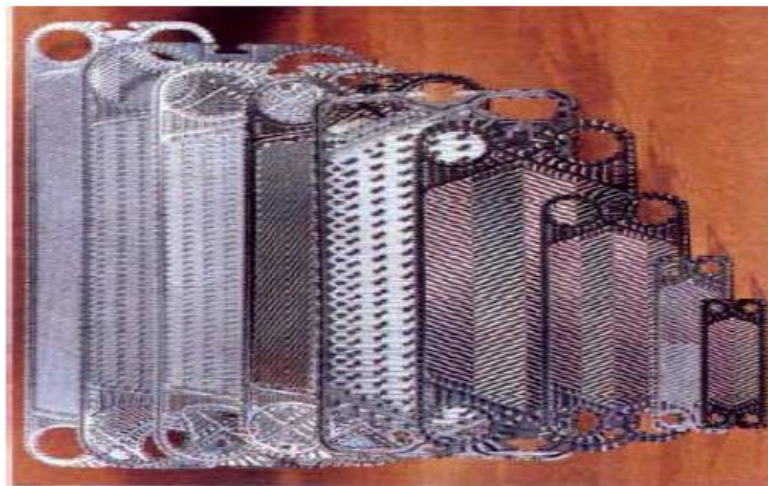


Figure II.4: Différentes géométries de plaques d'échangeurs à surface primaire.

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.

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 bar.

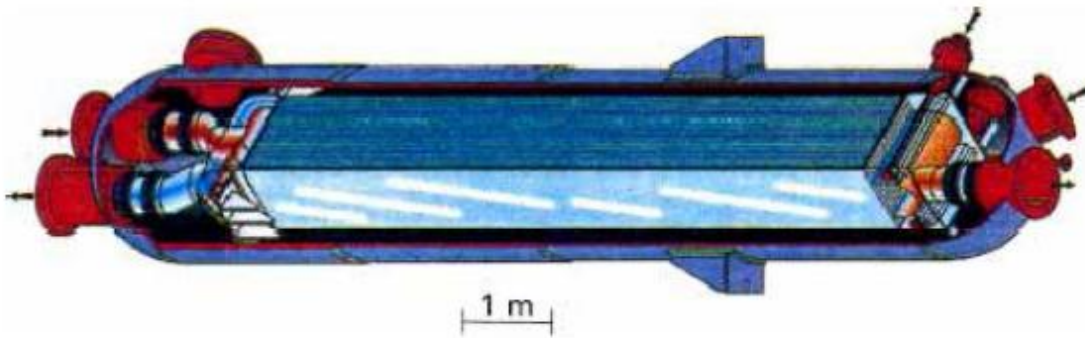


Figure II.5: Échangeur Packinox [1].

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 oC 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 [1].

II.6.Présentation de l'échangeur de la RAFFINERIE « E-1104 » :

II.6.Fiche technique :

FORM. 100 SOCIÉTÉ FOSTER WHEELER FRANÇAISE S.A.R.L.
EXCHANGER SPECIFICATION SHEET

REV 1 : 29-4-80

CUSTOMER SONATRACH
ADDRESS
PLANT LOCATION ARZEW
SERVICE OF UNIT REFROIDISSEMENT DES CONDENSATS
SIZE PARAFLOW R405-1.1 TYPE A PLAQUES
SURFACE PER UNIT 21.5 m² SHELLS PER UNIT

CONT. No. PRC 6200
F. W. EST No.
CUST. INQ. No.
DATE 4-10-79
ITEM No. E-1104
CONNECTED
SURFACE PER SHELL

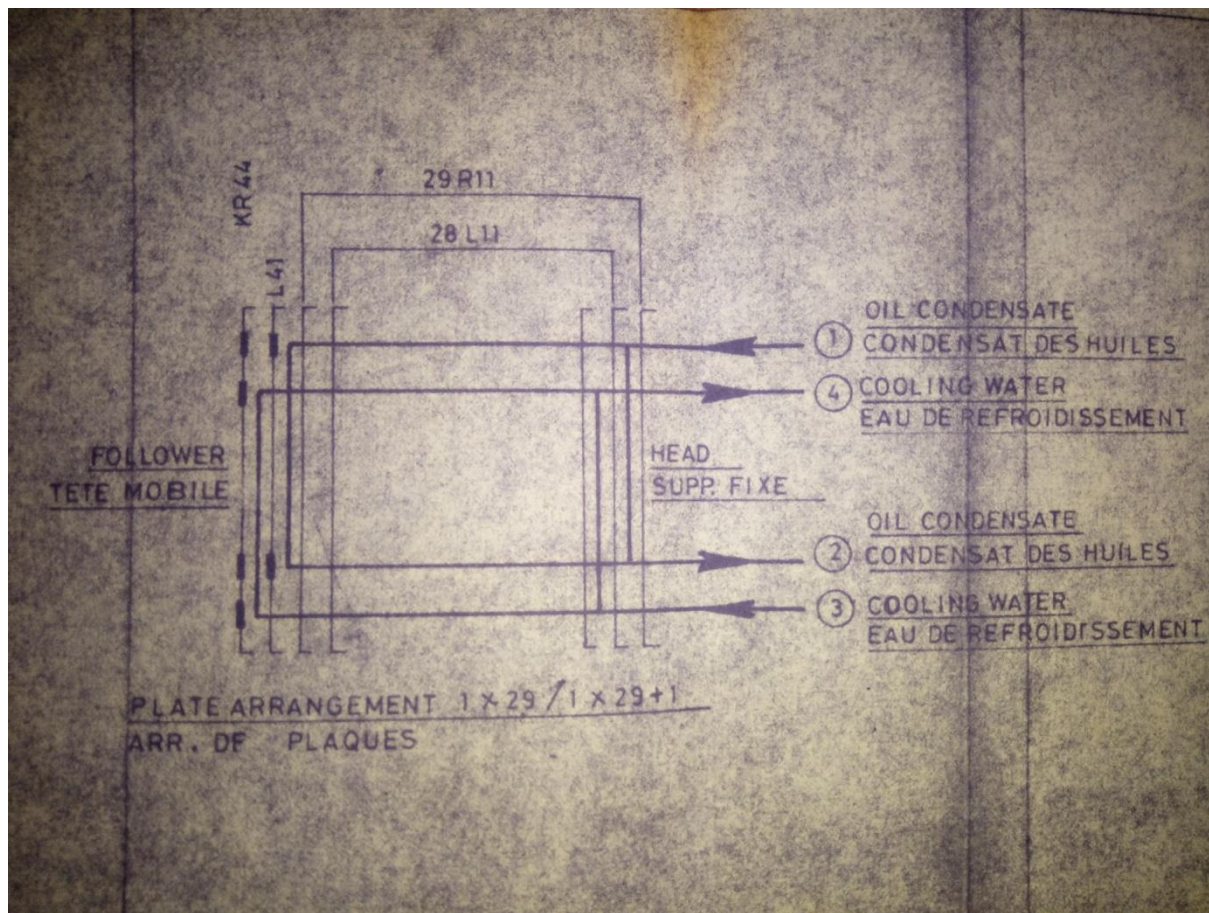
PERFORMANCE OF ONE UNIT CASE :

		SHELL SIDE	TUBE SIDE
TOTAL FLUID ENTERING	Kg/Hr	CONDENSATS DESHUILES (1)	LAV DE REFRIGERATION (2)
VAPOR	"	32.000	67.350
LIQUID	"		
STEAM	"	32.000	67.350
NON-CONDENSABLES	"		
FLUID VAPORIZED OR CONDENSED	"		
STEAM CONDENSED	"		
GRAVITY-LIQUID	IN/OUT	1.0	1.0
VISCOSITY-LIQUID (CST)	IN/OUT		
MOLECULAR WEIGHT-VAPORS			
SPECIFIC HEAT-LIQUIDS			
LATENT HEAT-VAPORS			
TEMPERATURE IN		80 °C	30 °C
TEMPERATURE OUT		40 °C	49 °C
OPERATING PRESSURE		6.7 BAR G.	3.0 BAR G.
NUMBER OF PASSES		1	1
VELOCITY			21 M/S
PRESSURE DROP		0.2 BAR	0.7 BAR
PASSAGES PER PASS		29	29
FOULING FACTOR (Metric units)			0.000104
HEAT EXCHANGED - Kcal/Hr.	1.280.000		M.T.D. (CORRECTED)
TRANSFER RATE - SERVICE			CLEAN

CONSTRUCTION

DESIGN PRESSURE	11.8 BAR G.	6.5 BAR G.	
TEST PRESSURE	BAR G.	BAR G.	
DESIGN TEMPERATURE	115 °C	100 °C	
TUBES	No	O.D.	BWG.
PLATES : TITANIUM	No : 59 (EXT → 102)		
BUSHES : TITANIUM			
FRAME : MILD STEEL			
TUBE SHEETS - STATIONARY			
BAFFLES - CROSS		TYPE	THICKNESS
BAFFLES - LONG		TYPE	THICKNESS
NOZZLES : TITANIUM LINED			THICKNESS
GASKETS	NITRILE-RUBBER		
CONNECTIONS - SHELL - IN	4" OUT	4"	SERIES 150# RF (ANSI B 16.5)
CHANNEL - IN	6" OUT	6"	SERIES 150# RF (ANSI B 16.5)
CORROSION ALLOWANCE - SHELL SIDE			TUBE SIDE
CODE REQUIREMENTS		BUNDLE	FULL OF WATER
WEIGHTS - EACH SHELL			
NOTE: INDICATE AFTER EACH PART WHETHER STRESS RELEVED (S.R.) AND WHETHER RADIOGRAPHED (X-R)			
REMARK :-	(1) SATURATED IN O ₂ AND CO ₂ .		
	(2) TDS ~ 5Gr/l.		

II.7.Schéma de l'échangeur « E-1104 »:



Les fluides circulent à travers l'échangeur «E-1104» :

Le fluide chaud : condensats des huiles.

Le fluide froid : eau de refroidissement.

CHAPITRE III

CALCULS DES PARAMETRES

ENERGETIQUES DE L'ECHANGEUR

E-1104

III.1. Introduction:

Dans ce chapitre, nous allons calculer les paramètres énergétiques de l'échangeur E-1104, 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 :

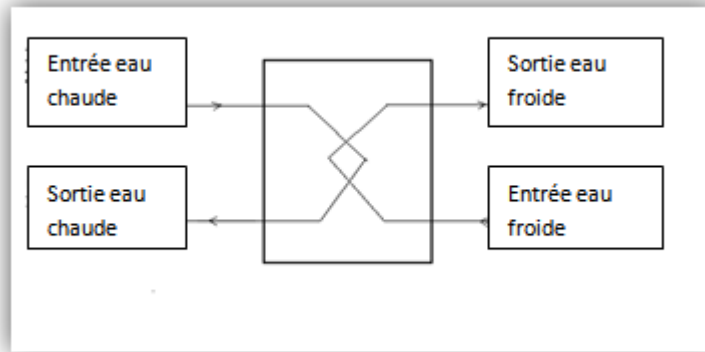


Figure. III.1 : représente le schéma de circulation des fluides à travers l'échangeur à plaques

L'échangeur fonctionne selon un circuit à contre courant, ou le fluide chaud est l'eau chaud (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.

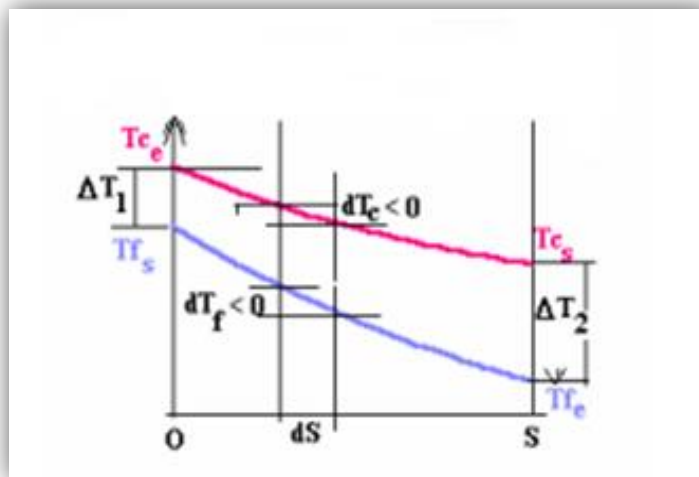


Figure. III.2 : Diagramme des températures d'un échangeur à contre courant.

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 :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Φ_c : flux de chaleur du fluide chaud

Φ_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 cas n° 01:

III.4.1. Tableau 01 : caractéristique de l'eau chaude et froide.

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

Données de base		01	02	03
	Débit de l'eau froide $Q_{mf} \text{ (kg /h)}$	16.511	19.996	20.866
	$T_{ce} \text{ (°C)}$	40,94	39,79	37,82
	$T_{cs} \text{ (°C)}$	30,88	27,48	28,81
	$T_{fe} \text{ (°C)}$	14,4	11,08	15,46
	$T_{fs} \text{ (°C)}$	26,83	23,71	24,34
Résultats obtenues	$C_c = Q_{mc} * C_{pc}$	23,8149889	23,8149889	23,8149889
	$C_f = Q_{mf} * C_{pf}$	19,18040122	23,24550246	24,24598102
	$C_{min} \text{ (W/ °C)}$	19,1804012	23,2455025	23,8149889
	$C_{max} \text{ (W/ °C)}$	23,8149889	23,8149889	24,245981
	C_r	0,805391987	0,976087059	0,982224182
	$DTLM \text{ (°C)}$	15,2643477	16,2394745	13,414895
	$\phi_c \text{ (W)}$	239,5787882	293,1625132	214,5730499
	$\phi_f \text{ (W)}$	238,412387	293,590696	215,304312
	$K \text{ (W/m}^2 \text{ °C)}$	0,72646067	0,8408758	0,74649515
	NUT	0,81431583	0,77773452	0,67393043
	E (%)	46,87595932	43,97795792	40,40465215

On utilise la méthode de DTLM :

$$C_c = Q_{mc} * C_{pc}$$

$$C_c = 20.54 * 4174$$

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

$$C_f = Q_{mf} * C_{pf}$$

$$C_f = 16.511 \cdot 4182$$

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

On trouve que :

$$C_c = C_{\max}$$

$$C_f = C_{\min}$$

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

On fait l'application numérique :

$$C_r = \frac{19.180}{23.814}$$

$$C_r = 0.805$$

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

On fait l'application numérique :

$$\Delta T_{LM} = \frac{(30.88 - 14.4) - (40.94 - 26.83)}{\ln\left(\frac{30.88 - 14.4}{40.94 - 26.83}\right)}$$

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

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

$$q_{mc} = 20.54 \text{ kg/h} \quad \Longrightarrow \quad q_{mc} = 0.0057 \text{ Kg/s}$$

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

On fait l'application numérique de la puissance thermique Φ_c on trouve que :

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

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

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

$$q_{mf} = 16.511 \text{ kg/h} \quad \Longrightarrow \quad q_{mf} = 0.0045 \text{ Kg/s}$$

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

On fait l'application numérique de la puissance thermique Φ_f on trouve que :

$$Q_{mf} = 0.0045 \cdot 4182 \cdot (26.83 - 14.4)$$

$$Q_{mf} = 238.412 \text{ W}$$

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 :

$$K = \frac{238.412}{21.5 \cdot 15.264}$$

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

On utilise la méthode de NUT :

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

On fait l'application numérique :

$$NUT = 0.814$$

On écrit l'efficacité E sous la forme :

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

On fait l'application numérique :

$$E = 46.875\%$$

Commentaire du tableau n° 01 :

Le tableau n° 01 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 obtenues, nous constatons que :

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

Le Φ_c et Φ_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.

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

Le 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. Tableau 02 : caractéristique de l'eau chaude et froide.

Le débit massique de l'eau chaude $Q_{mc} = 24.846 \text{ kg/h}$

	01	02	03
Débit de l'eau froide $Q_{mf}(\text{kg/h})$	42.491	42.660	51.389
$T_{ce} (\text{°C})$	41,95	43,05	45,7
$T_{cs} (\text{°C})$	28,85	30,1	29,61
$T_{fe} (\text{°C})$	16,64	18,55	18,1
$T_{fs} (\text{°C})$	24,26	26,09	25,88
$C_c = Q_{mc} * C_{pc}$	28,8075567	28,8075567	28,8075567
$C_f = Q_{mf} * C_{pf}$	49,37331358	49,54487563	59,68308831
$C_{min} (\text{W/°C})$	49,3733136	28,8075567	59,6830883
$C_{max} (\text{W/°C})$	28,8075567	49,5448756	28,8075567
C_r	1,713901465	0,581443717	2,071785851
DTLM (°C)	14,7810801	14,0822269	15,2904831
$\Phi_c (\text{W})$	377,3789923	373,0578588	463,5135868
$\Phi_f (\text{W})$	376,224649	373,568362	464,334427
$K (\text{W/m}^2 \text{°C})$	1,18386619	1,23384411	1,41244393
NUT	0,5155239	0,92085728	0,50881322
E (%)	30,13345467	52,90789738	28,17125086

Commentaire du tableau n° 02 :

Dans ce cas, le débit de l'eau chaude est fixé à 24.846 kg/h .A vérifier le tableau : le débit de l'eau froide est plus important que le précédent, donc :

Le DTLM : reste presque inchangé.

Le Φ_c et Φ_f : presque la même valeur.

Le K : prend des valeurs supérieur à 1, cela est du au débit de l'eau chaude.

Le NUT : prend des valeurs variables, du à la sortie du température de l'eau chaude.

E : sur la même allure que le NUT.

III.4.3. Exemple de calcul cas n° 02

Tableau 03: caractéristique de l'eau chaude et froide.

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

	01	02	03
Débit de l'eau chaude $Q_{mf} \text{ (kg/h)}$	21,64	22,35	22,54
$T_{ce} \text{ (°C)}$	38,95	39,99	40,27
$T_{cs} \text{ (°C)}$	29,26	28,4	27,47
$T_{fe} \text{ (°C)}$	15,96	13,41	11,31
$T_{fs} \text{ (°C)}$	24,85	24,57	23,66
$C_c = Q_{mc} * C_{pc}$	25,0903778	25,9135833	26,1338778
$C_f = Q_{mf} * C_{pf}$	27,10816389	27,11464444	27,121125
$C_{min} \text{ (W/°C)}$	25,0903778	25,9135833	26,1338778
$C_{max} \text{ (W/°C)}$	27,1081639	27,1146444	27,121125
C_r	0,925565371	0,955704339	0,963598589
DTLM (°C)	13,6961062	15,2039866	16,38397
$\Phi_c \text{ (W)}$	243,1257607	300,3384308	334,5136356
$\Phi_f \text{ (W)}$	240,991577	302,599432	334,945894
$K \text{ (W/m}^2 \text{ °C)}$	0,81840126	0,92570407	0,95086104
NUT	0,70128984	0,7680388	0,78226096
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 Φ_c et Φ_f sont presque égal avec un ordre croissant.

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

Même remarque que le NUT.

III.4.4. Tableau 04: caractéristique de l'eau chaude et froide.

Le débit massique de l'eau froide $Q_{mf} = 42,642 \text{ kg/h}$

	01	02	03
Débit de l'eau chaude $Q_{mf}(\text{kg /h})$	23,99	24,77	25,17
$T_{ce} (\text{°C})$	42,58	41,95	46,15
$T_{cs} (\text{°C})$	29,82	28,85	31,62
$T_{fe} (\text{°C})$	18,01	16,64	18,51
$T_{fs} (\text{°C})$	25,17	24,26	27,05
$C_c = Q_{mc} * C_{pc}$	27,8150722	28,7194389	29,1832167
$C_f = Q_{mf} * C_{pf}$	49,53579	49,547635	49,5121
$C_{min} (\text{W/ °C})$	27,8150722	28,7194389	29,1832167
$C_{max} (\text{W/ °C})$	49,53579	49,547635	49,5121
C_r	0,561514659	0,57963289	0,589415853
$DTLM (\text{°C})$	14,4293406	14,7810801	15,9175989
$\phi_c (\text{W})$	354,9203216	376,2246494	424,0321382
$\phi_f (\text{W})$	354,676256	377,552979	422,833334
$K (\text{W/m}^2 \text{ °C})$	1,14326569	1,18804604	1,23552973
NUT	0,88370119	0,88939725	0,91024542
E (%)	51,9080004	51,88767313	52,46395778

Commentaire du tableau n° 04 :

il prend les mêmes remarques que le tableau n°04 sauf que le K prend des valeurs 1.14, 1.18, 1.23, $K > 1$

III.4.5. Tableau 05 : caractéristique de l'eau chaude et froide.

Le débit massique de l'eau froide $Q_{mf} = 17,613 \text{ kg/h}$

	01	02	03
Débit de l'eau chaude $Q_{mf}(\text{kg /h})$	19,72	20,11	20,12
$T_{ce} (\text{°C})$	41,04	40,2	39,42
$T_{cs} (\text{°C})$	30,64	29,3	29,14
$T_{fe} (\text{°C})$	14,74	12,81	13,39
$T_{fs} (\text{°C})$	26,53	25,28	24,89
$C_c = Q_{mc} * C_{pc}$	22,8642444	23,3164278	23,3280222
$C_f = Q_{mf} * C_{pf}$	20,460435	20,47022	20,47022
$C_{min} (\text{W/ °C})$	20,460435	20,47022	20,47022
$C_{max} (\text{W/ °C})$	22,8642444	23,3164278	23,3280222
C_r	0,894866001	0,877931225	0,877494877
$DTLM (\text{°C})$	15,1944049	15,6919121	15,131804
$\phi_c (\text{W})$	237,7881422	254,1490628	239,8120684
$\phi_f (\text{W})$	241,228529	255,263643	235,40753
$K (\text{W/m}^2 \text{ °C})$	0,7384252	0,75661446	0,72358771
NUT	0,77594352	0,7946769	0,7599887
E (%)	44,70470054	45,48917311	44,33593356

Commentaire du tableau n° 05 :

On constat les mêmes remarques dans les deux premières colonnes, augmentation de tous les paramètres sauf dans la troisième colonne il y a une légère chute de ces paramètres.

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. On constate que, lorsqu'on fixe le débit du liquide chaud, l'efficacité de l'échangeur diminue, par contre, et 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 mauvaises ajustements des vannes d'isolement,...etc.

Nous recommandons aux responsables, de vérifier les deux circuits de cet échangeurs (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, posé par les responsables de la Raffinerie d'Arzew , et d'élargir nos connaissances déjà acquise durant notre cursus universitaire.

Résumé

Le travail effectué dans ce mémoire réside d'un problème technique, posé par des responsables d'une unité de production (SONATRCH). 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.

Les résultats obtenus par ces méthodes montrent 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.

Bibliographie :

[1] 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].