

Chapitre IV. Description des appareils d'échange de chaleur sans changement de phase

IV.1. Introduction

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

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

Les échangeurs de chaleur sont généralement employés dans une variété de procédés d'usine pour transférer l'énergie d'un fluide à un autre sans mélanger les deux substances. Ils exécutent, ainsi, une double fonction, celle de réchauffer un fluide froid au moyen d'un fluide chaud qu'ils refroidissent en même temps.

Le souci technologique majeur des échangeurs de chaleur est l'amélioration de l'échange thermique entre les deux fluides tout en générant le moins de pertes de charges ou de leur réduire à leur plus bas niveau possible.

Le domaine des échangeurs de chaleurs peut être considéré comme une synthèse des domaines suivants : transferts thermiques, mécanique des fluides, corrosion et encrassement. Dans ce travail, on a abordé un bref aperçu sur les échangeurs de chaleur, en commençant avec une définition, puis une description le principe de fonction des échangeurs de chaleur double tube, à faisceau et calandre et enfin à plaque.

IV.2. Généralités

IV.2.1. Définition d'un échangeur thermique

Un échangeur de chaleur est un appareil destiné à assurer un transfert de chaleur entre deux ou plusieurs fluides. Cet appareil réchauffe un fluide de procédé et en refroidit un autre souvent sans changement de phase. De l'un et l'autre. Les échangeurs thermiques permettent des échanges de chaleur entre : deux liquides, deux gaz, ou un gaz et un liquide. En cas de transfert de chaleur accompagné de changement de phase, les échangeurs thermiques peuvent assurer une fonction d'évaporation ou de condensation.

IV.2.2. Principe de fonctionnement

Dans un échangeur, la chaleur est transmise d'un fluide à un autre. Le même fluide peut être conservé son état physique ou se présenter successivement sous les deux phases.

IV.2.3. Types classiques des échangeurs de chaleur

Pour résoudre des problèmes d'échanges thermiques, l'utilisateur se trouve devant une grande variété de produits, dont les principales catégories sont les échangeurs à plaques et les échangeurs tubulaires.

IV.2.4. Classification des échangeurs

Les échangeurs de chaleur peuvent être classés de différentes façons selon leurs classifications.

IV.2.4.1. Classification selon leurs procédés de transfert thermique

Les échangeurs de chaleur sont classés en deux types :

A. Echangeurs de chaleur à contact indirect

Dans un échangeur de chaleur à contact indirect, les flux des fluides restent séparés et la chaleur est transférée de manière continue à travers une paroi de séparation imperméable ou à l'intérieur et à l'extérieur d'une paroi de manière transitoire. Idéalement, il n'y a pas de contact direct entre les fluides en interaction thermique.

B. Echangeurs de chaleur à contact direct

Dans ce type, la chaleur passe continuellement du fluide chaud au fluide froid à travers une paroi de séparation. Bien qu'un flux simultané de deux (ou plus) fluides soit nécessaire dans

l'échangeur, il n'y a pas de mélange direct des deux (ou plus) fluides parce que chaque fluide s'écoule dans des passages de fluide séparés. En général, il n'y a pas de pièces mobiles dans la plupart de ces échangeurs de chaleur. Ce type d'échangeur est désigné comme un échangeur de chaleur récupérateur ou simplement comme un récupérateur. (Certains exemples d'échangeurs de chaleur à transfert direct sont des échangeurs tubulaires, à plaques et à surface étendue).

IV.2.4.2. Classification selon la compacité de surface

Le rapport du transfert de chaleur, surface d'un côté de l'échangeur de chaleur au volume peut être utilisé comme une mesure de la compacité des échangeurs de chaleur. On peut classer les échangeurs de chaleur aux échangeurs compacts et non compacts (figure VI.1).

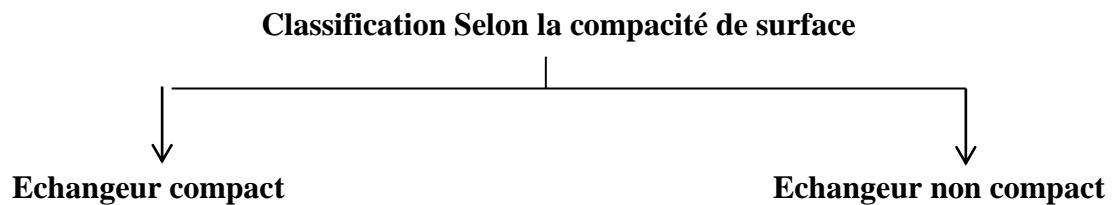


Figure IV.1. Classification des échangeurs de chaleur selon la compacité de surface.

IV.2.4.3. Classification selon la construction

Les échangeurs de chaleur peuvent également être classés en fonction de leurs caractéristiques de construction. Par exemple, il y a des échangeurs tubulaires, à plaques, à surface étendue et à régénération (figure IV.2).

Un facteur de performance important pour tous les échangeurs de chaleur est la quantité de surface de transfert de chaleur au volume de l'échangeur de chaleur. C'est ce qu'on appelle son facteur de compacité et est mesuré en mètres carrés par mètre cube.

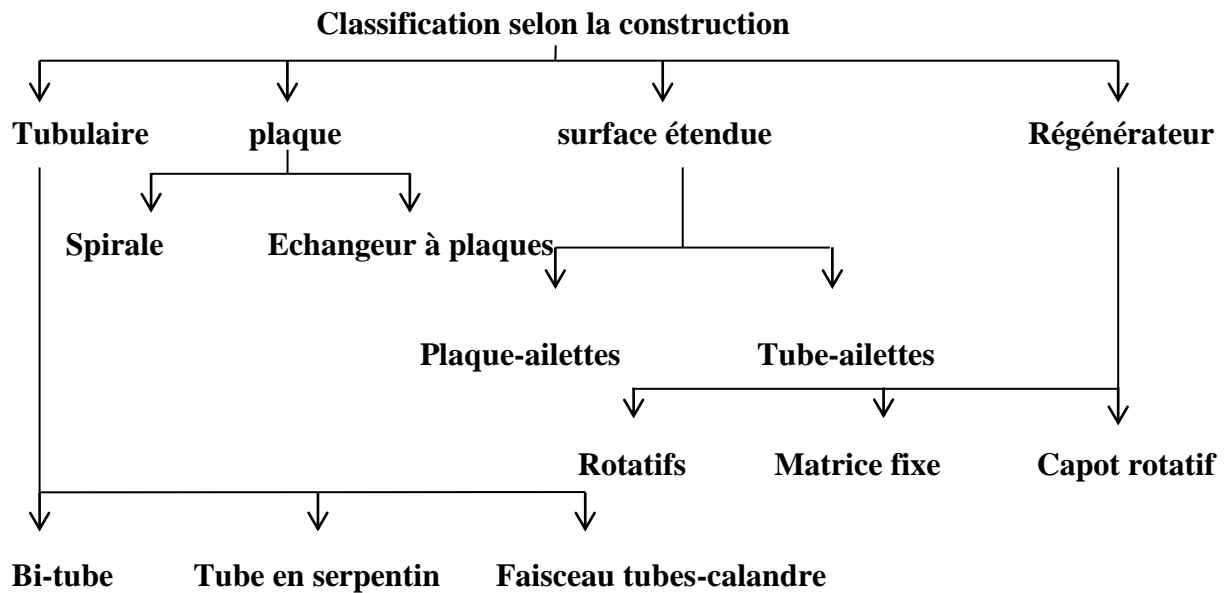


Figure IV.1. Classification selon la construction.

IV.2.4.4. Classification selon 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.

IV.2.4.5. Classification selon le nombre de fluide

La plupart des procédés de chauffage, refroidissement, récupération de chaleur, et le rejet de chaleur impliquent le transfert de chaleur entre deux fluides. Par conséquent, les échangeurs de chaleur à deux fluides sont les plus courants. Les échangeurs de chaleur à fluide sont largement utilisés en cryogénie et dans certains procédés chimiques (par exemple systèmes de séparation de l'air, unité de séparation hélium-air, purification et liquéfaction de l'hydrogène, synthèse de l'ammoniac). Dans certaines applications de procédés chimiques, on a utilisé jusqu'à 12 flux de fluides à l'expiration. La théorie de la conception de trois- et multi fluide échangeurs de chaleur est algébriquement très complexes (figure IV.3).

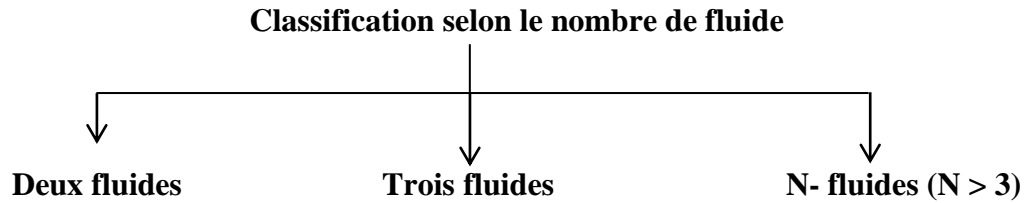


Figure IV.2. Classification des échangeurs selon le nombre de fluide.

IV.2.4.6. Classification selon la configuration des fluides

La distinction est faite ici entre les échangeurs à simple passage, où l'un des fluides circule une seule fois dans la structure de l'échangeur, et les échangeurs à passages multiples, où les fluides sont amenés à circuler plusieurs fois dans la structure, éventuellement dans des sens différents. Le courant peut être séparé, pour échanger par exemple avec deux milieux à des températures distinctes, ou bien divisé dans plusieurs canaux pour augmenter la surface d'échange (figure IV.4)

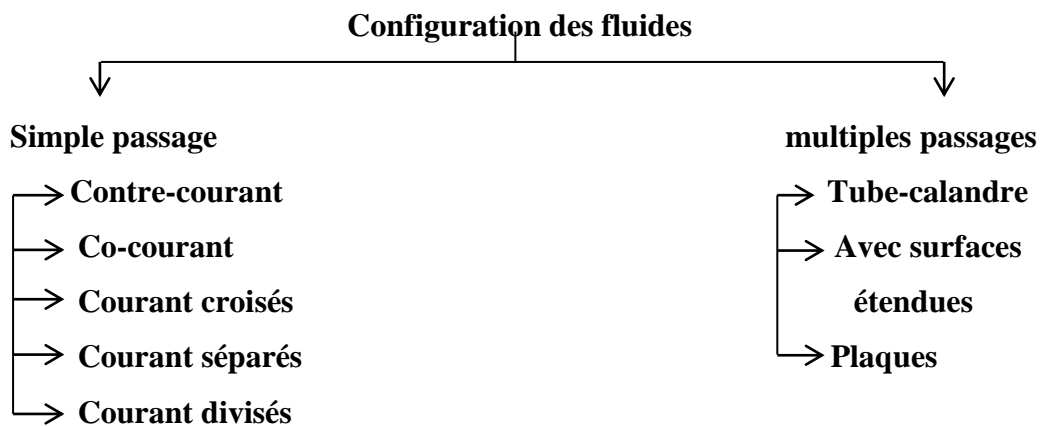


Figure IV.3. Classification des échangeurs selon la configuration des fluides.

IV.2.4.7. Classification selon le sens de l'écoulement

On peut classer les échangeurs thermiques selon le sens de l'écoulement des fluides. On distingue alors les échangeurs :

- ✓ **A courants parallèles** : les deux fluides circulent parallèlement et vont dans le même sens (Figure IV.5).

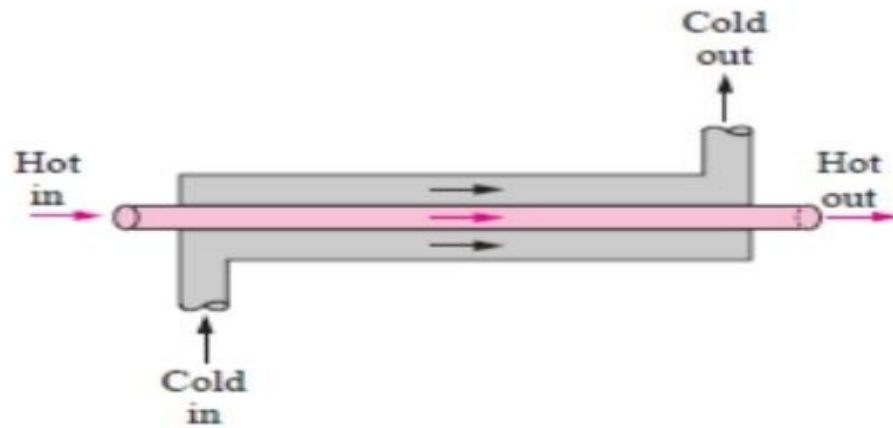


Figure IV.5. Echangeur à tube à courant parallèle.

- ✓ **A contre-courants** : les deux fluides circulent parallèlement mais vont dans le sens opposé (figure IV.6).

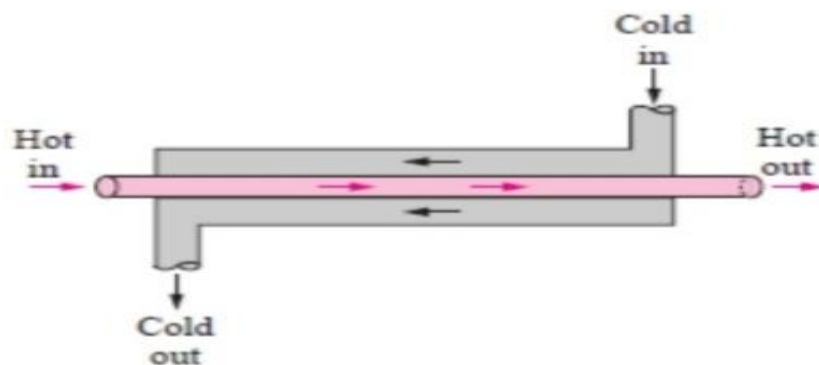


Figure IV.6. Echangeur à tube à contre-courant.

- ✓ **A courants croisés** : les deux fluides circulent perpendiculairement.
- ✓ **A tête d'épingle** : un des fluides fait demi-tour dans un conduit plus large tandis que le deuxième le traverse. On peut considérer que cela correspond à un courant parallèle sur une moitié de la distance de l'échangeur et sur l'autre moitié à un contre-courant.
- ✓ **A contact direct ou à mélange** : les deux fluides sont mis en contact.

IV.2.4.8. 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 a un écoulement avec changement de phase, cas des évaporateurs ou des condenseurs.

IV.2.4.9. 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.

IV.2.4.10. Classification selon les types d'échange

A. Echangeur sans changement de phase

Les échangeurs de chaleur sans changement de phase correspondent aux échangeurs dans lesquels l'un des fluides se refroidit pour réchauffer le deuxième fluide sans qu'il y ait changement de phase. Les températures des fluides sont donc variables, tout le long de l'échangeur.

B. Echangeur avec changement de phase

Les échanges avec changement de phase sont caractérisés par trois cas différents :

- ✓ L'un des fluides se condense alors que l'autre se vaporise : ces échangeurs sont rencontrés dans les machines frigorifiques.
- ✓ Le fluide secondaire se vaporise en recevant de la chaleur du fluide primaire, lequel ne subit pas de changement d'état. Ils sont appelés évaporateurs.
- ✓ Le fluide primaire se condense en cédant sa chaleur latente au fluide secondaire plus froid, lequel ne subit pas de transformation d'état.

IV.2.5. Critères de sélection d'un échangeur de chaleur

Les critères de sélection sont nombreux, mais les critères principaux sont la nature du fluide à traiter, les pressions et les températures de fonctionnement, et les coûts. Les fluides impliqués dans le transfert de chaleur peut être caractérisé par la température, la pression, la phase, les propriétés physiques, la toxicité, corrosivité, et tendance à l'encrassement. Les conditions de fonctionnement des échangeurs de chaleur varient dans une fourchette très large, et un large éventail d'exigences est imposée pour leur modèle et performance.

Tous ces éléments doivent être considérés lors de l'évaluation du type de l'échangeur à utiliser. Lors de la sélection d'un échangeur de chaleur pour une tâche donnée, les points suivants doivent être considérés :

- ✓ Matériaux de construction
- ✓ Pression et température de fonctionnement,
- ✓ Débits
- ✓ Type d'écoulement
- ✓ Performance paramètres : efficacité thermiques et perte de charge
- ✓ Risque d'encrassement
- ✓ Types et phases de fluides
- ✓ Possibilités d'entretien, d'inspection, de nettoyage, extension et de réparation
- ✓ Cout global
- ✓ Techniques de fabrication
- ✓ Applications destinées.

IV.2.6. Exigences de sélection d'un échangeur de chaleur

Les échangeurs de chaleur doivent remplir les conditions suivantes :

- ✓ Grande efficacité thermique
- ✓ Perte de charge aussi faible que possible
- ✓ Fiabilité et espérance de vie
- ✓ Produit de haute qualité et un fonctionnement sûr
- ✓ Compatibilité des matériaux avec les fluides de fonctionnement
- ✓ Format pratique, facile pour l'installation, l'utilisation fiable
- ✓ Facilité d'entretien et de réparation
- ✓ Léger mais robuste dans la construction pour résister aux pressions opérationnelles
- ✓ Simplicité de fabrication
- ✓ Faible coût

IV.3. Echangeurs à faisceau et calandre

L'échangeur de chaleur à faisceau et calandre (figure IV.7), faisant partie des échangeurs tubulaires, est probablement le type d'échangeur le plus commun trouvé dans l'industrie. Il est largement répandu dans l'industrie pétrolière puisqu'il peut être construit avec de très grandes surfaces dans un volume relativement petit. Il peut être conçu à partir d'alliages d'acier et

avec des diamètres et longueurs très variables. Il est destiné au chauffage et à la condensation de tous les types de fluides.

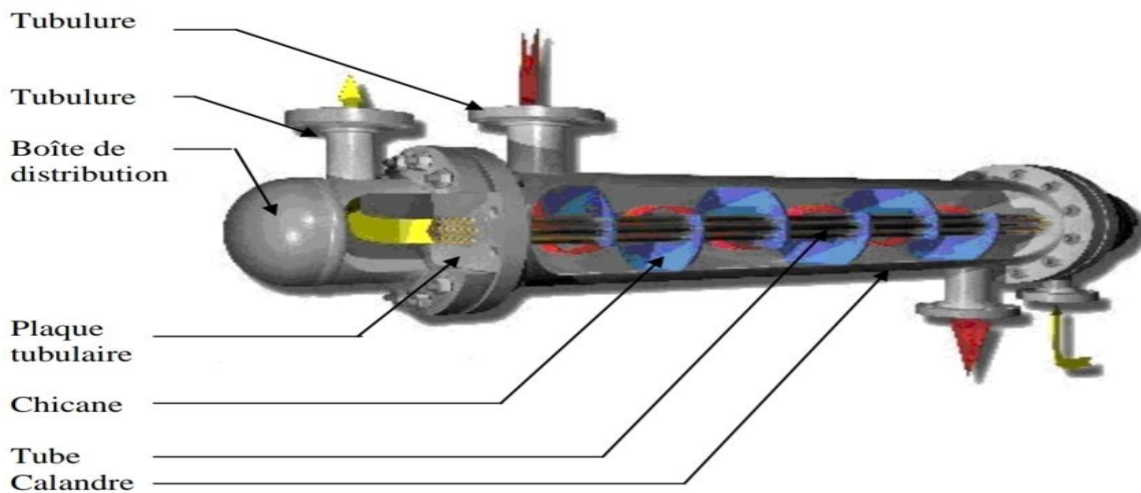


Figure IV.7. Schéma d'un échangeur tube-calandre.

Ce type d'appareil est constitué d'un faisceau de tubes montés sur deux plaques tubulaires et portant un certain nombre de chicanes. A chaque extrémité sont fixées des boîtes de distribution qui assurent la circulation du fluide en plusieurs passes à l'intérieur du faisceau. Le faisceau est logé dans une calandre, munie de tubulures d'entrée et de sortie pour le second fluide qui circule à l'extérieur des tubes suivant le chemin imposé par les chicanes. Les principaux éléments de cette catégorie d'échangeur sont décrits ci-dessous :

IV.3.1. Calandre

La calandre est un cylindre sans soudure ou une plaque d'acier roulée et soudée, ayant des brides de boulonnage à chaque extrémité (figure IV.8). Ces brides porteront le couvercle et la boîte de distribution, ainsi que les plaques tubulaires dans le but de maintenir le faisceau de tubes et éviter sa vibration. Les plaques tubulaires peuvent être fixes ou à tête flottante. Le fluide côté calandre traverse celle-ci dans un mouvement d'onde grâce à la présence des chicanes qui sont en forme de segment avec une coupure de 25 % de l'espace libre, placées alternativement le long de la calandre. Ces chicanes aident à créer la turbulence requise pour l'amélioration du transfert thermique en augmentant la vitesse d'écoulement à l'intérieur de la calandre. D'autre part, elles diminuent les vibrations et minimisent les zones mortes. En

générale et dans le but d'augmenter la transmission de chaleur, plusieurs calandres peuvent être placées en série ou en parallèle selon les besoins.



Figure IV.8. Photo montrant une calandre.

IV.3.2. Faisceau et Assemblage faisceau-calendrier

IV.3.2.1. Faisceau

Les faisceaux de tubes sont, en général, hydrostatiquement testés. Les tubes peuvent être soit des tubes en U, soit des tubes droits (figure IV.9).

Les tubes sont fixés à chacune de leur extrémité dans deux plaques tubulaires. La perforation des trous dans ces plaques est normalisée ; elle s'effectue selon une disposition soit au pas carré ou carré renversé, soit au pas triangulaire ou triangulaire renversé, comme il est montré sur la Figure 5. Le pas triangulaire permet de placer 10 % de tubes en plus que le pas carré, mais rend leur nettoyage mécanique extérieur impossible. Il provoque, en outre, une perte de charge côté calandre plus élevée que le pas carré. Pour cela, le pas carré est plus répandu dans l'industrie pétrolière.

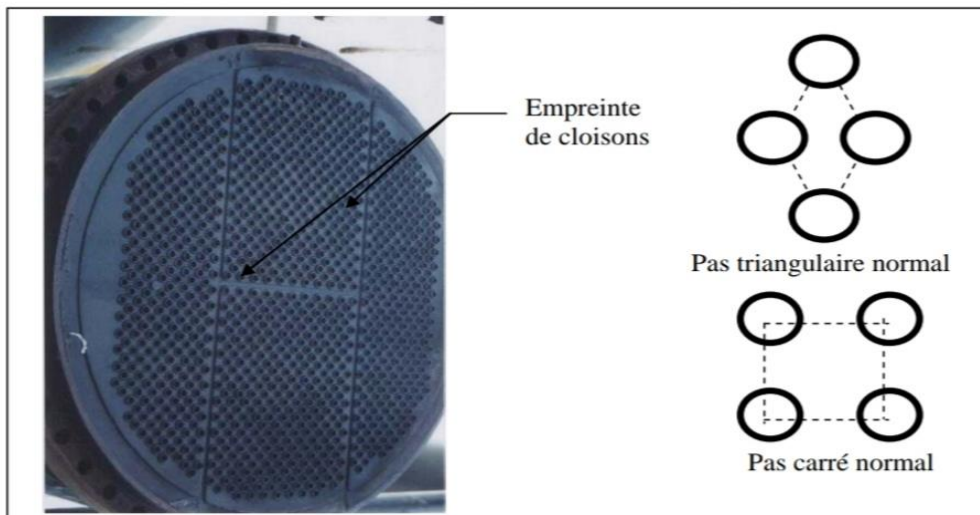


Figure IV.9. Exemple de disposition des tubes du faisceau.

IV.3.2.2. Assemblage faisceau-calendrier

On distingue trois classes d'appareils :

A. Echangeurs à plaque tubulaire fixes

Celles-ci peuvent être directement soudées sur la calandre. De construction peu onéreuse, ces appareils permettent de loger le maximum de tubes à l'intérieur de l'enveloppe, mais ils ne peuvent être utilisés que si la différence de température entre les fluides chaud et froid est suffisamment faible pour que la dilatation ou la contraction du faisceau soit acceptable. En outre, le nettoyage de l'extérieur des tubes ne peut s'effectuer que par voie chimique. Leur emploi en raffinerie reste donc très limité (figure IV.10).

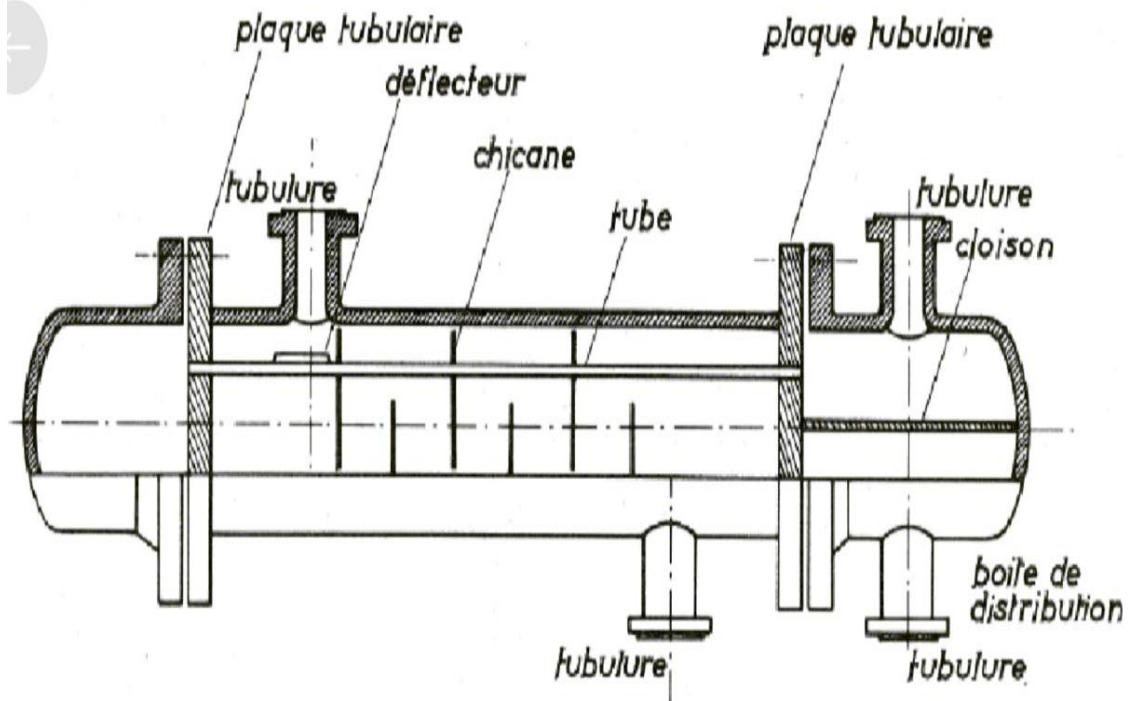


Figure IV.10. Echangeur à plaque tubulaire fixes.

B. Echangeurs à tête flottante

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. Ces appareils, permettant l'expansion thermique du faisceau ainsi que son nettoyage mécanique, constituent la presque totalité des échangeurs utilisés en raffinerie (figure IV.11).

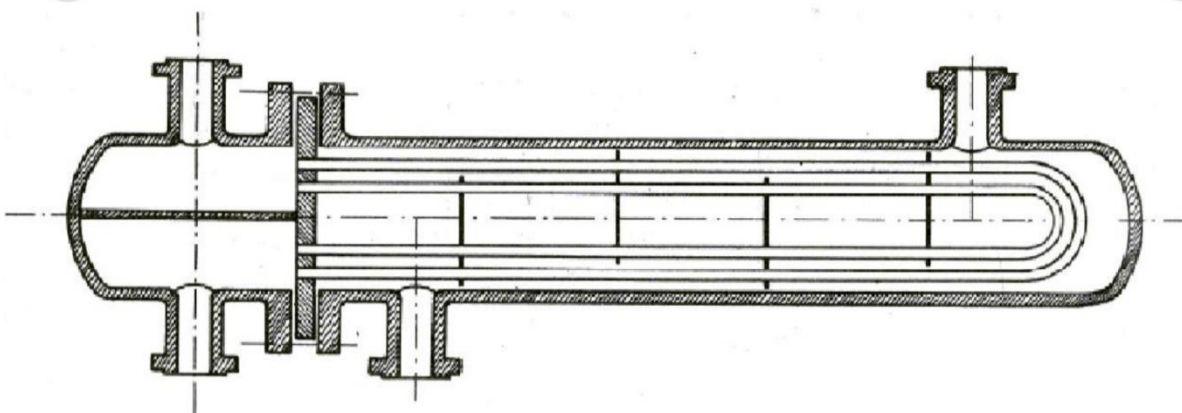


Figure IV.11. Echangeur à tête flottante.

C. Echangeurs à tubes en U

L'utilisation de tubes coudés supprime une plaque tubulaire, tout en conservant les propriétés d'expansion de la tête flottante. L'économie réalisée par le coût d'une plaque tubulaire est compensée par l'impossibilité de nettoyage mécanique de l'intérieur des tubes, ces faisceaux seront surtout utilisés dans les rebouilleurs à vapeurs (figure IV.12).

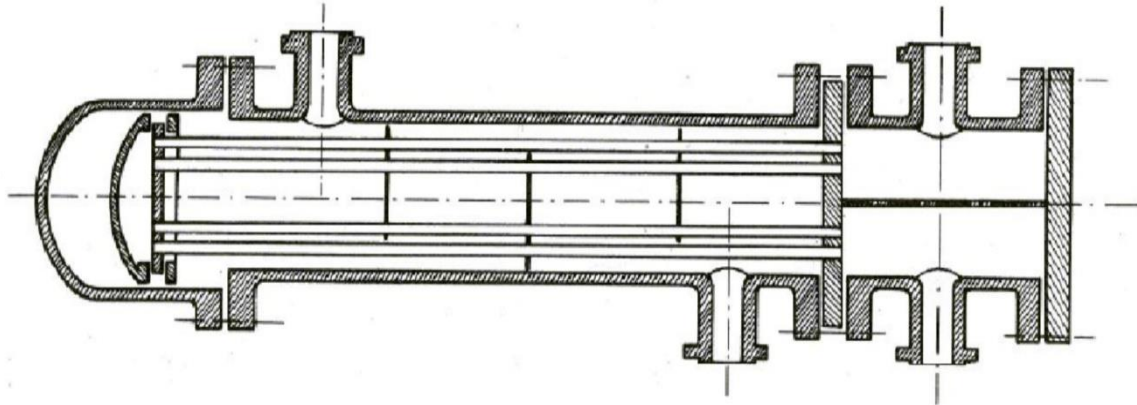


Figure IV.12. Echangeur à tubes en U.

IV.4. Echangeurs de chaleurs à plaques

IV.4.1. Définition

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

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

IV.4.2. Principe de fonctionnement

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

participant à l'échange de chaleur. Les canaux sont formés entre les plaques et les passages de coins sont disposés de façon que les deux milieux circulent par des canaux alternatifs. La chaleur est transférée à travers la plaque entre les canaux et le flux à contre-courant est créé pour assurer une plus grande efficacité. L'ondulation des plaques fournit le passage entre elles, supportent chaque plaque contre adjacente, et augmente la turbulence, donnant lieu à un transfert de chaleur plus efficace.

IV.4.3. Types des échangeurs à plaque

Les principaux types de ces échangeurs sont désignés comme échangeurs à plaques et joints, à plaques soudées, à plaques hélicoïdales, à lamelles, à circuits imprimés et à serpentins à plaque externe.

IV.4.3.1. Echangeurs à plaques et joints

Ils sont constitués d'un grand nombre de plaques de métal minces, particulièrement conçues pour transférer la chaleur d'un liquide à un autre. Ces plaques de métal minces sont séparées et étanchées par un jeu des joints en caoutchouc qui fournit la distribution désirable des liquides sur le paquet de plaques. Le paquet de plaques est installé dans un encadrement, qui fournit les raccords pour les liquides et la compression appropriée des plaques et qui se fait au moyen d'un jeu de tirants (figure IV.13).

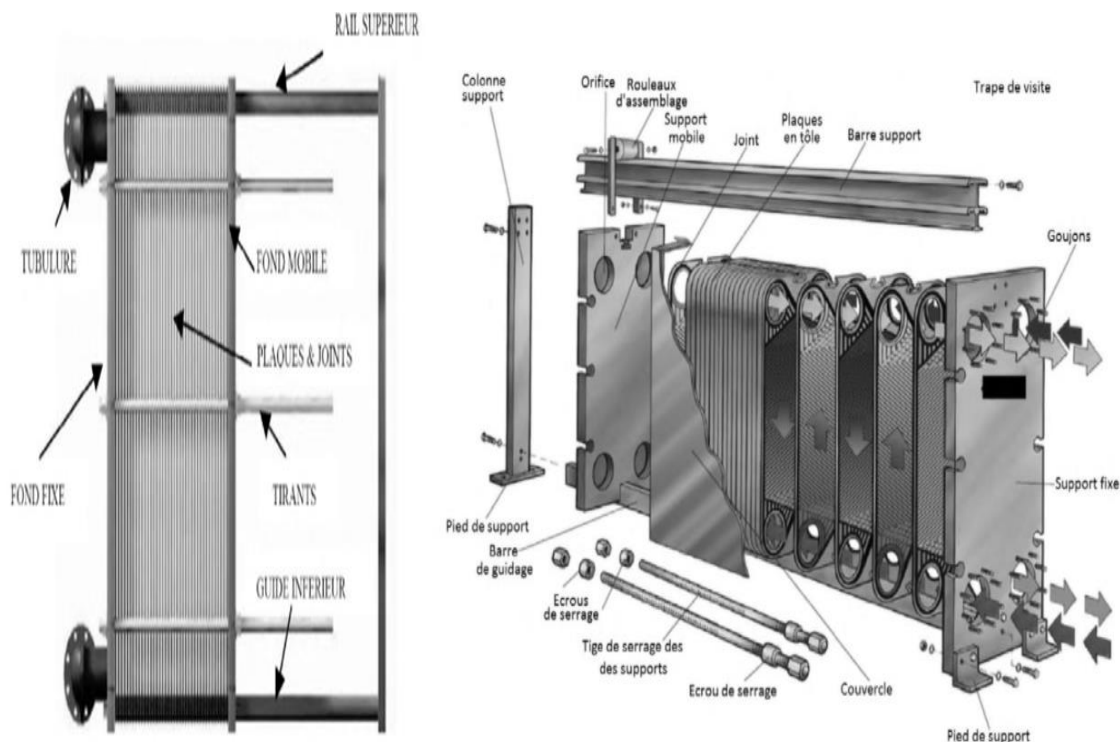


Figure IV.13. Echangeurs à plaques et joints.

L'assemblage des blocs de l'appareil permet d'obtenir le compromis recherché entre un bon coefficient de transfert et une perte de charge admissible. Les plaques ont des formes variées et dépendent du constructeur de l'appareil, ces formes sont gravées en relief (3D, sous forme d'ailettes) : elles ont pour rôle d'assurer la distribution du liquide et d'augmenter la turbulence ainsi que la surface d'échange (par conséquent, augmenter le coefficient d'échange).

Les principales limitations des échangeurs à plaques sont liées aux :

- ✓ Limitations de pression,
- ✓ Limitations de températures à cause des joints

IV.4.3.2. Echangeurs à plaque soudées ou cassettes

Contrairement aux échangeurs à plaques et joints, ces appareils ne possèdent ni bâti ni tirant les plaques étant assemblées entre elles par des brasures en inox. Les fluides circulent à contre-courant et le transfert thermique se fait par conduction au travers des plaques. Généralement, toute la matière de l'échange de chaleur, ce qui en fait une technologie très compacte et très simple à installer. Ces échangeurs sont utilisés lorsqu'un haut coefficient d'échange est recherché en priorité (fluides propres, ne provoquant pas de problèmes d'encrassements). Exemples : eau déminéralisée, ammoniacque, industrie pharmaceutique et chimique fine (ou une grande résistance à la corrosion est demandée), industrie alimentaire (figure IV.14).



Figure IV.14. Echangeur à plaque soudée.

IV.4.3.3. Echangeurs à plaques hélicoïdales

Un échangeur de chaleur à plaques hélicoïdales consiste à deux feuilles de métal relativement longues reliées par des tiges métalliques pour garder un espacement qui sont roulées autour d'un mandrin pour former une paire de canaux hélicoïdaux pour deux fluides. La figure IV.15 en montre un exemple. Un embout est ajouté aux extrémités afin de garder les fluides dans leurs canaux respectifs. Ces embouts peuvent être soudés ou fixés avec des vis en ayant un joint étanche entre les plaques hélicoïdales et chaque embout afin de garder l'échangeur de chaleur étanche. Les principaux métaux utilisés pour les plaques sont l'acier inoxydable, le titane et des alliages à haute densité de nickel. Les fluides peuvent circuler de trois manières différentes dans l'échangeur : à contre-courant en spirale, un fluide en spirale et l'autre transversalement, un fluide en spirale et l'autre en une combinaison de spirale et transversale.

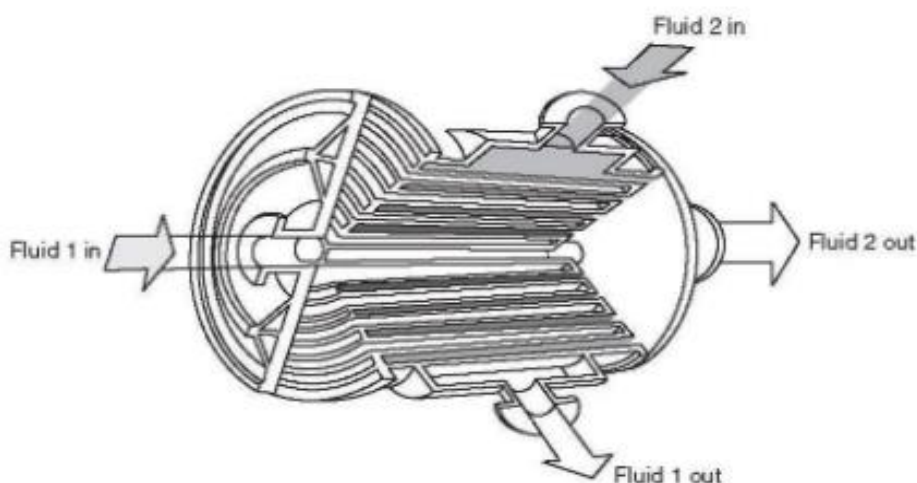


Figure 15. Echangeur de chaleur à plaques hélicoïdales.

IV.4.3.4. Echangeurs à lamelles

Les échangeurs de chaleur à lamelles consistent en une enveloppe extérieure tubulaire dans laquelle un grand nombre d'éléments, appelés lamelles, sont introduits. Ces lamelles sont généralement des tubes aplatis selon différents ratios. La figure IV.16 montre un exemple de ce type d'échangeur et de lamelles. L'ouverture des lamelles va de 3 à 10 mm et l'épaisseur de 1,5 à 2 mm. Les lamelles sont insérées dans le tube et refermées avec un joint d'étanchéité pour prévenir les fuites. L'écoulement est généralement à contre-courant afin d'augmenter le transfert thermique entre les deux fluides. Cet échangeur de chaleur est utilisé dans les procédés chimiques l'industrie des pâtes et papiers et pour toutes autres applications pouvant utiliser un échangeur à tubes et calandres.

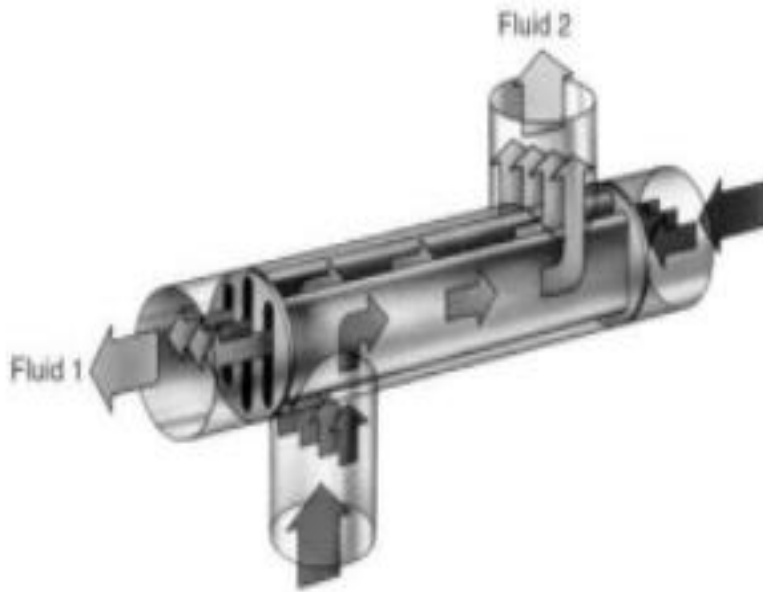


Figure IV.16. Echangeur de chaleur à lamelle.

IV.4.3.5. Echangeurs à circuits imprimés

Les échangeurs à circuits imprimés n'ont qu'une seule surface d'échange de chaleur comme les échangeurs à plaques, la figure IV.17 montre un exemple. De petits canaux sont fabriqués dans une plaque avec la même technique que dans la fabrication de circuits imprimés. Les différentes plaques ainsi formées sont soudées les unes aux autres pour former un échangeur de chaleur. La profondeur des canaux va de 0,1 à 2 mm. Il est possible d'atteindre une haute densité de surface de contact, $650 \text{ à } 1300 \text{ m}^2/\text{m}^3$, pour des pressions de 50 à 100 MPa et des températures de 150 à 800 °C. De nombreux matériaux sont utilisés dans leur fabrication, notamment l'acier inoxydable, le titane, le cuivre, le nickel et ses alliages. Ils sont couramment utilisés dans des plateformes pétrolières en haute mer comme refroidisseur de compresseur, récupérateur de chaleur d'eaux usées, dans des procédés cryogéniques et encore plus. Avec la petite dimension des canaux, la perte de charge peut être importante pour des applications à basse et moyenne pression. Cependant, ils ont les avantages d'avoir une résistance à la pression élevée, une bonne flexibilité dans le design et une excellente efficacité.

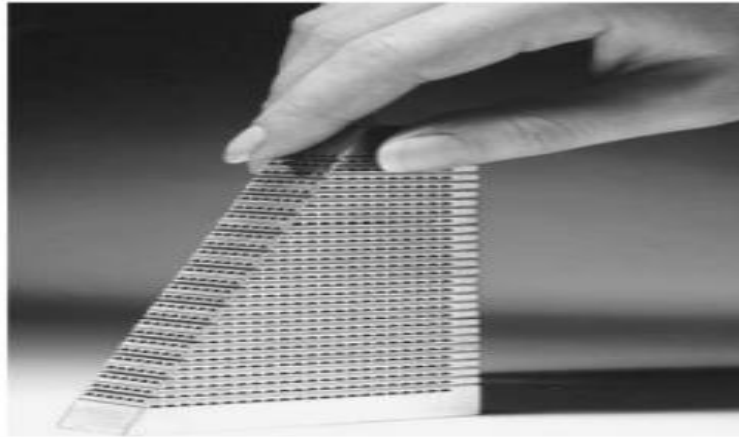


Figure IV.17. Echangeur à circuits imprimés

IV.4.3.6. Echangeurs à serpentín à plaque externe

L'élément principal est nommé un serpentín à plaque externe et est illustré à la figure IV.18. Ces échangeurs de chaleurs sont faciles à fabriquer et peu dispendieux. Leur géométrie permet de les introduire dans la plupart des systèmes, d'une conduite à une large cuve en passant par un milieu ambiant selon que l'on désire réchauffer ou refroidir le fluide caloporteur. Les matériaux les plus courants dans la fabrication des échangeurs de chaleur à serpentín à plaque externe sont l'acier carbone, l'acier inoxydable, le titane, le nickel et ses alliages. La pression d'opération maximale varie de 1,2 à 1,8 MPa selon le matériau de fabrication et la géométrie.



Figure 2. Plaque à serpentín d'un échangeur à serpentín à plaque externe.

IV.5. Conclusion

A travers cette recherche, on a précisé la généralité de ce que nous avons appelé un échangeur de chaleur et nous avons restreint ce domaine à l'ensemble des échangeurs de chaleur sans changement de phase.

Les notions d'échangeur de chaleur est un dispositif permettant un transfert d'énergie thermique entre au moins deux corps (solides, liquides ou gaz). La plupart du temps, il s'agit de fluides. Ces fluides peuvent être en contact indirect ou direct, c'est-à-dire séparés ou non par une paroi généralement métallique, et qu'il existe une multitude de types d'échangeurs, possédant des géométries, des configurations et même des modes de fonctionnement qui peuvent être très différents.

Ainsi le choix d'un échangeur de chaleur, pour une application donnée, dépend de nombreux paramètres : domaine de température et de pression des fluides, propriétés thermo-physiques de ces fluides, maintenance et encombrement. Il est évident que le fait de disposer d'un échangeur de chaleur bien adapté, bien dimensionné, bien réalisé et bien utilisé permet d'améliorer le rendement thermique de cet appareil.

En effet, on ajoute les différents types d'échangeurs de chaleur sans changement de phase double tube, à faisceaux calandre, à plaques, et assemblage faisceau-calandre et la différence entre eux et que l'échangeur faisceau-calandre montre que, ce dernier rencontre des problèmes qui se manifestent par la présence des résistances supplémentaires ainsi une augmentation des pertes de charges. Ce changement se traduit par l'incapacité d'assurer l'échange thermique d'où la nécessité d'augmenter sa surface d'échange. dans le but d'amélioration des performances d'échangeurs de chaleur vise les mécanismes d'intensification des transferts convectifs comme le prouve le nombre croissant d'études menées sur l'effet d'insertion des éléments dans un espace tubulaire qui serait d'un apport appréciable pour de nouvelles conceptions d'appareils thermiques ou pour optimiser les indices économiques d'exploitation des réseaux de transfert de chaleur.