

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



جامعة بجاية
Tasdawit n Bgayet
Université de Béjaïa

UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA BEJAIA
FACULTÉ DE TECHNOLOGIE
DÉPARTEMENT DE GÉNIE MÉCANIQUE

MEMOIRE

PRÉSENTÉ POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME DE

MASTER

FILIÈRE : GÉNIE MÉCANIQUE

SPÉCIALITÉ : ÉNERGÉTIQUE

PAR :

MOHAMMADI KHALED

SLIMANI SID ALI

Thème

**Etude des éléments d'une installation de génération de vide Cevital ,
Bejaia**

Soutenu le 03/07/2019 devant le jury composé de:

Mr.	H.BEN SLIMANE	Président
Mr.	A.DJERRADA	Encadreur
Mr.	N. BOUTALBI	Examineur

ANNÉE UNIVERSITAIRE 2018-2019

Remerciements

*Nous remercions, **Allah** le tout puissant de nous avoir donné la foi qui nous a guidé jusqu'à la réalisation et de ce travail.*

*Nous tenons à exprimer nos remerciements les plus distinguées : A notre promoteur Mr **A. Djerrada** de nous avoir fait l'honneur d'assurer l'encadrement de notre travail, nous tenons à exprimer notre gratitude et notre reconnaissance pour ces conseils, sa patience, et sa confiance qu'il nous a témoigné.*

Nous tenons à remercier vivement messieurs les membres du jury d'avoir consacré de leur temps à la lecture de ce manuscrit, d'accepter de juger et d'évaluer ce travail.

*Nous tenons à remercier vivement Monsieur **M. Boussaid** qui nous a orientés de loin à propos des calculs sur notre travail.*

*Nous tenons à remercier l'ensemble du personnel de la direction technique de CEVITAL (unités de la raffinerie d'huile) en particulier Mr **Kenouche Massin** qui nous a permis d'effectuer notre stage dans les meilleures conditions.*

En fin nous voudrions remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.



Dédicaces

On dédie ce travail :

*Avant tout à nous chers parents, aucune
dédicace ne saurait être assez éloquente
pour exprimer ce que vous méritez pour tous
les sacrifices que vous n'avez cessé de me
donner depuis nôtres naissance, durant
nôtres enfance et même à l'âge adulte.*

*A nous chers frères et
chères sœurs.*

*A nous chers
neveux et chères
nièces*

A toute la famille

SLIMANI et

MOHAMMADI et à la
mémoire de nous grands-
parents.

A tous nous amis(es) sans exception

*Et à toute la
promotion 2018/2019 de
génie mécanique.*

Sommaire

Introduction générale	01
Chapitre I : Fiche technique de l'entreprise	
I.1 Introduction	02
I.2 Situation géographique	02
I.3 Objectifs	03
I.4 Présentation et structuration du complexe	04
I.4.1 Organisation de l'entreprise	04
I.4.2 Raffinerie d'huile	05
I.4.2.1 Historique	05
I.4.2.2 Présentation de l'unité de raffinage et son rôle	05
I.4.2.3 Le raffinage	06
I.4.2.3.a Définition	06
I.4.2.3.b Objectif	06
I.4.2.3.c Les étapes du raffinage	06
I.4.3 Raffinerie de sucre	07
I.4.4 Margarinerie	07
I.5 Conclusion	08
Chapitre II : Technique de création de vide	
II.1 l'éjecteur.....	09
II.1.1 introduction	09
II.1.2 Définition	09
II.1.3. Le principe de fonctionnement	10
II.1.4 L'application de l'éjecteur	11
II.1.4.1 Mise sous vide	11
II.1.4.2 Transport de diverses matières solides	12
II.1.4.3 Séparation de matières	12
II.1.4.4 Mélange des fluides	12
II.1.4.5 Production de froid	13
II.1.4.6 Applications en aéronautique	13
II.1.4.7 Les pile à combustibles.....	14
II.1.4.8 Le boosting	14
II.1.4.9 Le dessalement de l'eau	14

II.1.4.10 Le chauffage.....	14
II.1.5 fonctionnement d'un éjecteur.....	15
II.1.5.1 Description de l'éjecteur.....	15
II.1.5.2 L'évolution de la vitesse et de la pression dans un éjecteur.....	16
II.1.6 Conclusion.....	17
II.2 les condenseurs.....	18
II.2.1 Introduction.....	18
II.2.2 Définition.....	18
II.2.3 Condenseur a fluide séparé.....	19
II.3.3 Condenseur ou condensateur auxiliaire.....	19
II.3.4 condenseur barométrique.....	19
II.3.4.a Condenseurs à contact direct	20
II.3.4.b Condenseur de surface.....	20
II.3.5 Les Condenseurs appliqué au système de vide.....	21

Chapitre III : Ejecteurs à jet de vapeur à plusieurs étages

III. 1 Introduction	23
III.2 systèmes de vide éjecteur a jet de vapeur plusieurs étage	23
III.3 Type d'éjecteur a jet de vapeur utilisée dans système de vide	24
III.3.1 Éjecteur de vapeur à Mono-étage	24
III.3.2 multi-étages à condensation	25
III.3.2.a Éjecteur de vapeur à deux étages	26
III.3.2 b Ejecteur de vapeur à trois étages	26
III.3.2 c Éjecteur de vapeur à quatre étages	27
III.3.3 multi-étages sans condensation	28
III.3.4 Ejecteurs sans condensation à plusieurs étages suivie d'une condensation à plusieurs étages éjecteurs	29

Chapitre IV : L'unité de désodorisation d'huile avec système de vide à 4 étages

IV. 1 Introduction	30
IV. 2 Consommation de vapeur dans unité 4etages.....	31
IV. 2.1 Les normes techniques d'éjecteur	31
IV.2.2 Débit d'aspiration équivalent pour les éjecteurs à vide à jet de vapeur	32
IV.2.3 Température de l'eau de refroidissement.....	35
IV.3.1 Les élément de système	37

IV.3.2 Phénomène de système.....	37
IV.3.3Données de conception informées par unité La colonne.....	39
IV.3.4Calcul et résulta.....	40

Chapitre V : Etude de circuit d'eau de refroidissement

V.1 Introduction	44
V.2 Le principe de fonctionnement de circuit.....	44
V.3 Les éléments de circuit.....	45
V.3.1 La Toure de refroidissement.....	45
V.3.2 La pompe.....	45
V.3.3 L'échangeur de chaleur	45
V.3.3.a Définition.....	45
V.3.3.b Etude d'échangeur.....	45
V.3.3.c Les joint.....	47
V.3.3.d Circulation de fluide.....	48
V.3.4 Approche technique de dimensionnement de l'échangeur.....	49
V.3.4.1 Rappelle théorique.....	49
V.3.4.3 Calcule de caractéristique thermique de l'échangeur (56 E10)	51
V.3.4.4L'échangeur (56E11)	55
V.3.5Résultat de calcul	58
V.3.6Interprétation	58
Conclusion générale	59

Nomenclature

Extension	Désignation	Grandeur en SI
T	Température	(K)
\dot{m}	Débit massique	(kg/s)
Q_v	Débit volumique	(m ³ /s)
P	pression	(Pa)
S	Surface d'échange	(m ²)
Δt_{lm}	Différence de température logarithmique moyenne	(K)
K	Coefficient de transfert de chaleur global	(W/m ² K)
h	Coefficient de transfert de chaleur par convection	(W/m ² K)
NUT	Nombre d'unités de Transfert	/
e	Epaisseur d'une plaque	(m)
Pr	Nombre de Prandtl	/
C_p	Chaleur spécifique	(J/kg °K)
P	Puissance frigorigène	(W)
ρ	Masse volumique	(kg/m ³)
λ	Conductivité thermique	(W/m °K)
μ	Viscosité dynamique	(kg/m s)
E	Efficacité	/
$meqv$	débit équivalent	(kg/S)
ω	rapport d'entraînement	/
M	masse molaire	(kg.mol ⁻¹)
M_w	masse moléculaire	/
$(\alpha_1, \alpha_2, \beta_1)$	Coefficient de correction moléculaire	/
(α_3, β_2)	Coefficient de correction de température	/

Indice

i	Indice
f	Fluide froide
c	Fluide chaude
e	Entrée
S	Sorties

Abréviation

moy	Moyenne
max	Maximum
min	Minimum
a	Air
agl	Acide gras libre
ϑ	Vapeur d'eau

Introduction générale

Introduction générale

Dans le monde actuel, la mondialisation dans son évolution rapide des populations accroît les demandes en énergie de façon exponentielle. La nouvelle conquête du 21^{ème} siècle est donc de continuer à répondre aux besoins tout en optimisant au mieux tous les systèmes existants et en découvrir de nouveaux plus propres. Grâce à la technologie qui permet aux différentes entreprises de s'ouvrir vers d'autres idées et d'autres perspectives qui leur paraissent impossibles auparavant (atteindre un Plafond très élevé en un temps court), le monde industriel est devenu plus rentable. Dans le but de contribuer à l'évolution de l'économie, de couvrir les besoins de la société et de répondre à ses exigences, les différents pays adoptent l'économie du marché pour valoriser le marché et le rendre plus rassurant Il est donc important de prendre en compte les ressources énergétiques locales et d'exploiter les grandes quantités de chaleur perdue .Les applications des éjecteurs sont nombreuses. Ils peuvent être installés dans des systèmes CVC (chauffage, ventilation et climatisation), ou bien dans le domaine industriel, est donc une machine capable d'extraire des molécules gazeuses d'un réservoir pour les évacuer soit dans l'air ambiante soit dans un autre réservoir.

Pour concrétiser cet objectif, l'entreprise Cevital a exploité les récentes technologies de ses installations au maximum afin d'améliorer le rendement de sa production et atteindre une production optimale.

Notre travail est consacré à l'étude du système de vide qui sert à extraire les acides gras de l'huile végétale afin de le désodoriser à la raffinerie d'huile de Cevital.

Notre travail se présente en quatre chapitres, dans le premier on a cité les éléments de système de vide, où on définit l'éjecteur et les condenseurs qui est la base de système de vide.

Dans le deuxième chapitre on à démontrés le principe de fonctionnement de système de vide a quatre étages suivis de condensation.

Le troisième chapitre et fait pour les calculs de base de l'éjecteur telle que le rapport d'entraînement (ω), et la pression de refoulement.

Dans le quatrième chapitre on a parlé des élément qui assure la fonctionnalité de système de vide (le circuit d'eau de refroidissement). On à étudier l'échangeur de chaleur qui sert a refroidi l'eau de condensation du système de vide.

Chapitre I

Fiche technique de l'entreprise

I.1 Introduction

Cevital (SPA) est la première entreprise privée dans l'industrie de l'huile sur le marché Algérien. Créée en 1998, elle est considérée comme l'un des plus grands complexes agro-Alimentaires en Algérie. Elle regroupe un silo portuaire de céréales d'une capacité de 182000 tonnes et trois (03) grandes unités de production qui sont :

- A. La raffinerie de l'huile avec une capacité de production de **1800 tonnes / jour**.
- B. La margarinerie et graisses végétales avec une capacité de production de **600 tonne/Jour**.
- C. La raffinerie de sucre avec une importante capacité de production de **5000 tonne/ Jour**.



Figure.I.1 : le complexe de Cevital

I.2 Situation géographique

Le complexe Cevital est implantée dans l'enceinte portuaire de Bejaïa et s'étend sur une superficie de 75000 m^2 .

Grâce à cette situation géographique exceptionnelle et ses importantes capacités d'accostage, de l'entreposage et de transit, le port de Bejaïa est devenu un pôle économique de première importance.

I.3 Objectifs

Le groupe CEVITAL est doté d'une usine mécanisée avec des équipements de haute technologie, ce qui le rend actuellement l'un des groupes industriels les plus importants d'Algérie. Cette entreprise a pour mission principale le développement de la production tout en assurant une bonne qualité. Elle s'occupe du conditionnement des huiles, des margarines et du sucre à des prix nettement plus compétitifs et cela dans le but de satisfaire le client et de le fidéliser. Ses objectifs sont :

- L'extension de ses produits sur tout le territoire national.
- L'importation de graines oléagineuses pour l'extraction directe des huiles Brutes.
- L'optimisation de ses offres d'emploi sur le marché du travail.
- L'encouragement des agriculteurs par des aides financières pour la production locale de graines oléagineuses.
- La modernisation de ses installations en terme de machine et technique pour Augmenter le volume de sa production
- Le positionnement de ses produits sur le marché étranger par leurs Exportations.

La société Cevital joue un rôle important dans l'économie nationale, d'une part, sur le Nombre d'effectif employé (environ 600 emplois / an en moyenne et de milliers d'emplois Indirects). D'autre part, elle débloque plus de 800 millions de dinars en masses salariales. Investit environ 25000 millions de dinars et les investissements sont couverts à 120% par les fonds propres. Elle contribue au budget de l'état sous forme d'impôts et taxes avec un taux de 9000 millions de dinars par an et plus de 400 millions de dinars reviennent à la municipalité de Béjaia. Elle est considérée comme l'une des meilleures contribuables du secteur privé à l'échelle nationale.

Cevital a mis en place un projet de trituration de graines oléagineuses qui lui permet à l'horizon de 2006 de triturer 7500 tonnes / jour dont 5000 tonnes de graines de soja et 2500 tonnes de graines de colza. Ceci permet à l'entreprise de produire une huile aux taux d'humidité et d'acidité optimaux. A partir de l'année 2007, elle parvient à exporter des huiles brutes et introduire ainsi l'Algérie dans un cercle très restreint des producteurs et exportateurs d'huiles brutes. Autre pôle d'intérêt majeur de ce complexe agro-alimentaire, la raffinerie de

sucre. D'une capacité de production de 5000 tonnes / jour, elle couvre la totalité des besoins du marché national et parvient aussi à l'exportation de ce produit à l'étranger.

I.4 Présentation et structuration du complexe

I.4.1 Organisation de l'entreprise

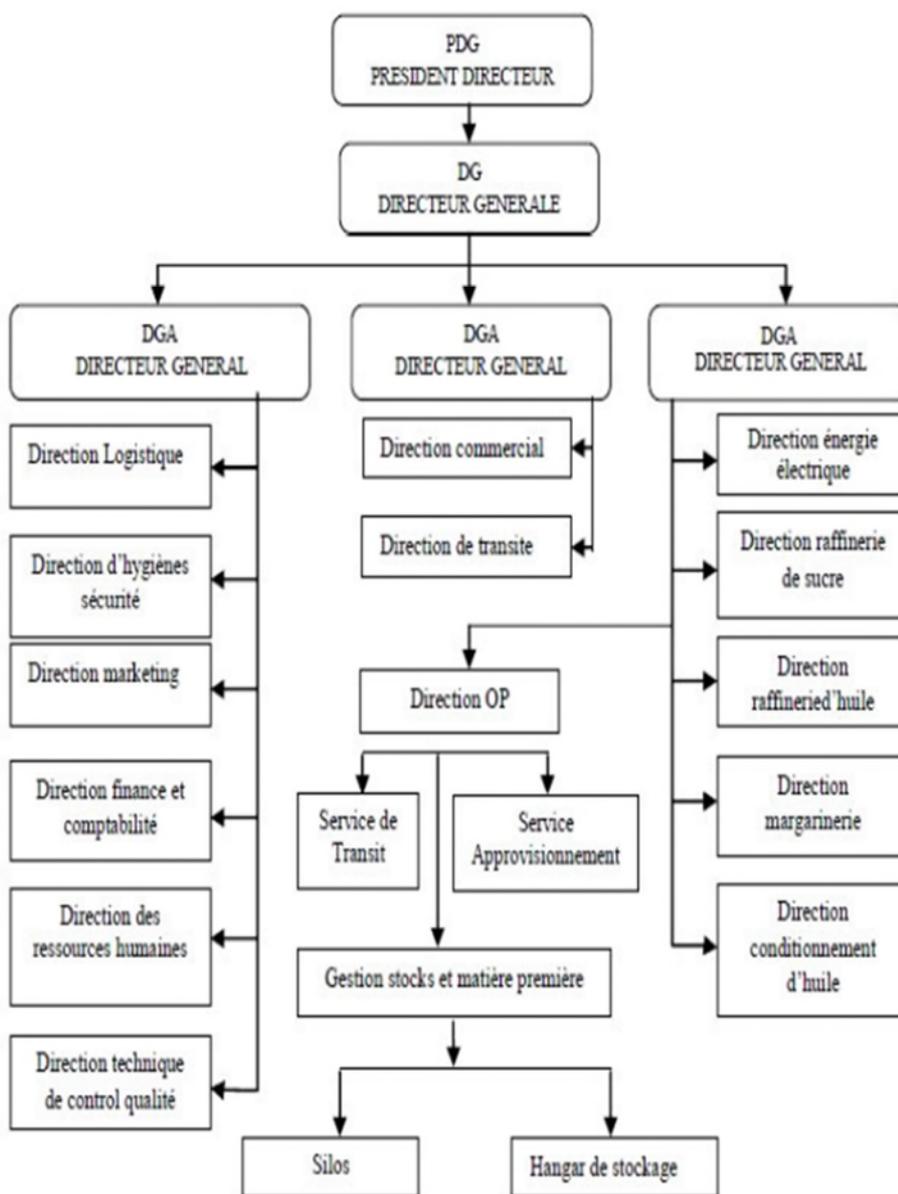


Figure I.2 : Organigramme du complexe CEVITAL

Le complexe CEVITAL est composé de la raffinerie d'huile, de la raffinerie de sucre et de la margarinerie.

I.4.2 Raffinerie d'huile

I.4.2.1 Historique

Elle a été mise en service en aout 1999 elle est dotée d'équipements de très haute technologie, actuellement sa capacité de production est de 1800 T/J. Cette raffinerie est conçue pour traiter toutes les qualités d'huiles comestible : le colza, le tournesol, le soja,...etc.

Huiles produites actuellement :

- 1- Marque FLEURIAL (100% tournesol).
- 2- Marque FRIDOR (tournesol, soja, palme).
- 3- Marque ELIO (soja, palme).

I.4.2.2 Présentation de l'unité de raffinage et son rôle

➤ Sous unités d'approvisionnement :

Elle a pour rôle le stockage des huiles, et l'alimentation de la chaine de raffinage. Pour le réapprovisionnement en matière première, CEVITAL s'approvisionne essentiellement en huile brute en fonction du marché demandeur fournisseur, les huiles les plus connues et plus consommées en Algérie sont l'huile de tournesol, soja, et de colza. Elles sont importées par bateau avec des quantités de 3000T, 6000T, et 9000T de certains pays producteurs tels que : Ukraine, Malaisie, Argentine. La matière première est acheminée dans des pipes de bateaux vers le complexe, est-elle est Stockée dans des bacs de 1000T, 9000T.

➤ Sous unité de raffinage :

Destinée au matériel de raffinage (tanks de stockage, séparateur). Sous unité de conditionnement : c'est le lieu de fabrication d'emballage, ainsi que la mise en bouteille de 1L, 2L, 5L, 10L (récemment ajouté) du produit fini

➤ Sous unité de composition de la pâte :

elle est conçue pour le traitement des déchets du raffinage (Soap Stock), afin de récupérer des sous-produits (l'huile acide) et d'évaluer les pertes en huile.

➤ Sous unité d'épuration des eaux :

elle a pour but le traitement des eaux de lavage du raffinage avant de les verser dans la nature, ainsi que celles destinées à la chaudière.

➤ **Laboratoire de la raffinerie :**

Elle a pour tâche le suivi permanent du procès du raffinage par des analyses physico-chimiques.

➤ **Laboratoire de conditionnement :**

Il est destiné au contrôle physico-chimique et microbiologique de la matière première (huile brute) à son arrivée au port, des produits finis ainsi que les produits laitiers destinés à la margarine (crème, lait ...).

I.4.2.3 Le raffinage

I.4.2.3.a Définition

Le raffinage est l'ensemble des opérations qui servent à transformer l'huile brute en un produit comestible en éliminant les impuretés indésirables. Les huiles peuvent avoir une destination alimentaire ou industrielle, Dans les deux cas elles doivent être traitées tant pour leur donner la qualité correspondante au but poursuivi que pour faciliter leur conservation. Les huiles comestibles subissent un raffinage plus complet que les autres et pour cette raison nous nous limiterons à décrire celui-ci.

I.4.2.3.b Objectif

Les huiles brutes renferment un certain nombre d'impuretés indésirables, responsables du goût et des odeurs désagréables. Le but du raffinage est de purifier ces huiles brutes végétales. En effet, il consiste à éliminer au mieux ces composés nocifs afin d'obtenir la qualité correspondante aux normes en vigueur et de faciliter sa conservation. Le raffinage des huiles comprend une série de traitements ayant pour objectif de purifier l'huile des matières indésirables et d'aboutir à un produit neutre du goût, résistant à l'oxydation, adapté à l'emploi désiré et débarrassée de ses substances nocives. Le produit final du raffinage est sans odeur et sans goût.

I.4.2.3.c Les étapes du raffinage

Afin d'avoir une huile prête à consommer, l'huile brute passe par plusieurs étapes qui peuvent être structurés comme suit :

1- Neutralisation

Cette étape permet essentiellement d'éliminer les acides gras libres par transformation en savons et séparation, ainsi que divers composés résiduels (phospholipides, composés de nature protéique, etc.). Le procédé traditionnel comprend les phases suivantes : addition d'une solution de soude, mélange, séparation par centrifugation, lavages à l'eau et séparation. En suite le mélange est envoyé à l'étape de décoloration.

2- Décoloration

Le but principal de cette opération est d'éliminer les pigments colorés contenus dans l'huile. La décoloration fait intervenir un agent d'adsorption (terres décolorantes). L'agent d'adsorption ou le mélange d'agents est introduit dans le décorateur. L'huile chauffée **90° /110°C** est agitée vigoureusement sous vide, le temps de séjour terre / huile est de l'ordre de **30** minutes, après traitement, l'huile sera refroidie et passe à travers trois filtrations, ce qui permettra à l'huile d'être un produit fiable.

3- Désodorisation

La désodorisation est l'étape finale du raffinage. Elle consiste en la distillation des acides gras résiduels et l'élimination des pigments colorés résiduels sous un vide de 2 millibars et une température de 250 ° C. L'huile obtenue est débarrassée d'impureté, d'humidité et de produits oxydes, à sa sortie de désodorisation, elle est refroidie à 25 ° C avant d'aller en stockage, puis au conditionnement. D'autres opérations spécifiques à chaque type d'huile sont ajoutées à cette chaîne de raffinage, tels que la cristallisation pour l'huile de tournesol et démulcination pour l'huile de soja. Des utilités tels que la vapeur, l'eau osmose et l'air comprimé sont mis en œuvre par l'ensemble des procédés industriels.

I.4.3 Raffinerie de sucre

Elle est mise en chantier en octobre 2000, puis entrée en production en octobre 2002. Elle est dotée d'un équipement industriel très moderne qui répond aux besoins du marché, sa capacité de production actuelle est de 1600T/J dépassant ainsi les 500000T/an.

I.4.4 Margarinerie

Mise en chantier en mars 2000, puis rentrée en production en juillet 2001, cette margarinerie construite par le groupe lui-même représente une offensive considérable sur le marché grand public. Sa capacité de production est de 100T/J pour chacune des chaînes de production qui sont au nombre de Cinq.

Gamme de produits :

- 1- Margarine de table : "FLEURIAL".
- 2- Margarine à tartiner : "MATINA" (beurre et margarine).
- 3- Margarine de feuilletage : La Parisienne.
- 4- Margarine SHORTENING (pour boulangerie, pâtisserie).
- 6- Smen et d'Han (MEDINA).

I.5 Conclusion

L'acquisition de grandes parts du marché n'aura lieu que si l'entreprise satisfait le plus grand nombre possible de sa clientèle. Pour cela, elle essaie d'attirer l'attention des clients par un bon conditionnement des produits, et gagne leur confiance par la bonne qualité, ainsi qu'un bon rapport (qualité/prix). Parmi les objectifs envisageables par l'entreprise, on cite :

- L'encouragement de l'agriculture locale pour la production des graines oléagineuses en proposant des subventions (aides).
- L'incorporation des nouvelles méthodes de gestion et des technologies récentes dans les ateliers de production pour augmenter la productivité.
- Acquérir d'autres parts du marché national en couvrant toutes les régions possibles.
- Commercialiser ses produits sur les marchés étrangers.

En raison d'objectivité de notre étude on s'intéressera seulement à l'unité de conditionnement d'huile.

Chapitre II

Technique de création de vide

II.1 l'éjecteur

II.1.1 introduction

Les éjecteurs à jet de vapeur sont des dispositifs de pompage utilisés, en général, pour évacuer les fluides (gaz et vapeurs) d'un récipient et les livrer à un autre.

Les éjecteurs sont des pompes destinées à élever, comprimer ou mélanger des gaz, des vapeurs, des liquides ou des solides, par l'action d'un fluide moteur gazeux ou liquide, les éjecteurs sont des appareils statiques, sans aucune pièce en mouvement ce qui confère pérennité et entretien réduite et économiques, Ils sont d'un fonctionnement et d'une utilisation simples , ils peuvent être réalisés dans toutes les tailles et dans tous les matériaux disponibles sur le marché. Ils sont donc utilisables dans tous les environnements agressifs et les zones contaminées ou inaccessibles.

II.1.2 Définition

Pompe à jet, éjecteur, pompe à fluide moteur, injecteur - plusieurs noms, même conception et même principe de fonctionnement. Une pompe à jet fonctionne sans entraînement mécanique et offre donc une grande fiabilité en mode de fonctionnement continu.

Un éjecteur à jet de vapeur est un dispositif qui convertit l'énergie de pression d'un fluide en énergie de vitesse dans le même fluide, il faut de l'air provenant d'un processus et le combiner avec un gaz ou une vapeur à haute pression pour créer un vide.

L'air est aspiré et combiné à la vapeur ou au gaz, le gaz combiné est forcé dans un condenseur ou un évaporateur, où les gaz d'échappement sont déversés dans un puits chaud ou refroidis pour être libérés dans l'atmosphère .Un fluide haute pression (vapeur ou gaz) pénètre dans le corps de l'éjecteur par une buse située à l'intérieur de l'éjecteur, le fluide haute pression est ensuite mélangé à l'air provenant du vide d'aspiration dans la section de mélange de l'éjecteur. La section de mélange de l'éjecteur est située avant le venturi de l'éjecteur, le liquide se dilate dans le coffre de l'éjecteur. Ensuite le fluide convertit son énergie de pression en vitesse de fluide, à mesure que la vitesse du fluide augmente, la pression du même fluide diminue, la chute de pression crée un vide qui aspire l'air d'un processus de distillation, d'évaporation ou de séchage sous vide [1].

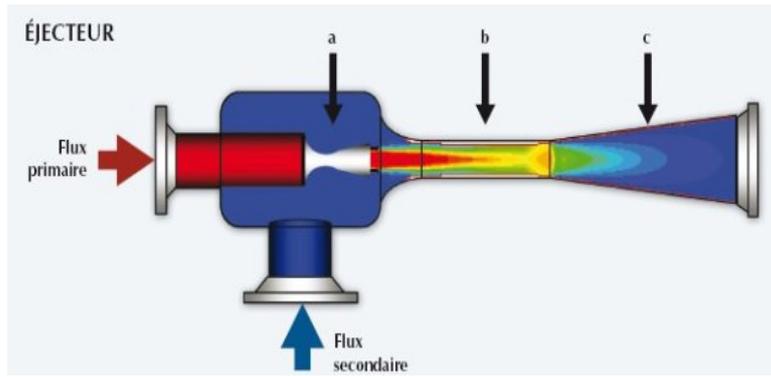


Figure II. [1] : structure de la base d'un éjecteur à jet [1]

II.1.3. Le principe de fonctionnement

L'éjecteur à jet de vapeur est un dispositif conçu pour convertir l'énergie de pression d'un fluide moteur en énergie de vitesse afin d'entraîner le fluide d'aspiration, puis de recomprimer les fluides mélangés en convertissant l'énergie de vitesse en énergie de pression. Il est basé sur la théorie selon laquelle une buse correctement conçue suivie d'une gorge ou d'une entaille bien conçue utilisera de manière rentable le fluide à haute pression pour comprimer une zone de basse pression à une pression supérieure. Ce passage de la pression à la vitesse est à la base du principe du vide à jet. Ce principe de base s'applique à chaque éjecteur à jet dans différents modèles et domaines d'application. [2]

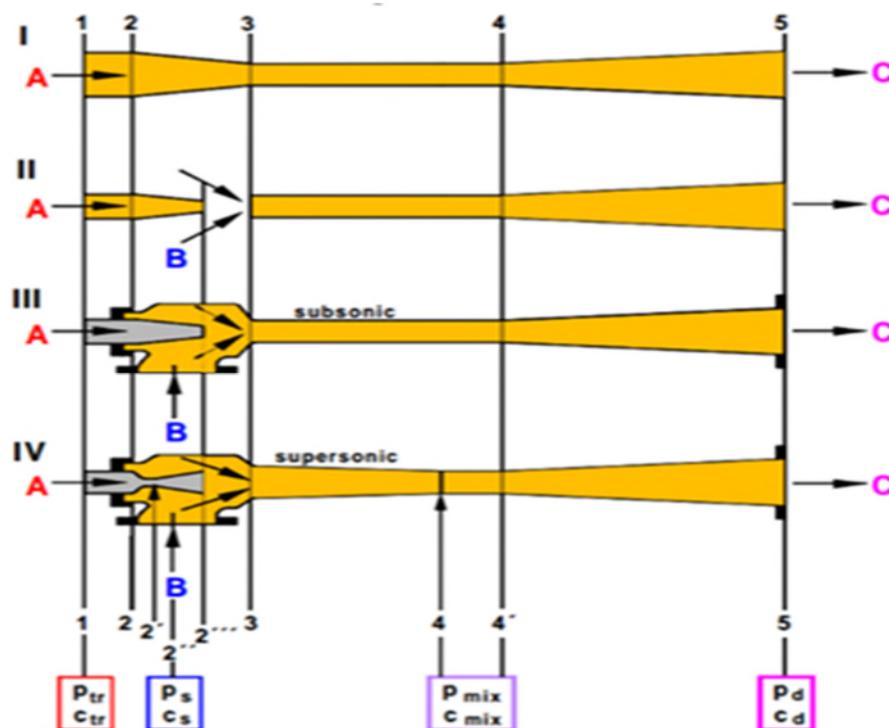


Figure II. [2] : schémas de base pour venturi -éjecteur [2]

Partie I : Dans sa forme la plus simple, un éjecteur est un tube de Venturi. Dans la section convergente, il se produit une accélération avec une chute de pression et dans la section divergente, un ralentissement avec une augmentation de la pression. Par conséquent, la chute de pression sont suffisamment importantes, il est possible, par exemple, d'obtenir une pression inférieure à la pression atmosphérique dans la plus petite section.

Partie II : À ce stade, tout peut être entraîné.

Partie III : Si le tube de Venturi est coupé à cet endroit et qu'une chambre est disposée autour de la coupe, nous avons déjà la forme la plus simple d'éjecteur à jet, par exemple un éjecteur à jet d'eau.

Partie IV : Lorsque ces caractéristiques sont transférées dans des milieux gazeux tels que la vapeur et lorsqu'une buse de Laval est utilisée, il est possible de convertir la différence adiabatique en vitesses élevées. Maintenant, nous avons un éjecteur à jet de vapeur fonctionnant à une vitesse sonique ou supersonique dans la plus petite section de mélange.

II.1.4 Application de l'éjecteur

Les éjecteurs présentent plusieurs intérêts dont le plus important est l'absence de pièces mécaniques mobiles. L'absence de piston ou d'élément rotatif offre un système fiable qui nécessite peu d'entretien ou de maintenance particulière [3], les éjecteurs trouvent des applications dans de nombreux domaines. De manière non exhaustive, nous pouvons citer :

II.1.4.1 Mise sous vide

Les éjecteurs peuvent être utilisés comme pompes à vide. Ils se prêtent en effet très bien à des applications qui ne nécessitent pas des vides poussés. Cela comprend le vaste domaine de la chimie, y compris les produits chimiques lourds, les produits pharmaceutiques, l'industrie alimentaire, le raffinage des huiles végétales, les huiles essentielles et les arômes, les engrais et une variété infinie de produits. Elle concerne l'ensemble des processus de traitement (cristallisation, évaporation, désodorisation, désaération, séchage des solides, refroidissement des liquides et des solides, distillation sous vide poussé, métallurgie sous vide, filtration et même simulation à haute altitude et essais de moteurs de fusée).

Il est même possible d'atteindre, avec des éjecteurs multi-étages, des pressions relativement basses (de l'ordre de 10 mbar).

Les pompes à vide par éjecteur s'avèrent également particulièrement intéressantes pour l'extraction de fluides agressifs et corrosifs. Pour les industries disposant généralement d'un circuit d'air sous pression, ce type de pompe à vide représente un investissement mineur. Il est possible d'utiliser des éjecteurs multi-étages. Les éjecteurs sont généralement classés dans l'un des quatre types de base suivants : mono-étagé, multi-étagés sans condensation, multi-étagés à condensation et multi-étagés avec étages à condensation et sans condensation.

II.1.4.2 Transport de diverses matières solides

Les éjecteurs sont parfois employés dans l'industrie alimentaire ou pharmaceutique pour transporter des matières solides telles que poudres ou granules. Grâce à leur fiabilité et leur robustesse, les éjecteurs sont en effet souvent préférés à d'autres systèmes mécaniques qui risquent de s'encrasser et de tomber en panne [3].

II.1.4.3 Séparation de matières

Les éjecteurs sont également rencontrés lors de certaines opérations de filtrage et de séparation de matières. Leur fonctionnement repose sur le principe de séparation par effet inertiel de matières de densité et de propriétés mécaniques différentes. A titre d'exemple, le processus de traitement du sable souillé par du pétrole utilisant un système à éjecteur (système GENFLO-EUROPE SA). Par ailleurs, il est possible de citer dans le cadre de la lutte contre la pollution, l'utilisation de filtres à particules basés sur la technique des éjecteurs, ainsi que l'emploi d'éjecteurs dans les processus de dissociation et de distribution de particules de graisse dans des fluides alimentaires [3].

II.1.4.4 Mélange des fluides

Les éjecteurs sont souvent utilisés pour leur propriété à mélanger des fluides primaires et secondaires. L'éjecteur reste alors de configuration classique, seules les caractéristiques des fluides moteurs et aspirés changent : fluides à saturation, chaud, froid, liquide, gaz, ... Suivant l'application et la nature des fluides utilisés, il est possible de distinguer des utilisations en tant que laveurs de gaz, désurchauffeurs ou encore thermo-compresseurs. Les éjecteurs s'avèrent très intéressants pour ces opérations de mélange, car ils permettent d'obtenir aisément la concentration ou la température désirée en intervenant sur les débits primaires et/ou secondaire. Parmi les industries faisant appel

aux éjecteurs en tant que mélangeurs, on peut citer l'industrie chimique. Le mélange de fluides réactifs a notamment été étudié par HU [3]. Les capacités de mélange des éjecteurs sont également utilisées en aéronautique pour le mélange air-carburant dans les chambres de combustion ou encore pour la réduction de la signature thermique par dilution .

II.1.4.5 Production de froid

L'utilisation du principe de l'éjecto-compression dans un cycle frigorifique tri-therme remonte au début du 20ème siècle .On rencontre également les éjecteurs dans le domaine de la production de froid dans le rôle de thermo-compresseurs assurant une partie de la compression du fluide frigorigène . Ces systèmes frigorifiques sont tri-thermes et présentent comme principal avantage de pouvoir tirer profit d'une source de chaleur gratuite telle que le soleil ,ou de la récupération de chaleur de machines dans les complexes industriels Cette source de chaleur assure l'élévation en température et en pression d'une partie du fluide frigorigène destiné à alimenter la tuyère motrice de l'éjecteur et à entraîner une autre partie du fluide frigorigène basse pression provenant de l'évaporateur. De tels systèmes offrent toutefois des coefficients de performance bien inférieurs à ceux d'installations plus classiques avec compresseur mécanique [3].

II.1.4.6 Applications en aéronautique

Le secteur de l'aéronautique est un grand utilisateur d'éjecteurs. Des éjecteurs ont ainsi été utilisés pour simuler des altitudes élevées lors de tests de moteurs fusées. Ils servent à simuler le fonctionnement des propulseurs destinés à évoluer à très hautes altitudes, donc basses pressions environnantes . Le développement d'engins à décollage vertical a également eu recours à l'emploi d'éjecteurs supersoniques. Ceux-ci s'avèrent particulièrement efficaces comme moyen d'augmentation de poussée pour des avions de types V/STOL (avions à décollage court et atterrissage vertical). De manière générale, dans les applications aéronautiques, l'apport d'un débit massique secondaire par le biais d'un éjecteur à flux induit présente plusieurs intérêts. Il produit bien sur une augmentation de la poussée qui peut être amplifiée par l'utilisation de tuyères de géométries évoluées (forme lobée ou a pétales) . Le flux induit peut également permettre d'atténuer les bruits produits et ainsi de réduire les nuisances sonores et la signature infrarouge d'un propulseur ou d'un conduit d'échappement [3].

II.1.4.7 piles à combustibles

Les éjecteurs peuvent être utilisés en remplacement de la pompe dédiée à la récupération de l'hydrogène non consommé dans un système pile à combustibles. L'intégration de l'éjecteur sur le circuit d'alimentation en hydrogène permet la réduction de la consommation d'électricité et donc l'amélioration du rendement global de la pile [3].

II.1.4.8 Le boosting

Le boosting des gaz est utilisé pour l'acheminement du gaz naturel dans les pipelines. Les éjecteurs servent alors à renforcer ce processus en utilisant le gaz sortant à haute pression pour entraîner le gaz à faible pression sans faire appel à des compresseurs trop gourmands en énergie [3].

II.1.4.9 Le dessalement de l'eau

On rencontre également les éjecteurs dans des systèmes solaires de dessalement de l'eau de mer où ils contribuent au processus de recompressions de la vapeur destinée à être condensée en eau distillée [3].

II.1.4.10 Le chauffage domestique

L'application de l'éjecteur dans le système de chauffage centralisé a aussi attiré certaine attention, comme l'application de la pompe à jet d'eau dans le système immeuble de grande hauteur directe connectée [3].

II.1.5 Principe de fonctionnement d'un éjecteur

II.1.5.1 Description de l'éjecteur

Un éjecteur à jet de vapeur est illustré ci-dessous à titre d'exemple (la vapeur sert de fluide moteur pour créer le vide) [4].

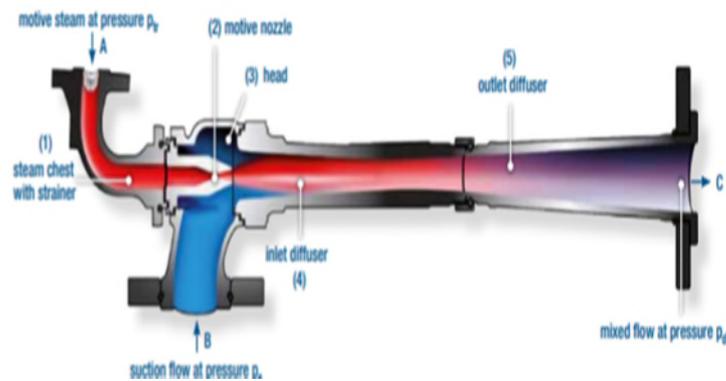


Figure II. 3 : Modèle en coupe d'une pompe à vide à jet de vapeur [4]

1. coffre à vapeur
 2. buse motrice
 3. tête
 4. diffuseur d'entrée
 5. diffuseur de sortie
- A. débit moteur / p_m (pression moteur)
- B. débit d'aspiration / p_s (pression d'aspiration)
- C. débit mixte / p_d (pressions de refoulement)

II.1.5.2 Evolution de la vitesse et de la pression dans un éjecteur

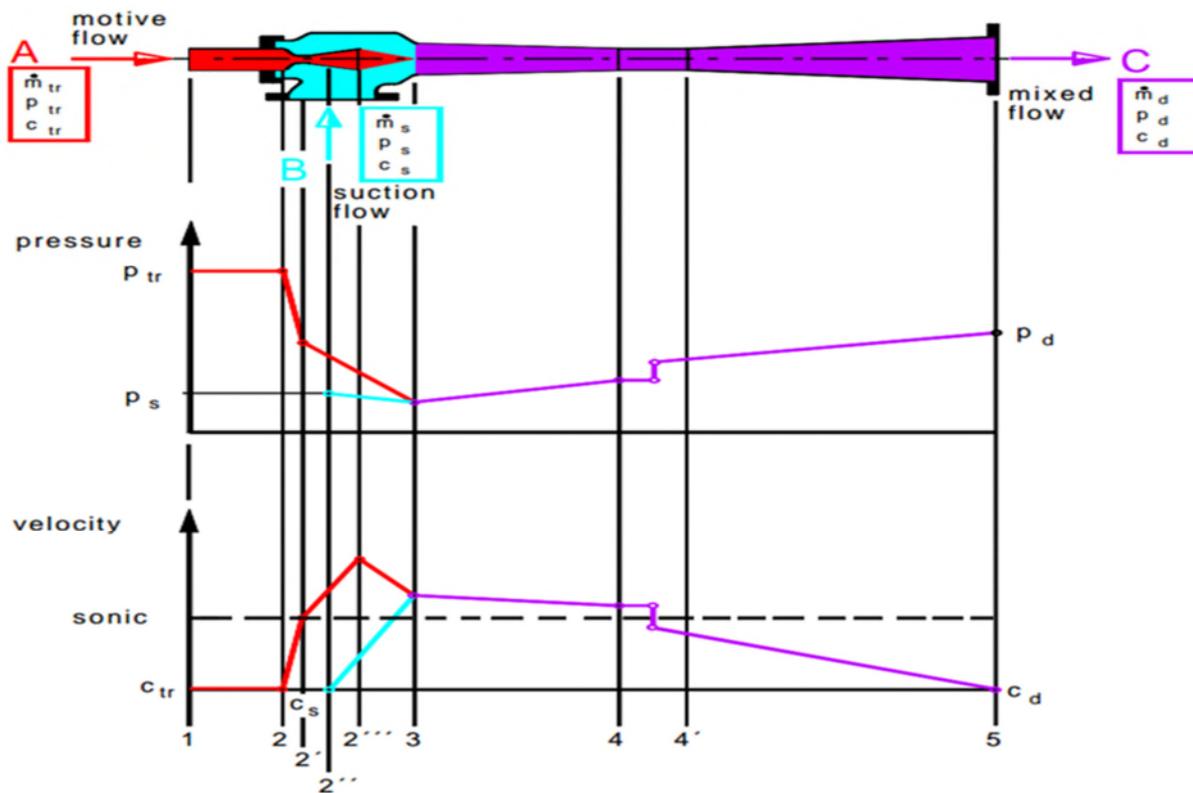


Figure II. 4 : L'évolution de la vitesse et de la pression dans un éjecteur [4]

La Figure II. [4], est une représentation équivalent permet de l'évolution de la vitesse et de la pression des deux fluides (fluide primaire et secondaire).

Le fluide primaire est admis par le point (A).

Le fluide secondaire par le point (B).

Le mélange des deux fluides sont représenté par le point (2''') et la sortie par le point (C).

Le fluide primaire est accéléré dans une tuyère de Laval (buse motrice) convergent divergent, jusqu'à atteindre le régime supersonique à la sortie de la tuyère, créant une baisse de pression (dépression).

Dans la zone du mélange (3), ce qui a pour effet d'aspirer le fluide secondaire (sera entraîné). La zone (2''' + 3). Les deux fluides sont mélangés en régime supersonique. Le convergent de l'éjecteur a créé le désamorçage du régime supersonique suivi d'une augmentation de la pression, (diminution de la vitesse à cause du convergent).

Un choc se produit dans la zone (4+4') du surface constant, juste après le choc la vitesse du mélange devient subsonique dans la zone (4'+5) ou est convergent de l'éjecteur. Ce qui explique la diminution de vitesse et l'augmentation de la pression parce que on est dans le régime subsonique.

II.1.6 Conclusion

Les éjecteurs à jet de vapeur sont un moyen fiable et économique de produire un vide avec un faible coût d'installation et permettent un fonctionnement sans problème pendant de nombreuses années. Ils continueront d'évoluer avec le développement de nouveaux matériaux de construction, de nouvelles configurations de buses et d'autres innovations qui amélioreront leurs avantages. L'éjecteur à jet de vapeur est le plus indulgent de tous les appareils produisant du vide.

II.2 Les condenseurs

II.2.1 Introduction

Le condenseur est utilisé dans diverses industries en tant que moyen économique d'évacuer l'air, les vapeurs et autres vapeurs des équipements sous vide. Il est utilisé depuis des décennies dans l'industrie alimentaire pour la transformation d'huile de consommation, de lait et d'autres produits, depuis près d'un siècle dans le raffinage du sucre.

Parmi les autres industries utilisant le condenseur barométrique figurent les usines d'alcool et les distilleries, les usines de pâtes et papiers, les raffineries de pétrole, les usines de fabrication de sel et une multitude d'usines chimiques de toutes sortes. Ainsi, le condenseur barométrique est utilisé dans presque tous les domaines de l'industrie chimique et des procédés, qui utilisent des alambics à vide, des casseroles à calandre, des évaporateurs à effets multiples, des cristallisateurs à vide et des équipements de refroidissement par eau et sous vide. Une caractéristique principale du condenseur barométrique est que l'eau d'injection peut être évacuée par un tuyau d'échappement par gravité, sans nécessiter de pompe.

Un autre avantage de ce type d'équipement à condensation est son immunité aux inondations, en cas d'amorçage ou d'entraînement de liquide. Dans la plupart des usines, les raccords d'échappement de vapeur des appareils à vide sont situés à une altitude considérable par rapport au sol [5].

Le condenseur barométrique permet ici des conduites de vapeur d'échappement plus courtes et offre deux autres avantages, une réduction du risque de fuite et un coût initial réduit. Comme il n'y a pas de pièces mobiles, la maintenance est faible, le condenseur nécessite peu d'espace et s'installe facilement.

II.2.2 Définition

Condenseurs : Un condenseur est un appareil utilisé pour réduire une vapeur à son état liquide en éliminant la chaleur latente de la vapeur. Son rôle dans le cadre d'un système à vide à jet de vapeur consiste à éliminer la vapeur condensable en amont d'un étage d'éjection donné, réduisant ainsi la taille de l'éjecteur et la quantité de vapeur nécessaire. Il en existe deux grandes familles :

- Condenseurs à fluides séparés, sans contact entre la vapeur et le fluide réfrigérant.
- Condenseurs à contact direct entre le mélange de la vapeur à condenser et le fluide réfrigérant.

II.2.3 Condenseur a fluide séparé

Les condenseurs fluides séparés sont souvent des échangeurs de chaleur à calandre et faisceau tubulaire. La condensation se fait presque systématiquement dans la calandre. On utilise généralement des tubes d'un centimètre de diamètre et de longueur comprise entre [2 et 6 mètres]. Un des critères pour ces choix est souvent la perte de charge, surtout pour des appareils travaillant à pression réduite.

Dans le cas d'une pompe à chaleur, le fluide frigorigène, après avoir emmagasiné de la chaleur et s'être évaporé dans l'évaporateur, circule dans un circuit fermé. Ensuite, il passe à proximité d'une source plus fraîche (air, sol ou eau) et ainsi se condense pour refaire un cycle. Cet échangeur de chaleur permet la condensation du fluide frigorigène. Ce phénomène exothermique permet de restituer de la chaleur au médium (eau, air...) et donc de le réchauffer. C'est par exemple le cas dans une chaudière à condensation. [5]

II.3.3 Condenseur ou condensateur auxiliaire

Utilisé pour condenser la vapeur de traitement et la vapeur motrice d'un ou plusieurs éjecteurs de compresseur précédents qui compressent les vapeurs de procédé de la pression absolue basse requise à la pression absolue supérieure nécessaire à la condensation par l'eau de condensation disponible [6].

II.3.4 condenseur barométrique

Un «condenseur barométrique» (également appelé condenseur à contact direct au surface) est un récipient vertical dans lequel les vapeurs de processus extraites sont refroidies et condensées par contact direct avec de l'eau froide descendante injectée dans la partie supérieure du récipient. La pression de fonctionnement du condenseur étant inférieure à la pression atmosphérique (sous vide), le condensat recueilli (eau de refroidissement et vapeur / vapeurs condensées) doit être éliminé en continu. Ce condensat est normalement déversé dans un réservoir récepteur souvent mis à l'atmosphère ou dans un système de ventilation basse pression. Cela crée une situation où le condensat est sous vide dans le condenseur et tente de se déplacer vers le réservoir récepteur qui est sous pression positive. Pour surmonter cette différence de pression, le condenseur doit être placé plus haut que le réservoir de réception (le bas du condenseur doit être à au moins 10,4 mètres du sol) pour créer un «pied barométrique» haut (tuyau de 10,4 m de long) dans lequel colonne de liquide équilibre la pression atmosphérique. Le condensat doit s'écouler par gravité à travers

ce long tuyau d'échappement vertical scellé dans un «puits chaud» (bassin de drainage muni d'un trop-plein ou d'une pompe) ou un réservoir de condensat étanche (muni d'un régulateur de niveau de fluide et d'une pompe à condensat). La «jambe barométrique» permet au liquide de refroidissement des effluents et aux vapeurs condensées du condenseur barométrique de sortir quel que soit son vide, empêchant ainsi le condenseur de s'inonder en fonctionnement normal. Dans le réservoir récepteur, le tuyau d'échappement doit être suffisamment immergé (pas moins de 28 cm). Si ce sceau est brisé, de l'air sera aspiré dans le tuyau d'échappement, ce qui augmente le risque d'inondation du condenseur et affecte donc les performances de la source de vide en aval et du processus de vide en amont. Les lignes de drainage ou les tuyaux d'échappement doivent être installés de préférence à la verticale. [7]

Deux types de condenseurs barométriques peuvent être utilisés dans l'une des fonctions ci-dessus.

II.3.4.a Condenseurs à contact direct

Ce type de condenseur mélange les vapeurs de condensation et l'eau intimement, provoquant ainsi la condensation. En raison de la pollution causée par le mélange direct, ces condenseurs sont maintenant utilisés uniquement pour les applications dans lesquelles les vapeurs sont propres et où le coût initial est un principal facteur.

Ce type de condenseur pourrait être fabriqué avec des matériaux non corrosifs pouvant être utilisés dans une opération corrosive. Le condenseur ne comporte aucune pièce mobile, il ne nécessite donc pratiquement aucun entretien, est un appareil utilisé pour réduire une vapeur à son état liquide en éliminant la chaleur latente de la vapeur [8].

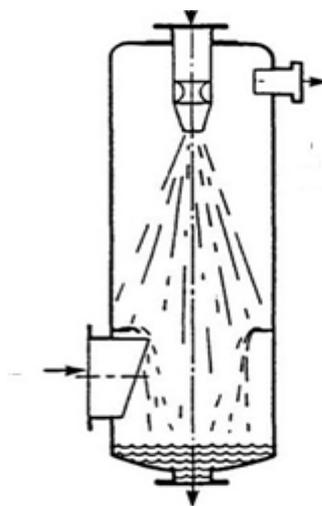


Figure II. 6 : condenseur barométrique a mélange ou à contact direct [8]

II.3.4.b Condenseur de surface

Il permet à l'eau du condenseur principal de refroidir la vapeur motrice des éjecteurs avant de libérer le fluide du système. Ce type de condenseur a une surface pouvant atteindre 130000 m^2 . La plupart des systèmes n'ont pas besoin d'un très grand condenseur pour condenser la vapeur du flux moteur. Ces condenseurs ne mélangent pas les vapeurs et l'eau de refroidissement, de sorte qu'il n'y a pas de contamination de l'eau de refroidissement. Un échangeur de chaleur à coque et à tube-spécialement adapté pour la condensation sur le côté de la coquille ou du tube-est souvent utilisé pour pré, inter, ou après condensation.

Si les vapeurs de condensation sont extrêmement encrassées, la condensation côté tube est préférée pour faciliter le nettoyage mécanique.

Si l'encrassement est mineur, la condensation côté coquille est meilleure l'efficacité de condensation.

Les condenseurs de coquille et de tube peuvent être soit plaque tubulaire fixe ou conception de faisceau de tube amovible. Le second simplifie le nettoyage des deux côtés. Les unités sont disponibles dans n'importe quelle combinaison de matériaux pour convenir applications de processus [8]

II.3.5 Les Condenseurs appliqués au système de vide

Dans la plupart des systèmes de vide, les condenseurs sont utilisés comme pré-condenseurs, inter condenseurs et après condenseurs en fonction de l'application. Ils condensent toute la vapeur motrice et toute vapeur condensable des étapes précédentes, ne laissant que les gaz saturés non condensables à être traités par l'étape suivante. Le condensat est drainé soit par une jambe barométrique, soit par une pompe à condensat. La plupart de ces condenseurs sont soit le type de pulvérisation à contact direct, soit le type de coquille et de tube (surface). La fonction du condenseur peut être définie comme suit. [9]

- **Pré-condenseur:** Un pré-condenseur est utilisé pour condenser directement les vapeurs d'un processus. Les vapeurs non condensables sont éliminées du pré-condenseur par un ou plusieurs étages d'éjection. La pression absolue du processus doit être suffisamment élevée pour permettre la condensation de la vapeur avec l'alimentation en eau disponible. Le pré-condenseur est utilisé pour condenser la vapeur sortant de l'éjecteur au dernier étage à la pression atmosphérique. Les non condensables sont rejetés dans l'atmosphère. [9]

- **Condenseurs de surpression :** Il est utilisé pour condenser la vapeur de traitement et la vapeur motrice provenant des éjecteurs de surpression. Les éjecteurs de surpression servent à comprimer les vapeurs d'un éjecteur précédent et à abaisser la pression absolue du fluide afin que celui-ci puisse se condenser dans le condenseur. [9]
- **Inter-condenseur:** Il est utilisé entre les étages d'éjection dans les systèmes à jet de vapeur à deux étages ou plus. Les étages d'éjection sont nécessaires pour comprimer les fluides non condensables du processus. Un inter-condenseur pourrait également être utilisé pour comprimer la pression du condenseur d'un étage d'éjecteur précédent à la pression atmosphérique. Ainsi, il n'est plus nécessaire de passer à l'éjecteur suivant pour traiter la vapeur motrice de l'étage précédent. [9]
- **Après-condenseur:** Un après-condenseur est utilisé pour condenser la vapeur à la pression atmosphérique à partir du dernier étage du système à jet de vapeur avant de libérer la vapeur de condensation du système. L'après-condenseur libère de la vapeur non condensable dans l'atmosphère. [9]

Chapitre III

**Ejecteurs à jet de vapeur à
plusieurs étagés**

III. 1 Introduction

Les systèmes de vide sont installés depuis plusieurs années sur divers types d'applications: installations de raffinage, centrales électriques et centrales énergétiques respectueuses de l'environnement, installations de cogénération, centrales de dessalement ou centrales hydro-électriques, industries chimiques (production d'urée, d'ammoniac et d'engrais).

Les systèmes de vide à éjecteur à jet de vapeur à plusieurs étages sont les dispositifs solitaires qui peuvent atteindre le niveau cible de vide (300 Pa), chacun pouvant comprendre un éjecteur à jet de vapeur et un condenseur de mélange (barométrique), et aspirer de grands volumes de vapeurs agressives et de gaz à température et humidité élevées.

Leurs principaux avantages sont des coûts d'investissement réduits, conception simple, absence de pièces mécaniques en mouvement et fiabilité de fonctionnement, les condenseurs barométriques peuvent fonctionner avec un minimum de différence entre les températures de condensation et d'eau de refroidissement.

Un tel système de vide doit remplir les conditions suivantes: résistant aux acides gras condensats faible consommation d'énergie avec un minimum d'entretien. [10]

III.2 Systèmes de vide éjecteur à jet de vapeur plusieurs étages

Les systèmes à éjecteur peuvent être divisés en unités de condensation et unités sans condensation. La méthode habituelle de mise en scène consiste à utiliser un condenseur de vapeur entre les étages. Les condenseurs sont utilisés pour condenser la vapeur motrice plus la vapeur d'aspiration de la première étage, ne laissant passer que les incondensables saturés aux étages suivantes.

La taille et le type de condenseur utilisé sont fonction du rapport air / vapeur, des températures de l'eau de refroidissement disponibles, des coûts de vapeur et d'eau et des contaminants présents dans la vapeur d'aspiration du premier étage.

Systèmes d'éjecteurs de vapeur à plusieurs étages Des gains d'efficacité supplémentaires peuvent être réalisés en utilisant des systèmes à plusieurs étages au profit de modèles à un étage. En général, il est plus efficace, en termes d'énergie spécifique, d'utiliser des éjecteurs à plusieurs étages. Ceci nécessite l'utilisation d'inter-condenseurs pour éliminer la vapeur en fonctionnement de sorte que seuls les gaz incondensables passent au second étage, réduisant ainsi la quantité de vapeur nécessaire.

Des pressions d'aspiration inférieures sont obtenues lorsque les éjecteurs sont placés à plusieurs étages.

La mise en place de plusieurs unités à éjecteurs crée un système de vide complexe, certains systèmes pouvant comporter jusqu'à six étages d'éjecteurs individuels avec des inter-condenseurs placés entre chaque étage. La mise en place du condenseur entre les étages est typique de la mise en place d'un système multi-éjecteurs.

Il existe de nombreuses combinaisons d'éjecteur-condenseur disponibles pour certaines opérations et applications. Les condenseurs sont utilisés pour condenser la vapeur motrice et la vapeur d'aspiration de chaque phase.

Il permet aux composants non compressibles saturés de passer aux étages suivantes. Les étages à éjecteur peuvent être divisés en unités de condensation et unités sans condensation.

Système éjecteur à jet de vapeur Consiste en un ou plusieurs assemblages éjecteur à vapeur avec condenseurs d'éjecteur associés, conçus pour condenser la vapeur évacuée d'assemblages d'étages d'éjecteur précédents, comme illustré ci-dessous [10].

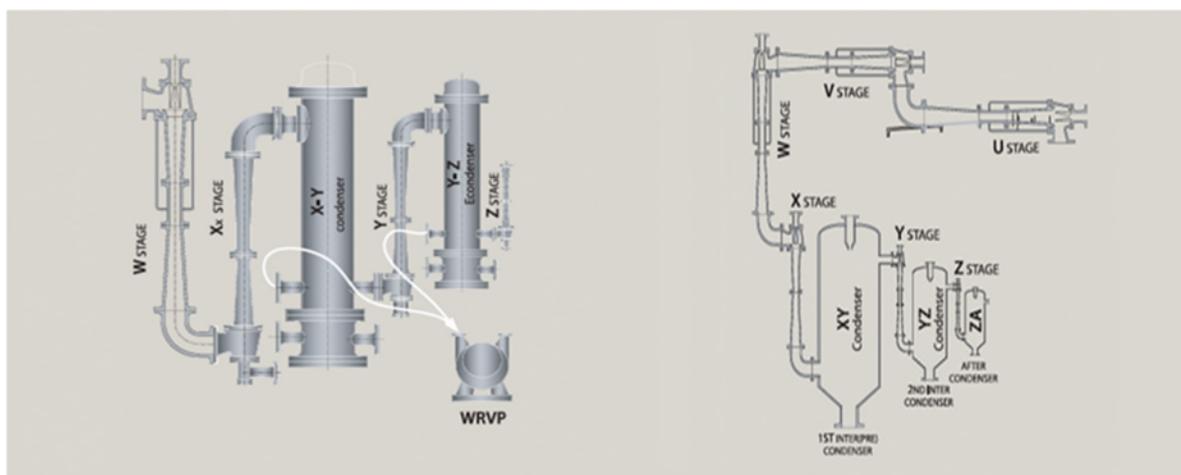


Figure III. 1 : Désignations pour assemblage d'éjecteur. [10]

III.3 Type d'éjecteur à jet de vapeur utilisée dans le système de vide

Les éjecteurs sont généralement classés dans l'un des quatre types de base suivants:

III.3.1 Ejecteur de vapeur à Mono-étage

Pour la manipulation de grandes quantités de vapeurs condensables, le «premier étage» est généralement suivi d'un condenseur, suivi d'un éjecteur à deux étages pour comprimer les non condensables à la pression atmosphérique. Lorsque les charges condensables sont petites ou inexistantes, un seul condensateur intermédiaire après le deuxième étage peut être utilisé. Les unités sans condensation à trois étages utilisent des

quantités relativement importantes de vapeur motrice et ne sont généralement pas recommandées.

Certains modèles intègrent l'utilisation d'un pré-condenseur pour condenser la vapeur motrice du stade atmosphérique. Lorsque des condenseurs de surface sont utilisés, le condensat du condenseur principal peut être pompé à travers l'inter-condenseur et l'après-condenseur en tant qu'eau de refroidissement. Cela permet de renvoyer la chaleur de la vapeur de l'éjecteur vers la chaudière.

Pour des pressions d'aspiration extrêmement basses, des éjecteurs à 4, 5 et 6 étages sont utilisés. Étant donné que la pression entre les deux premiers étages de l'éjecteur à quatre étages, les trois premiers étages d'un éjecteur à cinq étages et les quatre premiers étages d'un éjecteur à six étages est trop basse pour permettre la condensation de la vapeur de l'éjecteur, ces étages sont construits sans condensation et les étapes suivantes se condensent.

Un éjecteur à vapeur à un étage est utilisé pour une pression d'aspiration ultime de 10 kPa et une pression d'aspiration normale jusqu'à 15 kPa. [11]

La pression de refoulement est essentiellement équivalente à la pression atmosphérique.



Figure III. 2 : éjecteur Mono-étagé

III.3.2 Multi-étages suivi de condensation

Ces systèmes ont généralement deux ou trois étages éjecteurs séparés par des inter condenseurs pour condenser la partie condensable du mélange de vapeur entrant l'inter condenseur et réduire la charge sur le l'étage suivante.

Ces systèmes sont conçus pour pressions absolues faibles (600 à 13000 Pa) et coûts d'exploitation minimaux. Les éjecteurs à condensation à plusieurs étages sont disponibles en deux étapes ou plus. Un inter-condensateur de type surface ou contact direct est utilisé entre les étages pour condenser la vapeur de l'étage précédent et réduire la charge. Cette conception est généralement recommandée pour les pressions d'aspiration à partir de [4 mm Hg]. Abs à [0,5 mm Hg]. Dans les conceptions en deux étapes; à partir de [25 mm Hg à 2 mm Hg]. Dans les conceptions en trois étages.

Au fur et à mesure que plusieurs étages sont ajoutés à un système éjecteur à condensation, la pression globale du premier étage devient inférieure à celle de l'autre étage. Les taux de compression du système augmentent également à mesure que de nouveaux étages sont ajoutés. [11] Dans ce type d'arrangement, la mesure de la pression pour chaque étage est la suivante:

- Etage 1 : 75 mm Hg
- Etage 2 : 12 mm Hg
- Etage 3 : 1 mm Hg
- Etage 4 : 0,2 mm Hg
- Etage 5 : 0,02 mm Hg
- Etage 6 : 0,002 mm Hg

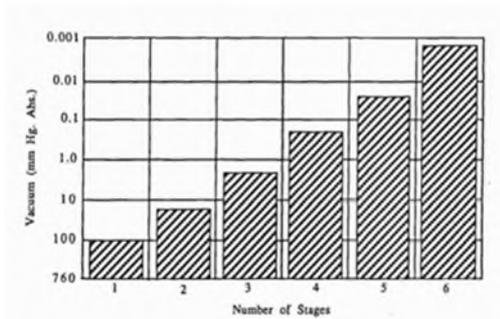


Figure III. 3 : Le diagramme illustre les niveaux de vide pouvant être atteints de manière économique pour un nombre spécifique d'étages. [11]

III.3.2.a Éjecteur de vapeur à deux étages

Les éjecteurs à vapeur à deux étages sont utilisés pour une pression d'aspiration inférieure ou égale à 20 kPa. Et la pression d'aspiration maximale est jusqu'à 2k Pa .Les éjecteurs à vapeur à deux étages comprennent trois types; (1) éjecteur sans condensation à deux étages: petite capacité, (2) éjecteur à deux étages avec inter condenseur barométrique: fonctionnement continu et consommation de vapeur par capacité la plus basse, (3) éjecteur à deux étages avec inter-condenseur de surface: élimine la contamination par l'eau et système de récupération [11].



Figure III. 4 : Éjecteurs à 2 étages avec inter-condenseurs (2ème étage dans l'atmosphère) [11]

III.3.2 b Éjecteur de vapeur à trois étages

Les éjecteurs à vapeur à trois étages sont utilisés pour une pression d'aspiration inférieure ou égale à 5 kPa et la pression d'aspiration maximale est jusqu'à 0,5 kPa.

Les éjecteurs à vapeur à trois étages incluent trois types; (1) éjecteur à trois étages sans condensation: service intermittent et de petite capacité, (2) supprimeur à deux étages et troisième éjecteur avec inter condenseur: plage de vide continu et élevé, (3) éjecteur à trois étages avec deux inter condenseurs: atteindre une économie de vapeur maximale .Impossible de condenser le gaz à une pression trop basse pour permettre la condensation (pression d'aspiration inférieure à 3300 Pa), avec l'eau de refroidissement disponible. Ce cas est vapeurs à la pression de condensation [11].

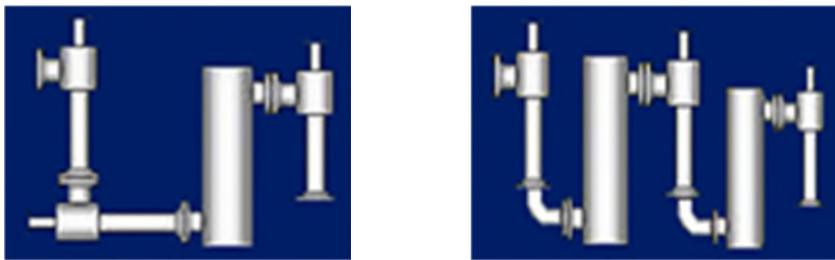


Figure III. 5 : Ejecteurs à 3 étages avec inter condenseur entre les 2ème et 3ème étages, et éjecteurs à 3 étages avec 2 inter-condenseurs (3ème étage dans l'atmosphère).[11]

III.3.2 c Ejecteur de vapeur à quatre étages

L'éjecteur de vapeur à quatre étages est conçu pour une plage de vide poussé, une pression d'aspiration de (0.5 kPa) ou inférieure, et une pression d'aspiration maximale de (0,07 kPa). La pression d'aspiration est inférieure à (530 Pa). La température de saturation de la vapeur d'eau est suffisamment inférieure à [0°C] pour geler l'humidité dans le gaz d'aspiration et la vapeur motrice, créant ainsi de la glace entre la buse à jet et l'entrée du diffuseur. Pour éviter la formation de glace, la vapeur requise enveloppe la buse à jet et le diffuseur [11].



Figure III. 6 : Ejecteurs à 4 étages (1er étage de type sans condensation).[11]

III.3.2 .d Ejecteur de vapeur à cinq et à six étages

Les éjecteurs à vapeur à cinq et à six étages sont couramment utilisés dans les domaines des procédés spéciaux et de la recherche spatiale, ainsi que dans les procédés de

métallurgie sous vide, tels que l'unité de dégazage RH (-OB) de POSCO. La plage de pression d'aspiration de l'éjecteur de vapeur à cinq étages va de (0,01 kPa) à (0,013 kPa). Ejecteur de vapeur du 6ème étage La plage de pression d'aspiration de l'éjecteur de vapeur à six étages est inférieure à (0,007 kPa). [11]

III.3.3 multi-étages sans condensation

Les éjecteurs à plusieurs étages sans condensation sont utilisés lorsqu'il est nécessaire de produire des pressions d'aspiration inférieures. La consommation de vapeur dans ces unités est relativement élevée, car chaque étape successive est nécessaire pour traiter la charge et la vapeur motrice de l'étage qui la précède. Ces conceptions sont fréquemment utilisées lorsqu'un faible coût initial est plus important que l'économie d'exploitation, pour une utilisation intermittente ou pour des applications où l'eau n'est pas disponible.

Le terme non condensé est utilisé lorsqu'un étage débouche directement dans l'étage suivant. La consommation de vapeur dans ce type d'appareil est plus élevée car le deuxième étage doit gérer la vapeur motrice plus la capacité d'aspiration du premier étage. Les unités sans condensation sont utilisées lorsque la pression intermédiaire est inférieure à celle qui pourrait être obtenue avec la température de l'eau de refroidissement disponible.

Les unités sans condensation à deux et trois étages sont utilisées lorsque le coût d'achat et d'installation dépasse le coût de la consommation de vapeur. Les unités sans condensation à deux étages utilisées comme amorces sont plus efficaces que celles utilisées pour le fonctionnement en un point. Une unité à deux étages sans condensation utilise environ 100% plus de vapeur qu'un appareil à condensation à deux étages, mais lorsqu'elle est utilisée comme évacuateur, son temps d'amorçage n'est que d'environ 20% plus long. Cela est dû au surdimensionnement du stade final ou atmosphérique.

Ces sont utilisés lorsque les exigences principales faibles pressions absolues (1300 à 6600 Pa) avec coût initial minimum ou dans un espace restreint. Ils ne nécessitent pas de condenseurs ou d'eau de condenseur. [11]



Figure III. 7 : multi-étages sans condensation [11]

III.3.4 Ejecteurs sans condensation à plusieurs étages suivie d'une condensation à plusieurs étages éjecteurs

Cette configuration est utilisée avec l'inter étage condensation pour obtenir des aspirateurs extrêmement bas (130 à 66 Pa) avec économie. Jusqu'à six éjecteurs en série sont utilisés pour atteindre pressions à l'amplitude de (66 Pa).[11]

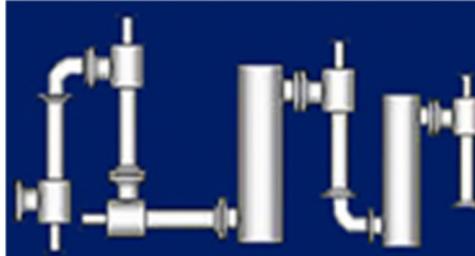


Figure III. 8 : Ejecteurs à 5 étages (1er et 2e étages de type sans condensation). [11]

Chapitre IV

Unité de désodorisation d'huile avec système de vide à 4 étages

IV. 1 Introduction

Pendant des nombreuses années, les éjecteurs à jet de vapeur constituaient un moyen fiable et économique de créer un vide dans le traitement des graisses et des huiles.

Ils ont un faible coût d'installation et, malgré la simplicité de leur construction, offrent des années de fonctionnement sans problème, les éjecteurs à vapeur continuent d'évoluer avec le développement de nouveaux matériaux de construction, de nouvelles configurations de buses et d'autres innovations qui améliorent les avantages de la technologie de base.

La désodorisation est une étape cruciale du raffinage des huiles végétales, Il s'agit essentiellement d'une distillation à la vapeur sous vide, les éjecteurs à vide à quatre étages sont utilisés pour des pressions d'aspiration inférieures à [5 mbar], et aspirer de grands volumes de vapeurs agressives et de gaz à température élevées.

Les systèmes de vide à éjecteur, chacun pouvant comprendre un éjecteur à jet de vapeur et un condenseur de mélange (barométrique), peuvent fonctionner avec un minimum de différence entre les températures de condensation et d'eau de refroidissement.

Les éjecteurs et les condenseurs sont organisés en série les uns avec les autres, les vapeurs et les incondensables de traitement passent en série de la tour à un éjecteur, puis à un inter-condenseur, suivis par un autre éjecteur, puis à un inter-condenseur, etc.

Le but d'un éjecteur est d'entraîner les vapeurs au-dessus de la tour et les incondensables, puis de les comprimer une pression plus élevée en fin de compte, via une série d'éjecteurs étagés, les fluides de processus sont amenés à une pression équivalente ou supérieure à la pression atmosphérique. Par exemple, une tour à vide est maintenue à 10 mm Hg, l'éjecteur où le 1ère étage comprime le fluide de traitement entre 10 et 80 mm Hg, l'éjecteur du deuxième étage comprime de 80 à 250 mm Hg, l'éjecteur du troisième étage comprime de 250 à 800 mm Hg.

Comme mentionné précédemment, les inter-condensateurs doivent être positionnés entre les étages d'éjection pour condenser le plus de vapeur et d'hydrocarbures possible. En condensant la vapeur e, la charge traitée par un éjecteur en aval est réduite. Cela permet de réduire au minimum l'utilisation d'énergie (consommation de vapeur motrice) pour entraîner les éjecteurs.

CHAPITRE IV Unité de désodorisation d'huile avec système de vide à 4 étages

IV. 2 Consommation de vapeur dans l'unité 4étages

La consommation de vapeur dépend du :

- Taux de compression U, taux d'expansion E.
- Masse moléculaire moyenne et température du flux d'aspiration.
- Facteur d'entraînement ω
- Température de l'eau de refroidissement

IV. 2.1 Normes techniques d'éjecteur

Les éjecteurs sont composés de trois éléments de base :

- Une buse motrice (2)
- Une chambre de mélange
- Un diffuseur (4+5)

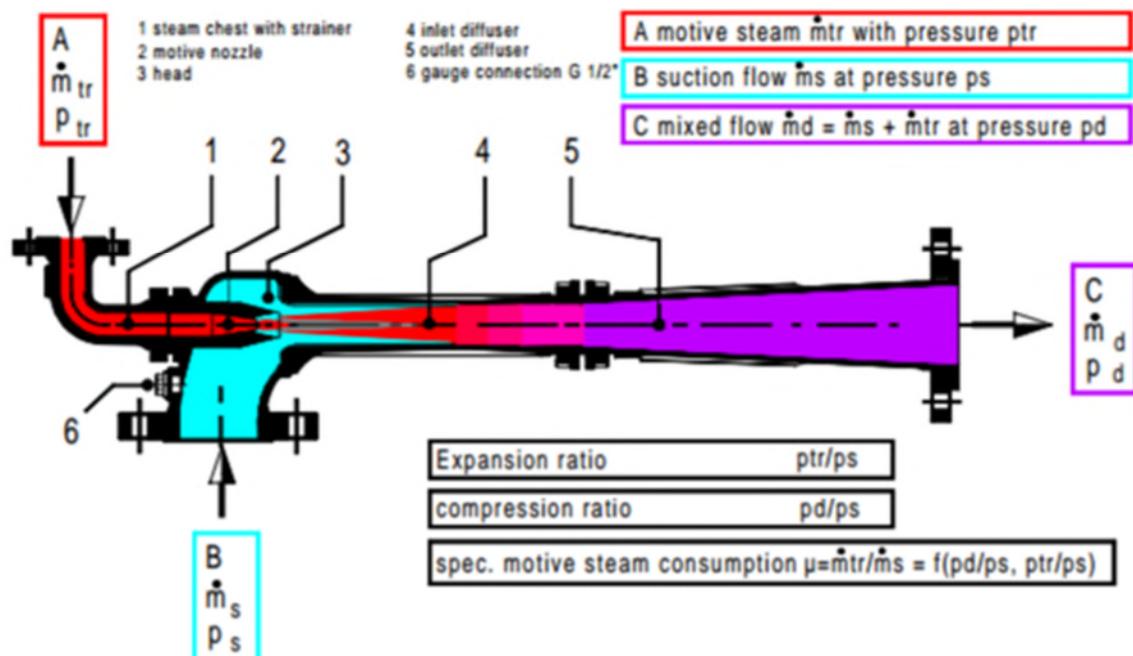


Figure IV. 1 : Normes techniques d'éjecteur [2]

Un fluide motivante haute pression (\dot{m}_{tr}) et entre en (1), se dilate à travers la buse convergente divergente en (2), le fluide aspirant (\dot{m}_s) entre en (3), se mélange au fluide motivant dans la chambre de mélange (4), (\dot{m}_{tr}) et (\dot{m}_s) Sont ensuite recomprimés à travers le diffuseur à (5).

CHAPITRE IV Unité de désodorisation d'huile avec système de vide à 4 étages

Pour le fluide moteur avec la pression la plus élevée (P_{tr}) pour le fluide d'aspiration avec la pression la plus basse (P_s) pour le refoulement des fluides moteur et d'aspiration avec un fluide (P_d).

Les changements de pression et de vitesse sont également représentés sur la Figure II. [4] Taux d'expansion suffisamment élevé de $[P_{tr}/P_s]$, les pompes à jet à un 4 étage atteignent un taux de compression $[P_d/P_s]$ allant jusqu'à (10), la consommation de vapeur dépend considérablement des deux facteurs :

Plus le taux d'expansion (E) est élevé, moins la vapeur motrice est Champs obligatoires, mais le (U) le plus motivé la vapeur est nécessaire. [2]

Taux d'expansion

$$E = \frac{P_{tr}}{P_s} \quad (IV.1)$$

Taux de compression

$$U = \frac{P_d}{P_s} \quad (IV.2)$$

Facteur d'entraînement ω donné par

$$\omega = \frac{\dot{m}_{eqv}}{\dot{m}_v} \quad (IV.3)$$

IV.2.2 Débit d'aspiration équivalent pour les éjecteurs à vide à jet de vapeur

Le débit d'aspiration d'un éjecteur à jet de vapeur dépend des conditions d'exploitation. Ces conditions nous ont été fournies par l'unité du désodorisation au sein du complexe Cévital. Il s'agit d'une installation à quatre étages dont la pression d'aspiration, la masse moléculaire, ainsi que la température de fluide à l'aspiration sont connues.

Il est nécessaire à remarquer que plus la masse molaire est élevée plus le débit absorbée est grand, par ailleurs plus la température d'aspiration est élevée plus le débit aspiré est faible et inversement [14].

Le débit d'aspiration équivalent est effectué par des corrélations effectuant les corrections moléculaires et de température conformément aux règles internationalement reconnues établies dans la fiche de travail korting. 24294 (1), dans la fiche DIN 28430 (2) ou dans les normes HEI (3) [15].

CHAPITRE IV Unité de désodorisation d'huile avec système de vide à 4 étages

Débits d'aspiration équivalents est basé sur l'équation. [14]

$$mieqv = \frac{\left[\sum \frac{ms}{F(Mw)} \right]}{F(T)} \quad (\text{IV. 4})$$

(M) Masse molaire $\left(\frac{kg}{kmol} \right)$

	M
	kg/kmole
Air	28.97
Hydrogène (H2)	2.02
Hélium (He)	4
Méthane (CH4)	16.04
vapeur d'eau (H2O)	18.02
Néon (Ne)	20.18
Acétylène (C2H2)	26.04

Figure IV. 2 : Masses molaires pour quelques corps [15]

Remarque :

Masse molaire et la masse moléculaire, ces deux grandeurs sont identiques pour la plupart des chimistes. Pourtant il y a des chimistes qui pensent que la masse molaire s'exprime en gramme par mole, et la masse moléculaire en unité de masse atomique par molécule, mais la valeur numérique est la même .pour ces gens-là, la masse molaire de l'eau est de 18 gramme par mole .et la masse moléculaire de l'eau est de 18 unités de masse atomique par molécule.

(Mw) masse moléculaires

(*ms*) Débit d'aspiration réel en $\frac{kg}{h}$

F(Mw) Corrections moléculaires [14]

$$Mw = 1 \text{ à } 30 \leftrightarrow F(Mw) = [\alpha 1 Mw]^{1/2} \quad (\text{IV.5})$$

$$Mw = 31 \text{ à } 140 \leftrightarrow F(Mw) = [\alpha 2 - \beta 1 (Mw)] \quad (\text{IV.6})$$

F(T) = corrections de température [14]

T = 80 à 120 °C

$$F(T) = [\alpha 3 - (\beta 2)T] \quad (\text{IV. 7})$$

Le rapport entre la pression de refoulement et la pression d'aspiration, taux de compression pour unité a quatre étages est produire un vide inferieur a 3 mbar, plusieurs étages sont ajoutés comme indiqué sur Figure IV. [3] un nombre satisfaisant d'être choisi pour améliorer la stabilité du travail et utiliser la vapeur plus économiquement.

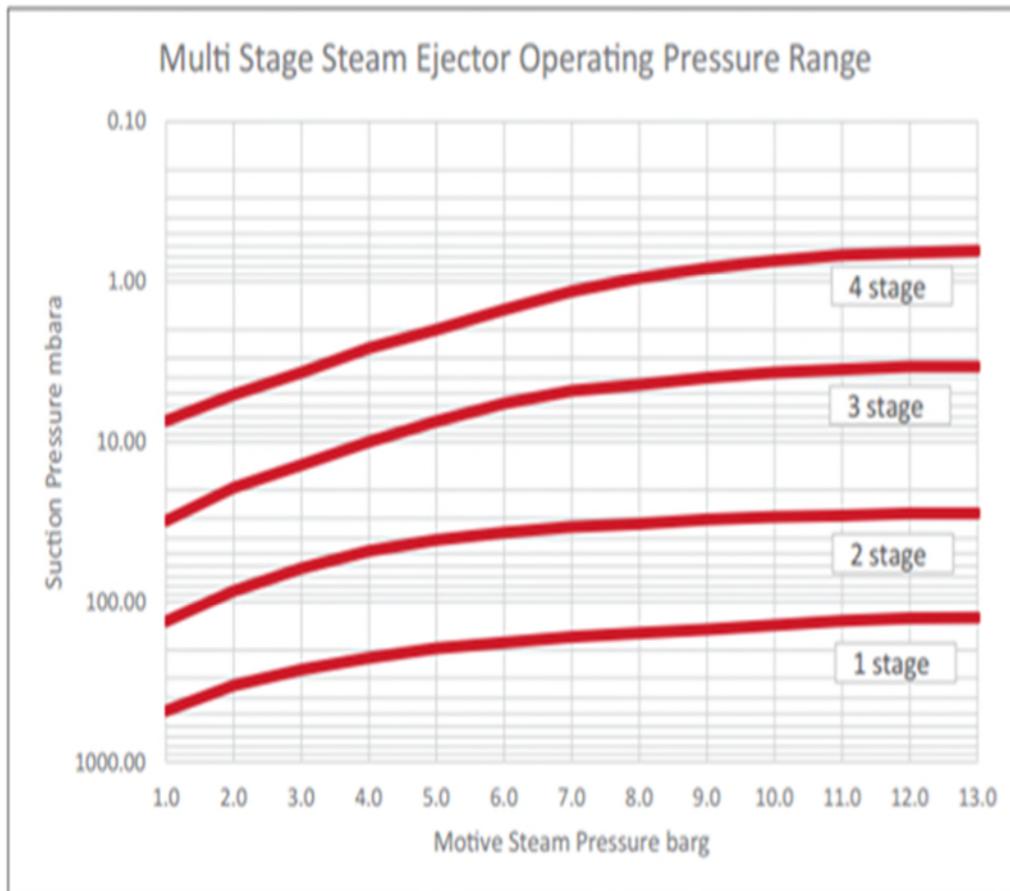


Figure IV. 3 : Les niveaux de vide pouvant être atteints de manière économique pour un nombre spécifique d'étages [17]

IV.2.3 Température de l'eau de refroidissement

CHAPITRE IV Unité de désodorisation d'huile avec système de vide à 4 étages

La possibilité de condensation de la vapeur d'eau (aspiration et écoulement moteur) dépend de la température du liquide de refroidissement, principalement de l'eau de refroidissement.

Le graphique montre les températures de l'eau de refroidissement sur une année. La pression de saturation (condensation) correspondante indique la limite pour tout condenseur (type de surface ou contact direct). Un système d'éjection doit être conçu pour les conditions de fonctionnement les plus défavorables, pour le max. le débit de vapeur d'enlèvement et la température d'eau de refroidissement la plus élevée, pendant le fonctionnement, la température de l'eau de refroidissement passe à une valeur inférieure et que le système n'est pas adaptable de l'énergie sera perdue, en ce qui concerne la consommation de vapeur motrice, ce problème peut être résolu en adaptant la consommation de vapeur motrice à la pression réelle de contre-pression ou de décharge dans le condenseur, qui varie avec la température de l'eau de refroidissement.[16]

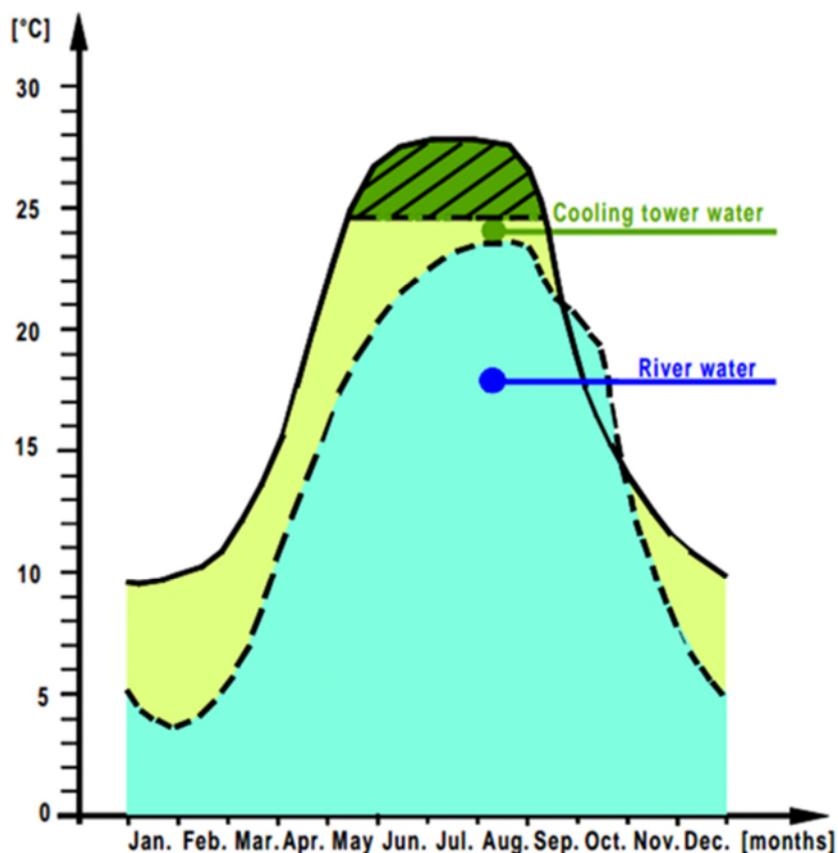


Figure IV. 4 : Graphique montre les températures de l'eau de refroidissement sur une année [16]

IV.3 Unité de désodorisation d'huile avec système 4 étages

Un système de vide quatre étages d'éjecteur/ inter-condenseurs. Où chaque étage augmente progressivement la pression jusqu'à ce que la pression atmosphérique soit atteinte. La pression de condensation, dépend de la température du fluide de refroidissement et du fluide moteur. Si vous utilisez de la vapeur d'eau comme fluide moteur et si vous avez de l'eau de refroidissement disponible à [25 °C], cette pression sera d'environ [60 mbar]. L'objectif ultime est pour pomper une charge donnée de la pression d'aspiration requise pression de refoulement requise en utilisant la quantité de vapeur la moins possible avec la combinaison la plus économique des phases d'éjecteur et les inter-condenseurs. Chaque étage doit également être indépendante. Soutenu, en utilisant un étage pour en soutenir une autre, grandes unités, peut imposer des charges excessives et des moments sur les sections de la gorge et conduisent à un désalignement, l'éjecteur étage (W) doit être installé en position verticale, de préférence décharger vers le bas.

Les étages sont désignées (W) (pression d'aspiration la plus basse) et (Z) (pression de refoulement la plus élevée, généralement atmosphérique).

Les inter-condenseurs (XY) et les deux dernières étapes, (Y) et (Z) sont montés verticalement, selon la conception (consulter schéma de disposition du système). La pression de refoulement de l'étage (Z) doit toujours tenir compte d'un facteur de sécurité, car ce dernier étage ne rejette pratiquement pas directement dans l'atmosphère.

La jambe de vidange verticale du «bas-débit» se termine dans un récepteur (ou bassine) installé au niveau du sol.

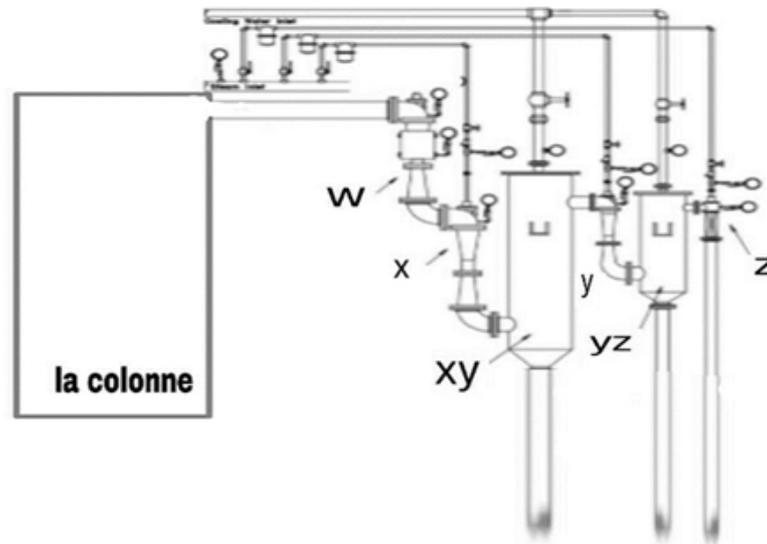


Figure IV. 5 : Unité de désodorisation d'huile avec système 4 étage [18]

IV.3.1 Les éléments de système

- La colonne
- Ejecteur étage w
- Inter-condenseur xy
- Ejecteur étage x
- Pré-condenseur yz
- Ejecteur étage y
- chute barométrique
- Ejecteur étage z
- Bassine

IV.3.2 Phénomène de système

L'éjecteur à jet de vapeur (W, X, Y, Z) implique conversion de la vapeur mobile à haute pression [12 bar] dans un jet à grande vitesse dans une buse convergente-divergente, les molécules de gaz et de vapeur entourant le jet à grande vitesse selon le principe de la traînée visqueuse, cette continuité l'entraînement des molécules près de la pointe de la buse est ce qui crée le l'aspirateur et entraîne l'effet de pompage.

CHAPITRE IV Unité de désodorisation d'huile avec système de vide à 4 étages

Une fois les molécules balayées par le jet, les deux constituants (vapeur motrice et charge entraînée) sont mélangés dans la section convergente de la gorge du Venturi, puis comprimée à une pression plus élevée les sections droites et divergentes.

Lorsque le mélange est finalement déchargé, le flux est à une pression intermédiaire plus que l'entrée "aspiration" pression mais plus bas que le motif la pression de la vapeur-et de voyager à une vitesse beaucoup plus faible que celle du jet.

Pour ce système les éjecteurs sont divisés en étages (Z, Y, X, W) et combinés avec des inter-condenseurs, chaque étage d'éjecteur couvrant une gamme donnée de pressions et chaque inter-condenseur réduisant la charge à l'éjecteur suivant.

La phase (W) est sans condensation et les décharges directement dans la phase (X) La pression d'aspiration de l'étage (W), [8 mbar], La pression de refoulement de l'étage (W) et l'aspiration de l'étage (X) sont en théorie exactement identiques, la température de refoulement [42°C].

L'étage (X) se décharge ensuite dans le (XY) Inter-condenser (XY) est utilisé entre les étages (X) et (Y) sont nécessaires pour comprimer un condensé non condensable d'une pression de procédé ou d'un condenseur à la pression atmosphérique, il élimine également la manipulation de la vapeur motrice d'une étape précédente.

L'eau de refroidissement doit être acheminée vers les inter-condensateurs à partir d'une alimentation pratique en eau avec vannes de régulation pour une utilisation facile. Une pression d'eau de [0.4 à 0.6 bar] la température de l'eau de refroidissement nécessaire pour un fonctionnement normal [29 à 32°C].

La charge à l'étage (Y) doit également prendre en compte la charge d'air ajoutée, qui est libérée par l'eau de refroidissement.

CHAPITRE IV Unité de désodorisation d'huile avec système de vide à 4 étages

Pré-condenseur (YZ) est utilisé pour condenser la vapeur sortant de l'éjecteur (Y), les non condensables sont rejetés dans le dernier étage (Z).

Eau de refroidissement et condensat d'inter-condenseur (XY) et pré-condenseur (YZ).

La hauteur entre le niveau d'eau de bassine et le drain inter-condenseur et pré-condenseur doit être d'au moins [11m], une «jambe barométrique» fonctionnement de ces condenseurs à contact direct est comprise entre [1 et 30 de vide mm Hg].

La tuyauterie de refoulement de l'étage(Z) peut être dirigée vers un certain nombre de lieux, à condition contre-pression ne dépasse pas quelque chose de plus de quelques pouces de l'eau au-dessus de la pression atmosphérique.

IV.3.3 Données de conception fournies par l'unité

La colonne

Débit d'aspiration ; $100 \frac{kg}{h}$ vapeur d'eau + $10 \frac{kg}{h}$ d'air + $5 \frac{kg}{h}$ d'acide gras libre

Pression d'aspiration ; **8 mbar**

Température d'aspiration ; **100°C**

Etage (W)

Température de décharge ; **40°C**

Débit vapeur motrice ; **$325 \frac{kg}{h}$**

Etage (XY)

Température l'eau de refroidissement varie entre [**29 à 32°C**]

La pression de l'eau de refroidissement varie entre [**0.4 à 0.6 bar**]

Etage W, X, Y, Z

La pression de vapeur motrice [**12 bar**]

IV.3.4 Calcul et résultats

Taux de compression

L'équation (IV.2)

$$U = \frac{pd}{ps}$$

$$pd = ?$$

Taux d'expansion

Rappelez l'équation (IV.1)

$$E = \frac{12}{0.008}$$

$E = 1500$

Débit équivalent

L'équation (IV. 4)

$$meqv = \frac{\sum \frac{ms}{F(Mw)}}{F(T)}$$

$$\sum \frac{ms}{F(Mw)} = \left[\frac{(ms)v}{F(Mw)v} \right] + \left[\frac{(ms)a}{F(Mw)a} \right] + \left[\frac{(ms)ffa}{F(Mw)ffa} \right]$$

Masse moléculaire $(Mw)e = 18.02$

Pour masse moléculaire entre 1 à 30 → $\alpha_1 = 0.0345$

applique la formule (IV.5)

$$F(Mw)e = [\alpha_1 Mw]^{1/2}$$

$$= [0.0345(18.02)]^{1/2}$$

$F(Mw)e = 0.788$

CHAPITRE IV Unité de désodorisation d'huile avec système de vide à 4 étages

Poids moléculaire D'air (Mw) $a = 28.97$

$$\begin{aligned} F(Mw)a &= [\alpha 1 Mw]^{1/2} \\ &= [0.0345(28.97)]^{1/2} \end{aligned}$$

$$F(Mw)a = 0.99$$

Poids moléculaire acide gras libre (agl). [17]

$$(Mw)agl = 140$$

Pour poids moléculaire entre 31 a 140 $\rightarrow \begin{cases} \alpha 2 = 1.076 \\ \beta 1 = 0.0026 \end{cases}$

En appliquant la formule (IV.6)

$$\begin{aligned} F(Mw)agl &= [\alpha 2 - \beta 1(Mw)] \\ &= [1.076 - 0.0026(140)] \end{aligned}$$

$$F(Mw)agl = 0.712$$

$$(ms)v = 100 \frac{kg}{h}$$

$$(ms)a = 10 \frac{kg}{h}$$

$$(ms)agl = 5 \frac{kg}{h}$$

$$\begin{aligned} \sum \frac{ms}{F(Mw)} &= \left[\frac{100}{0.788} \right] + \left[\frac{10}{0.99} \right] + \left[\frac{5}{0.712} \right] \\ &= (126.903) + (10.1) + (7.022) \end{aligned}$$

$$\sum \frac{ms}{F(Mw)} = 144.025$$

CHAPITRE IV Unité de désodorisation d'huile avec système de vide à 4 étages

Corrections due à la température.

Applique la formule (IV.8)

Pour la température d'aspiration de 100°C \rightarrow $\begin{cases} \alpha_3 = 1.005000 \\ \beta_2 = 0.000432 \end{cases}$

$$F(T) = [\alpha_3 - (\beta_2)T]$$

$$F(T) = 1.0050 - (0.000432)(100)$$

$$F(T) = 0.961$$

Résultats

$$meqv = \frac{144.025}{0.961}$$

$$meqv = 149.870 \frac{kg}{h}$$

Facteur d'entraînement ω

L'équation (IV.3)

$$\omega = \frac{meqv}{mv}$$

$$\omega = \frac{149.870}{325}$$

$$\omega = 0.461$$

Pour détermine la pression de refoulement (pd), en utilise les abaqes Taux de compression

$$E=f\left(U, \frac{1}{\omega}\right). [17]$$

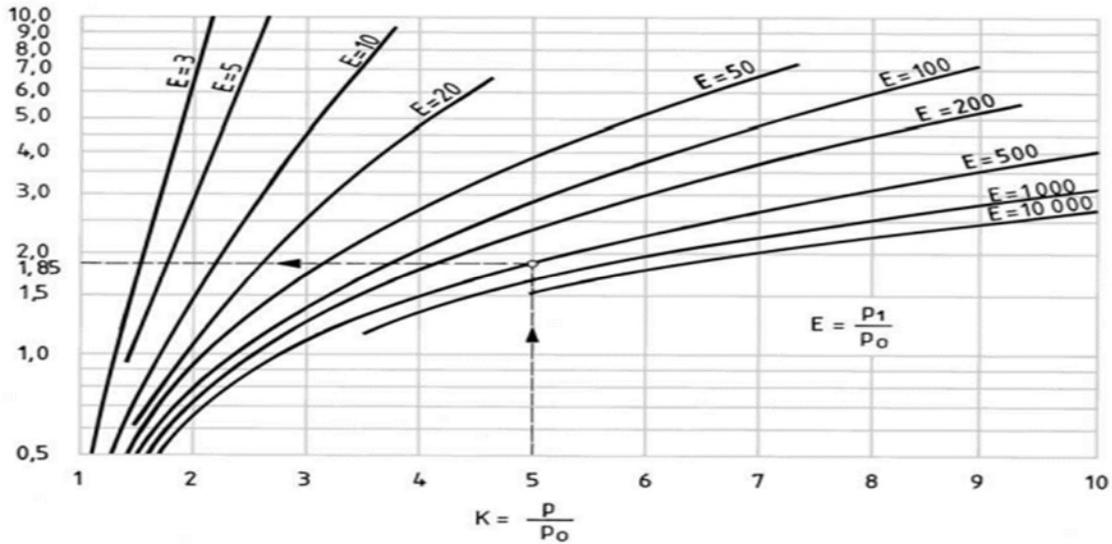


Figure IV. 6 : abaques $E = f(U, (\frac{1}{\omega}))$

$$\frac{1}{\omega} = 2.169$$

$$E=1500$$

Nous déduisons

$$K=7$$

Rappelez l'équation (IV.2)

$$pd = (7) \times (8)$$

$$pd = 56 \text{ mbar}$$

Commentaire : d'après les résultats obtenus concernant la pression de refoulement, en comparons avec les données fournies par l'unité, que la pression au niveau du l'inter condenseur (xy) est de 64 mbar. Nous savons bien que en approchons du l'étage (W) la pression de mélange diminue.

Donc nos calculs sont raisonnable tan 'que la pression (pd) est inferieur à celle l'inter condenseur (xy) qui est du 64 mbar.

Chapitre V

Etude de circuit d'eau de refroidissement

Chapitre V Etude de circuit d'eau de refroidissement

V.1 Introduction

Pour la bonne fonctionnalité de système sous vide il est nécessaire d'éjecter l'eau de refroidissement a une température qui ne dépasse pas [32°C] dans le condenseur qui garde le vide nécessaire au système. Pour cela il nous faut un système de refroidissement qui garantit la température et la pression d'eau qui est de [0.04 a 0.06 bar]. Dans ce chapitre on va étudier l'ensemble des éléments utiles au bon fonctionnement du circuit d'eau de refroidissement de système sous vide (température et pression).

V.2 Le principe de fonctionnement du circuit

L'unité de désodorisant d'huile est composée de deux lignes (A, B), chacune a sa capacité de production. Au service de ces deux lignes on a un circuit d'eau qui il faut pour la condensation de vapeur. La température max d'injection d'eau dans les lignes [32°C] qui provient de deux échangeur de type à plaque et joint (56 E10 et 56 E11), l'eau récupérée d'un bassin, on l'envoie une autre fois au circuit aide une pompe centrifuge (56P6). L'autre pompe qui se situe entre la Tour de refroidissement et les deux échangeurs nous garantira le débit de fluide froid. Nécessaire au transfert de chaleur. (Voir Figure V.1)

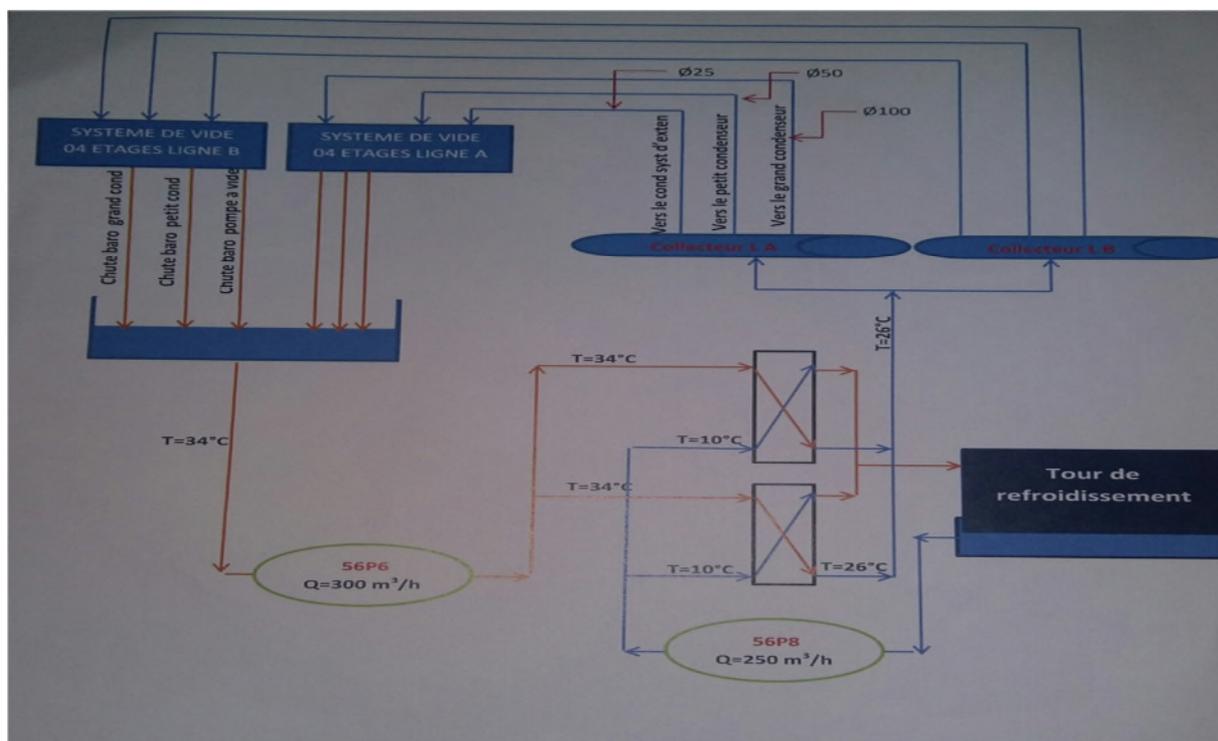


Figure V.1 : schéma de circuit d'eau de système de vide [18]

V.3 Les éléments de circuit

V.3.1 La Tour de refroidissement

Définition :

Les tours de refroidissement sont utilisées pour refroidir un liquide ou un gaz à l'aide d'un moyen de refroidissement. Il s'agit d'un cas particulier d'un échangeur de chaleur où le transfert thermique s'effectue par contact direct ou indirect entre les flux. Le moyen de refroidissement de telles installations est le plus souvent l'air ambiant. Les tours de refroidissement sont des équipements courants, présents dans des installations de climatisation, ou dans des procédés industriels et énergétiques. [19]

Le type de la tour utiliser dans le système est une tour à de marque evapco de modèle AT 212 824 avec une puissance de 7207.5 kW.

V.3.2 La pompe

Définition :

La pompe transforme l'énergie mécanique de rotation en énergie hydraulique, qui la transmet par le fluide transporté dans les canalisations vers des récepteurs. [19]

Le type des pompes utilisées est de type volumétrique fabriquée par l'entreprise flender de la marque KSB.

La pompe est destinée à alimenter le circuit d'eau du système de vide.

V.3.3 L'échangeur de chaleur

V.3.3.a Définition

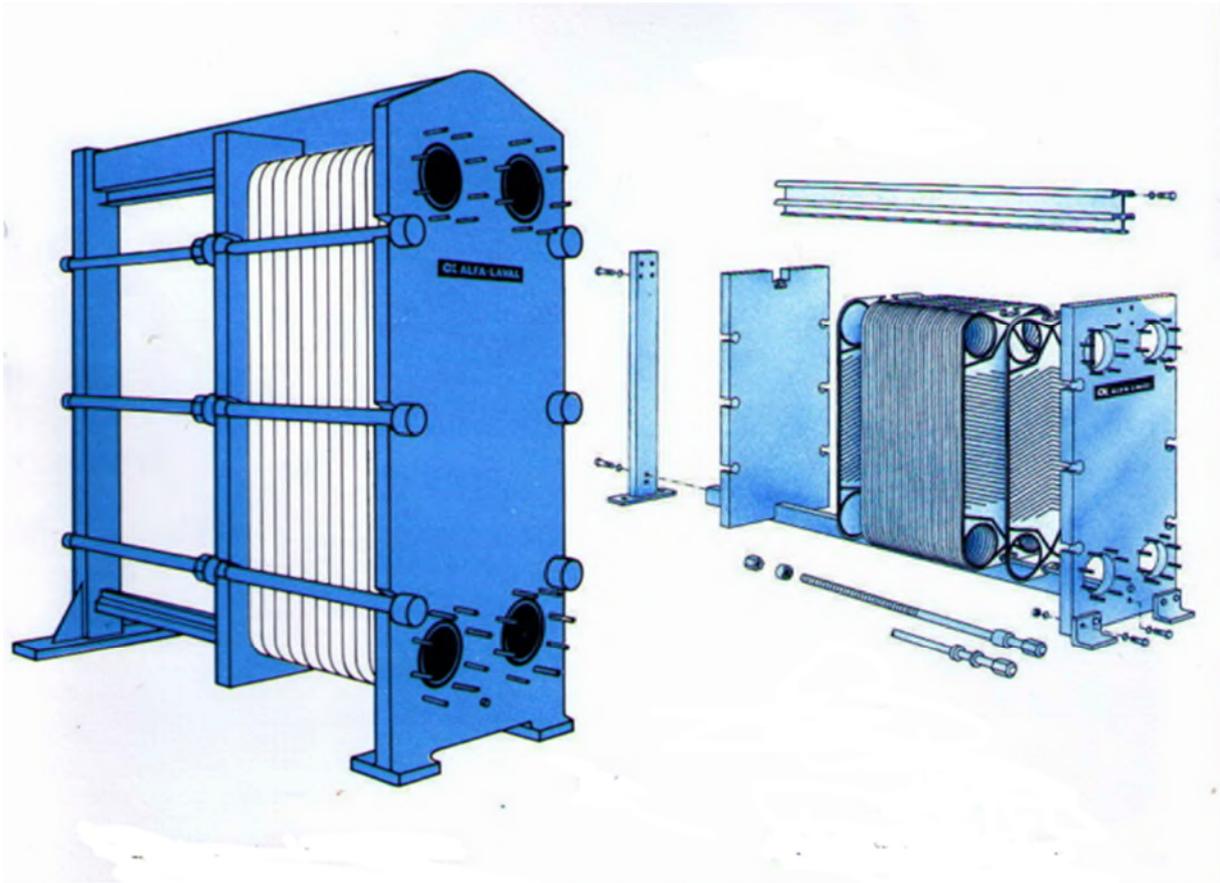
Un échangeur de chaleur est un système qui permet de transférer un flux de chaleur d'un fluide chaud à un fluide froid à travers une paroi sans contact direct entre les deux fluides.

Les échangeurs exploités dans notre circuit sont de type à plaques et joints de marque Alfa Laval

V.3.3.b Etude de l'échangeur

L'échangeur à plaque est constitué d'un ensemble de plaques embouties, maintenues serrées entre deux plateaux au moyen de tirants de serrage.

Une barre de supportage supérieure, une barre inférieure de guidage, ainsi qu'une colonne arrière complètent cet équipement Figure V.2.



FigureV.2 : vue éclatée d'un échangeur de chaleur [20]

Les plaques d'échangeur sont réalisées à partir de tôle embouties ayant, en général une forme en chevron ceci permet :

- De favoriser la turbulence et donc augmenter l'efficacité.
- D'assurer une tenue à la pression en multipliant le point de contact.

Les plaques utilisées dans les deux échangeurs sont du métal inoxydable (AISI 316) avec une épaisseur de [0.5mm]



FigureV.3 :plaque d'échangeur avec joint étanchéité. [21]

V.3.3.c Les joint

Chaque plaque est munie d'un joint étanchéité périphérique qui aura deux fonctions : Assurer l'étanchéité vers l'extérieur et entre les deux fluides et leur répartition dans l'échangeur.

Il existe un grand nombre de matériaux disponibles pour ces joints : nitrile , Tyl , EPDM , Viton , téflon ext. Notre échangeur a les joints en Nitrile clip on

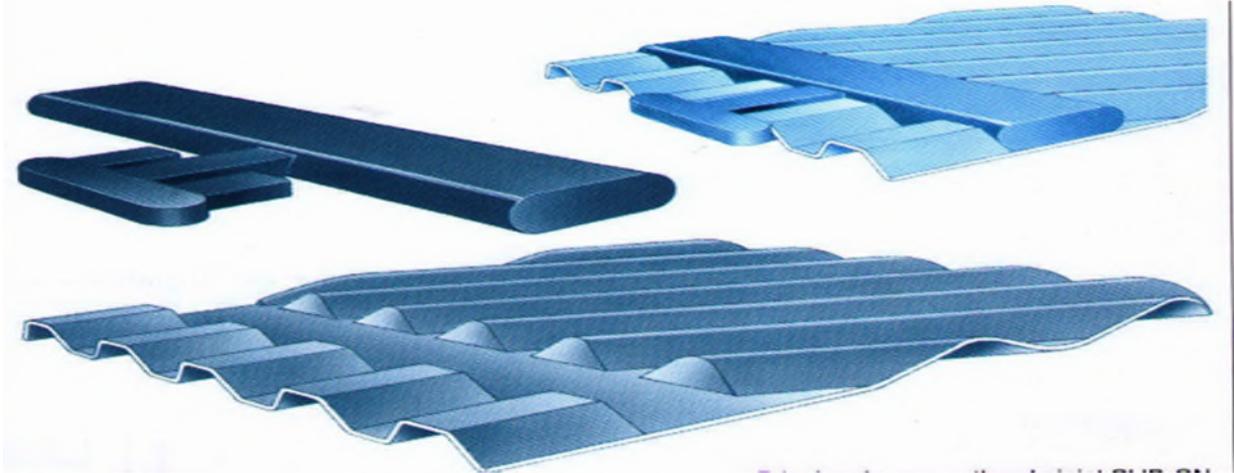


Figure V.4: Principe de conception de joint Nitrile clip on. [21]

V.3.3.d Circulation de fluide

L'assemblage des plaques et la disposition des joints nous donne une répartition des fluide une plaque sur deux et une circulation à contre-courant parfaite.

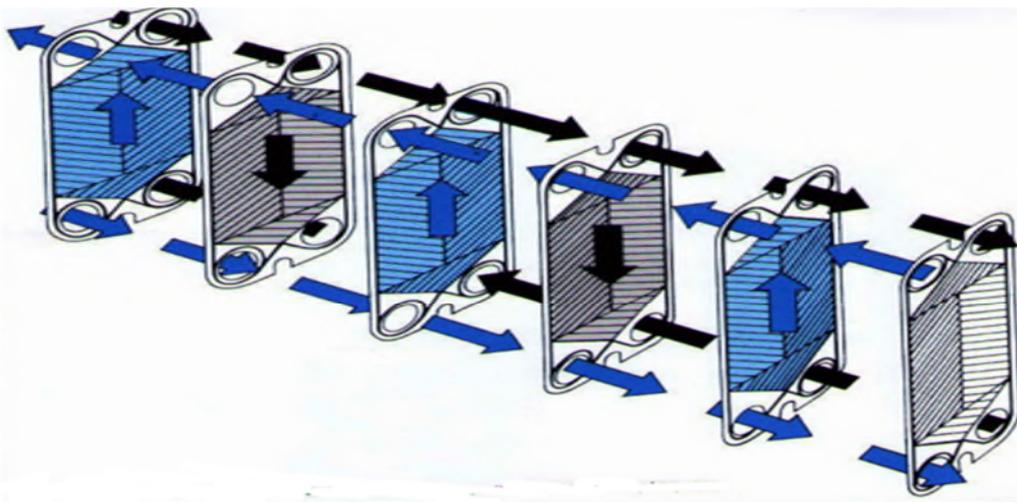


Figure V.5 : écoulement de fluide dans les deux échangeurs a plaques [20]

V.3.4 Approche technique de dimensionnement de l'échangeur

V.3.4.1 Rappel théorique

La puissance frigorifique transférée dans un échangeur de chaleur s'exprime selon la relation suivante :

$$p = k \cdot s \cdot \Delta T_{lm} \quad (\text{V.1})$$

Dans la quelles

P = la puissance en (W)

K= coefficient d'échange globale (W/m².°C)

S= surface échangée (m²)

ΔT_{lm} =écarte moyenne de température, cette formule nous aide à déterminer le K et la surface d'échange ; Dune autre part on peut exprimer la puissance frigorifique par le fait que la chaleur perdu par le fluide chaude et intégralement récupéré par le fluide froide :

$$\text{Soit : } \Phi_i = \dot{m}_i \times c_{pi} \times \Delta t_i \quad (\text{V.2})$$

Telle que :

Φ_i = puissance (W)

\dot{m}_i =debit de fluid (kg/s)

c_{pi} =chaleur spécifique (kJ/kg)

Δt_i =Différence de température à l'entrée et à la sortie du l'échangeur

i =indice soit [c(fluide chaude) ou bien f (fluide froid)]

$$\text{Donc on aura } [\Phi_c = \dot{m}_c \times C_{Pc} \times \Delta t_c] = [\Phi_f = \dot{m}_f \times C_{Pf} \times \Delta t_f]$$

La différence de température d'entrée et de sortie du fluide froide et chaude nous donne :

$$\Delta t_e = (t_{ec} - t_{sf})$$

$$\Delta t_s = (t_{sc} - t_{cf})$$

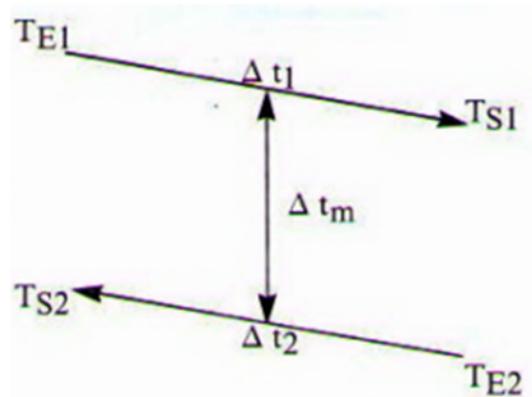
Chapitre V Etude de circuit d'eau de refroidissement

A partir de ces valeurs on peut calculer l'écart logarithmique de températures :

$$\Delta T_{lm} = \frac{(\Delta t_e - \Delta t_s)}{\ln \frac{\Delta t_e}{\Delta t_s}} \quad (V.3)$$

Dans ce qui concerne le nombre d'unité de transfert (NUT) :

$$Nut_i = \frac{\Delta t_i}{\Delta T_{lm}} \quad (V.4)$$



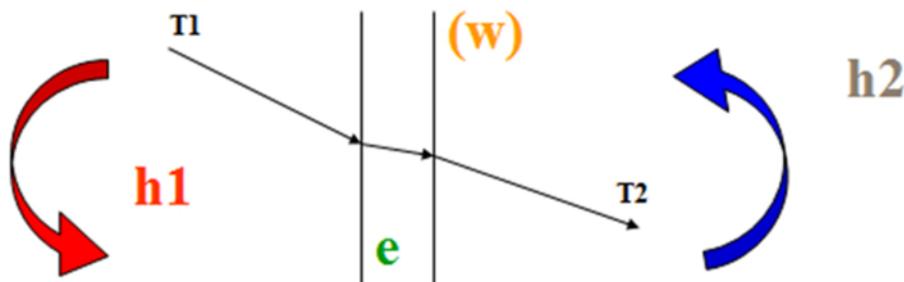
FigureV.6 : écart de températures dans un échangeur contre-courant.[20]

Pour le calcul du coefficient d'échange globale K :

On a :

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{h_f} + \frac{1}{h_c} + \frac{e}{\lambda_p} + R_f + R_c \quad (V.5)$$

Avec : \$h_f\$ et \$h_c\$ = coefficient d'échange convectif de fluide froid et chaude **FigureV.7**



FigureV.7 : les coefficients d'échanges des deux fluides. [21]

Chapitre V Etude de circuit d'eau de refroidissement

e =épaisseur de la plaque (m)

λ_p = conductivité thermique de la plaque ($W/m^2.c$).

R_f et R_c sont des résistances d'encrassement des fluide ($^{\circ}C m^2 /W$)

Et à partir de la formule suivante on calculera le coefficient d'échange pour chaque côté:

$$\frac{h}{\lambda} \times pr^{(-\frac{1}{3})} = 234 \times \left(\frac{\rho \Delta p}{\mu^2} \right)^{0.3275} \quad (V.6)$$

μ : Viscosité dynamique en cP, soit $1 [kg / (m.s)] = 10^3$ centpoise).

ρ : Masse volumique (kg/m^3)

Et (Pr) le nombre adimensionnel qui se calcule de la manière suivante :

$$pr = \frac{(cp \times \mu)}{\lambda f} \quad \text{Avec } \mu : [kg / m s] \quad (V.7)$$

L'efficacité du l'échangeur se calcule par :

$$\epsilon = \frac{(puissance\ reel)}{(puissance\ maximal)} \times 100 = \frac{Q_{reel}}{Q_{max}} \times 100 \quad (V.8)$$

Avec **puissance maximale** = $(m \times cp \times \Delta t_{max})$ avec $\Delta t_{max} = (t_{c_e} - t_{f_e})$

V.3.4.2 Donnée nécessaire au calcul des échangeurs

l'échangeure (56 E10) :

Donner :

cote	produit	T ($^{\circ}C$) entrée	T ($^{\circ}C$) sortie	Débit \dot{m} (kg/s)	perte de charge(kPa)
Fluide chaud	eau	35	31.4	65.027	184
Fluide froid	eau	30	33	77.777	299

Tableau V.1 : Donnée d'exploitation de l'échangeur [18]

Chapitre V Etude de circuit d'eau de refroidissement

Matière de la plaque AISI316

$$\lambda_p = 16.3 \text{ (W/m} \cdot \text{°K)}$$

Épaisseur de la plaque = **0.50 mm**

Diamètre inter plaque = **3.95 mm**

Propriétés physiques des deux fluides :

cote	T_m (°C)	Pression (bar)	C_p (J/kg K)	μ (kg/m s)	λ (W/m K)	Pr
Fluide chaud	33.2	9.8	4177.07	7.45897 10^{-4}	0.620964	5.1746
Fluide froid	31.5	9.8	4177.22	7.72493 10^{-4}	0.618298	5.21866

Tableau V.2 : propriétés physiques des fluides

V.3.4.3 Calcul de caractéristique thermique de l'échangeur (56 E10)

À partir de l'équation (V.2) elle nous donne la puissance frigorifique de l'échangeur :

$$\dot{Q}_f = -\dot{Q}_c = P$$

$$[65.027 \times 4177.07 \times (35 - 31.4)] = -[77.777 \times 4177.22 \times (30 - 33)]$$

$$\dot{Q} = 977.840 \text{ kW}$$

Coefficient de convection côté chaud h_c

$$\rho = 994.7 \text{ [kg / m}^3 \text{]}$$

$$\mu = [cP] \text{ soit ([kg / (m} \cdot \text{s)] = } 10^3 \text{ centpoise)}$$

$$Pr^{1/3} = (5.1746)^{1/3} = 1.729$$

D'après l'équation (V.6) :

Chapitre V Etude de circuit d'eau de refroidissement

$$hc = \left[0.620964 \times 234 \times 1.729 \times \left(\frac{994.7 \times 184}{0.745897^{(2)}} \right)^{0.3275} \right]$$

$$hc = 16104.402 [W / (m^2 \cdot ^\circ C)]$$

Coefficient de convection côté froid (hf) :

$$\rho = 995.3 [kg / m^3]$$

$$\mu: [cP] \text{ soit } ([kg / (m \cdot s)] = 10^3 \text{ centipoise})$$

$$pr^{1/3} = (5.21866)^{1/3} = 1.734$$

D'après l'équation (V.6)

$$hf = \left[0.618429 \times 234 \times 1.734 \times \left(\frac{995.3 \times 299}{0.772493} \right)^{0.3275} \right]$$

$$hf = 18429.099 [W / (m^2 \cdot ^\circ C)]$$

D'après l'équation (V.5) :

$$k = \frac{1}{\frac{1}{16104.402} + \frac{1}{18429.099} + \frac{0.5 \times 10^{-3}}{16.3}}$$

$$k = 6801.255 [W / (m^2 \cdot ^\circ C)]$$

D'après l'équation (V.3)

$$\Delta T_{lm} = \frac{(2 - 1.4)}{\ln \frac{2}{1.4}}$$

$$\Delta T_{lm} = 1.682$$

Après que le calcul de k et ΔT_{lm} il nous reste que les remplacer dans l'équation (1) pour déterminer la surface d'échange :

$$s = \frac{p}{k \times \Delta T_{lm}} = \frac{977.840 \times 10^{(3)}}{6801.255 \times 1.682}$$

$$S = 85.477m^2$$

Calcule le nombre d'unité de transfert : d'après l'équation (V.4)

$$Nut_c = \frac{(35 - 31.4)}{(1.682)}$$

$$Nut_c = 2.140$$

$$Nut_f = \frac{(33 - 30)}{(1.682)}$$

$$Nut_f = 1.7835$$

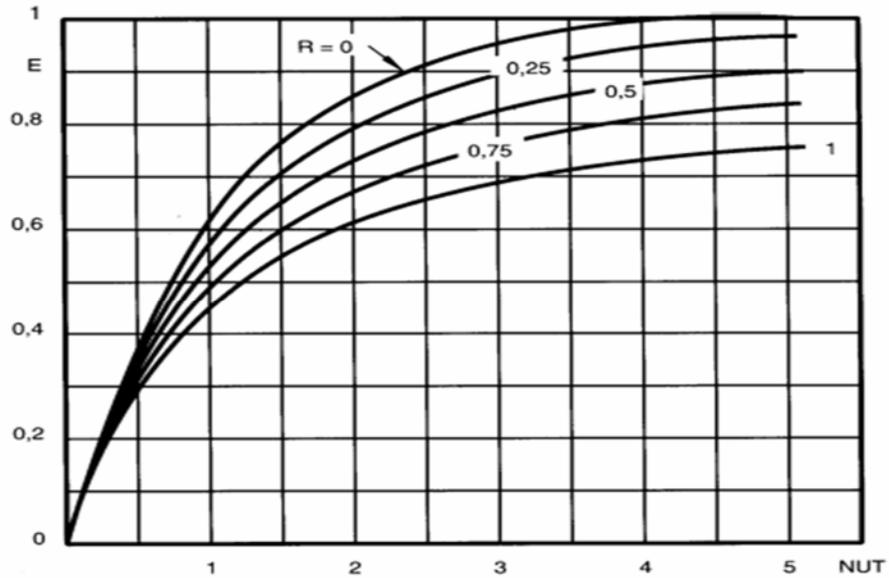
Calcule de R

$$R = \frac{(m' \times cp)_{min}}{(m \times cp)_{max}}$$

$$R = \frac{65.027 \times 4177.07}{77.777 \times 4177.22}$$

$$R = 0.83$$

D'après l'abaque ci dessus on peut déduire l'efficacité de l'échangeur



FigureV.8 : abaque $Nut_{max} = f(E)$. [22]

$E = 70\%$

La deuxième méthode pour le calcul de l'efficacité et on utilisant l'équation (8) :

$$E = \left(\frac{977.840 \times 10^3}{65.027 \times 4177.07(35 - 30)} \right) \times 100$$

$E = 71\%$

V.3.4.4 L'échangeur (56 E11) :

Donner :

Cote	Produit	T [°C] entrée	T [°C] sortie	Débit $\dot{m} \left[\frac{kg}{s} \right]$	Pert de charge [kPa]
Fluide chaud	Eau	35	32	77.777	264
Fluide Froid	Eau	30	33	77.777	299

Tableau 5.3 : Donné d'exploitation de l'échangeur [18]

Matière de la plaque AISI316

$\lambda_p = 16.3 \text{ (W/m} \cdot \text{°K)}$

Épaisseur de la plaque = 0.50 mm

Chapitre V Etude de circuit d'eau de refroidissement

Diamètre inter plaque = 3.95 mm

Propriété physique des deux fluides :

Cote	T_m (°C)	Pression de service (bar)	Cp (J/kg.K)	μ [kg/m s]	λ (W/m.K)	Pr
Fluide chaud	33.5	10	4177.02	7.45896 × 10⁻⁴	0.620973	5.01732
Fluide froid	31.5	10	4177.17	7.72492 × 10⁻⁴	0.618316	5.21881

Tableau 5.4 : propriétés physiques des fluides

Calcul des caractéristiques thermiques de l'échangeur (56 E11) :

Pour le calcul de l'échangeur (56 E11) nous suivons les mêmes étapes que précédemment :

Calcul de la puissance frigorifique :

$$\phi_f = -\phi_c = P$$

$$[77.777 \times 4177.02 \times (35 - 32)] = -[77.777 \times 4177.17 \times (30 - 33)]$$

$$\phi = 974.620 \text{ kW}$$

Calcul de Δt_{lm} :

D'après l'équation (3) :

$$\Delta T_{lm} = \frac{(2-2)}{\ln \frac{2}{2}} \quad \text{dans ce cas le calcul de } \Delta T_{lm} \text{ se fait comme suite :}$$

On a $\Delta t_e = \Delta t_s \rightarrow \Delta T_{lm} = \frac{0}{0}$ on appliquant la règle de l'hôpital :

$$\text{On aura : } \lim_{\Delta t_e \rightarrow \Delta t_s} \Delta T_{lm} = \frac{\frac{d(\Delta t_e - \Delta t_s)}{d(\Delta t_e)}}{\frac{d(\ln \frac{\Delta t}{\Delta t_s})}{d(\Delta t_e)}} = \frac{1}{\frac{1}{\Delta t_e}} = \Delta t_e$$

$$\Delta t_{lm} = 2^\circ\text{C}$$

Après le calcul de Prandtl du côté chaud et en appliquant l'équation (7) on aura :

$$Pr_c = 5.01732$$

$$Pr_c^{\frac{1}{3}} = \left(5.01732^{\frac{1}{3}}\right) = 1.711$$

On remplace Pr_c dans l'équation (6) pour calculer le h_c :

$$h_c = \left[0.620973 \times 234 \times 1.711 \times \left(\frac{994.8 \times 264}{0.745896^2} \right)^{0.3275} \right]$$

Chapitre V Etude de circuit d'eau de refroidissement

$$hc = 17937.754 \left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right]$$

avec μ : [cP] soit ($kg/m s = 10^3$ centipoise)

$$\rho = 994.8 \text{ kg/m}^2$$

Calcul d'Prandtl coté froid :

$$Pr_f = 5.21881$$

$$Pr_f^{\frac{1}{3}} = \left(5.21881^{\frac{1}{3}} \right) = 1.734$$

Coefficient d'échange convectif coté froid :

$$hf = \left[0.618316 \times 234 \times 1.734 \times \left(\frac{995.3 \times 299}{0.72492^2} \right)^{0.3275} \right]$$

$$hf = 19213.110 \text{ [W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C]}$$

Avec $\rho = 995.3 \text{ kg/m}^3$

D'après l'équation (5) nous calculons le coefficient d'échange global :

$$k = \frac{1}{\frac{1}{19213.110} + \frac{1}{17937.754} + \frac{0.5 \times 10^{-3}}{16.3}}$$

$$k = 7221.729 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Après que le calcul de k et Δt_{lm} il nous reste que les remplacer dans l'équation (1) pour déterminer la surface d'échange :

$$S = \frac{P}{k \times \Delta t_{lm}} = \frac{974.620 \times 10^3}{7221.729 \times 2}$$

$$S = 67.47 \text{ m}^2$$

$$E = \left(\frac{(974.620 \times 10^3)}{77.777 \times 4177.02(35 - 30)} \right) \times 100$$

$$E = 60\%$$

Chapitre V Etude de circuit d'eau de refroidissement

V.3.5 Résultat de calcul

échangeur	$K (W/m^2 \text{ } ^\circ\text{C})$	ΔT_{lm}	$S(m^2)$	$P(kW)$	$E(\%)$
(56 E11)	7221.729	2	67.47	974.620	60

Cote	$\phi (kW)$	$h (W/m^2 \text{ } ^\circ\text{C})$	Nut
Coté chaude	974.628	17937.754	1.5
Coté froid	974.630	19213.110	1.5

Tableaux V.5 : Résultat de calcul pour l'échangeur (56 E11)

Cote	$\phi (kW)$	$h (W/m^2 \text{ } ^\circ\text{C})$	Nut
Coté chaude	977.840	116104.402	2.140
Coté froid	977.840	118429.99	1.783

échangeur	$k(W/m^2 \text{ } ^\circ\text{C})$	ΔT_{lm}	$S(m^2)$	$P(kW)$	$E(\%)$
(56 E11)	6801.255	1.682	85.477	977.840	72

Tableaux V.6 : Résultat de calcul pour l'échangeur (56 E10)

V.3.6 Interprétation des résultats

Nous nous sommes intéressés à deux échangeurs à plaque dont les références au niveau de complexe sont **56 E 10** et **56 E 11**.

À l'issue de nos calculs, nous pouvons tirer la conclusion suivante :

- Pour l'échangeur 56 E 11, nous avons réussi à retrouver par nos calculs, les caractéristiques fournies par le constructeur (Alfa Laval) et particulièrement la surface d'échange.
- Pour l'échangeur 56 E 10 par contre, nous avons trouvé une surface d'échange différente de celle mentionnée par le fournisseur. Une différence de $17 m^2$ a été constatée ; cette différence est essentiellement due au débit proposé qui est de $234100 kg/h$ qui nous conduit à un coefficient d'échange légèrement réduit exigeant une surface d'échange supérieure.

Nous pensons que si le débit était de $280000 kg/h$ on aurait retrouvé la surface annoncée par le constructeur.

Conclusion générale

Conclusion générale

Au cours de notre stage nous avons pu étudier l'installation d'un système de vide avec son circuit de refroidissement. Malgré le manque de données sur le fonctionnement de l'éjecteur à plusieurs étages on a pu comme même déterminer les paramètres essentiels de base d'un éjecteur à jet de vapeur qui est caractérisé de son rapport d'entraînement (ω) et le rapport d'expansion (k) en basant sur la méthode de constructeur (korting) .

Cette étude a présenté le principe de fonctionnement de l'éjecteur à jet de vapeur dans un système de vide qui consiste à extraire les acides gras des huiles végétales ; et les éléments essentiels affectant aux systèmes de vide. L'étude nous a démontré l'intérêt et l'utilité de circuit d'eau de refroidissement.

On a fait une étude sur les échangeurs de chaleur qui sont parmi les éléments qui contrôlent le travail de système de vide, qui nous assure la température nécessaire au fonctionnement du système, suivi par la Tour de refroidissement et les pompes hydrauliques il s'agit donc de circuit d'eau.

On a fait les calculs sur les échangeurs de chaleur à plaque de marque Alfa Laval, qui est construit pour avoir un maximum de transfert avec un minimum de surface d'échange.

Après l'approche théorique on a trouvé le coefficient d'échange global des deux échangeurs qui nous a permis de trouver la surface d'échange nécessaire à l'aide du cahier de charge fourni par l'entreprise.

Cette étude nous a permis d'entrer en contact avec le milieu industriel et de pouvoir appliquer les connaissances théoriques acquises au problème ainsi posé. L'expérience nous a donné une vue professionnelle de notre domaine.

Liste bibliographique

Liste bibliographique

- [1]. Technique du vide www.festo.com
- [2]. catalogue Körting Hannover AG.ejecteurs a jets.
- [3]. mémoire amélioration d'un cycle de réfrigération (cycle a éjecteur) [kaoudja khaled zergoune abd elhakim].
- [4]. Körting Hannover AG.vacuum systems in the edible oil industries.
- [5]. Catalogue_ Schutte & Koerting. 6_desuperheater_bulletins_brochure.
- [6].[ht://www.abcclim.net](http://www.abcclim.net)
- [7]. By Frank Moerman, MSc. EHEDG Belgium and Nico Desanghere, MSc. Sterling SIHI
- [8]. Schutte & Koerting .Bulletin 6D-SA. Type 6910 Surface Absorption Desuperheater
- [9]. Vacuum Systems, Société Croll Reynolds
- [10]. Zgurovsky MZ, Pankratova ND. System analysis: Theory and applications. Berlin: Springer-Verlag; 2007
- [11]. Steam Ejector Fundamental, Henry E. Huges, juillet 1998, Chemical Processing, Réimpression
- [12]. Teoria_y_Principios_Eyectores
- [13]. Cunningham R. Jet pump theory. In: Karassik I, editor. Pump Handbook, New York: McGraw-Hill; 2001, p. 4.1-4.21.
- [14]. Catalogue vmf. Economical analysis between Vacuum system with ejectors and VS with liquid ring pump
- [15].[plis_research university .mines paristech](http://plis_research.univ-paristech.fr)
- [16]. Körting ejector technology for the shipbuilding industry
- [17]. Product-Catalogue_brochure_EN_tcm25-22949
- [18]. Documentation interne de CEVITAL.
- [19]. Wikipédia

[20]. (Alfa-Laval, Les cahiers Alfa-Laval, Spécial Thermique, N°17, 1987)

[21]. Site officiel des échangeurs de chaleur, Plate heat exchangers sales spare plate
<http://www.gea-phe.com>

[22]. ICHEC CHAP35(les base de transfert de chaleur) université catholique de lovain

ANNEXES

Résumé

Notre travail est consacré à l'étude du système de vide qui sert à extraire les acides gras de l'huile végétale afin de le désodoriser à la raffinerie d'huile de Cevital.

Notre travail se présente en quatre chapitres, dans le premier on a cité les éléments de système de vide, où on définit l'éjecteur et les condenseurs qui est la base de système de vide.

Dans le deuxième chapitre on a démontrés le principe de fonctionnement de système de vide a quatre étages suivis de condensation.

Le troisième chapitre et fait pour les calculs de base de l'éjecteur telle que le rapport d'entraînement (ω), et la pression de refoulement.

Dans le quatrième chapitre on a parlé des élément qui assure la fonctionnalité de système de vide (le circuit d'eau de refroidissement). On a étudié l'échangeur de chaleur qui sert a refroidi l'eau de condensation du système de vide.

Abstract

Our work is devoted to the study of the vacuum system used to extract fatty acids from vegetable oil in order to deodorize it at the Cevital oil refinery.

Our work is presented in four chapters, in the first we have mentioned the elements of vacuum system, where we define the ejector and the condensers which is the basis of vacuum system.

In the second chapter the principle of operation of four stage vacuum system followed by condensation has been demonstrated.

The third chapter and made for the basic calculations of the ejector such as the training ratio (ω), and the discharge pressure.

In the fourth chapter we talked about élément which ensures the functionality of vacuum system (the cooling water circuit). The heat exchanger used to cool the condensation water of the vacuum system is studied.