

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
المركز الجامعي لعين تموشنت
Centre Universitaire Belhadj Bouchaib d'Ain-Temouchent
Institut de Technologie
Département de Génie Mécanique



Projet de fin d'études
Pour l'obtention du diplôme de Master en :
Domaine : Technologie
Filière : M2 Génie Mécanique.
Spécialité : Mécanique et Energétique
Thème

***Montage d'un banc pour TP d'échangeur de chaleur/ laboratoire énergétique
C.U.A.T***

Présenté Par :

- 1) LOUAFI kamel eddine
- 2) ZENATTI oussama

Devant les jurés composés de :

Dr Belhennini Soufyane	C.U.B.B (Ain Temouchent)	Président
Dr Baki Touhami	C.U.B.B (Ain Temouchent)	Encadreur
Dr Sari Zakaria	C.U.B.B (Ain Temouchent)	Co-encadreur
Mr Benzenine hamid	C.U.B.B (Ain Temouchent)	Examineur

Remerciements

En premier lieu, nous tenons à remercier notre DIEU, notre créateur

Pour nous avoir donné la force pour accomplir ce travail.

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à tous les docteurs

Qui nous ont aidés tout au long de notre cursus universitaire

En particulier notre encadreur D^r : BAKI touhami pour ses conseils et l'aide

Qu'il nous a apportés.

Nous voudrions aussi exprimer toute notre gratitude à

D^r : Sari Hassoun Zakaria pour les orientations et les conseils Nos derniers

Remerciements, vont à tous ceux qui ont contribué

De près ou de loin pour l'aboutissement de ce travail.

Dédicace

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 et mes sœurs. A mes cousins et cousines

Et à toute la famille LOUAFI et ZENNATI

A toutes mes amis de près ou de loin.

A la promotion de Master II.

SOMMAIRE

Introduction générale.	4
CHAPITRE I: Types et classifications des échangeurs de chaleur	
Introduction	6
I.1 Type des échangeurs de chaleur	6
I.1.1 Les échangeurs tubulaires	6
I.1.1.1 Échangeur monotube	6
I.1.1.2 Échangeur coaxial	7
I.1.2 Échangeur multitubulaire	7
I.1.2.1 Échangeur à tubes séparés	7
I.1.2.2 Échangeur à tubes rapprochés.....	7
I.1.2.3 Échangeur à tubes ailettes	8
I.1.3 Echangeur à tube et calandre.....	8
I.1.3.1 Echangeur de chaleur à tête flottante.....	8
I.1.3.2 Echangeur à plaque tubulaires fixes	9
I.1.3.3 Echangeur à tubes en U	9
I.1.4 Echangeur à plaque	10
I.1.4.1 Échangeurs à surface primaire.....	10
I.1.4.2 Échangeurs à plaques et joints.....	10
I.1.4.3 Échangeurs à plaques soudées ou brasé.....	11
I.1.4.3.1 Échangeur platulaire	11
I.1.4.3.2 Échangeur Compabloc.....	12

I.1.4.3.3 Échangeur Packinox	12
I.1.4.3.4 Échangeur lamellaire.....	13
I.1.4.3.5 Échangeur à spirale.....	13
I.1.4.3.6 Échangeur brasé.....	14
I.1.5 Échangeurs avec un fluide changeant de phase.....	14
I.1.5.1 Évaporateurs tubulaires.....	14
I.1.5.1.1 Évaporateurs à l'intérieur de tubes.....	14
a) Évaporations à tubes verticaux.....	14
b) Évaporateurs à tubes horizontaux.....	16
I.1.5.1.2 Évaporation à l'extérieur de tubes.....	16
I.1.5.2 Condenseurs tubulaires.....	17
I.2 Classification des échangeurs.....	18
I.2.1 Classement technologique.....	18
I.2.2 Classement suivant le mode de transfert de chaleur.....	18
I.2.3 Classement suivant le procédé de transfert de chaleur	18
I.2.4 Classement fonctionnel	18
I.3 Calcul des échangeurs :.....	19
I.3.1 Coefficient global d'échange thermique U	19
I.3.1.1 Méthode DTLM (Moyenne logarithmique de la température).....	20
I.3.1.2 Nombre d'unités de transfert.....	22
I.3.1.2.1 Définition.....	22
I.3.1.2.2 Relation entre NUT et efficacité	22
I.4 Conclusion.....	23
CHAPITRE II: les équipements utilisés.	
II. i. ECHANGEUR A PLAQUE	

II.1 Introduction.....	25
II.2 Technologie des plaques.....	25
II.2.1 Plaque à canal large.....	25
II.2.2 Plaque à double paroi.....	26
II.2.3 Plaque semi-soudée.....	26
II.2.4 Profil d'écoulement.....	27
II.2.5 Auto centrage des plaques.....	27
II.2.6 Joint sans colle.....	28
II.3 Optimisation de l'échange de chaleur.....	28
II.4 Principe de fonctionnement.....	28
II.4.1 Circulation latérale à travers les plaques.....	29
II.4.2 Circulation diagonale à travers les plaques.....	30
II.4.3 Nettoyage de l'échangeur.....	30
II.4.3.1 Nettoyage mécanique.....	30
II.4.3.2 Nettoyage chimique.....	30
II.4.4 Remplacement d'un joint ou d'une plaque.....	31
II.4.4.1 Remplacement d'un joint.....	31
II.4.4.2 Remplacement d'une plaque.....	31
II.4.4.3 Installation de nouvelles plaques.....	31
II.4.4.4 Stockage des pièces de rechanges.....	31
a) Plaques.....	31
b) Joints.....	31
c) Colle.....	32
II.4.4.5 Serrage manuel du paquet des plaques.....	32

II.4.4.6 Le test hydraulique.....	32
II.5 Conclusion.....	32
II. ii. Échangeur à courant croisé :	
II.5- INTRODUCTION :	33
II.6- PRINCIPE DE FONCTIONEMENT :	33
II.iii. CHAUDIERE HL 350 :	34
II.7-Introduction.....	34
II.8. Sécurité.....	34
II.8.1 Utilisation conforme.....	34
II.8.2 Structure des consignes de sécurité.....	34
II.9 Description de l'appareil.....	35
II.9.1 Diagramme du processus.....	35
II.9.2 Fonctionnement de l'appareil :	36
II.vi. SUSTEME D'ACQUISITION UNIVERSEL TECQUIPMENT VDAS :	37
II.10 INTRODUCTION.....	37
II.11 DESCRIPTION.....	37
II.11.1- Le logicielVDAS	38
II.11.2 La plateforme VDAS (ou Module d'Interface PC) :	38
II.11.2.1 VDAS-B :	39
II.11.2.2VDAS-F :	39
CHAPITRE III. - Montage déchanteur de chaleurs.	
III.1 - Montage déchanteur de chaleurs.....	41
III.2- LE BILAN ECONOMIQUE GÉNÉRALE :	45
III.3- Partie expérimentale	46
III.3.1 -Echangeur à plaque :	46
III.3.2 -Echangeur a courant croisé	46
III.4 – l'expérience :	48
III.4.1.Commentaire :	57

III.4.2.Conclusion :	58
CHAPITRE IV : Partie calcule :	
IV.1 Introduction	59
IV.2-Calcul de la puissance.	59
IV .3- DTLM (Moyenne logarithmique de la température) :	61
IV.4. Le rapport.	68
- 1 ^{er} cas Echangeur a plaque.	68
- Co-courant.	68
- Contre courant	68
- 2 ^{eme} cas Echangeur a courant croisé	69
VI.5.Calcule le coefficient global thermique U.	69
IV.5.1.Méthode de ΔTLM .	69
1 ^{er} cas : échangeur a plaque.	69
- Circuit co-courant.	69
- Circuit contre courant.	70
2 ^{eme} cas cas : échangeur a courant croisé :	71
IV.5.2.Méthode de NUT	71
IV.5.2-1. Efficacité thermique D'un échangeur	71
1 ^{er} cas Pour échangeur a plaque	72
Circuit co-courant.	72
Circuit contre courant	72
2 ^{ème} cas Echangeur de courant croisé :	72
IV.5.2-2. calcule le NUT :	73
1 ^{er} cas Echangeur a plaque :	73
- Circuit co- courant.	73
- Circuit contre courant	74
2 ^{ème} cas Echangeur de courant croisé :	75
IV.5.2.3 Calcule le coefficient global thermique :	75
- 1 ^{er} cas Echangeur a plaque :	75
- Circuit co- courant.	75
- Circuit contre courant	75
2 ^{ème} cas Echangeur de courant croisé :	76
Conclusion	76

LISTE DE FIGURE

Figure I.1: Échangeur monotube en serpent [2].....	06
Figure I.2: Échangeur coaxial.....	07
Figure I.3: Échangeur à tube séparé [2].....	07
Figure I.4: Échangeur à tube rapproché [2].....	08
Figure I.5: Échangeur à tube ailette [2].....	08
Figure I.6: Échangeur à tête flottante [4].....	09
Figure I.7 Échangeur à plaque tubulaire fixe [4].....	09
Figure I.8: Échangeur à tube en U [4].....	10
Figure I. 9: Différentes géométries de plaques d'échangeurs à surface primaire [2].....	10
Figure I.10: Échangeur à plaque et joint [2].....	11
Figure I.11: Échangeur platulaire et schéma canaux [2].....	11
Figure I.12: Échangeur Compabloc et l'empilement des plaques [2].....	12
Figure I.13: Échangeur Packinox [2].....	12
Figure I.14: Échangeur lamellaire [2].....	13
Figure I.15: Échangeur à spirale [2].....	13
Figure I.16 Échangeur brasé [2].....	14
Figure I.17: Évaporateur à tubes courts et à panier [2].....	15
Figure I.18: Évaporateur à longs tubes verticaux et à grimpage [2].....	15
Figure I.19: Évaporateur à tube tombant [2].....	16
Figure I.20: Évaporateur noyés et arrosés [2].....	16
Figure I.21: Condensation extérieur aux tubes [2].....	17
Figure I.22: Condensation intérieur aux tubes [2].....	17
Figure I.23 : Profil de Température à travers un élément de surface dA	19
Figure II.1: Plaque à canal large [6].....	25
Figure II.2: Plaque à double paroi [6].....	26
Figure II.3: Plaque semi-soudée [6].....	26
Figure II.4: Profil d'écoulement d'une plaque [7].....	27
Figure II.5: Représente l'auto centrage dans une plaque [7].....	27

Figure II.6: Le joint sans colle [7].....	28
Figure II.7: Principe de fonctionnement d'un échangeur à plaques jointé ALFA LAVAL [6].....	29
Figure II.8: La circulation des fluides est latérale.....	29
Figure II.9: La circulation des fluides est diagonale.....	30
Figure II.10 Echangeur a' courant croisé.....	33
Figure II. 11 Echangeur a' courant croisé.....	33
Figure. II.12. Diagramme du processus. [10].....	35
Figure II.13 – Le système VDAS [11].....	37
Figure II.14– Ecran typique du logiciel VDAS [11].....	38
Figure II.15 – Plateforme VDAS-B[11].....	39
Figure II.16 – Plateforme VDAS-F[11].....	39
Figure III.1 : échangeur à plaque.....	41
Figure III.2 : échangeur à courant croisé.....	41
Figure : III.3 : ½ Tôle N 15/10.....	41
Figure III.4 1.5 Tube 30/30	41
Figure III.5 : le forgeron commence le travail.....	42
Figure III.6 : le forgeron commence le travail.....	42
Figure III.7 : le forgeron soudé la table	42
Figure III.8 : le forgeron soudé la tôle.....	43
Figure III.9 : le forgeron soudé les rouleurs.....	43
Figure III.10 : pienture de la table.....	43
Figure III.11: fixé les échangeurs de chaleur	44
Figure III.12: l'installation des échangeurs de chaleur.....	44
Figure III.13.Schématisation des fonctionnements à co-courant et contre coura.....	46
Figure III.14Schématisation de fonctionnement d'un échangeur a courant croisé.....	46
Figure IV.I évolution des températures dans un échangeur à plaque fonctionnant à co-courant : [12].....	70
Figure IV.2 évolution des températures dans un échangeur à plaque fonctionnant à contre courant [12].....	70
Figure IV.3 tableau $NUT=f(Ec)$ pour l'échangeur a co-courant. [13].....	73

Symboles Signification Unités

Symbole	Signification	unité
<i>Er</i>	Efficacité de refroidissement	
<i>EC</i>	Efficacité de chauffage	
<i>ṁ</i>	Débit massique	kg/s
<i>ṁCp</i>	Débit calorifique	kW.K-1
<i>ρ</i>	La masse volumique	kg/m ³
<i>Vm</i>	Le volume spécifique	m ³ .Kg-1
<i>V</i>	La vitesse	m/s
<i>A</i>	Surface d'échange	m ²
<i>T</i>	Température	C°
<i>U</i>	Coefficient global d'échange	kw/.m ² .K
<i>∅</i>	Flux de chaleur échangée	Kw
<i>DTLM</i>	Moyenne logarithmique de la différence de température	
<i>NUT</i>	Nombre d'unité thermique.	

Introduction générale

Introduction générale

Dans les installations industrielles, il est souvent nécessaire d'apporter une quantité de chaleur importante à une partie du système. Dans la majorité des cas, la chaleur est transmise à travers un échangeur de chaleur. On estime à 90% la part des transferts d'énergie réalisée par les échangeurs de chaleur dans l'industrie.

Parmi les appareils de transmission d'énergie, nous citons les échangeurs de chaleur à plaques et les échangeurs de courant croisé qui font la base de notre travail. Ces appareils sont destinés à refroidir le fluide géothermique sortant avec une température élevée en utilisant de l'eau froide.

Notre mémoire est structuré comme suit dans une première partie nous procédons à une étude bibliographique : concernant les différents types des échangeurs de chaleur et leurs classifications. Un deuxième chapitre on a parlé des les équipements que on a utilisé dans le montage. Un troisième chapitre on a expliqué les démarches de montage ensuite on a présenté bilan économique et les résultats de notre expérience. Le quatrième chapitre c'est la partie calcul. Nous avons achevé notre mémoire par une conclusion générale et les Perspectives qui peuvent être dégagées logiquement de ce travail.

CHAPITRE I :

Généralité des échangeurs de chaleur

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 les quelles interviennent les processus d'extraction de chaleur. [1]

Les échangeurs de chaleurs sont des dispositifs très utilisés dans l'industrie pour cela l'objectif de ce chapitre est de donné quelques généralités sur ces équipements.

DEFINITION :

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. [1]

I.1 Type des échangeurs de chaleur

I.1.1 Les échangeurs tubulaires :

Pour des raisons historiques et économiques, les échangeurs utilisant les tubes comme constituant principal de la paroi d'échange sont les plus répandus. On peut distinguer trois catégories suivant le nombre de tubes et leur arrangement, toujours réalisés pour avoir la meilleure efficacité possible pour une utilisation donnée [2].

I.1.1. 1 Échangeur monotube

Dans lequel le tube est placé à l'intérieur d'un réservoir et a généralement la forme d'un serpentín comme montré à la figure au dessous.

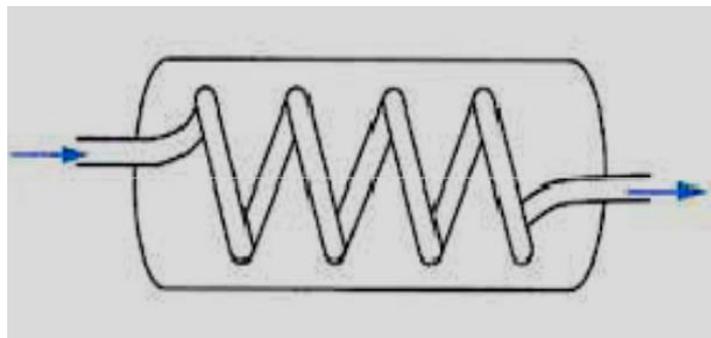


Figure I.1: Échangeur monotube en serpentín [2].

I.1.1.2 Échangeur coaxial

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 comme montré à la figure au dessous [2].

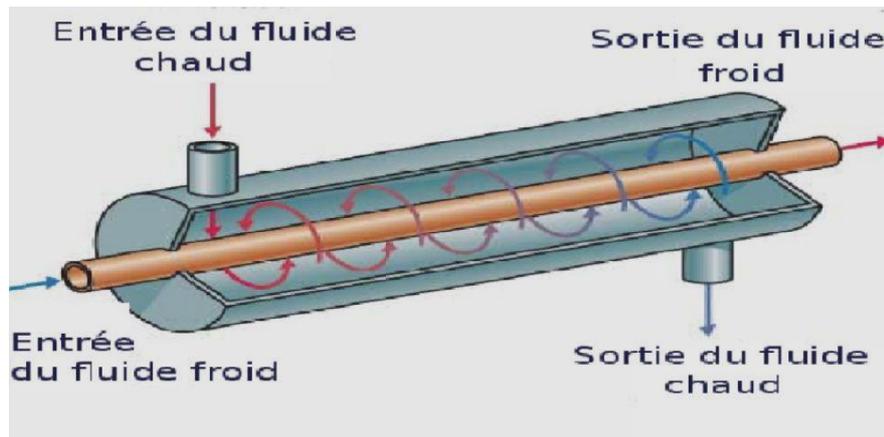


Figure I.2: Échangeur coaxial [3].

I.1.2 Échangeur multitubulaire

Existant sous quatre formes :

I.1.2.1 Échangeur à tubes séparés

À l'intérieur d'un tube de diamètre suffisant (de l'ordre de 100 mm) se trouvent placés plusieurs tubes de petit diamètre (8 à 20 mm) maintenus écartés par des entretoises.

L'échangeur peut être soit rectiligne, soit enroulé [2].

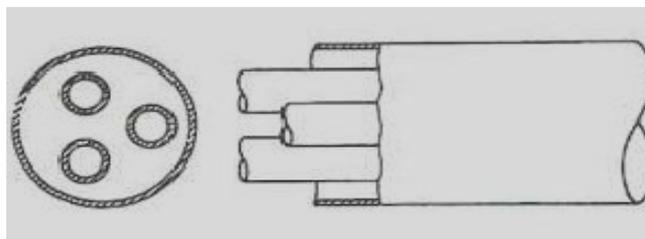


Figure I.3: Échangeur à tube séparé [2].

I.1.2.2 Échangeur à tubes rapprochés

Pour maintenir les tubes et obtenir un passage suffisant pour le fluide extérieur au tube on place un ruban enroulé en spirale autour de certains d'entre eux. Les tubes s'appuient les uns sur les autres par l'intermédiaire des rubans

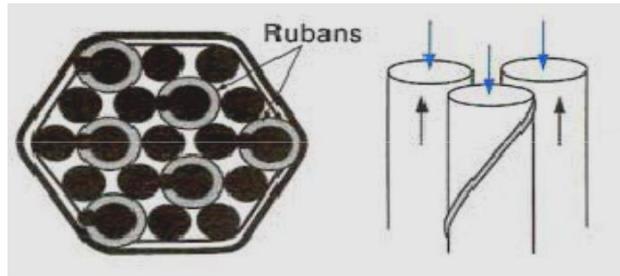


Figure I.4: Échangeur à tube rapproché [2].

I.1.2.3 Échangeur à tubes ailettes

Un échangeur à ailettes est un échangeur relativement simple : il consiste en un conduit cylindrique ou rectangulaire sur lequel sont fixées des lames métalliques de différentes formes. Le fluide de refroidissement est en général l'air ambiant. La chaleur est transférée du fluide chaud circulant dans le conduit principal aux lames métalliques par conduction thermique ces lames se refroidissent au contact de l'air.

Ce type d'échangeur est utilisé pour le chauffage dans les bâtiments : de l'eau est chauffée dans l'installation de chauffage et circule dans des radiateurs qui sont des échangeurs à ailettes. On utilise également ce type d'installation pour refroidir les moteurs de voiture ou encore les moteurs en tout genre. Dans ce dernier cas, la chaleur due aux frottements et à l'induction magnétique (cas d'un moteur électrique) est directement transférée à la protection extérieure du moteur qui possède des ailettes fixées à sa surface.

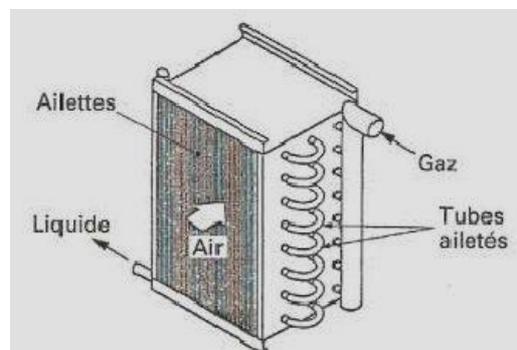


Figure I.5: Échangeur à tube ailette [2].

I.1.3 Echangeur à tube et calandre

I.1.3.1 Echangeur de chaleur à tête flottante.

L'une des plaques tubulaires est fixe, bloquée entre les brides de la calandre et de la boîte de

Distribution. La seconde plaque, d'un diamètre inférieur, porte la boîte de retour et peut Coulisser librement à l'intérieur du capot qui ferme la calandre [4].

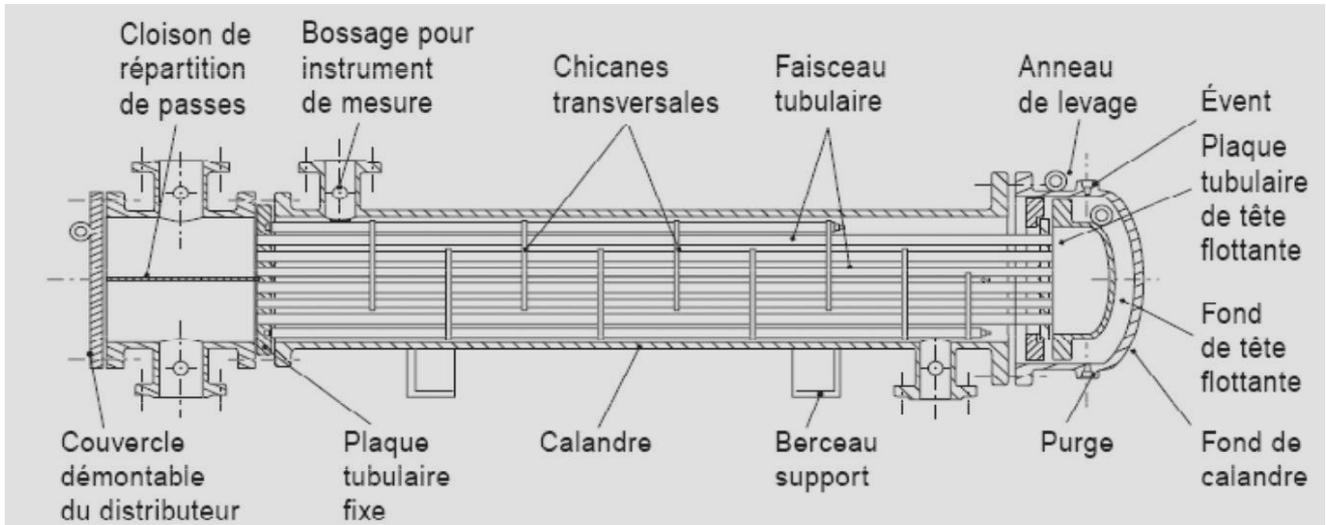


Figure I.6: Échangeur à tête flottante [4].

I.1.3.2 Echangeur à plaque tubulaires fixes

Dans ce cas, les plaques tubulaires peuvent être directement soudées sur la calandre [4].

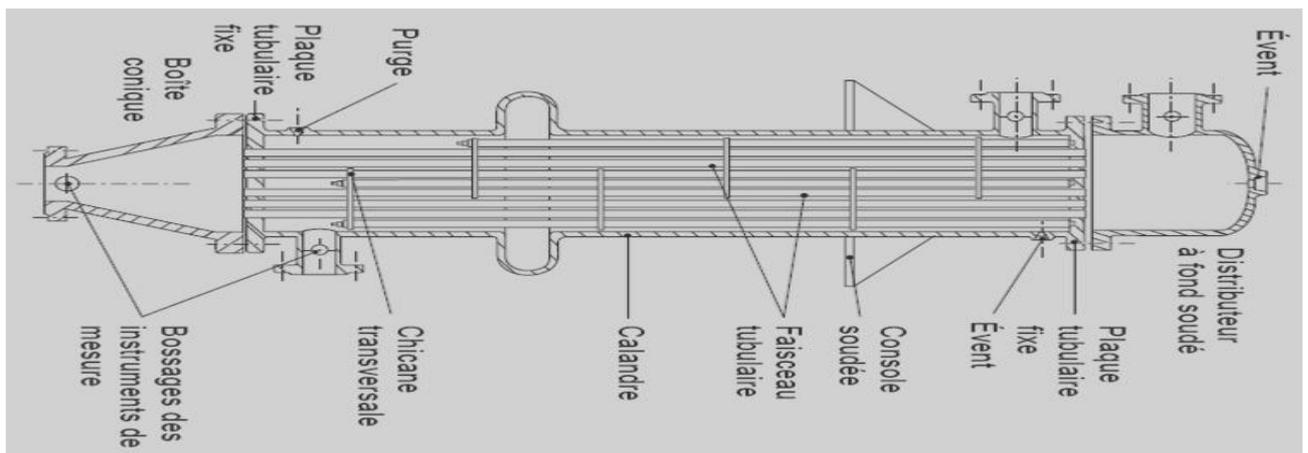


Figure I.7 Échangeur à plaque tubulaire fixe [4].

I.1.3.3 Echangeur à tubes en U

Le faisceau est constitué de tubes coudés en forme d'épingle, il n'est donc porté que par une Seule plaque tubulaire. Ce système permet la libre dilatation du faisceau. En revanche, le Nettoyage des tubes est difficilement réalisable autrement que par voie chimique.

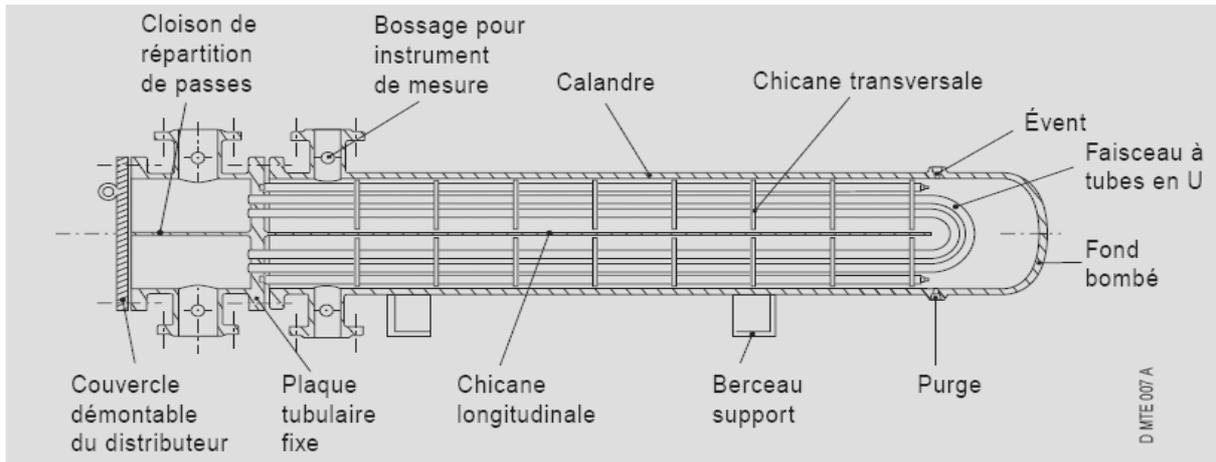


Figure I.8: Échangeur à tube en U [4].

I.1.4 Echangeur à plaque

I.1.4.1 Échangeurs à surface primaire

Les échangeurs à surface primaire sont constitués de plaques corrigées, 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 [2].

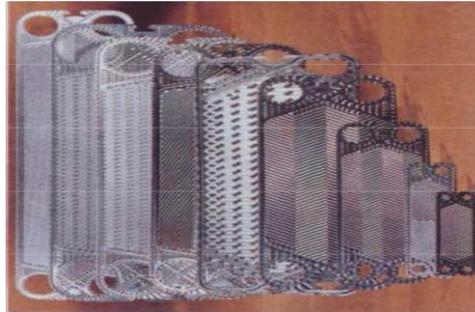


Figure I. 9: Différentes géométries de plaques d'échangeurs à surface primaire [2].

I.1.4.2 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 [2].

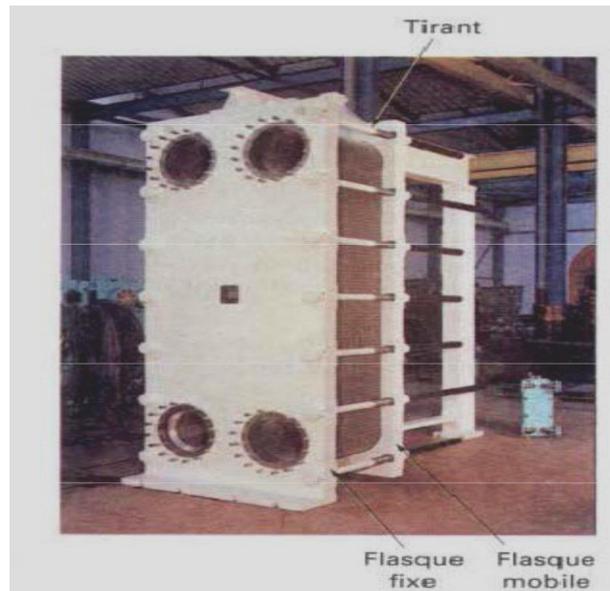


Figure I.10: Échangeur à plaque et joint [2].

I.1.4.3 Échangeurs à plaques soudées ou brasées

Ils sont utilisés en récupération de chaleur, dans les domaines de la chimie, de la pétrochimie, de l'agro-alimentaire, etc. Parmi leur différent type [2].

I.1.4.3.1 Échangeur platulaire

Il est constitué d'un assemblage de tôles planes embouties. Il existe différents types d'appareils : les uns sont composés de chambres planes munies de turbulateurs, les autres constitués de picots emboutis et soudés [2].

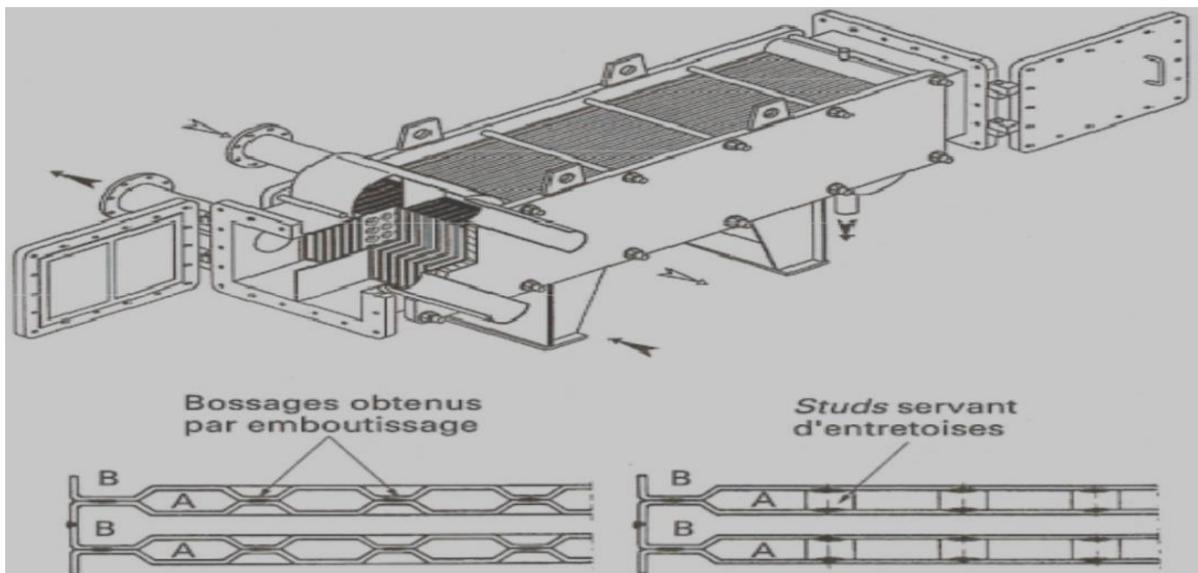


Figure I.11: Échangeur platulaire et schéma canaux [2]

I.1.4.3.2 Échangeur Compabloc

Il est constitué d'un assemblage de plaques corrigées identiques à celles utilisées dans les échangeurs à plaques et joints ; la circulation des fluides est à courants croisés [2].

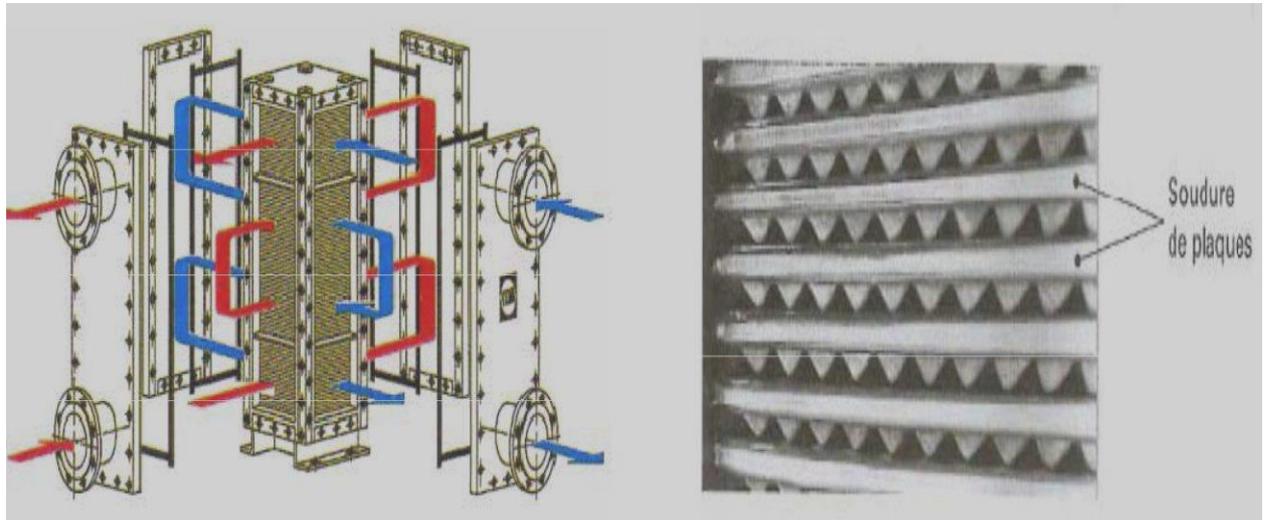


Figure I.12: Échangeur Compabloc et l'empilement des plaques [2].

I.1.4.3.3 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 [2].

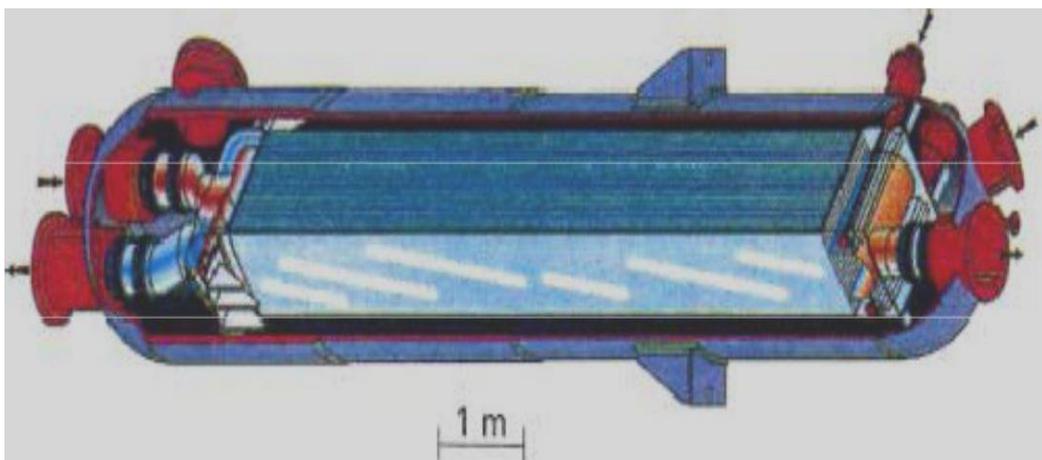


Figure I.13: Échangeur Packinox [2].

I.1.4.3.4 Échangeur lamellaire

C'est une variante de l'échangeur de type tubes et calandre, dans lequel le faisceau est constitué de tubes aplatis ou lamelles. Ces lamelles sont réalisées à l'aide de deux plaques formées et soudées ensemble et constituant un canal dans lequel circule l'un des fluides. Chaque lamelle peut contenir un élément interne (turbulateur) qui permet d'obtenir une meilleure tenue à la pression et un meilleur échange thermique [2].

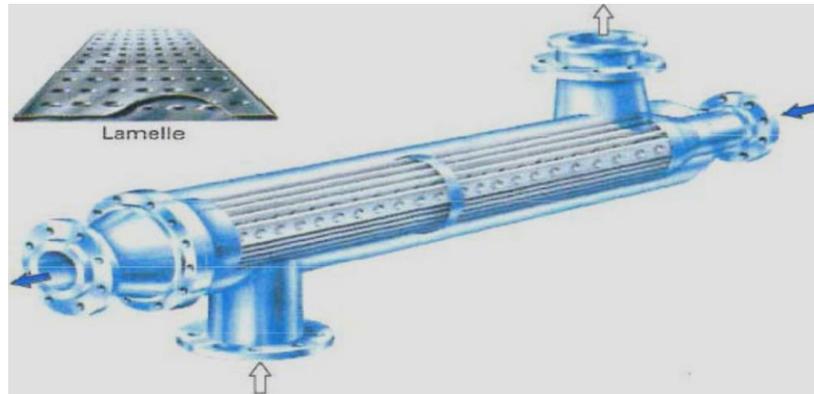


Figure I.14: Échangeur lamellaire [2].

I.1.4.3.5 Échangeur à spirale

Il est constitué de deux rubans de tôle gauffrée, enroulés et maintenus parallèles. La distance entre les surfaces d'échange des deux canaux est maintenue constante par des taquets soudés sur les plaques. La circulation des fluides est du type monocanal à courants parallèles ou croisés. Cet échangeur peut fonctionner jusqu'à des pressions de l'ordre de 25 bar et des températures de l'ordre de 300 °C [2].

La figure suivante représente l'échangeur à spira

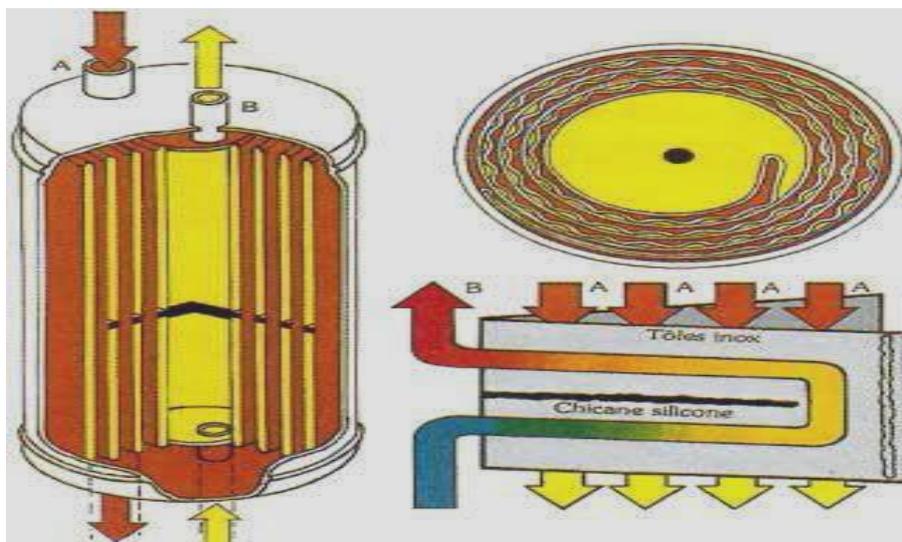


Figure I.15: Échangeur à spirale [2].

I.1.4.3.6 Échangeur brasé

C'est une variante de l'échangeur plaques et joints conventionnels, car sa surface d'échange est constituée d'une série de plaques métalliques à cannelures inclinées [2].

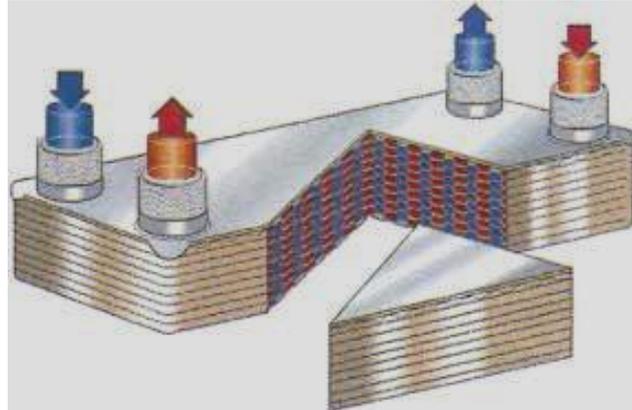


Figure I.16 Échangeur brasé [2].

I.1.5 Échangeurs avec un fluide changeant de phase

L'un des deux fluides peut subir un changement de phase à l'intérieur de l'échangeur. C'est le cas des évaporateurs si le fluide froid passe de l'état liquide à l'état gazeux, ou des condenseurs si le fluide chaud se condense de l'état de vapeur à l'état liquide.

I.1.5.1 Évaporateurs tubulaires

Ces appareils sont généralement utilisés pour concentrer une solution, refroidir un fluide, ou produire de la vapeur. Le fluide chauffant peut être une phase liquide qui transmet sa chaleur sensible ou de la vapeur cédant sa chaleur latente de condensation sur la paroi

Il existe deux types d'évaporateurs qui sont :

I.1.5.1.1 Évaporateurs à l'intérieur de tubes

On distingue les évaporateurs à tubes verticaux et ceux à tubes horizontaux.

a) Évaporations à tubes verticaux

Ces appareils sont utilisés pour concentrer une solution, fournir de la vapeur nécessaire au réchauffement d'un fluide à distiller ou comme évaporateurs cristallisateurs. Les tubes sont généralement chauffés extérieurement par de la vapeur qui se condense [2].

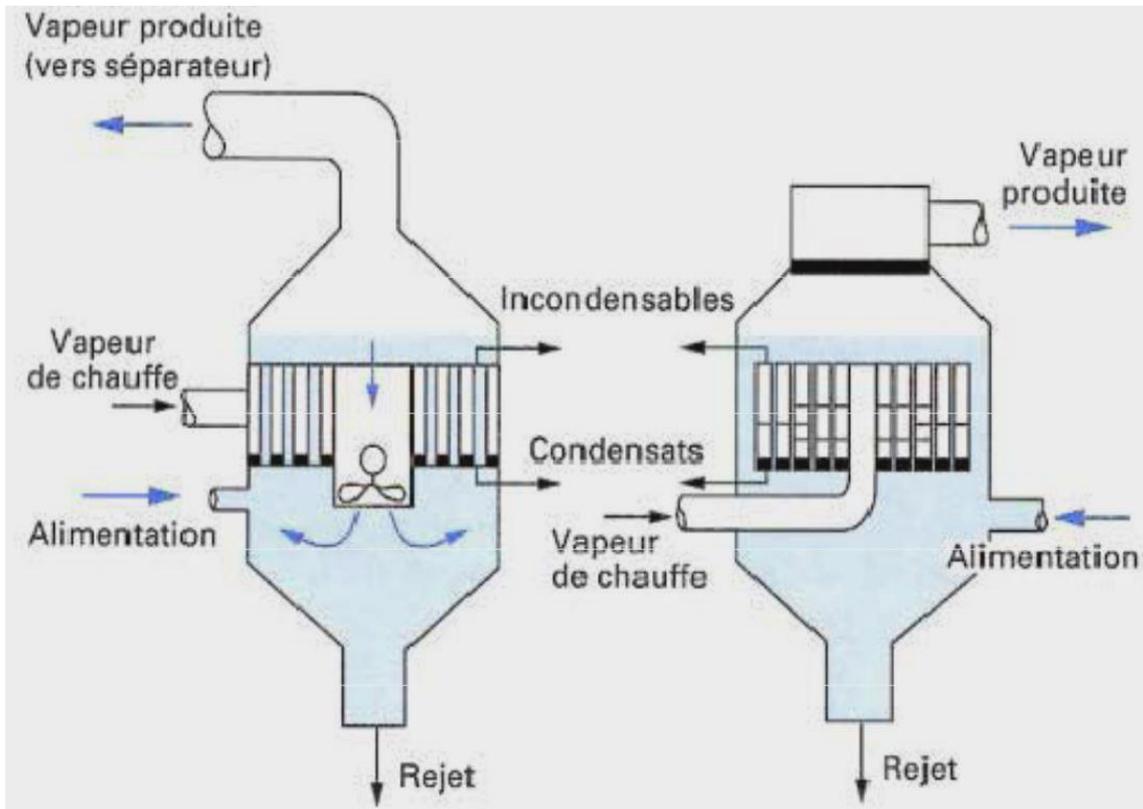


Figure I.17: Évaporateur à tubes courts et à panier [2].

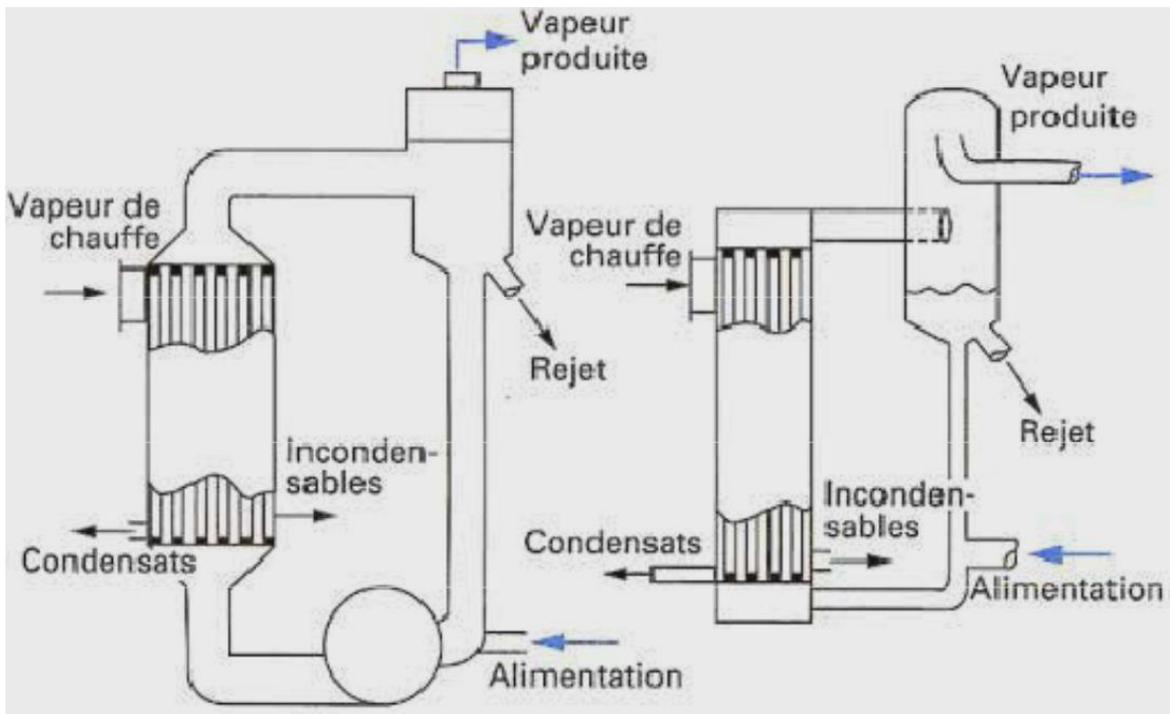


Figure I.18: Évaporateur à longs tubes verticaux et à grimpage [2].

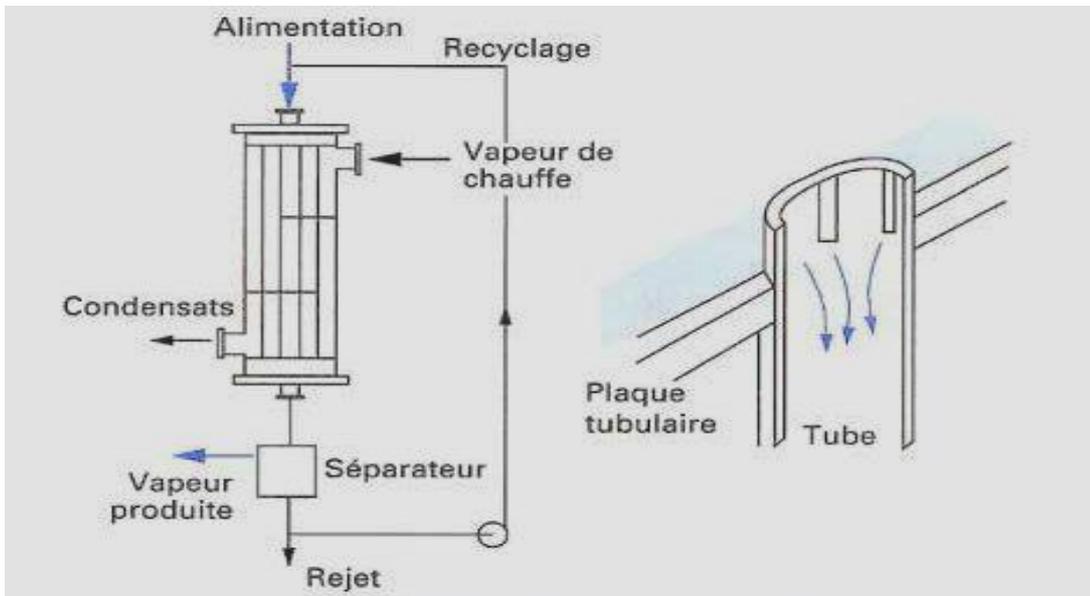


Figure I.19: Évaporateur à tube tombant [2]

b) Évaporateurs à tubes horizontaux

Ces appareils sont généralement utilisés comme refroidisseurs de liquide (eau, saumure, eau glycolée, etc.). Le liquide à évaporer qui circule dans les tubes est un fluide frigorigène, alors que le fluide à refroidir circule à l'extérieur des tubes [2].

I.1.5.1.2 Évaporation à l'extérieur de tubes

Ces évaporateurs utilisent généralement des tubes horizontaux. On distingue deux types : les évaporateurs noyés (ou submergés) et les évaporateurs arrosés (ou aspergés) [2].

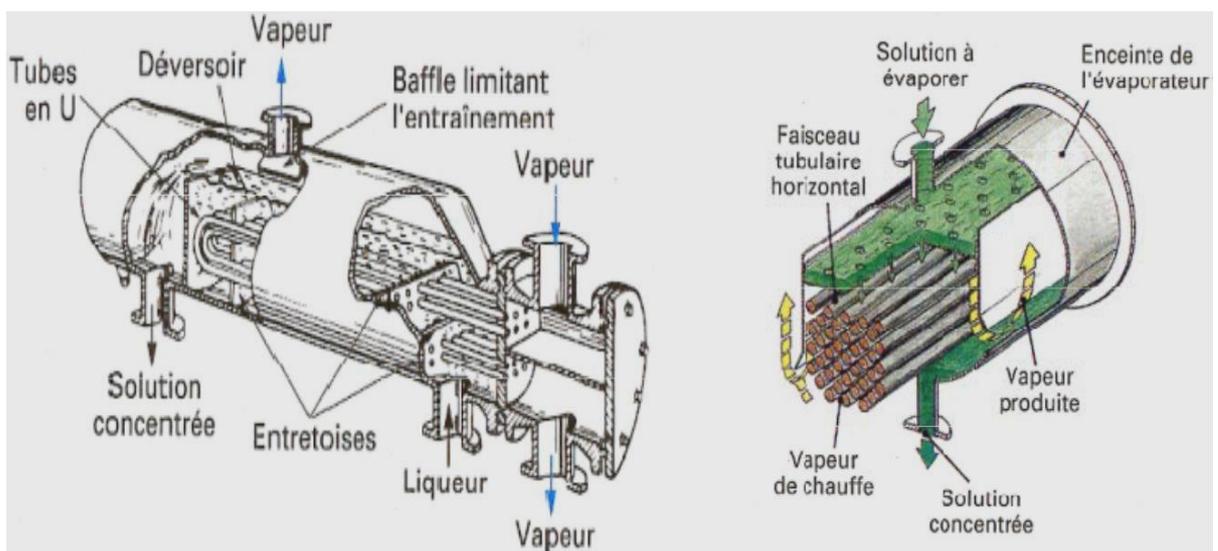


Figure I.20: Évaporateur noyés et arrosés [2].

I.1.5.2 Condenseurs tubulaires

Le but de ces échangeurs est de condenser une vapeur à l'aide d'un fluide réfrigérant. Ils concernent des secteurs d'activité très variés comme la production d'énergie (centrale thermique), les industries chimiques (colonnes à distillation), les industries du génie climatique, de l'agro-alimentaire, du séchage, etc [2].

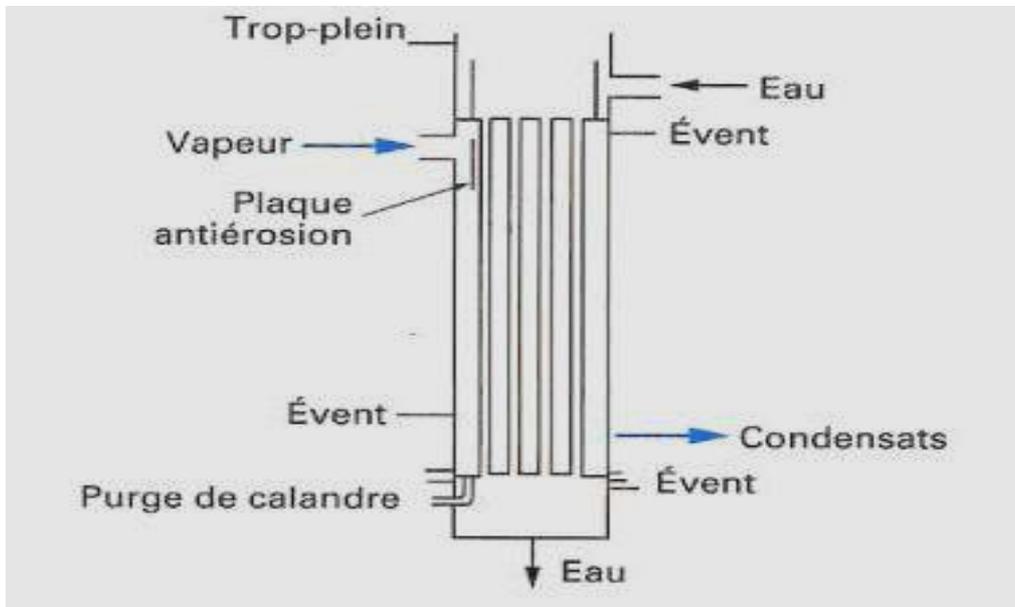


Figure I.21: Condensation extérieure aux tubes [2].

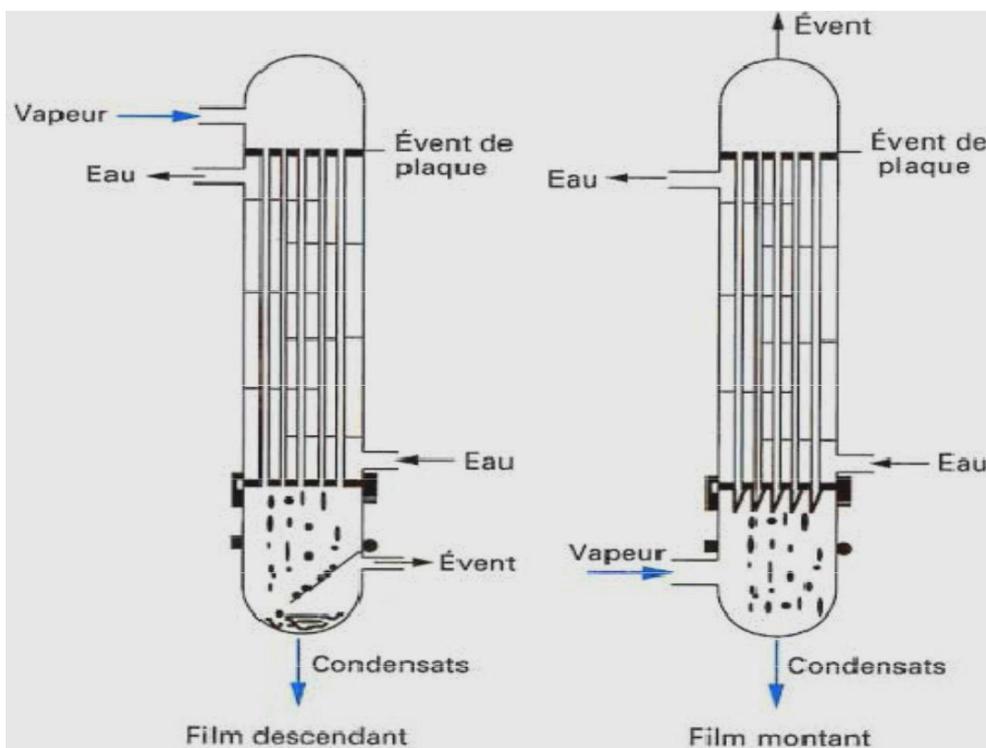


Figure I.22: Condensation intérieure aux tubes [2].

I.2 Classification des échangeurs

Il existe plusieurs critères de classement des différents types d'échangeurs. On cite les plus importants.

I.2.1 Classement technologique

Les principaux types d'échangeurs rencontrés sont les suivants :

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

I.2.2 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 [2].

I.2.3 Classement suivant le procédé de transfert de chaleur

Suivant qu'il y a ou non stockage de chaleur, on définit un fonctionnement en récupérateur ou en régénérateur de chaleur :

- transfert sans stockage, donc en récupérateur, avec 2 ou n passages et un écoulement en général continu.
- transfert avec stockage, donc en régénérateur, avec un seul passage et un écoulement intermittent, la matrice de stockage étant statique ou dynamique [2].

I.2.4 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 :

- les deux fluides ont un écoulement monophasique
- un seul fluide à un écoulement avec changement de phase, cas des évaporateurs ou des condenseurs
- les deux fluides ont un écoulement avec changement de phase, cas des évapo-condenseurs [2].

I.3 Calcul des échangeurs :

I.3.1 Coefficient global d'échange thermique U

Déterminer un coefficient global de l'échange thermique, U constitue l'un des aspects incertains d'échangeur thermique. Cela provient de la dégradation continue de l'échangeur. Il est défini par la relation suivante :

$$d\Phi = U (T_c - T_f) dA$$

Dans un échangeur de chaleur, le transfert de chaleur du fluide chaud au fluide froid provient essentiellement de ces phénomènes :

- Convection entre le fluide chaud et la face externe de la paroi solide.
- Conduction à travers cette paroi solide.
- Convection entre la face interne de la paroi solide et le fluide froid.

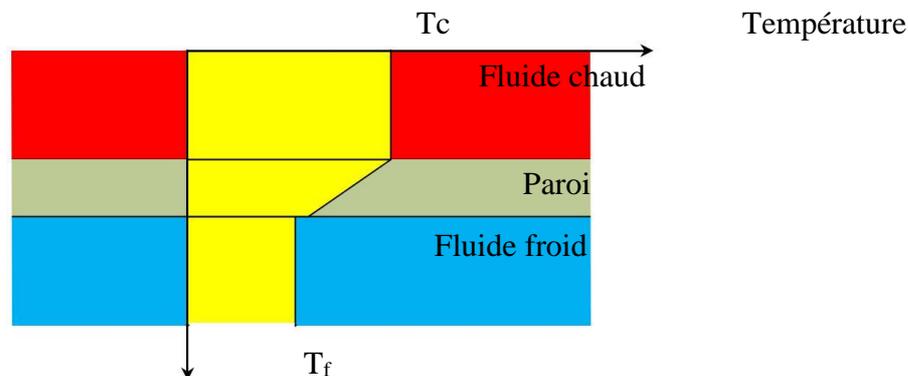


Figure I.23 : Profil de Température à travers un élément de surface dA .

La résistance thermique convective du fluide chaud est: $1/ hcA$ (hc est le coefficient de convection du fluide chaud).

La résistance thermique convective du fluide froid est: $1/ hf A$ (hf est le coefficient de convection du fluide froid).

La résistance thermique de conduction à travers la paroi solide d'épaisseur e et de conductivité

thermique λ est : $e/\lambda A$

L'expression de flux thermique transféré du fluide chaud au fluide froid est :

$$\Phi = \frac{T_c - T_f}{\frac{1}{h_c A} + \frac{e}{\lambda A} + \frac{1}{h_f A}}$$

Ainsi on a:

$$\Phi = U A(T_c - T_f) \quad \Rightarrow \quad U = \frac{1}{\frac{1}{h_c} + \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{h_f}}$$

	Coefficient global de transfert U (W/m ² k)
Liquide – liquide	100-2000
Liquide- gaz	30-300
Condenseur	500-5000

Tableau : Ordres de grandeur du coefficient global de transfert U de divers types d'échangeurs

I.3.1.1 : Méthode DTLM (Moyenne logarithmique de la température).

✚ Pour échangeur Co-courant

Si T_c et T_f sont les températures des deux fluides au droit de l'élément dA de la surface d'échange. le flux thermique $d\Phi$ échangé entre les deux fluides à travers dA peut s'écrire

$$\Phi = (T_c - T_f)dA \quad (1)$$

Hypothèse : échangeur sans pertes, c'est-à-dire un échangeur dans lequel la chaleur cédée Par le fluide chaud est intégralement transmise au fluide froid.

Dans ces conditions, le flux de chaleur df transmis du fluide chaud au fluide froid à travers L'élément dA s'écrira, dans le cas de l'échangeur à courants parallèles

$$d\Phi = -\dot{m}_c * C_{pc} dT_c = \dot{m}_f * C_{pf} dT_f \quad (2)$$

Flux perdu Flux gagné
Par le fluide par le fluide
Chaud froid

\dot{m}_c et \dot{m}_f sont les débits massiques respectifs des fluides chauds et froids, en kg/s.

C_{pc} et C_{pf} sont leurs chaleurs massiques à pression constante, en J/(kg.°C).

$$dT_c = -\frac{d\Phi}{(\dot{m}_c * C_{pc})} = \frac{d\Phi}{(\dot{m}_f * C_{pf})} \quad (3)$$

D'ou la différence

$$dT_c - dT_f = d(T_c - T_f) = -\left(\frac{1}{(\dot{m}_c * C_{pc})} + \frac{1}{(\dot{m}_f * C_{pf})}\right)d\Phi \quad (4)$$

$$d(T_c - T_f) = -\left(\frac{1}{(\dot{m}_c * C_{pc})} + \frac{1}{(\dot{m}_f * C_{pf})}\right) U(T_c - T_f)dA \quad (5)$$

$$\frac{d(T_c - T_f)}{(T_c - T_f)} = -\left(\frac{1}{(\dot{m}_c * C_{pc})} + \frac{1}{(\dot{m}_f * C_{pf})}\right) U dA \quad (6)$$

Hypothèse : $U =$ constante le long de l'échangeur => intégration 6 de $S=0$ à S

$$\ln[(T_c - T_f)] = -\left(\frac{1}{(\dot{m}_c * C_{pc})} + \frac{1}{(\dot{m}_f * C_{pf})}\right) U d \quad (7)$$

- A l'entrée de l'échangeur (x=0) $T_c - T_f = T_{ce} - T_{fe}$.
- À la sortie de l'échangeur (x=L) $T_c - T_f = T_{cs} - T_{fs}$.

$$\ln \frac{(T_c - T_f)}{(T_c - T_f)} = -\left(\frac{1}{(\dot{m}_c * C_{pc})} + \frac{1}{(\dot{m}_f * C_{pf})}\right) U d \quad (8)$$

Mais on peut également exprimer le flux total échangé en fonction des températures d'entrée et de sortie des fluides; c'est faire le bilan enthalpique global de chaque fluide, ce qui s'écrit.

$$\Phi = -\dot{m}_c * C_{pc} (T_{ce} - T_{cs}) = \dot{m}_f * C_{pf} (T_{fs} - T_{fe}) \quad (9)$$

Expression d'où on tire finalement la puissance thermique totale échangée, dans l'hypothèse d'une circulation à courants parallèles:

$$\Phi = U * A * \frac{(T_{cs} - T_{fs}) - (T_{ce} - T_{fe})}{\ln \left(\frac{(T_{cs} - T_{fs})}{(T_{ce} - T_{fe})} \right)} \quad (10)$$

✚ Pour échangeur à contre-courant :

La variation de température dT_f du fluide froid quand on augmente la surface d'échange de dA , devient négative. Dans ces conditions, les relations (2) doivent :

$$d\Phi = -\dot{m}_c * C_{pc} dT_c = -\dot{m}_f * C_{pf} dT_f \quad (11)$$

Flux perdu	Flux gagné
Par le fluide	par le fluide
Chaud	froid

La puissance thermique totale échangée: $\Phi = U * A * \frac{(T_{ce} - T_{fs}) - (T_{cs} - T_{fe})}{\ln \left(\frac{(T_{ce} - T_{fs})}{(T_{cs} - T_{fe})} \right)} \quad (12).$

Les expressions (10) et (12) peuvent recevoir la même formulation, si on introduit la grandeur $\Delta T = T_c - T_f$.

ΔT désignant la différence de température entre le fluide chaud et le fluide froid, dans une section donnée de l'échangeur.

- A l'entrée de l'échangeur à co-courant (x=0) : $\Delta T_1 = T_{c0} - T_{f0} = T_{ce} - T_{fe}$
- À la sortie de l'échangeur à co-courant (x=L) : $\Delta T_2 = T_{cL} - T_{fL} = T_{cs} - T_{fs}$

$$\Phi = U * \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \left(\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} \right)} * A = U * \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} \right)} * A \quad (13)$$

- A l'entrée de l'échangeur à contre-courant (x=0) : $\Delta T_1 = T_{c0} - T_{f0} = T_{ce} - T_{fs}$
- À la sortie de l'échangeur à contre-courant (x=L) : $\Delta T_2 = T_{cL} - T_{fL} = T_{cs} - T_{fe}$

$$\Phi = U * \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} \right)} * A$$

$$\Delta TLM = \frac{(T_{Cs}-T_{fe})-(T_{ce}-T_{fs})}{\ln\left(\frac{(T_{Cs}-T_{fe})}{(T_{ce}-T_{fs})}\right)}$$
 Pour l'échangeur contre courant.

I.3.1.2 : Nombre d'unités de transfert.

I.3.1.2.1 : Définition :

On appelle nombre d'unité de transfert noté NUT le rapport adimensionnel $\frac{U \cdot S}{q_c}$

Le NUT est représentatif du pouvoir d'échange de l'échangeur. Nous allons montrer dans ce qui suit qu'il est lié à l'efficacité de l'échangeur et que son utilisation permet de simplifier les calculs de dimensionnement des échangeurs.

I.3.1.2.2 : Relation entre NUT et efficacité :

Considérons le cas d'un échangeur tubulaire simple fonctionnant à contre-courant et supposons que le fluide chaud commande le transfert:

$$q_{c1} < q_{c2} \text{ donc } Er = \frac{T_{ce}-T_{cs}}{T_{ce}-T_{fe}}$$

$$\text{Ponson : } Z = \frac{q_{c1}}{q_{c2}} < 1 \text{ et } \Delta T_{\max} = T_{ce} - T_{fe}$$

$$NUT_1 = \frac{U \cdot S}{q_c} = \frac{T_{1e}-T_{1s}}{\Delta T_s - \Delta T_e} = \ln * \left(\frac{\Delta T_s}{\Delta T_e} \right)$$

Exprimons ΔT_s et ΔT_e en fonction de ΔT_{\max} et Er nous pouvons écrire :

$$\Delta T_s = T_{cs} - T_{fe} = T_{cs} - T_{ce} + T_{ce} - T_{fe} = -Er \Delta T_{\max} + \Delta T_{\max} = \Delta T_{\max}(1 - Er)$$

$$\Delta T_e = T_{ce} - T_{fs} = T_{ce} - T_{fe} + T_{fe} - T_{fs} = \Delta T_{\max} - Z(T_{ce} - T_{cs}) = \Delta T_{\max}(1 - ZEr)$$

Nous en déduisons l'expression du NUT en fonction de ΔT_{\max} et de Er

$$NUT = \frac{Er * \Delta T_{\max}}{\Delta T_{\max}(1 - Er) - \Delta T_{\max}(1 - ZEr)} \ln \frac{\Delta T_{\max}(1 - Er)}{\Delta T_{\max}(1 - ZEr)} = \frac{1}{Z-1} \ln \frac{1 - Er}{1 - ZEr}$$

En reprenant ce calcul dans le cas où le fluide froid commande le transfert puis pour un fonctionnement à co-courant nous obtenons les relations générales suivantes :

- Co- courant :

$$NUT_{max} = - \frac{\ln(1 - (1+z)E)}{1+z}$$

$$E = 1 - \frac{\exp(1 - NUT_{max} * (1+z))}{1+z}$$

- Contre courant

$$NUT_{max} = \frac{1}{z-1} * \frac{\ln(E-1)}{ZE-1}$$

$$E = \frac{1 - \exp(-NUT_{max} * (1-Z))}{1 - Z \exp(-NUT_{max} * (1-Z))}$$

Avec $NUT = \frac{U \cdot S}{q_m}$ à partir de cette équation on peut déterminer le coefficient global

$$\text{thermique } U = \frac{q_{cmin}}{S} * NUT$$

✚ Cas particuliers :

Pour tous les types d'échangeurs $E = 1 - \exp(-NUT_{max})$ et $NUT_{max} = -\ln(1 - E)$ si $Z=0$.

Pour l'échangeur à contre-courant $E = \frac{NUT_{max}}{NUT_{max}+1}$. Et $NUT_{max} = \frac{E}{E+1}$. si $Z=1$

I.4. Conclusion :

Vu l'importance industrielles des échangeurs de chaleur, il existe une diversité des différents types des échangeurs de chaleur qui ont de nombreuse applications dans les différentes domaines. On s'intéresse dans cette étude aux échangeurs à plaques et a courant croisé qui sont très utilisés dans le domaine industriel. Le chapitre suivant explique ces échangeurs en détails.

CHAPITRE II:

Chapitre II : Les équipements utilisé

II.1 Introduction

Les échangeurs à plaques sont très utilisés dans la géothermie car La performance de l'échangeur placé dans une installation de géothermie est caractérisée par la différence entre les températures à l'entrée de la boucle géothermale et la sortie du circuit géothermique. Les meilleures performances sont obtenues avec des échangeurs à plaques. [5].

Ils se distinguent par une compacité remarquable due en partie à leur coefficient de transfert de chaleur élevé, une grande facilité de nettoyage et la possibilité d'ajuster leur surface à la demande.

II.2 Technologie des plaques

Les plaques d'un échangeur de chaleur sont en général en forme de chevron pour augmenter la turbulence et ménager des points d'appuis pour résister à la pression.

Leur faible épaisseur permet d'utiliser des matériaux de bonne qualité ayant une bonne tenue à la corrosion (acier inox, titane, etc.). De plus, les joints en polymères assurent un double rôle dans l'échangeur de chaleur à plaque jointé:

- étanchéité
- répartition des fluides dans l'échangeur.

Parmi les techniques de fabrication des plaques d'un échangeur de chaleur, nous citons les plus répandus dans le marché.

II.2.1 Plaque à canal large

Avec des canaux de 12 mm sans points de contact, cette plaque est idéale pour les fluides contenant des fibres ou des particules de grande taille. Chaque canal a été conçu pour éliminer le passage des solides dans la zone d'entrée.

La figure ci contre représente une plaque à canal large [6].

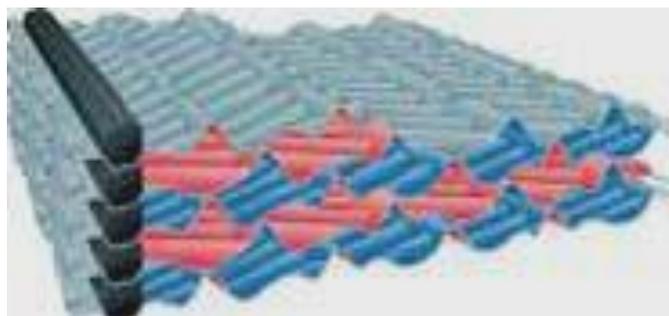


Figure II.1: Plaque à canal large [6].

II.2.2 Plaque à double paroi

Composée de plaques comprimées simultanément et soudées au laser sur le port, cette plaque est conçue pour les applications nécessitant une fiabilité totale contre le brassage. La défaillance d'une plaque entraîne une détection externe sans fuite interne. La seconde paroi assure une double barrière entre les fluides, répondant aux normes sanitaires locales [6].

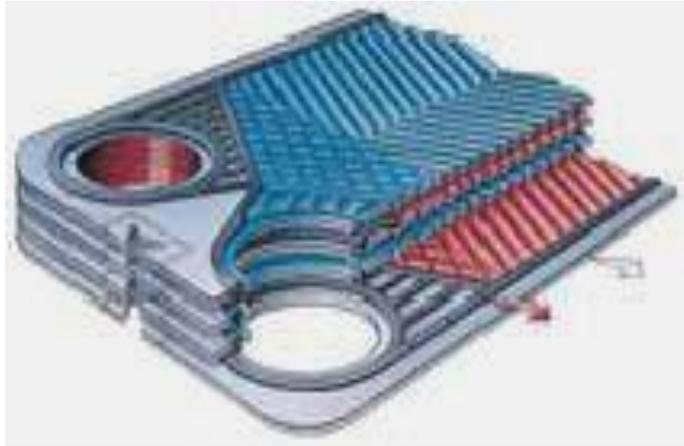


Figure II.2: Plaque à double paroi [6]

II.2.3 Plaque semi-soudée

La Figure suivante présente deux plaques semi-soudées, séparées avec des joints.

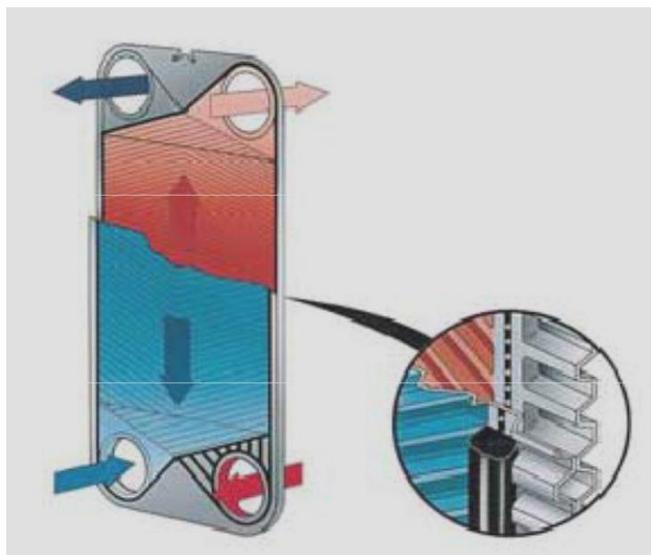


Figure II.3: Plaque semi-soudée [6].

II.2.4 Profil d'écoulement :

Le profil optimisé assure une bonne répartition des fluides sur toute l'épaisseur de la plaque. Ceci conduit aux meilleurs taux de transfert de chaleur pour la plus faible perte de charge [7].



Figure II.4: Profil d'écoulement d'une plaque [7].

II.2.5 Auto centrage des plaques

L'Auto centrage des plaques. Il en résulte un jeu de plaques stable et parfaitement aligné, les joints étant situés directement au-dessus l'un de l'autre ce qui permet une longévité accrue [7].

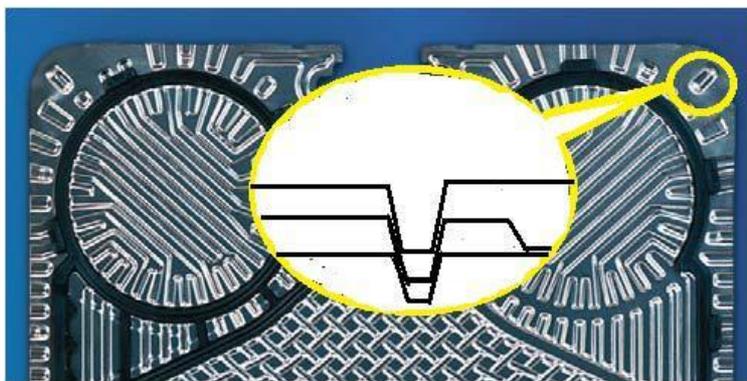


Figure II.5: Représente l'auto centrage dans une plaque [7].

II.2.6 Joint sans colle :

Le nouveau joint sans colle permet un remplacement des joints rapide et simple.



Figure II.6: Le joint sans colle [7]

II.3 Optimisation de l'échange de chaleur

Les échangeurs de chaleur à plaques sont conçus pour optimiser le transfert de chaleur, car les plaques cannelées fournissent de loin la plus importante surface à travers laquelle la chaleur peut être transférée d'un gaz ou d'un liquide à un autre. Malgré l'importance de cette zone de transfert thermique, les échangeurs de chaleur à plaques sont généralement assez compacts.

La conception des canaux assure également une turbulence maximale lors de chaque passage de fluide, ce qui permet d'obtenir une efficacité maximale dans le transfert de chaleur d'un milieu à l'autre.

II.4 Principe de fonctionnement

Un échangeur de chaleur à plaques consiste pour l'essentiel en une série de fines plaques cannelées assemblées et/ou soudées, en fonction des liquides qui circuleront dans les plaques et de l'éventuelle possibilité de séparer les plaques pour une raison quelconque. Les plaques sont ensuite embouties ensemble dans un bâti rigide afin de créer une circulation de flux parallèles. L'un des fluides se déplace dans les canaux impairs, l'autre fluide dans les canaux pairs [6].

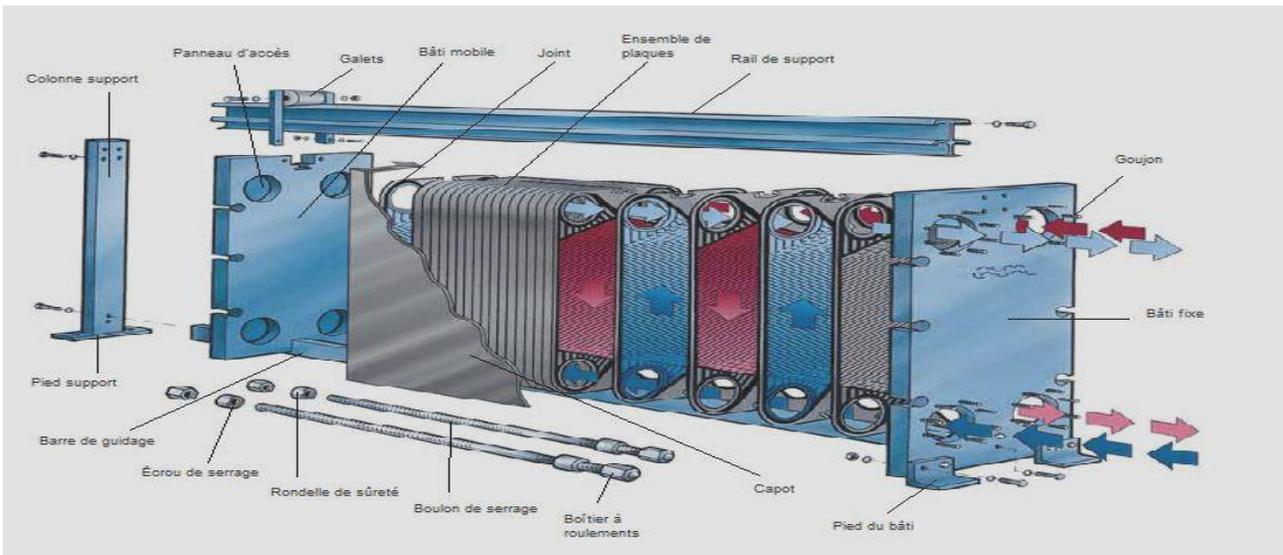


Figure II.7: Principe de fonctionnement d'un échangeur à plaques jointé

ALFA LAVAL [6].

II.4.1 Circulation latérale à travers les plaques :



Figure II.8: La circulation des fluides est latérale [6].

II.4.2 Circulation diagonale à travers les plaques



Figure II.9: La circulation des fluides est diagonale [6].

II.4.3 Nettoyage de l'échangeur

II.4.3.1 Nettoyage mécanique

Desserrer le paquet de plaques, ôter les tirants, déplacez le fond mobile contre le pied et faites glisser les plaques suivant des parts pour permettre de les nettoyer séparément avec une brosse ou de l'eau sous pression.

Quand vous utilisez de l'eau sous pression, les plaques doivent être posées à plat pour éviter de la abîmées [8].

- N'utilisez jamais de brosse métallique qui pourrait créer des amorces de corrosion des plaques.
- Soyez prudent de ne pas endommager les joints et de s'assurer qu'ils sont en bon état avant de les remonter sur l'échangeur.

II.4.3.2 Nettoyage chimique

Le nettoyage des plaques sans démonter les plaques de l'échangeur est possible. Monter un système de nettoyage en place sur les orifices de l'échangeur et faites circuler sur chaque

Circuit un produit de nettoyage approprié. Assurez-vous de la bonne tenue des plaques et des joints par rapport à ce produit [8].

II.4.4 Remplacement d'un joint ou d'une plaque

II.4.4.1 Remplacement d'un joint

Retirer la plaque de l'échangeur thermique et ôter le joint. Si le joint pose des difficultés à s'enlever, utilisez un pistolet à air chaud au dos de la gorge pour ramollir la colle.

Nettoyer la plaque complètement. Toutes traces de vieille colle devraient être enlevées des gorges de joint. Une fois que la plaque est propre, installer un nouveau joint comme décrit au dessus. Installer alors la plaque à sa place d'origine [8].

II.4.4.2 Remplacement d'une plaque

Vérifiez la dénomination de la plaque (paire ou impaire) et la position du joint. La plaque de remplacement devrait avoir la même épaisseur, le modèle, la désignation et le même matériau de joint et sa position d'origine [8].

II.4.4.3 Installation de nouvelles plaques

Le nombre de plaques ou leur position peut changer pour permettre d'augmenter la surface ou la configuration interne par le changement du nombre de passe [8].

II.4.4.4 Stockage des pièces de rechanges

a) Plaques :

Les plaques de rechange devraient être stockées dans leur emballage d'origine et dans un local propre [8].

b) Joints :

Les joints devraient être stockés dans un secteur abrité de la lumière à une température entre 0° (32°F) et 20°C (68°F). Si les joints sont stockés à une température inférieure à 0°C ils doivent être réchauffés à 0°C avant manipulation.

Les joints devraient être stockés de préférence à plat. Si l'endroit de stockage est exigu, les joints peuvent être stockés pliés en deux en veillant à ne pas créer de cassures. Dans tous les cas il est préférable de stocker les joints dans leur emballage d'origine [8].

c) Colle.

La colle devrait être stockée selon les instructions du fabricant et de la durée de vie du produit (généralement 6 mois) ne devraient pas être supérieur. Généralement la colle est stockée dans un endroit frais et sec [8].

II.4.4.5 Serrage manuel du paquet des plaques.

Le paquet de plaques est monté contre le fond fixe. Chaque plaque est déplacée le long du rail supérieur et appuyé sur la plaque précédente. Puis, Le fond mobile est alors poussé en contact avec le paquet de plaques. Le resserrement est fait sur quatre tirants. En fin, En serrant successivement les tirants, la cote de serrage sera atteinte.

Il faut que nous ne dépassions jamais la cote minimum, sinon nous endommagerons les plaques. On préconise de serrer l'échangeur à sa cote moyenne avec des joints neufs pour maintenir l'élasticité du joint. À la cote mini, les plaques sont en contact métal sur métal. Alors les tirants restant seront installés et serrés pour assurer la même pression autour du fond [8].

II.4.4.7 Le test hydraulique

Les tests hydrauliques sont effectués pour détecter les fuites éventuelles. Si une fuite apparaît au niveau du témoin de fuite, elle peut être éliminée en resserrant l'échangeur dans la limite des cotes de serrage indiquée sur la plaque de firme. Une fuite importante est le résultat d'un mauvais montage; dans ce cas on ne serre pas l'échangeur.

La fuite d'un joint se fait à l'extérieur ou par les témoins de fuite. Pour repérer facilement l'endroit de la fuite, on peut peindre avec de la peinture pour vérifier le joint à cet endroit, il ne peut pas y avoir des fuites entre deux circuits sauf si le joint du passage de tubulure est abîmé. Même une fissure sur une plaque entraînerait une fuite entre les circuits [8].

II.5 Conclusion

De nos jours, par suite de l'accroissement relatif du prix de revient de l'énergie, on recherche dans tous les cas à obtenir le rendement maximal d'une installation pour une dépense d'énergie minimale. C'est pour ça les échangeurs à plaques et joints sont très utilisés dans la géothermie. Le suivant chapitre présente les deux méthodes de dimensionnement pour ces échangeurs.

II. ii. ECHANGEUR A COURANT CROISE:

II- INTRODUCTION :

Dans ce type d'échangeurs, l'un des fluides circule dans une série de tubes tandis que l'autre fluide circule perpendiculairement autour des tubes. Dans la plupart des cas, c'est un liquide qui circule dans les tubes tandis que c'est un gaz qui circule autour. Les tubes sont presque toujours munis d'ailettes qui permettent d'augmenter le flux de chaleur échangée en augmentant la surface d'échange. L'exemple type de ce modèle d'échangeur est le radiateur de refroidissement qu'on trouve à l'avant de la plupart des véhicules à moteur. [9].

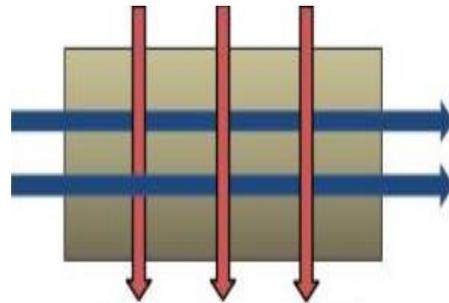
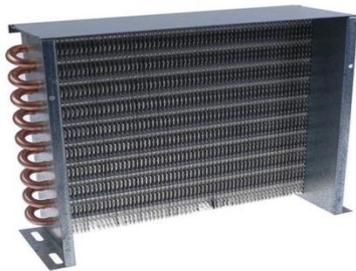


Figure II. 11 Echangeur à courant croisé [9].

Figure II.10 Echangeur a' courant croisé [9].

II.6- PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT :

Les échangeurs de courant croisé sont souvent des échangeurs de chaleur à calandre et faisceau tubulaire.

On utilise généralement des tubes d'un centimètre de diamètre et de longueur comprise entre 2 et 6 mètres, avec un pas triangulaire ou un pas carré. Un des critères pour ces choix est souvent la perte de charge, surtout pour des appareils travaillant à pression réduite.

Dans le cas d'une pompe à chaleur, le fluide chaud entre de certaine température il circule dans un circuit fermé. Ensuite, l'air entre de certaine température et il y aura un échange thermique entre les deux fluide

Cet échangeur de chaleur permet de réchauffer. Ou refroidi un système par exemple (radiateur de voiture) [9].

II.iii. CHAUDIERE HL 350 :

II.7-Introduction

La technique de chauffage moderne fait appel à divers générateurs de chaleur tels que les chaudières à gaz ou les chaudières en acier. La chaudière en acier à brûleur à fioul ou à gaz est la plus employée dans les systèmes de chauffage central des maisons particulières. Afin d'assurer un bon rendement et de respecter les exigences environnementales, ces installations de chauffage sont soumises à des prescriptions légales. La mesure de la teneur en CO2 fait partie de ces prescriptions légales.

Le brûleur à fioul HL 350 peut être utilisé avec différents brûleurs à fioul standard. Toutes les mesures nécessaires dans la pratique peuvent être effectuées réellement. De plus, l'apprenant a la possibilité d'observer l'aspect de la flamme dans des conditions réalistes. Par ailleurs, le banc d'essai peut être utilisé comme installation de chauffage réelle après raccordement d'un circuit de chauffage. [10].

II.8. Sécurité

II.8.1 Utilisation conforme

L'appareil doit être utilisé uniquement à des fins didactiques.

II.8.2 Structure des consignes de sécurité

Les mots clés DANGER, AVERTISSEMENT ou ATTENTION indiquent la probabilité et la gravité éventuelle des blessures. Un autre symbole explique le cas échéant le type de danger ou indique une instruction. [10].

Mot clé	Explication
 DANGER	Désigne une situation qui, si elle ne peut être évitée, entraîne des blessures graves, voire mortelles .
 AVERTISSEMENT	Désigne une situation qui, si elle ne peut être évitée, peut entraîner des blessures graves, voire mortelles .
 ATTENTION	Désigne une situation qui, si elle ne peut être évitée, peut entraîner des blessures légères ou moyennes .
AVIS	Désigne une situation pouvant entraîner un endommagement de l'appareil ou donne une indication relative à l' utilisation de l'appareil .

II.9 Description de l'appareil.

II.9.1 Diagramme du processus.

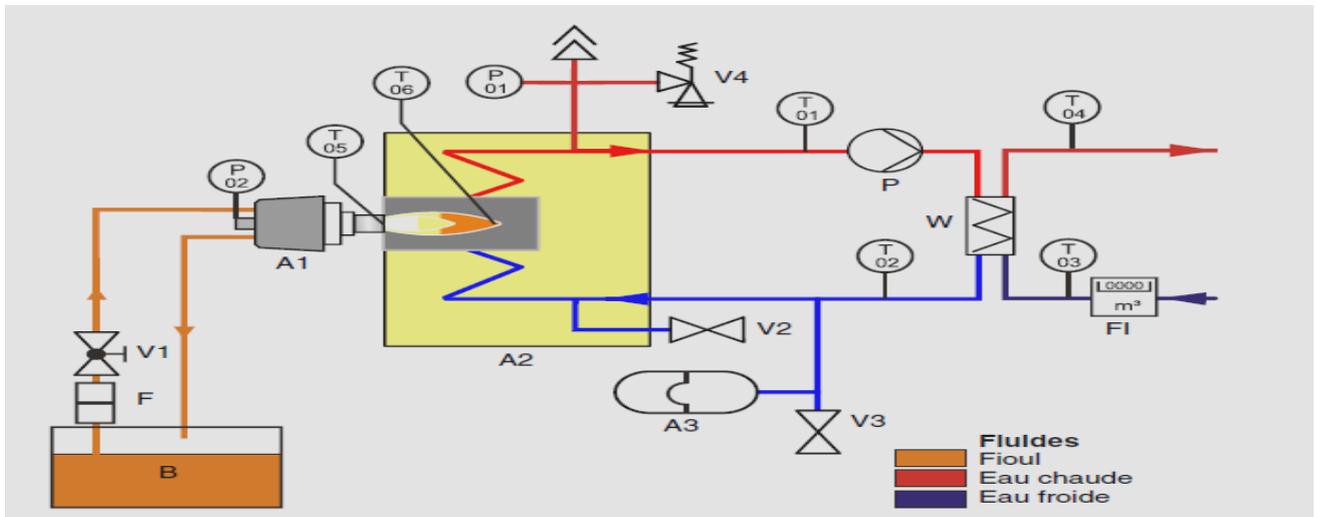


Figure. II.12. Diagramme du processus. [10]

Principaux composants

Technique de mesure et de régulation

A1 Brûleur à fioul

T01 Température allé de la chaudière

A2 Chaudière

T02 Température retour de la chaudière

A3 Vase d'expansion

T03 Température allé du circuit de refroidissement

B Réservoir à fioul

T04 Température retour du circuit de refroidissement

F Filtre à fioul

T05 Température du fioul.

FI Compteur d'eau

T06 Température de la chambre de combustion.

P Pompe de circulation

P01 Pression dans la chaudière.

V1 Robinet de fioul

P02 Pression du fioul.

V2 Robinet de vidange

V3 Robinet de remplissage

V4 Soupape de sécurité

II.9.2 Fonctionnement de l'appareil :

Une fois la température d'eau de chaudière pré réglée atteinte, différents points de fonctionnement peuvent être obtenus par modification de la pression du fioul. La pression du fioul est lisible sur l'amplificateur de mesure. Les effets sur la flamme et à l'intérieur de la chaudière sont mesurés au moyen du thermocouple de la porte de la chaudière. Parallèlement on peut observer l'aspect de la flamme par la vitre latérale. De plus, il est possible de désactiver le préchauffage du fioul sur l'amplificateur de mesure. Par ailleurs, on peut alors observer à quelle température le brûleur s'éteint. Il est possible d'enregistrer des valeurs de fumée. Avec l'analyseur de gaz d'échappement HL 860 de la société GUNT. Ces valeurs de fumées permettent de lire ou de calculer l'excès- dent d'air et la perte par les fumées. C'est le seul procédé dont dispose le chauffagiste ou le ramoneur sur le site pour régler les valeurs de fumées sur le brûleur de l'installation par le biais de la pression de fioul. Le circuit de chauffage fixe avec échangeur de chaleur à plaques et pompe de circulation simule un circuit de chauffage domestique. Il évacue intégralement la chaleur produite, ce qui permet au banc d'essai de fonctionner en continu. [10].

II.vi. SYSTEME D'ACQUISITION UNIVERSEL TECQUIPMENT VDAS :

II.10 INTRODUCTION:

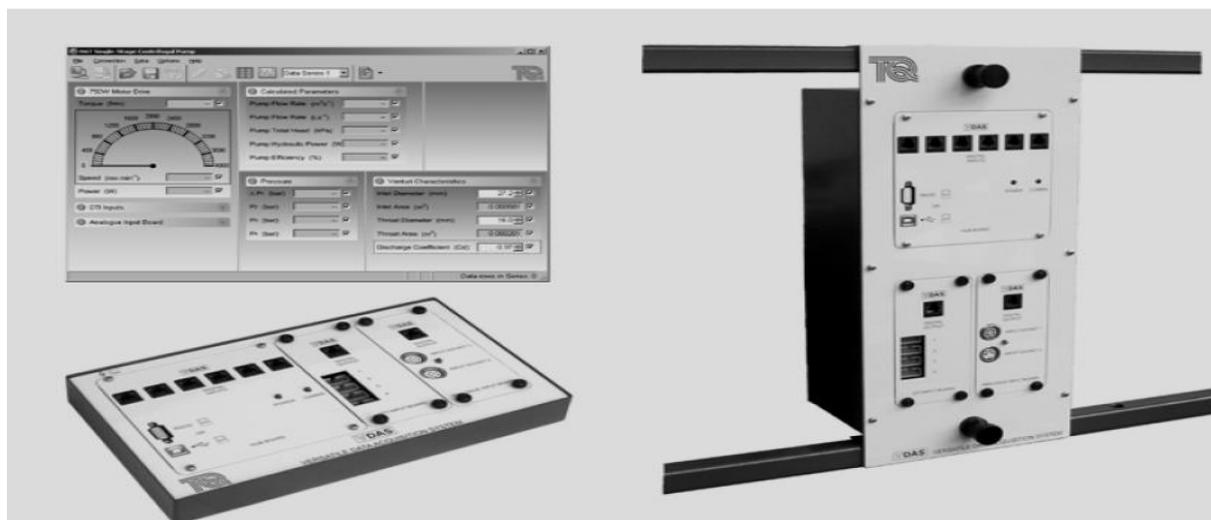


Figure II.13 – Le système VDAS [11].

L'enregistrement manuel des données des expériences peut être difficile, cela peut être long et répétitif. Certains tests nécessitent que le manipulateur relève plusieurs valeurs sur divers instruments au même moment. D'autres essais demandent que l'utilisateur relève des mesures durant plusieurs heures voire plusieurs jours. D'autre part, il est nécessaire également d'ajuster les réglages et les instruments durant le relevé de mesure. Il est également possible de faire des erreurs en lisant la valeur, la notant puis la recopiant sur ordinateur. Tous ces points peuvent être à l'origine de problèmes et d'erreurs sur les résultats. Le système d'acquisition polyvalent VDAS est un excellent outil pour la plupart des produits TecQuipment. Il permet de s'affranchir du relevé manuel des valeurs et évite donc ainsi les erreurs humaines. Il peut enregistrer un grand nombre de données en un instant et peut relever des valeurs automatiquement durant plusieurs heures. Il enregistre les données en format numérique ce qui permet à l'utilisateur de les réétudier ultérieurement et de les transcrire sous forme de graphiques et tableaux. [11].

II.11 DESCRIPTION

Le système d'acquisition polyvalent VDAS est composé de deux parties :

1. Le logiciel VDAS
2. La plateforme VDAS (ou Module d'Interface PC)

La plateforme VDAS se connecte sur les sondes et les instruments compatibles VDAS de l'équipement TecQuipment et convertit leurs signaux de sortie en un format compatible avec le logiciel VDAS. [11].

II.11.1- Le logiciel VDAS :

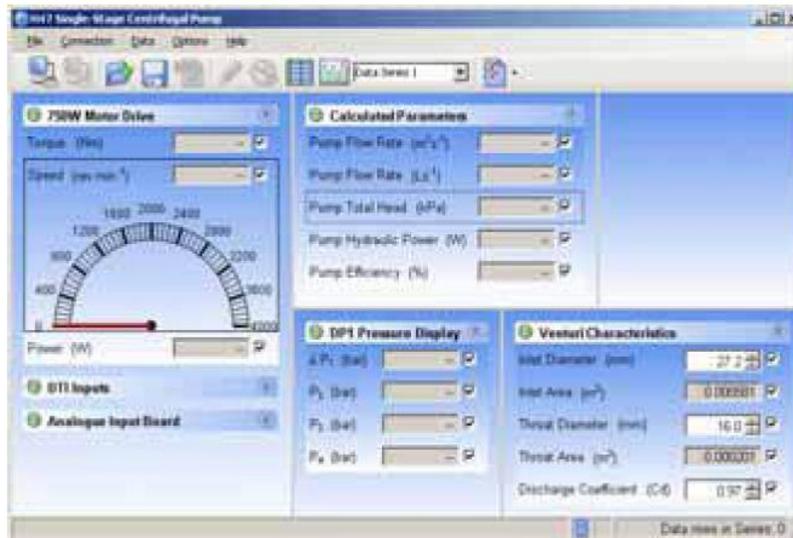


Figure II.14– Ecran typique du logiciel VDAS[11].

Les informaticiens TecQuipment ont créés le logiciel VDAS pour un certain nombre de produits TecQuipment .

Le logiciel a diverses fonctionnalités. Il peut :

- Afficher les données en temps réel sous forme numérique ou analogique
- Enregistrer les données pour impression ou étude ultérieure.
- Exporter les données sous format HTML pour export vers un autre logiciel
- Effectuer des calculs en temps réel sur les mesures pour générer des données utilisables.
- Créer et imprimer des tableaux et des graphiques.
- Sauvegarder automatiquement des mesures ou à la demande de l'utilisateur.

L'interface du logiciel est légèrement différente pour chaque produit utilisé avec celui-ci. TecQuipment a créé des interfaces individuelles qui incluent les affichages nécessaires pour chaque appareil. Par exemple, une soufflerie nécessite des mesures différentes d'un banc de test d'une pompe. Néanmoins, le logiciel VDAS est assez flexible pour permettre à l'utilisateur de créer, sauvegarder et réutiliser sa propre interface s'il le souhaite.

II.11.2 La plateforme VDAS (ou Module d'Interface PC) :

Il y a deux types de plateformes basiques : VDAS-B et VDAS-F. Les deux sont électroniquement identiques et peuvent être interchangées, mais leurs boîtiers sont physiquement différents pour faciliter la connexion à l'appareil TecQuipment compatible VDAS. [11].

II.11.2.1 VDAS-B :

Voici la version Pupitre de la plateforme VDAS. Elle est identique à la plateforme VDAS-F exceptée qu'elle est fournie avec une alimentation électrique DC externe et qu'elle se présente sous la forme d'une boîte compacte pouvant être posée sur un banc ou un bureau. La plateforme VDAS-B est recommandée avec les appareils TecQuipment possédant une unité de contrôle compatible VDAS.

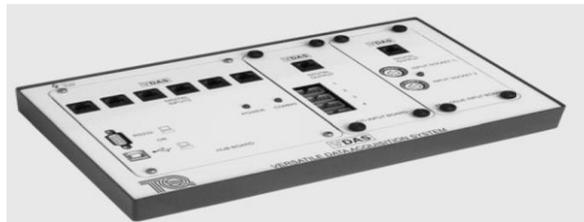


Figure II.15 – Plateforme VDAS-B[11].

II.11.2.2 VDAS-F :

Voici la version de Châssis de la plateforme VDAS. Elle est identique à la plateforme VDAS-B exceptée qu'elle possède une alimentation électrique DC interne et qu'elle se présente sous la forme d'un boîtier métallique étanche se montant sur les châssis et les traverses des appareils TecQuipment.



Figure II.16 – Platefor

CHAPITRE III

Montage d'échangeur de chaleur

✚ **Introduction :** l'objectif de ce chapitre c'est l'explication comment on a fait le montage et la comparaison entre les différentes expériences qu'on fait :

- Etape 1 : on a fait une recherche concernant tous les échangeurs de chaleur et on a choisi deux types d'échangeur de chaleur :

Échangeur à plaque et échangeur à courant croisé.



Figure III.1. Echangeur à plaque



Figure III.2. Echangeur à courant croisé

- Étape 2 : on a acheté les deux échangeurs de chaleur.
- Etape 3 : construire une table pour fixer les échangeurs de chaleur.
 - On a désigné un schéma pour la table et on a parti chez le forgeron.
 - Le forgeron il nous a donné les nécessaires pour les acheter. (Figure III.3 et III.4)



Figure III.3. ½ Tôle N 15/10



Figure III.4. 1.5 Tube 30/30

- Etape 4 : une fois nous avons acheté les nécessaires le forgeron commençait leur travail.



Figure III.5. Le forgeron commence le travail



Figure III.6. Le forgeron commence le travail



Figure III.7. Le forgeron soudé la table



Figure III.8. Le forgeron soudé la tôle



Figure III.9. Le forgeron soudé les rouleaux

Etape 5 : nous avons peigné la table.



Figure III.10. Pienture de la table

- Etape 6 : on a fixé les échangeurs de chaleur sur la table.



Figure III.11. Fixé les échangeurs de chaleur

- Etape 7 : on a fait l'installation :



Figure III.12. L'installation des échangeurs de chaleur

III.2- Le bilan économique :

N°	Désignation	Quantité	Prix unitaire	Totale
1	Echangeur thermique 13 p	1	36000.00 DA	36000.00 DA
2	Echangeur courant croiser ¾	1	6300.00 DA	6300.00 DA
3	1.5 Tube 30/30 15	2	600.00 DA	1200.00 DA
4	½ Tôle N 15/10	1	1000.00 DA	1000.00 DA
5	Raccord male ø 20.3 /4 A vissé (622)	4	265.00 DA	1060.00 DA
6	Raccord femelle ø 20.3/4 a vissé (622)	4	315.00 DA	1260.00 DA
7	Memlons réduit 26.20 BRANZE	4	125.00 DA	500.00 DA
8	Tube multicouche ø 20	3	110.00 DA	330.00 DA
9	Téflon OASI	1	130.00 DA	130.00 DA
10	ROUX	4	375.00 DA	1500.00 DA
11	Frais de plombier	1	1000.00 DA	1000.00 DA
12	Frais de forgeron	1	5500.00 DA	5500.00 DA
13	Autre frais	1	4300.00 DA	4200.00 DA
TOTAL			60000.00 DA	

III.3- Partie expérimentale

Dans notre travail on a fait 3 expériences avec des différents débits pour évaluer le comportement de l'échange thermique pour chaque cas et on va expliquer chaque essai au dessous.

III.3.1 -Echangeur à plaque :

On a fait deux essais avec le changement du sens de l'écoulement co-courant et contre courant



Figure III.13.Schématisation des fonctionnements à co-courant et contre courant

✚ Débit circuit chaud :

Débit 1 : 14 l/min

Débit 2 : 18 l/min

Débit 3 : 20 l/min

✚ Débit circuit froid :

Débit 1 : 1.74 l/min

Débit 2 : 2.24 l/min

Débit 3 : 3.68 l/min

III.3.2 -Echangeur a courant croisé :

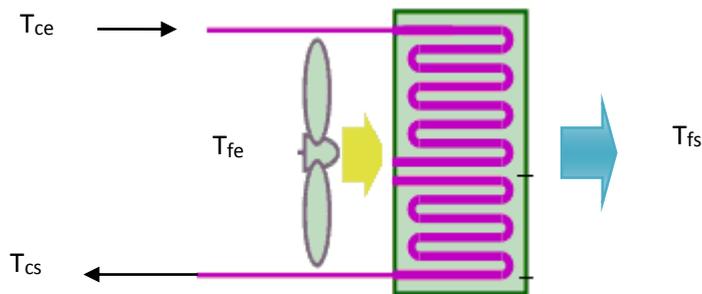


Figure III.14 Schématisation de fonctionnement d'un échangeur a courant croisé

✚ Débit circuit chaud (l'eau) :

Débit 1 : 14 l/min

Débit 2 : 18 l/min

Débit 3 : 20 l/min

✚ Débit circuit froid (l'air) :

On a changé la surface de l'aspiration d'air pour avoir des débits différents

➤ 1^{er} cas : on a utilisé la surface totale d'aspiration d'air

$V_{air}=4.2\text{m/s}$

$\text{Surface} = 29\text{cm} \times 32\text{cm} = 928 \text{ cm}^2 = 0.0928 \text{ m}^2$

$\text{Débit} = V_{air} * \text{Surface} = 4.2 * 0.0928 = 0.390 \text{ m}^3/\text{s}$

➤ 2^{ème} cas : on a utilisé 2/3 de la surface d'aspiration d'air

$V_{air}=3,6 \text{ m/s}$

$\text{Surface} = (2/3) * 0.0928 = 0.0619 \text{ m}^2$

$\text{Débit} = 3.6 * 0.0619 = 0.223 \text{ m}^3/\text{s}$

➤ 3^{ème} cas : on a utilisé 1/3 de la surface d'aspiration d'air

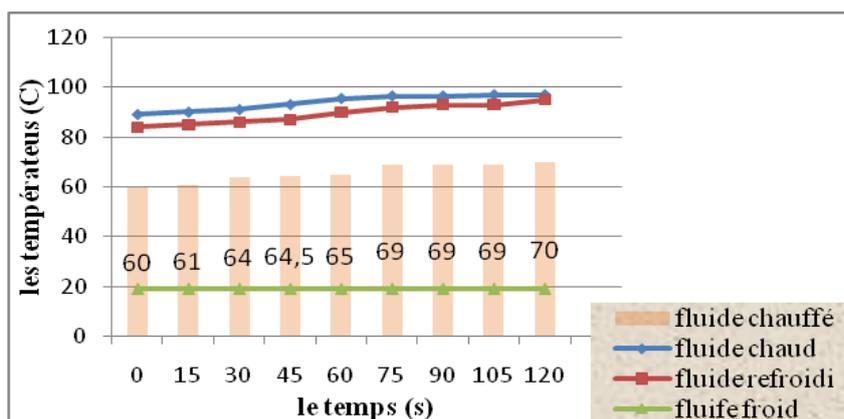
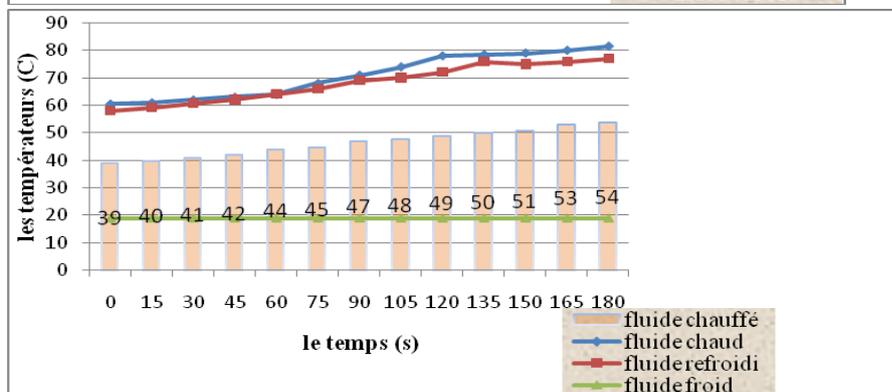
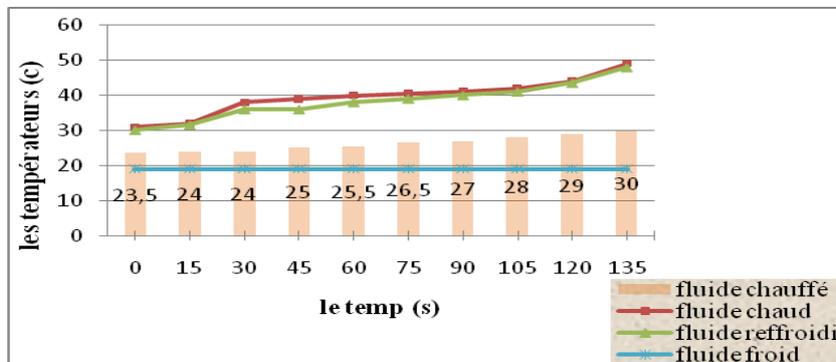
$V_{air}=3,8 \text{ m/s}$

$\text{Surface} = (1/3) * 0.0928 = 0.0309 \text{ m}^2$

$\text{Débit} = 3.8 * 0.0309 = 0.117 \text{ m}^3/\text{s}$

III.4 – l'expérience :

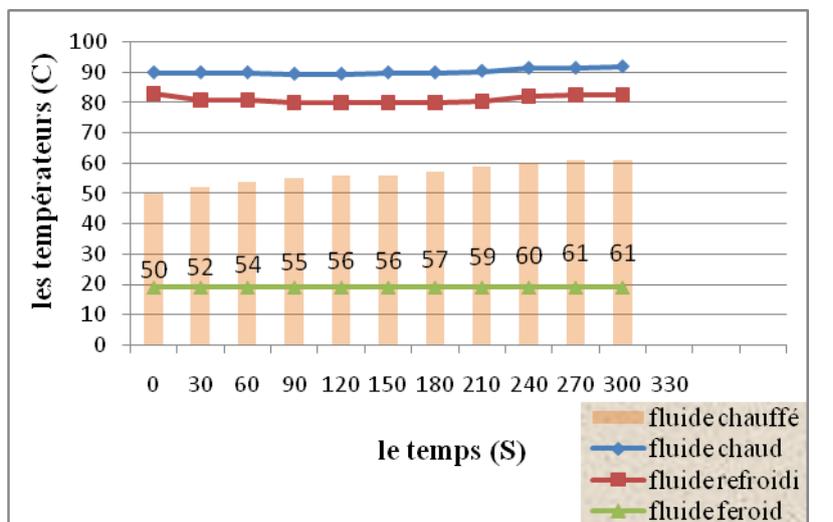
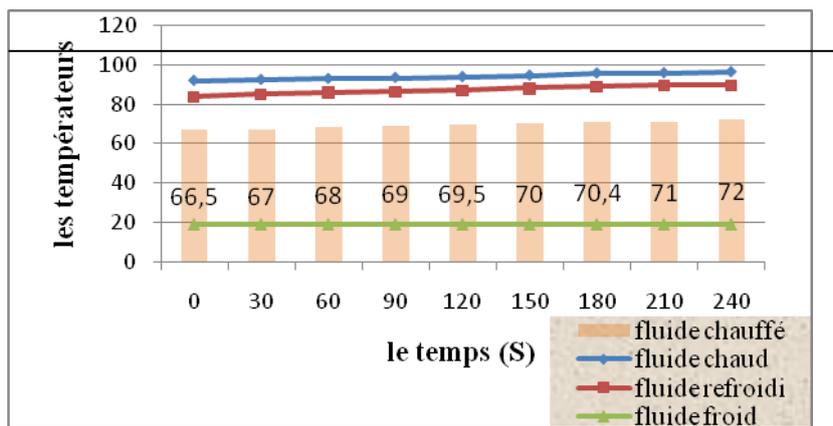
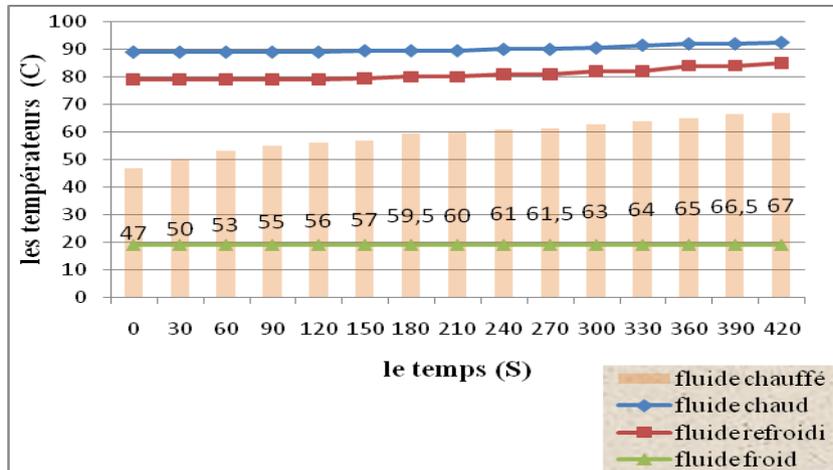
- Pour : Echangeur à plaque :
 - 1)- Circuit co-courant :
 - Débit chaud 14 l/min ,18l/min, 20l/min
 - Débit froid 1.74 l/min.



Débit chaud 14l/min. 18l/min

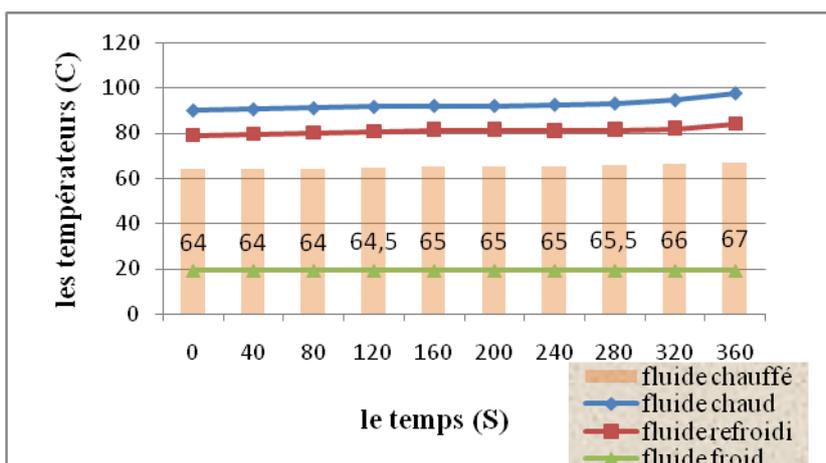
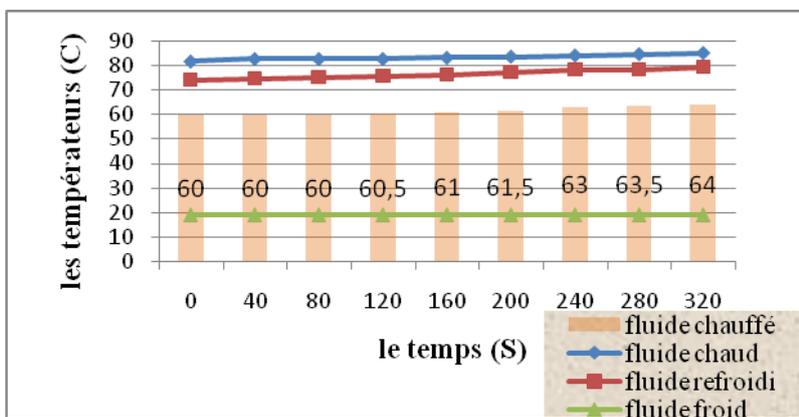
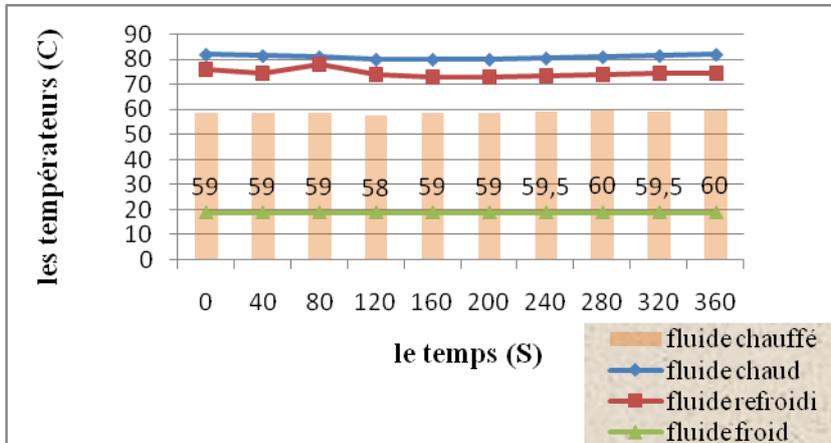
Débit chaud 14l/min. 18l/min. 20 l/min

Débit froid 2.24l/min.



Débit chaud 14l/min. 18l/min.20l/min.

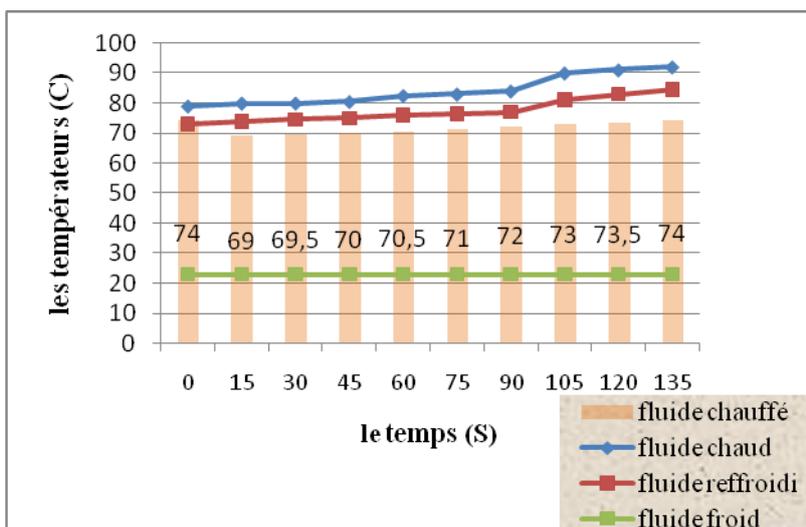
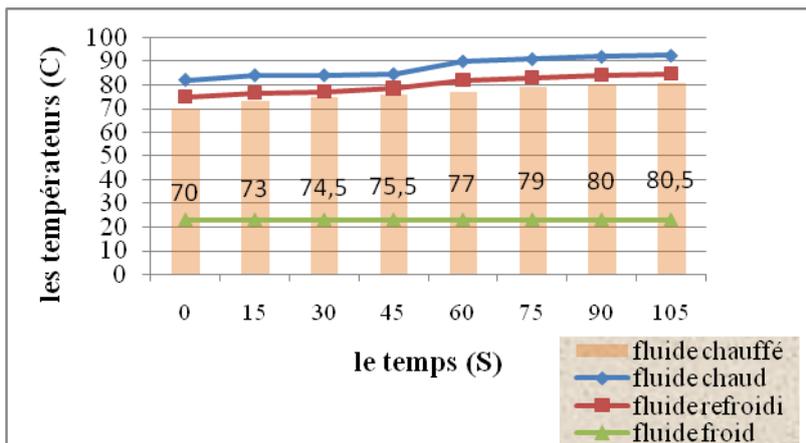
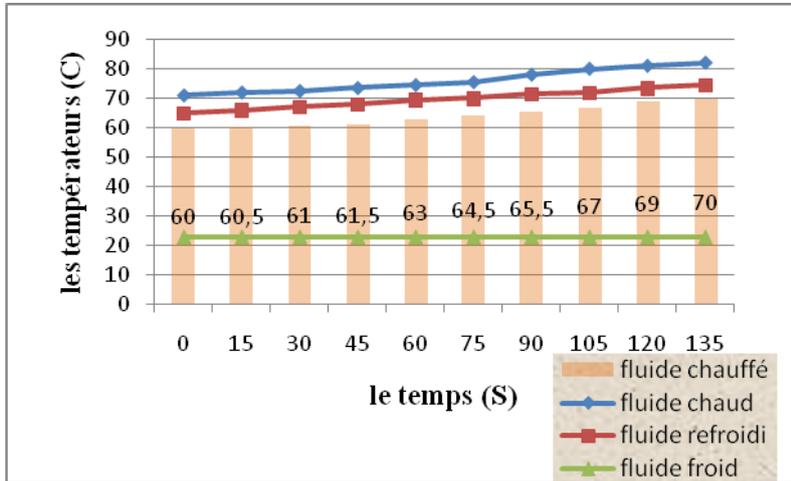
Débit froid 3.68l/min.



2)-circuit contre courant :

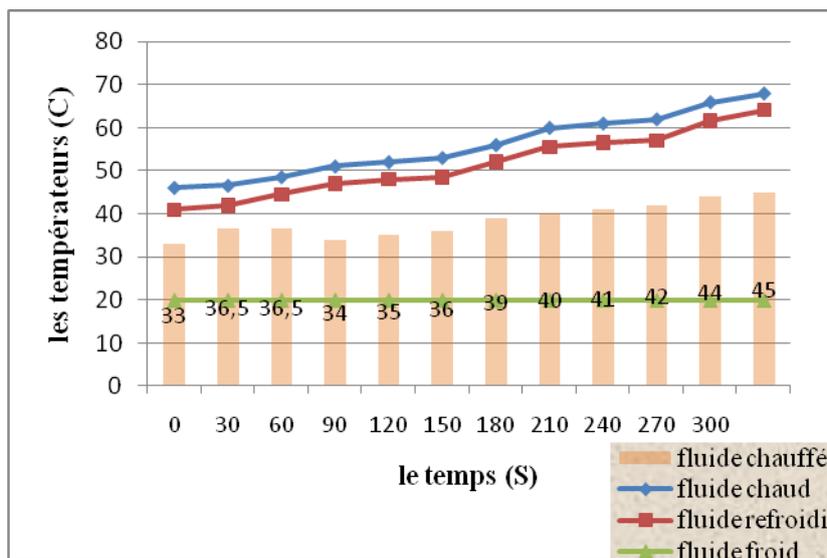
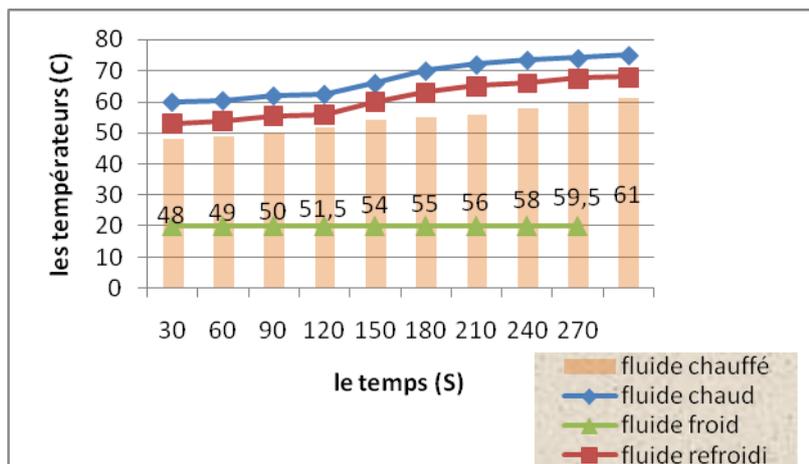
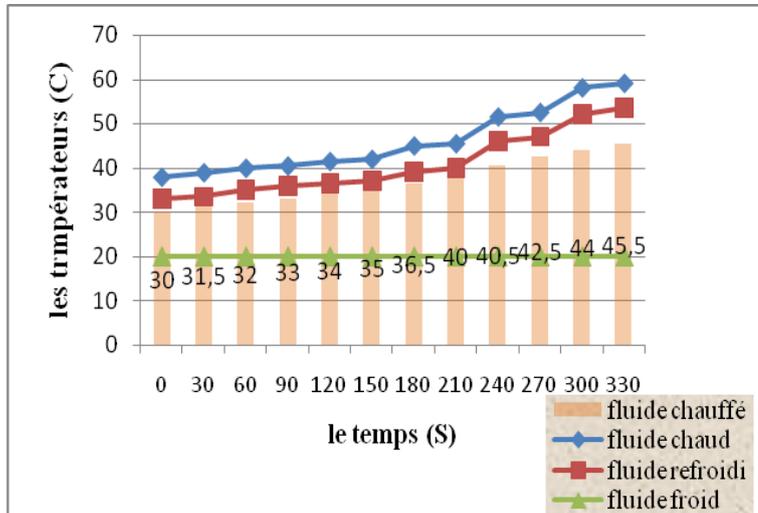
Débit chaud 14l/min.18l/min.20l/min

Débit froid 1.74l/min



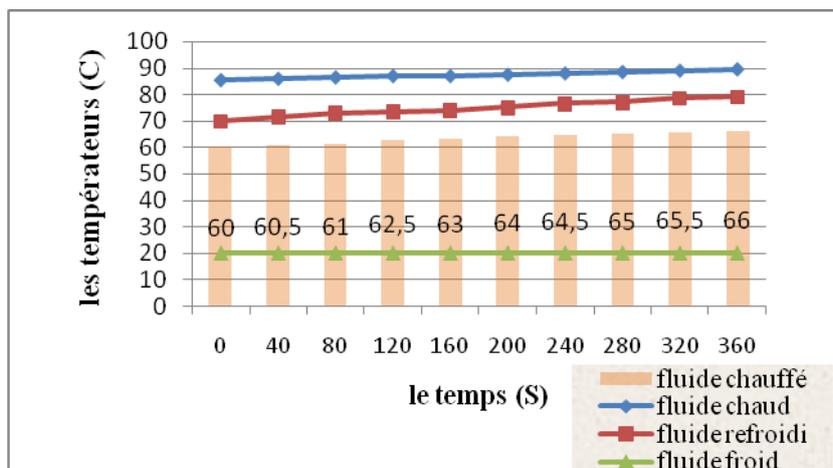
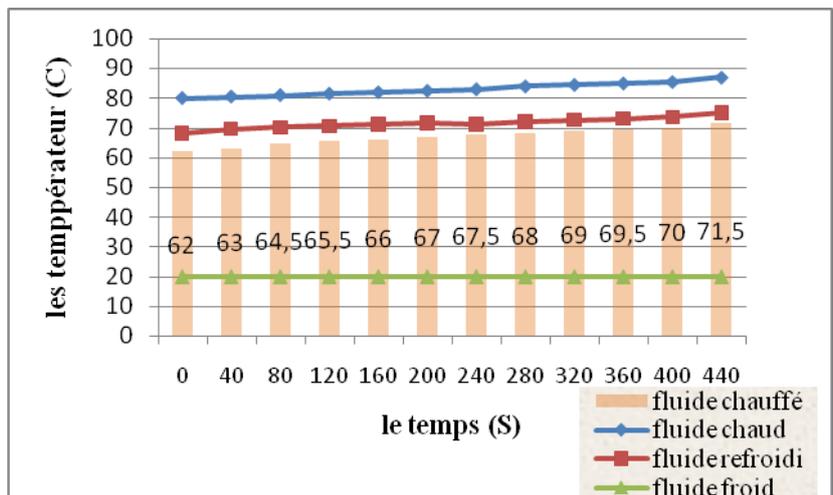
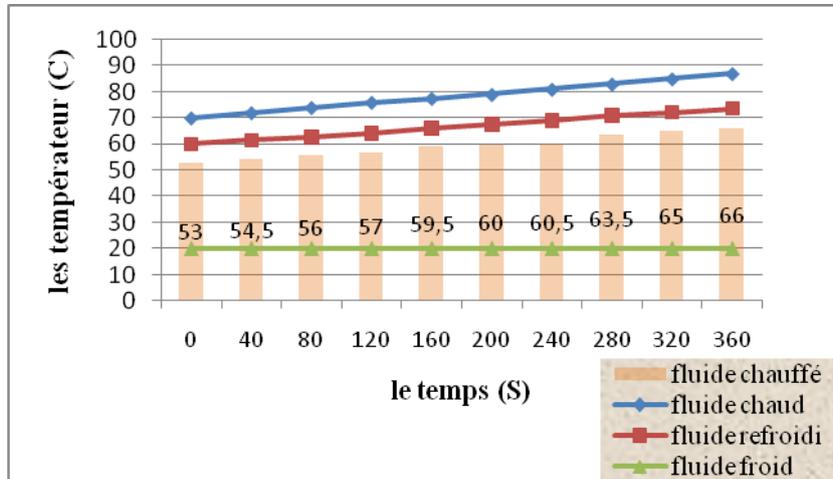
Débit chaud 14l/min.18l/min.20l/min

Débit froid 2.24l/min



Débit chaud 14l/min.18l/min.20l/min

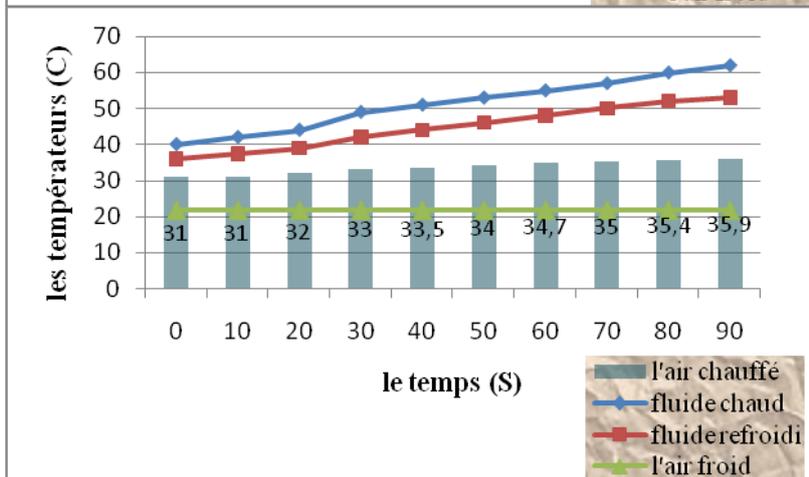
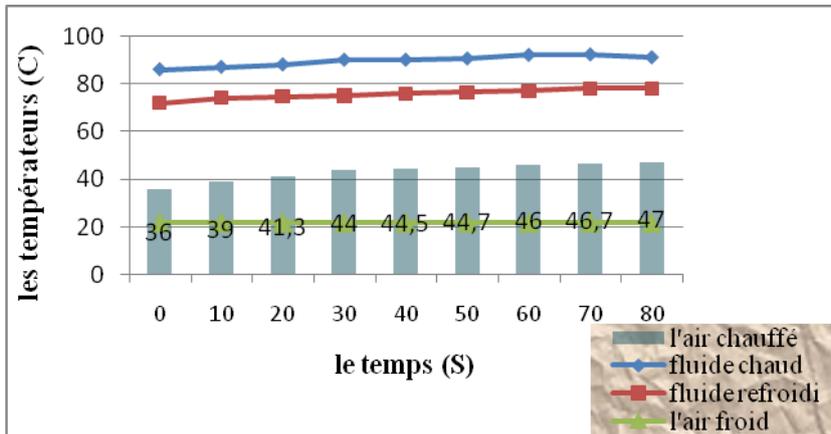
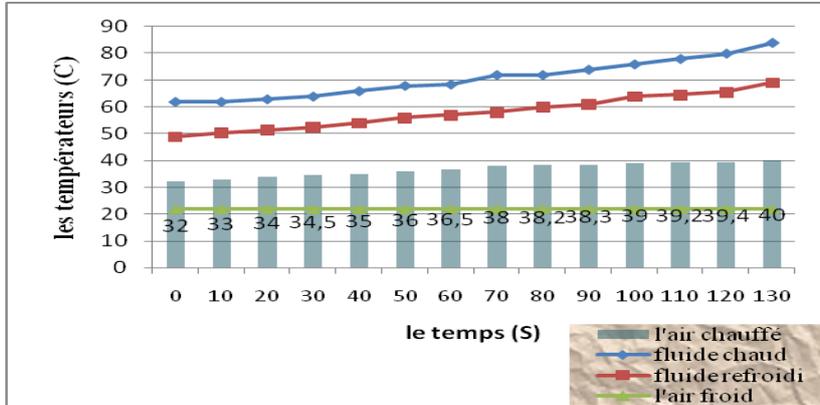
Débit froid 3.68l/min.



- Pour : Echangeur courant croisé :

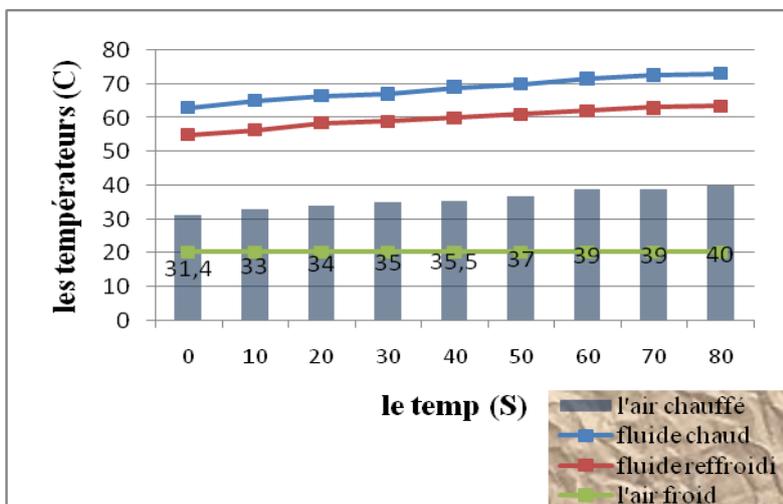
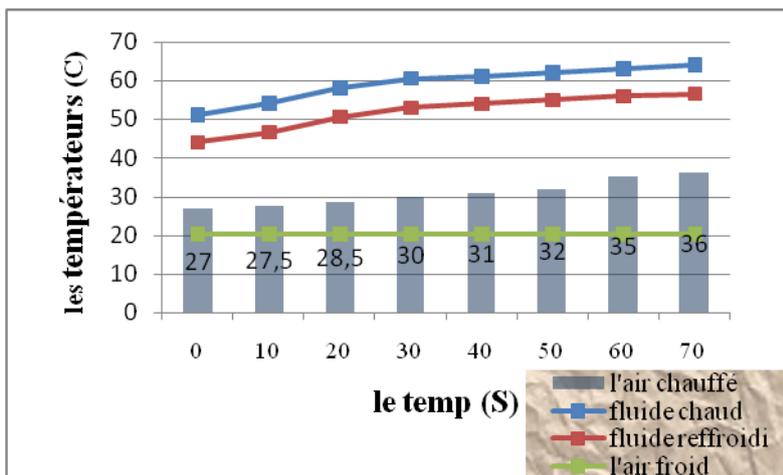
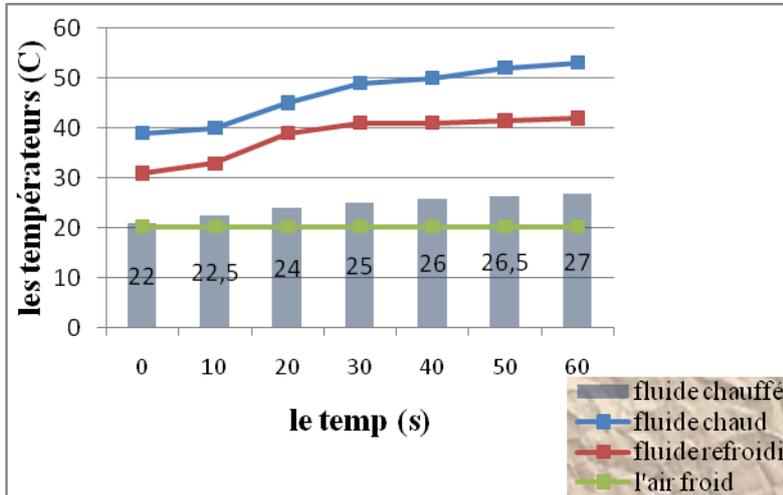
Débit 14l/min. 18l/min .20l/min.

$V=4.2\text{m/s}$, $S= 0.0928 \text{ m}^2$



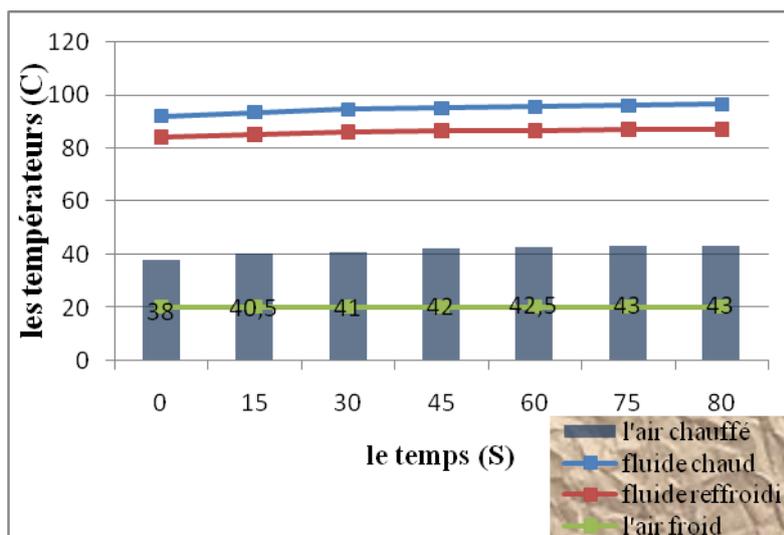
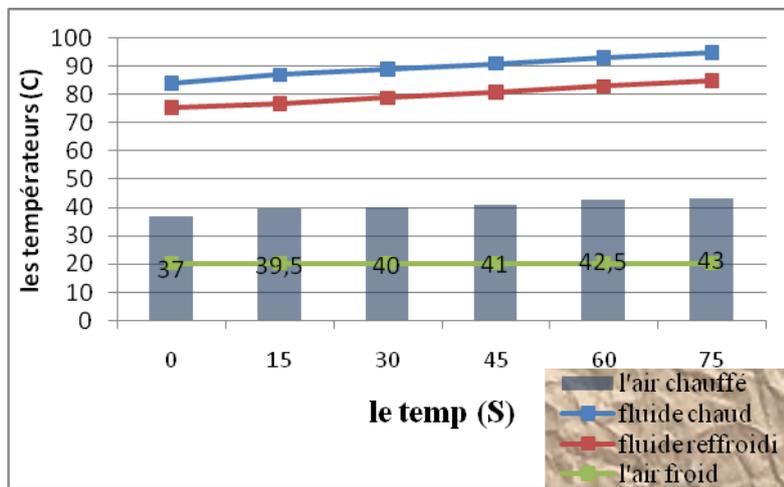
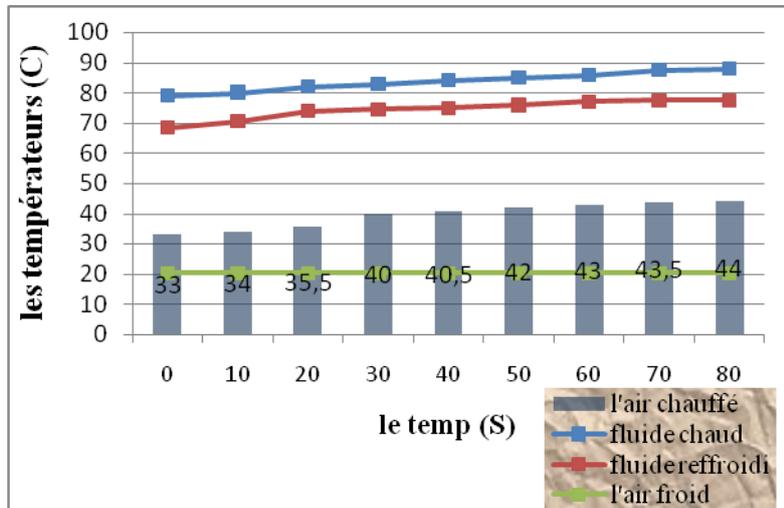
Débit chaud : 14 l/min ,18l/min, 20l/min

$V=3.8\text{m/s}$, $S= 0.0309 \text{ m}^2$



Débit chaud : 14 l/min ,18l/min, 20l/min

$$V=3.6\text{m/s, } S= 0.0619 \text{ m}^2$$



III.4.1.Commentaire :

Mise en œuvre des expériences

Des séries d'expériences ont été exécutés, sur les deux types d'échangeurs montés :

- Echangeur à plaques
- Echangeurs à courants croisés

Deux sources de températures disponibles au niveau du laboratoire d'équipements énergétiques ont été mobilisées à savoir :

- Une source froide : eau d'alimentation du réseau de l'université
- Une source chaude : eau chaude de chaudière

La procédure de mise en œuvre des expériences sont détaillés ci-dessous :

a) Echangeur à plaques :

Le débit de la source chaude venant de la chaudière utilisant l'eau comme fluide caloporteur, a été modifié avec trois niveau de débit, la température variait jusqu'au seuil maximale, la source froide venant du robinet a été utilisée avec trois paliers avec comme fluide caloporteur l'eau, l'échangeur à plaques a été expérimenté on utilisant le circuit en co-courant et en contrecourant, nous avons obtenu alors pour chaque circuit 9 expériences, soit au total 18 expériences.

b) Echangeurs à courants croisés

Le fluide entrant à l'intérieur des tubes est le fluide chaud (eau) venant de la chaudière c'est la source chaude, le fluide circulant à l'extérieur, (air) est la source froide, la surface d'échange a été modifiée en obturant le 1/3 ou le 2/3 du passage de l'air, nous avons alors obtenu une série de 9 expériences.

Résultats d'expériences

Les expériences ont été menés avec des durées variés pour avoir une variation de température la durée totale des expériences valait 80 à 440 s, avec un pas de temps de 10 à 40 s.

Les températures des sources froides ont été en général stables, par contre celles de la source chaude, sorti chaudière variait jusqu'au seuil maximale.

Pour l'échangeur à plaques, La différence de température du circuit chaud, variait légèrement par ce que le débit était important, par contre la différence de température du circuit froid était importante, le débit était faible par rapport à l'autre circuit.

Pour l'échangeur à courant croisés, la différence de température était conséquente pour les deux circuits, elle dépassait parfois les 20 °C.

Les graphes représentent les variations de températures d'échangeurs de chaleur en fonction du temps ; des deux types (à plaque, courant croisé).

Pour l'échangeur à plaque on a remarqué qu'il y a des différences entre les expériences par exemple 1^{er} essai l'eau chaude entre avec température de 31C° et sort avec température de 30C°, la même chose pour l'eau froide il entre avec température de 19C° et sort avec température de 23.5 C° .

On a travaillé avec des intervalles de 10 secondes dans le 1^{er} et la 2^{ème} expérience et 20 secondes dans les expériences 4 et 5. Parce que de chaque expérience l'eau froide entre de différent débit 1er cas débit entre 1.74l/min ; 2^{ème} expériences débit entré de 2.24 l/min et 3.68 l/min pour la 4^{ème} expérience.

Le débit d'eau entrant influence la durée de la transformation thermique ; telle que la durée entre 1^{er} et le 2^{ème} débit d'eau entre 10 secondes et 20 secondes pour le 3^{ème} débit

L'échangeur de courant croisé : on a remarqué qu'il y a une variation de température entre les différentes expériences. 1^{er} cas températures froid entre de 21.8 C° et sort avec une température de 34C° et l'eau chaude entre avec une température de 62C° et sort avec une température de 49C° et la même chose pour les autres expériences.

On a remarqué aussi que la surface influence le transfert thermique telle que le 1^{er} cas on a utilisé la surface d'aspiration totale l'eau chaude entre de température de 62C° sorte de température de 49C° et l'eau froide entre de température 21.8C° et sorte de température de 32C°. la température de sortie augmente (air chauffé) de 10 C° et quand on a utilisé ¾ de la surface d'aspiration l'eau chaude entre à la température 39C° et sort à la température de 31C° et l'eau froide entre à la température de 20C° et sort à une température de 22C° la température de sortie (air chauffé) augmente juste de 2 C°.

III.4.2.Conclusion : Le débit et la surface c'est des paramètres qui influencent le transfert thermique d'échangeurs de chaleurs (à plaque et courant croisé), et donc la conversion d'énergie.

CHAPITRE IV

Partie calcul

IV- partie calcul

IV.1 Introduction :

L'objectif de ce chapitre est de déterminer le coefficient global de transfert avec différents méthodes (méthode de DTLM et méthode de *NUT*). Et de calculer l'efficacité d'échangeur.

IV.2-Calcul de la puissance

✚ 1^{er} cas Echangeur a plaque

❖ Co-courant

$$\Phi = \dot{m} * c_p * (T_{ce} - T_{cf})$$

$$\dot{m} = \rho * \text{Débit} = 1 \text{ Kg/l} * 14 \text{ l/min} = 14 \text{ kg/min} = 0.233 \text{ Kg/s}$$

Avec $c_p = 4180 \text{ J.K}^{-1} .\text{kg}$

Circuit chaud :

Débit froid l/min	Débit chaud l/min	T_{ce} (C°)	T_{cs} (C°)	La puissance ϕ (W)
1.74 l/min	14 l/min	49	45.5	3408.79
	18 l/min	59	56	3762
	20 l/min	95.5	90	7655.67
2.24 l/min	14 l/min	89	79	9739.4
	18 l/min	95.5	89.5	7524
	20 l/min	94	85	12527.46
3.68 l/min	14 l/min	82	74.5	7304.55
	18 l/min	85	79	7524
	20 l/min	97.5	84	18791.19

Circuit froid :

Débit froid l/min	Débit chaud l/min	T_{fe} (C°)	T_{fs} (C°)	La puissance ϕ (W)
1.74 l/min	14 l/min	19	30	1333.42
	18 l/min	19	37	2181.96
	20 l/min	19	65	5576.12
2.24 l/min	14 l/min	19	47	4330.48
	18 l/min	19	62	6650.38
	20 l/min	19	66	7269.02
3.68 l/min	14 l/min	19	60	10454.18
	18 l/min	19	64	11474.1
	20 l/min	19	67	12239.04

❖ Contre courant :

Circuit chaud.

Débit froid l/min	Débit chaud l/min	T_{ce} (C°)	T_{cs} (C°)	La puissance ϕ (W)
1.74 l/min	14 l/min	82	74.5	7304.55
	18 l/min	93	85	10032
	20 l/min	92	84.5	10439.55
2.24 l/min	14 l/min	59	53.5	5356.67
	18 l/min	75	68	8778
	20 l/min	68	64	5567.76
3.68 l/min	14 l/min	87	73.5	13148.19
	18 l/min	87	75	15048
	20 l/min	89.5	79	14615.37

Circuit froid.

2^{eme} cas Echangeur a courant croisé :

$$\Phi = \dot{m} \cdot c_p \cdot (T_e - T_f).$$

$$\dot{m} = \rho \cdot \text{Débit} = (1 \text{ Kg/l} \cdot \text{l/min}) = \text{kg/min} = \text{Kg/s}.$$

$$\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3, c_p = 1006 \text{ J/kg} \cdot \text{k}$$

Circuit chaud (fluide chaud) :

Débit froid Air	Débit chaud Eau	T_{ce} Eau (C°)	T_{cs} Eau (C°)	La puissance ϕ (W)
0.427 kg/s	14 l/min	84	69	14609.1
	18 l/min	91	78	16302
	20 l/min	62	53	12527.46
0.267 kg/s	14 l/min	49	41	7791.52
	18 l/min	60.5	53	9405
	20 l/min	66.5	58.5	11135.52
0.14 kg/s	14 l/min	82	74	7791.52
	18 l/min	89	79	12540
	20 l/min	94.5	86	11831.49

❖ Circuit froid (Air) :

Débit froid Air	Débit chaud Eau	T_{fe} Air (C°)	T_{fs} Air (C°)	La puissance ϕ (W)
0.427 kg/s	14 l/min	21.8	40	7818.03
	18 l/min	21.8	47	10824.96
	20 l/min	21.8	35	5670.22
0.267 kg/s	14 l/min	20.3	25	1262.43
	18 l/min	20.3	30	2605.44
	20 l/min	20.3	34	3679.85
0.14 kg/s	14 l/min	20.3	35.5	2140.77
	18 l/min	20.3	40	2774.55
	20 l/min	20.3	41	2915.39

IV .3- DTLM (Moyenne logarithmique de la température) :

1^{er} cas Echangeur à plaque:

Co-courant

T_{ce} (C°)	T_{cs} (C°)	T_{fe} (C°)	T_{fs} (C°)	DTLM	T_{ce} (C°)	T_{cs} (C°)	T_{fe} (C°)	T_{fs} (C°)	DTLM
31	30	19	23,5	8,97073866	59	56	19	37	28,209106
32	31,5	19	24	9,99915758	60,5	58	19	39	28,799836
38	36	19	24	15,2328782	61	59	19	40	28,99535
39	36	19	25	15,0542706	62	60,5	19	41	29,717282
40	38	19	25,5	16,384159	63	62	19	42	30,439186
40,5	39	19	26,5	16,5952367	64	64	19	44	30,828793
41	40	19	27	17,1072384	68	66	19	45	33,04623
42	41	19	28	17,5271056	71	69	19	47	34,875559
44	43,5	19	29	19,2757044	74	70	19	48	36,01477
49	48	19	30	23,4913823	78	72	19	49	38,214807

T_{ce} (C°)	T_{cs} (C°)	T_{fe} (C°)	T_{fs} (C°)	DTLM
89	84	19	60	42,9729264
90	85	19	61	43,3329074
91	86	19	64	42,1718978
93	89	19	64,5	44,7804951
95,5	90	19	65	46,0473115
96,5	96	19	69	47,8926717
96,5	96	19	69	47,8926717

T_{ce} (C°)	T_{cs} (C°)	T_{fe} (C°)	T_{fs} (C°)	DTLM
92	84	19	66,5	38,8585103
92,5	85	19	67	39,44805
93	86	19	68	39,6125515
93,5	86,5	19	69	39,348384
94	87	19	69,5	39,5111004
94,7	88	19	70	40,1696901
96	89,5	19	71	41,022845

T_{ce} (C°)	T_{cs} (C°)	T_{fe} (C°)	T_{fs} (C°)	DTLM
82	76	19	59	35,1166113
81,5	74,5	19	59	33,7080296
81	78	19	59	36,3576283
80	74	19	58	33,6251211
80	73	19	59	31,9333279
80	73	19	59	31,9333279
80,5	73,5	19	59,5	32,0950317
81	74	19	60	32,2563941
81,5	74,5	19	59,5	33,2839014
82	74,5	19	60	33,0159698

T_{ce} (C°)	T_{cs} (C°)	T_{fe} (C°)	T_{fs} (C°)	DTLM
81,5	74	19	60	32,4174192
82,5	74,5	19	60	33,1777982
82,5	75	19	60	33,6107734
82,5	75,5	19	60,5	33,6107734
83	76	19	61	33,7737038
83,5	77	19	61,5	34,3660639
84	78	19	63	34,0985719
84,5	78	19	63,5	33,821838
85	79	19	64	34,4221407

T_{ce} (C°)	T_{cs} (C°)	T_{fe} (C°)	T_{fs} (C°)	DTLM
90	79	19	64	36,0214403
90,5	79,5	19	64	36,6286608
91	80	19	64	37,2321266
91,5	80,5	19	64,5	37,3925088
92	81,5	19	65	37,993434
92	81,5	19	65	37,993434
92,5	81	19	65	37,7124189
93	81,5	19	65,5	37,8719523
94,5	82	19	66	38,348898
97,5	84	19	67	40,1990926

➤ Contre courant :

T_{ce} (C°)	T_{cs} (C°)	T_{fe} (C°)	T_{fs} (C°)	DTLM	T_{ce} (C°)	T_{cs} (C°)	T_{fe} (C°)	T_{fs} (C°)	DTLM
71	65	23	60	23,1382248	82	75	23	70	27,2788575
72	66	23	60,5	23,884389	84	76,5	23	73	26,8683563
72,5	67	23	61	24,2204265	84	77	23	74,5	25,6086773
73,5	68	23	61,5	24,9667896	84,5	78,5	23	75,5	25,5612699
74,5	69,5	23	63	25,0517986	90	82	23	77	30,411452
75,5	70	23	64,5	24,7890806	91	83	23	79	29,8240769
78	72	23	65,5	26,7185587	92	84	23	80	30,135909
80	72	23	67	27,1315008	92,5	84,5	23	80,5	30,291338
81	73,5	23	69	26,7906844	93	85	23	82	29,4927403
82	75	23	71	26,394593					
T_{ce} (C°)	T_{cs} (C°)	T_{fe} (C°)	T_{fs} (C°)	DTLM	T_{ce} (C°)	T_{cs} (C°)	T_{fe} (C°)	T_{fs} (C°)	DTLM
79	73	23	68	25,7574042	70	60	20	53	26,8796435
80	74	23	69	26,0768031	72	61	20	54	27,9397368
80	74	23	69,5	25,6256069	74	62,5	20	56	28,517144
80,5	75	23	70	25,9396325	76	64	20	57	29,7707419
82,5	76	23	70,5	27,6022666	77	65	20	60	28,7637008
83	77	23	71	27,9240949	79	67	20	60	30,9150198
84	77	23	72	27,9240949	81	69	20	60,5	32,7061626
90	81	23	73	33,4085796	83	71	20	63,5	32,7643375
91	83	23	73,5	34,4927306	85	72	20	65	33,4899181
92	84	23	74	35,2314017	87	73	20	66	34,5658405

T_{ce} (C°)	T_{cs} (C°)	T_{fe} (C°)	T_{fs} (C°)	DTLM	T_{ce} (C°)	T_{cs} (C°)	T_{fe} (C°)	T_{fs} (C°)	DTLM
80	68	20	62	30,5863634	85,5	70	20	60	36,3855323
80,5	69,5	20	63	30,7759841	86	71	20	60	37,1069028
81	70	20	64	30,58927	86,5	73	20	61	37,5881547
81,5	71	20	65	30,5724965	87	73	20	62	37,2629764
82	71	20	66	30,1922754	87	74	20	63	36,9945519
82,5	71,5	20	67	29,9814669	87,5	75	20	64	37,0443212
83	71	20	67	30,1922754	88	76	20	64,5	37,4272499
84	72	20	68	30,5432888	88,5	77	20	65	37,808214
84,5	72	20	69	30,1552285	89	78	20	65	38,5317508
85	73	20	69	30,8924617	89,5	79	20	66	38,5644457

✚ 2eme cas changeur courant croisé :

- Pour :

$$S = 0.0928 \text{ m}^2, V = 4.2 \text{ m/s}$$

T_{ce} (C°)	T_{cs} (C°)	T_{fe} (C°)	T_{fs} (C°)	DTLM	T_{ce} (C°)	T_{cs} (C°)	T_{fe} (C°)	T_{fs} (C°)	DTLM
62	49	21,8	32	26,9562558	86	72	21,8	36	48,7480842
62	50,5	21,8	33	27,2946073	87	74	21,8	39	48,5443598
63	51,5	21,8	34	27,6792402	88	74,5	21,8	41,3	47,8170373
64	52,5	21,8	34,5	28,4021403	90	75	21,8	44	47,1807378
66	54	21,8	35	29,8477124	90	76	21,8	44,5	47,5107341
68	56	21,8	36	31,2930158	90,5	76,5	21,8	44,7	47,9044771
68,5	57	21,8	36,5	31,8224056	92	77	21,8	46	47,9592186
72	60	21,8	38,2	34,0484688	92,2	78	21,8	46,7	48,2373525

T_{ce} (C°)	T_{cs} (C°)	T_{fe} (C°)	T_{fs} (C°)	DTLM
40	36	21,8	31	10,2168473
42	37,5	21,8	32	11,2995695
44	39	21,8	34	11,5385567
49	42	21,8	31,5	17,5449339
51	44	21,8	31,8	19,4790442
53	46	21,8	32	21,4634915
55	48	21,8	33,2	22,7744562
57	50	21,8	34	24,3513486
60	52	21,8	34,9	26,2517137
62	53	21,8	35	27,6292863

• Pour :

$S = 0.0619 \text{ m}^2$, $V = 3.6 \text{ m/s}$

T_{ce} (C°)	T_{cs} (C°)	T_{fe} (C°)	T_{fs} (C°)	DTLM
92	84	20,3	38	57,9025292
93,5	85	20,3	40,5	57,6645382
94,5	86	20,3	41	58,3881285
95	86,5	20,3	42	58,3021822
95,5	86,5	20,3	42,5	58,213126
96	87	20,3	43	58,423646
96,5	87	20,3	43	58,6337432

T_{ce} (C°)	T_{cs} (C°)	T_{fe} (C°)	T_{fs} (C°)	DTLM
84	75,5	20,3	37	50,0470361
87	77	20,3	39,5	50,706415
89	79	20,3	40	52,4561161
91	81	20,3	41	53,9006781
93	83	20,3	42,5	55,0390272
95	85	20,3	43	56,7895193

- Pour :

$S = 0.0309 \text{ m}^2$, $V = 3.8 \text{ m/s}$

T_{ce} (C°)	T_{cs} (C°)	T_{fe} (C°)	T_{fs} (C°)	DTLM	T_{ce} (C°)	T_{cs} (C°)	T_{fe} (C°)	T_{fs} (C°)	DTLM
39	31	20,3	21	13,8991306	51	44	20,3	27	23,1791151
40	33	20,3	22,5	14,6207339	54	46,5	20,3	27,5	25,6518153
45	39	20,3	24	19,4485029	58	50,5	20,3	28,5	29,1486925
49	41	20,3	25	21,7350974	60,5	53	20,3	30	30,8037939
50	41	20,3	26	21,5196427	61	54	20,3	31	31,0127026
52	41,5	20,3	26,5	22,3182522	62	55	20,3	32	31,4282063
53	42	20,3	27	22,7119659	63	56	20,3	35	30,5773131

T_{ce} (C°)	T_{cs} (C°)	T_{fe} (C°)	T_{fs} (C°)	DTLM
63	55	20,3	31,4	32,2117023
65	56,5	20,3	33	32,9718314
66,5	58,5	20,3	34	34,2105809
67	59	20,3	35	34,0999393
69	60	20,3	35,5	35,2253155
70	61	20,3	37	35,3045691
71,5	62	20,3	39	35,2391941
72,5	63	20,3	39	36,2920974
73	63,5	20,3	40	36,15584

IV.4 Le rapport :

✚ 1^{er} cas échangeur a plaque :

- Circuit co -courant

Débit froid l/min	Débit chaud l/min	Puissance circuit chaud (W)	Puissance circuit froid (W)	Rapport ϕ_c / ϕ_r
1.74 l/min	14 l/min	3408.79W	1333.42 W	0.39
	18 l/min	3762 W	2181.96 W	0.58
	20 l/min	7655.67 W	5576.12 W	0.73
2.24 l/min	14 l/min	9739.4 W	4330.48 W	0.44
	18 l/min	7524 W	6650.38 W	0.88
	20 l/min	12527.46 W	7269.02 W	0.58
3.68 l/min	14 l/min	10454.18 W	7304.55 W	0.69
	18 l/min	11474.1 W	7524 W	0.65
	20 l/min	18791.19 W	12239.04 W	0.65

- Circuit contre courant

Débit froid l/min	Débit chaud l/min	Puissance circuit chaud (W)	Puissance circuit froid (W)	Rapport ϕ_c / ϕ_r
1.74l/min	14 l/min	7304.55 W	5697.34 W	0.78
	18 l/min	10032 W	7151.98 W	0.71
	20 l/min	10439.55W	6182.22 W	0.59
2.24l/min	14 l/min	5356.67 W	3943.83 W	0.74
	18 l/min	8778 W	6341.06 W	0.69
	20 l/min	5567.76 W	3866.5 W	0.69
3.68l/min	14 l/min	13148.19 W	11729.08 W	0.89
	18 l/min	15048 W	13131.47 W	0.87
	20 l/min	14615.3 W	11729.08 W	0.80

On a remarqué que le rapport entre la chaleur reçue par le fluide froid et la chaleur dégagée par le fluide chaud est plus intéressant pour le cas d'écoulement contre courant et cela montre que l'échange thermique pour ce cas est plus performant que le cas du co-courant.

Le rapport des puissances varie pour le cas du circuit co-courant de 0,39 à 0,65 avec des pics de 0,88 par contre pour le rapport du circuit à contre courant varie de autour de 0.80 ceci montre qu'on a intérêt de favoriser dans les installations les circuits à contre courant pour tière le meilleur profit et améliorer l'efficacité énergétique.

✚ 2^{eme} cas échangeur a courant croisé :

Débit d'air kg/s	Débit chaud l/min	Puissance refroidissement (W)	Puissance de chauffage (W)	Rapport ϕ_c / ϕ_r
0.427 kg/s	14 l/min	14609.1 W	7818.03 W	0.53
	18 l/min	16302 W	10824.96 W	0.66
	20 l/min	12527.46 W	5670.22 W	0.45
0.267 kg/s	14 l/min	7791.52 W	1262.43 W	0.16
	18 l/min	9405 W	2605.44 W	0.27
	20 l/min	11135.52 W	3679.85 W	0.33
0.14 kg/s	14 l/min	7791.52 W	2140.77 W	0.28
	18 l/min	12540 W	2774.55 W	0.22
	20 l/min	11831.49 W	2915.39 W	0.24

Et on a trouvé aussi que le rapport (ϕ_c / ϕ_r) pour l'échangeur à plaque est supérieur a celui de l'échangeur à courant croisé et cela veut dire que ce dernier est moins efficace que l'échangeur à plaque.

Pour l'échangeur à courant croisés le rapport des puissances varie de 0,53 à 0,24 il est très inférieur à l'échangeur à plaques, ceci est du l'échange entre deux circuit l'un utilisant l'eau et l'autre l'air.

IV.5. Calcule le coefficient global thermique U :

IV.5.1. Méthode de ΔTLM

$$\Phi_{min} = U * S * \Delta TLM \quad \Longrightarrow \quad U = \frac{\Phi_{min}}{\Delta TLM * S}$$

✚ 1 er cas : échangeur a plaque :

➤ Circuit co- courant :

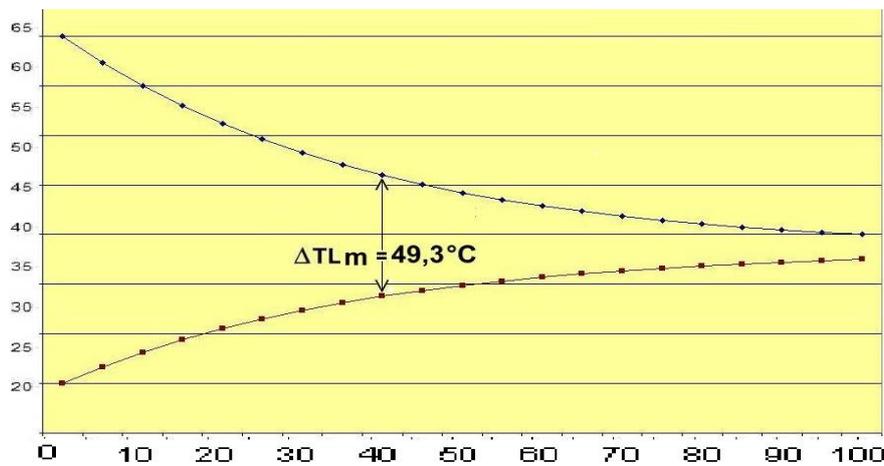


Figure IV.I évolution des températures dans un échangeur à plaque fonctionnant à co-courant : [12].

Débit froid 1.74l/min, Débit chaud 18l/min, $\Phi_{min} = 2181.96 (W)$, $\Delta TLM = 28.209106$
 $S = \text{longueur} * \text{largeur} * \text{nbr de plaque} = 43 * 13.5 * 13 \text{ cm}^2 = 0.7545 \text{ m}^2$

$$U = \frac{\Phi_{min}}{\Delta TLM * S} \quad \Longrightarrow \quad U = \frac{2181.96}{28.209106 * 0.7545} = 102.51 \text{ w/m}^2 * \text{k}$$

Débit froid 2.24l/min débit chaud 14l/min $\Phi = 4330.48 (W)$, $\Delta TLM = 48.5446$

$$U = \frac{\Phi_{min}}{\Delta TLM * S} \quad \Longrightarrow \quad U = \frac{4330.48}{48.5446 * 0.7545} = 118.23 \text{ w/m}^2 * \text{k}$$

Circuit contre courant :

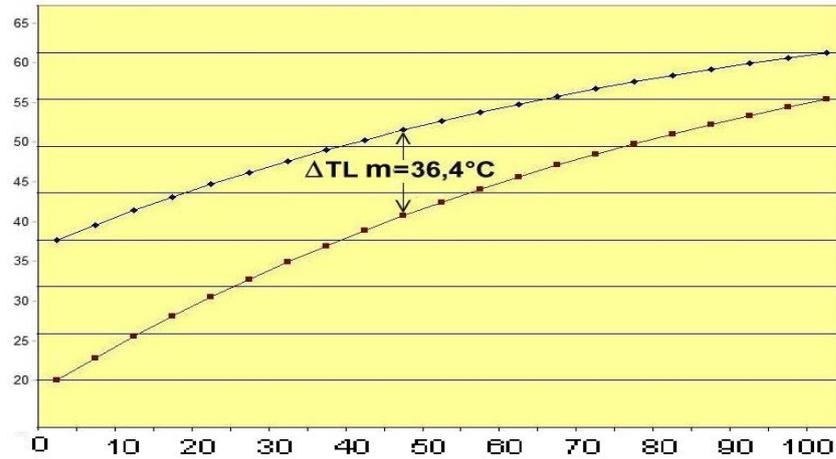


Figure IV.2 évolution des températures dans un échangeur à plaque fonctionnant à contre courant [12].

Débit froid 1.74l/min débit chaud 14l/min $\dot{Q} = 5697.34$ (W), $\Delta TLM = 26,394593$

$$U = \frac{\dot{Q}_{min}}{\Delta TLM * S} \implies U = \frac{5697.34}{26,394593 * 0.7545} = 286.08 \text{ w/m}^2 * \text{k}$$

Débit froid 2.24l/min débit chaud 18l/min $\dot{Q} = 6341.06$ (W), $\Delta TLM = 27,5941844$

$$U = \frac{\dot{Q}_{min}}{\Delta TLM * S} \implies U = \frac{6341.06}{27,5941844 * 0.7545} = 304.57 \text{ w/m}^2 * \text{k}$$

Débit froid 3.68l/min débit chaud 20l/min $\dot{Q} = 11729.08$ (W), $\Delta TLM = 38,5644457$

$$U = \frac{\dot{Q}_{min}}{\Delta TLM * S} \implies U = \frac{11729.08}{38,5644457 * 0.7545} = 403.1 \text{ w/m}^2 * \text{k}$$

2^{eme} cas échangeur à courant croisé :

- Débit d'air 0.427 kg/s, débit chaud 14l/min $\dot{Q} = 7818.03$ (W), $\Delta TLM = 43,5090768$
S=3.56 m²

$$U = \frac{\dot{Q}_{min}}{\Delta TLM * S} \implies U = \frac{7818.03}{43.5090768 * 3.56} = 50.47 \text{ W/m}^2 * \text{k}$$

- Débit d'air 0.267 kg/s, débit chaud 18l/min $\dot{Q} = 2605.44$ (W), $\Delta TLM = 47,5707973$
S=3.56 m²

$$U = \frac{\dot{Q}_{min}}{\Delta TLM * S} \implies U = \frac{2605.44}{47.5707972 * 3.56} = 15.38 \text{ W/m}^2 * \text{k}$$

- Débit d'air 0.14 kg/s, débit chaud 20 l/min $\Phi = 2915.39$ (W), $\Delta TLM = 27,6292863$
 $S = 3.56 \text{ m}^2$

$$U = \frac{\Phi_{min}}{\Delta TLM * S} \quad U = \frac{2915.39}{27.6292863 * 3.56} = 29.64 \text{ W/m}^2 * \text{k}$$

IV.5.2.Méthode de **NUT** :

IV.5.2-1. Efficacité thermique D'un échangeur:

Pour caractériser les performances thermiques d'un échangeur, la démarche la plus naturelle paraît être de comparer sa puissance thermique Φ avec le flux maximum Φ_{max} précédemment défini. On appelle « efficacité thermique » E de l'échangeur le rapport Φ / Φ_{max} qui est évidemment sans dimension.

$$E = \frac{\phi}{\phi_{max}}$$

✚ 1^{er} cas Pour échangeur a plaque :

- Circuit co-courant :

Efficacité de chauffage

$$Ec = \frac{Tfs - Tfe}{Tce - Tfe}$$

Pour Débit chaud 18l/min débit froid 1.74l/min.

$$Ec = \frac{37-19}{59-19} = 45 \%$$

Pour Débit chaud 14 l/min débit froid 2.24/min.

$$Ec = \frac{47-19}{89-19} = 40 \%$$

- Circuit contre courant :

Pour Débit chaud 14 l/min débit froid 1.74l/min.

$$Ec = \frac{71-23}{82-23} = 81.35 \%$$

Pour Débit chaud 18 l/min débit froid 2.24/min.

$$Ec = \frac{61-20}{75-20} = 75.54 \%$$

Pour Débit chaud 20 l/min débit froid 3.68/min.

$$Ec = \frac{66-20}{89.5-20} = 66.19\%$$

✚ 2^{ème} cas Echangeur de courant croisé :

On a $C_{air} < C_{eau}$ donc l'air (fluide froid) commande le transfert alors on a que l'efficacité de chauffage

Pour Débit chaud 14 l/min débit d'air 0.356 m³/s.

$$Ec = \frac{40-21.8}{84-21.8} = 29.26 \%$$

Pour Débit chaud 18 l/min débit d'air 0.223 m³/s

$$Ec = \frac{30-20.3}{60.5-20.3} = 24.13\%$$

Pour Débit chaud 18 l/min débit d'air 0.117 m³/s

$$Ec = \frac{40-20.3}{89-20.3} = 28.67 \%$$

IV.5.2-2. calcule le *NUT* :

✚ 1^{er} cas Echangeur a plaque :

- Co- courant :

Débit froid 1.74/min, Débit chaud 18l/min $z=1$, $E= 45 \%$

$$NUT = - \frac{\ln(1-(1+1)*0.45)}{1+1} = 1.15$$

Débit froid 2.24/min, Débit chaud 14l/min $z=1$, $E= 40 \%$

$$NUT = - \frac{\ln(1-(1+1)*0.40)}{1+1} = 0.8$$

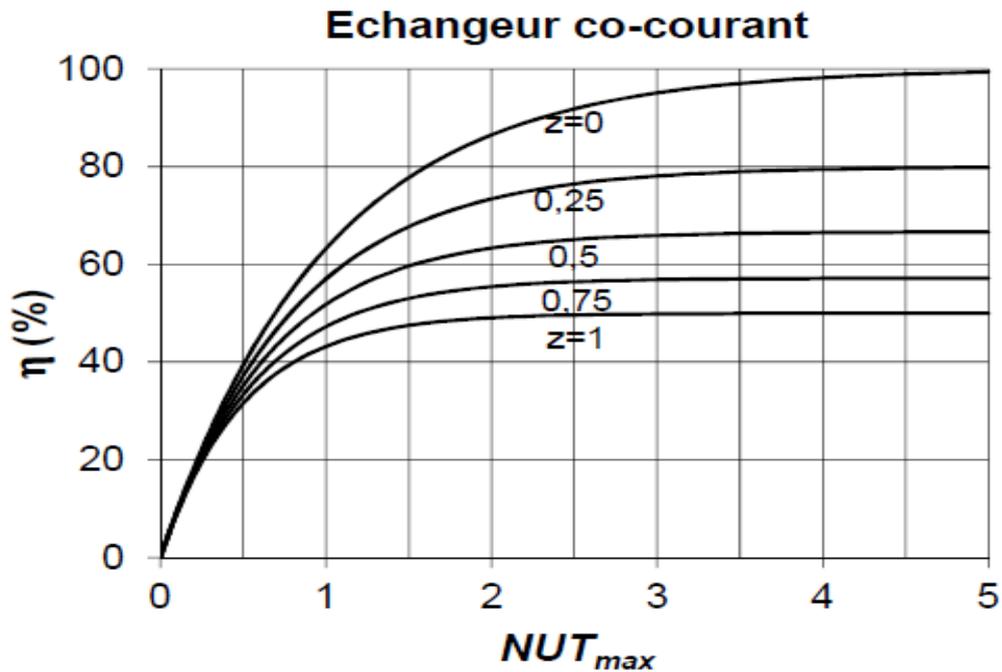


Figure IV.3 tableau $NUT = f(Ec)$ pour l'échangeur a co-courant. [13].

- Contre courant :

Remarque : On a pour $Z=1$ $NUT = \frac{Ec}{1-Ec}$

- Débit froid 1.74l/min débit chaud 14l/min

$$NUT = \frac{0.8135}{1-0.8135} = 4.36$$

Débit froid 2.24l/min débit chaud 18l/min

$$NUT = \frac{0.7554}{1-0.7554} = 3.08$$

Débit froid 3.68l/min débit chaud 20l/min

$$NUT = \frac{0.6619}{1-0.6619} = 1.96$$

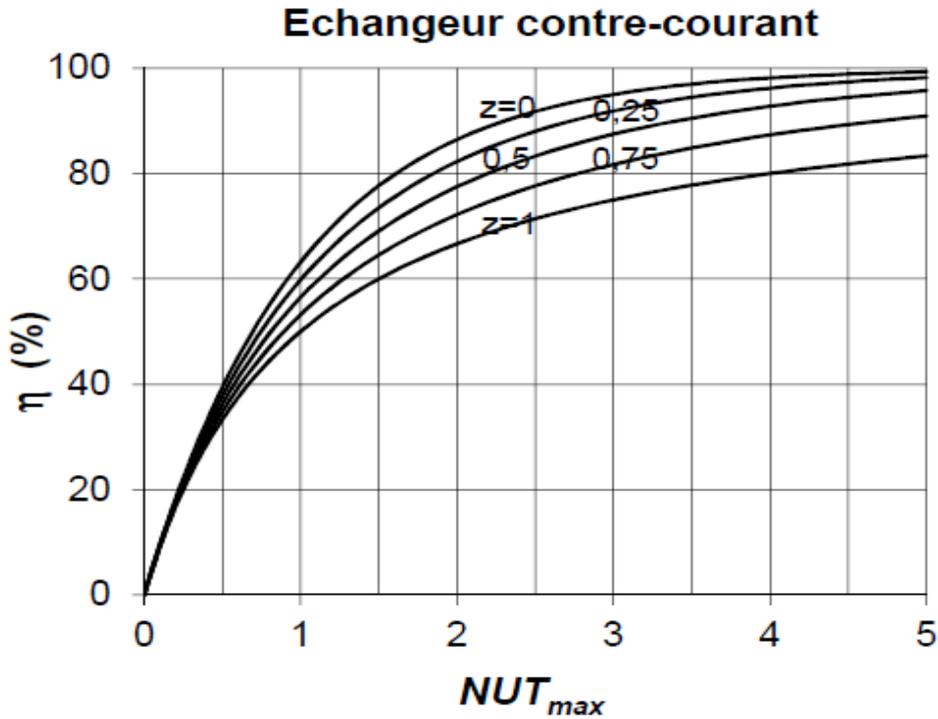


Figure IV.4 Tableau $NUT = f(Ec)$ pour l'échangeur a contre courant [13].

✚ 2eme cas Echangeur à courant croisé :

$$NUT = \frac{1}{Z-1} * \frac{\ln(Ec-1)}{Z*Ec-1}$$

- Débit d'air 0.427 kg/s, débit chaud 14l/min, $Z = 0.24$. $Ec = 29.26 \%$

$$NUT = \frac{1}{0.24-1} * \ln\left(\frac{(0.2926-1)}{0.24*0.2926-1}\right) = 0.36$$

- Débit d'air 0.267 kg/s, débit chaud 18l/min $Z = 0.24$. $Ec = 24.13 \%$

$$NUT = \frac{1}{0.24-1} * \ln\left(\frac{(0.2413-1)}{0.24*0.2413-1}\right) = 0.28$$

- Débit d'air 0.14 kg/s, débit chaud 20l/min $Z = 0.24$. $Ec = 28.67 \%$

$$NUT = \frac{1}{0.24-1} * \ln\left(\frac{(0.2867-1)}{0.24*0.2867-1}\right) = 0.35$$

IV.5.2.3 Calcule le coefficient global thermique :

$$NUT = \frac{U*S}{C \min} \Rightarrow U = \frac{NUT*C \min}{S}$$



1^{er} Cas échangeur à plaque :

- co-courant :

- Débit froid 0.029kg/s débit chaud 18l/min .NUT=1.15

$$U = \frac{1.15 \cdot 4180 \cdot 0.029}{0.7545} = 184.76 \text{ W/m}^2 \cdot \text{k}$$

- Débit froid 0.037kg/s débit chaud 14l/min . NUT= 0.8

$$U = \frac{0.8 \cdot 4180 \cdot 0.037}{0.7545} = 163.99 \text{ W/m}^2 \cdot \text{k}$$

- contre courant :

Débit froid 0.029kg/s débit chaud 14l/min .NUT=3.92

$$U = \frac{4.36 \cdot 4180 \cdot 0.029}{0.7545} = 700.48 \text{ W/m}^2 \cdot \text{k}$$

- Débit froid 0.037kg/s débit chaud 18l/min .NUT= 2.71

$$U = \frac{3.08 \cdot 4180 \cdot 0.037}{0.7545} = 631.35 \text{ W/m}^2 \cdot \text{k}$$

- Débit froid 0.061kg/s débit chaud 20l/min .NUT=6.82

$$U = \frac{1.96 \cdot 4180 \cdot 0.061}{0.7545} = 662.37 \text{ W/m}^2 \cdot \text{k}$$



2eme cas échangeur à courant croisé :

- Débit d'air 0.427 kg/s, débit chaud 14l/min NUT= 0.36, Cp= 1006 J/kg*K, S=3.56m²

$$U = \frac{0.36 \cdot 1006 \cdot 0.427}{3.56} = 43.44 \text{ W/m}^2 \cdot \text{k}$$

- Débit d'air 0.267 kg/s, débit chaud 18l/min Cp= 1006 J/kg*K, NUT=0.28

$$U = \frac{0.28 \cdot 1006 \cdot 0.267}{3.56} = 21.13 \text{ W/m}^2 \cdot \text{k}$$

- Débit d'air 0.14 kg/s, débit chaud 20l/min Cp= 1006J/kg*k NUT= 0.35

$$U = \frac{0.35 \cdot 1006 \cdot 0.14}{3.56} = 13.85 \text{ W/m}^2 \cdot \text{k}$$



Conclusion :

Deux systèmes de transfert de chaleur ont été utilisés pour une comparaison de l'efficacité de l'échange, en installant un échangeur à courant croisés et un échangeur à plaque, nous avons montré la performance de l'échangeur à plaque par rapport à l'échangeur de courant croisé de même pour le même échangeur à plaques nous avons utilisés deux circuits l'un à contre courant et l'autre à co-courant , et nous avons montré la performance du système à contre courant par rapport à l'autre.

Nous avons estimé le coefficient global de transfert de chaleur par deux méthodes DTLM et NUT, les résultats trouvés se concordent.

Le système mis en place à savoir le banc d'essai nous a permis d'étudier les échangeurs de chaleur, il a donné des résultats probants, il permettra aux étudiants de Master Energétique de faire les TP dans le laboratoire d'Energétique , certes ce banc necessite des améliorations, que nous laissons le soins aux futurs étudiants d'apporter des perfectionnement pour une meilleur prise en charge.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

La cherté et la demande d'énergie ne cessent de constituer un souci majeur pour l'homme en plus des problèmes écologiques qui menacent la vie sur la planète. Dans ce mémoire, nous avons faits une recherche sur les échangeurs de chaleurs et les performances thermo-énergétiques des échangeurs de chaleur. On s'intéresse dans cette étude aux échangeurs à plaque et échangeur courant croisé qui sont très utilisés dans le domaine énergétique.

L'objectif de ce travail c'est réalisé un banc d'essai pédagogique de centre université Belhadj bouchaib

L'échangeur de chaleur a été divisé en trois sections égales afin de permettre l'examen des températures du courant intermédiaire. Des thermocouples captent les températures du courant aux quatre stations et les températures du mur à l'entrée et à la sortie. L'échangeur de chaleur a plaque eau/eau et l'échangeur a courant croisé a été conçu pour obtenir des résultats quantitatifs concernant les coefficients de transferts thermiques de surface et globaux D'un échangeur.

Dans la partie calculs nous avons calculé le coefficient global avec deux méthode. Méthode de DTLM et méthode de NUT et on a remarqué que la méthode de DTLM c'est plus utile et nous donne dé résultat raisonnable.

Référence :

[1] : TAOURIT FARIDA Master en Génie Energétique thème ETUDE DU COMPORTEMENT DYNAMIQUE ET THERMIQUE DE DEUX ECOULEMENTS DU FLUIDE DANS UN ECHANGEUR DE CHALEUR (COMPARAISON ENTRE LE CAS SIMPLE ET LE CAS AVEC AILETTES)

[2] : André BONTEMPS, Alain GARRIGUE, Charles GOUBIER, Jacques HUETZ, Christophe MARVILLET, Pierre MERCIER, Roland VIDIL, « Description des échangeurs » Technique de l'ingénieur [B 2 341].

[3] : Adil Ridha, « Transfert de Chaleur et de Masse », Université de Caen (2009/2010).

[4] : A.MENIDJEL, « Exploitation des échangeurs à faisceaux et calandre », I.AP/ SPA. SKIKDA (2009).

[5] : François-D. Vuataz, « Centre de recherche en géothermie », Neuchâtel, Martigny (2008).

[6] : www.alfalaval.com.

[7] : www.gea-phe.com.

[8] : VITHERM sas, « Échangeur de chaleur à plaques jointées», VT-MAN 1003 France (2005).

[9].wikipédia.

[10].fiche technique chaudière HL350

[11]. Fiche technique VDAS

[12] : André BONTEMPS, Alain GARRIGUE, Charles GOUBIER, Jacques HUETZ, Christophe MARVILLET, Pierre MERCIER, Roland VIDIL, « Dimensionnement thermique » l'ingénieur [B 2 342].

[13]: Ecole des mines de nancy 2^{ème} année département EPT

Résumé :

La cherté et la demande d'énergie ne cessent de constituer un souci majeur pour l'homme en plus des problèmes écologiques qui menacent la vie sur la planète. Dans ce mémoire, nous avons étudié les performances thermo-énergétiques d'un échangeur de chaleur à plaques et échangeur à courant croisé qui est très utilisé pour le domaine mécanique. L'objectif de cette étude et de réalisé un banc d'essai pédagogique de laboratoire de (C.U.B.B) et consiste à dimensionner l'échangeur de chaleur à plaques et à courant croisé par deux méthodes de calcul, la première avec la méthode de DTLM et la deuxième méthode de NUT.

Summary

High cost and demand for energy continue to be a major concern humans in addition to the ecological problems that threaten life on the planet. In this paper, we have studied the thermo-energetic performances of a plate heat exchanger and cross-flow exchanger which is widely used for the mechanical field. The objective of this study and realized a laboratory test bench of (CUBB) and consists of dimensioning the plate heat exchanger and crossed current by two calculation methods, the first with the method of DTLM and The second method of NUT

ملخص

التكلفة العالية والطلب على الطاقة لا تزال تشكل مصدر قلق كبير بالنسبة للبشر، بالإضافة إلى المشاكل البيئية التي تهدد الحياة على كوكب الأرض. درستنا تستخدم أداء الطاقة الحرارية مبادلة لوحة الحرارة والمبادلات عبر تدفق الحقل و حجم المبادلات الحرارية. الهدف من هذه الدراسة هي تحقيق مواد تجريبية لمخبر المركز الجامعي بلحاج بوشعيب بعين تموشنت إضافة الى القيام بحساب المبادل الحرارية بطريقتين مختلفتين

