

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE 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.

**SIMULATION ET CALCUL DES PERFORMANCES
DU CYCLE DE RÉFRIGÉRATION EN CASCADE
AVEC LE SYSTÈME NH₃ / CO₂**

Dirigé par :

Dr. DJEZZAR Souad

Présenté par :

**BENDJEDDOO Iheb
Mouhamed Cherif**

**FERDJANI Mouhamed
Sghir**

Année universitaire 2020/2021

Session : juin

TABLEAU DE MATIER

LISTE DES TABLEAUX.....	VII
LISTE DES FIGURES :.....	8
Liste des abréviations :.....	1
List des nomenclatures.....	2
<u>chapiere1: étude bibliographique</u>	
I.1 Introduction.....	2
I.2 Historique du froid.....	2
I.2.1 Applications industrielles du froid.....	3
I.2.2 Modes de production du froid.....	3
I.2.3 Machines productrices de froid	4
1.2.3.1 System frigorifiques à absorption	4
I.2.3.2 Système à compression de vapeur à simple effet	6
I.2.3.2a Définition précise de la machine à compression de vapeur	6
I.2.3.2b Rôle des différents éléments composants la machine à compression de vapeur.....	8
I.2.4 Froid en domaine pharmaceutique.....	13
I.2.4.1 Procédées utilisant le froid	13
I.2.4.1a Chaines de froid	13
I.2.4.1b Lyophilisation	14
I.2.4.2 Produits pharmaceutiques nécessitant le froid	15
❖ Vaccins.....	15
❖ L'insuline.....	17
I.2.5 Machines en cascade.....	18
I.3 Fluides de réfrigération.....	21
I.3.1 Introduction.....	21
I.3.2 Définition	22
I.3.3 Formule générale et la nomenclature des fluides frigorigènes.....	22
I.3.4 Classification des fluides de réfrigération.....	23
I.3.4.1 Critères de choix d'un fluide de réfrigération	25
I.3.4.1a Critères de sécurité	25
I.3.4.2b Critères techniques	25
I.3.4.2c Critères environnementaux	25
I.3.5 Fluides utilisés dans ce travail.....	27
I.3.5.1 Dioxyde de Carbone (CO2)	27
I.3.5.1a Avantages du CO2.....	28
I.3.5.1b Inconvénients du CO2.....	28
I.3.5.1c Usage du CO2 en mode transcritique.....	29
I.3.5.1d Usage du CO2 en mode sub-critique.....	30
I.3.5.2 Ammoniac (R717).....	31

I.3.5.2a Avantages de R717	32
I.3.5.2b Inconvénients de R717 :.....	32
I.3.5 Conclusion	33
 <u>chapitre 2: modélisation et optimisation des cycle en cascade</u>	
II.1 INTRODUCTION :	34
II.2 Etude thermodynamique	34
II.2.1 Diagramme enthalpique de Mollier	34
II.2.2 Cycle de Carnot.....	36
II.2.3 Cycles de la machine de réfrigération à compression de vapeur	37
II.2.3.1 Cycle théorique.....	37
II.2.3.2 Cycle idéal	37
II.2.3.3 Cycle réel	38
II.3 Bilans énergétiques du système frigorifique à simple effet	39
II.3.1 Bilan énergétique dans l'évaporateur	39
II.3.2 Bilan énergétique sur le compresseur	40
II.3.3 Bilan énergétique dans le condenseur	41
II.3.4 Bilan énergétique dans le détendeur	41
II.3.5 Bilan de la machine frigorifique à compression de vapeur à simple effet.....	42
II.4 Théorie et présentation du cycle en cascade	44
II.4.1 Performance du cycle en cascade	46
II.5 Logiciel Engineering Equations Solver EES V9.430	48
II.5.1 Menu File.....	49
II.5.2 Menu Options.....	49
II.5.2.1 Variable Info	49
II.5.2.2 Fonction Info	50
II.5.2.3 Unit System.....	51
II.5.3 Menu Calculate	52
II.5.4 Menu Tables.....	53
II.5.5 Menu Plots.....	53
II.5.6 Menu Windows	54
II.5.7 Menu Examples.....	55
II.5 Conclusion.....	56
 <u>chapitre 3: résultats et discussions</u>	
III.1 Introductions	57
III.2.1 Conditions opératoires	57
\dot{W}	59
III.2.2 Variation des paramètres	60
III.2.3 Influences des paramètres sur la performance de la machine cascade	60

III.2.3.1 Influence de la température de l'évapo-condenseur basse noté T_{cb} sur le COP de la cascade.....	60
III.2.4.2 Influence du sous-refroidissement δT_{scet} de la surchauffe δT_{sh} sur le COP de chaque cellule et sur le COP de la cascade.....	62
III.2.4.3 L'influence de la température de l'évaporateur cellule basse noté T_{eb} sur le COP de la cascade.....	66
III.2.4.4 Influence de la température de condenseur haut noté T_{ch} sur le COP de la cascade.....	75
III.2.4.5 Influence de δT sur le COP de la cascade.....	76
III.2.4.6 Influence du rendement sur le COP de la cascade.....	77
III.2.5 Conclusion.....	78
 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	 80
 ANNEXE :	 1

Résumé

Le travail élaboré concerne la simulation de la machine frigorifique à compression en cascade fonctionnant avec le couple NH_3/CO_2 comme réfrigérants.

Une optimisation des paramètres nécessaires à l'étude de la performance de la machine est faite, ainsi qu'une comparaison avec les travaux d'autres chercheurs utilisant le même couple de réfrigérants NH_3/CO_2 et d'autres couples.

La simulation du cycle à cascade est réalisée avec le logiciel « EES », basée sur l'introduction des conditions opératoires choisies et la mise en équation, à partir des bilans issus de l'analyse thermodynamique du cycle concerné.

Cette étude nous a permis de déterminer les caractéristiques thermodynamiques du cycle en cascade parmi lesquelles un facteur essentiel qu'est le coefficient de performance « COP », ainsi que les paramètres optimaux pour lesquels la performance « cop » est max.

Par conséquent, on propose d'utiliser la machine frigorifique en cascade fonctionnant avec le couple de réfrigérants NH_3/CO_2 dans le domaine de froid à très basses températures, spécifiquement l'industrie pharmaceutique car ces fluides sont non nocifs pour l'environnement et plus économique.

Mots clé :

Machine frigorifique, coefficient de performance, machine en cascade, Efficacité de refroidissement, industrie pharmaceutique.

ملخص

يتعلق العمل المنفذ بمحاكاة آلة التبريد بالضغط التعاقبي التي تعمل مع الزوجين NH_3/CO_2 كمبردات. تم إجراء تحسين للعوامل اللازمة لدراسة أداء الجهاز، بالإضافة إلى مقارنة مع عمل باحثين آخرين الذين استعملوا نفس زوج المبردات NH_3/CO_2 بالإضافة إلى أزواج أخرى. يتم تنفيذ محاكاة دورة التبريد بالضغط التعاقبي باستخدام برنامج «EES»، بناءً على إدخال شروط التشغيل المختارة والمعادلة، من الحوصلة الناتجة عن التحليل الديناميكي الحراري للدورة المعنية. سمحت لنا هذه الدراسة بتحديد الخصائص الديناميكية الحرارية لدورة التبريد بالضغط التعاقبي، ومن بينها عامل أساسي هو معامل الأداء «COP»، بالإضافة إلى المعاملات المثلى التي يكون أداء «COP»، بحد أقصى لها. بالتالي، يُقترح استخدام آلة التبريد التعاقبية التي تعمل مع زوج من المبردات NH_3/CO_2 في مجال التبريد في درجات حرارة منخفضة للغاية، وتحديدًا صناعة الأدوية لأن هذه السوائل أكثر اقتصاداً وغير ضارة بالبيئة.

الكلمات المفتاحية :

آلة التبريد، معامل الأداء، آلة التبريد بالضغط التعاقبي، كفاءة التبريد، صناعة الأدوية.