REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA

Faculté de Technologie

Mémoire de fin d'étude

pour l'obtention du diplôme de master en

Génie mécanique

COMPORTEMENT MECANIQUE ET THERMIQUE DES ECHANGEURS DE CHALEUR EN PRESENCE DES DEFLECTEURS ROTATIFS.

Etudié par : BOUBEKEUR Nour El Houda — **G, climatique**
KAABOUB Yousra — **G, Énergétique**

Proposé par :

pr. ZIRARI Mounir

Dr. LABBADLIAOmar

ANNEE UNIVERSITAIRE

2023/2024

Remerciement

Nous remercions en premier notre Dieu tout puissant « ALLAH » de nous avoir donner la force d’arriver à notre but, de nous avoir permis et aider à accomplir ce travail.

Nous remercions Pr. ZIRARI Mounir etDr. LABBADLIA Omar d’avoir accepté de diriger ce travail.Merci aux membres de jury qui ont accepté le verdict sur cette œuvre.

Nous remercions également tous les enseignants du département Génie mécanique, tous les enseignants de spécialité Génie climatique et énergétique et tous les enseignants de notre faculté de technologie.

Sans oublier de remercier tous les enseignants qui nous ont aidé à traverser notre parcours de primaire jusqu’ici.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à tous les membres de ma famille à ma raine et à mon paradis.

A ma source de bonheur et à ma force de ma vie,mes plus grands amours et les plus chères personnesà mon cœuraprès Allah et son prophète, aux prunelles de mes yeux : Mes chèresparents qui ont toujours veillés sur nous et surnotre avenir ma mère et mon papa.

A mes sœurs, mon frère et tous les membres de sa famille, et à toutela famille BOUBEKEUR et la familier REFSI et mon marie et sa famille, tous mes amis etmon binôme ; Àtous ce qui m'ont aidé même si par un petit souhait pour que je finalise ce travail.

BOUBEKEUR Nour El Houda

Dédicace

Jedédie ce mémoire de fin d'étude a ma famille, quim'a doté d'une éducation digne de ce que je suis aujourd'hui ;

A mon paradis, à la prunelle de mes yeux, à la source de ma vie ma lune et le fil d'espoir qui allumer mon chemin ma moitie maman ;

A mon support qui était toujours à mes côtés pour me soutenir et m'encourager, à mon prince papa ;

Ames frère Ibrahim et Mohamed et leurs femme M et H ,à ma sœur A et son mariA ; àma sœurSouad quia partagéavec moi tous les moments d'émotion lors de la réalisation de mes études et ce travail ;á mes petitsneveux et nièces.

Bien sûr, à mon fiancé DINE Taher, ma belle-mère, mon beau-père, mes beaux-frères et belles sœurs.

A ma proche amie : Roumaissa, sans oublierma chère amie et mon binôme Nour alhouda.

KAABOUB Yousra

Résumé

Dans les sociétés industrielles, l'échangeur de chaleur est un élément essentiel de toute politique de maitrise de l'énergie et par conséquence, de protection de l environnement. Notre travail est essentiellement sur l'étude des phénomènes dont les domaines de calcul numérique des échangeurs a plaque nous avons utilisés les déflecteurs de plusieurs position et des palles en rotation pour produire des circulations d'écoulement en utilisant la discrétisation par élément finis .On distingue que la configuration géométrique influe sur l'échangeur de chaleur en améliorant les échangeurs thermiques ainsi que les déflecteurs perturbent l'écoulement en augmentant la largeur des couches limites par conséquent favoriser l'échange thermique ; pour ce faire nous proposant une méthode de résolution CFD basé sur l'interaction fluide structure (FSI).Nous avons constaté que l'utilisation de déflecteur permet une meilleure répartition de la chaleur et une augmentation de la surface d'échange thermique. Cela se traduit par un meilleur transfert de chaleur entre les fluides, ce qui améliore l'efficacité globale de l'échange de chaleur et réduit les pertes de charge .

Mots clés :

Echangeur de chaleur à plaques, déflecteur,palle

الملخص

في المجتمعات الصناعية يعد المبادل الحراري عنصر أساسيا في أي سياسة لإدارة الطاقة وبالتالي حماية البيئة أن عملنا يرتكز بشكل أساسي على دراسة الظواهر التي تحتوي مجالات الحساب الرقمي للمبادلات على ألواح استخدمنا فيها الحواجز من عدة مواضع و شفرات دوار نية لإنتاج دورات تدفق باستخدام تمييز العناصر المحدودة يمكننا أن نرى أن التكوين الهندسي يؤثر على المبادل الحراري عن طريق تحسين المبادلات الحرارية و كذلك الحواجز تعطل التدفق و , بالتالي تعزيز الحرارة ولكن العيب الوحيد الذي ينتج عن ذلك هو زيادة معامل الاحتكاك؛وبالتالي، نقترح دراسة تأثير المحاكاة العددية التي تعتمد تفاعل هيكل السائل . ولهذا الغرض، نقترح طريقة يسمح بتوزيع أفضل للحرارة وزيادة في سطح التبادل الحراري و ينتج عن هذا نقل أفضل للحرارة بين لسوائل ،مما يحسن الكفاءة الكلية للتبادل الحراري ،ويقلل من انخفاض الضغط .

الكلمات المفتاحية :

،مبادل حرارة، حاجز مرن ، كفاءة، حرارة،محاكاة عددية.

Abstract:

In industrial companies , the heat exchanger is an essential element of any policy of energy Control and therefore of environmental protection. Our work is mainly on the study of phenomena including numerical calculation , plate exchangers by several geometric configurations, without and with deflectors to produce flow flows using finite element discretization .we can see that the geometric configuration influences the the heat exchanger as well as the deflectors disrupt the flow by increasing the width of the boundary layers therefore promoting heat exchange to do this proposing a CFD resolution method based on fluid structure interaction FSI, we have found that the use of a deflector also blade allows better heat distribution and an increase in the heat exchange surface .this results in better heat transfer between fluid ;witch improves overall heat exchange efficiency and reduces pressure losses .

Keywords: Plate heat exchangers, baffle, Blade,

Nomenclature

A : Surface d'échange [m²]

ṁ :Débit massique [kg/s]

C_P : La chaleur spécifique à pression constante [J/kg K]

T : Température [K]

R : Résistance thermique [K/W]

H : Coefficient moyen d'échange convectif [W/m².K]

L : Longueur du tube [m]

U : Coefficient d'échange global [W/m².K]

Re : Le nombre de Reynolds

Q : Flux thermique [W]

D : Dimension caractéristique de la conduite [m]

T : Le temps [s]

P : La pression [Pa]

V : la vitesse [m/s]

x, y, z : Coordonnées cartésiennes [m]

r : coordonnée radiale [m]

Symboles Grecs

λ : La conductivité thermique [W/m K]

β : coefficient de dilatation thermique [1/K]

φ:Fraction volumique

μ : La viscosité dynamique [kg/m s]

υ : La viscosité cinématique [m2/s]

ρ : La masse volumique du fluide [kg/m3]

ε :l’émissivité de la surface

SOMAIRE :

Chapitre 1 :Généralités sur les échangeur de chaleur 3

1.1 Introduction 4
1.2 Définition 4
1.3 Description 5
1.4 Principe de fonctionnement 5
1.5 Principaux modes d'écoulement des deux fluides 6
1.5.1 ÀCo-courant (ou échangeur anti-méthodique) 6
1.6 Critères de classement des échangeurs 8
1.6.1 Classement technologique 8
1.6.2 Classement suivant le mode de transfert de chaleur 8
1.6.3 Classement suivant le procédé de transfert de chaleur 8
1.6.4 Classement fonctionnel 9
1.6.5 Classement suivant la compacité de l'échangeur 9
1.6.6 Classement suivant la nature du matériau de la paroi d'échange 9
1.7 Différents types d'échangeurs de chaleur 9
1.7.1 Les échangeurs tubulaires 9
1.7.2 Les échangeurs à plaques 11
1.7.3 Autres types d'échangeurs 13
1.8 Rappels et calcul des échangeurs 17
1.8.1 Calorimétrie 17
1.8.2 Notion de débit : 17
1.8.3 Puissances 18
1.8.4 Méthode de l'écart de température logarithmique moyen 18
1.9 Méthode de NUT : 19
1.10 Les avantages et les incontinents de types : 19
1.10.1 L'encrassement 22
1.10.2 1.11.1Définition de l'encrassement 22
1.10.3 Classification de l'encrassement 23
1.10.4 Encrassement particulaire 23
1.10.5 Corrosion 23
1.10.6 Entartrage 24
1.10.7 L'encrassement biologique 24
1.10.8 Encrassement par réaction chimique 24
1.10.9 Encrassement par solidification 25

1.10.10 L'encrassement par dépôt 25
1.10.11 Conséquences de l'encrassement 25
1.11 Nettoyage de l'échangeur 26
1.11.1 a. Nettoyage mécanique 26
1.11.2 b. Nettoyage chimique 26
1.12 Conclusion 27
Chapitre 2 :l'état de l'art 28
2 Etat de l'art : 29
3 L'objet de l'étude : 31
Chapitre 03 : modélisation mathémathéque 32
3.1 Introduction 33
3.2 Les modes de transfert de chaleur 33
3.3 équations mathématiques 33
3.3.1 Équation de continuité : 33
3.3.2 Équation de Navier- stokes : 34
3.3.3 La décomposition de Reynolds (statique) : 34
3.3.4 Équations de conservation de l'énergie [21] : 35
3.3.5 équations de conservation de quantité de mouvement [21] : 35
3.3.6 Les équations des mouvements moyens : 36
4 Conclusion 37
Chapitre 04 :Discrétisation 38
Discrétisation 38
4.1 Méthodes de discrétisation 39
4.2.1Méthode des différences finies : 39
4.2.2Méthode des volumes finis : 39
4.2.3Méthode des éléments finis : 40
4.2 Choix d'un maillage : 40
4.3 Discrétisation de l'équation de chaleur par élément fini : 41
4 .4.1 Bilan Thermique : 41
A/- Equation De Chaleur : 41
B /Forme discrétisée : 42
1/Eléments finis : 42
4.4 la méthode de discrétisation : 42
4.5 Présentation du code APDL : 42
5 Chapitre 05 : Résultat et discussions 44

5.2 Identification : 45
5 . 3 lés étapes de notre travailles : 45
5.3.1la géométrie : 45

5.5 interprétation des résultats : 47
5.5.1 Champ de température : 47
5.5.2 Champ de pression : 49
5.1 5.5.3 Champ de vitesse : 50
5.2 Echangeur de chaleur avec une palle : 53
5.2.1 Champ de temperature : 53
5.2.2 Champ de preession : 53
5.2.3 Champ de vitesse : 54

Liste des figures

Figure (1 .1) .un échangeur de chaleur.....4
Figure (1. 2).échangeur de chaleur image réelle dans l'industrie. 5
Figure (1 . 3) Evolution qualitative des température un échangeur tubulaire ou à plaques..7
Figure (1.4) Evolution qualitative des températures dans un échangeur tubulaire contre courantÀ contre-courant (on échangeur méthodique). 7
Figure(1 . 5)croquis de principe figurant un échange de chaleur méthodique et anti méthodique 8
Figure (1.6) les différents types d'échangeur tubulaires. 11
Figure (1.7) Différentes géométries de plaques d'échangeur à surface primaire 13
Figure (1. 8) échangeur à plaques et joints. 14
Figure (1.9) évaporateurs (schémas de principe). 15
Figure (1.10) condenseurs (schémas de principe).....16
Figure (1.12)elément d'échangeur de longueur dx 18
Figure (1 . 13) échangeur à plaque.....19
Figure (1 . 14) echangeur tube u 20
Figure (1.15) échangeur spirale 21
Figure (1.16) échangeur tubulaire verticale 21
Figure(1. 17) échangeur à ailettes. 22
Figure (1 .18) encrassement de plaque.....26
Figure (5.6) distribution de champ de la pression dans les long de les échangeurs.....50
Figure (5.7) la représentation graphique de la variation du profil de la pression en fonction de la largeur (x) du canal 50
Figure(5.11) profiles et distribution de champ de temperature dans un échangeur avec un pall.....53
Figure (5.13) profiles et distribution de champ de vitesse dans un échangeur avec un palle. 54
Figure (5.17) distribution de champ de température dans un échangeur 55
Figure (5.19) profile**s** et distribution de champ de vitesse dans un échangeur avec un palle 57

Liste de tableau

Tableau (1 .1) avantage ,inconvénient et fluide de travail de l'échangeur a plaques. 20

Tableau (1 .2) avantage ,inconvénient et fluide de travail de l'échangeur tube u 20

Tableau (1 .3) avantage ,inconvénient et fluide de travail de l'échangeur spirale 21

Tableau (1 .4)avantage,inconvénient et fluid ede travail de l'échangeur tubulaire verticale 21

Tableau (1 .5) avantage inconvénient et fluide de travail de l'échangeur à ailettes 22

Introduction générale

Les échangeurs de chaleur sont des dispositifs très utilisée dans l'industrie [1, 2]. La synthèse et l'analyse des réseaux de l'échangeur de chaleur posent des questions de grand intérêt industriel dû aux possibilités de diminuer les coûts d'usine, par la réduction de la consommation d'utilités et/ou le nombre d'équipements, dans une conception de base ou une adaptation ultérieure à un réseau existant [3-4]. Son importance est également en augmentation à cause de l'augmentation des coûts de l'énergie, il est de plus en plus indispensable d'optimiser le coût global des procédés industriels. Dans les sociétés industrielles, l'échangeur de chaleur est un élément essentiel de toute politique de maîtrise de l'énergie. Une grande part (90 %) de l'énergie thermique utilisée dans les procédés industriels transite au moins une fois par un échangeur de chaleur, aussi bien dans les procédés eux-mêmes que dans les systèmes de récupération de l'énergie thermique de ces procédés. Au cours du quart de siècle passé, l'importance des échangeurs de chaleur a augmenté énormément du point de vue de la conservation de l'énergie, la conversion, la récupération et la mise en œuvre réussie des nouvelles sources d'énergie. En effet, une grande part de l'énergie utilisée dans les différents secteurs transite en point de vue des préoccupations environnementales telles que la pollution thermique, la pollution atmosphérique, la pollution de l'eau et l'élimination des déchets. De nombreux types d'échangeurs de chaleur sont employés dans divers types d'installations, ils sont utilisés principalement dans les secteurs de l'industrie (chimie, pétrochimie, sidérurgie, agroalimentaire, production d'énergie, etc.), du transport (automobile, aéronautique), dans le secteur résidentiel et tertiaire (chauffage, climatisation, etc.), tout en étant des éléments clés de nombreux produits industriels disponibles sur le marché. D'un point de vue pédagogique, les échangeurs de chaleur illustrent d'une manière ou d'une autre la plupart des principes fondamentaux des sciences thermiques, servant ainsi un excellent moyen pour l'examen et l'application, aux lignes directrices pour les études universitaires. Le choix d'un échangeur de chaleur, pour une application donnée, dépend de nombreux paramètres : domaine de température et de pression des fluides, propriétés physiques et agressivité de ces fluides, maintenance et encombrement. Il est évident que le fait de disposer d'un échangeur bien adapté, bien dimensionné, bien réalisé et bien utilisé permet un gain de rendement et d'énergie des procédés. Parmi les nombreux types d'échangeurs de chaleur, les échangeurs de chaleur tubulaires sont le type le plus couramment utilisé. Selon les références, plus de 35-40% du nombre total d'échangeurs de chaleur sont de type tubulaire en raison de leur construction robuste géométrique facile d'entretien et de mise à jour possible [5]. En dépit de l'acceptation industrielle répandue de l'échangeur à faisceau tubulaire, il y a des domaines où des améliorations qui sont nécessaires

à leur exécution. Les déflecteurs sont des éléments intégrés aux échangeurs à plaques de chaleur pour améliorer le transfert de chaleur en perturbant l'écoulement des fluides. Ils permettent d'augmenter la turbulence et de favoriser un échange de chaleur plus efficace entre les plaques. Cependant, l'introduction de déflecteurs peut également entraîner une augmentation du coefficient de frottement et une perte de charge supplémentaire.

Dans cette étude, nous nous intéressons à l'analyse du comportement conjugué des échangeurs de chaleur en présence de déflecteurs. L'objectif est de comprendre comment ces déflecteurs influencent à la fois le transfert de chaleur et les caractéristiques de l'écoulement des fluides à l'intérieur de l'échangeur. Nous examinons notamment l'efficacité énergétique, le coefficient de frottement, la perte de charge et d'autres paramètres pertinents.

Dansle 1er chapitre, on parle de quelques généralités sur les échangeurs de chaleur et les principaux modes d'écoulement de deux fluides

Dansle 2^{éme} chapitre on parle un peu de l'état de l'art des échangeurs de chaleur et parle la suite on définit l'objective de cette étude.

Dans le 3ème chapitre, on parle de la modélisation mathématique en traitant les équations de continuité, Navier stokes, la décomposition de Reynold, conservation d'énergie et de mouvement moyenne

Dans le 4^{éme} chapitre,on parle du code APDL elles méthodes de discrétisation des équations.

Finalement dans le 5^{éme} chapitre, ondiscute les résultats de la simulation et on termine par les comparerafin d'obtenirla meilleure configuration pour avoir un transfert thermique optimale. Puis on clôture notre travail par une conclusion générale.

Chapitre 1 : Généralités sur les échangeurs de chaleur

Chapitre I : Généralités sur les échangeurs de chaleur

1.1 Introduction

Les échangeurs de chaleur sont des dispositifs qui permettent le transfert d'énergie thermique entre deux fluides. Ils représentent des instruments clefs dans un champ d'applications très large. Leur fonction principale est soit de réaliser une économie d'énergie, soit de s'intégrer activement dans une chaine de processus énergétiques où l'énergie thermique joue un rôle important. Le choix d'un échangeur de chaleur, pour une application donnée, dépend de nombreux paramètres : domaine de température et de pression des fluides, propriétés physiques et agressivité de ces fluides, maintenance et encombrement. Il est évident que le fait de disposer d'un échangeur bien adapté, bien dimensionné, bien réalisé et bien utilisé permet un gain de rendement et d'énergie des procédés.

1.2 Définition

Un échangeur de chaleur est un appareil de transfert de chaleur qui est utilisé pour le transfert de l'énergie thermique interne entre deux ou plusieurs fluides à des températures différentes. Dans la plupart des échangeurs, les fluides sont séparés par une surface de transfert de chaleur, et, idéalement, ils ne se mélangent pas. Les échangeurs pétrole, du transport, de la climatisation, de la réfrigération, de la cryogénie, de la récupération de chaleur, des carburants alternatifs, et d'autres industries. Des exemples courants d'échangeurs de chaleur qui nous sont familiers : les radiateurs d'automobiles, les condenseurs, les évaporateurs, les réchauffeurs d'air et refroidisseurs d'huile. [6]

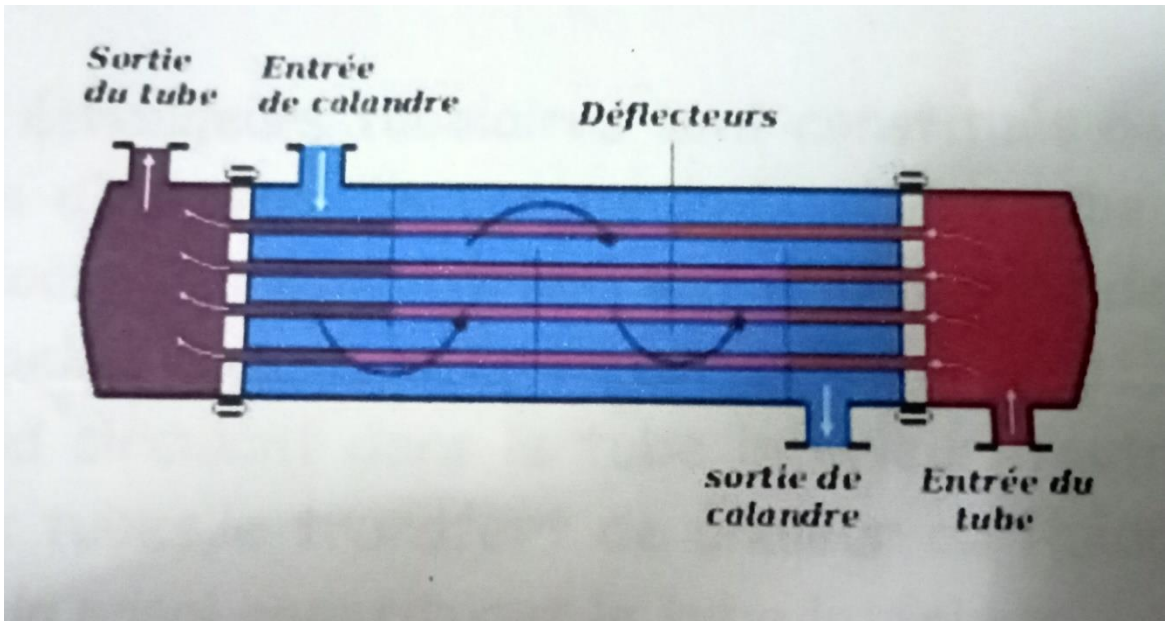


Figure 1.1 Echangeur de chaleur[6].

1.3 Description

Un échangeur peut être considéré comme une boite réalisant un transfert thermique et constitue de deux entrées et deux sorties : l'entrée et la sortie du fluide chaud et l'entrée et la sortie du fluide froid. On trouve dans le domaine des échangeurs thermiques diverses technologies permettant ce transfert thermique. Dans la plupart des cas, les échangeurs utilisent les 3 modes de transfert thermique, c'est-à-dire par conduction, par convection et par rayonnement électromagnétique



Figure1.2 Echangeur de chaleur image réelle dans l'industrie[6].

1.4 Principe de fonctionnement

Le principe le plus général consiste à faire circuler deux fluides à travers des conduits qui les mettent en contact thermique. De manière générale, les deux fluides sont mis en contact thermique à travers une paroi qui est le plus souvent métallique ce qui favorise les échanges de chaleur. On a en général un fluide chaud qui cède de la chaleur à un fluide froid. En d'autres termes, le fluide chaud se refroidit au contact du fluide froid et le fluide froid se réchauffe au contact du fluide froid. Les deux fluides échangent de la chaleur à travers la paroi d'où le nom de l'appareil. Le principe général est simple mais il donne lieu à un grand nombre de réalisations différentes selon la configuration géométrique. Le principal problème consiste à définir une surface d'échange suffisante entre les deux fluides pour transférer la quantité de chaleur nécessaire avec une configuration donnée. La quantité de chaleur transférée dépend de la surface d'échange Chapitre 1 Généralité sur les échangeurs de chaleur 19 entre les deux fluides mais aussi de nombreux autres paramètres ce qui rend une étude précise de ces appareils assez complexes. Les flux de

chaleur transférés vont aussi dépendre des températures d'entrée et des caractéristiques thermiques des fluides (chaleur spécifique, conductivité thermique) des fluides ainsi que des coefficients d'échange par convection. Ce dernier paramètre dépend fortement de la configuration des écoulements et une étude précise doit nécessairement faire appel à la mécanique des fluides [7].

1.5 Principaux modes d'écoulement des deux fluides

Il existe plusieurs types d'échangeurs de chaleur :

1.5.1 ÀCo-courant (ou échangeur anti-méthodique)

Les deux fluides sont disposés parallèlement et vont dans le même sens. Dans un échangeur anti méthodique la température de sortie du fluide froid est nécessairement moins élevée que la température de sortie du fluide chaud

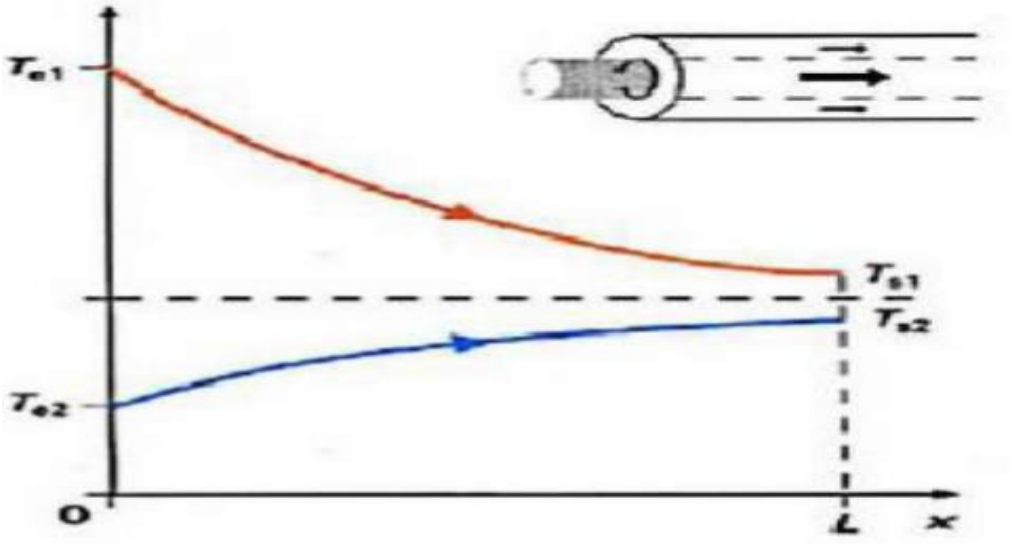


Figure 1.3 Evolution qualitative des température un échangeur tubulaire ou à plaques co Corant[7].

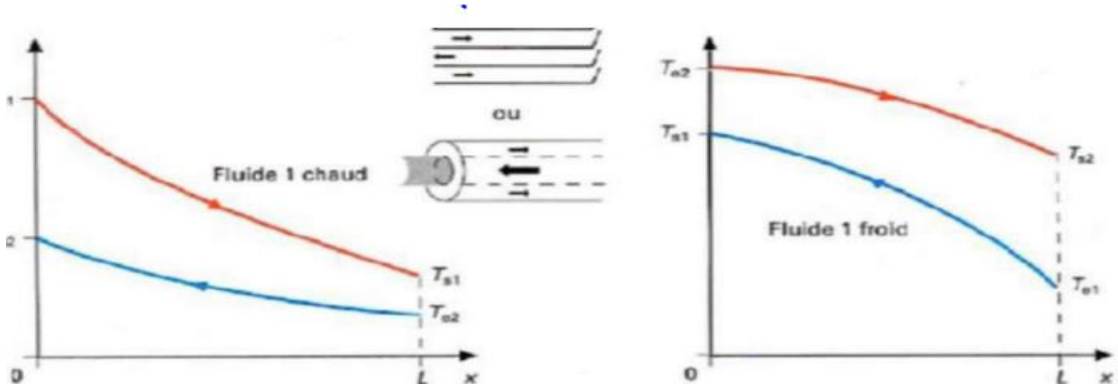


Figure 1.4 Evolution qualitative des températures dans un échangeur tubulaire contre courantÀ contre-courant (on échangeurméthodique).

Idem, mais les courants vont dans des sens opposés. Dans un échangeur méthodique, le coefficient d'échange est sensiblement supérieur à celui d'un échangeur anti-méthodique et la température de sortie dufluide froid peut être plus élevée que la température de sortie du fluide chaud**.**

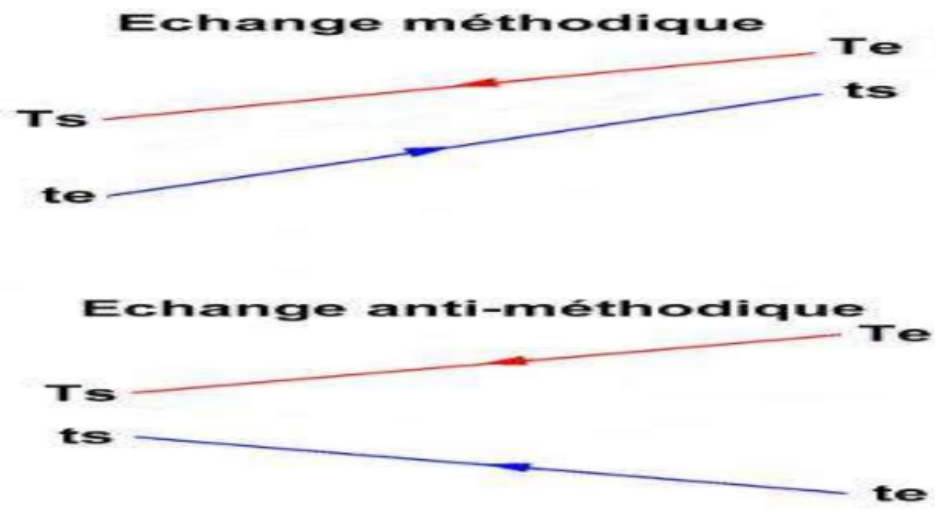


Figure1.5 Croquis de principe figurant un échange de chaleur méthodique et anti méthodique[7].

1.6 Critères de classement des échangeurs

Il existe plusieurs critères de classement des types d'échangeurs. Les principaux sont [6-8]

1.6.1 Classement technologique

Les principaux types d'échangeurs rencontrés sont les suivants : - A tubes : monotubes, coaxiaux ou multitubulaires ; - A plaques : à surface primaire ou à surface secondaire ; - Autres types : contact direct, à caloducs ou à lit fluidisé.

1.6.2 Classement suivant le mode de transfert de chaleur

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

1.6.3 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.

1.6.4 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. Chapitre 1 Généralité sur les échangeurs de chaleur 20

1.6.5 Classement suivant la compacité de l'échangeur

La compacité est définie par le rapport de l'aire de la surface d'échange au volume de l'échangeur, R.K. Shah [9] propose qu'un échangeur soit considéré comme compact si sa compacité est supérieure à 700 m2 /m3 ; cette valeur est susceptible de varier de 500 à 800 m2 /m3

1.6.6 Classement suivant la nature du matériau de la paroi d'échange

On retiendra deux types de paroi : - Les échangeurs métalliques en acier, cuivre, aluminium ou matériaux spéciaux : superalliages, métaux ou alliages réfractaires ; - Les échangeurs non métalliques en plastique, céramique, graphite, verre, etc. Le choix d'un échangeur de chaleur pour une application donnée dépend de nombreux paramètres : les propriétés physiques des fluides, leur agressivité, les températures ainsi que les pressions de service. Les contraintes d'encombrement et de maintenance doivent aussi être prises en compte, ainsi que les considérations économiques.

1.7 Différents types d'échangeurs de chaleur

Les principaux types d'échangeurs de chaleur rencontrés sont les suivants : - Les échangeurs tubulaires ; - Les échangeurs à plaques ; Compte-tenu des diverses applications dans lesquelles interviennent les échangeurs de chaleur, de leurs développements et des nombreux critères de classement (cités ci-dessus), nous n'avons pas ici, la prétention de fournir une liste exhaustive des différentes configurations existantes.

1.7.1 Les échangeurs tubulaires

Les échangeurs tubulaires représentent encore près de la moitié des échangeurs thermiques vendus. Ils présentent un certain nombre d'avantages : en particulier ils sont faciles à fabriquer, relativement bon marché, de maintenance aisée et surtout ils peuvent être utilisés à des pressions élevées et à de fortes températures. Leur robustesse et leur fiabilité contrebalancent leur encombrement. On distingue, le plus souvent, trois catégories :

• Les échangeurs monotubes pour lesquels le tube est placé dans un réservoir (figure 1.6.a) ;

• Les échangeurs coaxiaux pour lesquels les tubes sont le plus souvent cintrés (figure 1.6.b) ;

• Les échangeurs multitubulaires qui existent sous 4 formes : I. Les échangeurs à tubes séparés (figure 1.6. c) : à l'intérieur d'un tube de diamètre suffisant se trouvent placés plusieurs tubes de petit diamètre maintenus écartés par des entretoises. Les échangeurs à tubes rapprochés (figure 1.6.d): les tubes s'appuient les uns sur les autres par l'intermédiaire de rubans enroulés en spirale autour de certains d'entre eux. III. Les échangeurs à tubes ailettes qui permettent d'améliorer le coefficient d'échange (figure 1.6.e) : lorsque l'un des fluides transitant dans l'échangeur s'avère moins bon caloporteur que l'autre, l'utilisation d'ailettes autour des tubes ou dans les tubes s'impose pour que la résistance thermique globale ne soit pas entièrement due au fluide ayant le plus petit coefficient d'échange thermique. Les ailettes peuvent être disposées de différentes façons : - Les ailettes transversales divisées en deux groupes : les ailettes continues qui sont traversées par plusieurs tubes et qui sont généralement de forme rectangulaire planes ou ondulées, et les ailettes indépendantes qui sont traversées par un seul tube et qui peuvent être annulaires ou hélicoïdales, pleines ou segmentées. Elles peuvent être aussi à fil préformé, poinçonnées ou en brosse. - Les ailettes longitudinales qui sont disposées selon l'axe des tubes et qui peuvent être localement torsadées. IV. Les échangeurs à tubes et calandre (figure 1.6.f) : où la calandre est une enveloppe métallique cylindrique entourant un faisceau de tubes : ils possèdent une boîte de distribution c'est à dire un dispositif qui distribue ou recueille le fluide aux extrémités des tubes. Ils peuvent être à boîte fixe, à boîte flottante, ou à tubes en U avec une boîte à chaque extrémité de l'échangeur. Les tubes peuvent être supportés par des chicanes afin d'augmenter la vitesse du fluide dans la calandre dans le but d'améliorer le coefficient d'échange. Pour cela, un compromis doit être trouvé pour avoir simultanément un coefficient d'échange global et des pertes de charge acceptables [9]

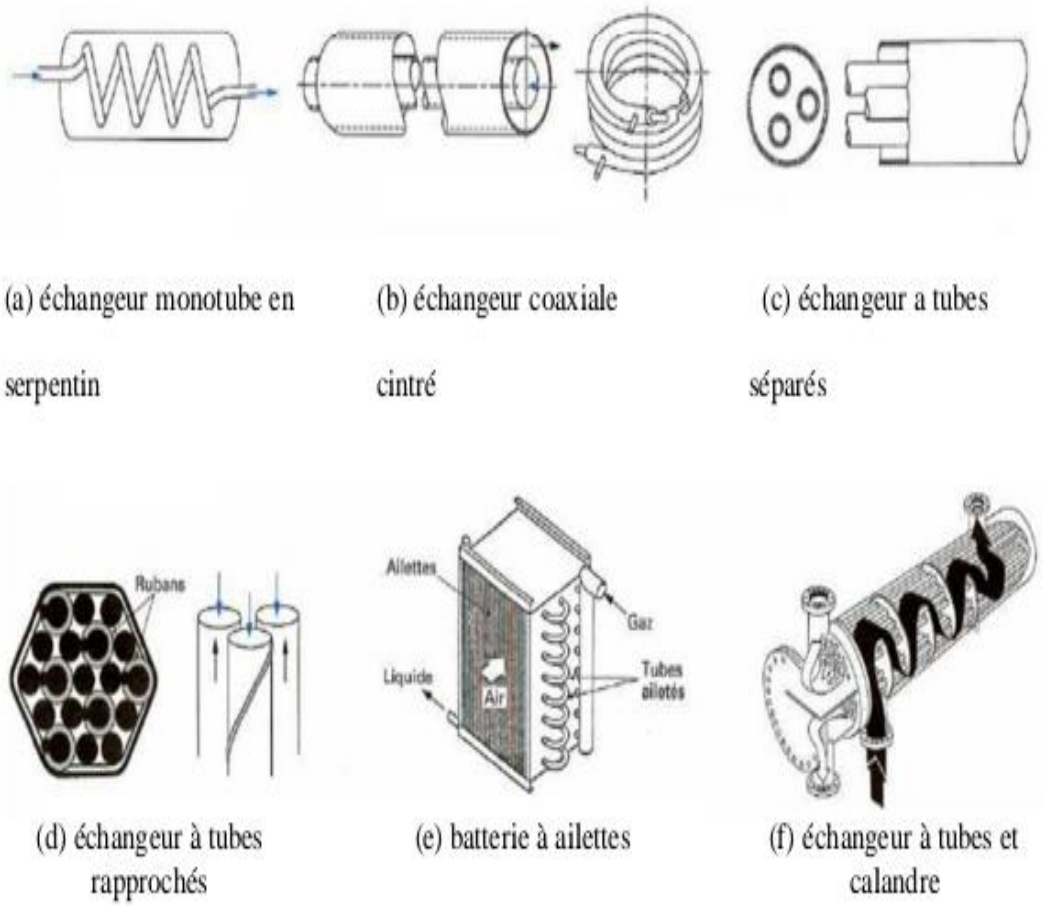


Figure1.6 Les différents types d'échangeur tubulaires[9].

1.7.2 Les échangeurs à plaques

De création plus récente que les échangeurs tubulaires, les échangeurs à plaques ont subi depuis leur création, il y a environ 60 ans, des améliorations substantielles. Ils sont formés par l'empilement d'un ensemble de plaques métalliques embouties (figures 1.7), au travers desquelles s'effectue le transfert de chaleur entre deux fluides. S'ils ne peuvent pas toujours être utilisés pour les températures élevées et les fortes pressions, les échangeurs à plaques bénéficient d'avantages tenant notamment à leur meilleur rendement et à leur compacité. Plusieurs technologies sont en concurrence. La principale, et la plus ancienne, est celle des échangeurs à plaques avec joints (figure 1.8). Un joint par plaque assure l'étanchéité de l'échangeur ainsi que la répartition des fluides dans les canaux formés par deux plaques. Ces échangeurs ne peuvent être utilisés que pour des pressions maximales de 30 bars et des températures maximales de 200 degrés Celsius. D'autres technologies plus récentes permettent de remédier aux inconvénients de l'existence de joints, comme les échangeurs à plaques soudées. Les échangeurs à plaques soudées sont adaptés à l'utilisation de fluides encrassant corrosifs, chauds, sous pression, présentant des débits très différents de part et

d’autre de la surface d’échange. Il existe d’autres échangeurs à plaques dont la diffusion est moins importante tels que les échangeurs à spirales et les échangeurs à plaques brasées. Les échangeurs à plaques brasées sontformés de plaques embouties, mais sans joints, qui forment ainsi un appareil compact et résistant à hautes pressions. Les échangeurs à spirales sont constitués de deux rubans de tôle gaufrée, enroulés et maintenus parallèles et où la circulation du fluide est de type monocanal à courants parallèles ou croisés. Reste encore les échangeurs à plaques serties qui sont constitués d’un assemblage de tôles planes parallèles entre lesquelles sont disposées des ailettes.

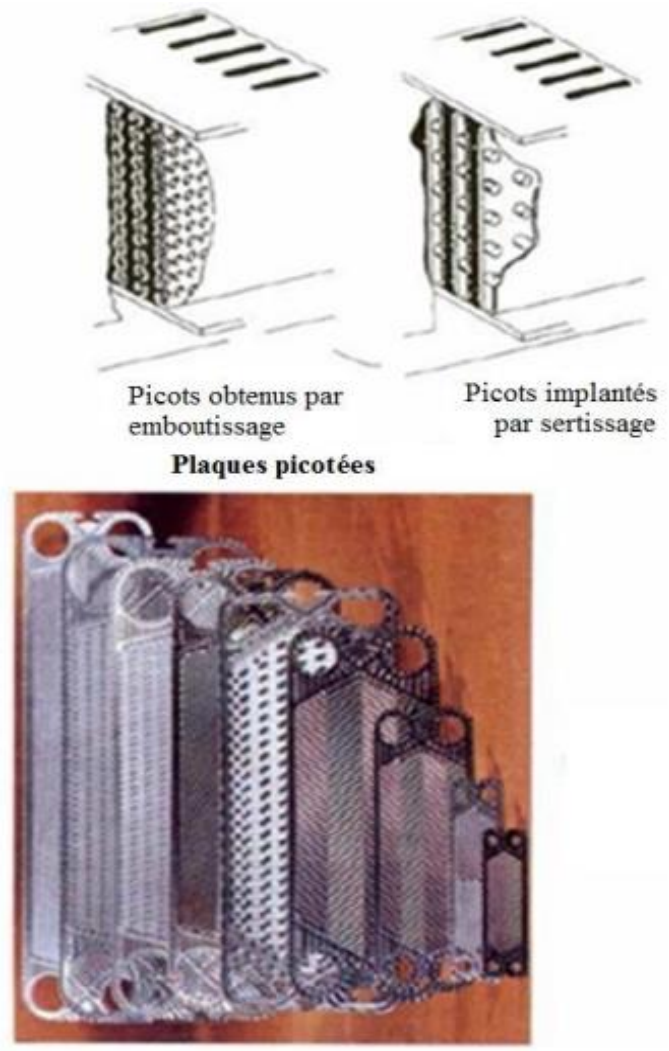


Figure 1.7 Différentes géométries de plaques d'échangeur à surface primaire[9].

1.7.3 Autres types d'échangeurs

Parmi les échangeurs thermiques, il convient également de citer les échangeurs où l'un des deux fluides change de phase. Il s'agit du cas particulier des évaporateurs (figure 1.8) - tubulaires ou à plaques - où le fluide froid passe de l'état liquide à l'état gazeux, et des condenseurs (figure 1.8) - tubulaires ou à plaques - où le fluide chaud passe de l'état gazeux à l'état liquide. Ils sont généralement utilisés pour concentrer une solution, refroidir un fluide ou produire de la vapeur. Pour résoudre ses problèmes d'échanges thermiques, l'utilisateur se trouve devant une grande variété de produits, dont les principales catégories sont, rappelons-le, les échangeurs tubulaires et les échangeurs à plaques

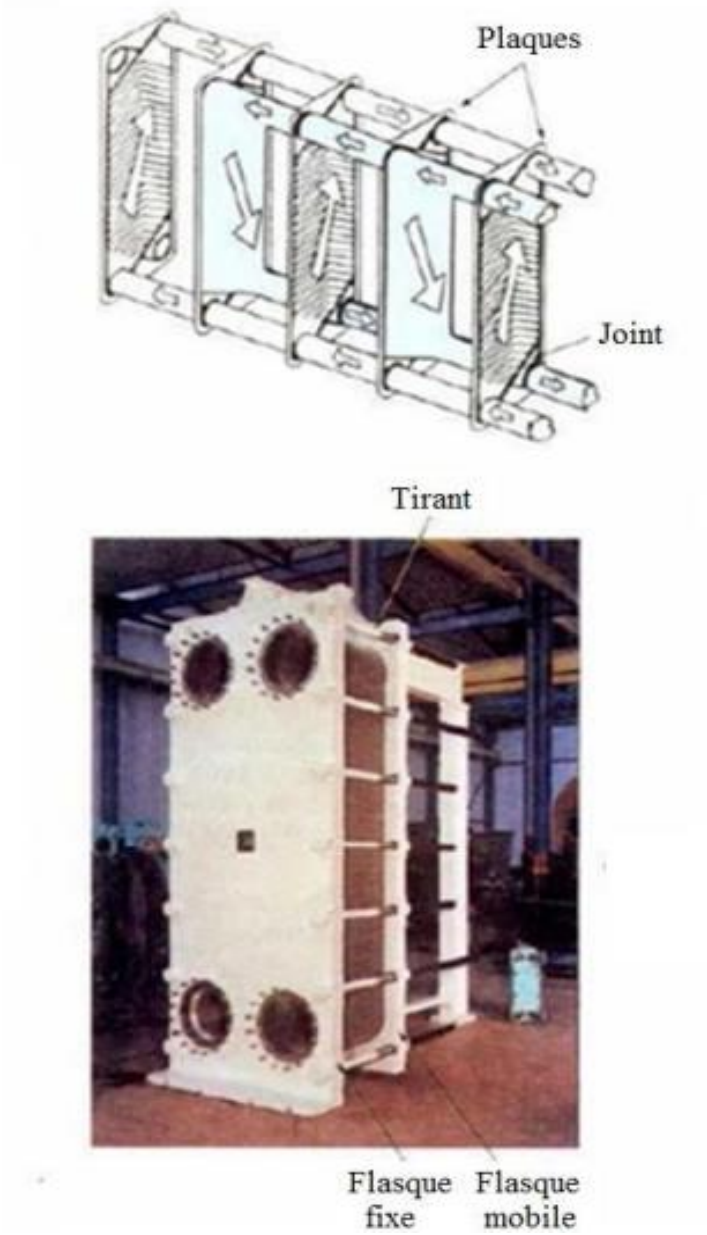


Figure 1.8 Echangeur à plaques et joints[9].

.

Autres types d'échangeurs Parmi les échangeurs thermiques, il convient également de citer les échangeurs où l'un des deux fluides change de phase. Il s'agit du cas particulier des évaporateurs (figure 1.9) - tubulaires ou à plaques - où le fluide froid passe de l'état liquide à l'état gazeux, et des condenseurs (figure 1.10) - tubulaires ou à plaques - où le fluide chaud passe de l'état gazeux à l'état liquide. Ils sont généralement utilisés pour concentrer une solution, refroidir un fluide ou produire de la vapeur. Pour résoudre ses problèmes d'échanges thermiques, l'utilisateur se trouve devant une grande variété de produits, dont les

principales catégories sont, rappelons-le, les échangeurs tubulaires et les échangeurs à plaques

Toutefois, la technologie de ces types d'échangeurs porte surtout sur l'utilisation de nouveaux matériaux ainsi que sur les conditions d'amenée des fluides. Les matériaux les plus utilisés dans les échangeurs sont les aciers inoxydables et le titane, mais d'autres matériaux sont également employés, notamment pour limiter l'effet des phénomènes de corrosion, comme le graphite, la céramique, le verre et les plastiques. L'objectif est d'améliorer la résistance des échangeurs afin de les rendre plus fiables lorsqu'ils sont utilisés dans des cycles thermiques [10].

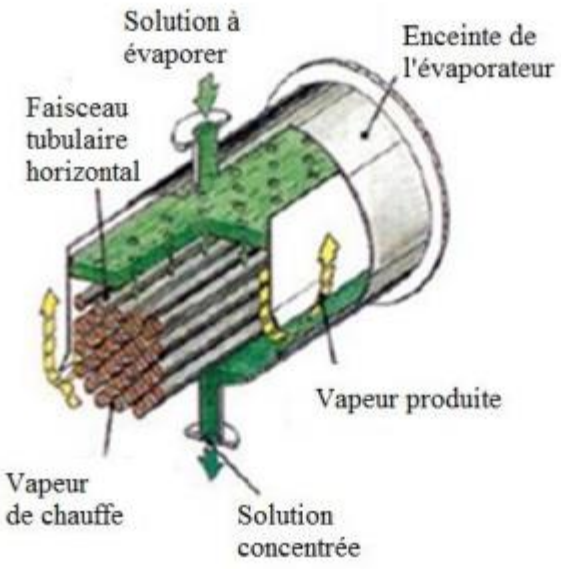


Figure 1.9 Evaporateurs (schémas de principe)[10].

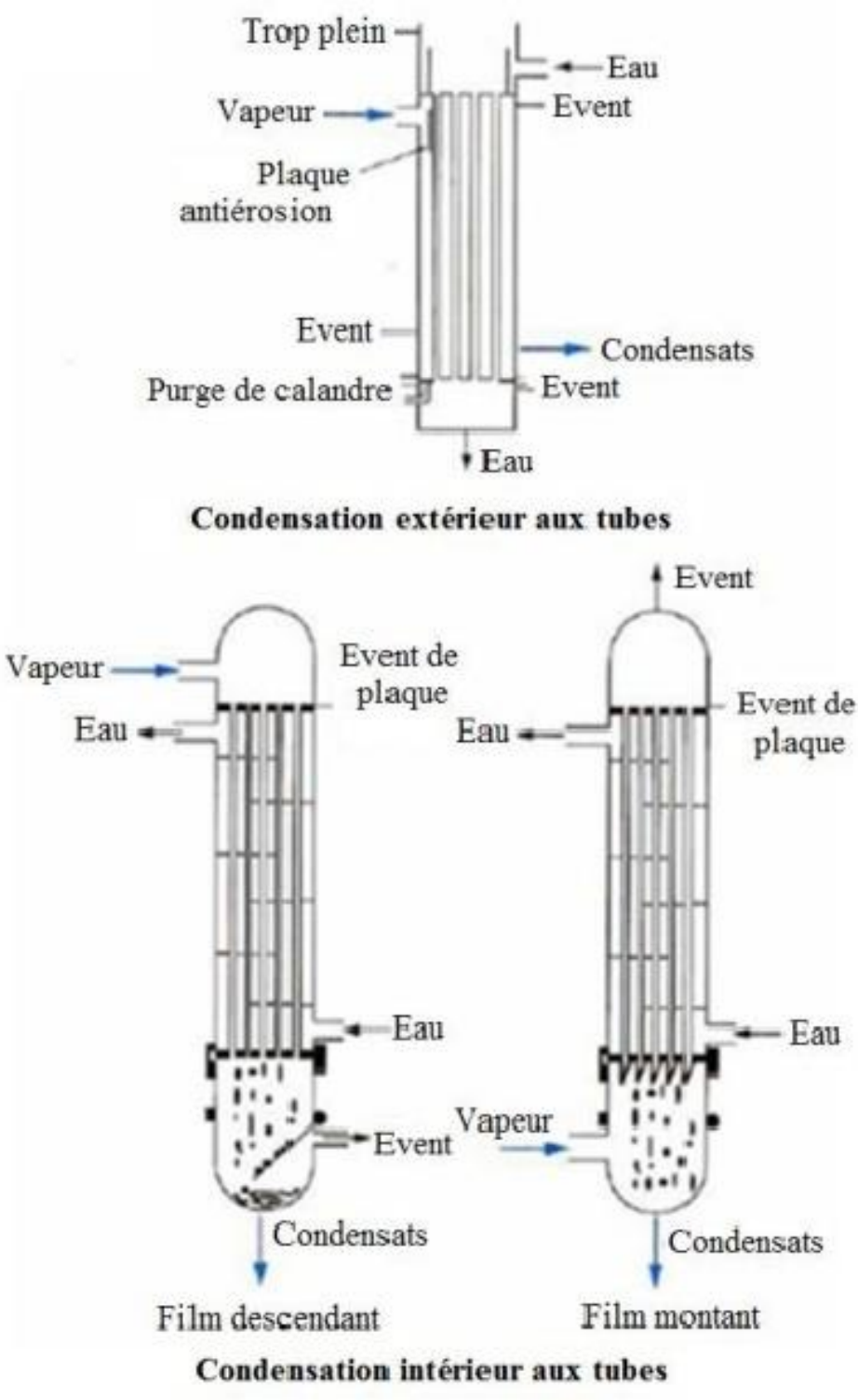


Figure 1.10 Condenseurs (schémas de principe)[10].

1.8 Rappels et calcul des échangeurs

1.8.1 Calorimétrie

Pour une masse m de fluide de chaleur massique cp la quantité de chaleur échangée à pression Constante avec le milieu extérieur s'écrit comme la variation de son enthalpie :

$$Qp = H2 - H1 = m(h2 - h1) = mcp(T2 - T1) \quad (1.1)$$

Notes :

– Les quantités de chaleur s'expriment en Joule dans le système S.I.

– L'enthalpie peut être vue comme la réserve de chaleur contenue dans le fluide.

– Lorsque le fluide reçoit de la chaleur, cette quantité est positive, lorsqu'il en perd, elle est négative.

– La dernière égalité n'est pas valable lorsque le fluide change d'état (cas des condenseurs et des évaporateurs). Ce cas ne sera pas traité ici. [7, 8]

1.8.2 Notion de débit :

Le débit caractérise la quantité de matière passant à travers une surface donnée en un temps donné On distingue le débit volumique et le débit massique. Si la masse Δm [Kg] occupant le volume ΔV [m^3] passe à travers la surface pendant le temps Δt [s], les débits seront définis par débit volumique [m^3 /s] :

$$qv = \frac{dV}{dt} \quad (1.2)$$

débit massique [Kg/s]:

$$qm = \frac{dm}{dt} \quad (1.3)$$

Les débits définis ci-dessus sont appelé débits moyens pendant le temps Δt et on obtiendra des débits instantanés en faisant tendre l'intervalle de temps vers zéro, ce qui donne :

$$m = qm = \frac{dm}{dt} \quad (1.4)$$

C'est cette dernière notation que nous emploierons par la suite [8].

1.8.3 Puissances

La puissance échangée Q [Watt] est donnée par le rapport de la quantité d'énergie échangée au temps. Pour un fluide s'écoulant à travers un échangeur, elle s'écrit :

$$Q = \frac{dQ}{dt} = m(h2 - h1) \qquad (1.5)$$

Où les indices e et s se réfèrent respectivement à l'entrée et à la sortie

1.8.4 Méthode de l'écart de température logarithmique moyen

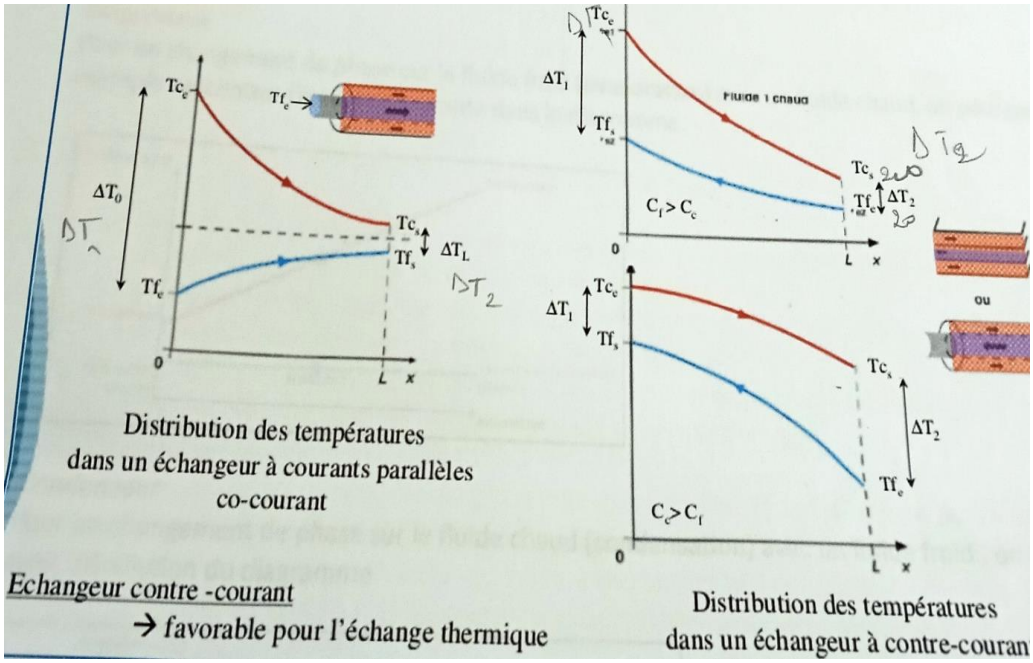


Figure 1.11 Méthodes de calcul.

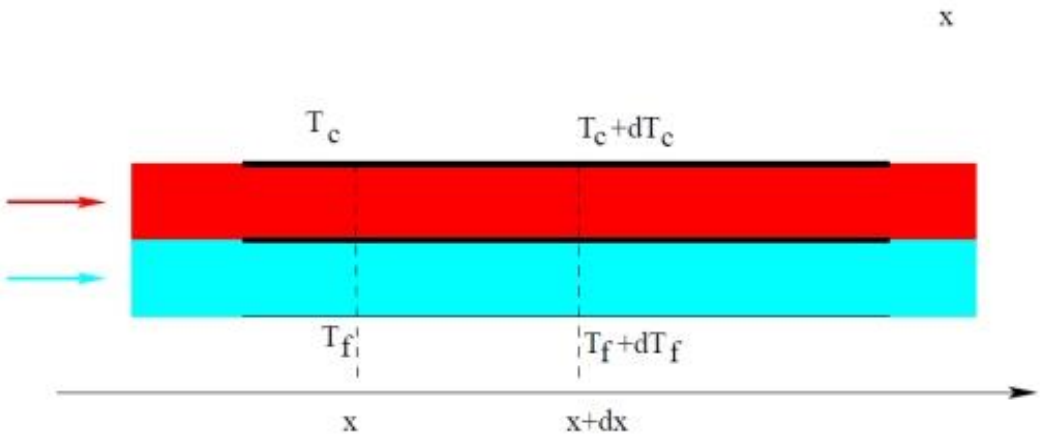


Figure 1.11 Elément d'échangeur de longueur dx [10].

Le calcul que nous allons faire s'applique aux échangeurs co-courant et nous allons adapter le schéma suivant la figure 1.11. Le calcul se mène de manière similaire pour le cas du contre-

courant. Considérons un échangeur coaxial fonctionnant en co-courant : La figure 1.11 résume la situation : le fluide chaud entre avec la température e Tc entrée et ressort à la température s Tcs. De même, le fluide froid entre à la température e T_{fe} pour ressortir à la température s T_{fs}.Les fluides chauds et froid ont pour chaleurs massiques et débits respectivement :Cc, mc, Cf, mf.

La figure 1.12montre un profil de température typique pour ce type de fonctionnement. Tout au long de ce calcul, on notera Φ le flux de chaleur passant du fluide chaud vers le fluide froid Il sera donc nécessairement positif dans ce cas.

Examinons le transfert de chaleur dans une portion d'échangeur de longueur dx entre les sections d'abscisse x et d'abscisse x + dx (figure 1.12).

Le flux de chaleur dΦ peut être évalué de différentes manières – Echange à travers la surface dS. Le flux est proportionnel à la différence de température entre les 2 fluides à cet endroit.

1.9 Méthode de NUT :

NUT : c'est un groupement a dimensionnelle il est appelé nombre d'unité de transfert en abrégé NUT, il représente le pouvoir d'échange de l'appareil

$$NUT = \frac{k*s}{Cmin} \qquad (1.6)$$

1.10 Les avantages et les incontinents de types :

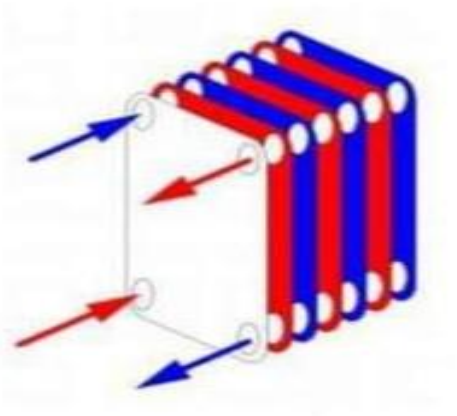


Figure 1.12 Echangeur à plaque[10].

Tableau 1 .1 Avantage ,inconvénient et fluide de travail de l'échangeur a plaques.

Avantages	Inconvénient	Fluides de travail
-Compact -Très bons coefficient de transfert -Prix compétitifs -Peu de pertes thermiques -Modulables	- Faible écart de temps possible de régulation -Perte de charge importante -Pression se travail limitée	-Vapeur BP /eau -Huile/eau -Eau surchauffée /eau

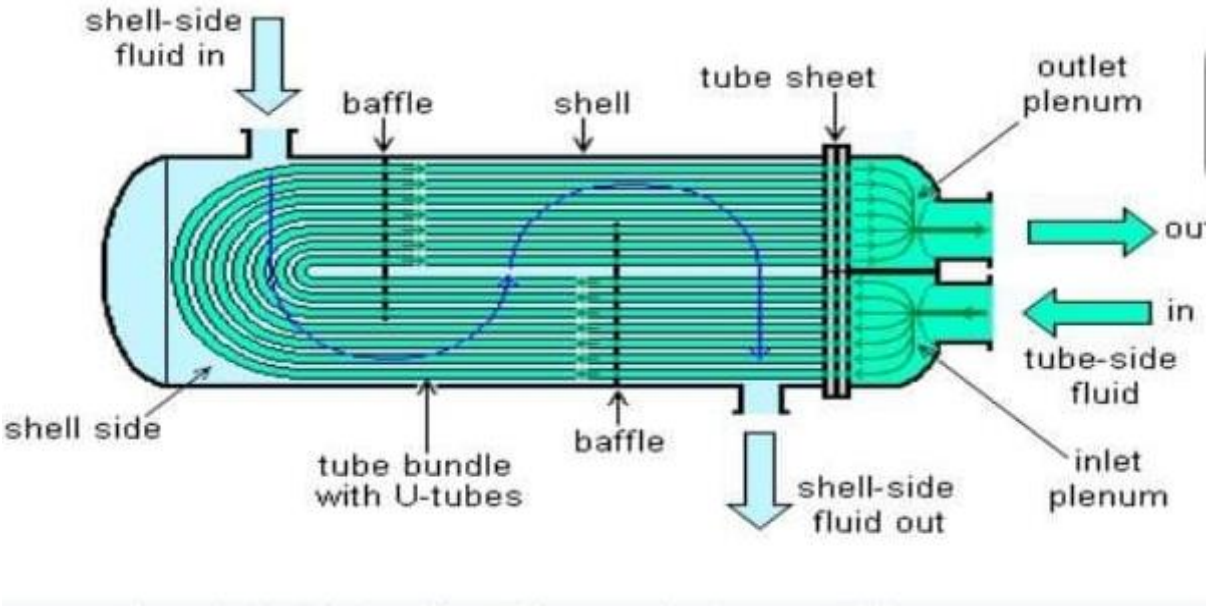


Figure 1.13 Echangeur tube u [10] .

Tableau 1.2 Avantage ,inconvénient et fluide de travail de l'échangeur tube u .

Avantages	Inconvénient	Fluides de travail
- Résiste aux fortes pressions - Libre dilatation des tubes et du corps - Toutes puissances	-Encombrement -Prix de revient élevé -Débouchage difficile	-Vapeur /eau -Eau surchauffée/eau -Huile/eau -Process

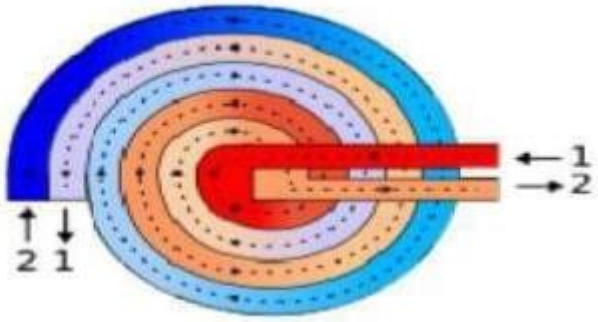


Figure (1.14) Echangeur spirale[10]

t**ableau 1.3**Avantage ,inconvénient et fluide de travail de l'échangeur spirale .

Avantages	Inconvénient	Fluides de travail
-Grande surface de contact -Large passage -Encombrement réduit -Excellent condenseur -Autonettoyant	-Non démontable -Ecarts de t limites	-Eau/eau -Vapeur/eau -Eau surchauffée/eau

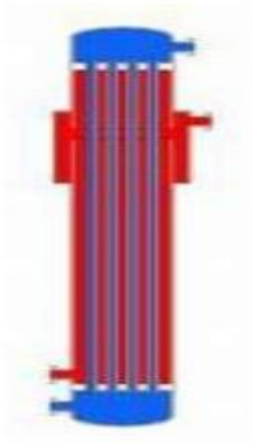


Figure 1.15 Echangeur tubulaire verticale [10]

Tableau 1.4 Avantage,inconvénient et fluid ede travail de l'échangeur tubulaire verticale

Avantages	Inconvénient	Fluides de travail
-Fiable encombrement -L'échangeur peut être plein de condensat -Parfaitement adapté a l'échange vapeur haute pression /eau	-Vapeur HP/EAU	-Vapeur HP/eau



Figure1.16 Echangeur à ailettes[10]

Tableau 1.5 Avantage inconvénient et fluide de travail de l'échangeur à ailettes.

Avantages	Inconvénient	Fluides de travail
-Bon rendement -Peut prendre des formes précises	-Craint les chocs	-Eau/air -Huile/air -Solide/air

1.10.1 L'encrassement

1.10.2 1.11.1Définition de l'encrassement

L'encrassement des équipements et des canalisations est un phénomène prépondérant dans réduction de la production des industries. Il contribue à la réduction des échanges thermiques, à la réduction du taux d'équipement ainsi que celle du temps global d'exécution grâce à arrêts pour nettoyage.

L'encrassement peut être défini comme l'accumulation de dépôts de substances indésirables substances solides sur une surface provoquant un colmatage, un colmatage ou tout simplement une réduction de volume [11].

1.10.3 Classification de l'encrassement

Il est possible de classer l'encrassement selon le mécanisme qui contrôle la vitesse de Dépôt, selon les conditions d'utilisation de l'échangeur ou selon le mécanisme dominant, Même s'il ne contrôle pas la vitesse de dépôt. Nous adopterons, comme la plupart des auteurs, cette dernière méthode de classification. Sept types différents peuvent alors être définis :

➢ L'encrassement particulaire.

➢ Corrosion.

➢ Entartrage.

➢ L'encrassement biologique.

➢ L'encrassement par réaction chimique.

➢ L'encrassement par solidification.

➢L'encrassement par dépôt [11].

1.10.4 Encrassement particulaire

Il s'agit du dépôt puis de l'accumulation sur les surfaces d'échange de particules transportées par l'écoulement des fluides industriels :

• l'eau des chaudières contenant des produits de corrosion, celle des tours de refroidissement, des particules transportées par l'air et des produits de corrosion (oxydes et hydroxydes de fer).

• les écoulements gazeux pouvant être fortement chargés de particules de poussières

• les fumées industrielles de résidus solides de combustion [11].

1.10.5 Corrosion

L'encrassement par corrosion est le résultat d'une réaction chimique o électrochimique entre la surface de transfert de chaleur et le fluide en écoulement. Les

produits de la réaction qui se forment et restent sur la surface d'échange créent l'encrassement. Il s'agit là d'un mécanisme de corrosion in situ. Lorsque l'encrassement est dû à des produits de corrosion générés ex situ, l'encrassement correspondant est du type particulaire

1.10.6 Entartrage

Il est généralement associé à la production d'un solide cristallin à partir d'une solution Liquide. Il dépend donc de la composition de l'eau industrielle. Lorsque les sels dissous sont, comme le carbonate de calcium, à solubilité inverse, le liquide devient sursaturé au voisinage de la surface d'échange plus chaude ; la cristallisation produit alors sur la surface et le dépôt est dur et adhérent ; dans le cas contraire d'une cristallisation se produisant au sein même d'un liquide plus chaud que la surface, le dépôt est plus mou et friable.

L'encrassement par les sels à solubilité normale existe, même s'il est plus rare ; il faut signaler le cas des saumures géothermales à forte teneur en silice. L'entartrage peut se produire dans les échangeurs refroidis à l'eau, dans les unités de Dessalement d'eau de mer ou saumâtre, dans les chaudières, dans les échangeurs de l'industrie agroalimentaire, dans les systèmes géothermiques. Il existe différentes méthodes de prévention de l'entartrage. [11]

1.10.7 L'encrassement biologique

L'encrassement biologique est causé par la croissance d'organismes, tels que les algues, qui se développent dans le fluide et se déposent sur les surfaces de l'échangeur de chaleur. Bien que les concepteurs d'échangeurs de chaleur n'aient aucun contrôle direct sur ce phénomène, il est possible de le limiter par le choix du matériau. Par exemple, les matériaux en cuivre non ferreux sont toxiques pour certains organismes. Ce type d'encrassement peut être éliminé soit par un traitement chimique, soit par brossage mécanique**.** [11]

1.10.8 Encrassement par réaction chimique

On rencontre ce type d'encrassement quand une réaction chimique se produit près d'une surface d'échange et que les solides produits par la réaction s'y déposent. Cette réaction est souvent une polymérisation ; il en résulte la formation d'un dépôt. Les domaines concernés sont essentiellement l'industrie pétrochimique (craquage Thermique des hydrocarbures lourds), l'industrie agroalimentaire (pasteurisation du lait) et les circuits de chauffage utilisant des fluides organiques. [11]

1.10.9 Encrassement par solidification

Il s'agit de la solidification d'un liquide pur au contact d'une surface d'échange sous refroidie (formation d'une couche de glace à l'intérieur des conduites forcées ou de givre) oud dépôt d'un constituant à haut point de fusion d'un liquide au contact d'une surface de transfert de chaleur froide (dépôt d'hydrocarbures paraffinées). Une vapeur peut également se déposer sous une forme solide sans passer par l'état liquide (formation du givre). [11]

1.10.10 L'encrassement par dépôt

(Également appelé encrassement par sédimentation) se produit lorsque les particules contenues dans le fluide se déposent sur la surface, généralement lorsque la vitesse du fluide passe en dessous d'un niveau critique. Une bonne conception de l'échangeur de chaleur, y compris le calcul de la vitesse critique pour toute combinaison de fluides et de particules, doit aboutir à des vitesses de travail minimales supérieures à ce niveau critique.

Le montage vertical de l'échangeur de chaleur peut également minimiser l'effet car la gravité entraîne les particules hors de l'échangeur de chaleur, à l'écart de la surface de transfert de chaleur, même à de faibles niveaux de vitesse. L'encrassement par dépôt est normalement éliminé mécaniquement par brossage ou raclage [11].

1.10.11 Conséquences de l'encrassement

Comme il a été déjà signalé, les conséquences de l'encrassement sont : - Une dépense d'énergie supplémentaire. - Le remplacement des appareils corrodés. - Les coûts d'arrêt des installations pour démontage et nettoyage. - Un surdimensionnement des appareils dans les bureaux d'étude.



Figure 1 .17encrassement de plaque[10]

1.11 Nettoyage de l'échangeur

1.11.1 a. 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.

- 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.

1.11.2 b. 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.

L'efficacité d'un échangeur de chaleur

Afin de déterminer l'efficacité d'un échangeur, il faut comparer l'échange qu'il permet entre les deux fluides et l'échange qu'il permettrait entre eux s'il était parfait, c'est-à-dire :

- sans perte, ayant donc un rendement d'échange égal à 1,
- à contre courant, c'est la disposition géométrique la plus performante,
- avec des fluides qui auraient des débits calorifiques différents,
- et à surface infinie - ce sont les deux conditions pour qu'un fluide épuise l'autre.
- La calcule suivent cette loi :
- $\varepsilon = \frac{\Delta Tmin}{\Delta Tmax}$
-

1.12 Conclusion

Nousconcluions quelques échangeurs de chaleur sontdes éléments très essentielle dans tous les domaine (mécanique thermique énergétique climatique …). Ils peuvent être classés en fonction du mode de transfert de chaleur qu'ils utilisent, du nombre de fluides qu'ils utilisent et de leur configuration. Chaque typede ces échangeurs a des avantages et inconvénients.

Chapitre II
Etat de l’art

Introduction :

Les échangeurs sont des dispositifs et un outil très essentiel dans l'industrie. Pour cela nous avons faire une étude numérique sur le comportement mécanique et thermique des échangeurs de chaleur en présence des déflecteur rotatifs, à l'aide du code ANSYSAPDL. Dans ce qui suit, on site quelque travaux récents sur la simulation numérique des échangeurs de chaleur tubulaires. Le terme simulation couvre des notions tellement différentes qu'il n'est peut-être pas inutile de commencer par préciser sa signification donner. Une simulation numérique est la résolution sur ordinateur d'équations mathématiques qui modélisent un phénomène. La discipline qui s'intéresse à la simulation numérique est une branche des mathématiques appliquées, appelée calcul scientifique. En amont de la simulation se déroule la phase de modélisation, c'est-à-dire la mise en équations du problème. Suivant la phase d'analyse mathématique, dont le but est d'établir les propriétés des équations, puis le développement et l'analyse de méthodes numériques. Une fois ces méthodes programmées, il est alors possible de réaliser sur ordinateur des expériences numériques qui permettent d'enrichir les expériences sur les phénomènes physiques.

2 Etat de l'art :

HoseynSayaadi et Hamid Reza Aminian [13] ont développé un modèle thermo hydraulique d'un échangeur de chaleur tubulaire particulier à récupération utilisés dans un cycle de gaz de régénération en utilisant l'optimisation multi-objectives par l'algorithme génétique le plus puissant et le plus robuste nommé NSGA-II. Trois scénarios pour l'optimisation des échangeurs de récupération ont été pris en considération. Dans le premier scénario, l'objectif était de minimiser le coût de récupérateur, tandis que dans le deuxième scénario, l'objectif était la maximisation du rendement exergétique du cycle. Dans le troisième scénario, les deux objectifs ont été optimisés simultanément. Ils ont conclu que, dans la conception de l'échangeur régénératif pour une centrale électrique à cycle de turbine à gaz, si l'attention est prise uniquement sur l'optimisation de la surface de l'échangeur et le coût, les résultats sur l'ensemble du système pourraient être insatisfaisants pour la performance économique de l'ensemble du système et / ou de point de vue d'économie d'énergie. Les résultats impliquent que la conception la plus souhaitable du point de vue de la performance économique de l'ensemble du système et / ou les économies d'énergie est obtenue lorsque les récupérateurs sont conçus avec une attention sur la performance de toute l'installation, même si cette approche conduit à une surface de transfert de chaleur importante pour les échangeurs.

L'optimisation multi-objectivepeut être considérée comme une approche généralisée qui équilibre les deux points de vue, construction de l'échangeur et l'utilisation finale des récupérateurs.

Les travaux de **YaamunanVenkatesan, T.S Ravigururajan**[14] montrent que la chute de pression augmente avec l'augmentation du nombre de Reynolds, alors que la chute de pression et de température de fluide de sortie augmentent avec la diminution du pas des tubes. Mais le transfert de chaleur par convection diminue avec la réduction du pitch. Avec une diminution du pitch, le transfert d'énergie entre le fluide et les tubes adjacents augmente résultant une augmentation de la température de sortie de fluide.

Les travaux de **W.M. Kays et A.L. London** [15], **SadikKakac et Hongtan Liu** [16].**Leong et ces collègues [17]** ont montré que l'arrangement triangulaire des tubes est meilleur pour le transfert de chaleur et la surface d'échange thermique (à cause du gros nombre de tube) et l'arrangement carré (45° et 90°) est nécessaire pour le nettoyage mécanique au niveau de la calandre.

Wang Yongqing et ses collègues [18] ont réalisé une étude expérimentale et numérique d'un échangeur de chaleur à chicanes sous forme de H. Après avoir validé leur résultat numérique, ils ont réalisé une comparaison entre 3 types différents d'échangeurs, avec chicanes segmentaires, chicanes sous forme de H et chicanes à tiges. Ils ont trouvé qu'au niveau de la calandre contenant des chicanes à la forme H, le fluide s'écoule avec une configuration d'écoulement mélangé. Ce modèle d'écoulement évite la variation aiguë de la vitesse du fluide et la perte d'énergie cinétique, la diminution de la zone d'écoulement mort provoquée par les échangeurs à chicane segmentaire. Ce modèle d'écoulement renforce aussi la turbulence des fluides, améliore le transfert de chaleur, et conserve certains avantages de l'échangeur à chicanes à tiges à un certain degré.

Qiuwang Wang et ses collègues [19]ont réalisé une étude numérique d'un échangeur à tubes et à calandre multiples passe combiné de chicanes hélicoïdales continue au passage extérieur de la calandre et chicanes segmentaires au passage intérieur et l'ont comparé avec un échangeur à chicanes segmentaires. Ils ont trouvé qu'au même débit massique et flux de chaleur, la chute de pression moyenne du premier échangeur est inférieur à celle de l'échangeur de chaleur à chicanes segmentaires de 13%. Et pour la même chute de pression au niveau de la calandre, le flux de chaleur total du premier échangeur est supérieur de 5,6% et le débit massique de 6,6% par rapport à ceux de l'échangeur de chaleur à chicanes segmentaires.

3 L’objet de l’étude :

Notre travail qui intitulée le comportement mécanique et thermique des échangeurs de chaleur en présence des déflecteurs rotatifs à pour objectif est d'effectuer une analyse numérique de ces échangeurs afin d'améliorer leurs performances thermiques.

Chapitre III

Modélisation mathématique

3.1 Introduction

Dans ce chapitre on s'intéresse à la modélisation mathématique de transfert de chaleur et l'écoulement turbulent par : Prandtl, Navier-Stocks et Reynolds qui ont pu découvrirles lois fondamentales de la mécanique des fluides. On a découvert que L'écoulement de fluide est décrit par le système d'équations aux dérivées partielles qui ont : l'équation de continuité, de quantité de mouvement et d'énergie.

3.2 Les modes de transfert de chaleur

On a 3 modes de transfert de chaleur qui sont :

La conduction thermique (diffusion thermique)

Le rayonnement thermique

La convection (libre / forcée)

La figure suivante donne un exemple de c'est 3 modes

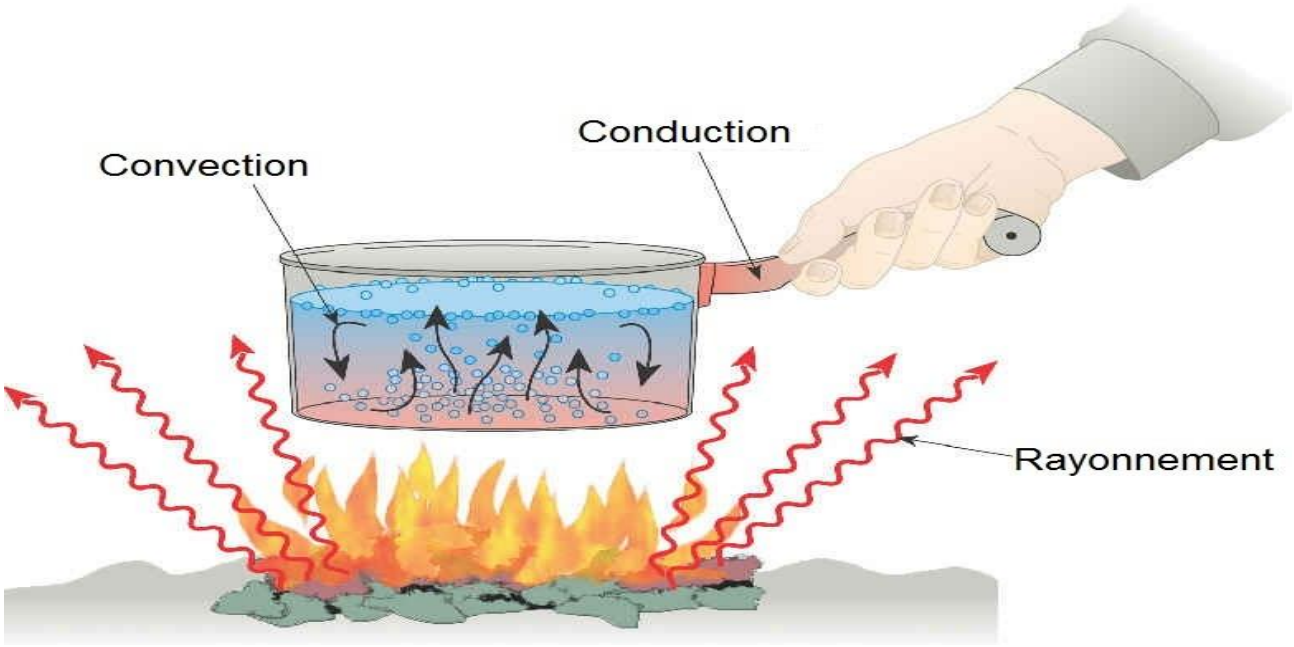


Figure 2 .1 Les modes de transfert de chaleur [20]

3.3 équations mathématiques

3.3.1 Équation de continuité :

Cette équation concerne le principe de conservation de la masse dans un élément. Elle exprime l'égalité de la variation de la masse d'élément et de la déférence entre la quantité de fluide qui entre la quantité de fluide pendant le même temps [20].

Dans un régime permanent on a donc :

$\frac{\partial Ui}{\partial Xi} = 0$ (3.1)

3.3.2 Équation de Navier- stokes :

En mécanique de fluide on considère l'écoulement de deux fluides incompressibles, newtoniens et non –miscibles .la dynamique de chaque phase k est déterminée par les équations de Navier –stokes [20] :

$\frac{d\rho kv}{dt} + (\rho k) = \rho kg - '\rho k + \quad (2\mu Ksk)$ (3.2)

3.3.3 La décomposition de Reynolds (statique) :

Elle consiste à décomposer chaque grandeur instantané φ des equation des navier stokes en une grandeur moyenne φ^-et une fluctuation turbulenteφ' .avec la valeur moyenne de φ est exprimé par la relation suivante :

$\varphi^- = \frac{1}{T}\int_0^1 \varphi dt$ (3 .3)

L'équation de Navier stokes étant non linéaire [21] .

La décomposition de Reynolds définie que tous champ ($\emptyset = U ou\ P$)se décompose en un champ moyen

$\emptyset = \emptyset^- + \emptyset'$ (3 .4)

$\emptyset^- = \frac{1}{T}\int_0^T dt$ (3 .5)

Avec T une grandeur comparer à la période de fluctuation.

Donc on aura le système suivant :

$$\begin{cases} Ui = Ui^- + ui \\ \\ P = P^- + P \end{cases} \qquad (3.6)$$

Les lettres minuscules désignent les fluctuants ou les écarts des valeurs par rapport à ces moyennes.

Le symbole (-) désigne moyenne statique ou moyenne d'ensembles de réalisation ; Elle est définie comme la limite statistique de moyenne arithmétique prise à travers un certain nombre d'expériences réalisées dans les mêmes conditions générales d'écoulement. Cette moyenne vérifie les règles de Reynolds [21].

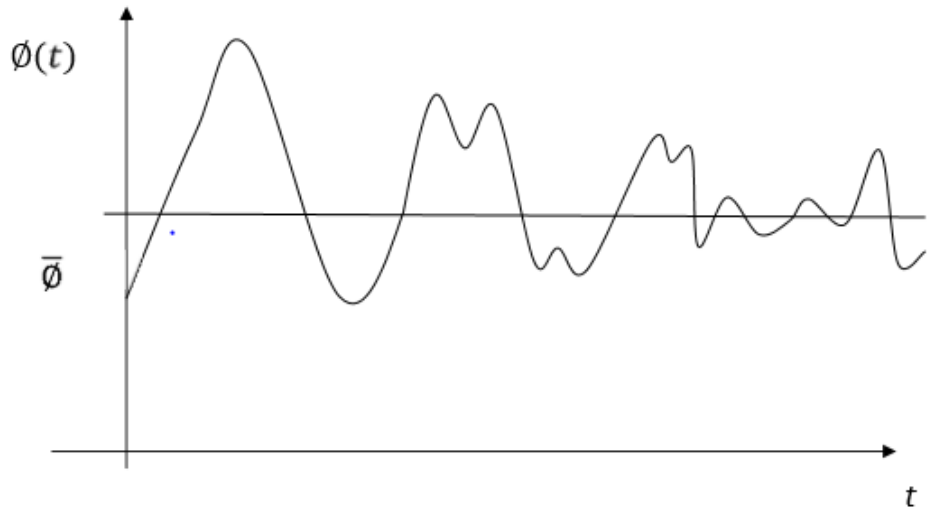


Figure 2 .2 Fluctuation d'une grandeur auteur d'unre valeur moyenne [21].

3.3.4 Équations de conservation de l'énergie [21] :

$$\rho c\left(\frac{\partial T}{\partial t}+v^{\rightarrow}.\nabla T\right)=k\nabla^2 T+q \qquad (3.7)$$

$$\alpha=\frac{k}{\rho c}$$

T : Température.

q : Source volumique

3.3.5 équations de conservation de quantité de mouvement [21] :

En mécanique des fluides, les équations de Navier-Stokes sont des équations seaux dérivées partielles non linéaires qui décrivent le mouvement des fluides dans l'approximation des milieux continus. Elles gouvernent par exemple les mouvements de l'air de l'atmosphère, les courants océaniques, l'écoulement de l'eau dans un tuyau, le mouvement d'air dans les locaux et de nombreux autres phénomènes d'écoulement de fluides. Elles sont nommées d'après deux physiciens du XIXe siècle, Claude Navier et George stokes [21] .

$$\rho\left\{\frac{\partial \vec{v}}{\partial t}+\vec{v}\nabla\vec{v}\right\}=-\nabla P+\mu\nabla^2\vec{v}+\rho\vec{g} \qquad (3.8)$$

Avec :

ρ : La densité considérée variable avec le temps.

μ : La viscosité dynamique aussi variable.

P : La pression.

$\vec{g}$: La gravité.

3.3.6 Les équations des mouvements moyens :

3.3.6.1 Équation de continuité de mouvement moyen :

L'équation de continuité du champ moyen est obtenue par moyenne de l'équation [21] :

$$\frac{\partial \bar{U}i}{\partial xi}+\frac{\partial Ui}{\partial xi}=0 \qquad (3.9)$$

3.3.6.2 Équation de Navier-stokes moyenne :

Toutes les opérations de l'équation (3.2) sont linéaires à l'exception de celui du terme d'advection donc on obtient immédiatement l'équation moyenne suivante [21] :

$$\frac{\partial \vec{U}}{\partial t}+UJ\vec{}\frac{\partial Ui\vec{}}{\partial xj}+\vec{U}j\frac{\partial \vec{U}i}{\partial xj}=-\frac{1}{\rho}\frac{\partial \vec{P}}{\partial xi}+V\frac{\partial^2\bar{P}}{\partial xj\partial xj} \qquad (3.10)$$

Après avoir introduise la décomposition de Reynolds on écrit finalement :

$$\frac{\partial \vec{U}}{\partial t}+\vec{U}J\frac{\partial \bar{U}i}{\partial xj}+\vec{U}j\frac{\partial \vec{U}i}{\partial xj}=-\frac{1}{\rho}\frac{\partial \vec{P}}{\partial xi}+V\frac{\partial^2\bar{P}}{\partial xj\partial xj}(tlj\vec{}+Rij) \qquad (3.11)$$

L'effet de la moyenne engendre bien entendu une perte d'information, caractérisée ici par l'apparition d'une corrélation inconnu$UL\vec{}Uj$, appelé tenseur de Reynolds.

La condition d'incompressibilité implique :

$$Ui\frac{\partial Ui\vec{}}{\partial xj}=\frac{\partial UiUj\vec{}}{\partial xj} \qquad (3.12)$$

Les tensions de Reynolds les contraintes de Reynolds $UL\ Uj$ peuvent étre s'écrit sous laforme suivante :

$$[\ Rij] = -\rho \begin{pmatrix} UU & VU & UW \\ UV & VV & VW \\ UW & VW & WW \end{pmatrix}$$

$$[tij] = T\frac{\partial \vec{U}i}{\partial xj} + \frac{\partial Uj}{\partial xi} \qquad (3.13)$$

Avec : $\frac{\partial tij}{\partial xij} = T\frac{\partial \vec{\ } j}{\partial xi \partial xi}(\frac{\partial Ui\vec{\ }}{\partial xj} + \frac{\partial Uj}{\partial xi})$ (3.14)

4 Conclusion :

Leséquations que nous avonsabouti dans ce chapitre sont des équations partielles alors, pour passer du continue vers le discontinue en convertirait les équations sous forme algébriquecaril est impossible analytiquement de résoudre ce système alors on fait appeler la résolution numérique exposée dans le chapitre suivant.

Chapitre IV
Discrétisation

Introduction :

Dans ce chapitre on va utiliser la méthode de discrétisation des équations du chapitre 3qui nous permet de convertir les équations aux dérivées partielles en équations algébriques qui sont alors résolues par la méthode numérique traditionnelles, Le procédé de discrétisation par élément fini consiste à écrire après intégration, l'équation généralisée sous forme matricielle élémentaire.

Les trois méthodes numériques utilisées pour la résolution des équations différentielles partielles qui régissent les écoulements turbulents sont : la méthode des volumes finis, des différences finies et les éléments finis**.**

4.1 Méthodes de discrétisation

- Méthode des différences finies.
- Méthode des volumes finis
- Méthode des éléments finis

4.2.1Méthode des différences finies :

La méthode des différences finies consiste à remplacer les dérivées apparaissant dans le problème continu par des différences divisées ou combinaisons de valeurs ponctuelles de la Fonction en un nombre fini dépointas discrets ou nœuds du maillage.

Avantages : grande simplicité d'écriture et faible cout de calcul.

Inconvénients : limitation de la géométrie des domaines de calculs, difficultés de prise [22] .

4.2.2Méthode des volumes finis :

Cette méthode est utilisée pour résoudre numériquement des équations aux dérivées partielles comme la méthode des différences finies et la méthode des éléments finis mais, contrairement à la méthode dedifférence finies qui utilise des approximations de dérivées, la méthode de volume fini utilise comme laméthode d'éléments finis, des approximations d'intégrales.

Dans la méthode des volumes finis les lois de conservations (de la masse, de quantité de mouvement et del'énergie) sont exprimées localement sons une forme intégrale.

La clé de cette méthode réside dans l'application du théorème de la divergence ou théorèmed'Ostrogorski, qui permet de changer une intégrale de volume en intégrale de surface.

L'un des principaux avantages de la méthode des volumes finis est d'assurer une conservation intégraleexacte des grandeurs quelle que soit la taille du maillage et c'est pour

raison qu'elle est très largementutilisée pour la résolution des phénomènes gouvernés par des équations à dérivées partielles [23].

4.2.3Méthode des éléments finis :

La méthode des éléments finis consiste à rapprocher les équations différentielles régissant pour un système avec un ensemble d'équations algébriques concernant un nombre limité de variables. Ces méthodes sont populaires parce qu'ils peuvent facilement être programmés. Les techniques des éléments finis ont été initialement développées pour des problèmes structurels, mais ils ont été étendus à de nombreux problèmes du terrain. Le solide est décomposé en éléments de forme géométrique simple ayant des côtés communs et dont les sommets ou nœuds sont les points d'articulation de plusieurs éléments entre eux.

Ces nœuds seront les points d'application des forces intérieures ou extérieures. L'opération de décomposition est le maillage. Un bon maillage doit faciliter les opérations prévues par un programme d'ordinateur. Il faut donc adopter une méthode systématique de numérotation des éléments et des nœuds.

Avantages : traitement possible de géométries complexes, détermination plus naturelle des conditions aux limites, possibilité de démonstrations mathématiques de convergence.

Inconvénients : complexité de mise en œuvre et cout en temps de calcul et en mémoire [22] .

4.2 Choix d'un maillage :

La méthode des éléments finis repose sur un découpage de l'espace selon un maillage.

D'habitude l'on choisit un maillage carré ou triangulaire mais rien n'interdit de choisir des maillages plus complexes. Il n'est pas non plus nécessaire que le maillage soit régulier et l'on tendance à resserrer l'émaillage près des endroits d'intérêts (par exemple aux endroits où l'on pense que la solution va beaucoup varier), cependant il faut veiller à avoir des éléments faiblement distordus (se rapprocher d'un polygone régulier). Plus ce maillage est resserré plus la solution que l'on obtient par la méthode des éléments finassera précise et proche de la << vraie >>solution de l'équation aux dérivés partiels.

Même si une structure géométriquement complexe peut être maillée avec des élémentstétraédriques, elles mai exigent de nombreux éléments et que mai conduire à l'échec parce que lasimulation des ressources informatiques. Même un volume de forme régulière mai exigent de nombreuxéléments tétraédriques si elle a un ratio très grand aspect. Ici, les éléments hexaèdres ou d'un coin seraitun meilleur choix. « Objet avec un aspect ratio Large », illustre cette différence. Il montre que le nombre'éléments tétraédrique (a) est beaucoup

plus grand quel nombre d'éléments hexaédrique (b), si unedensité de maillage similaire est maintenue sur la section transversal.

4.3 Discrétisation de l'équation de chaleur par élément fini :

4 .4.1 Bilan Thermique :

A/- Equation De Chaleur :

Soit v une partie quelconque de V limitée par la surface s [22].

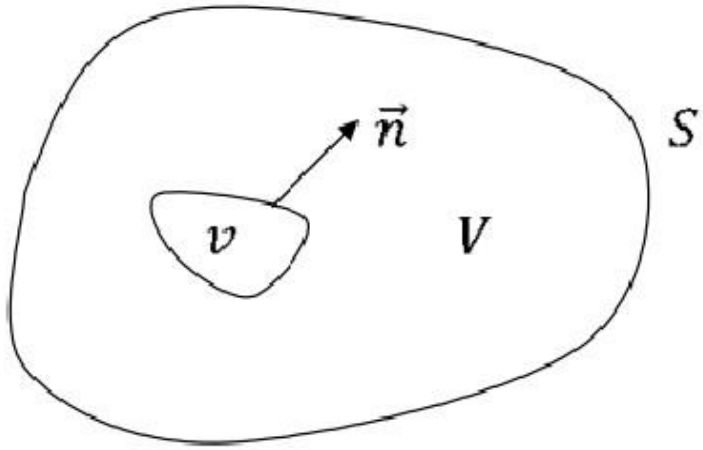


Figure 4.1 Bilan thermoique[22]

La puissance thermique stockée dans v est égale à la somme de la puissance thermique q générée par les sources volumiques contenues dans V et de la puissance thermique reçue sous forme de flux à travers la surface S [22] .

$$\rho Cp\left(\frac{\partial T}{\partial t}\right)dV = qdv \pm n(-\lambda gradT)ds \quad (4.1)$$

Le domaine v étant arbitraire, on en déduit : en tout point du solide :

$\rho CpT° - div(\lambda gradT)q = 0$

Pour un matériau homogène et isotrope, l'équation (17) s'écrit dans le repère orthonormé {x,y}[(4 .1) ,(4 .2)]

$$\rho C p T^{\circ} = \left(\frac{\partial^2 T}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2}\right) + q \qquad (4.2)$$

Où $T = \frac{\partial T}{\partial t}$

B /Forme discrétisée :

1/Eléments finis :

La solution analytique de l'équation (4.2) est en général inaccessible. On est donc conduit à chercher unesolution approchée par une méthode numérique : la méthode des éléments finis. Cette méthode est uncas particulier de la méthode de Galérien : le champ de températures et les fonctions test appartiennent au même espace de dimension finie.

Le domaine V est décomposé en sous-domaine Ve de forme géométrique simple (les éléments) relies entredeux en des points appelés nœuds. Cette opération s'appelle maillage.

4.4 la méthode de discrétisation :

Dans cette étude, la formulation des volumes de contrôle est adaptée puisque

⇨ Elle est simple dans la dérivation des équations algébriques.

⇨ Elle exprime le principe de conservation pour un volume de contrôle, de la même façon qu'une EDP l'exprime sur un volume de contrôle infinitésimal.

⇨ La solution obtenue implique la conservation intégrale de toutes les quantités (énergie, masse…) sur un groupe de volumes de contrôle ou sur tout le domaine de calcul.

⇨ Elle est largement utilisée et testée.

Nous considérons l'équation de la chaleur en régime stationnaire et in stationnaire [23].

4.5 Présentation du code APDL :

APDL est un code de simulation numérique leader de son marché, utilisé dans le développement de produits industriels, il couvre toutes les étapes nécessaires à une simulation : le traitement géométrique, le maillage, la résolution, le traitement de résultats et l'optimisation.

Les logiciels de simulation numérique des écoulements basée sur la méthode des éléments finis, comme "APDL", peuvent maintenant être considérés comme de véritables expériences numériques. L'avantage des méthodes numériques est que toutes les quantités physiques liées à l'écoulement (champ de vitesse, champ de pression, contraintes...etc.), sont immédiatement disponible en tout point de l'écoulement. Cependant, dans une expérimentation, l'obtention de ces quantités physiques en tout point du champ est souvent impossible ou très difficile en pratique[24]

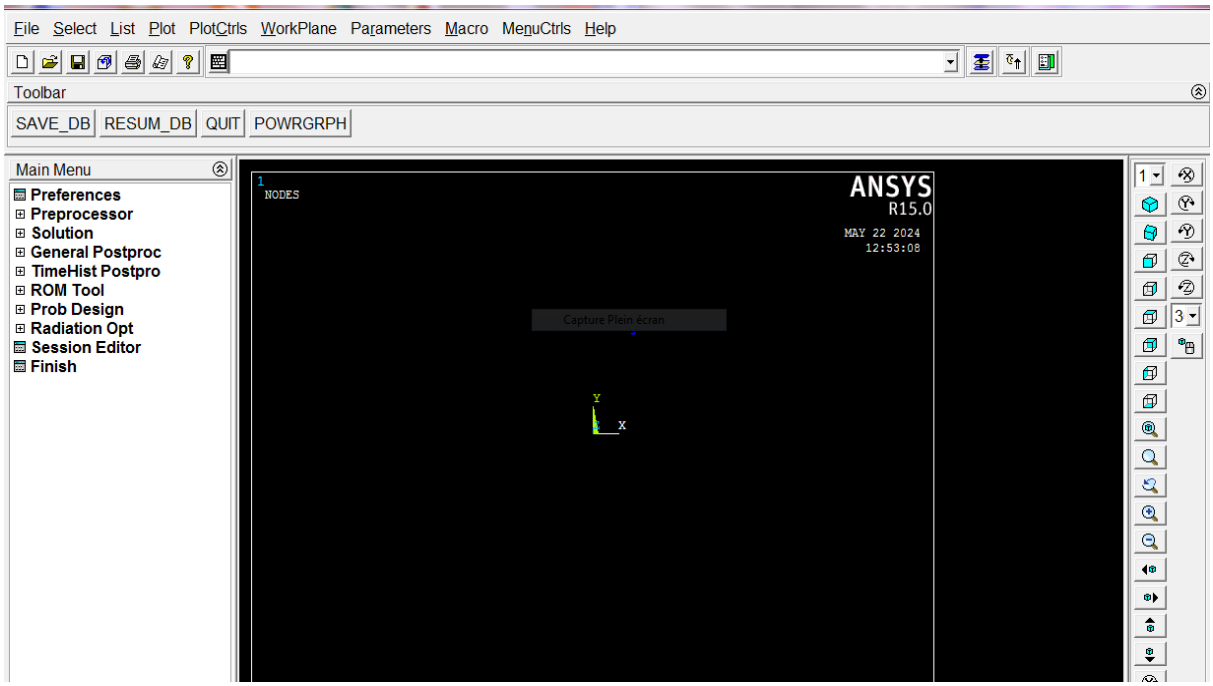


Figure 4.2 Interfacegraphiquede l'utilisateur APDL[24]

.

Chapitre V discussion des Résultat

5.1 Introduction

Dans chapitre,les résultats de la simulation numérique dans un échangeur á plaque, avec ou sans déflecteurs et avec une pale, sont introduit tel que la vitesse d'écoulement des fluides, les profils de température et de pression.

5.2 Identification :

L'objectif de ce travail est d'effectuer une analyse numérique d'un échangeurafin d'améliorer ces performances thermiques ; le choix s'est basé sur un échangeur a plaque,ces caractéristiques sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau5.1 caractéréstiques de l'échangeur .

Dimension	Matériau	Fluide caloporteur
L=0.26(x) L=1(y)	Aluminium	Lait/eau

Les propriétés de fluide et matériau d'échangeur de chaleur sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 5 .2 les propriétés du fluide et matériau d'échangeur de chaleur .

	Lait	Eau	Aluminium
Chaleur spécifique CP	3912	4037.24	900
Conductivité	0.642	0.68	237
Densité	1001.34	983.43	2700
Viscosité	0.000604	0.00033	/
Température	77.5	103	/
Pression	0	0	/
Vitesse	-0.52	0.52	/

5. 3 Démarches de travail suivi sur APDL :

Les démarches de travail suivi sur APDL sont présentées dans ce qui suit :

5.3.1la géométrie :

1.1-créeation des points (dans notre cas, on a 12 points) :

Tableau (5.3)la géométrie de l'échangeur

Point 01	X=0	Y=0
Point02	X=0,02	Y=0
Point03	X=0,12	Y=0
Point04	X=0,14	Y=0
Point05	X=0,24	Y=0
Point06	X=0,26	Y=0
Point07	X=0,26	Y=1
Point 08	X=0,24	Y=1
Point09	X=0,14	Y=1
Point10	X=0,12	Y=1
Point11	X=0,02	Y=1
Point12	X=0	Y=1

1.2-créeationdes lignes à partir des points

1.3-créeation d'une surface à partir des lignes

1.4- réalisation du maillage (figure géo 5.1)

1.5- introduction des conditions auxlimites

5 .4 Le maillage :

La figure suivante représente la qualité de maillage dont on a travaillé avec

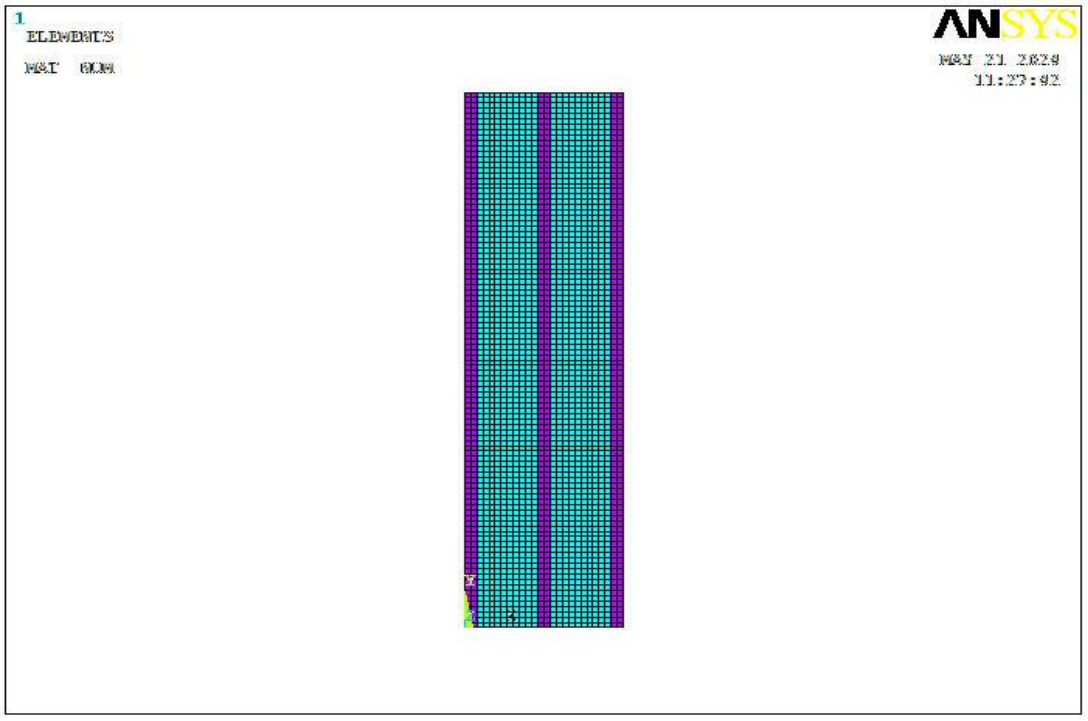


Figure 5.1le maillage d'un échangeur à plaque sans déflecteur .

5.5 interprétations des résultats :

5.5.1 Champde température :

A. Cas de l'échangeur

simple :

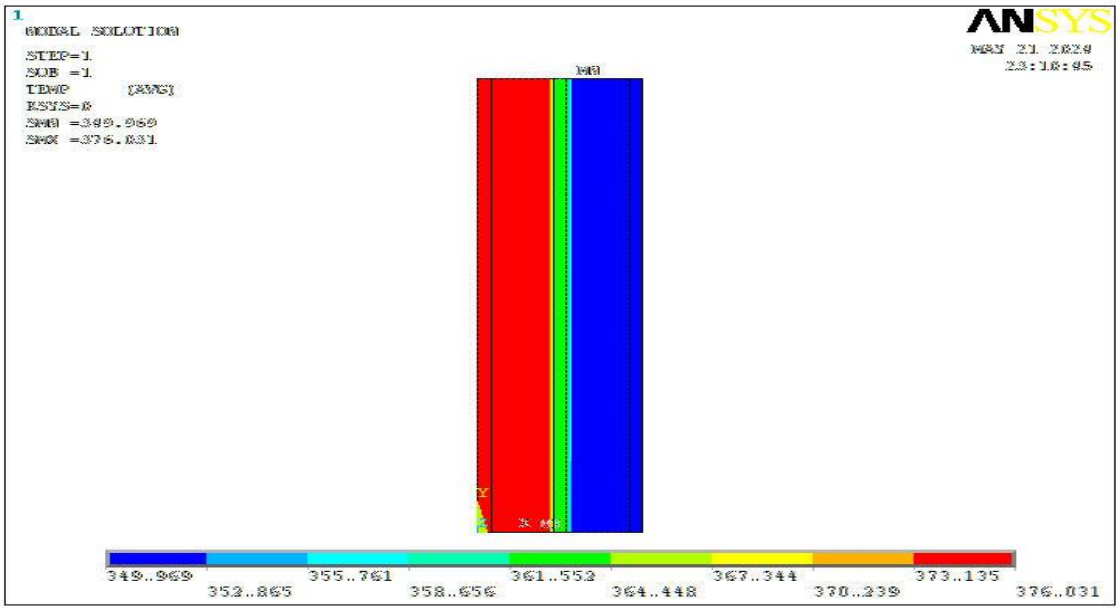
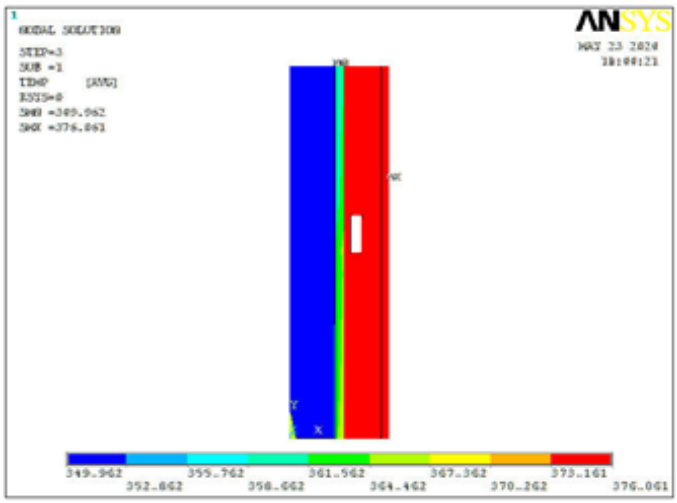
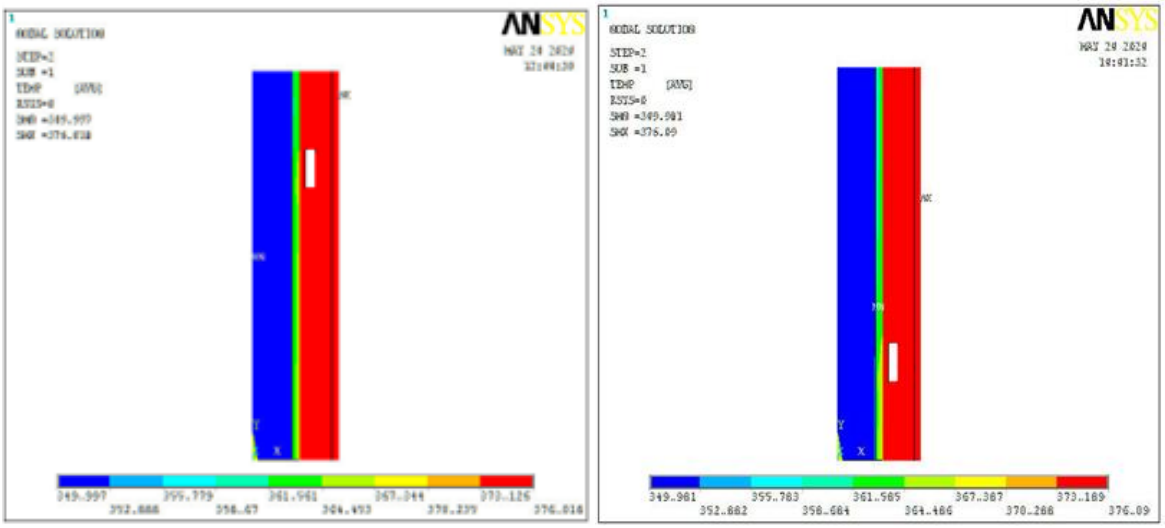


Figure5 .2 distribution de champ de température (échangeur à plaque simple) .

B.Cas l'échangeur de chaleur avec un déflecteur :



Centre

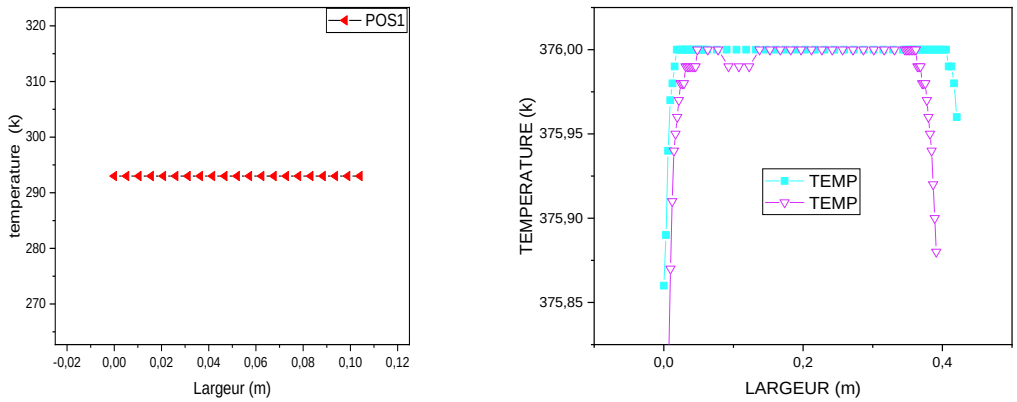


Position 01 Position 02

Figure 5.3distribution de champ de température (échangeur à plaque avec un déflucter).

C. Profils de température dans la long de l'échangeur :

La variation du profil de la température entre l'échangeur à plaque et zigzag en fonction de la largeur(y) ducanal est représentée sur les graphes suivants et ce pour des différentes positions dans le canal(x) :



A .Cas de léchangeur simple B. Cas de l'échangeur avec Un déflucteur

Figure5.4 Représentation graphique de la variation du profil de la température en fonction de la largeur (x)du canal.

La figure 5.4 réprésentela distribution de temperature dans un échangeur sans et avec un deflecteur pour différente position.on remareque une bonne interaction ,qui favorise le transfert de chaleur a cause les d éflecteur .

5.5.2 Champ de pression :

A. Cas d'un échangeur a plaque simple :

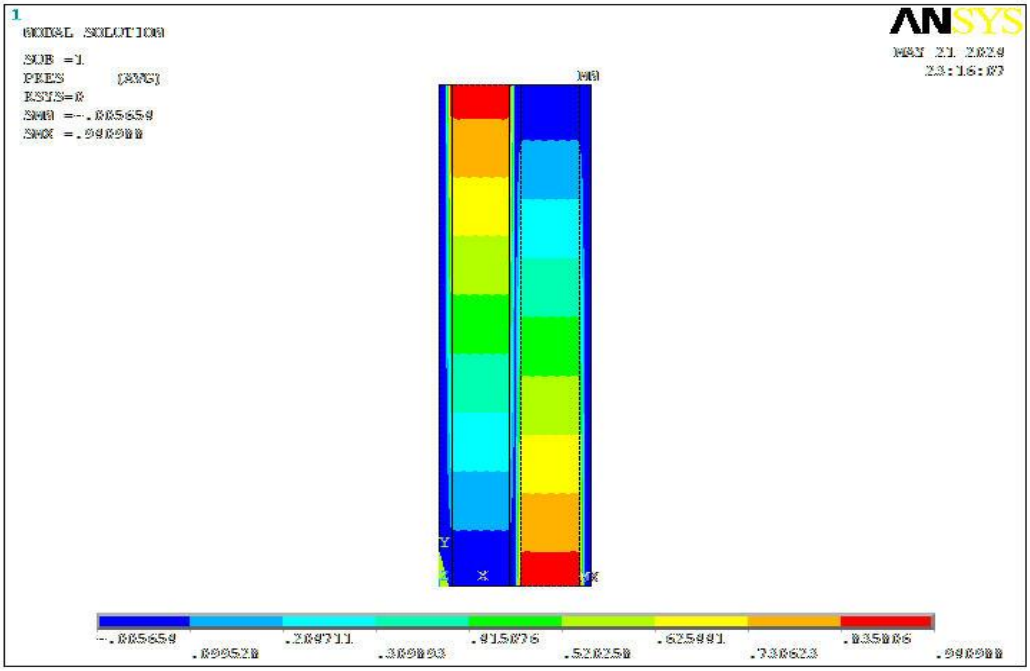
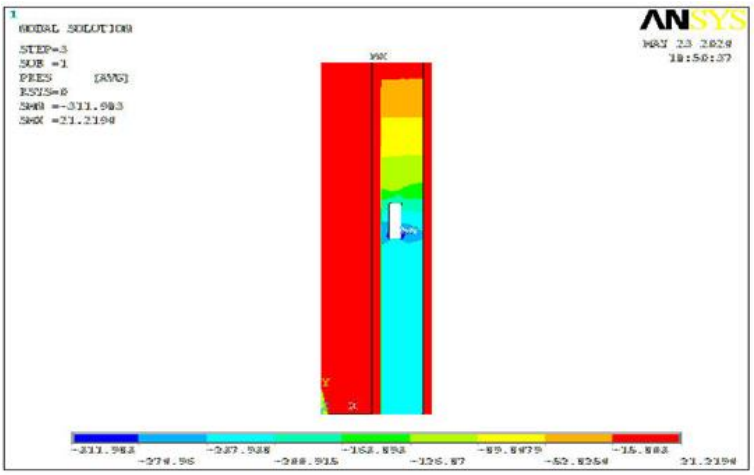
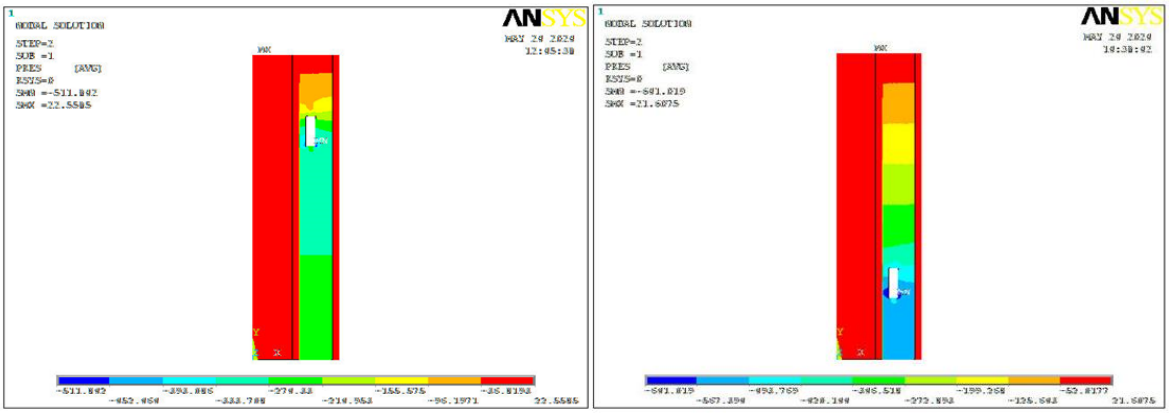


Figure 18 Distribution de champ de la pression (échangeur à plaque simple).

B. Cas d'un échangeur avec un déflecteur :



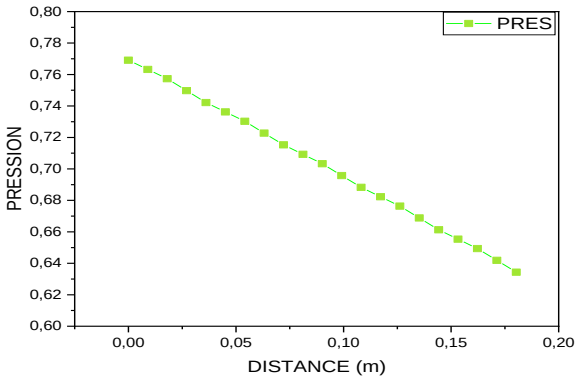
Centre

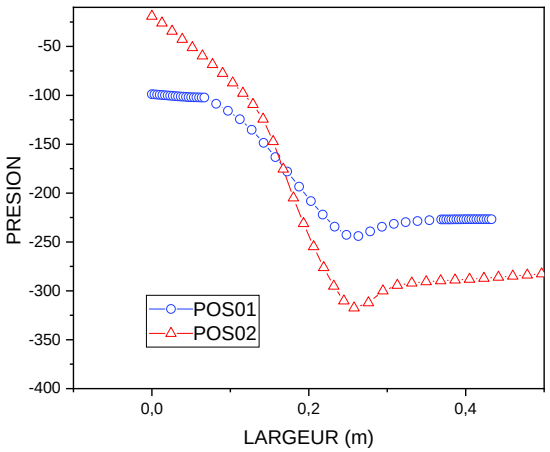


Position 01Position 02

Figure 19 Distribution de champ de la pression(échangeur à plaque avec un déflucter).

C. Profile de pression dans le long de l'échangeur :





A. Cas de l'échangeur simple : B. Cas de l'échangeur avec un déflecteur

Figure 20la représentation graphique de la variation du profil de la pression en fonction de la largeur (x) du canal

La figure 5.8 représente le champ de pression. Nous constatons que la chute de pression augmente beaucoup plus dans les trois cas de l'utilisation de déflecteur.

5.5.3 Champ de vitesse :

A. Cas de l'échangeur simple

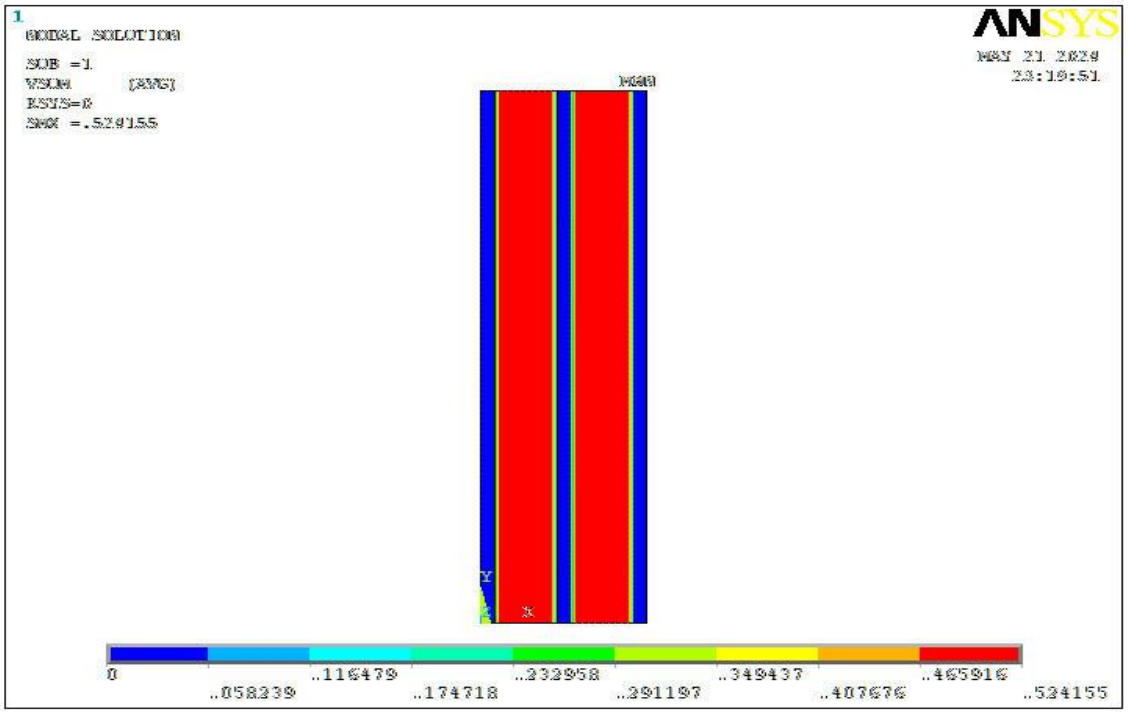
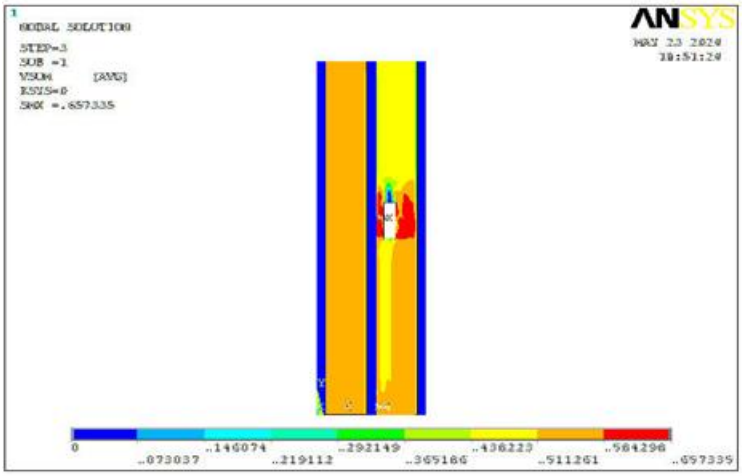
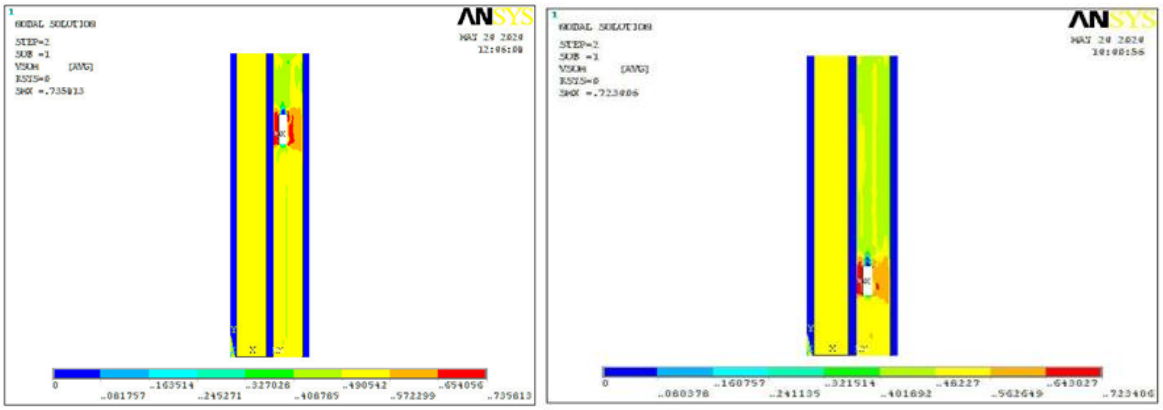


Figure 5.8distribution de champ de vitesse (échangeur à plaque simple).

B. Cas de l'échangeur avec un déflecteur



Centre

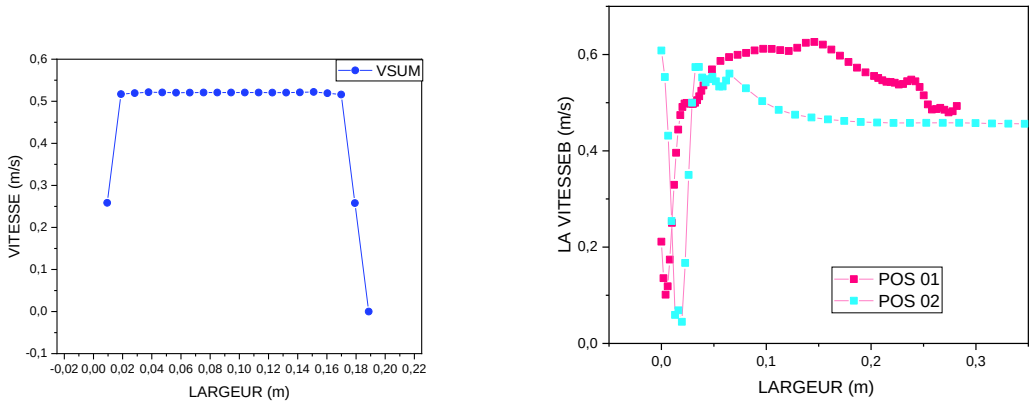


Position 01Position 02

Figure 5 .9 Distribution de champ de la vitesse dans le long de l'échangeur.

C.Variation de la vitesse à la longue de canal :

La variation du profil de la vitesse en fonction de la largeur(y) du canal est représentée dans les graphessuivants et ce pour des différentes positions dans le canal(x) :



Echangeur simple Echangeur avec un déflecteur

Figure 5.10 la représentation graphique de la variation du profil de la vitesse en fonction de la largeur (x).

On remarque d'après les graphes une augmentation à l'entrée de l'écoulement après il y a une stabilisation de vitesse ; La vitesse maximale atteint un seuil de vitesse maximale de v=0.52m/s

Avec [0 /0,25] on a un augmentation de vitesse

Et [0,25/0 ,3] on regarde une stabilisation de vitesse

5.6 Echangeur de chaleur avec palle :

5.6.1 Champ de température :

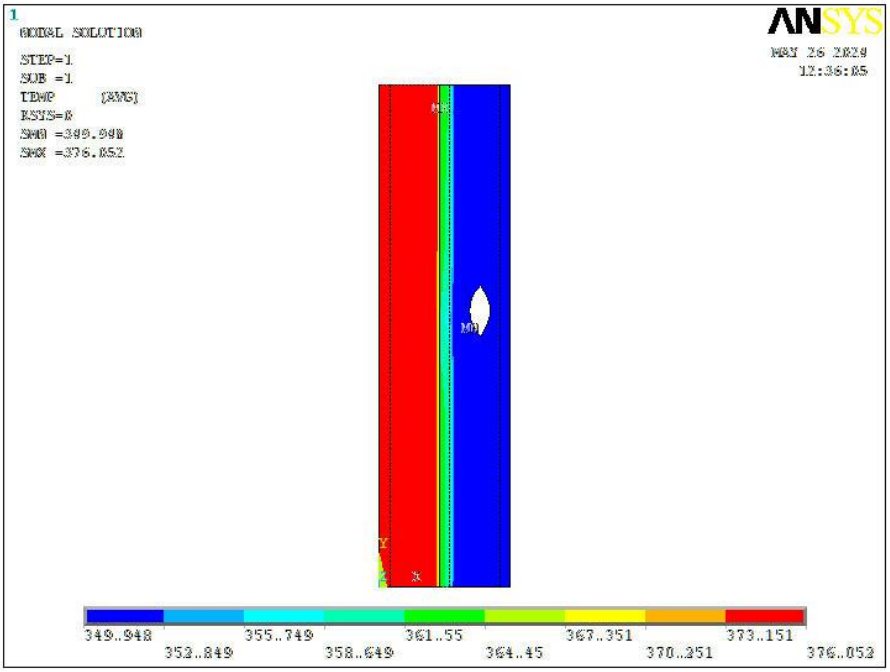


Figure21 profiles et distribution de champ de temperature dans un échangeur avec une palle .

Figure 5.12 Représentation graphique de la variation du profil de vitesse en fonction de la largeur (x) .

Champ de pression :

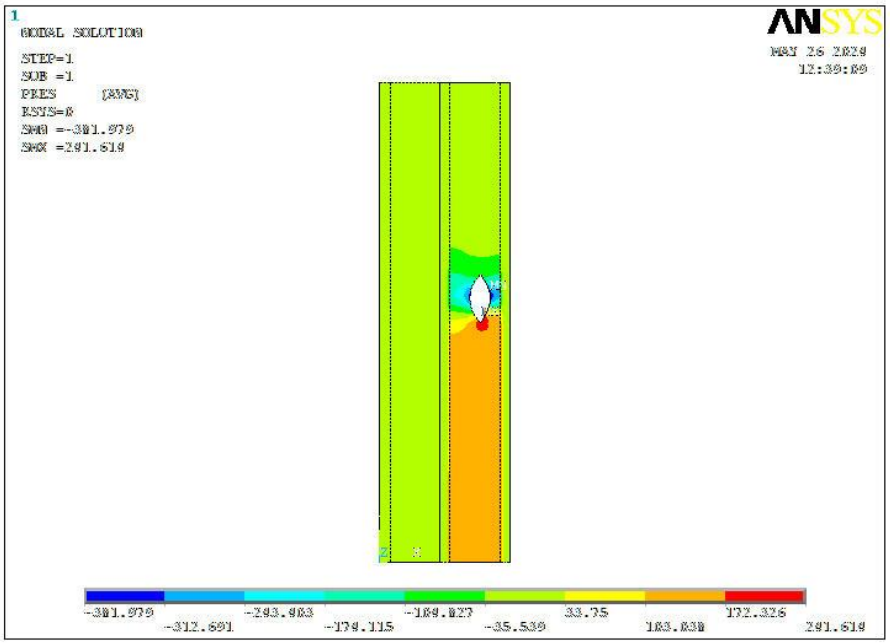


Figure 5.13profiles et distribution de champ de pression dans les long de les échangeur avec une pale.

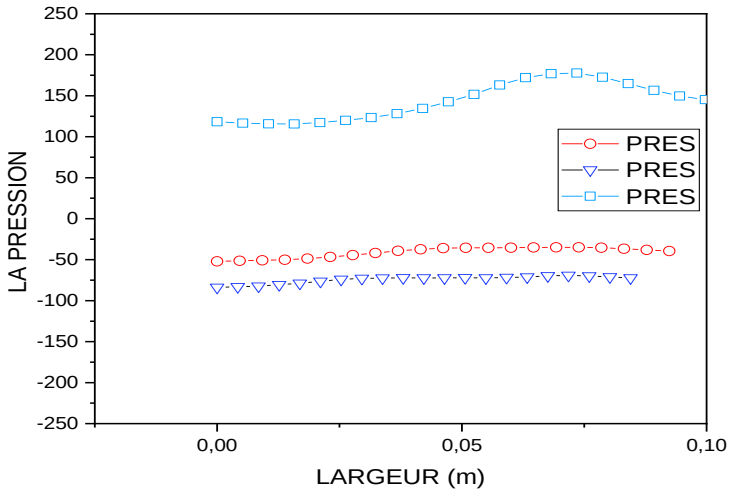


Figure 5.13 *la représentation graphiqu e de la variation du profil de pression en fonction de la largeur (x).*

Dans la figure [0 /0,10] la pression elle est constante

5.6.2 Champ de vitesse :

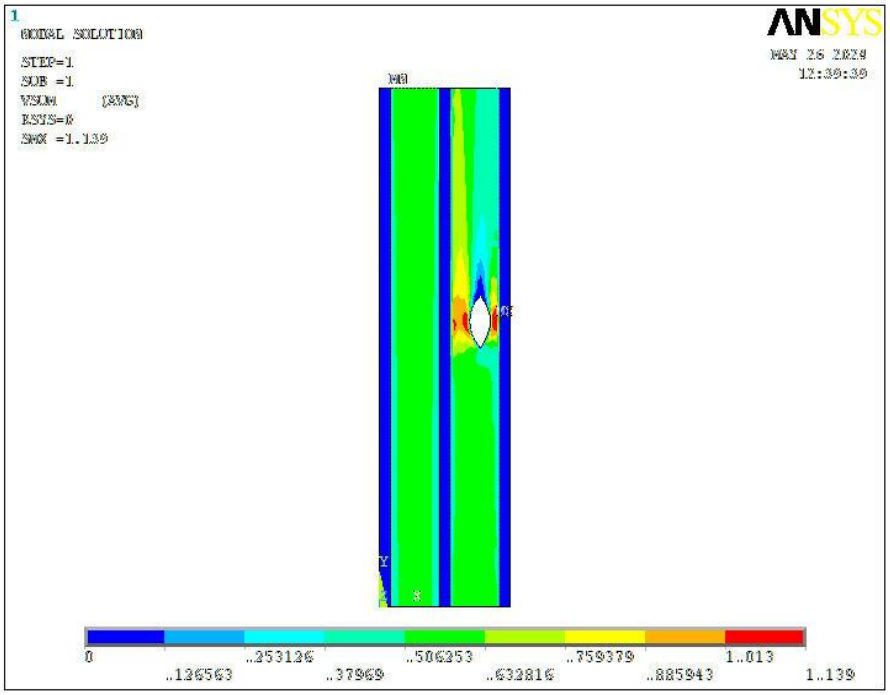


Figure 22 Profiles et distribution de champ de vitesse dans un échangeur avec une pale.

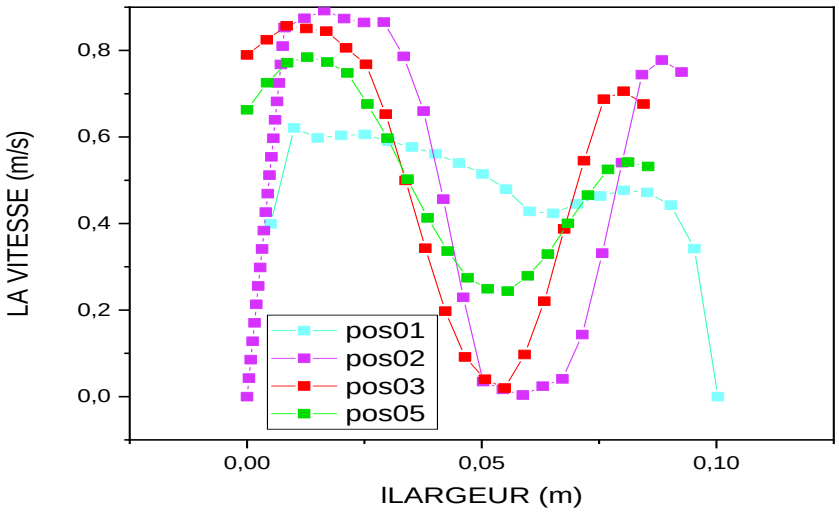


Figure 5.15 Représentation graphique de la variation du profil de la vitesse en fonction de la largeur (x).

On remarque que la vitesse elle est augmente dans [0/0,025]et elle diminue dans [0,025/0,05]

5.6.3 Champ de température :

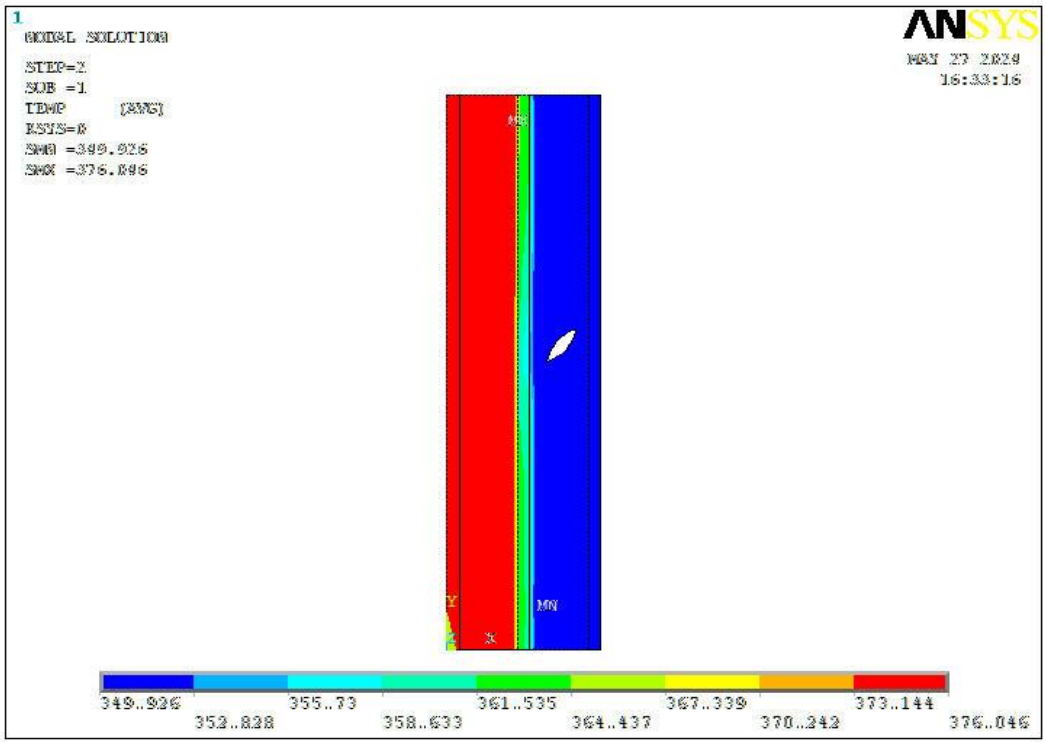


Figure23 Distribution de champ de température dans un échangeuravec une pale.

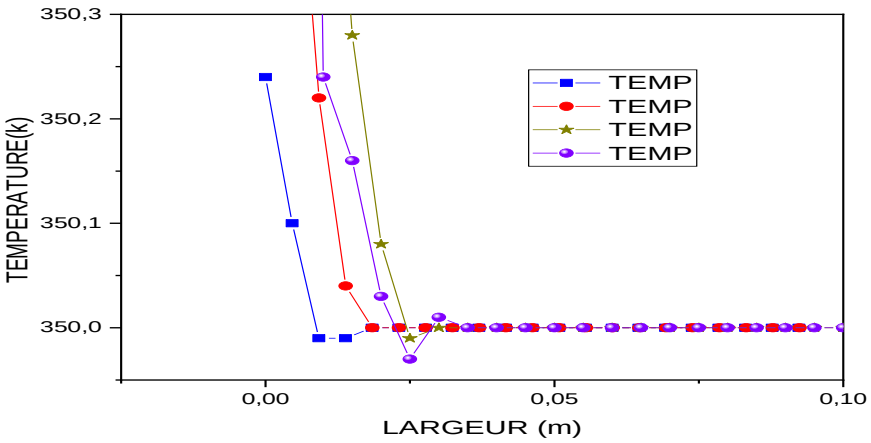


Figure 5.17Réprésentation graphique de la variation du profil de vitesse en fonction de la largeur (X).

On remarque que il est démunie au début après elle est constante

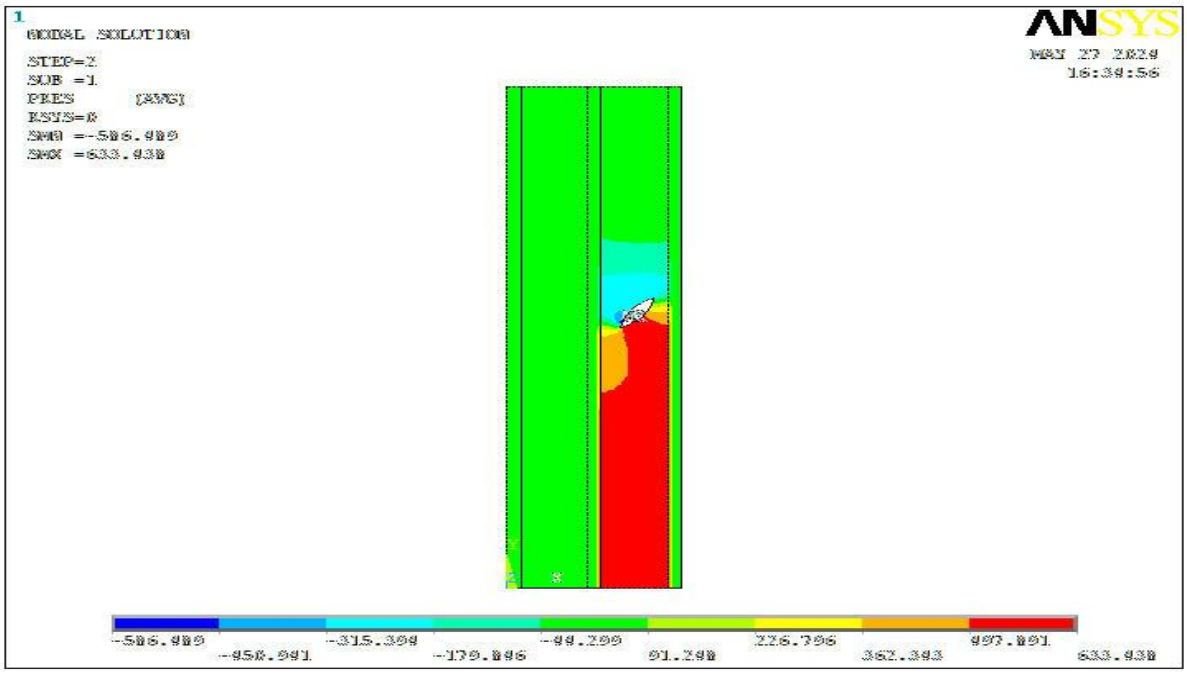


Figure 5 .18 Profiles et distribution de champ de pression dans un échangeur avec une pale.

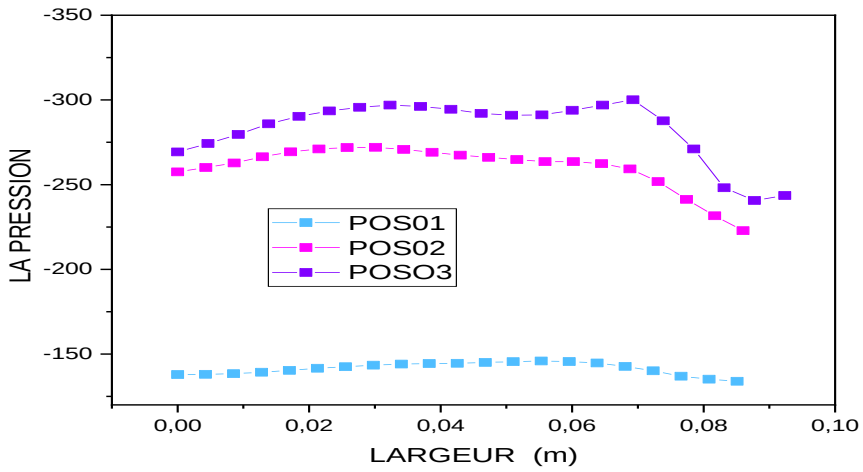


Figure 5.19 Représentation graphique de la variation du profil de la vitesse en fonction de la largeur (X).

On regarder que la vitesse elle est presque constente dans les trois position

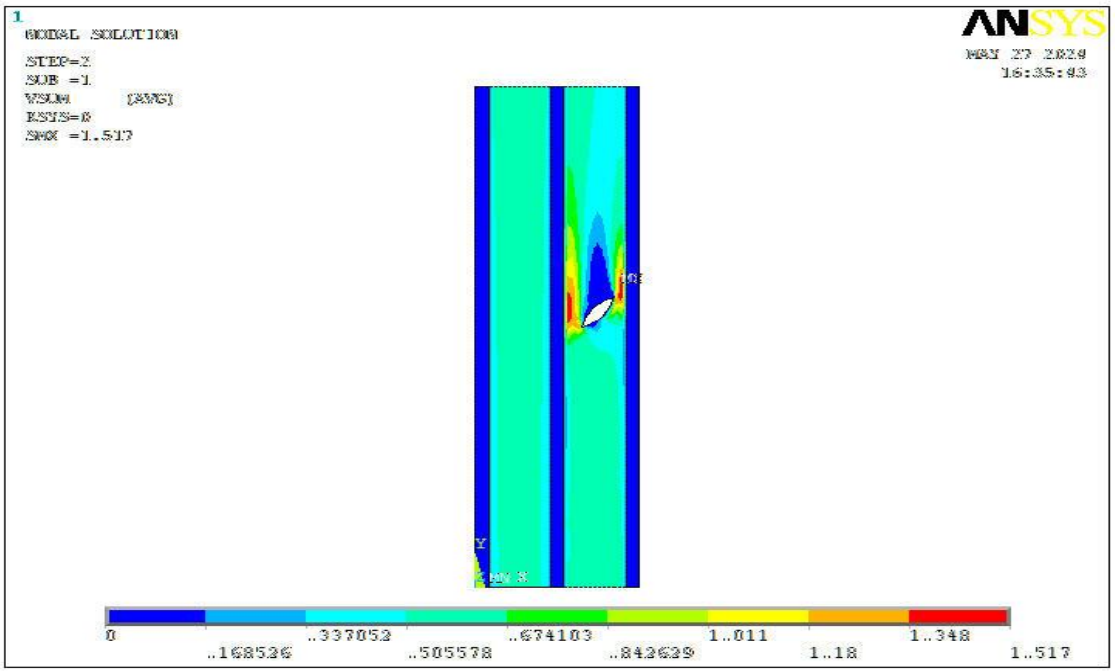


Figure 24 Profile**s** et distribution de champ de vitesse dans un échangeur avec une pale.

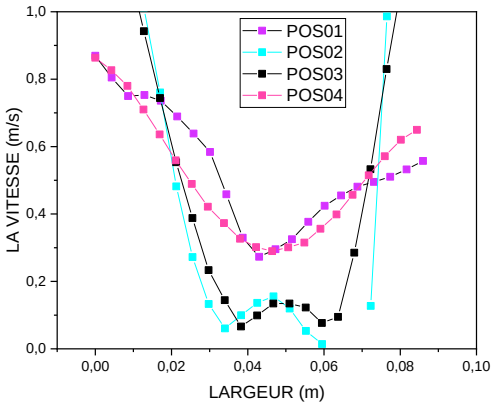


Figure 5.21 Représentation graphique de la variation du profil de la vitesse en fonction de la largeur (X).

Dans ce cas on trouve que la vitesse elle est démunie dans [0,02/0,04] après elle est augemente dans [0,04/0,05] et puis elle dimunie [0 ,05/0,06] avec une augmentation dans [0,06/0,08]

Après on trouve que La présence d'une pale influe sur l'écoulement des fluides par augmentation des perturbations ce qui conduit à l'amélioration de transfert de chaleur.

5.7 Conclusion :

Dans ce chapitre, On a étudié l'influence de la présence des déflecteurs et des pales sur le transfert de chaleur et les échanges thermique et dynamique.

Conclusion générale

Conclusion générale

Conclusion générale :

Notre travail de mémoire a porté essentiellement sur l'étude des phénomènes touchant les domaines decalcul numérique dans les échangeurs de chaleurs avec objectif de contribuer à améliorer les performances des écoulements et des transferts de chaleur dans les échangeurs à plaque. Il explore en détaille comportement d'écoulement et de transfert thermique conductif convectif en fonction de plusieurs paramètres géométriques. Plusieurs études de recherches ont été effectuées sur les échangeurs thermiques à plaque afin de connaitre ces phénomènes physiques. La compréhension de ceux-ci nous aperm et d'avoir une idée pour améliorer les performances d'échangeurs de chaleur. Notre étude a été réalisé numériquement sur un échangeur de chaleur à plaque avec plusieurs positions de déflecteurs et un autre essai en remplaçant le déflecteur par une pale. Les simulations numériques ont été effectuées en utilisant le code APDL. Notre travail c'est concentré sur le comportement de l'échangeur de chaleur à plaque en utilisant la discrétisation par élément finis et en jouant sur des configurations géométriques, sans ou avec déflecteurs etavec une pale rotative.
L'analyse des différents résultats obtenus nous a permis d'arriver aux constations suivantes :

1/-Le déflecteur perturbe l'écoulement localement par la création de vortex et zone de recirculation.
2/-Plus les perturbations augmentent, plus la couche limite est très large qui favorise l'échange thermique et les pertes de charge.

Références Bibliographique

Références Bibliographique

Références Bibliographique :

[1] A. Bontemps, A. Garrigue, C. Goubier, J. Huetz, C. Marvillet, P. Mercier, R. Vidil, Echangeurs de Chaleur, Ed. Techniques Ingénieur.

[2] F. Finkbeiner, T. Gonard, B. Filiol, Echangeurs thermiques: enjeux, marchés, technologie et politique d'innovation, Editions européennes thermique et industrie, 1993.

[3] F. Lohrisch, What Are the Optimum Exchanger Conditions?, Hydrocarbon Process, Petrol. Readings, (1963) 177.

[4] J. Bevevino, Standards of Tubular Exchanger Manufacturers Association, TEMA, New York, (1978).

[5] J. Taborek, Evolution of heat exchanger design techniques, Heat transfer engineering, 1 (1979) 15-29.

[6] A. Bontemps, A. Garrigue, C. Goubier, J. Huetz, C. Marvillet, P. Mercier, Échangeur de chaleur, Description des échangeurs, Techniques de l'ingénieur B, 2 (1995) 341.

[7] P. Tobaly, Echangeurs de chaleur, IUT de St Denis Licence Professionnelle Module Ingénierie des systèmes multi techniques, 14 (2002).

[8] J. PADET, Échangeurs thermiques, Editions Masson, paris, (1994) 58-87.

[9] R.K. Shah, D.P. Sekulic, Fundamentals of heat exchanger design, John Wiley & Sons, 2003.

[10] E.U. Schlunder, Heat exchanger design handbook, (1983).

[11] Thèse présentée et soutenue publiquement pour l'obtention du garde de Docteur deL'INPL par Selma Ben SAAD

[12]

[13] H. Sayyaadi, H.R. Aminian, Design and optimization of a non-TEMA type tubular recuperative heat exchanger used in a regenerative gas turbine cycle, Energy, 35 (2010) 1647-1657.

[14] Y. Venkatesan, Effect of maldistribution and flow rotation on the shell side heat transfer in a shell and tube heat exchanger, in, Wichita State University, 2011.

[15] W.M. Kays, A.L. London, Compact heat exchangers, (1984).

[16] K. Sadik, L. Hongtan, P. Anchasa, Heat Exchangers: Selection, Rating, and Thermal Design, in, CRC press, 2002.

[17] K. Leoug, K. Toh, Y. Leong, Shell and tube heat exchanger design software for educational applications, International Journal of Engineering Education, 14 (1998) 217-224.

[18] W. Yongqing, G. Xin, W. Ke, D. Qiwu, Numerical investigation of shell-side characteristics of H-shape baffle heat exchanger, Procedia Engineering, 18 (2011) 53-58.

Références Bibliographique

[19] Q. Wang, Q. Chen, G. Chen, M. Zeng, Numerical investigation on combined multiple shell-pass shell-and-tube heat exchanger with continuous helical baffles, International journal of heat and mass transfer, 52 (2009) 1214-1222.

[20] : Thèse présentée et soutenue publiquement pour l'obtention du garde de Docteur de l'INPL par Selma Ben SAAD.

[21] : O.R.Amine, F.Abdelkader.Thèse d'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en génie mécanique, Université docteur Yahia fares de Médéa-2003/2004.

[22] : chapitre conception des principaux éléments des appareilles thermiques.
[23] : M .Guire ;B .Loues ;Simulation Numérique de l'impact des gouttelettes de métal Creuses sur une surface inclinée, Master en Génie Mécanique. Université Dr Yahia Farés de Médéa en 2013.
[24] : Benkhaoua.H & Mazouzi.Etude numérique de l'influence des chicances sur les Performances thermique d'un échangeur tubulaire. Master en génie mécanique. Université Docteur yahia farés de Médéa.2012-2013