

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

**UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF-M'SILA**

**FACULTE DES SCIENCES**  
**DEPARTEMENT DE**  
**PHYSIQUE N° : Ph/ENR/12/2023**



**FILIERE: PHYSIQUE**  
**OPTION : ENERGETIQUE ET**  
**ENERGIES RENOUVELABLES**

**Mémoire présenté pour l'obtention**  
**Du diplôme de Master Académique**

**Par: HAMMECHE Mouchira**

**Intitulé**

**Etude et fabrication d'une machine de**  
**récupération de fluide frigorigène**

**Soutenu le 25/06/2023 de vant le jury composé de:**

MAHDI Khaled	Pr	Université Mohamed BOUDIAF	Président
NAHOUI Azzedine	MCA	Université Mohamed BOUDIAF	Rapporteur
BENMANSOUR Nadia	MCB	Université Mohamed BOUDIAF	Examineur
HADDAD Zakaria	MCA	Université Mohamed BOUDIAF	CCà-encadreur
AMROUNE Amina	Doctorante	Université Mohamed BOUDIAF	Invitée
TALOUB Djedid	MCA	Université Mohamed BOUDIAF	Membre-CATI

**Année universitaire: 2022/2023**

## **Dédicaces**

*Je dédie ce travail de fin d'étude*

*:A ma chère **mère**, compagne de ma vie,*

*A mon cher **père** qui m'a été soutien inépuisable tout le long de ma vie, merci  
pour tous les soutiens moral et émotionnel,*

*Merci pour la confiance que tu as dans mes capacités et merci encore pour  
vos encouragements et ton amour inconditionnel,*

*À mes chers **frères** et **sœurs**, mes compagnons de toujours, mes  
alliés indéfectibles, mes plus grands confidents et ma source inépuisable d'amour  
et de soutien.*

*Je voudrais également dédier ce mot à mes amies **Yasmine** et **Ibtissam**, qui ont  
été pour moi un réel soutien et une source d'inspiration. Merci pour les moments  
agréables, les encouragements continus, les expériences et les souvenirs  
que nous avons partagés ensemble.*

*Je tiens également à remercier mes chers **professeurs** qui m'ont guidé et  
accompagné tout au long de mon parcours académique.*

*Merci du fond du cœur et je vous dédie cette réalisation avec fierté et gratitude*

## *Remerciements*

Je remercie Dieu, tout puissant de m'avoir donné la force et la patience d'aller jusqu'au bout de ce travail.

Je remercie mon encadreur M<sup>r</sup> NAHOUI Azzedine, maître de conférences -A- à l'université Mohamed BOUDIAF Msila.

Qu'il trouve dans ces pages l'expression de mon profond respect.

Merci pour le choix du thème.

Merci pour tous, rigueur, disponibilité et conseils.

Mes remerciements vont à M<sup>r</sup> MAHDI Khaled, Professeur à l'université Mohamed BOUDIAF Msila d'avoir accepté de présider mon jury de soutenance.

Mes remerciements vont également à M<sup>elle</sup> BENMANSOUR Nadia, Maître de conférences -B- à l'université Mohamed BOUDIAF Msila d'avoir accepté d'examiner mon travail.

Mes remerciements vont aussi à M<sup>r</sup> HADDAD Zakaria, maître de Conférences - A- à l'université Mohamed BOUDIAF Msila d'avoir accepté d'être Co-encadrer mon travail de fin d'étude.

Mes remerciements vont également à M<sup>elle</sup> AMROUNE Amina, Doctorante à l'université Mohamed BOUDIAF Msila d'avoir accepté l'invitation.

Mes remerciements vont aussi à M<sup>r</sup> TALOUB Djedid, maître de conférences -A- à l'université Mohamed BOUDIAF Msila d'avoir accepté d'examiner mon travail en qualité de représentant de CATI.

Mes remerciements vont au professeur CHARIFI Zoulikha, Directrice du Laboratoire Physique et Chimie des Matériaux, LPCM.

Mes remerciements vont aussi au professeur BOURSAS Abdelhakim, Chef d'équipe des systèmes photovoltaïques et paramètres climatologiques influents au sein du Laboratoire LPCM.

## SOMMAIRE

Dédicaces	
Remerciement	
Liste de figure	
Nomenclature	
Introduction générale.....	1
<b>Revue bibliographique</b>	
Introduction.....	3
2. Résultats obtenus par certains chercheurs.....	3
2.1. P.SANTOSHKUMAR et P.SITARAMARAJU et d'autres.....	3
2.2. V.Shure et A.Goshin, A.Perelman.....	3
2.3. R.A.Rasmussen, L. T.Murray, M.A.Methven.....	4
2.4. S.Agnihotri, R.Vaidya, A.Khatri.....	4
2.5. H.Zhang, X.Liu, J.Chen.....	5
2.6. M.Zhang, X.Wang, J.Li.....	5
2.7. Zhu.J, Zhao.X.....	6
2.8. S.Park, J.Kim.....	6
Conclusion.....	7

## Chapitre I Historique du froid

I.1	Introduction.....	8
2.	Le froid.....	8
2.1.	L'Histoire du froid.....	8
3.	Fluides frigorigènes.....	9
3.1.	Définition des fluides frigorigènes.....	9
3.2.	Familles des fluides frigorigènes.....	10
4.	Impact des fluides frigorigènes sur l'environnement.....	11
5.	Principaux gaz influent sur l'environnement.....	13
6.	Impact de fuite de fluide frigorigène sur la santé et la sécurité de susagers	14
7.	Effet de serre et le réchauffement climatique.....	16
8.	Mécanisme physique de l'effet de serre.....	16
9.	Formation et de struction de lacouche.....	17
10.	Notions de réfrigération et de climatisation.....	18
11.	Circuits de froid et de climatisation.....	19
11.1.	Compresseur.....	19
11.2.	Condenseur.....	19
11.3.	Détendeur.....	19

11.4.	Evaporateur.....	20
	Conclusion.....	20

## **Chapitre II Généralités sur station de Récupération de fluide Frigorigène**

II.1	Introduction.....	22
2.	Définition d'une station de récupération de fluide frigorigène.....	22
3.	Rôle d'une station de récupération de fluide frigorigène.....	23
4.	Structure d'une station de récupération de fluide frigorigène.....	23
5.	Principe de fonctionnement d'une station de récupération du fluide frigorigène	24
6.	Opération de récupération de fluide frigorigène.....	25
6.1.	Constituants de circuit de récupération de fluide frigorigène.....	25
6.2.	Explication de l'opération de récupération du fluide frigorigène.....	29
7.	Méthodes de récupération du fluide frigorigène.....	30
7.1.	Récupération en liquide/vapeur.....	30
7.2.	Récupération en sur pression(Push-Pull).....	31

8.	Types d'une station de récupération de fluide frigorigène.....	31
8.1.	Systèmes portables de récupération de fluide frigorigène.....	31
8.2.	Systèmes de récupération de réfrigérant industriel.....	32
8.3.	Machines de récupération de réfrigérante automobile.....	32
8.4.	Systèmes fixes de récupération de réfrigérant.....	32
9.	Applications d'une station de récupération de fluide frigorigène.....	32
10.	Avantages et les inconvénients d'une station de récupération de fluide frigorigène	32
10.1.	Avantage.....	32
10.2.	Inconvénients.....	33
	Conclusion.....	33

### **Chapitre III Etude et fabrication d'une station de récupération de fluide frigorigène**

1.	But de conception d'une station de récupération de fluide frigorigène	35
2.	Rôle d'une station de récupération de fluide frigorigène.....	35
3.1.	Circuit fluidique d'une station de récupération de fluide frigorigène..	36
3.2.	Définition des organes du circuit fluidique.....	37
4.	Circuit fluidique.....	37
5.	Principe de fonctionnement du circuit fluidique.....	38
5.1.	Opération de récupération de fluide frigorigène.....	38
5.1.1	Mode de récupération.....	38
5.2.2	Mode de purge.....	39

## **Chapitre IV Machine de récupération du fluide frigorigène R134a**

1.	Hypothèses d'étude.....	40
2.	Tracé de cycle thermodynamique.....	40
3.	Calcul des puissances.....	42
4.	Choix des appareils.....	44
4.1.	Compresseur.....	44
4.2.	Condenseur.....	44
5.	Circuits de la machine de récupération.....	45
5.1.	Circuits fluidique .....	45
5.2.	Circuits électrique.....	47
6.	Bouteille de récupération.....	49
	Conclusion.....	50
	Références.....	51
	Résumé.....	52
	Annexes	

## Nomenclature

Symboles	Désignations	Unités
CFC	Chlorofluorocarbures	–
HFC	Hydrofluorocarbure	–
HCFC	Hydrochlorofluorocarbure	–
PFC	Perfluorocarbures	–
GWP	Potentiel de réchauffement d'un gaz	–
ODP	Potentiel d'appauvrissement de la couche d'ozone	–
TEWI	Impact de réchauffement équivalent total	–
T	Température	°C
$Q_m$	Débit Massique	kg/h
H	Enthalpie Massique	J/kg
h	Enthalpie spécifique	J/kg
P	Pression Absolue	Pa
V	Volume Aspiré	l/h
d	Densité	kg/m <sup>3</sup>
$\Phi$	Puissances	W
$C_p$	Chaleur Spécifique	KJ/kg.k

Fig.I.1	Représentation d'un cycle frigorifique	10
Fig.I.2	Circuit frigorifique	20
Fig. II.1	Schéma d'une station de récupération de fluide frigorigène	23
Fig. II.2	Principe de fonctionnement d'une station de récupération de fluide frigorigène	25
Fig. II.3	Schéma d'un circuit frigorifique d'une chambre froide	26
Fig. II.4	Schéma de principe de la station de récupération	26
Fig. II.5	Bouteille de récupération de fluide frigorigène	27
Fig. II.6	Schéma d'un Pompe à vide	28
Fig. II.7	Schéma d'un Manifoldet flexibles	28
Fig. II.8	Schéma Récupérationen liquide/vapeur	30
Fig.II.9	Schéma Récupérationen sur pression(Push-Pull)	31
Fig.III.1	Circuit fluidique d'une station de récupération de fluide frigorigène	38
Fig.III.2	Schéma de principe de la récupération de fluide frigorigène	38
Fig.III.3	Mode de la récupération de fluide frigorigène	39
Fig. IV.1	DiagrammethermodynamiqueduR134a(Annexe2)	41
Fig. IV.2	CondenseurECO LCE048(Condenseuràair)	44
Fig.IV.3	Circuit fluidique de la machine de récupération du fluide frigorigène	45
Fig. IV.4	060-117166DANFOSS	46
Fig.IV.5	CompresseurSC15GR-134aDANFOSS	47

Fig.IV.6	Vanne magnétique DANFOSS, Rp1", Type EV250B22	47
Fig.IV.7	Circuit électrique de la machine de récupération du fluide frigorigène	48
Fig.IV.8	Diagramme des élection d'une bouteille-liquide	49

# **Introduction**

### Introduction générale

Les équipements de réfrigération sont utilisés dans une variété d'applications, y compris les systèmes de réfrigération et de climatisation (réfrigérateurs, congélateurs, pompes à chaleur). Cependant, certains fluides frigorigènes tels que les hydrofluorocarbures (HFC) et les composés (CFC) ont un impact négatif sur l'environnement. Ces gaz contribuent à la libération dans l'atmosphère du réchauffement climatique et de la destruction de la couche d'ozone. En raison de ces préoccupations environnementales, des efforts ont été faits pour réduire l'utilisation de fluides frigorigènes à fort impact environnemental, car des fluides frigorigènes plus respectueux de l'environnement ont été développés et utilisés comme alternatives aux gaz à impact global.

D'installations spécialisées pour la collecte, le traitement et le recyclage des gaz frigorigènes, le processus de récupération du fluide frigorigène consiste à l'extraire de manière sûre et efficace. Une fois le réfrigérant récupéré, il peut être stocké pour une réutilisation ultérieure dans d'autres équipements et recyclé conformément aux réglementations environnementales.

La machine de récupération de fluides frigorigènes joue un rôle crucial dans la gestion des gaz frigorigènes et fait éviter leur émission dans l'atmosphère et donc leur impact sur l'environnement.

Le présent mémoire se focalise sur l'étude d'une machine de récupération du gaz frigorigène, dont l'objectif principal est de concevoir et fabriquer un dispositif permettant de collecter des gaz fluides frigorigènes usagés afin de les rendre réutilisables dans le cycle de réfrigération.

Cette démarche s'inscrit dans une logique de gestion responsable des ressources et de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Une première partie de ce mémoire a traité du froid, de ses types, des caractéristiques des réfrigérants et de l'impact du gaz réfrigérant sur l'environnement.

Le deuxième chapitre a également traité le rôle, le principe de fonctionnement de la machine de récupération de fluide frigorigène.

Le troisième chapitre, on a défini le champ d'étude dont on a fixé des hypothèses simplificatrices et choisi le fluide frigorigène concerné par la récupération.

En plus le calcul de différents composants de la machine de récupération, compresseur et

condenseur et leur sélection.

Enfin, une conclusion qui résume les différentes parties du mémoire.

Ce mémoire représente une petite contribution à la compréhension et à l'amélioration des procédés de récupération du gaz frigorigène, il a proposé une machine de récupération de fluide frigorigène comme solution concrète afin de réduire l'impact de l'industrie de la réfrigération sur l'environnement qui ne cesse de se dégrader.

# **Revue bibliographique**

## Revue bibliographique

### INTRODUCTION

Une usine de récupération de fluide frigorigène est un équipement utilisé dans l'industrie de la réfrigération et de la climatisation pour collecter et recycler le fluide frigorigène. Une revue de la littérature d'une usine de récupération de fluides frigorigènes consiste à examiner et analyser les publications, études et recherches existantes sur ce sujet spécifique. Il peut inclure des recherches sur les méthodes de récupération des réfrigérants, les techniques de recyclage, les normes de sécurité et les réglementations de l'industrie, les bonnes pratiques d'utilisation des stations de récupération, les considérations économiques et les études comparatives entre différentes marques ou modèles de stations disponibles sur le marché. L'objectif de cette revue de la littérature est de fournir une compréhension approfondie du fonctionnement, de l'efficacité et de l'impact environnemental des usines de récupération de fluides frigorigènes.

### 2. Résultats obtenus par certains chercheurs

#### 2.1 P.SANTOSHKUMAR et P.SITARAMARAJU et d'autres

Ils ont fabriqué une unité de récupération de réfrigérant utilisée pour récupérer le gaz réfrigérant dans les systèmes de réfrigération et de climatisation. Les réfrigérants sont très dangereux en raison des préoccupations concernant la pollution de l'environnement résultant de la libération de réfrigérants dans l'environnement et de l'appauvrissement de la couche d'ozone en raison des CFC présents dans le réfrigérant.

Nous utilisons une unité de récupération pour récupérer ces gaz lorsque des fuites ou des réparations se produisent dans les systèmes de refroidissement et de climatisation. Nous savons que les réfrigérants sont très chers, donc une unité de récupération est utilisée pour stocker les réfrigérants dans une bouteille et les réutiliser, tels quels. Très utile dans les centrales de climatisation [2].

#### 2.2 V.Shuret, A.Goshin, A.Perelman,

Ils ont mené une étude expérimentale et informatique sur les fuites et la récupération de réfrigérant dans un système de pompe à chaleur. L'objectif de l'étude était d'évaluer l'efficacité de la récupération des fluides frigorigènes et de proposer des améliorations pour réduire les pertes.

L'étude a été réalisée à l'aide d'une pompe à chaleur expérimentale pour simuler des conditions réelles de fonctionnement. Les auteurs ont mesuré les fuites de réfrigérant à différentes étapes du cycle de réfrigération et évalué l'efficacité de l'installation de récupération utilisée pour la récupération du réfrigérant.

Des simulations informatiques ont également été effectuées pour compléter les résultats expérimentaux et évaluer les performances dans différentes conditions de fonctionnement.

Les résultats de l'étude ont montré que l'installation de récupération usagée était efficace pour récupérer une grande partie du fluide frigorigène, réduisant ainsi les pertes potentielles. Cependant, des améliorations ont été proposées pour réduire davantage les fuites et améliorer la récupération [3].

### **2.3 R.A. Rasmussen, L. T. Murray, M. A. Methven**

Le but de cet article est de fournir une mise à jour des connaissances actuelles sur les substances appauvrissant la couche d'ozone et d'autres gaz réglementés par le Protocole de Montréal, ainsi que de discuter de leurs impacts environnementaux et des politiques réglementaires associées.

Les auteurs examinent les substances appauvrissant la couche d'ozone telles que les CFC, les halons et le tétrachloréthane, ainsi que d'autres gaz réglementés tels que les HCFC et les HFC. Ils discutent de l'origine et de l'utilisation de ces substances, de leur impact sur la couche d'ozone et du potentiel de réchauffement global (PRG) [4].

### **2.4 S. Agnihotri, R. Vaidya, A. Khatri**

L'objectif de l'étude était d'évaluer l'efficacité des différentes unités de récupération disponibles sur le marché pour la récupération des fluides frigorigènes dans les climatiseurs domestiques.

Les auteurs ont mené des expériences en utilisant différents modèles d'unités de récupération commerciales et ont mesuré des paramètres tels que le taux de récupération du réfrigérant, le temps de récupération, la qualité de la récupération et d'autres facteurs pertinents. Ils ont également évalué les performances des unités de récupération dans diverses conditions de fonctionnement, telles que la température ambiante, le type de réfrigérant utilisé, etc.

Les résultats de l'étude ont fourni des informations sur l'efficacité des différentes unités de récupération commerciales testées. Les auteurs ont pu identifier les unités les plus performantes.

en termes de taux de récupération élevé et de temps de récupération réduit. Ils discutent également des facteurs qui peuvent affecter les performances de récupération, tels que la taille du climatiseur, la quantité de réfrigérante présente, etc[5].

### **2.5 H.Zhang, X. Liu, J.Chen**

Les auteurs ont mené des expériences pour évaluer les performances de diverses machines derécupération de fluide frigorigène. L'objectif était de comparer l'efficacité et l'efficacité dedifférentesmachinesderécupérationentermesdetauxderécupérationderéfrigérant, detempsde récupération et de performances globales. Ils ont également évalué d'autres facteurs deperformance, notammentl'effetdelatempératureambianteetdutypedeliquidederefroidissement sur larécupération.

Les résultats de l'étude ont permis de mieux comprendre les différences de performances entreles différents récupérateurs. Il a identifié des machines avec des taux de récupération plus élevés, des temps de récupération plus rapides et une meilleure efficacité globale. Les auteursontégalementdiscutédesfacteurs affectant les performances de la machine et ont formulé des recommandations pour améliorer le processus de récupération[6].

### **2.6 M.Zhang, X.Wang, J.Li,**

L'étude comprenait la sélection d'un échantillon de systèmes de climatisation résidentiels et la réalisation d'expériences pour mesurer les émissions libérée spendant le processus de récupération. Différentes méthodes de récupération, telles que des unités de récupération portables ou des mécanismes de récupération intégrés, ont été testées pour comparer leur efficacité dans la capture et le recyclage du réfrigérant.

Les chercheurs ont quantifié les réductions d'émissions obtenues en comparant la quantité de réfrigérant récupérée à la quantité totale de réfrigérant dans les systèmes.Ils ont également pris en compte les valeurs du potentiel de réchauffement global (GWP) des réfrigérants pour calculer le potentiel global de réduction des émissions.

Les résultats de l'étude ont fourni des informations sur la possibilité de réduire les émissions grâce à la récupération des fluides frigorigènes dans les systèmes de climatisation résidentiels.Les auteurs discutent de l'efficacité des différentes méthodes de récupération, des facteur sa ffectant la réduction des émissions et de simplifications pour la durabilité environnementale[7].

### **2.7 Zhu.J,Zhao.X,**

Leur étude s'est concentrée sur l'évaluation environnementale et économique de la récupération des fluides frigorigènes en Chine. L'objectif de l'étude était d'évaluer les impacts environnementaux et économiques de la récupération des fluides frigorigènes en Chine. Les chercheurs ont utilisé l'analyse du cycle de vie environnemental (ACV) et des méthodes d'analyse économique pour évaluer les impacts environnementaux et les coûts associés à la récupération des réfrigérants dans le pays. Les résultats de l'étude mettent en évidence les avantages environnementaux de la récupération des fluides frigorigènes en Chine, tels que la réduction des émissions de gaz à effet de serre et la préservation des ressources naturelles. De plus, l'évaluation économique a montré que la récupération des fluides frigorigènes était économiquement faisable dans le contexte chinois [8].

### **2.8 S.Park,J.Kim,**

Leur étude s'est concentrée sur l'évaluation de l'impact environnemental d'une usine de récupération de fluides frigorigènes en utilisant le cycle de vie. Analyse (ACV), L'objectif de l'étude était d'analyser les impacts environnementaux associés aux différentes étapes du cycle de vie d'une usine de récupération de fluides frigorigènes, de la construction à l'exploitation, en passant par la maintenance et la désactivation. Il a été utilisé la méthodologie ACV pour estimer les impacts sur la consommation d'énergie, les émissions de gaz à effet de serre, la production de déchets et l'épuisement des ressources tout au long du cycle de vie d'une usine.

Les résultats de l'étude portaient sur les principaux contributeurs aux impacts environnementaux de l'usine de récupération de fluide frigorigène, ainsi que sur les unités d'amélioration et d'optimisation. Cela pourrait inclure des recommandations pour réduire la consommation d'énergie et réduire les émissions de gaz à effet de serre [9].

## **Conclusion**

Ce travail démontre l'importance d'une usine de récupération de fluides frigorigènes dans la gestion responsable des fluides frigorigènes. Il met en évidence les différentes techniques et méthodes de récupération disponibles, ainsi que la réglementation régissant leur utilisation. En adoptant de bonnes pratiques de récupération, les entreprises peuvent contribuer à réduire les émissions de gaz à effet de serre, économiser les ressources et assurer un fonctionnement plus efficace de leurs systèmes de réfrigération et de climatisation.

# **Chapitre I**

## **Historique du froid**

# Historique du froid

## Introduction

Il fait référence à la production de fluides frigorigènes couramment utilisés dans les systèmes de réfrigération, qui jouent un rôle important dans les technologies de réfrigération, mais ont un impact sur l'environnement.

La principale préoccupation concernant les réfrigérants est leur capacité à appauvrir la couche d'ozone, qui est la couche protectrice de l'atmosphère qui filtre les rayons ultraviolets du soleil. Certains réfrigérants contiennent des composés (CFC) et (HCFC) qui détruisent catalytiquement les molécules d'ozone. Si le rayonnement qui réchauffe notre planète augmente de manière inappropriée, ce la entraînera une augmentation globale de la température sur Terre.

Dans ce chapitre, nous présenterons les fluides frigorigènes et leur utilisation dans les systèmes de réfrigération et de climatisation et leur impact sur l'environnement

## 2. Le froid

L'approvisionnement en sources de froid est important pour le progrès de la plupart des régions du monde. Le froid est nécessaire à la conservation de nombreuses applications qui font partie de notre quotidien, telles que la conservation des fruits et légumes, la conservation des produits pharmaceutiques, le froid industriel et alimentaire, les réfrigérateurs domestiques, la climatisation. Conditionnement et contrôle de l'atmosphère.

C'est pourquoi la production de froid est devenue nécessaire dans le monde moderne, que ce soit pour la conservation des aliments (préservation des stocks et de leurs qualités sensorielles et nutritionnelles) et le bien-être humain (climatisation et traitement de l'environnement). Pièces mécaniques en mouvement) comme alternative au refroidissement de la production. Dans la grande majorité des applications, les systèmes de réfrigération utilisés aujourd'hui reposent sur l'utilisation de cycles de changement de phase de pression de vapeur et de réfrigération [1].

### 2.1 L'Histoire du froid

L'Homme des pays tempérés s'est rapidement rendu compte que les denrées périssables pouvaient être conservées dans de bien meilleures conditions l'hiver que l'été. L'utilisation du «froid naturel» s'est faite très tôt aussi très long temps jusqu'au début du 20<sup>ème</sup> siècle le marché de la glace naturel le était en core plus

important que celui de la glace artificielle. Le mélange de certains sels dans l'eau abaissait notablement la température, le premier à avoir évoqué l'usage, en Inde, au 4<sup>ème</sup> siècle, de tels mélanges semblent être l'écrivain arabe Ibn Abi Usaibia

Au XIX<sup>e</sup> siècle, D'autres physiciens célèbres ont contribué à l'essor de la thermodynamique: de puis les années 1980, les scientifiques alertent sur les effets nocifs des CFC sur l'environnement.

Pour cette raison, les industriels s'engagent à développer de salternatives moins nocives pour l'avenir de la planète, dont certaines sont déjà sur le marché [1].

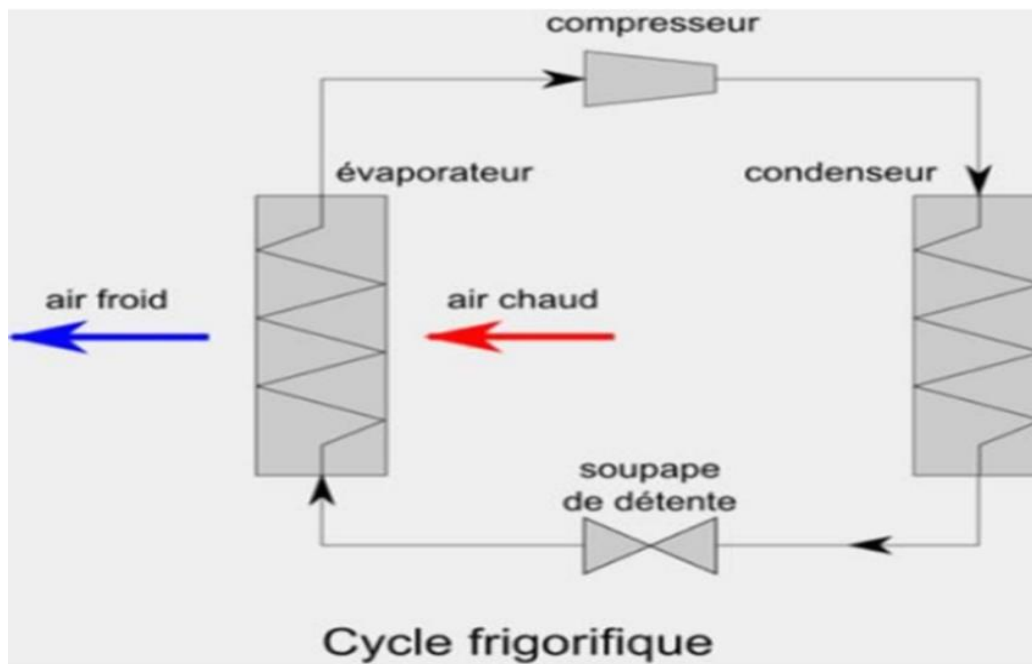
### **3. Fluides frigorigènes**

En raison de leurs caractéristiques thermodynamiques, les fluides frigorigènes sont des produits chimiques utilisés dans les systèmes de refroidissement (réfrigération et climatisation). Il existe plusieurs classifications de réfrigérants, et chacune a une composition chimique unique.

Des lois particulières s'appliquent aux hydro fluorocarbures (HFC), aux hydrochloro fluorocarbures (HCFC) et aux chlorofluorocarbures (CFC) [1].

#### **3.1 Définition des fluides frigorigènes**

Un fluide frigorigène est une substance qui évolue dans le temps dans le circuit d'un appareil frigorifique et qui, par un phénomène endothermique qui implique un changement d'état faisant passer la substance de l'état liquide à l'état gazeux dans un évaporateur, permet la production de froid en retenant la chaleur. La chaleur est alors expulsée de l'appareil par un phénomène exothermique qui implique un changement d'état inverse du précédent, qui fait passer la substance d'un liquide [1].



**FigI.1.** Représentation d'un cycle frigorifique

### 3.2 Familles des fluides frigorigènes

#### 3.2.1 Éléments simples

Atteindre les basses températures nécessaires aux procédés cryogéniques est réalisable grâce à l'emploi des éléments les plus élémentaires (hydrogène, hélium, azote, oxygène, etc.) [1].

#### Composés purs

- **Eau**

L'eau H<sub>2</sub>O ou (R718), ne permet pas de descendre en dessous de 0°C.

Il est employé dans les secteurs de la climatisation pour produire du froid par absorption.

- **Ammoniac**

L'ammoniac NH<sub>3</sub> ou (R717), un réfrigérant important. Son importance est encore accrue par les problèmes environnementaux actuels causés par les chlorofluorocarbures (CFC), dont certains ont été créés pour remplacer l'ammoniac. La régulation de ce fluide devient de plus en plus difficile.

- **D'autres composés inorganiques**

En raison de leurs inconvénients, les substances inorganiques telles que le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), qui jouaient autrefois un rôle important dans la technologie de réfrigération, ne sont plus utilisées. Ce pendant, certaines personnes souhaiteraient augmenter le dioxyde de carbone d'une manière ou d'une autre.

- **Mélanges azéotropiques**

Dont les actions sont similaires à celles des médicaments purs, soit azéotropiques (ou non azéotropiques), dont l'usage tend à augmenter [1]

#### **4. Impact des fluides frigorigènes sur l'environnement**

En raison de leurs caractéristiques thermodynamiques, notamment leur grande capacité d'absorption de chaleur, les fluides frigorigènes sont utilisés dans les systèmes de refroidissement fixes et mobiles (réfrigération et climatisation).

En raison de fuites qui se produisent lors du chargement, de l'utilisation ou de la fin de vie de l'équipement, la majorité de ces fluides sont dangereux pour l'environnement lorsqu'ils sont rejetés dans l'atmosphère.

Dans ce cas, la couche d'ozone est détruite par les gaz chlorés (CFC et HCFC) qui sont rejetés dans l'atmosphère. Les fluides frigorigènes de la famille des hydrocarbures halogénés (CFC, HCFC) ont été largement utilisés jusqu'à présent, principalement en raison de leur sécurité (ils sont non toxiques et inflammables) et de leurs performances thermodynamiques élevées [1].

Avec l'augmentation de la température sur Terre, ce qui signifie que le temps va changer par tout dans le monde, cette augmentation importante de la température peut être dangereuse pour nous et pour tout être vivant. Quel que soient les hypothèses [10].

- **La météo**

Diverses sections de la planète auront divers effets : certaines deviendront plus sèches, tandis que d'autres deviendront plus humides. Bien que la majorité du pays soit plus chaude, certaines parties peuvent devenir plus froides. Il peut y avoir plusieurs tempêtes, inondations et sécheresses, mais nous n'avons aucune idée des parties de la planète qui seront touchées. Ces changements climatiques se produisent par tout sur la planète.

Au impact sur le type de cultures qui peuvent être cultivées. Les plantes, les animaux et même les humains peuvent avoir du mal à vivre dans une variété d'environnements.

- **Niveaux de la mer**

L'eau des mers et des océans augmentera à mesure que la température augmentera. La fonte des glaces de l'Antarctique et du Groenland se déversera dans l'océan. Le niveau de la mer pourrait augmenter globalement d'ici le début du siècle prochain, peut-être jusqu'à 20 à 40 cm. L'élévation du niveau de la mer mettra en danger les zones côtières basses du monde, notamment les Pays-Bas et le Bangladesh. Les inondations menaceront des millions de personnes et des étendues de terres à travers le monde. Les inondations obligeront de nombreuses personnes à fuir leurs maisons et des quantités importantes de récoltes seront détruites.

- **Agriculture**

Les variations climatiques auront un impact sur les types de cultures cultivées dans diverses régions du monde. Certaines cultures, comme le blé et le riz, bénéficient de températures plus chaudes, tandis que d'autres, comme le maïs et la canne à sucre, ne le font pas.

Les changements dans les précipitations auront également un impact sur le nombre de plantes qui poussent. L'influence du changement climatique sur la croissance des plantes peut faire en sorte que certaines nations n'aient pas une alimentation adéquate. Le Brésil, les régions d'Afrique, d'Asie du Sud-Est et de Chine seront les plus touchés et de nombreuses personnes risquent de souffrir de la faim.

- **Plantes & Animaux**

Il a fallu des millions d'années pour que la vie s'habitue aux conditions sur terre. Comme le temps et la température changent, les habitats des plantes et des animaux sont affectés partout dans le monde. Par exemple, les ours polaires et les phoques devront trouver de nouvelles terres pour chasser et vivre si la glace de l'Arctique fond. De nombreux animaux et plantes peuvent ne pas être capables de faire face à ces changements et pourraient mourir. Cela pourrait entraîner la perte de certaines espèces animales et végétales dans certaines ou toutes les régions du monde.

- **Personnes**

Le changement climatique affectera tout le monde, mais certaines communautés seront plus vulnérables. Les pays ayant de vastes populations sur leurs côtes, comme l'Égypte et la Chine, peuvent voir des populations entières se déplacer vers l'intérieur des terres pour échapper aux zones à risque d'inondation. L'impact sur les humains sera déterminé par notre capacité à nous adapter aux changements et par ce que nous pouvons faire pour atténuer le changement climatique mondial.

### **5. Principaux gaz influents sur l'environnement**

De nombreux gaz à effet de serre, tels que la vapeur d'eau, le dioxyde de carbone, le méthane, l'oxyde d'azote et l'ozone, sont naturellement présents dans l'environnement. D'autres, comme les hydrofluorocarbures (HFC), les per fluorocarbures (PFC) et l'hexafluorure de soufre (SF<sub>6</sub>), sont principalement produits et rejetés par l'homme. L'activité humaine contribue également grandement à la quantité de gaz à effet de serre naturels. Voici les principaux gaz à effet de serre qui pénètrent dans l'atmosphère à la suite de l'activité humaine [11].

- **Dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>):**

Le dioxyde de carbone pénètre dans l'atmosphère par les combustibles fossiles, les déchets solides, les arbres, les produits du bois et d'autres processus chimiques, et est extrait (ou séquestré) de l'atmosphère par les plantes dans le cadre du cycle biologique du carbone.

- **Protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O):**

Le protoxyde d'azote est produit lors de diverses activités agricoles et industrielles, ainsi que lors de la combustion de combustibles fossiles et de déchets solides.

- **Méthane (CH<sub>4</sub>):**

Le méthane est libéré lors de la production et du transport du charbon, du gaz naturel et du pétrole. Le méthane est également libéré lors de la décomposition des déchets organiques, que ce soit dans les décharges ou lors du processus de recyclage.

- **Gaz fluorés**

Les gaz à effet de serre artificiels tels que les hydrofluorocarbures, les per fluorocarbures et l'hexafluorure de soufre sont émis par diverses activités industrielles. Les gaz fluorés sont par fois utilisés pour remplacer les composés appauvrissant la couche d'ozone (tels que les CFC, les HCF

et les halons). Étant donné que ces gaz sont de puissants gaz à effet de serre, ils sont également appelés gaz à potentiel de réchauffement global élevé («gaz à GWP élevé»).

La capacité des gaz à effet de serre à absorber et retenir la chaleur dans l'atmosphère varie. Les gaz les plus absorbants de la chaleur sont les HFC et les PFC, mais il existe des variations importantes dans les gaz naturels. Le dioxyde de carbone contribue le plus puis qu'il a la plus grande quantité dans l'atmosphère. Les estimations futures des émissions et des absorptions sont basées en partie sur des prévisions concernant les changements dans les activités humaines sous-jacentes.

Par exemple, avec l'essor prévu de l'économie américaine et mondiale, la demande de combustibles fossiles tels que le pétrole et le charbon va continuer à monter en flèche.

Les émissions de gaz à effet de serre d'origine humaine devraient augmenter à l'avenir, bien que cette augmentation puisse être atténuée par des efforts continus pour stimuler l'utilisation de nouvelles technologies plus propres et d'autres mesures. De plus, notre vie quotidienne [11].

### **6. Impact de fuite de fluide frigorigène sur la santé et la sécurité des usagers**

L'utilisation de fluides frigorigènes dans les bâtiments présente des risques pour la santé et la sécurité des habitants, du personnel d'entretien et autres [12].

Ils peuvent, en effet, présenter un risque en raison de :

Toxicité de l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) Inflammabilité du R-290 et de l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) Pressions utilisées dans les circuits HP (Haute Pression)

#### **6.1. Impact sur le bilan énergétique**

En présence de froid, les différents fluides frigorigènes ne se valent pas. Certains ont une efficacité de refroidissement supérieure à d'autres, il est donc essentiel de les comparer.

Lorsque l'on compare le R22, le R134A et le R507, on constate que, toutes choses égales par ailleurs (puissance frigorifique, températures d'évaporation et de condensation similaires, etc.), le R404A offre de meilleures performances énergétiques supérieures à celles du R22 (-8%) et du R507 (-23%) [12].

- **Repérage des fuites**

Le but du prochain arrêté de la Région wallonne étant de limiter les fuites de fluides frigorigènes, il est indispensable de savoir quels sont les moyens d'exécution.

- **Indices d'impact**

Trois indicateurs principaux ont été créés pour évaluer l'influence des fluides frigorigènes sur la couche d'ozone et l'effet de serre:

ODP signifie Potentiel d'appauvrissement de la couche d'ozone

GWP signifie Global Warming Potential (Global Warming Potential)

TEWI signifie Total Equivalent Warning Impact.

ODP : C'est un indicateur qui caractérise la contribution de la molécule à l'appauvrissement de la couche d'ozone, Cet indice est déterminé par rapport à une molécule de référence, R11 ou R12, qui a un ODP de 1.

Potentiel d'avertissement global (GWP)

C'est un indicateur qui caractérise la contribution de la molécule à l'effet de serre.

La valeur de cet indice est dérivée par rapport à une molécule de référence, le CO<sub>2</sub>, et pour des périodes de temps bien définies (20, 100 et 500 ans), Le CO<sub>2</sub> a un GWP = 1

Impact d'avertissement équivalent total (TEWI)

Le TEWI est un concept qui permet d'évaluer le réchauffement climatique pendant la durée de vie opérationnelle d'un système de réfrigération, par exemple en utilisant un fluide frigorigène déterminé en tenant compte de l'effet direct des émissions de fluide frigorigène et de l'effet indirect de l'énergie nécessaire au fonctionnement du système [12].

A titre d'exemple, considérons la formule suivante

$$TEWI = (GWP * L * n) + (GWP * m * (1 - C) + n * E * \beta)$$

Où:

GWP: Global warming potentiel

L: Emissions annuelles de fluide en kg

n : Durée de vie du système en années

m : Charge en fluide frigorigène en kg

C : Facteur de récupération / recyclage compris entre 0 et 1

E : Consommation annuelle d'énergie en kWh

B : Emission de CO<sub>2</sub> en kg/ kWh.

### 7. Effet de serre et le réchauffement climatique

L'effet de serre fait référence au réchauffement de l'atmosphère causé par les rayons du soleil en présence de gaz spécifiques. Le GWP (Global Warming Potential) est ce qui permet de quantifier le potentiel d'un gaz à effet de serre. Certains gaz présents à l'état de trace (-1%) sur notre planète remplissent la même fonction qu'une plaque de verre en absorbant le rayonnement infrarouge terrestre tout en restant transparents à l'énergie solaire. Cet effet de serre naturel est extrêmement bénéfique pour notre planète puisque, si la température est normalement de -18°C en présence du soleil, elle est de +15°C en présence de celui-ci [1].

### 8. Mécanisme physique de l'effet de serre

La Terre reçoit la moitié de l'énergie solaire et en renvoie une partie dans l'espace par rayonnement ou évaporation. Une partie de la chaleur est empêchée de retourner dans l'espace par une couverture constituée de vapeur d'eau et de gaz. L'effet de serre réchauffe la terre, et plus la couche de gaz est épaisse, plus le chauffage est intense. La Terre serait gelée si l'effet de serre n'existait pas, mais l'augmentation des émissions de gaz induit un réchauffement [1].

### 9. Formation et de structure de la couche d'ozone

#### ➤ Atmosphère

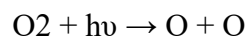
L'atmosphère terrestre est séparée en couches et le passage de l'une à l'autre est marqué par une inversion de température. La stratosphère a la plus grande concentration d'ozone dans l'atmosphère, située entre 25 et 30 kilomètres au-dessus du niveau de la mer. La quantité d'ozone dans l'atmosphère varie fortement dans l'espace et dans le temps en fonction de l'altitude et de la latitude du site terrestre. Les mécanismes de transport impliqués dans la répartition géographique de l'ozone provoquent une élévation des concentrations d'ozone stratosphérique de l'équateur aux pôles [1].

### ➤ Formation de l'ozone

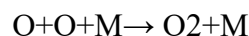
Chapman, mathématicien et géophysicien britannique, proposa la première théorie photochimique expliquant la présence d'ozone dans la stratosphère en 1930. Selon cette théorie, l'ozone est formé par la photo dissociation UV de l'oxygène moléculaire ( $O_2$ ) en oxygène atomique, un processus qui se produit principalement sous les tropiques et aux latitudes moyennes pendant l'été, lorsque le rayonnement solaire est à son apogée.

Le mécanisme de Chapman consiste en une série de réactions concurrentes :

A des longueurs d'onde  $\lambda < 242$  nm,



Réaction peu probable dans la stratosphère



M représente principalement  $N_2$ , qui absorbe l'excès d'énergie



Par recombinaison

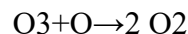
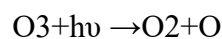


Photo dissociation ou photolyse



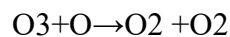
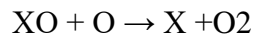
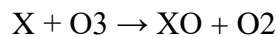
Le rayonnement UV est un rayonnement électromagnétique avec une longueur d'onde plus courte que la lumière visible mais plus longue que les rayons X.

Avec une intensité croissante, les rayons UV sont généralement divisés en trois gammes : UV-A (315-380 nm), UV-B (280-315 nm) et UV-C (280 nm).

La photo dissociation, également connue sous le nom de photolyse, est un événement chimique au cours duquel une molécule est brisée par l'action d'un photon (un ingrédient élémentaire de la lumière) [1].

### ➤ Destruction de l'ozone

La diminution de la couche d'ozone observée aux latitudes moyennes est due aux cycles catalytiques suivants de destruction de l'ozone



### ➤ Formation du trou d'ozone

Les événements suivants se sont produits lors de la création du trou dans la couche d'ozone:

- Formation de vortex: pas d'échange thermique.
- En l'absence de lumière, les particules libèrent plutôt qu'elles n'absorbent de l'énergie.
- La température descend de -40 à -85°C.
- Le nuage stratosphérique polaire est composé de vapeur d'eau et de cristaux de  $HNO_3$ .
- Des réactions hétérogènes activent des espèces réservoirs.
- Appauvrissement de la couche d'ozone dans le vortex

## 10. Notions de réfrigération et de climatisation

### • Réfrigération

Il peut être défini comme l'élimination artificielle de la chaleur générée dans une substance ou un espace à une température inférieure à celle qui peut exister sous l'influence naturelle de l'environnement, c'est-à-dire H. maintenir une température inférieure à la température ambiante [13].

### • Climatisation

La régulation simultanée de la température, de l'humidité, de la propreté et du mouvement de l'air est la définition de la climatisation en général. La climatisation est classée en deux catégories : la climatisation été et la climatisation hiver. Contrairement à la pompe à chaleur et à l'humidifi-

ficateur\*\*utilisés dans le second,le premier utilise un système de réfrigération et un

Déshumidi ficateur.Alors que le premier s'efforce d'offrirune atmosphère favorable aux articles oumarchandises marchands, laboratoires pour ateliers de production, fabrication de matériaux et d'appareils de précision, imprimerie, produits photographiques, chambres froides, pharmacie, informatiqu e,etc., le second s'efforce de créer une atmosphère calme environnement[13].

### **11. Circuits de froid et de climatisation:**

Les circuits de froid ou de climatisation secomposent essentiellement de[14].

- Evaporateur
- Compresseur
- Condenseur
- Vanned'expansion

#### **11.1 Compresseur**

Le travail du compresseur consiste à utiliser le conduit d'aspiration pour extraire la vapeur à bass températureetbassepressiondel'évaporateur.Latemperaturedelavapeurcompriméeaugmente.Le résultat est que le compresseur augmente la température de la vapeur de bas en haut, ce quientraîne une augmentation progressive de la pression. Le conduit de ravitaillement reçoit alors la vapeur comprimée

#### **11.2 Condenseur**

Le condenseur a pour but d'extraire la chaleur du réfrigérant vers l'air extérieur. Un venti la teurmonté au-dessus du condenseur aspire l'air à travers le serpentin du condenseur. La température de la vapeur à haute pression détermine la température à laquelle la condensation commence,typiquement entre  $-12^{\circ}\text{C}$  et  $-1^{\circ}\text{C}$ . La vapeur à haute pression dans le condenseur est en suite refroidie au point où elle redevient un réfrigérant liquide, conservant une certaine chaleur dans le processus.Le réfrigérant liquide s'écouleen suit te du condenseurdans la conduite de liquide.

#### **11.3 Détendeur**

La soupape de détente est située avant l'évaporateur à la fin de la conduite de liquide dans lesystème de réfrigération. Du condenseur, le liquide à haute pression se déplace vers le détenteur.Aufuretàmesure que le réfrigérantse déplace à travers l'orifice à l'intérieur de la vanne,la vanne abaisse alors la pression en même temps.La température du réfrigérant chute également à un

Niveau inférieur à celui de l'air ambiant lorsque la pression est réduite. Ces techniques de pré-refroidissement peu coûteuses

### 11.4 Evaporateur

Le but de l'évaporateur est d'éliminer la chaleur indésirable du produit, via le réfrigérant liquide. Le réfrigérant liquide contenu dans l'évaporateur bout à basse pression. Le niveau de cette pression est déterminé par deux facteurs :

- La vitesse à laquelle la chaleur est absorbée par le produit pour le réfrigérant liquide dans l'évaporateur
- La vitesse à laquelle la vapeur à basse pression est retirée de l'évaporateur par le compresseur
- Pour permettre le transfert de chaleur, la température du réfrigérant liquide doit être inférieure à la température du produit froid. Une fois transféré, le réfrigérant liquide est aspiré de l'évaporateur par le compresseur via la conduite d'aspiration. En quittant les serpentins de l'évaporateur, le réfrigérant liquide est sous forme de vapeur

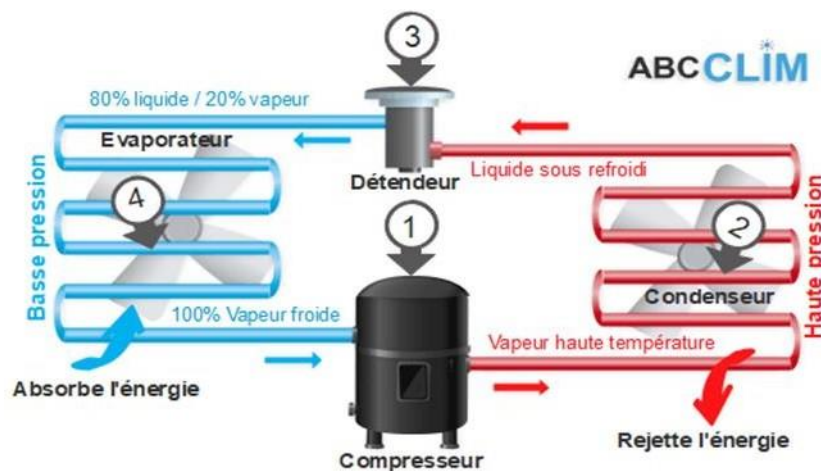


Fig.I.2circuit frigorifique[1]

### Conclusion

Les fluides frigorigènes sont des substances utilisées dans les systèmes de climatisation, de réfrigération et de pompe à chaleur pour transférer la chaleur d'un endroit à un autre. Cependant, certains fluides frigorigènes, tels que les hydrofluorocarbures (HFC) et les chlorofluorocarbures (CFC), ont un impact significatif sur l'environnement.

En résumé, les fluides frigorigènes ont un impact sur l'environnement en raison de leur contribution au réchauffement climatique et à la de

struction de la couche d'ozone. Les efforts pour réduire l'utilisation de fluides frigorigènes nocifs ont conduit à l'adoption de substituts plus respectueux de l'environnement. Cependant, il est important de continuer à promouvoir des pratiques durables dans le domaine de la réfrigération et de la climatisation pour minimiser l'impact global de ces systèmes sur l'environnement.

# **Chapitre II**

## **Généralités sur station de Récupération de fluide Frigorigène**

### Station de récupération de fluide frigorigène

#### Introduction

Un récupérateur de fluide frigorigène est un dispositif utilisé dans le domaine de la climatisation et de la réfrigération pour collecter et traiter les liquides utilisés dans les systèmes de réfrigération.

Le but d'une unité de récupération de fluide frigorigène est d'extraire les fluides frigorigènes des systèmes de réfrigération, soit avant l'entretien, la réparation ou le remplacement de l'équipement. Un stockage ou un recyclage adéquat de ces fluides garantit que les impacts sur l'environnement sont minimisés. L'utilisation de cet appareil est nécessaire pour se conformer aux réglementations environnementales concernant la gestion des réfrigérants.

Les réfrigérants sont nocifs pour l'environnement s'ils sont rejetés dans l'atmosphère, ils doivent donc être manipulés et éliminés conformément aux normes de sécurité et de protection de l'environnement. En bref, une unité de récupération de fluide frigorigène est un dispositif utilisé pour extraire, stocker et traiter les fluides frigorigènes des systèmes de climatisation et de réfrigération dans le respect des réglementations environnementales. Son utilisation contribue à préserver l'environnement en réduisant les émissions de substances potentiellement nocives.

#### 2. Définition d'une station de récupération de fluide frigorigène

Une machine de récupération de réfrigérant est un dispositif utilisé pour éliminer les réfrigérants des systèmes de réfrigération et de climatisation et a plusieurs autres applications, en raison de la pollution de l'environnement résultant de la libération de fluides frigorigènes dans l'environnement et de l'appauvrissement de la couche d'ozone. En raison de la chlorophylle présente dans les réfrigérants, toutes les installations de climatisation et de réfrigération ont donc besoin d'une unité de récupération pour protéger l'environnement et la nation.

Un système de récupération de fluide frigorigène est utilisé lorsqu'un système qui fuit peut être complété ou réparé. Le coût direct du remplissage est inférieur, mais la réparation de la fuite prend plus de temps et coûte plus cher. À long terme, le système réparé est moins susceptible de fuir, donc les coûts s'arrêtent. D'un point de vue environnemental, il y a un grand besoin de prévenir les fuites et de réduire les déplacements des équipements.

Ils sont utiles dans les applications industrielles [16].



**Fig.II.1** Schémad'une station de récupération de fluide frigorigène [17].

### 3. Rôle d'une station de récupération de fluide frigorigène

Le rôle d'une station de récupération de fluide frigorigène est de collecter, stocker et traiter les fluides frigorigènes utilisés dans les systèmes de réfrigération et de climatisation.

Ces stations sont généralement utilisées lors de la maintenance, de la réparation ou du retrait des équipements de réfrigération pour éviter la libération de ces substances dans l'environnement.

Les fluides frigorigènes, tels que les hydro chlorofluorocarbones (HCFC) et les hydro fluorocarbures (HFC), sont des substances chimiques utilisées pour transférer la chaleur et réaliser des cycles de réfrigération.

Cependant, ces substances contribuent à l'appauvrissement de la couche d'ozone et ont un potentiel de réchauffement global élevé, ce qui signifie qu'elles ont un impact négatif sur l'environnement [18 et 19].

### 4. Structure d'une station de récupération de fluide frigorigène

L'installation de récupération de fluide frigorigène est un système composé de plusieurs éléments interdépendants qui permettent la collecte, le stockage et la purification des gaz usés. La structure de l'installation comprend les éléments suivants [20 et 21].

- **Collecteurs de gaz frigorigènes**

Ces dispositifs sont utilisés pour collecter les gaz frigorigènes provenant des équipements de réfrigération, tels que les climatiseurs, les réfrigérateurs, les pompes à chaleur, etc.

- **Système de récupération et de purification**

Ce système comprend des compresseurs, des condenseurs, des évaporateurs et des filtres qui permettent d'extraire les gaz frigorigènes récupérés des collecteurs, de les purifier et de les séparer des contaminants tels que l'humidité, l'huile et d'autres impuretés.

- **Système de récupération et de purification**

Ce système comprend des compresseurs, des condenseurs, des évaporateurs et des filtres qui permettent d'extraire les gaz frigorigènes récupérés des collecteurs.

- **Unité de stockage des gaz régénérés**

Une fois purifiés, les gaz frigorigènes récupérés sont stockés dans des réservoirs spécialement conçus pour assurer leur sécurité et leur intégrité.

### **5. Principe de fonctionnement d'une station de récupération du fluide frigorigène**

Le principe de fonctionnement d'une station de récupération du fluide frigorigène dépend du type de système utilisé, mais en général, le processus de base est similaire.

Le circuit de récupération de fluide frigorigène du groupe frigorifique hors service est constitué de compresseurs connectés en série pour évacuer le fluide frigorigène gazeux du groupe hors service.

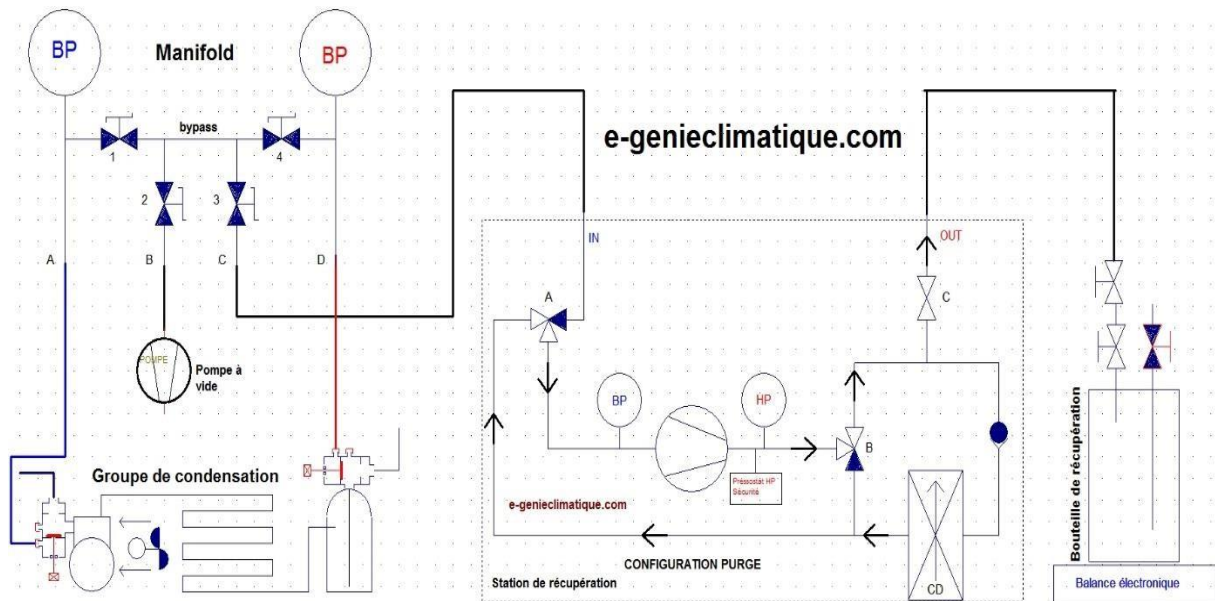
La disposition en série de la source de vide et du compresseur fournit environ -29 pouces de mercure du côté aspiration de la source de vide.

Un condenseur en série avec le compresseur convertit le réfrigérant gazeux en réfrigérant liquide, et un réservoir de stockage en série avec le condenseur reçoit le réfrigérant liquide du condenseur.

Dans un agencement préféré, un système de soupape connecté en série entre le condenseur et le récepteur permet au récepteur d'être déconnecté du circuit sans décharger le réfrigérant du récepteur dans l'atmosphère.

Le circuit peut également comprendre des serpentins en parallèle avec le condenseur et le compresseur et disposés en hélice autour du réservoir pour refroidir le réservoir.

Un séparateur peut être connecté en série entre la source de vide et le compresseur pour éliminer les impuretés du réfrigérant gazeux, et un autre serpentin connecté en série entre le compresseur et le condenseur et disposé en hélice autour du séparateur peut être utilisé pour chauffer le séparateur. En plus de la ligne de récupération de réfrigérant gazeux, une ligne de réfrigérant liquide en série entre l'unité et le réservoir de stockage décharge le réfrigérant liquide de l'unité dans le réservoir de stockage avant que la ligne de récupération de réfrigérant ne fonctionne à l'état gazeux [16].



**Fig.II.2** Principe de fonctionnement d'une station de récupération de fluide frigorigène [17].

### 6. Opération de récupération de fluide frigorigène

L'opération de récupération de fluide frigorigène est une étape cruciale dans le processus de gestion responsable des gaz frigorigènes. Elle consiste à collecter et à extraire les fluides frigorigènes des équipements de réfrigération ou de climatisation pour éviter leur émission dans l'atmosphère [22].

#### 6.1. Constituants de circuit de récupération de fluide frigorigène

Les composants couramment utilisés dans un circuit de récupération du fluide frigorigène comprennent [22].

##### 6.1.1 Chambre froide ou climatiseur

C'est la source du réfrigérant récupérable. Il peut s'agir d'une chambre froide professionnelle, d'un système de climatisation domestique ou de tout autre équipement de réfrigération.



Fig.II.3 Schéma d'un circuit frigorifique d'une chambre froide[17].

### 6.1.2 Station de récupération de fluide frigorigène

La station de récupération est un équipement spécialisé pour collecter et extraire le fluide frigorigène des systèmes de réfrigération ou de climatisation .Des compresseurs,des condenseurs, des évaporateurs et des filtres peuvent être utilisés pour éliminer les polluants du fluide.

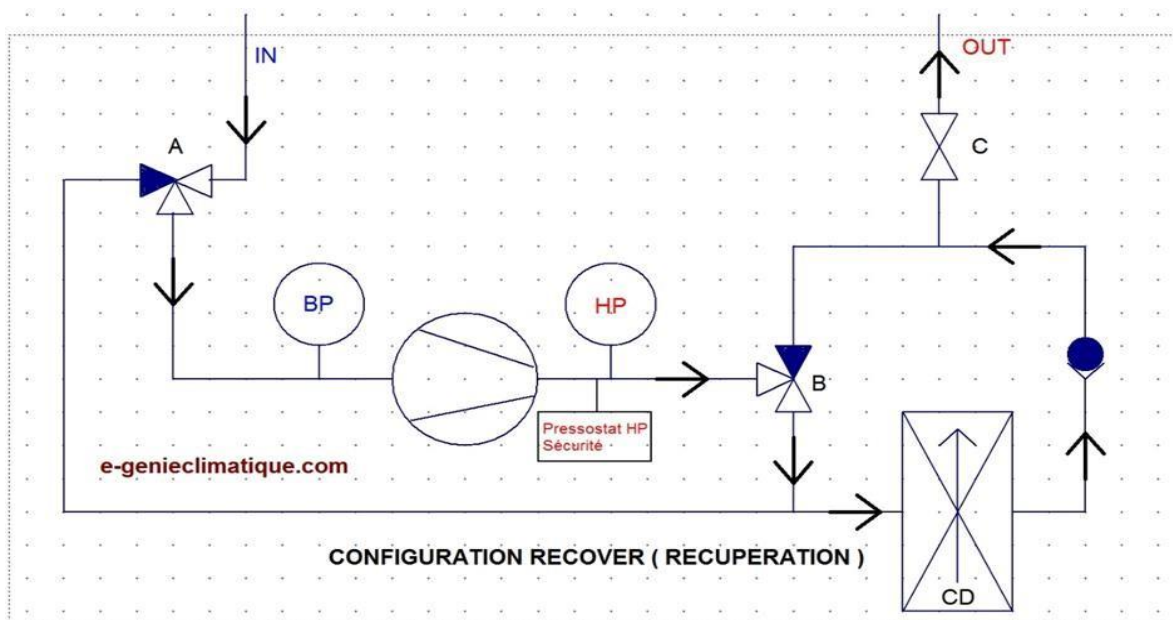


Fig.II.4 .Schéma de principe de la station de récupération [17].

### 6.1.3 Bouteille de récupération de fluide frigorigère

Les bouteilles de récupération sont des conteneurs sous pression spécialement conçus pour contenir temporairement le réfrigérant récupéré. Ils sont équipés des vannes et raccords nécessaires pour permettre le raccordement au reste des composants du circuit de récupération.



Fig.II.5. Bouteille de récupération de fluide frigorigère [17].

### 6.1.4 Pompe à vide

Une pompe à vide est utilisée pour éliminer l'air et l'humidité du circuit de récupération, générant un vide partiel qui facilite l'extraction du réfrigérant. Les pompes à vide à palettes ou à piston sont couramment utilisées dans les circuits de récupération.



Fig.II.6.Schéma d'un Pompe à vide[17].

### 6.1.5 Manifoldet flexibles

Des dispositifs de connexion tels que des collecteurs et des tuyaux sont utilisés pour relier les différents composants du circuit de récupération. Le collecteur est équipé de vannes qui contrôlent le débit de réfrigérant et permettent de basculer entre les différentes étapes du processus de récupération.



Fig.II.7.Schéma d'un Manifold et flexibles [17].

### 6.2. Explication de l'opération de récupération du fluide frigorigène

L'opération de récupération du fluide frigorigène est un processus essentiel pour éviter la libération de gaz frigorigènes dans l'environnement et contribuer à la protection de la couche d'ozone et à la réduction des émissions de gaz à effet de serre [22et 23].

- **Identification du système et du fluide frigorigène**

Avant de commencer le processus de récupération, il est essentiel de comprendre le type de système de réfrigération ou de climatisation et le réfrigérant utilisé. Les informations essentielles peuvent être obtenues auprès du fabricant de l'équipement ou en examinant la documentation technique jointe.

- **Préparation de l'équipement de récupération**

Il est essentiel de vérifier que l'équipement de récupération est en excellent état de fonctionnement et répond à toutes les exigences de sécurité. Cela peut impliquer d'évaluer l'équipement pour détecter les fuites et de tester les raccords, les tuyaux et les vannes.

- **Évacuation de l'air et de l'humidité**

Avant de commencer la récupération, l'air et l'humidité du système doivent être évacués. Une pompe à vide est fréquemment utilisée pour cela. La mise sous vide du système fournit une condition conduisant à l'extraction du réfrigérant.

- **Connexion du circuit de récupération**

Une fois le système construit, l'équipement de récupération, le système à récupérer et les cylindres de récupération sont connectés. Les tuyaux et les collecteurs sont utilisés pour sécuriser les connexions et contrôler le débit de réfrigérant.

- **Extraction du fluide frigorigène**

Lorsque toutes les connexions sont en place, le réfrigérant est récupéré du système à l'aide d'un équipement de récupération. Le processus particulier dépendra du type d'équipement utilisé, mais il peut inclure l'utilisation de compresseurs, de condenseurs et d'évaporateurs pour séparer le réfrigérant des polluants et le stocker temporairement dans des cylindres de récupération.

- **Évaluation et analyse du fluide frigorigène récupéré**

Après récupération du fluide frigorigène, il est conseillé d'effectuer des tests et des analyses pour déterminer sa composition, sa pureté et ses qualités physiques. Des analyseurs de gaz et d'autres équipements de mesure pertinents peuvent être utilisés à cette fin.

## 7. Méthodes de récupération du fluide frigorigène

Voici deux méthodes de récupération

### 7.1. Récupération en liquide/vapeur

Voici les dix étapes pour bien utiliser la méthode de récupération des vapeurs [29].

- Connectez un tuyau avec un accord à faible perte aux deux extrémités au côté de charge de l'équipement de récupération. Connectez l'extrémité opposée de cette ligne à l'orifice de fluide du réservoir sur le cylindre de récupération.
- Placez le cylindre de récupération sur une balance.
- Connectez un tuyau à l'orifice de service du côté basse pression du système HVAC.
- Connectez l'autre extrémité de ce tuyau au port central (de charge) de votre ensemble collecteur.
- Connectez un tuyau au côté bas de votre collecteur.
- Connectez l'autre extrémité de ce tuyau au côté aspiration du matériau de récupération.
- Connectez un tuyau entre l'orifice de vapeur du réservoir et le manomètre du jeu de collecteurs. Cela vous permet de suivre la pression du réservoir.
- Fermez les vannes du jeu de collecteurs.
- Ouvrez les vannes de vapeur et de liquide de la bouteille de récupération. Lancez le système de récupération.
- Laissez l'unité aspirer le vide approprié pour le type de réfrigérant.
- Fermez toutes les vannes et débranchez du système HVAC, ou démarrez le cycle de purge.

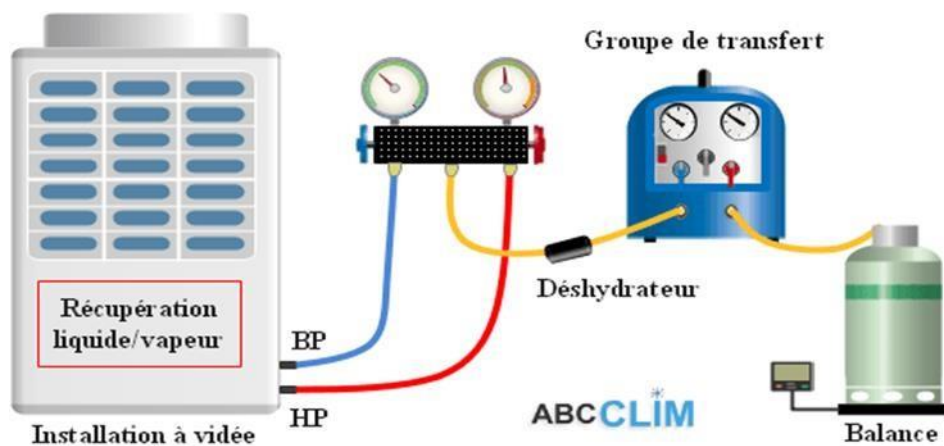


Fig. II.8. Schéma Récupération en liquide/vapeur [10].

## 7.2. Récupération en sur pression(Push-Pull)

- Connectez un tuyau du port de vapeur du réservoir au port central de l'ensemble de collecteur en utilisant la méthode de récupération push-pull.
- Fixez un tuyau du côté bas du collecteur au côté aspiration de l'unité de récupération de réfrigérant.
- Connectez un tuyau à faible perte du côté refoulement de l'unité de récupération au port de service côté bas.
- Connectez la vanne de liquide du réservoir à la tubulure à faible perte du service du port côté haut.
- Attachez le réservoir à une balance.
- Ouvrez les vannes du cylindre de récupération.
- Commencez à faire fonctionner l'équipement de récupération de réfrigérant.
- Ouvrez la vanne côté bas du jeu de collecteurs.
- Gardez un œil sur la balance.
- Une fois que le tartre a cessé de croître, mettez la machine en mode récupération de vapeur

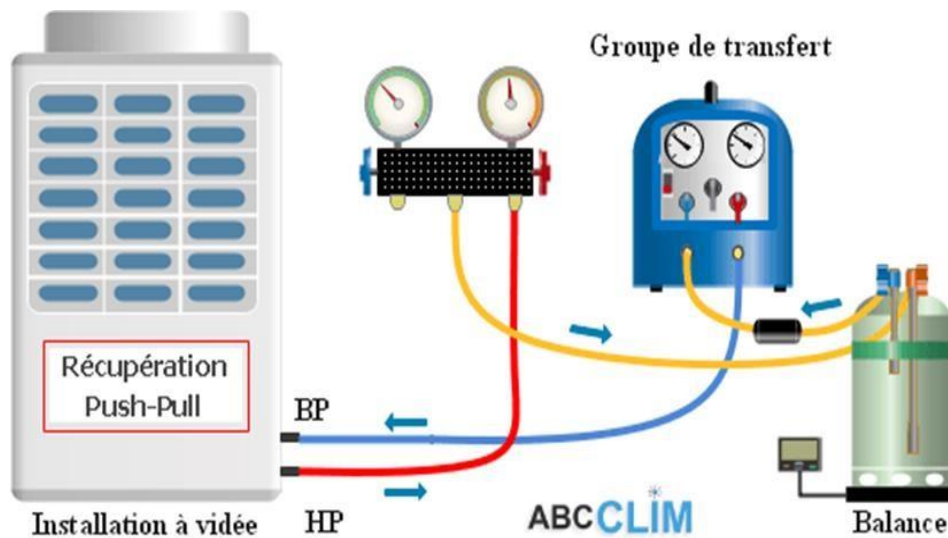


Fig.II.9.Schéma Récupération en sur pression(Push-Pull)[15].

## 8. Types d'une station de récupération de fluide frigorigène

Il y a plusieurs manières de le faire [25et26].

### 8.1Systèmes portables de récupération de fluide frigorigène

Ces minuscules systèmes sont conçus pour permettre le transfert et la récupération sur site des gaz frigorigènes.

Ils ont généralement une empreinte compacte et sont utilisés pour entretenir des éléments tels que les climatiseurs et les réfrigérateurs dans les environnements domestiques et commerciaux.

### **8.2. Systèmes de récupération de réfrigérant industriel**

Ces appareils à plus grande échelle sont destinés à un fonctionnement intensif en milieu industriel.

Ils sont plus capables de récupérer les gaz réfrigérants et peuvent en traiter de plus grandes quantités. Les systèmes de réfrigération et de climatisation à grande échelle, tels que ceux que l'on trouve dans les super marchés, les entrepôts et les bâtiments de fabrication, utilisent fréquemment des systèmes de récupération industriels.

### **8.3. Machines de récupération de réfrigérant automobile**

Dans le secteur automobile, ces équipements spécialisés sont utilisés pour collecter les gaz réfrigérants des systèmes de climatisation.

Ils sont destinés à répondre à certaines normes et exigences de récupération des fluides frigorigènes automobiles.

### **8.4. Systèmes fixes de récupération de réfrigérant**

Ces systèmes permanents sont répandus dans les ateliers de réparation CVC (chauffage, ventilation et climatisation) et sont utilisés pour collecter les gaz réfrigérants de divers types d'équipements.

Les systèmes de récupération fixes sont souvent plus puissants et ont un taux de récupération plus élevé que les appareils portables.

## **9. Applications d'une station de récupération de fluide frigorigène**

Il est très utile dans les grandes applications industrielles [1].

- Il est très utile aux techniciens 'AC'.
- Nous réutilisons les réfrigérants stockés
- Il est très utile à l'avenir de récupérer les fluides frigorigènes interdits.
- Il est très utile pour protéger notre atmosphère.

## **10. Avantages et les inconvénients d'une station de récupération de fluide frigorigène**

### **10.1 Avantages**

- **Conformité réglementaire**

Les systèmes de récupération de fluide frigorigène permettent de se conformer aux normes environnementales en vigueur régissant la gestion des fluides frigorigènes.

Ces règles visent à réduire les émissions de gaz à effet de serre tout en protégeant la couche d'ozone[27].

- **Protection de l'environnement**

Les réfrigérants, tels que les hydrofluorocarbures (HFC) et les chlorofluorocarbures (CFC), ont un potentiel de réchauffement climatique important. Les stations de récupération collectent ces fluides pour éviter leur rejet dans l'atmosphère, contribuant ainsi à réduire les émissions de gaz à effet de serre.

Les stations de récupération de réfrigérant récupèrent les fluides utilisables des systèmes de climatisation ou de réfrigération défectueux ou anciens, réduisant ainsi les coûts. Les utilisateurs peuvent économiser de l'argent sur les nouveaux réfrigérants en recyclant et en réutilisant. Des mesures de sécurité sont installées dans les stations de récupération pour éviter les fuites de fluides frigorigènes et réduire les dangers pour les techniciens qui travaillent avec ces produits chimiques. Par conséquent, lors de la réparation des systèmes de climatisation et de réfrigération, ils contribuent à un environnement de travail sûr utilisant ces fluides.

### 10.2 Inconvénients

- Le coût initial d'acquisition d'une station de récupération peut être élevé, en particulier pour les petites entreprises ou les professionnels indépendants. Ces dépenses peuvent avoir un effet dissuasif sur l'utilisation généralisée de ces appareils.
- L'utilisation de stations de récupération de fluide frigorigène nécessite une formation spécifique pour garantir que les processus de récupération sont exécutés correctement et en toute sécurité. Cela pourrait entraîner des dépenses plus élevées pour la formation de employés.
- Certains types de systèmes de climatisation ou de réfrigération peuvent ne pas être compatibles avec les stations de récupération. Certains systèmes plus anciens peuvent nécessiter une mise à niveau ou des accessoires supplémentaires pour permettre une récupération efficace du réfrigérant[27]

### Conclusion

La station de récupération des fluides frigorigènes est une infrastructure essentielle pour une gestion responsable des fluides frigorigènes. Grâce à ses équipements spécialisés, elle permet de

collecter, traiter et recycler efficacement les fluides frigorigènes des équipements de réfrigération et de climatisation. Il joue un rôle crucial dans la préservation de l'environnement en empêchant l'émission de gaz à effet de serre et en contribuant à la protection de la couche d'ozone. En recyclant les fluides, il réduit les coûts liés à l'achat de nouvelles substances et favorise une utilisation plus efficace des ressources. Cependant, il est essentiel d'assurer une bonne gestion de la station de récupération de fluide frigorigène, en veillant à ce que les opérateurs soient formés et qualifiés pour manipuler les fluides de manière sûre et respectueuse de l'environnement.

# **Chapitre III**

## **Etude et fabrication d'une station de récupération de fluide frigorigène**

### **1. But de conception d'une station de récupération de fluide frigorigène**

Malgré les services qu'a connus l'humanité après avoir développé la technologie des appareils frigorifiques et ceux de climatisation ces dernières décennies, il est important de rappeler les inconvénients de ces appareils sur tout sur l'environnement.

Aujourd'hui tout le monde est conscient des conséquences graves de ces deux technologies sur notre environnement et sur la couche d'ozone où cette dernière ne cesse de se détériorer et par conséquence l'humanité toute entière risque son avenir.

La température de notre planète necesse d'augmenter est ce ci est in timentlié au réchauffement climatique qui a plusieurs causes.

Parmi les causes du réchauffement climatique l'effet négatif des gaz de réfrigération ou de climatisation qui a un impact direct sur la couche d'ozone.

L'humanité a pris conscience et a développé une nouvelle gamme de gaz de réfrigération et de climatisation en bas culant vers des gaz dits ami de l'environnement où leurs effets sur l'environnement sont minimales d'une part.

D'autre part, elle a adopté une politique de récupération des gaz frigorigènes de l'ancienne génération en développant des stations de récupération.

Le présent travail vise comme objectif la conception et la réalisation d'une station de récupération de fluide frigorigène.

Alors qu'est-ce que c'est le rôle d'une station de récupération de fluide frigorigène?

### **2. Rôle d'une station de récupération de fluide frigorigène**

Une station de récupération de fluide frigorigène doit servir à récupérer le fluide frigorigène des installations frigorifiques ou de climatisation et l'envoyer vers des bouteilles de récupération. Une fois l'opération de récupération est finie, la station doit être vidée de ce gaz récupéré, c'est l'opération de purge.

### 3. Structure d'une station de récupération de fluide frigorigène

La station de récupération de fluide frigorigène doit traiter dans une logique de récupération et de purge le fluide frigorigène concerné par la récupération en servant des appareils fonctionnant avec de l'électricité, tels que le compresseur, l'électrovanne et le pressostat etc.

Alors on distingue des circuits, l'un fluide et l'autre électrique

#### 3.1. Circuit fluide d'une station de récupération de fluide frigorigène

Un circuit fluide est de point de vue thermodynamique n'est qu'une machine réceptrice fonctionnant entre deux sources de chaleur, l'une froide où elle doit absorber de la chaleur de son environnement pour la céder au système thermodynamique (le gaz frigorigène) où il subit une évaporation.

Pour la source chaude où le gaz frigorigène cède à son environnement de la chaleur pour qu'il puisse subir une condensation.

Le pompage de la chaleur de la source froide vers la source chaude est assuré par un compresseur choisi. Donc, pour le circuit fluide, on a trois éléments essentiels

1. Evaporateur (évaporation)
2. Compresseur (pompage)
3. Condenseur (condensation)

Ces trois appareils doivent être liés entre eux par des types en cuivre (généralement) et que la détente de gaz comprimé est aussi nécessaire.

Il est important de signaler qu'il est aussi important d'introduire dans les appareils accessoires de

1. Indication (Manomètres basse pression et haute pression)
2. Distribution (Téset/ou clapets anti-retour)
3. Sécurité (Pressostats basse et/ou haute pressions)
4. Isolement (Robinets)
5. Déshydratation (Filtre)

#### Remarque

Il est aussi important de signaler que la station de récupération de fluide frigorigène n'est destinée à faire subir le gaz frigorigène la détente ni l'évaporation par le gaz frigorigène a déjà subi ces deux opérations dans le réfrigérateur ou le climatiseur concernés par la récupération de leurs gaz frigorigènes, donc le détendeur et l'évaporateur sont exclus du circuit fluide.

### 3.2. Définition des organes du circuit fluide

#### 3.2.1. Compresseur

Dans les circuits frigorifiques, on trouve les compresseurs:

- Ouverts
- Semiouverts
- Hermétiques

Mais généralement, dans les petites installations, on trouve les compresseurs hermétiques

Le compresseur qu'on doit choisir doit assurer le pompage du fluide frigorigène de l'installation contenant le fluide frigorigène à récupérer à la bouteille de récupération.

#### 3.2.2. Condenseur

Les condenseurs dans les circuits frigorifique ou de climatisation peuvent être refroidis à:

- Air
- Eau

Mais les petits circuits, ont souvent les condenseurs à air avec des ailettes pour plus d'échange thermique entre la source chaude et son environnement.

Un condenseur doit aussi assurer l'opération de condensation du fluide frigorigène.

#### 3.2.3. Filtre déshydraté

Le filtre sert à débarrasser la station des impuretés et de l'humidité qui peut être contenu dans le fluide frigorigène.

#### 3.2.4. Pressostat haute pression

Pour ne pas aller au-delà de la pression tolérée, un pressostat doit être installé et étalonné pour de pression de service.

### 4. Circuit fluide

Le circuit suivant montre les différents organes constituant le circuit fluide d'une station de récupération de fluide frigorigène.

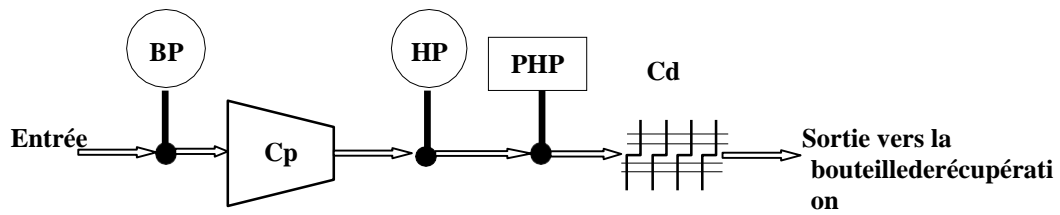


Fig.III.1 Circuit fluide d'une station de récupération de fluide frigorigère

Avec :

**Bp**: Manomètre basse pression

**Cp**: Compresseur

**Hp** : Manomètre haute

pression **PHP** : Pressostat haut

pression **Cd**: Condenseur

## 5. Principe de fonctionnement du circuit fluide

Le circuit fluide doit assurer deux tâches, l'une la récupération et l'autre la purge

### 5.1. Opération de récupération de fluide frigorigère

La station de récupération de fluide frigorigère doit assurer une bonne récupération et pour ce faire on doit vider l'installation concernée par la récupération en faisant les deux tâches suivantes, récupération et purge.

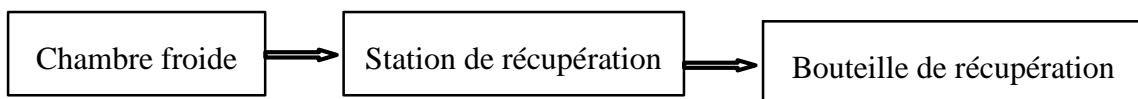


Fig.III.2 Schéma de principe de la récupération de fluide frigorigère

### 5.1. Mode de récupération

Le mode de récupération consiste à récupérer le fluide frigorigère de la chambre froide, en passant par la station de récupération puis vers la bouteille de récupération.

En effet, le fluide (à récupérer) est aspiré par le compresseur de la station de récupération en passant par le manomètre de basse pression puis refoulé vers la bouteille de récupération en passant par le manomètre haute pression et par un pressostat-haute pression qui sert à protéger le compresseur contre les fortes pressions qui peuvent survenir (accidentellement).

Après le pressostat, le fluide ne peut que se diriger vers le condenseur puis vers la bouteille de récupération en passant par le clapet anti-retour en mode passant.

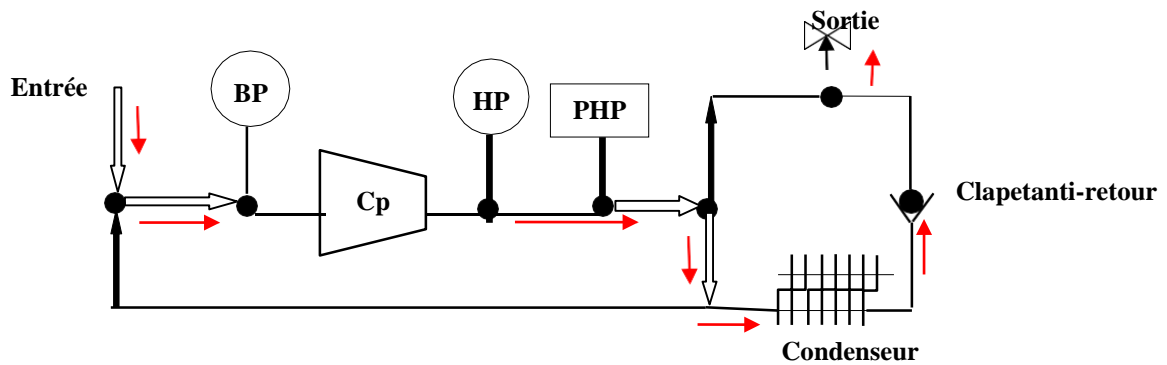


Fig.III.3 Mode de la récupération de fluide frigorigène

### 5.2. Mode de purge

Le mode de purge consiste à faire vider la station de récupération du fluide frigorigène qu'elle contient, en effet, le clapet anti-retour est en mode de blocage, et le fluide frigorigène du condenseur est aspiré par le compresseur en passant par les manomètres basse et haute pression puis il est envoyé vers la bouteille de récupération.

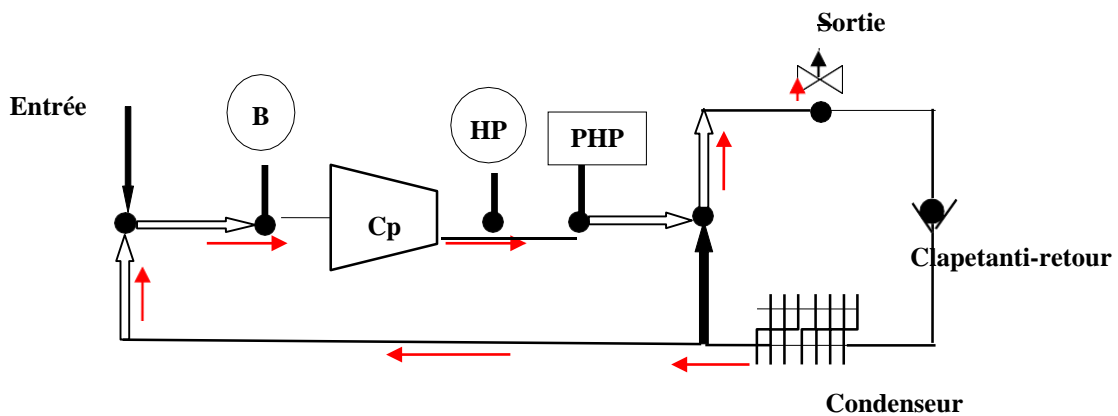


Fig.III.4 Mode de purge de la station de récupération de fluide frigorigène

Avec:

→ : Sens de passage du fluide

# **Chapitre IV**

## **Machine de récupération du Fluide frigorigène R134a**

### Machine de récupération du fluide frigorigène R134a

Dans cette dernière décennie, on a remarqué que le fluide frigorigène R134a est largement utilisé dans le domaine de froid et climatisation, donc notre étude se fixe comme réfrigérant le R134a.

La présente étude doit se fixer des hypothèses simplificatrices pour pouvoir sélectionner les différents organes de la machine à fabriquer, compresseur, condenseur et bouteille de récupération.

Partant des hypothèses pour tracer le diagramme thermodynamique du R134a pour pouvoir calculer par la suite la puissance frigorifique du compresseur et celle du condenseur.

#### 1. Hypothèses d'étude

On se propose les valeurs suivantes

- Fluide frigorigène R134a
- Sous refroidissement de 5K
- Sur chauffe de 15K
- $T_{ev} = -10^{\circ}\text{C}$
- $T_{cd} = 40^{\circ}\text{C}$
- $V_{asp} = 1,7\text{m}^3/\text{h}$

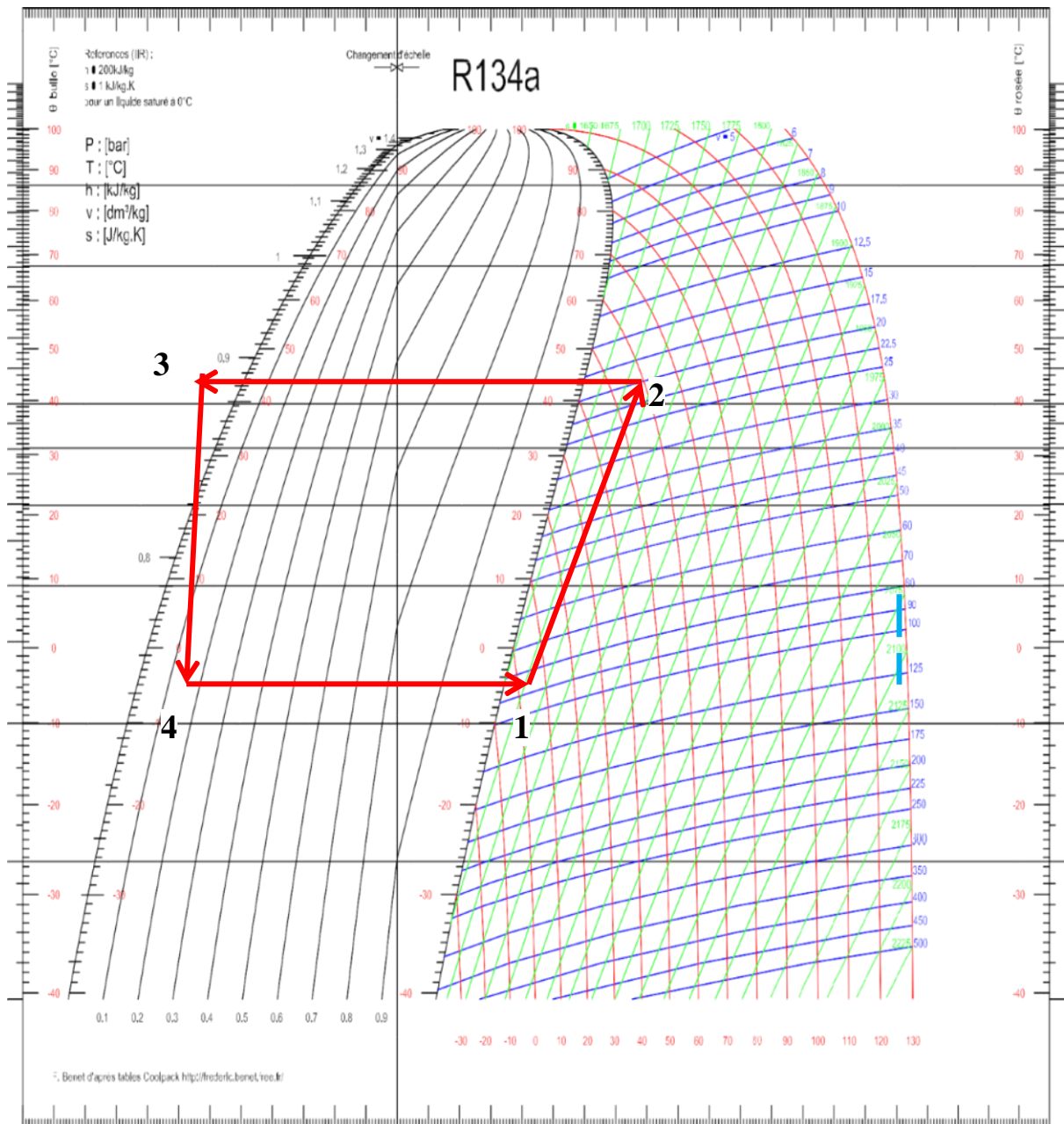
Avec:

- $T_{ev}$ : Température d'évaporation
- $T_{cd}$ : Température de condensation
- $V_{asp}$ : Volume aspiré

#### 2. Tracé de cycle thermodynamique

Le cycle thermodynamique d'une machine de récupération de réfrigérant est identique au cycle frigorifique de base, i.e. les quatre transformations de base, compression isentropique, condensation isobarique, détente isenthalpique et enfin évaporation isobarique. Pour des températures d'évaporation et de condensation de  $-10^{\circ}\text{C}$  et  $40^{\circ}\text{C}$ , il suffit de tracer des horizontales incluant ces températures, mais pour la compression et la détente, il est important d'introduire les points 1, 2, 3 et 4.

- Le point 1, il est le point d'intersection de l'horizontal(-10°C)etl'isotherme(-10°C+15°C différence de température de condensation),
- Le point 2, il est le point d'intersection de l'horizontal (40°C) et l'isentropique reliant lepoint 1 àcet horizontal,
- Le point 3,il est le point d'intersection de l'horizontal(40°C température de condensation +5°C différence de température de désurchauffe) et la vertical coupant l'horizontal(-10°C) au point 4.



D'après le diagramme thermodynamique, on a

Le volume massique à l'entrée du compresseur est

$$V'' = 1.8 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Donc, le débit massique est

$$Q_m = d \cdot V$$

$$Q_m = 10.1.8 \text{ kg/h} \quad Q_m = 18 \text{ m}^3/\text{h}$$

Les enthalpies aux 1, 2, 3 et 4 sont

$$h_1 = 405 \text{ kJ/kg}$$

$$h_2 = 441 \text{ kJ/kg}$$

$$h_3 = 245 \text{ kJ/kg}$$

$$h_4 = h_3$$

### 3. Calcul des puissances

➤ Puissance du compresseur

$$\phi_c = q_m (h_2 - h_1)$$

$$\phi_c = 18(441 - 405)$$

$$\phi_c = 180 \text{ w}$$

➤ Puissance frigorifique

$$\phi_0 = q_m (h_1 - h_4)$$

$$\phi_0 = 18(405 - 245)$$

$$\Phi_0 = 800 \text{ W}$$

➤ Puissance du condenseur

$$\phi_{cd} = q_m (h_2 - h_3)$$

$$\phi_{cd} = 18(441 - 245)$$

$$\Phi_{cd}=980W$$

### 4. Choix des appareils

#### 4.1. Compresseur

Le compresseur est appareil permettant d'augmenter la pression du fluide frigorigène en formegazeuse ainsi que sa température pour favoriser l'échange thermique dès qu'il est au niveau du condenseur.

#### 4.2. Condenseur

C'est un échangeur qui permet aux gaz surchauffés provenant du compresseur de changer d'état, le gaz entre dans le condenseur sous forme gazeuse et sort sous forme liquide.

1. Condenseur à air forcé
2. Condenseur à eau multitubulaire
3. Condenseur à plaques
4. Tour de refroidissement

##### 4.2.1. Critères de choix d'un condenseur frigorifique

###### 1. Température de condensation

La température de condensation doit être la plus faible possible, chose qu'on ne peut pas assurer du rantoute l'année, c'est le point faible des condenseurs à air carsi la température extérieure est élevée la pression de condensation va augmenter et les échanges de chaleur ne seront pasmeilleurs.

###### 2. Bruit

Le bruit peut poser problème de voisinage et est un critère de choix, on opte pour les condenseurs dont le bruit pendant le fonctionnement est moindre.

###### 3. Maintenance

Les condenseurs à airn'exigent pas un niveau de maintenance élevé.

###### 4. Prix de revient

Les condenseurs à airne sont pas chers par rapportaux autres types de condenseurs.

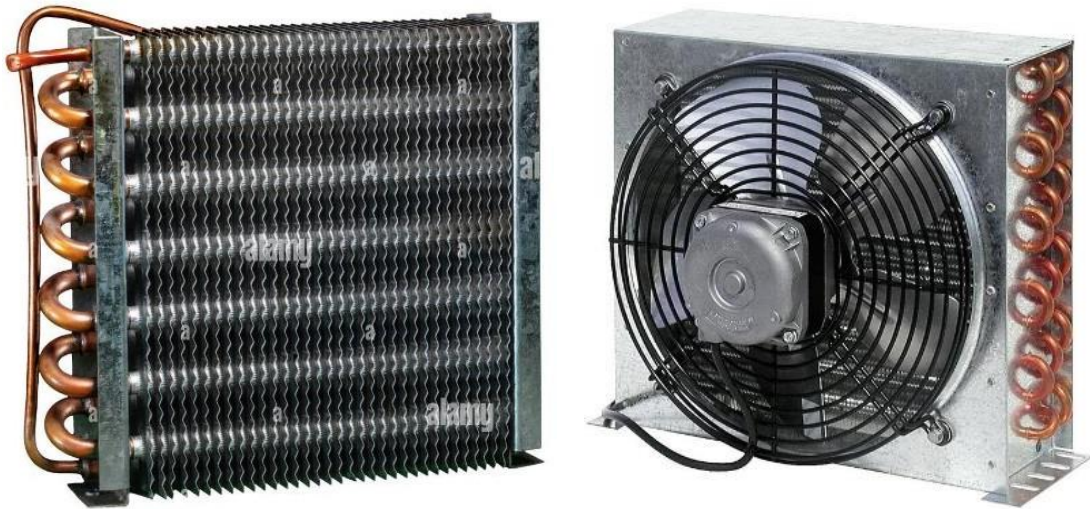


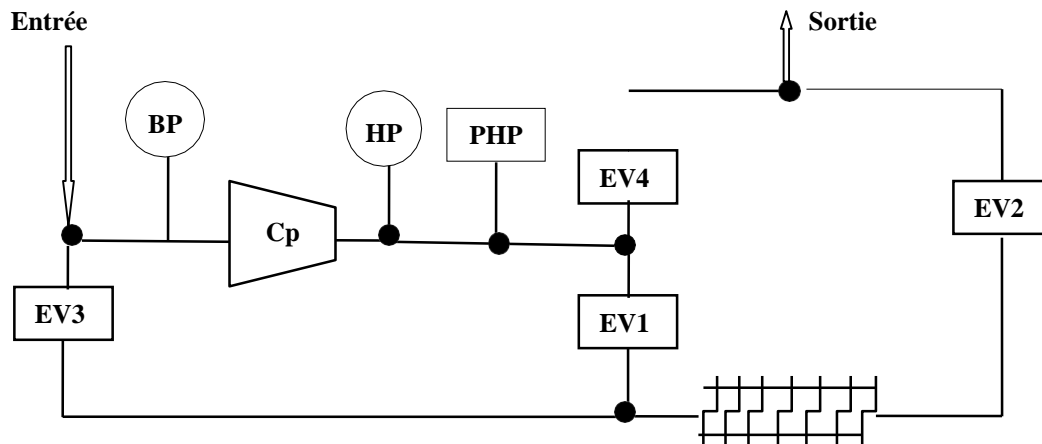
Fig.IV.2 Condenseur ECO LCE048 (Condenseur à air)

## 5. Circuits de la machine de récupération

### 5.1. Circuit fluide

Le circuit fluide se compose essentiellement de

- Compresseur
- Condenseur
- Vannes électromagnétiques
- Tés 1/4
- Manomètre basse pression
- Manomètre haute pression
- Robinets d'entrée et de sortie
- Tubes 1/4 en cuivre



**Fig.IV.3** Circuit fluide de la machine de récupération du fluide frigorigène

### 5.1. Principe de fonctionnement

On distingue deux phases

#### 5.1.1. Récupération

La récupération consiste en la récupération du fluide frigorigène de la chambre froide ou du réfrigérateur par le biais de la machine de récupération pour l'envoyer à la bouteille de récupération.

L'activation électrique des vannes électromagnétiques VEM1 et VEM2 (VEM3 et VEM4 restent désactivées), et la mise en marche du compresseur, le fluide à récupérer passe par l'entrée vers le compresseur (aspiration) et encore par la vanne électromagnétique VEM1, le condenseur, la vanne électromagnétique VEM2 et la sortie vers la bouteille de récupération (refoulement). Une fois le manomètre basse pression indique que l'opération de récupération est achevée, on doit fermer le robinet de la bouteille de récupération puis celui de l'entrée et enfin on met à l'arrêt le compresseur.

#### 5.1.2. Purge

Pour la purge -à-d. la mise à vide de la machine de récupération après avoir récupéré le fluide frigorigène de la chambre froide ou du réfrigérateur, sujets de réparation, on doit fermer l'entrée. Une fois la chambre froide ou le réfrigérateur dont le fluide frigorigène est récupéré, on ferme le robinet d'entrée puis le débranchement de ce dernier.

L'activation des vannes électromagnétiques VEM3 et VEM4 (VEM3 et VEM4 restent désactivées), le fluide frigorigène de la machine de récupération doit être aussi récupéré en

allant du condenseur vers la vanne électromagnétique VEM3 après avoir mis le compresseur en marche (aspiration) puis le fluide passe par la vanne électromagnétique VEM4 pour aller vers la sortie (refoulement).

### 5.2. Circuit électrique

Le circuit électrique se compose essentiellement de

- Pressostat haute pression
- Moteur électrique
- Vannes électromagnétiques

#### 5.2.1. Pressostat haute pression

Le pressostat haute pression ou pressostat de sécurité coupe l'installation électrique lorsque la pression du fluide frigorigène dépasse un seuil de pression de réglage (pression de consigne) pour éviter tout risque. Après un arrêt de l'installation frigorifique, la pression chute jusqu'à une valeur d'enclenchement pré-réglée (valeur de différentiel)



Fig.IV.4060-117166 DANFOSS.

#### 5.2.2. Moteur électrique

Le compresseur (partie mécanique) et le moteur électrique (partie électrique) sont logés dans le même espace d'une façon très étanche, c'est pour quoi on le s'appelle moteur hermétique.

Le moteur hermétique est très étanche, de bas prix et refroidi par l'air ambiant ou par un ventilateur. Mais il n'est pas accessible pour la réparation, il est à rejeter lorsqu'il est défectueux. Ils sont les plus répandus sur le marché et leurs prix ne sont pas chers.



Fig.IV.5 Compresseur SC15GR-134a DANFOSS

### 5.2.3. Vanne électromagnétique VEM

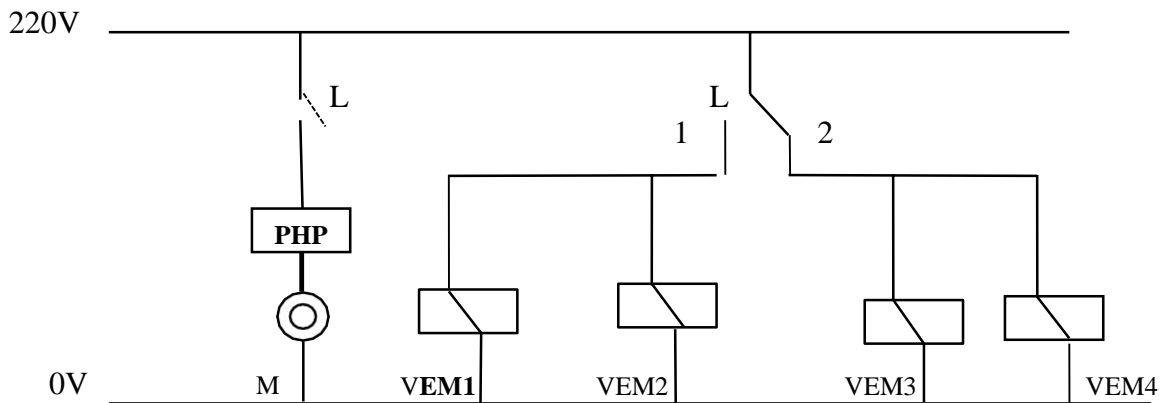
La vanne électromagnétique permet d'interrompre l'écoulement du fluide frigorigère, elle est branchée sur la ligne liquide.



Fig.IV.6 Vanne magnétique DANFOSS, Rp1", Type EV250B22

Pour l'opération de récupération, on doit alimenter électriquement et en même temps les vannes électromagnétiques VEM1 et VEM2.

Pour l'opération de purge, on doit également alimenter électriquement et en même temps les vannes électromagnétiques VEM3 et VEM4.



**Fig.IV. 7** Circuit électrique de la machine de récupération du fluide frigorigène

### 6. Bouteille de récupération

La bouteille de récupération a pour rôle de stocker le fluide frigorigène récupéré sous forme liquide.

#### Dimensionnement de la bouteille de récupération

Le volume de la bouteille de récupération se calcule par la formule suivante

$$V_r = 2,5(V_T + V_E + V_C)$$

$V_r$  : Volume dans l'ensemble de tuyauterie

$V_T$  : Volume dans l'évaporateur

$V_E$  : Volume dans l'ensemble de tuyauterie

$V_C$  : Volume dans le réservoir

Mais pour une sélection pratique et rapide, on peut se servir du tableau suivant [Les machines frigorifiques Rachid H 2022].

Le volume est estimé en mètre linéaire d'un tube de 1/4 en pouce en 10 m.

Tube Ø en pouce	Volume intérieur en dm <sup>3</sup> / m
1/4	0,015
3/8	0,044
1/2	0,09
5/8	0,15
3/4	0,23
7/8	0,32
1 1/8	0,55
1 3/8	0,85
1 5/8	1,25
2 1/8	2,02
2 5/8	3,07
3 1/8	4,34

**Fig.IV.8**Diagramme de sélection d'une bouteille-liquide

D'après le tableau un tube de ¼ de pouce, on a 0,015 litre/mètre, donc pour 110 mètre, il faut une bouteille de 16 litre.

Pour des précautions de sécurité, la bouteille ne doit pas contenir plus que 80% de sa capacité, donc une bouteille de 20 litre (16/0,8) peut servir avec sécurité la contenance du fluide frigorigène récupéré.

# **Conclusion**

### Conclusion

Une étude d'une machine de récupération de fluide frigorigène est menée.

Il est important de reconnaître que les équipements et les machines frigorifiques et ceux de climatisation ont pu rendre la vie humaine insupportable.

Mais ces derniers utilisent pour leur fonctionnement des fluides frigorigènes ayant des effets négatifs sur la couche d'ozone. La dégradation de la couche d'ozone et le réchauffement climatique ont eu lieu suite à l'utilisation excessive des fluides frigorigènes. Malgré le recours aux nouvelles générations de fluides frigorigènes dans leur production, le problème environnemental est pris en considération, les effets négatifs de certains fluides frigorigènes persistent.

Pendant l'entretien et la réparation des équipements de froid et de climatisation, les fuites de fluides frigorigènes dans l'environnement ont contribué à plus de 70% à la dégradation de la couche d'ozone.

Donc, le recours à la récupération de ces fluides frigorifiques est devenu plus qu'une obligation.

A cet effet, une machine de récupération de fluide frigorigène est étudiée.

En effet, après avoir fixé certaines hypothèses simplificatrices et le choix du fluide frigorigène, le R134a, très répandu dans ce domaine, durant ces deux décennies, on a procédé au calcul du débit massique.

Les puissances frigorifiques du compresseur, du condenseur et de la bouteille de récupération, sont également calculées et sélectionnées.

Au terme de cette étude, une machine de récupération du R134a est fabriquée et testée avec succès.

## Références

- [1] M.Zoubeyr, «EtudeetModélisationdesFluidesFrigorifiques», Université de Batna2,2015
- [2] P.SANTOSHKUMAR,P.SITARAMARAJU,S.SURESHKUMAR,T.ARJUN, G.S.D.K SRAVANI, P.V.V.SATYANARAYANA, « Refrigerant Recovery Unit », (IJITR)INTERNATIONALJOURNALOFINNOVATIVETECHNOLOGY AND RESEARCH, February– March 2015
- [3] V.Shur,A.Goshin,A.Perelman,etal.«ExperimentalandComputationalStudyofRefrigerant Leakage and Recovery in a Heat Pump System.» International Journal ofRefrigeration,2017.
- [4] R. A. Rasmussen, L. T. Murray, M. A. Methven, et al. «Ozone-Depleting Substances(ODSs) and Other Gases of Interest to the Montreal Protocol.» Advances in AtmosphericSciences,2017.
- [5]S. Agnihotri, R. Vaidya, A. Khatri, et al. «Experimental Study of Refrigerant Recoveryfrom Room Air Conditioners using Commercial Recovery Units.», Journal of MechanicalEngineeringScience, 2017
- [6]H.Zhang, X. Liu,J.Chen,etal.«ExperimentalStudyonthePerformanceofDifferentRefrigerantRecoveryMachines»InternationalJournal of Refrigeration,2018.
- [7] M.Zhang,X.Wang, J.Li,etal.«Évaluationexpérimentaledupotentielderéductiondesémissions grâce à la récupération de réfrigérant dans les systèmes de climatisationrésidentiels»ÉnergieetBâtiments, 2019.
- [8] J .Zhu, X. Zhao, X, Xia, Li.Y, & Li, G. «Environmental and economic assessment ofrefrigerantrecovery».JournalofEnvironmentalManagement, inChina,(2015).
- [9] S. Park, J. Kim, Y. Yoon, & Lee, M. « Environmental impact assessment of a refrigerantrecoveryplantusinglife cycleassessment».InternationalJournalofRefrigeration,(2018).
- [10] Enzler S.M. «History of the greenhouse effect and global warming Atmosphere, Climate& Environment», Organisation : Climate and Health Fact Sheet, Information Programme(UK)World Health, July2005
- [11] EnvironmentalProtectionAgency«GreenhouseGasses», (UK),2009
- [12] EcoleLaMarche,«Évaluerl'impactdesfluidesfrigorigènes»,EcoleLaMarche,2012.<http://sti2d.ecolelamarche.org>
- [13] ManoharPrasad«Refregerationandairconditioning»NewAgeInternationalSecondedition,indian kanpur,2003
- [14] Energy Efficiency Guide for Industry« Refrigeration&Airconditioningsystem », in Asia,2006www.energyefficiencyasia.org

[15] P.SANTOSHKUMAR,P.SITARAMARAJU,S.SURESHKUMAR,T.ARJUN, G.S.D.K SRAVANI, P.V.V.SATYANARAYANA,«RefrigerantRecovery Unit»,(IJITR)INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATIVE TECHNOLOGY AND RESEARCHVolumeN0.3,Issue No.2, February– March 2015,1979 –1992.

[16] Jean-Pierre MAZEL«Froid03-Compréhension du fonctionnement de la station derécupérationdefluidefrigorigèneet procédure»,15 avril 201

<https://www.e-genieclimatique.com>

[17] United States Environmental Protection Agency (EPA) « Section sur les systèmes derécupérationdefluide frigorigène»,recovery-recycling-and-recharging-refrigerant

[www.epa.gov/section608](http://www.epa.gov/section608)

[18] AirConditioning,Heating,andRéfrigérationInstitute(AHRI),Sitewebofficiel<https://www.ahrinet.org/>

[19] M.Alsheyab&S.Sultana, «RefrigerantRecoveryandReclamationTechnologicalAdvancementsan dFutureDirections». (2019)

[20] InternationalInstituteofRefrigeration(IIR),«RefrigerantRecovery,Recycling,Re clamation,and Reuse»: An Overview,(2021).

[21] ASHRAE Handbook - Refrigeration: L'American Society of Heating, Refrigerating andAir-Conditioning Engineers (ASHRAE) publie régulièrement un manuel de référence sur laréfrigération. Le chapitre «Refrigerant Management» de ce manuel couvre les différentesméthodesderécupérationdefluidefrigorigène,lesbonnespratiquesetlesnormesdesécu ritéassociées.

[22] EPA-Section608 :LaSection 608del'EnvironmentalProtection Agency(EPA)desÉtats-Unis fournit « réglementations et des lignes directrices sur les procédures derécupérationappropriées»

[23] RALPHA.VERGARA«Anoverview of the latest inrefrigerantrecoverystechnologyincludesastep-by-step guide to applying thethreemostcommonlyusedrecoverymethods » Article reprintedwith permission from RSESJournal UPDATE July2001

[24] U.S.EnvironmentalProtectionAgency(EPA),GuidelinesforRefrigerantRecoveryUnits,(20 21)Retrievedfrom

[https://www.epa.gov/sites/production/files/2021-01/documents/rac\\_guide](https://www.epa.gov/sites/production/files/2021-01/documents/rac_guide)

[25] Trakref,«TypesofHVAC/RRefrigerantRecoveryEquipment.Retrievedfrom», (2021).<https://www.trakref.com/blog/types-of-hvac-r-refrigerant-recovery-equipment>

[26] United Nations Environment Programme (UNEP) – OzonAction<https://ozone.unep.org/>

[27] <https://www.abcclim.net/recuperation-fluide.html>

## Résumé

Cette étude a pour objectif l'étude, la conception et la fabrication d'une machine de récupération de fluide frigorigène. Une revue bibliographique sur les fluides frigorigènes et leur intérêt dans l'industrie qui a fait que la qualité de vie de l'homme ne cesse de se développer pendant ces dernières décennies a été exposée. Malgré les avantages des fluides frigorigènes, ces fluides ont également des effets très négatifs sur la couche d'ozone et par conséquent sur le réchauffement climatique d'où le recours à d'autres types de fréons est impératif. Les nouvelles générations de fréons n'ont pu faire face à ce fléau de dégradation de la couche d'ozone et les conséquences qui ensuivent. Le recours à des machines de récupération de réfrigérant semble l'alternative la plus sûre. La technologie des machines de récupérations de fréons, leur principe de fonctionnement et les avantages ainsi que les inconvénients sont exposés. Une étude thermodynamique du principe de fonctionnement d'une machine de récupération de fluide frigorigène sous certaines hypothèses est faite, le débit massique et les puissances du compresseur et condenseur sont déterminés. Enfin, au niveau du laboratoire de physique énergétique LPCM, une machine de récupération de fluide frigorigène est fabriquée et testée dont elle opérationnelle.

## Abstract

This study aims to study, design and manufacture a refrigerant recovery machine. A bibliographical review on refrigerants and their interest in the industry that has made the quality of life of man continues to develop in recent decades has been presented. Despite the advantages of refrigerants, these fluids also have very negative effects on the ozone layer and consequently on global warming, hence the use of other types of freons is imperative. The new generations of freons have not been able to cope with this scourge of degradation of the ozone layer and the consequences that follow. The use of refrigerant recovery machines seems the safest alternative. The technology of freon recovery machines, their operating principle and the advantages and disadvantages are exposed. A thermodynamic study of the operating principle of a refrigerant recovery machine under certain assumptions is made, the mass flow rate and the powers of the compressor and condenser are determined. Finally, at the level of the LPCM energy physics laboratory, a refrigerant fluid recovery machine is manufactured and tested, making it operational.

## ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى دراسة وتصميم وتصنيع آلة استعادة غاز التبريد. تم تقديم مراجعة ببليوغرافية عن المبردات واهتمامها بالصناعة التي جعلت جودة حياة الإنسان تتطور بلا توقف خلال العقود الماضية. على الرغم من مزايا المبردات، فإن هذه السوائل لها أيضًا تأثيرات سلبية جدًا على طبقة الأوزون وبالتالي على الاحتباس الحراري، وبالتالي فإن استخدام أنواع أخرى من الفريونات أمر حتمي. لم تتمكن الأجيال الجديدة من الفريونات في مواجهة هذه الآفة من تدهور طبقة الأوزون والعواقب المترتبة على ذلك يبدو أن استخدام آلات استرداد المبردات هو البديل الأكثر أمانًا. يتم تقديم تقنية آلات استرداد الفريون ومبدأ التشغيل ومزايا وعيوب. يتم إجراء دراسة ديناميكية حرارية لمبدأ التشغيل لآلة استرداد مادة التبريد وفقًا لافتراضات معينة، ويتم تحديد تدفق الكتلة وصلاحيات الضاغط والمكثف. أخيرًا، على مستوى معمل فيزياء الطاقة LPCM، يتم تصنيع واختبار آلة استرداد غاز التبريد، مم  
للمعمل  
يجعلها  
جاهزة



# **Annexes**

**ANEEXE 1 :  
CARACTERISTIQUESTHERMODY  
NAMIQUESDUR-134a**

Etatsaturé

Pression absolue  (bar)	LIQUIDE					VAPEUR					Chaleurl atente  Lv(kJ/ kg)
	Temp. bullet' (°C)	Vol.mass v'dm3/ kg	Masse vol.p' (kg/m³)	Enthalpie h'(kJ/k g)	Entropie s' (kJ/kg-K)	Temp. roséet" (°C)	Vol. massv" m3/kg	Masse vol.p" (kg/m³)	Enthalpie h" (kJ/kg)	Entropie s" (kJ/kg-K)	
0,0056	-100	0,632	1582	75,4	0,435	-100,0	25,193	0,040	336,9	1,946	261,5
0,0094	-95	0,637	1569	81,3	0,469	-95,0	15,435	0,065	339,8	1,920	258,5
0,0152	-90	0,643	1556	87,2	0,502	-90,0	9,770	0,102	342,8	1,897	255,5
0,0240	-85	0,648	1542	93,2	0,534	-85,0	6,371	0,157	345,8	1,877	252,6
0,0367	-80	0,654	1529	99,2	0,565	-80,0	4,268	0,234	348,8	1,858	249,7
0,0548	-75	0,660	1515	105,2	0,596	-75,0	2,931	0,341	351,9	1,841	246,7
0,0798	-70	0,666	1502	111,2	0,626	-70,0	2,059	0,486	355,0	1,826	243,8
0,1138	-65	0,672	1488	117,3	0,656	-65,0	1,476	0,677	358,2	1,813	240,9
0,1591	-60	0,678	1474	123,4	0,685	-60,0	1,079	0,927	361,3	1,801	237,9
0,2183	-55	0,685	1460	129,5	0,713	-55,0	0,802	1,246	364,5	1,790	235,0
0,2945	-50	0,691	1446	135,7	0,741	-50,0	0,606	1,650	367,7	1,781	232,0
0,3912	-45	0,698	1432	141,9	0,769	-45,0	0,465	2,152	370,8	1,772	228,9
0,5121	-40	0,705	1418	148,1	0,796	-40,0	0,361	2,769	374,0	1,764	225,9
0,6614	-35	0,713	1403	154,4	0,822	-35,0	0,284	3,521	377,2	1,758	222,7
0,8438	-30	0,720	1388	160,8	0,849	-30,0	0,226	4,426	380,3	1,751	219,5
1,0130	-26,08	0,726	1377	165,8	0,869	-26,1	0,190	5,257	382,8	1,747	217,0
1,0640	-25	0,728	1373	167,2	0,875	-25,0	0,182	5,506	383,4	1,746	216,3
1,3273	-20	0,736	1358	173,6	0,900	-20,0	0,147	6,784	386,6	1,741	212,9
1,6394	-15	0,745	1343	180,1	0,926	-15,0	0,121	8,287	389,6	1,737	209,5
2,0060	-10	0,754	1327	186,7	0,951	-10,0	0,100	10,041	392,7	1,733	206,0
2,4334	-5	0,763	1311	193,3	0,975	-5,0	0,0828	12,077	395,7	1,730	202,3
2,9280	0	0,772	1295	200,0	1,000	0,0	0,069	14,428	398,6	1,727	198,6
3,4966	5	0,782	1278	206,8	1,024	5,0	0,058	17,131	401,5	1,724	194,7
4,1461	10	0,793	1261	213,6	1,048	10,0	0,049	20,226	404,3	1,722	190,7
4,8837	15	0,804	1243	220,5	1,072	15,0	0,042	23,758	407,1	1,720	186,6
5,7171	20	0,816	1225	227,5	1,096	20,0	0,036	27,780	409,7	1,718	182,3
6,6538	25	0,829	1207	234,5	1,120	25,0	0,031	32,350	412,3	1,716	177,8
7,7020	30	0,842	1187	241,7	1,144	30,0	0,027	37,535	414,8	1,714	173,1
8,8698	35	0,857	1168	249,0	1,167	35,0	0,023	43,416	417,2	1,713	168,2
10,1659	40	0,872	1147	256,4	1,190	40,0	0,020	50,085	419,4	1,711	163,0
11,5992	45	0,889	1125	263,9	1,214	45,0	0,017	57,657	421,5	1,709	157,6
13,1791	50	0,907	1102	271,6	1,237	50,0	0,015	66,272	423,4	1,707	151,8
14,9151	55	0,927	1078	279,5	1,261	55,0	0,013	76,104	425,2	1,705	145,7
16,8178	60	0,950	1053	287,5	1,285	60,0	0,011	87,379	426,6	1,702	139,1
18,8982	65	0,975	1026	295,8	1,309	65,0	0,010	100,398	427,8	1,699	132,1
21,1683	70	1,004	996	304,3	1,333	70,0	0,009	115,572	428,6	1,696	124,4
23,6412	75	1,037	964	313,1	1,358	75,0	0,007	133,494	429,0	1,691	115,9
26,3320	80	1,077	928	322,4	1,384	80,0	0,006	155,0784	428,8	1,685	106,4

**Etatvapeursurchauffée-Volumemassique(dm3/kg)**

Tempér. à satur. °C	Pression roséeb ar	Surchauffe(°C)																				
		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
-100	0,0056	25193,02	25925,42	26656,96	27387,86	28118,29	28848,37	29578,17	30307,76	31037,18	31766,47	32495,65	33224,73	33953,74	34682,69	35411,57	36140,41	36869,21	37597,98	38326,71	39055,41	39784,08
-95	0,0094	15434,50	15871,61	16308,08	16744,07	17179,71	17615,08	18050,23	18485,21	18920,06	19354,80	19789,44	20224,01	20658,52	21092,96	21527,37	21961,73	22396,05	22830,34	23264,60	23698,84	24133,05
-90	0,0152	9769,82	10039,72	10309,14	10578,21	10847,00	11115,58	11383,98	11652,25	11920,41	12188,48	12456,47	12724,40	12992,27	13260,09	13527,88	13795,62	14063,33	14331,02	14598,68	14866,31	15133,93
-85	0,0240	6370,66	6542,60	6714,17	6885,46	7056,54	7227,45	7398,22	7568,88	7739,44	7909,93	8080,36	8250,73	8421,05	8591,33	8761,57	8931,78	9101,96	9272,12	9442,25	9612,36	9782,46
-80	0,0367	4268,20	4380,91	4493,34	4605,54	4717,58	4829,48	4941,26	5052,96	5164,57	5276,12	5387,62	5499,07	5610,47	5721,84	5833,17	5944,48	6055,76	6167,02	6278,26	6389,48	6500,68
-75	0,0548	2931,17	3007,03	3082,67	3158,13	3233,45	3308,66	3383,78	3458,81	3533,79	3608,70	3683,57	3758,39	3833,18	3907,94	3982,66	4057,36	4132,04	4206,70	4281,34	4355,96	4430,57
-70	0,0798	2058,96	2111,28	2163,43	2215,42	2267,30	2319,09	2370,80	2422,44	2474,02	2525,56	2577,05	2628,51	2679,93	2731,33	2782,70	2834,04	2885,37	2936,67	2987,96	3039,24	3090,50
-65	0,1138	1476,49	1513,41	1550,17	1586,82	1623,36	1659,83	1696,22	1732,56	1768,86	1805,10	1841,31	1877,49	1913,64	1949,76	1985,86	2021,94	2058,00	2094,05	2130,07	2166,09	2202,09
-60	0,1591	1079,03	1105,63	1132,10	1158,47	1184,75	1210,97	1237,12	1263,23	1289,29	1315,32	1341,31	1367,27	1393,21	1419,12	1445,01	1470,89	1496,74	1522,58	1548,41	1574,22	1600,02
-55	0,218	802,36	821,91	841,34	860,69	879,96	899,17	918,33	937,45	956,53	975,57	994,59	1013,58	1032,54	1051,48	1070,41	1089,32	1108,21	1127,08	1145,95	1164,80	1183,64
-50	0,295	606,20	620,82	635,35	649,81	664,19	678,53	692,82	707,07	721,29	735,47	749,63	763,77	777,88	791,98	806,05	820,11	834,16	848,19	862,22	876,23	890,23
-45	0,391	464,73	475,86	486,91	497,89	508,82	519,69	530,53	541,33	552,10	562,84	573,56	584,26	594,93	605,59	616,24	626,87	637,48	648,08	658,68	669,26	679,83
-40	0,512	361,08	369,69	378,23	386,71	395,13	403,52	411,86	420,18	428,46	436,72	444,96	453,18	461,38	469,57	477,74	485,90	494,04	502,17	510,30	518,41	526,51
-35	0,661	284,02	290,78	297,48	304,12	310,72	317,27	323,80	330,29	336,76	343,20	349,63	356,04	362,43	368,80	375,16	381,51	387,85	394,18	400,50	406,80	413,10
-30	0,844	225,94	231,34	236,66	241,94	247,17	252,37	257,54	262,68	267,80	272,90	277,98	283,04	288,08	293,11	298,13	303,14	308,14	313,13	318,10	323,07	328,04
-26,08	1,013	190,23	194,78	199,28	203,72	208,13	212,50	216,85	221,17	225,47	229,74	234,00	238,25	242,48	246,69	250,90	255,09	259,28	263,45	267,62	271,77	275,93
-25	1,064	181,62	185,98	190,27	194,52	198,73	202,90	207,05	211,17	215,27	219,36	223,42	227,47	231,50	235,53	239,54	243,53	247,52	251,50	255,48	259,44	263,40
-20	1,327	147,39	150,95	154,46	157,92	161,35	164,74	168,11	171,46	174,79	178,09	181,38	184,66	187,93	191,18	194,42	197,65	200,87	204,08	207,29	210,49	213,68
-15	1,639	120,67	123,62	126,51	129,37	132,19	134,98	137,75	140,50	143,22	145,94	148,63	151,31	153,98	156,64	159,29	161,93	164,56	167,18	169,79	172,40	175,00
-10	2,006	99,59	102,06	104,48	106,86	109,20	111,53	113,83	116,10	118,37	120,61	122,84	125,06	127,27	129,46	131,65	133,83	135,99	138,16	140,31	142,46	144,60
-5	2,433	82,80	84,89	86,93	88,94	90,91	92,86	94,79	96,70	98,59	100,47	102,34	104,19	106,03	107,86	109,69	111,50	113,31	115,10	116,90	118,68	120,46
0	2,928	69,31	71,09	72,83	74,54	76,22	77,87	79,51	81,12	82,73	84,31	85,88	87,45	89,00	90,54	92,07	93,60	95,12	96,63	98,13	99,63	101,12
5	3,497	58,37	59,92	61,41	62,88	64,32	65,74	67,13	68,51	69,88	71,23	72,57	73,90	75,22	76,52	77,83	79,12	80,41	81,69	82,96	84,23	85,49
10	4,15	49,44	50,79	52,09	53,36	54,61	55,83	57,03	58,22	59,40	60,56	61,71	62,85	63,98	65,10	66,21	67,31	68,41	69,51	70,59	71,68	72,75
15	4,88	42,09	43,27	44,42	45,53	46,61	47,68	48,73	49,76	50,78	51,78	52,78	53,76	54,74	55,70	56,66	57,62	58,56	59,50	60,44	61,37	62,29
20	5,72	36,00	37,05	38,06	39,04	40,00	40,93	41,85	42,75	43,64	44,52	45,39	46,24	47,09	47,93	48,77	49,59	50,41	51,23	52,04	52,84	53,64
25	6,65	30,91	31,85	32,75	33,63	34,47	35,30	36,11	36,91	37,69	38,47	39,23	39,98	40,72	41,46	42,19	42,91	43,63	44,34	45,04	45,74	46,44
30	7,70	26,64	27,49	28,30	29,08	29,84	30,58	31,30	32,01	32,70	33,39	34,06	34,72	35,38	36,03	36,67	37,31	37,93	38,56	39,18	39,79	40,41
35	8,87	23,03	23,81	24,54	25,25	25,93	26,60	27,24	27,88	28,50	29,10	29,70	30,29	30,87	31,45	32,02	32,58	33,14	33,69	34,24	34,78	35,32
40	10,17	19,97	20,68	21,35	21,99	22,61	23,21	23,80	24,37	24,92	25,47	26,01	26,53	27,05	27,57	28,07	28,57	29,07	29,56	30,04	30,53	31,00
45	11,60	17,34	18,00	18,63	19,22	19,78	20,33	20,86	21,37	21,88	22,37	22,85	23,33	23,79	24,25	24,71	25,16	25,60	26,04	26,47	26,90	27,33
50	13,18	15,09	15,71	16,29	16,83	17,35	17,85	18,34	18,81	19,26	19,71	20,15	20,58	21,00	21,42	21,82	22,23	22,63	23,02	23,41	23,79	24,18
55	14,92	13,14	13,73	14,27	14,78	15,26	15,72	16,17	16,60	17,02	17,42	17,82	18,21	18,60	18,97	19,34	19,71	20,07	20,42	20,77	21,12	21,46
60	16,82	11,44	12,01	12,52	13,00	13,45	13,88	14,29	14,68	15,07	15,44	15,81	16,17	16,51	16,86	17,19	17,53	17,85	18,17	18,49	18,81	19,12
65	18,90	9,96	10,51	11,00	11,45	11,87	12,27	12,65	13,02	13,38	13,72	14,06	14,39	14,71	15,02	15,33	15,63	15,93	16,22	16,51	16,80	17,08

**Etatvapeursurchauffée-Enthalpie (kJ/kg)**

Tempér.à satur. °C	Pression rosée bar	Surchauffe(°C)																				
		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
-100	0,0056	336,9	339,8	342,9	346,0	349,1	352,3	355,5	358,8	362,2	365,5	368,9	372,5	376,0	379,6	383,3	386,9	390,7	394,5	398,3	402,2	406,1
-95	0,0094	339,8	342,8	345,9	349,1	352,3	355,5	358,8	362,2	365,5	369,0	372,5	376,0	379,6	383,2	386,9	390,7	394,4	398,3	402,1	406,1	410,0
-90	0,0152	342,8	345,9	349,0	352,2	355,5	358,8	362,1	365,5	369,0	372,5	376,0	379,6	383,2	386,9	390,6	394,4	398,3	402,1	406,0	410,0	414,0
-85	0,0240	345,8	348,9	352,2	355,4	358,7	362,1	365,5	368,9	372,4	376,0	379,6	383,2	386,9	390,6	394,4	398,2	402,1	406,0	410,0	414,0	418,1
-80	0,0367	348,8	352,1	355,3	358,6	362,0	365,4	368,9	372,4	375,9	379,5	383,2	386,8	390,6	394,4	398,2	402,1	406,0	410,0	414,0	418,0	422,1
-75	0,0548	351,9	355,2	358,5	361,9	365,3	368,8	372,3	375,8	379,4	383,1	386,8	390,5	394,3	398,2	402,0	406,0	409,9	413,9	418,0	422,1	426,3
-70	0,0798	355,0	358,4	361,8	365,2	368,7	372,2	375,7	379,4	383,0	386,7	390,5	394,3	398,1	402,0	405,9	409,9	413,9	418,0	422,1	426,2	430,4
-65	0,1138	358,2	361,6	365,0	368,5	372,0	375,6	379,2	382,9	386,6	390,4	394,2	398,0	401,9	405,8	409,8	413,8	417,9	422,0	426,2	430,4	434,6
-60	0,1591	361,3	364,8	368,3	371,9	375,4	379,1	382,7	386,5	390,2	394,0	397,9	401,8	405,7	409,7	413,7	417,8	421,9	426,1	430,3	434,5	438,8
-55	0,218	364,5	368,0	371,6	375,2	378,9	382,5	386,3	390,1	393,9	397,7	401,6	405,6	409,6	413,6	417,7	421,8	426,0	430,2	434,4	438,7	443,1
-50	0,295	367,7	371,3	374,9	378,6	382,3	386,0	389,8	393,7	397,5	401,4	405,4	409,4	413,4	417,5	421,7	425,8	430,0	434,3	438,6	442,9	447,3
-45	0,391	370,8	374,5	378,2	382,0	385,7	389,5	393,4	397,3	401,2	405,2	409,2	413,2	417,3	421,5	425,7	429,9	434,1	438,4	442,8	447,2	451,6
-40	0,512	374,0	377,8	381,5	385,3	389,2	393,1	397,0	400,9	404,9	408,9	413,0	417,1	421,2	425,4	429,7	433,9	438,3	442,6	447,0	451,4	455,9
-35	0,661	377,2	381,0	384,8	388,7	392,6	396,6	400,5	404,5	408,6	412,7	416,8	421,0	425,2	429,4	433,7	438,0	442,4	446,8	451,2	455,7	460,3
-30	0,844	380,3	384,2	388,1	392,1	396,1	400,1	404,1	408,2	412,3	416,4	420,6	424,8	429,1	433,4	437,7	442,1	446,5	451,0	455,5	460,0	464,6
-26,08	1,013	382,8	386,7	390,7	394,7	398,8	402,8	406,9	411,0	415,2	419,4	423,6	427,9	432,2	436,5	440,9	445,3	449,8	454,3	458,8	463,4	468,0
-25	1,064	383,4	387,4	391,4	395,5	399,5	403,6	407,7	411,8	416,0	420,2	424,4	428,7	433,0	437,4	441,8	446,2	450,7	455,2	459,7	464,3	469,0
-20	1,327	386,6	390,6	394,7	398,8	402,9	407,1	411,2	415,4	419,7	423,9	428,2	432,6	437,0	441,4	445,8	450,3	454,8	459,4	464,0	468,6	473,3
-15	1,639	389,6	393,8	398,0	402,1	406,3	410,5	414,8	419,1	423,4	427,7	432,1	436,5	440,9	445,4	449,9	454,4	459,0	463,6	468,3	473,0	477,7
-10	2,006	392,7	396,9	401,2	405,4	409,7	414,0	418,3	422,7	427,0	431,4	435,9	440,3	444,8	449,3	453,9	458,5	463,2	467,8	472,5	477,3	482,1
-5	2,433	395,7	400,0	404,4	408,7	413,1	417,4	421,8	426,2	430,7	435,1	439,6	444,2	448,7	453,3	458,0	462,6	467,3	472,0	476,8	481,6	486,4
0	2,928	398,6	403,1	407,5	412,0	416,4	420,8	425,3	429,8	434,3	438,9	443,4	448,0	452,6	457,3	462,0	466,7	471,5	476,2	481,1	485,9	490,8
5	3,497	401,5	406,1	410,6	415,1	419,7	424,2	428,8	433,3	437,9	442,5	447,2	451,8	456,5	461,2	466,0	470,8	475,6	480,4	485,3	490,2	495,2
10	4,15	404,3	409,0	413,7	418,3	422,9	427,6	432,2	436,8	441,5	446,2	450,9	455,6	460,4	465,2	470,0	474,8	479,7	484,6	489,6	494,5	499,5
15	4,88	407,1	411,9	416,7	421,4	426,1	430,8	435,6	440,3	445,1	449,8	454,6	459,4	464,2	469,1	474,0	478,9	483,8	488,8	493,8	498,8	503,9
20	5,72	409,7	414,7	419,6	424,4	429,3	434,1	438,9	443,7	448,6	453,4	458,3	463,2	468,1	473,0	477,9	482,9	487,9	493,0	498,0	503,1	508,2
25	6,65	412,3	417,4	422,5	427,4	432,4	437,3	442,2	447,1	452,0	457,0	461,9	466,9	471,8	476,8	481,9	486,9	492,0	497,1	502,2	507,4	512,6
30	7,70	414,8	420,1	425,2	430,3	435,4	440,4	445,4	450,5	455,5	460,5	465,5	470,5	475,6	480,7	485,8	490,9	496,0	501,2	506,4	511,6	516,9
35	8,87	417,2	422,6	427,9	433,2	438,4	443,5	448,6	453,7	458,8	464,0	469,1	474,2	479,3	484,5	489,7	494,8	500,1	505,3	510,6	515,8	521,1
40	10,17	419,4	425,1	430,5	435,9	441,2	446,5	451,7	457,0	462,2	467,4	472,6	477,8	483,0	488,2	493,5	498,8	504,1	509,4	514,7	520,0	525,4
45	11,60	421,5	427,4	433,0	438,6	444,0	449,4	454,8	460,1	465,4	470,7	476,0	481,3	486,7	492,0	497,3	502,7	508,0	513,4	518,8	524,2	529,7
50	13,18	423,4	429,5	435,4	441,1	446,7	452,3	457,8	463,2	468,6	474,1	479,5	484,9	490,3	495,7	501,1	506,5	511,9	517,4	522,9	528,4	533,9
55	14,92	425,2	431,5	437,6	443,5	449,3	455,0	460,6	466,2	471,8	477,3	482,8	488,3	493,8	499,3	504,8	510,3	515,8	521,4	526,9	532,5	538,1
60	16,82	426,6	433,3	439,7	445,8	451,8	457,7	463,4	469,2	474,8	480,5	486,1	491,7	497,3	502,9	508,5	514,1	519,7	525,3	530,9	536,6	542,2
65	18,90	427,8	434,9	441,6	448,0	454,2	460,2	466,1	472,0	477,8	483,6	489,3	495,0	500,7	506,4	512,1	517,8	523,5	529,2	534,9	540,6	546,3

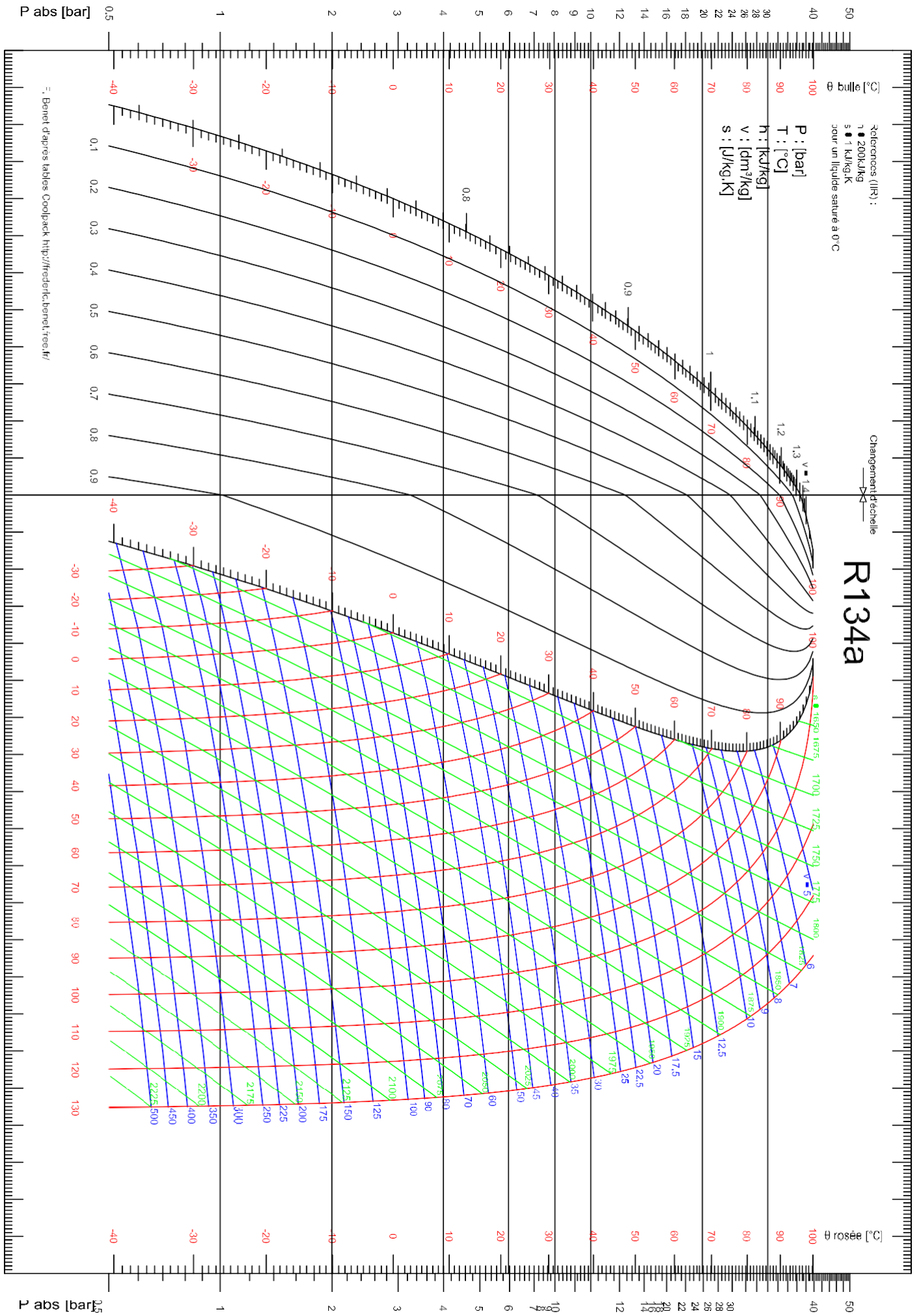
120 160 200 240 280 320 360 380 400 420 440 460 480 500 520 540 560

Refrerences (litr) :  
1 • 200kJ/kg  
s • 1 kJ/kg.K  
jour un liquide saturé à 0°C

Changement d'échelle

# R134a

P : [bar]  
T : [°C]  
h : [kJ/kg]  
v : [dm³/kg]  
s : [J/kg.K]



© Benoit d'après tables Coolpack <http://frederic.benet.free.fr/>

Enthalpie [kJ/kg] 160 200 240 280 320 360 380 400 420 440 460 480 500 520 540 560

# CALCUL DE LA PUISSANCE D'UN COMPRESSEUR

## 1) Caractéristiques géométriques:

Elles découlent des dimensions du compresseur.

11) La cylindrée  $C$  correspond au volume des cylindres :

$$C = \frac{\pi D^2}{4} \times l \times N \times 10^{-3}$$

$C$ : Cylindrée en  $\text{cm}^3$   
 $D$ : Alésage du cylindre en mm  
 $l$ : Course du piston en mm  
 $N$ : Nombre de cylindres

12) Le volume horaire balayé  $V_{bal}$  correspond au volume balayé par les pistons pendant 1 heure:

$$V_{bal} = C \times n \times 60 \times 10^{-6}$$

$V_{bal}$ : Volume balayé en  $\text{m}^3/\text{h}$   
 $C$ : Cylindrée en  $\text{cm}^3$   
 $n$ : Vitesse de rotation entr/mn  
 $60$ : conversion des heures en mn

## 2) Caractéristiques thermiques:

Elles découlent du fluide utilisé.

21) Le volume aspiré horaire  $V_{asp}$  correspond au volume de vapeur aspiré pendant une heure. L'aspiration a lieu pendant la course utile  $c.u.$ :

$$CYL.UT. = \frac{\pi D^2}{4} \times c.u. \times N \times 10^{-3}$$

$CYL.UT.$ : Cylindrée utile en  $\text{cm}^3$   
 $c.u.$ : Cours utile en mm  
 $D$ : Alésage du cylindre en mm  
 $N$ : Nombre de cylindres

$V_{asp}$ : Volume aspiré horaire en  $\text{m}^3/\text{h}$   
 $Cyl.ut.$ : Cylindrée utile en  $\text{cm}^3$   
 $n$ : Vitesse de rotation entr/mn

$$V_{asp} = Cyl.ut. \times n \times 60 \times 10^{-6}$$

Le volume aspiré horaire est toujours plus faible que le volume balayé horaire. On peut donc en déduire une nouvelle caractéristique

22) Le rendement volumétrique  $\eta_v$  correspond au rapport du volume aspiré horaire sur le volume balayé horaire:

$$\eta_v = \frac{V_{asp} \cdot c.u.}{V_{bal} \cdot l} = \frac{c.u.}{c.u. + c.n.}$$

***c.u.***: Course utile  
***c.n.***: Course nuisible  
***l***: course piston (pmh/pmb)

23) Le débit masse du fluide: nombre de kg de fluide ayant circulé dans le compresseur en une heure:

$$q_m = \frac{V_{asp}}{v'}$$

***q<sub>m</sub>***: Débit masse en kg/h  
***V<sub>asp</sub>***: en m<sup>3</sup>/h  
***v'***: Volume massique du fluide à l'aspiration en m<sup>3</sup>/kg

24) Le taux de compression correspond au rapport de la pression de refoulement sur celle d'aspiration en **valeurs absolues**

$$T = \frac{P_k}{P_0}$$

***P<sub>k</sub>***: Pression absolue de condensation en bar  
***P<sub>0</sub>***: Pression absolue d'évaporation en bar

Ce taux varie dans le sens inverse du rendement volumétrique. En considérant cette variation linéaire, on a:

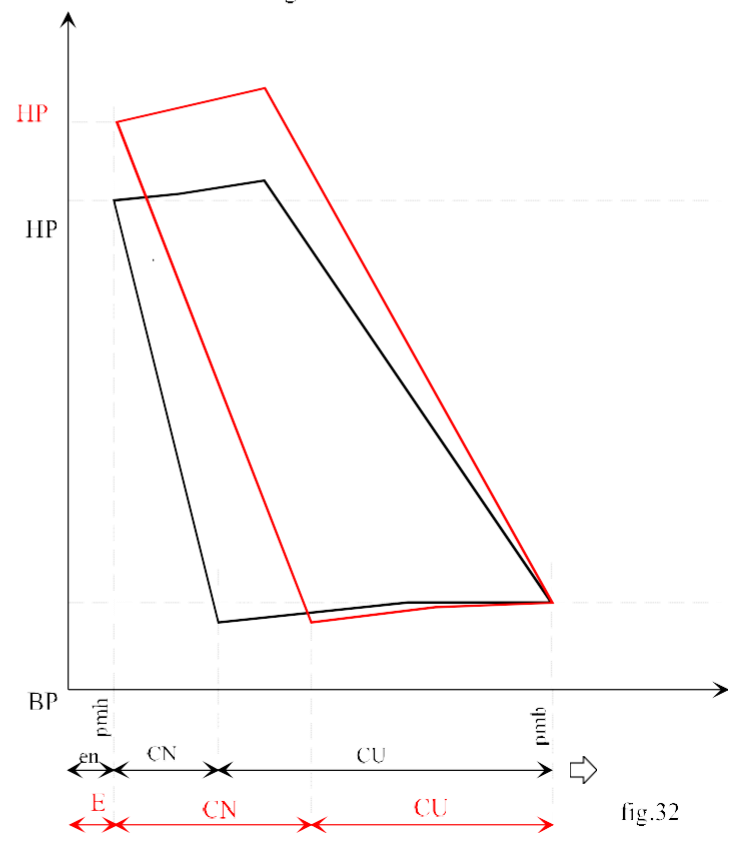
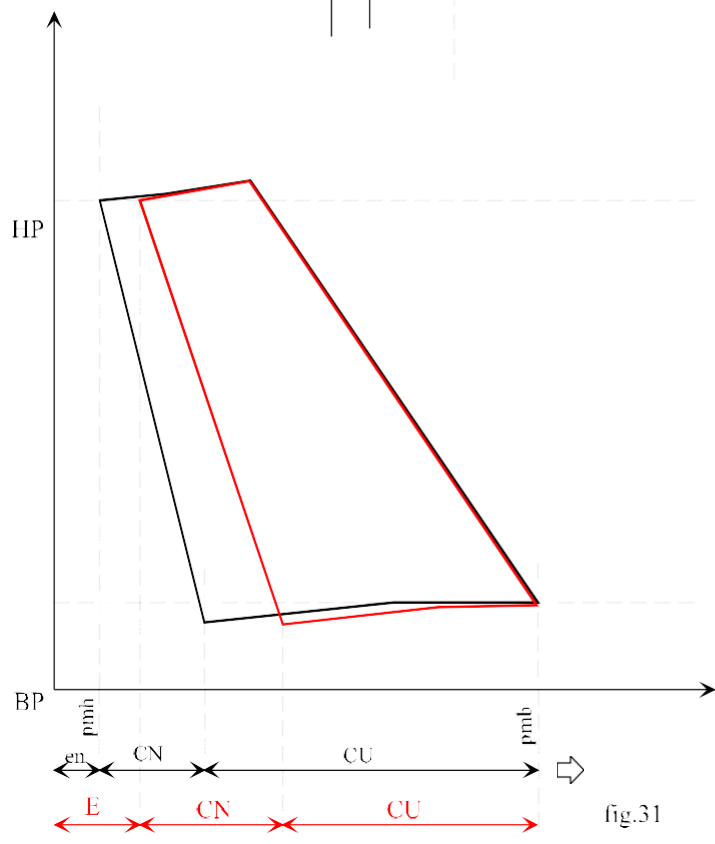
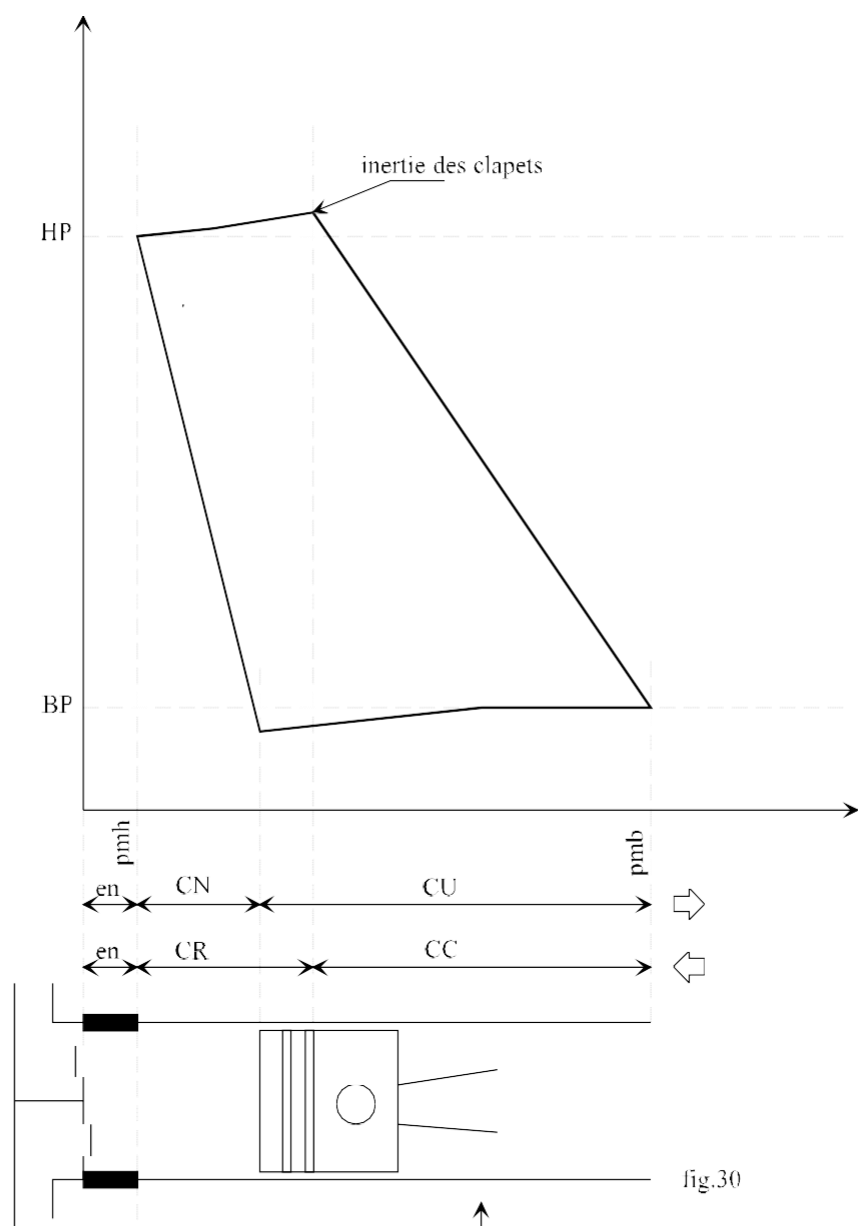
$$\eta_v = 1 - 0,05 \times T$$

### 3) Diagramme de Clapeyron:

Le diagramme de Clapeyron permet de connaître la pression régnant dans le cylindre en fonction de la position du piston (fig. 30).

Deux facteurs peuvent faire modifier le rendement volumétrique. Ceux-ci sont apparents sur le diagramme de Clapeyron.

- Le facteur mécanique est proportionnel à l'espace nuisible (fig. 31).
- Le facteur pressostatique est proportionnel au taux de compression (fig. 32).



#### 4) **Puissance frigorifique:**

La puissance frigorifique du compresseur doit et renormalement égale à celle produite à l'évaporateur .Elle dépend :

- De la température d'évaporation,
- de la température de condensation,
- de la vitesse de rotation,
- du fluide utilisé.

$$\Phi_0 = \frac{qm \times \Delta h}{3600}$$

$\Phi_0$  = Puissance frigorifique en(x)

$qm$  = Débit masse en kg/h

$\Delta h$  = Quantité de chaleur absorbée par kg de fluide à l'évaporateur en kJ/kg

$q_{0m}$  = Production frigorifique massique

$$qm = \frac{\Phi_0}{q_{0m}} \quad qm = \frac{\Phi_0}{\Delta h}$$

## EXEMPLE DE CALCUL DE PUISSANCE D 'UN COMPRESSEUR

### Données imposées

Température ambiante extérieure: +25°C  
 Température ambiante intérieure: 0°C  
 Δt évaporateur: 10 K  
 Δt condenseur: 10 K  
 Fluide: R12  
 Compresseur: 2 CK 34710 tr/mn  
 Alésage : 34 mm course : 30  
 Nombre de cylindre: 2  
 Sur chauffe aspiration: 5°C  
 Sous refroidissement : 5°C

### 1) Tracer du cycle frigorifique sur le diagramme enthalpique:

Température de Condensation

$$T_k = 25 + 10 = 35^\circ\text{C}$$

Pression de condensation

$P_k$  :

lecture sur diagramme : 8,45b

Température d'évaporation

$$T_o = 0 - 10 = -10^\circ\text{C}$$

Pression d'évaporation

$P_o$  : lecture sur diagramme : 2,2b

Volumemassique

$v'$ : lecture sur diagramme ou dans les tables du

$$\text{R12 } v' = 0,078 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Enthalpies:

$$h_1 = 350$$

$$\text{kJ/kg } h_2 = 228$$

$$\text{J/kg}$$

### 2) Calculs et solutions :

21) Cylindrée du compresseur:

$$C = \frac{\pi D^2}{4} \times l \times N = \frac{3.14 \times 3.4^2}{4} \times 30 \times 2 = 54,44 \text{ cm}^3$$

22) Volume balayé horaire:

$$V_{bal} = C \times N \times 60 \times 10^{-6}$$

$$= 54,44 \times 710 \times 60 \times 10^{-6}$$

$$= 2,31 \text{ m}^3/\text{h}$$

23) Taux de compression:

$$T = \frac{P_k}{P_o} = \frac{8,45}{2,2}$$

$$T = 3,84$$



24) Rendement volumétrique:

$$\eta_v = 1 - 0,05T$$

$$\eta_v = 1 - 0,05 \frac{8,45}{2,2}$$

$$\eta_v = 0,807 \approx 0,81$$

25) Volume aspiré horaire:

$$\eta_v = \frac{V_{asp}}{V_{bal}} \Rightarrow V_{asp} = \eta_v V_{bal} V_{bal}$$

$$V_{asp} = 0,81 \times 2,31$$

$$V_{asp} = 1,871 \text{ m}^3/\text{h}$$

26) Masse aspirée horaire:

$$\text{Volume massique } = v' = 0,078 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\text{Masse volumique } = \frac{1}{0,078} = 12,82 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$\text{Masp} = V_{asp} \times \text{masse volume}$$

$$\text{Masp} = 1,871 \times 12,82 = 23,968 \text{ kg} / \text{h}$$

27) Puissance frigorifique

débit masse

$$qm = \frac{V_{asp}}{v'} = \frac{1,871}{0,078} = 23,987 \text{ kg} / \text{h}$$

$$\Phi_o = qm \Delta h$$

$$= 23,987(350 - 228)$$

$$= 23,987 \times 122 = 2926 \text{ KJ} / \text{h}$$

### **RAPPEL:**

$$\text{kcal/h} = 1,163 \text{ W} = 4,18$$

$$\text{kJ/hW} = 0,864 \text{ kcal/h} = 3,6$$

$$\text{kJ/hkJ/h} = 0,239 \text{ kcal} = 0,278$$

**W**

