

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

UNIVERSITE SALAH BOUBNIDER CONSTANTINE 3



**FACULTE DE GENIE DES PROCÉDES
DEPARTEMENT DE GENIE PHARMACEUTIQUE**

N° d'ordre :.....

Série :.....

Mémoire de Master

Filière: Génie des procédés

Spécialité: Génie pharmaceutique

**DIMENSIONNEMENT ET PERFORMANCE DU SYSTEME
FRIGORIFIQUE TRANS-CRITIQUE
FONCTIONNANT AU CO_2**

Dirigé par :

Dr. DJEZZAR Souad

Présenté par :

BOUCHEFFA Safa Darine

TALBI Roumeyssa

Année Universitaire 2019/2020

Session septembre

TABLE DES MATIERS

INTRODUCTION GENERALE	01
CHAPITRE 1 : PRODUCTION DE FROID-MACHINES FRIGORIFIQUES ET FLUIDES FRIGORIGENES	
1. 1 Introduction	05
Partie A : production de froid	06
1. A. 1 Introduction	06
1. A. 2 Historique du froid	06
1. A. 3 Applications industrielles du froid	07
1. A. 4 productions du froid	08
1. A. 5 Machines productrices de froid	08
1. A. 5. 1 Machine à compression de vapeur à simple effet ou (machine mécanique simple)	09
1. A. 5. 2 Système à absorption à simple effet	10
Partie B : machines frigorifiques	11
1. B. 1 Introduction	11
1. B. 2 Définition de machine frigorifique	11
1. B. 2. 1 Principe de fonctionnement d'une machine frigorifique à compression de vapeur.	11
1. B. 3 Eléments composants d'une machine frigorifique	12
1. B. 3. 1 Evaporateur.....	12
1. B. 3. 2 Condenseur	13
1. B. 3. 3 Compresseur	14
1. B. 3. 4 Détendeurs	15
1. B. 4 Froid en domaine pharmaceutique	16
1. B. 4. 1 Produits pharmaceutiques utilisant le froid	16

1. B. 4. 2 Chaîne de froid	17
Partie C : fluides frigorigènes	18
1. C. 1 Introduction	18
1. C. 2 Types des fluides	18
1. C. 2. 1 Fluides naturels.....	19
1. C. 3 Formule générale et codification des fluides frigorigènes.....	21
1. C. 4 Classification des fluides frigorigènes.....	22
1. C. 5 Critères de choix d'un fluide frigorigène	22
1. C. 5. 1 Critères thermodynamiques	22
1. C. 5. 2 Critères de sécurité	23
1. C. 5. 3 Critères techniques et économiques	23
1. C. 5. 4 Critères environnementaux	23
1. C. 6 Fluides utilisés dans ce travail	25
1. 2 Conclusion.....	26
 CHAPITRE 02 : BILANS MASSIQUES ET ENERGETIQUES	
2. 1 Introduction	28
2. 2 Etude thermodynamique	28
2. 2. 1 Diagramme Enthalpique de MOLLIER	28
2. 2. 2 Cycle de Carnot.....	29
2. 2. 3 Cycle frigorifique théorique à simple effet	30
2. 2. 4 Cycle frigorifique réel	30
2. 2. 5 Cycles fonctionnant avec le R_{134a} et le R_{744}	31
2. 2. 5. 1 Cycle fonctionnant avec le R_{134a}	31
2. 2. 5. 2 Cycles fonctionnant avec le R_{744}	31
2. 2. 6 Cycle trans-critique au CO_2 avec échangeur de chaleur	33
2. 2. 6. 1 Représentation du cycle trans-critique avec échangeur de chaleur.....	33

2. 2. 6. 1. 1 Principe de fonctionnement de l'échangeur de chaleur.....	34
2. 3 Bilans énergétiques du système frigorifique à simple effet	34
2. 3. 1 Bilan énergétique sur l'évaporateur	35
2. 3. 2 Bilan énergétique sur le compresseur.....	36
2. 3. 3 Bilan dans le condenseur.....	36
2. 3. 4 Bilan dans le refroidisseur de gaz (gas cooler).....	37
2. 3. 5 Bilan dans le détendeur	37
2. 3. 6 Bilan global	38
2. 3. 7 Efficacité Carnot (η_{Carnot}).....	39
2. 3. 8 Rendement de l'échangeur de chaleur.....	39
2. 4 Compression du fluide	40
2. 4. 1 Compression isentropique	40
2. 4. 2 Compression réelle	40
2. 5 Logiciel CoolPack	41
2. 5. 1 Description du logiciel CoolPack.....	42
2. 5. 2 Objectifs	42
2. 5. 3 Considération numérique	46
2. 5. 4 Structure du modèle	46
2. 5. 5 Fenêtre du Cool pack.....	47
2. 5. 6 Disposition de l'interface utilisateur.....	47
2. 5. 7 Disposition générale des fenêtres de diagramme	48
2. 5. 8 Fenêtre de spécification de cycle	49
2. 5. 9 Point d'état.....	50
2. 5. 10 Auxiliaire.....	50
2. 6 Conclusion.....	51

CHAPITRE 03 : RESULTATS ET DISCUSSION

3. 1 Introduction	53
3. 2 Dimensionnement d'une machine frigorifique a compression de vapeur	53
3. 2. 1 Dimensionnement d'une tuyauterie d'aspiration de refoulement de liquide par le calcul	53
3. 2. 2 Calcul des pertes de charge	55
3. 2. 2. 1 Perte de charge linéaire	56
3. 2. 2. 2 Perte de charge singulière.....	56
3. 2. 2. 3 Perte de charge des accessoires	57
3. 2. 2. 4 Exemple de calcul	57
3. 3 Etude comparative de fluides frigorigènes	64
3. 3. 1 Cycle classique simple effet au R_{134a}	65
3. 3. 2 Cycle trans-critique simple effet au CO_2	71
3. 4 Calcul thermodynamique et dimensionnement du cycle trans-critique amélioré	102
3. 5 Conclusion.....	111
CONCLUSION GENERALE.....	113
BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES	116
ANNEXES.....	122

Abstract

The work we are introducing concerns the study of the performance of the single acting compression trans-critical machine operating with R_{744} as refrigerant.

A comparative study of the trans-critical cycle at R_{744} and of the classical cycle working with $R134_a$ is made.

The work is carried out with the "Cool Pack" software after a thermodynamic analysis of the cycles concerned.

This work allowed us to determine the thermodynamic characteristics of the trans-critical cycle, among which an essential factor is the coefficient of performance "COP", and to improve the trans-critical cycle by adding a heat exchanger, in order to increase cooling efficiency.

Therefore, it is proposed to use the trans-critical machine running on R_{744} in the industrial field, specifically the pharmaceutical industry because this fluid is not harmful to the environment and economical

Key words

Refrigeration machine, coefficient of performance, trans-critical machine, cooling efficiency, heat exchanger, pharmaceutical industry

ملخص:

يتعلق العمل الذي نقدمه بدراسة أداء آلة الضغط عبر الحرجة ذات التمثيل الفردي التي تعمل مع ثاني أكسيد الكربون كمبرد R_{744} .

تم إجراء دراسة مقارنة للدورة عبر الحرجة مع ثاني أكسيد الكربون نحو الدورة الكلاسيكية التي تعمل مع رباعي فلورو الايثان $R134_a$.

يتم تنفيذ العمل باستخدام برنامج محاكاة بعد تحليل الديناميكا الحرارية للدورات المعنية. سمح لنا هذا العمل بتحديد الخصائص الديناميكية الحرارية للدورة عبر الحرجة، ومن بينها عامل أساسي هو معامل الأداء، وتحسين الدورة الحرجة بإضافة مبادل حراري، من أجل زيادة كفاءة التبريد.

لذلك، يُقترح استخدام الآلة الحرجة التي تعمل بثاني أكسيد الكربون في المجال الصناعي، وتحديدًا في صناعة الأدوية لأن هذا السائل غير ضار بالبيئة واقتصادي.

الكلمات المفتاحية

آلة التبريد، معامل الأداء، الآلة الحرجة، كفاءة التبريد، المبادل الحراري، صناعة الأدوية