

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

UNIVERSITE CONSTANTINE 3



**FACULTE DE GENIE DES PROCÉDES PHARMACEUTIQUES
DEPARTEMENT DE GENIE CHIMIQUE**

N° d'ordre :.... ..

Série :.... ..

Mémoire de Master

Filière: Génie des procédés pharmaceutiques

Spécialité: Génie chimique

**ETUDE DES MACHINES FRIGORIFIQUES A COMPRESSION DE
VAPEUR**

Dirigé par:

Mme. DJEZZAR Souad

Présenté par :

MILAT Hind

HERRATI Hayet

SOUALHI Boubaker

Année Universitaire 2014/2015

Session : Septembre

SOMMAIRE:

SOMMAIRE	
LISTE DES FIGURES	
LISTE DES TABLEAUX	
INTRODUCTION GENERALE	1

CHAPITRE I

BIBLIGRAPHIE SUR LA PRODUCTION DU FROID ET LES MACHINES FRIGORIFIQUES

I.1 Introduction	3
I.2 Généralités sur le froid	4
I.2.1 Définition du froid	4
I.2.2 Bref historique de la production de froid	5
I.2.3 Applications industrielles du froid	6
I.2.4 Production de froid	6
I.2.5 Usage de froid	6
I.2.5.1 Froid et conservation	6
I.2.5.2 Froid et climatisation	7
I.2.5.3 Froid et santé	7
I.2.6 Bienfaits du froid	7
I.2.7 inconvénients de la production de froid	8
I.3 Quelques définitions	8
I.3.1 La temperature	8
I.3.2 La chaleur	8
I.3.3 La puissance	9
I.3.4 La pression	9
I.3.5 Le changement d'état	10

I.3.6	la chaleur latente	10
I.3.7	Notion d'enthalpie	11
I.3.8	Notion de surchauffe	11
I.3.9	Notion de sous-refroidissement	11
I.4	Les machines frigorifiques	12
I.4.1	Définition	12
I.4.2	Technique de production du froid	12
I.4.3	Les machines frigorifiques à compression de vapeur	13
1.4.3.1	Evaporateur	14
1.4.3.2	Condenseur	15
1.4.3.3	Compresseur	16
1.4.3.4	Détendeur	17
1.4.3.5	Fonctionnement dans chaque éléments de la machine	17
1.4.3.6	Fonctionnement complet	19
I.4.4	machines frigorifiques à absorption	20
I.4.5	Comparaison des avantages et des inconvénients des systèmes à compression et à absorption	23
I.5	Conclusion	24

CHAPITRE II

LES FLUIDES FRIGORIGENES

II.1	Introduction	25
II.2	Définition du fluide frigorigène	26
II.3	Choix du fluide frigorigène	26
II.4	La formule générale des fluides frigorigènes	26
II.5	Classification des fluides frigorigènes	27
II.5.1	Corps purs halogénés	27
II.5.2	Mélange Azéotropes	28

II.5.3 Mélange Zéotropes	29
II.5.4 Hydrocarbures	29
II.5.5 Les composés inorganiques	30
II.6 Critères de selection des fluides frigorigènes	30
II.6.1 Les anciennes règles	31
II.6.2 Les nouvelles règles de selection	30
II.6.2.1 ODP (Ozone Depletion Potential)	31
II.6.2.2 GWP (global warming potential)	32
II.7 Les principaux fluides frigorigènes utilisés dans cette étude	32
II.7.1 R22	32
II.7.2 R134a	34
II.7.3 R404A	36
II.8 Domaines d'utilisation de quelques fluides frigorigènes	37
II.8.1 L'eau	37
II.8.2 L'ammoniac	37
II.8.3 Les hydrocarbures (propane ou isobutane)	37
II.8.4 Le dioxyde de carbone	37
II.8.5 Les dérivés halogénés	38
II.9 Qualités d'un bon fluide frigorigène	38
II.10 L'impact des fluides frigorigènes	39
II.10.1 L'impact environnemental	39
II.10.1.1 Destruction de la couche d'ozone	39
II.10.1.2 Renforcement de l'effet de serre	40
II.10.1.2 L'impact énergétique	41
II.10.2.1 Les qualités thermodynamiques	41
II.10.2.2 Les contraintes thermodynamiques	41
II.10.3 La sécurité d'usage	41

II.10.4 Le coût	42
II.11 Réglementation et normes environnementales	42
II.11.1 Protocole de Montréal	42
II.11.2 Protocole de Kyoto	43
II.12 Conclusion	43

CHAPITRE III

BILANS ENERGETIQUES ET ETUDES COMPARATIVES

III.1 Introduction	45
II.2 L'entrepôt frigorifique	45
III.3 Description du projet	45
III.3.1 Les données climatique	47
III.3.1.1 Paramètres extérieures de bases	47
III.3.1.2 Paramètres intérieures de bases	47
III.3.2 L'isolation des chambres froides	47
III.3.3 Principaux paramètres de fonctionnement du cycle de refroidissement	48
III.3.3.1 Température de condensation	48
III.3.3.2 Température d'évaporation	48
III.4 Le diagramme enthalpique détaillé	49
III.5 Etude des cycles frigorifiques	49
III.5.1 Cycle frigorifique de Carnot	50
III.5.2 Cycle frigorifique de théorique (idéal)	52
III.5.3 Cycle frigorifique parfait (référance)	52
III.5.4 Cycle frigorifique réel	53
III.6 Classification des cycles frigorifiques avec les bilans détaillés	53
III.6.1 Cycle mono-étagé	54
III.6.1.1 Bilan séparé des principaux appareils	55
III.6.1.1.1 Evaporateur	55

III.6.1.1.2 Compresseur	55
III.6.1.1.3 Condenseur	56
III.6.1.1.4 Détendeur	56
III.6.1.2 Bilan général	57
III.6.1.3 Calcul thermodynamique du cycle frigorifique à un étage de compression	57
III.6.2 Cycle a compression poly – étagée	59
III.6.2.1 Cycle a compression bi – étagée	59
III.6.2.1.1 Bilan thermodynamique d’une compression bi-étagée	61
III.6.2.1.2 Bilan thermique de la compression bi-étagée	63
III.6.2.1.3 Calcul thermodynamique du cycle bi-étagé à injection partielle	63
III.6.2.2 Cycle a plus de deux étages de compression	65
III.6.3 Cycles a plusieurs fluides frigorigènes purs séparés, cycle en cascade	65
III.6.4 Cycle à mélange de plusieurs fluides frigorigènes	65
III.7 Etude comparative entre le R22, R134a, R404a	66
III.7.1 Cycle frigorifique standard (idéal, théorique)	66
III.7.2 Cycle frigorifique avec surchauffe et sous-refroidissement	68
III.7.3 Cycle frigorifique avec échangeur de chaleur	69
III.7.4 Discussion de l’étude	70
III.8 Etude comparative de la mono- étagée pour la chambre 3 dans le cas de la compression isentropique et poly tropique avec le R22	70
III.9 Comparaison mono et bi-étagé avec les 3 fluides (chambre 1-2 et Tunnel)	73
III.9.1 Compression Bi-étagée	73
III.9.2 Compression Bi-étagée a injection partielle	79
III.10 Comparaison des 3 fluides frigorigènes circulants dans les 2 types des cycles (chambre 1-2 et Tunnel)	82
III.11 Discussion et Commentaires	83
III.12 Conclusion	84

CHAPITRE IV

RESULTATS ET DISCUSSIONS

IV.1 Introduction	85
IV.2 Influence de certains paramètres sur le fonctionnement de la machine mono-étagée	85
IV.2.1 Température d'évaporation	85
IV.2.2 Influence de la température d'évaporation sur la puissance isentropique consommée par le compresseur	87
IV.2.3 Température de condensation	89
IV.2.4 Influence de la température de condensation sur la puissance isentropique consommée par le compresseur	91
IV.2.5 Influence de degré la surchauffe a l'aspiration	93
IV.2.6 Influence du sous-refroidissement du liquide	95
IV.2.7 Variation du Rendement volumétrique avec la température de condensation T_c et la température d'évaporation T_e	96
IV.2.8 Variation du Rendement volumétrique avec le taux de compression	98
IV.2.9 Variation de la temperature de refoulement isentropique avec le taux de compression (à $T_e = \text{cst} = -8$)	99
IV.3 Conclusion	99

CHAPITRE V

DIMENSIONNEMENT DES DIFFERENTS ELEMENTS DE L'INSTALLATION

V.1 Introduction	101
V.2 Méthode de dimensionnement des évaporateurs à air à ailette	102
V.3 Dégivrage des évaporateurs	114
V.3.1 Dégivrage par circulation d'air ambiant	115
V.3.2 Dégivrage à l'eau	115

V.3.3 Dégivrage à la saumure	115
V.3.4 Dégivrage par résistances électriques	116
V.3.5 Dégivrage par gaz chauds	116
V.4 Dimensionnement d'un Condenseur	117
V.5 Dimensionnement du Compresseur	119
V.6 Dimensionnement du Détendeur	120
V.7 Conclusion	122

CHAPITRE VI

REGULATION ET CÔÛT

VI.1 Introduction	123
VI.2 La régulation	123
VI.2.1 Appareils utilisés dans la régulation des installations frigorifiques	124
VI.2.1.1 Les thermostats	124
VI.2.1.2 Les pressostats	125
VI.2.1.2.a Pressostat basse pression (BP)	125
VI.2.1.2.b Pressostat haut pression (HP)	126
VI.2.1.2.c Pressostat combiné	126
VI.2.1.2.d Pressostats différentiels	126
VI.2.2 Appareils annexes	128
VI.2.3 Les déshydrateurs	129
VI.2.4 Robinet de démarrage ou régulateur de démarrage	130
VI.3 Etude Economique	134
VI.3.1 La Consommation	134
VI.3.2 Le Forfait	135
VI.4 Cahier des charges techniques d'un entrepôt frigorifique	136
VI.5 Conclusion	137

COCLUSION GENERALE	138
---------------------------	------------

ANNEXES	139
---------	-----

Références Bibliographiques	167
-----------------------------	-----

Résumé :

Le travail élaboré concerne les machines frigorifiques à compression de vapeur, des études comparatives ont été établies aussi la comparaison de trois réfrigérants puis, le dimensionnement, ensuite, la régulation de l'installation frigorifique enfin, l'étude économique comme dernière étape nécessaire dans le calcul des machines.

Les résultats obtenus montrent que le choix optimal d'un fluide frigorigène résulte d'un compromis entre les critères thermodynamiques et les critères d'action sur l'environnement, et que pour un projet donné, il convient de comparer les performances des fluides aux conditions précises de fonctionnement de la machine.

Mots clés :

Machine à compression de vapeur, Réfrigérants , Critères thermodynamiques, Comparaison.

المخلص

العمل المطور يتعلق بآلات التبريد بواسطة ضغط البخار, وقد أثبتت الدراسات المقارنة، والمقارنة بين ثلاثة المبردات، وبعد ذلك، التحجيم، ثم تنظيم تبريد أخيرا، فإن دراسة اقتصادية باعتبارها خطوة ضرورية مشاركة في آلات الحوسبة. وأظهرت النتائج أن الخيار الأمثل من المبردات هو حل وسط بين المعايير والمعايير الحرارية للعمل على البيئة، وذلك لمشروع معين، فمن الضروري مقارنة بشروط الأداء السوائل عملية محددة من الجهاز.

الكلمات المفتاحية

آلة التبريد بواسطة ضغط البخار، سائل مبرد، معايير الحرارية، مقارنة.

Abstract

The elaborate work relates to vapor compression refrigeration machines, comparative studies have been established, as the comparison of three refrigerants, and then, sizing, then the regulation of refrigeration plants finally, the economic study as the last necessary step in computing machines.

The results show that the optimal choice of refrigerant is a compromise between the thermodynamic criteria and criteria for action on the environment, and that for a given project, it is necessary to compare the fluid performance conditions specific operation of the machine.

Key Words

Vapor compression machine, refrigerant, thermodynamic criteria, Comparison, Cop.