

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République algérienne démocratique et populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique  
جامعة عين تموشنت بلحاج بوشعيب  
Université -Ain-Temouchent- Belhadj Bouchaib  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département de de génie mécanique



Projet de Fin d'étude  
Pour l'obtention du diplôme de Master en :  
Domaine : SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE  
Filière : génie mécanique  
Spécialité : énergétique  
Thème

***Comparaison des performances des fluides frigorigènes  
R22, R32 et R410a dans l'application du climatiseur  
individuel***

**Présenté Par :**

- 1) Mr. SELLAH Ahmed
- 2) Mr. BOURADA Mourad

**Le : 11/06/2023**

**Devant les jurys composés de :**

Pr. Bounif Abdelhamid	U.B.B (Ain Temouchent)	Président
Dr. Nehari Tayeb	U.B.B (Ain Temouchent)	Encadrant
Dr. Remlaoui Ahmed	U.B.B (Ain Temouchent)	Examineur

*Année universitaire 2022/2023*

## *Remerciements*

*Tout d'abord nous commencerons par remercier dieu tout puissant, de nous avoir donné le courage, l'optimisme et la patience d'accomplir ce modeste travail.*

*Nous remercions nos parents pour leurs sacrifices*

*« Merci d'être ce que vous êtes »*

*Nous remercions notre enseignant : Mr NEHARI Tayeb, pour son encadrement, leur aide et surtout leur patience tout au long de l'année.*

*Merci d'avance aux membres du jury, qui nous ont honorés de leurs participations et attentions portées à notre mémoire de fin d'études*

*Enfin, nous remercions vont à toutes celles et à tous ceux, qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail avec générosité et un égard exemplaires.*

## *Dédicace*

*Remercier, c'est le plaisir de se souvenir de tous ceux qui, par leurs encouragements, leur disponibilité, leur amitié et leur compétences, Je dédie ce modeste travail*

*Un grand merci à :*

*A mes très chers parents, pour leur amour et soutien durant toute ma vie et en particulier durant toutes mes années estudiantines ;*

*A toute ma famille SELLAK ;*

*A tous mes enseignants ;*

*A tous ceux qui nous ont aidé ;*

*A mes collègues de promotion Génie Mécanique énergétique 2022/2023..*

*Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis Merci.*

*SELLAK Ahmed*

## *Dédicace*

**Remercier, c'est le plaisir de se souvenir de tous ceux qui, par leurs encouragements, leur disponibilité, leur amitié et leur compétences,**

***Je dédie ce modeste travail***

***Un grand merci à :***

***A mes très chers parents ma mère et mon père rahimaho allah, pour leur amour et soutien durant toute ma vie et en particulier durant toutes mes années estudiantines ;***

***A toute ma famille BOURADA ;***

***A tous mes enseignants ;***

***A tous ceux qui nous ont aidé ;***

***A mes collègues de promotion Génie Mécanique énergétique 2022/2023..***

***Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis Merci.***

***BOURADA Mourad***

## ***Résumé :***

Ce mémoire présente l'analyse expérimentale des performances des climatiseurs utilisant le réfrigérant R22 ; R32 et R410a. L'effet de différents paramètres d'analyse des performances (COP, capacité du compresseur, capacité de réfrigération) pour différentes températures d'évaporation et température a été étudié.

Les résultats obtenus à l'aide du programme SOLKANE ont conclu que le réfrigérant R22 est meilleur que le R32 et le R410a dans le cas du COP, mais son impact est sévère sur l'environnement et les êtres humains, ce qui a conduit à son remplacement par le R32

**Mots Clés :** *R22, R32, R410A, Performances*

الملخص:

توضح هذه الأطروحة التحليل تجريبي لأداء المكيفات باستخدام المبردات *R22*؛ *R32* و *R410a*

تمت دراسة تأثير المقاييس المختلفة (التبريد السعة ضاغط، قدرة، COP) لتحليل الأداء لمختلف درجات حرارة ودرجة الحرارة التبخر.

النتائج المتحصل عليها باستعانة ببرنامج *SOLKANE* تم استنتاج أن المبرد *R22* أفضل من *R32* و *R410a* في حالة *COP* إلا أن تأثيرته على البيئة والإنسان شديدة ما أدى إلى استبداله بـ *R32*

## **Abstract**

This memoir presents the experimental analysis of the performance of air conditioners using R22 refrigerant; R32 and R410a. The effect of different performance analysis parameters (COP, compressor capacity, refrigeration capacity) for different evaporating temperatures and temperature was investigated.

The results obtained using the SOLKANE program concluded that R22 refrigerant is better than R32 and R410a in the case of COP, but its impact is severe on the environment and human beings, which has led to its replacement with R32

***Keywords:*** R22, R32, R410A, Performance

# Table de Matière

Remerciement.....	I
Dédicace.....	II
Résumé.....	III
Abstract.....	IV
Table de Matière.....	V
Liste des figures.....	VI
Liste des tableaux.....	VII
Nomenclature.....	VIII
Abréviations.....	VIII
Introduction générale.....	1
<b>3) Chapitre I : Généralités sur les froids</b>	
<b>I.1</b> Introduction.....	2
<b>I.2</b> Historique du froid.....	2
<b>I.3</b> Méthodologie expérimentale.....	3
<b>I.4</b> Modes de production du froid et applications.....	4
<b>I.5</b> Quelques définitions éléments de physiques.....	5
<b>I.5.1</b> La chaleur.....	5
<b>I.5.2</b> La chaleur sensible.....	5
<b>I.5.3</b> La chaleur latente.....	6
<b>I.5.4</b> La température.....	6
<b>I.5.5</b> L'enthalpie.....	7
<b>I.5.6</b> La puissance.....	7
<b>I.5.7</b> La pression.....	7
<b>I.5.8</b> Le changement d'état.....	7
<b>I.6</b> Machine frigorifique.....	8
<b>I.7</b> Cycle frigorifique.....	8

I.8 Procèdes de production de froid.....	8
I.9 Composants principaux d'un circuit frigorifique.....	9

## **CHAPITRE II: LES FLUIDES FRIGRIGENES**

II.1 Introduction.....	11
II.2 historique Fluides frigorigènes.....	12
II.3 L'utilisation de réfrigérants dans le passé.....	12
II.4 Généralités sur les fluides frigorigènes.....	13
II.4.1 Définition fluide frigorigène.....	13
II.4.2 Les différentes catégories de fluide frigorigène.....	13
II.4.2.a Les frigorigènes naturels.....	13
II.4.2.b Les frigorigènes anthropiques.....	13
b.1 Chlorofluorocarbures (CFC).....	13
b.2 Hydro chlorofluorocarbures (HCFC).....	14
b.3 Hydrofluorocarbures (HFC).....	14
II.4.3 Les classes de réfrigérants.....	14
II.4.3.a Les substances inorganiques pures.....	14
II.4.3.b Les hydrocarbures.....	15
II.4.3.c Les hydrocarbures halogénés.....	15
II.4.3.d Les autres produits.....	16
II.4.4 Les séries de fluides frigorigènes.....	17
II.4.4.a série R - 400.....	17
II.4.4.b série R - 500.....	18
II.4.4.c série R - 600.....	18
II.4.4.d série R - 700.....	18
II.4.5 classification de réfrigérants en groupes de sécurité.....	18
II.4.5.a Classification de la toxicité des liquides.....	19
II.4.5.b Classement de l'inflammabilité des fluides.....	19
II.4.6. Critère de choix des fluides frigorigènes.....	20



<b>II.4.7</b> Nomenclature.....	21
<b>II.4.8</b> L’impact des fluides frigorigène.....	23
<b>II.4.8.a</b> Impact sur l'environnement.....	23
<b>II.4.8.b</b> Indice d'impact.....	24
<b>II.4.9.</b> Comparaison entre R22;R32 et R410a.....	24
<b>II.4.9.a.</b> La différence entre R22; R410A et R32.....	25
<b>II.4.9.b.</b> Sécurité.....	25
<b>II.4.9.c.</b> Respect de l’environnement.....	25
<b>II.4.9.d.</b> Efficacité énergétique.....	26

## **CHAPITRE III LES EQUIPEMENT DE CLIMATISEUR**

<b>III.1.</b> Introduction.....	27
<b>III.2.</b> fonctionnement des climatiseurs.....	27
<b>III.3.</b> Principe de fonctionnement d’un climatiseur.....	28
<b>III.4.</b> Différents types de climatisation.....	30
<b>III.4.1</b> Les systèmes tout air neuf.....	30
<b>III.4.2</b> Systèmes utilisés en recyclage total.....	30
<b>III.4.3</b> Système fonctionnant en tout air neuf.....	30
<b>III.5.</b> Comment bien choisir son climatiseur.....	30
<b>III.5.1.</b> en fonction du climat.....	30
<b>III.5.2.</b> en fonction de l'espace.....	31
<b>III.5.3.</b> Choisir une clim en fonction du bruit.....	31
<b>III.6.</b> Types de climatiseurs.....	31
<b>III.6.1.</b> Climatiseurs de fenêtre.....	31
<b>III.6.2.</b> Climatiseurs muraux.....	32
<b>III.6.3.</b> Climatisation sur pieds.....	32

III.6.4. Climatiseurs monobloc.....	32
III.6.5. Climatiseurs bibloc.....	33
III.6.6. Petit climatiseur bibloc.....	33
III.6.7. Climatisation centrale avec conduits de petit diamètre.....	33
III.7. Éléments d'un climatiseur.....	34
III.7.1. Le fluide frigorigène.....	34
III.7.2. Un serpentin.....	34
III.7.3. L'évaporateur.....	34
III.7.4. Le compresseur.....	34
III.7.5. Le condenseur.....	34
III.7.6. Le détendeur.....	34
III.7.7. Le Boîtier multi-branchement.....	34
III.7.8. Isolation.....	35
III.7.9. Les coupleurs rapides.....	35
III.8. Mettre en service une climatisation.....	35
III.9. Comment régler la température d'une climatisation réversible.....	35
III.10. Grilles d'air neuf et de rejet.....	35
III.11. Position des bouches.....	36
III.12. Principes de diffusion d'air.....	37
III.12.1. Diffusion de l'air par mélange.....	37
III.12.2 Diffusion de l'air par déplacement.....	38
<b>CHAPITRE IV RESULTATS ET DISCUSSION</b>	
IV.1. Introduction.....	40
IV.2. Description du logiciel SOLKANE.....	40
IV.3. Présentation des résultats de calcul du logiciel SOLKANE.....	40
IV.3.1. Rôles du logiciel SOLKANE.....	40
IV.3.2. Fonction des icônes.....	40

IV.3.3. Mode Opérateur.....	42
IV.4. Étude et comparaison numérique des fluides frigorigènes.....	44
IV.4.1. La première expérience.....	44
IV.4.1.a. cas du R22.....	45
IV.4.1.b. cas du R32.....	46
IV.4.1.c. Cas du R410a.....	47
IV.4.1.d. Comparaison des performances du trois des fluides.....	49
IV.4.2. la deuxième expérience.....	49
IV.4.3. la troisième expérience.....	50
IV.4.4. Conclusion.....	51
Conclusion générale.....	52
Référence bibliographique.....	53
Annexe 01	
Annexe 02	
Annexe 03	

---

# Liste des figures

---

<i>Figure I.1. Considérations relatives à la conception du système.....</i>	<i>3</i>
<i>Figure I.2. P-h Diagram for refrigeration cycle.....</i>	<i>4</i>
<i>Figure I.3 : Changements d'états de la matière.....</i>	<i>7</i>
<i>Figure I.4 : Diagramme énergétique d'une machine frigorifique.....</i>	<i>8</i>
<i>Figure I.5 : Schéma d'une machine frigorifique à compression de vapeur simple.....</i>	<i>10</i>
<i>Figure II.1 : courbe isothermes représentant le glissement d'un mélange zeotropiques.....</i>	<i>18</i>
<i>Figure II.2 la classification et les propriétés des fluides frigorigènes de la série 700.....</i>	<i>19</i>
<i>Figure II.3 La nomenclature des fluides frigorigènes par la norme ANSI/ASHRAE 34.....</i>	<i>23</i>
<i>Figure II.4 les fluides frigorigènes R22,R32 etR410a.....</i>	<i>25</i>
<i>Figure II.5 Comparaison entre les fluides frigorigènes R22;R32 et R410a.....</i>	<i>26</i>
<i>Figure III.1 : Exemple d'une centrale de traitement d'air .....</i>	<i>29</i>
<i>Figure III.2 : Schéma climatisation réversible.....</i>	<i>29</i>
<i>Figure III.3 : Climatiseur individuel.....</i>	<i>29</i>
<i>Figure III.4: Unité intérieure.....</i>	<i>29</i>
<i>Figure III.5:Unité extérieure.....</i>	<i>29</i>
<i>Figure III.6:Câble de liaison frigorifique.....</i>	<i>30</i>
<i>Figure III.7: Boitier multi-branchement.....</i>	<i>30</i>
<i>Figure III.8: Les coupleurs rapides.....</i>	<i>30</i>
<i>Figure III.9:Isolants.....</i>	<i>30</i>
<i>Figure III.10 : Schéma fonctionnement d'un climatiseur.....</i>	<i>30</i>
<i>Figure III.11 Climatiseurs à fenêtre.....</i>	<i>33</i>
<i>Figure III.12 Climatiseurs mural.....</i>	<i>33</i>
<i>Figure III.13 Climatiseurs monobloc à tuyau unique.....</i>	<i>34</i>

<i>Figure III.14</i> Climatiseurs monobloc à double tuyau.....	34
<i>Figure III.15</i> Climatiseur bibloc mobile.....	34
<i>Figure III.16</i> Climatiseur bibloc mobile.....	34
<i>Figure III.17</i> Climatisation centrale.....	35
<i>Figure III.18</i> : Grilles d'air.....	37
<i>Figure III.19</i> : Bouche en soufflage et aspiration.....	38
<i>Figure III.20</i> :Diffusion de l'air dans une pièce.....	39
<i>Figure III.21</i> :Circulation de l'air.....	40
<i>Figure IV.1</i> : Représentation générale du logiciel Solkane.....	41
<i>Figure IV.2</i> : Information.....	42
<i>Figure IV.3</i> : Liste des fluides frigorigènes SOLKANE.....	43
<i>Figure IV.4</i> : Liste des fluides frigorigènes à l'aide du menu principal.....	43
<i>Figure IV.5</i> : : Cycle F2.....	44
<i>Figure IV.6</i> : : Représentation des cases à compléter.....	44
<i>Figure IV.7</i> : : Exemple de caractéristiques du fluide.....	44
<i>Figure IV.8</i> : : Exemple de diagramme.....	45
<i>Figure IV.9</i> : Diagramme (P, h) pour le R22.....	46
<i>Figure IV.10</i> : Diagramme (P, h) pour le R32.....	47
<i>Figure IV.11</i> : Diagramme (P, h) pour le R410a.....	49
<i>Figure IV.12</i> : Histogramme de COP des fluides frigorigènes.....	50
<i>Figure IV.13</i> : Diagramme (COP,surchauffe) pour le R22;R32 et R410a.....	51
<i>Figure IV.14</i> :Diagramme (COP,sous-refroidissement) pour le R22;R32 et R410a.....	52

---

# Liste des tableaux

---

<b>Tableau I.1.</b> Propriétés du réfrigérant.....	4
<b>Tableau II.1</b> – Fluides INORGANIQUES.....	15
<b>Tableau II.2</b> : <i>FLUIDES HYDROCARBURES</i> .....	15
<b>Tableau II.3:</b> <i>Classification des fluides Chlorofluorocarbures</i> .....	16
<b>Tableau II.4:</b> <i>Classification des fluides Hydrochlorofluorocarbures</i> .....	16
<b>Tableau II.5:</b> Classification des fluides hydrofluorocarbures.....	16
<b>Tableau II.6:</b> Classification des autres fluides.....	17
<b>Tableau II.7:</b> <i>le faible et le frottement toxique</i> .....	19
<b>Tableau II.8:</b> <i>COMPOSES INORGANIQUES</i> .....	20
<b>Tableau II.9:</b> <i>COMPOSENT ORGANIQUES (HYDROCARBURES)</i> .....	20
<b>Tableau II.10:</b> <i>HYDROCARBURES HALOGENES</i> .....	20
<b>Tableau II.11:</b> les différents impacts écologiques du réfrigérant.....	24
<b>Tableau II.12:</b> Présente le différent fluide et c'est composant.....	27
<b>Tableau III.1:</b> des images des principaux composants du <i>Climatiseur</i> .....	29
<b>Tableau III.2:</b> Position de la bouche de reprise Vitesses de reprise recommandées.....	38
<b>Tableau IV.1:</b> récapitule les résultats obtenus pour trois fluides réfrigérants étudiés.....	50
<b>Tableau IV.2:</b> les résultats de changement de COP en fonction de la surchauffe.....	50
<b>Tableau IV.3:</b> les résultats de changement de COP en fonction de la Sous-refroidissement..	51

## Nomenclature:

T	Température	°C
h	Enthalpiesspécifique	Kj/kg
$\Delta h$	Variation d'enthalpie massique	Kj/kg
W	Travail	j/kg
QE	l'effet de refroidissement	j/kg
P	Pression	K.Pascal
Wc	Travail massique du compresseur	Kj/kg
Pele	La puissance électrique	KW
$V_{\text{massique\_aspiration}}$	Volume spécifique	$\text{m}^3/\text{kg}$
Volume réel	débit volumique	$\text{m}^3/\text{h}$

## Abréviations

### Abréviations

### Désignation

CFC	les chlofluorocarbures
HCFC	HydrochloroFluro Carbon
HFC	Hydrofluorocarbures
ODP	ozone depletion potential
GWP	global waraning potential
COP	Coefficient de performance
PFC	les perfluorocarbures
FC	fluorocarbures
SO2	dioxyde de soufre
CO2	dioxyde de carbone
NH3	l'ammoniac

# **Introduction générale**



## **Introduction générale**

---

### **Introduction générale**

Le froid est un terme utilisé pour désigner un manque de chaleur, donc la froideur est produite en absorbant la chaleur d'un corps ou d'un espace de sorte que la température baisse et reste à une valeur inférieure à la température ambiante. Tout processus utilisé pour un tel transfert de chaleur est appelé un processus de réfrigération.

En effet, les systèmes de réfrigération nécessitent un fluide frigorigène pour fonctionner, ce qui a souvent un effet néfaste sur l'environnement. Jusque dans les années 1980, les chlorofluorocarbures (CFC) et les hydrochlorofluorocarbures (HCFC) étaient considérés comme des réfrigérants « miracles » en raison de leurs excellentes propriétés physiques, mais n'étaient plus utilisés en raison de leur capacité à détruire la couche d'ozone stratosphérique.

La technologie de refroidissement à compression mécanique a prouvé son efficacité énergétique et ses performances, et malgré les excellentes performances des réfrigérateurs à compression mécanique, nos réfrigérateurs et climatiseurs utilisent toujours ces technologies. Par conséquent, les compresseurs mécaniques ne sont toujours pas adaptés aux consommateurs d'énergies renouvelables telles que l'énergie solaire. L'électricité consommée par ces appareils est considérée comme énorme, en particulier lors du refroidissement des espaces de vie, il y a donc toujours des pics de consommation d'électricité en été.

De plus, même si les liquides de remplacement (liquides naturels comme les HFC et l'ammoniac) sont neutres pour la couche d'ozone, ils sont toujours dangereux pour notre environnement naturel : effet de serres, acidification, etc. Du fait des contraintes environnementales, l'impact des fluides frigorigènes utilisés en climatisation doit être évalué.

D'où l'intérêt de notre étude qui porte essentiellement à évaluer les performances de 3 fluides réfrigérants pour une même puissance frigorifique. [1]

Afin de cerner les différents aspects de ce problème, nous avons divisé le travail en quatre chapitres:

Le chapitre I : présentes généralités sur le froid

Le chapitre II : généralités sur les fluides frigorigènes ainsi qu'à leurs impacts sur l'environnement.

Le chapitre III: présente les équipements du climatiseur individuel.

Le chapitre IV: présente une analyse expérimentale des performances d'un prototype de climatiseur à l'aide de trois réfrigérants R22;R32 et son remplaceant R410A.

Finalement le travail est clôturé par une conclusion générale.

**CHAPITRE I**  
**GENERALITES SUR**  
**LES FROIDS**

## I.1. Introduction

Le fluide frigorigène (ou réfrigérant) est le fluide qui permet de réaliser le cycle de réfrigération. Selon sa température et sa pression, il peut être pur ou un mélange de fluides purs en phase liquide ou gazeuse ou les deux. Les fluides absorbent la chaleur à basses températures et pressions, puis libèrent de la chaleur à des températures et pressions plus élevées, généralement par un changement d'état. Les réfrigérants sont utilisés dans les systèmes de refroidissement (climatiseurs, congélateurs, réfrigérateurs, etc.) et dans les systèmes de chauffage utilisant des pompes à chaleur. Ces mêmes fluides peuvent facilement se retrouver dans d'autres applications mettant en œuvre d'autres cycles thermodynamiques, comme les turbines à vapeur, et perdent alors ou non leur qualificatif de fluide frigorigène selon le contexte.[2]

## I.2. Historique du froid

Produire de l'air froid est un procédé relativement nouveau en termes d'échelle historique. Dans l'Antiquité, où il a fait les Grecs et les Romains stockaient la neige ou la glace dans des abris souterrains isolés avec de la paille ou du foin pour conserver le froid hivernal, ce qui permettait de rafraîchir les boissons et les aliments même en été. C'est au cours de cette même période historique que l'on a découvert que des températures plus fraîches pouvaient être atteintes en mélangeant de la glace pilée avec du sel marin. Plus récemment, au XIX<sup>e</sup> siècle, la production de froid s'est développée très rapidement avec les progrès de la connaissance de l'électricité. [3]

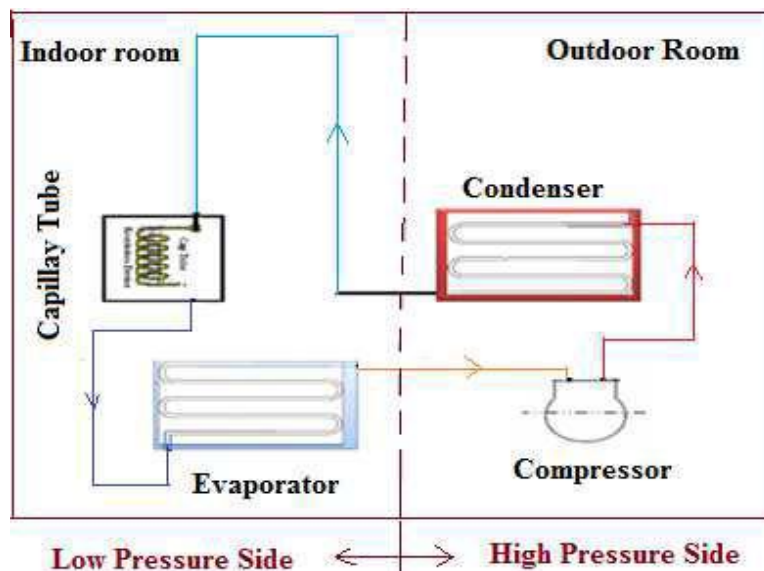
- 1805 : l'américain Evans conçoit la première machine frigorifique comprimée à l'éther ;
- 1835 : Un autre Américain, Perkins, réalise le premier circuit frigorifique utilisant l'éther comme réfrigérant à Londres. Cette machine à glaçons n'est pas passée inaperçue auprès des fabricants. Il a fallu des décennies pour que l'industrie du froid décolle, notamment avec l'utilisation de moteurs électriques.
- 1844 : Invention de la machine frigorifique à air ;
- 1859 : Le premier machine frigorifique à absorption sort ;
- 1913 : Le premier réfrigérateur domestique apparaît ;
- 1919 : Apparition de la marque Frigidaire ;
- 1928 : Midgley & Henne de la division Frigidaire de General Motors découvrent la molécule CFC 12 ;
- 1931 : Début de la fabrication industrielle avec Electrolux ;
- 1950 - La démocratisation des réfrigérateurs ;
- 1964 : Deux réfrigérateurs sortent ;
- Années 1970 : l'équipement a des accessoires : lumières, différents compartiments ;

- Années 80 : apparition des premiers combinés réfrigérateur et électroménagers bimoteurs ;
- Années 1990 : utilisation de nouveaux gaz propres ;
- Années 2000 : Le vrai défi est l'environnement.

### I.3. Méthodologie expérimentale

Un climatiseur est essentiellement un ensemble fermé conçu comme une unité compacte principalement pour une installation à travers un mur dans une fenêtre. L'unité d'essai considérée est placée dans l'ouverture comme spécifié de sorte que la section de dissipation de chaleur se trouve dans la chambre extérieure et que la section d'absorption de chaleur soit soumise à des essais de refroidissement dans la chambre intérieure. L'unité d'essai sera alimentée dans les chambres d'essai intérieures et extérieures. Les deux chambres d'essais sont chacune enfermées dans une autre pièce isolée appelée espace aérien contrôlé. Les composants de base d'un climatiseur de fenêtre [4] sont les suivants :

1. Compresseur, 2. Condenseur, 3. Évaporateur et 4. Détendeur



*Figure I.1. Considérations relatives à la conception du système.*

La figure I.1 montre l'importance d'une bonne conception du système lors de l'utilisation d'un compresseur hermétique sur un appareil, le compresseur ne peut pas être surestimé car l'installation du moteur et du compresseur dans un compresseur hermétique nécessite l'inclusion de variables mécaniques dans des limites spécifiées, électriques et thermiques pour assurer fonctionnement sûr et sans faille. Le diagramme P;h du cycle de réfrigération (diagramme de Moeller) illustré à la figure I.2 comporte quatre processus de base, qui sont souvent utilisés dans l'analyse des cycles de réfrigération à compression de vapeur, le processus 1 à 2 est la compression, le processus 2 à 3 est l'évacuation de la chaleur dans le condenseur, le processus 3 à 4 Expansion (Throttle) et processus 4 à 1 est l'évaporation, c'est-à-dire la chaleur absorbée par l'évaporateur. Caractéristiques de performance pouvant calculer le travail du compresseur ( $W_c$ ), l'effet de refroidissement ( $Q_E$ ) et coefficient de performance (FLIC).  $COP = (h_1 - h_4 / h_2 - h_1)$

$h_1$  et  $h_2$  sont des enthalpies de réfrigérant à l'entrée et à la sortie de compresseur (kJ / kg).

$h_3 = h_4$  sont des enthalpies de réfrigérant à l'entrée et à la sortie de détendeur (kJ / kg).

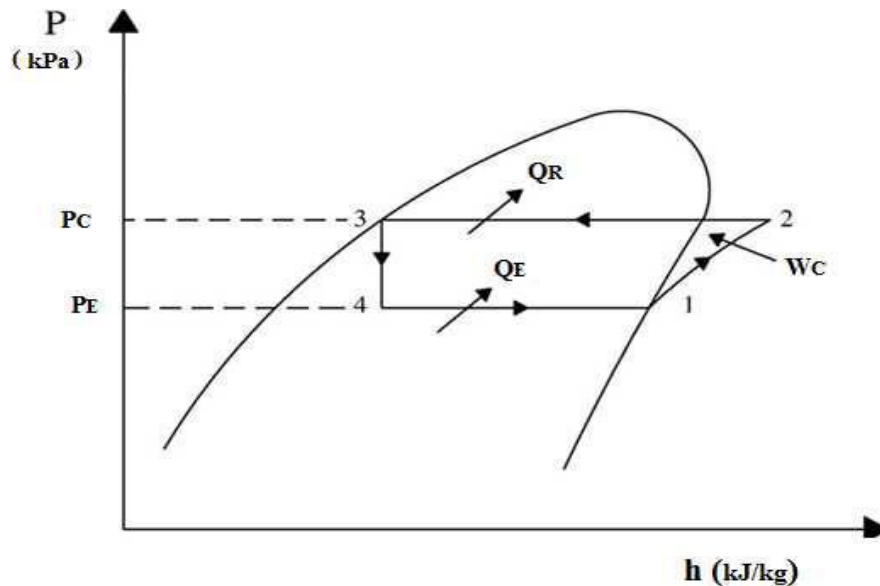


Figure I.2. P-h Diagram for refrigeration cycle.

Tableau I.1. Propriétés du réfrigérant (15.2)

Réfrigérant	Composition	Point d'ébullition normale	Température critique	GWP (100 ans)
R22	Fluide pure	-40.8	96.2	1700
R32	Fluide pure	-48.3	78.1	675
R410a	R32 (50%) R125 (50%)	-51.5	72.5	1725

#### I.4. Modes de production du froid et applications

La production de froid, qui consiste à absorber la chaleur contenue dans le milieu, peut être réalisée selon différentes méthodes. Les utilisations possibles du froid sont également très diverses. Les différents procédés de réfrigération comprennent : La sublimation d'un solide (dans le cas du CO<sub>2</sub>) La détente d'un gaz comprimé La synthèse d'un solide Le refroidissement thermoélectrique La dissolution de certains sels La démagnétisation adiabatique L'évaporation d'un liquide en circuit fermé . La sublimation d'un solide est la transformation du solide en vapeur par absorption de chaleur, le plus souvent il s'agit de CO<sub>2</sub>, qui a une température de sublimation de 78,9 °C à pression atmosphérique.

La détente des gaz comprimés repose sur le principe de l'abaissement de la température du fluide lors de sa détente (avec ou sans travail extérieur). Cependant, cette réduction est plus importante dans le cas d'une détente sans travail extérieur (détendement Joule-Thomson : papillon des gaz), mais il ne faut pas oublier que le refroidissement du gaz détendu ne se

produit que si sa température avant détente est inférieure à la température d'inversion de l'effet Joule-Thomson. La fusion d'un solide se produit à température constante en absorbant la chaleur latente de fusion du corps donné. Ce procédé discontinu, bien que simple, présente l'inconvénient de nécessiter une congélation préalable sauf si cet état n'est pas disponible à l'état naturel. Le refroidissement thermoélectrique (effet Peltier) est utilisé pour générer les plus petites quantités de froid.

Elle consiste à faire passer un courant continu dans un thermocouple constitué de différents types de conducteurs reliés alternativement par des ponts de cuivre. La dissolution du sel dans l'eau abaisse la température de la solution. Ce phénomène n'est pas largement utilisé en réfrigération en raison de la nécessité d'une évaporation ultérieure de l'eau (récupération du sel). Par exemple, un mélange de neige (4 parts) et de potasse (3 parts) abaisse la température de la solution de 0°C à 40°C. La démagnétisation adiabatique est la réorganisation du processus électronique du corps qui permet des températures très basses (de 10<sup>-2</sup> à 10<sup>-6</sup> K). L'évaporation du liquide permet la production de froid en absorbant de la chaleur à travers l'échangeur (évaporateur). [5]

Il existe deux types de production de froid :

Production de force motrice ou « travail ».

Production de froid ou récupération de chaleur.

## I.5. Quelques définitions éléments de physiques

### I.5.1. La chaleur

La chaleur est une forme d'énergie (l'énergie cinétique des molécules) qui passe du chaud (température plus élevée) au froid (température moins élevée). Par exemple, la sensation que nos organes sensoriels perçoivent lorsque nous sommes devant un objet incandescent.

L'unité de la chaleur est en Joule (J) mais le kilo Calorie (kcal) est également utilisé

La chaleur échangée par deux corps en contact est :

$$Q = mc (T_{finale} - T_{initiale}) \text{ pour chaque corps.}$$

$$Q : \text{ en joule (J) ou en calorie (cal)}$$

c : chaleur massique du corps J/°K kg

m : masse du corps en kg

### I.5.2. La chaleur sensible

La chaleur sensible modifie la température de la matière. S'oppose à la chaleur latente, qui modifie l'état physique d'un matériau (solide, liquide ou gazeux).

Exemple : L'eau a une chaleur spécifique moyenne de 4,19 kJ/kg.K, il faut donc 419 kJ pour chauffer 1 litre d'eau de 0°C à 100°C.

$$Q = mc (T_{finale} - T_{initiale})$$

### I.5.3. La chaleur latente

La chaleur latente modifie l'état physique de la matière. Elle diffère de la chaleur sensible, qui modifie la température du matériau.

Quel que soit le sujet, on parle de :

- Chaleur de liquéfaction : La chaleur nécessaire pour passer d'un solide à un liquide.
- Chaleur de vaporisation : La chaleur nécessaire pour passer d'un liquide à un gaz.

et vice versa:

- Chaleur de condensation : la chaleur nécessaire pour passer d'un état gazeux à un état liquide,
- Chaleur de solidification : La chaleur nécessaire pour passer d'un liquide à un solide.

Le changement d'état absorbe beaucoup plus de chaleur que le processus de chauffage ou de refroidissement dans la plage de température normale de la technologie de chauffage ou de climatisation.

Certains matériaux sont choisis en raison de l'importance de la chaleur latente à certains niveaux de température. Ce sont des matériaux à changement de phase ou des sels à changement de phase.

$$Q = mL$$

$Q$  : en joule (J) ou en calorie (cal)

$m$  : masse du corps en kg

$L$  : en J/kg

### I.5.4. La température

La température est une grandeur physique qui mesure le degré de chaleur d'un corps ou d'un milieu. Lorsque deux objets sont placés dans un espace isolé, l'objet chaud cède de la chaleur à l'objet froid jusqu'à ce que les deux objets soient à la même température. On dit qu'il a atteint l'équilibre thermique. La température est une propriété thermodynamique du corps et mesure le mouvement microscopique de la matière. Selon la théorie cinétique, la température d'un objet est fonction de l'énergie cinétique de translation moyenne de ses molécules. L'énergie cinétique d'un objet est nulle à une température appelée zéro absolu. La température SI est exprimée en degrés Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ), mais la littérature indique les degrés Fahrenheit ( $^{\circ}\text{F}$ ) et les degrés Kelvin ( $^{\circ}\text{K}$ ).

### I.5.5. L'enthalpie

L'enthalpie représente l'énergie contenue dans un fluide, ou plus précisément, l'énergie totale gagnée ou perdue par un fluide au cours du cycle de réfrigération. Elle est exprimée en kJ/kg (kilojoules/kilogramme de liquide). Sur cette figure, l'axe horizontal porte l'échelle d'enthalpie.

### I.5.6. La puissance

La puissance est le rapport de l'énergie fournie ou absorbée par unité de temps. L'unité légale est le watt (W).

### I.5.7. La pression

L'unité légale de la pression est le Pascal (Pa) qui est égal à la pression uniforme exercé par une force de 1 N (Newton) sur une surface de 1 m<sup>2</sup>.

L'unité de pression couramment utilisée par les frigoristes est le Bar et il faut distinguer :

Les appareils de mesure des pressions (appelés manomètres) sur les systèmes frigorifiques qui sont gradués généralement en pression relative (par rapport à la pression atmosphérique)

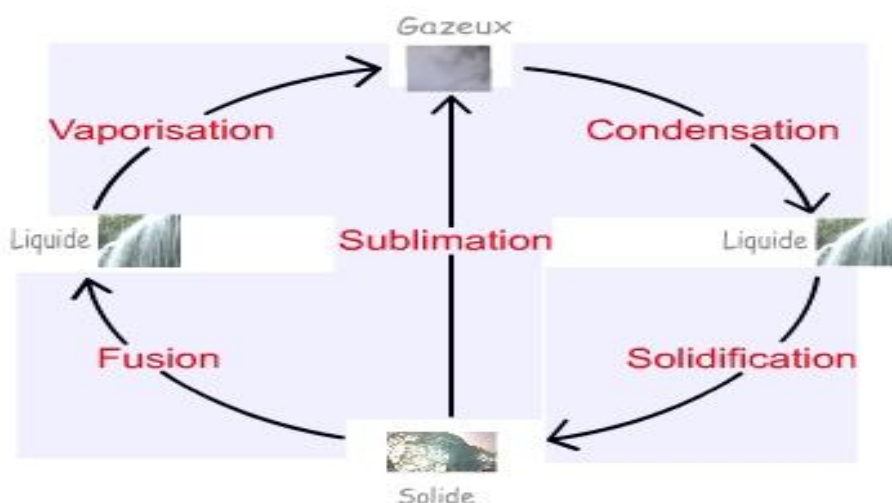
Les appareils de mesures du vide (appelés vacuomètres) sur les systèmes frigorifiques qui sont gradués en pression absolue (par rapport au vide absolu).

### I.5.8. Le changement d'état

Les deux états de la matière, liquide et gazeux, sont Indispensable par temps froid.

Un changement d'état est défini comme un passage d'une phase à une autre organiser.

La figure I.3 montre les différentes évolutions possibles de l'état de la matière.



*Figure I.3 : Changements d'états de la matière. [7]*



## I.6. Machine frigorifique

Un réfrigérateur est une machine thermodynamique conçue pour maintenir la température d'une pièce ou d'un environnement inférieure à celle du milieu environnant. C'est donc un système qui transfère la chaleur d'un milieu plus froid vers un milieu plus chaud. Le flux naturel de chaleur va toujours d'un corps chaud vers un corps froid, nous pouvons donc également définir un réfrigérateur comme un matériau qui permet à la chaleur de circuler dans la direction opposée à la direction naturelle, c'est-à-dire - d'un environnement froid vers un environnement chaud . Bien entendu, la réalisation de ce transfert inverse consomme inévitablement de l'énergie. S'assurer que l'énergie nécessaire au transfert doit être inférieure à l'énergie thermique utile pour que le système présente un intérêt.[6]

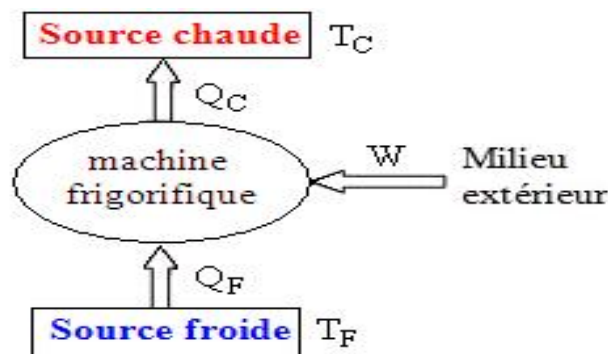


Figure I.4 : Diagramme énergétique d'une machine frigorifique [7]

## I.7. Cycle frigorifique

Le cycle frigorifique est un cycle thermodynamique. Il peut réduire la température d'un milieu relativement froid (source de refroidissement) en consommant de l'énergie mécanique tout en élevant la température d'un autre milieu relativement chaud (source de chaleur).

Il est notamment utilisé dans les réfrigérateurs ou les pompes à chaleur.

## I.8. Procèdes de production de froid

Il existe trois (3) procédés de production de froid

- 1) les mélanges réfrigérants.
- 2) la détente d'un gaz comprimé
- 3) l'évaporation d'un liquide pur.

### A) Mélange réfrigérant

La dissolution de certains sels nécessitant un apport de chaleur, cette dissolution produira donc du froid :

Eau + Azotate d'ammonium  $+4,4^{\circ}\text{C}$  à  $-15^{\circ}\text{C}$  ;

Neige + Chlorure de sodium  $0^{\circ}\text{C}$  à  $-25^{\circ}\text{C}$  ;

Neige + Acide chlorhydrique 0°C à - 32°C ;

+ Chlorure de calcium 0°C à - 41,5°C ;

- Glace carbonique + chlorure de méthyle, jusqu'à - 82°C.

### **B) Détente d'un gaz comprimé**

C'est sur ce principe que fonctionnent les machines permettant la liquéfaction des composants de l'air (azote, oxygène, néon, etc...)

### **C) Evaporation d'un liquide pur**

Cette méthode est encore la seule utilisée pour les besoins industriels et domestiques en réfrigération, congélation et climatisation. L'évaporation de liquides purs produit trois types de réfrigérateurs :

- les machines d'évaporation et de compression des gaz liquéfiables ;
- les machines à absorption ;
- les évaporateurs d'eau.

## **I.9. Composants principaux d'un circuit frigorifique**

Pour réaliser un circuit frigorifique, il faut au moins 5 composants :

**un fluide frigorigène** dont on provoque les changements d'état pour qu'il prenne ou cède principalement sa chaleur latente à l'endroit voulu ;

**un compresseur**, dont le rôle est de fournir l'énergie mécanique au fluide frigorigène pour lui permettre d'évoluer ;

**un condenseur (liquéfacteur)** où le fluide frigorigène se condense et cède l'énergie au milieu que l'on veut chauffer ;

**un réducteur de pression**, souvent improprement appelé détendeur, qui permet d'abaisser le point d'ébullition du fluide frigorigène ;

**un évaporateur** où le fluide frigorigène s'évapore en prenant l'énergie nécessaire au milieu que l'on veut refroidir.

Après être accompli entre l'évaporateur, le fluide frigorigène revient au compresseur et le cycle frigorifique recommence.

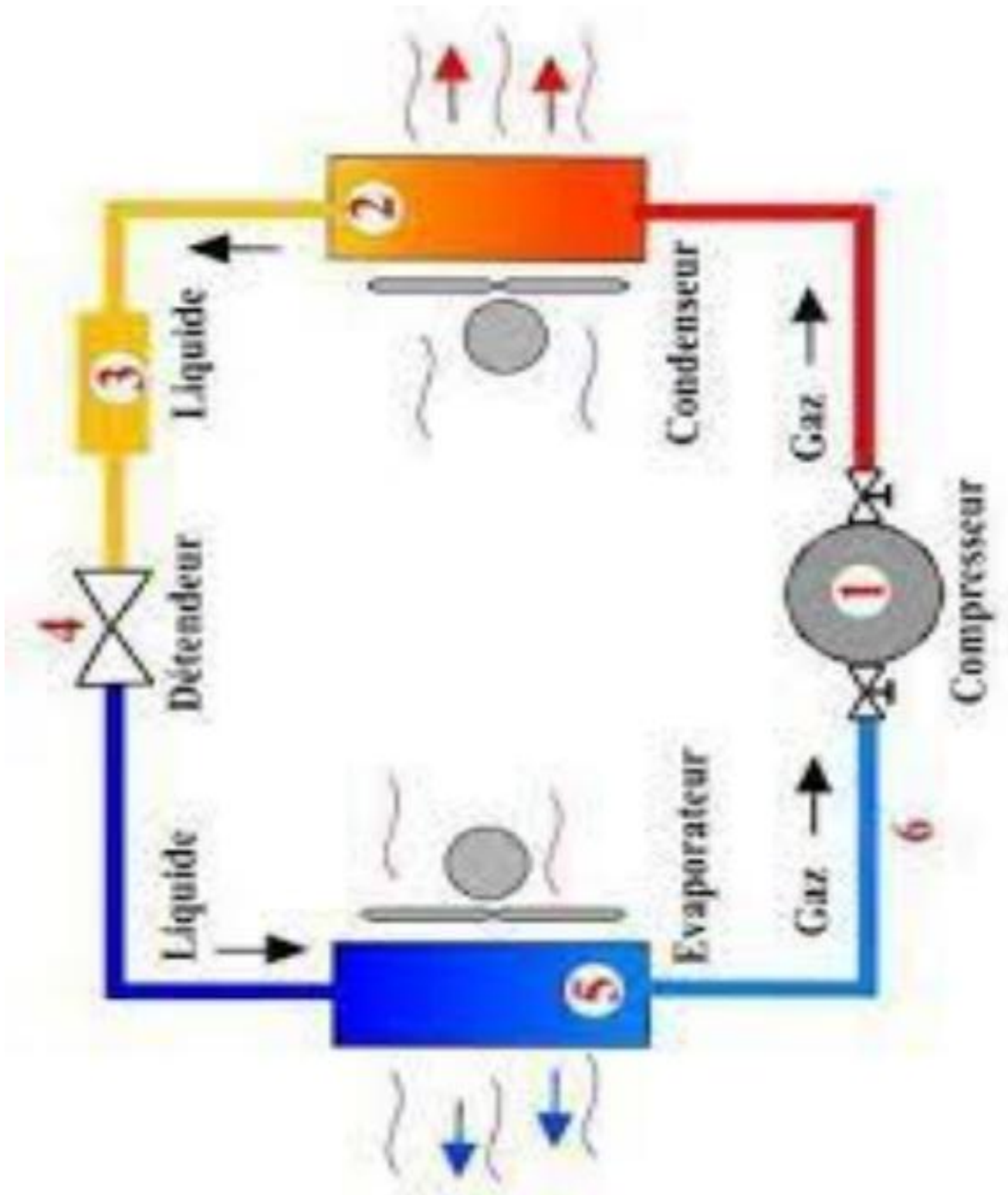


Figure I.5 : Schéma d'une machine frigorifique à compression de vapeur simple. [8]

# CHAPITRE

## II

### Le fluide frigorigène

## II.1. Introduction

Les fluides frigorigènes sont des fluides liquides ou gazeux aux propriétés spécifiques pour produire de la chaleur ou du froid. Il est notamment utilisé dans les climatiseurs ou les réfrigérateurs, mais aussi dans les pompes à chaleur

L'impact environnemental de ces fluides est une préoccupation majeure depuis des décennies. Le réchauffement climatique et l'appauvrissement de la couche d'ozone sont des phénomènes interdépendants. appauvrissement de la couche d'ozone

L'ODP et l'augmentation du GWP à effet de serre due aux fuites des circuits frigorifiques sont deux phénomènes différents, l'un chimique et l'autre physique, notamment pour les CFC et les HCFC. Ils ont été remplacés par des fluides frigorigènes HFC dont les plus courants sont le R407C et le R410A dans les climatiseurs. L'avantage du HFC est qu'il est véritablement inoffensif pour la couche d'ozone et la santé de l'utilisateur tout en garantissant une plus grande efficacité énergétique.

L'impact sur l'environnement s'articule autour de deux indices principaux :

**ODP** : Ozone Déplétion Potentiel (influence sur la couche d'ozone)

**GWP** : Global Warning Potentiel (influence sur l'effet de serre). En théorie, l'air ou l'azote (des fluides courants sur notre planète...) pourraient servir de réfrigérant, ainsi que tout fluide présentant un potentiel en termes de réfrigération, mais, en pratique, il en est tout autrement, car ces fluides doivent répondre aux critères suivants :

- Les fluides frigorigènes sont choisis principalement en raison de leurs fortes propriétés d'absorption de chaleur (chaleur) lors du passage de la phase liquide à la phase gazeuse (la chaleur absorbée par le fluide lors du changement d'état est appelée : chaleur latente de vaporisation). Les fluides frigorigènes et réfrigérants utilisés dans les climatiseurs sont purs ou mélangés.
- En raison du risque de fuite dans l'atmosphère, ces fluides doivent être respectueux de l'environnement et non nocifs pour l'homme (et tous les êtres vivants).
- Ils sont également sélectionnés en fonction de la température de fonctionnement des deux échangeurs de chaleur (condenseur et évaporateur) du circuit frigorifique concerné. En effet, les fluides utilisés pour obtenir des basses températures sont différents, par exemple, des fluides de climatisation.
- Enfin, leur pression (dépendant de la température de fonctionnement des échangeurs précités) doit permettre leur utilisation dans des circuits frigorifiques avec des tuyauteries et des compresseurs de taille raisonnable. En effet, il ne serait pas rentable d'utiliser de l'azote pour la climatisation car la pression requise serait trop élevée, ce qui nécessiterait des tuyauteries très épaisses et d'énormes compresseurs [9].

## II.2. historique Fluides frigorigènes

Pour comprendre le processus d'utilisation des fluides frigorigènes, il faut tenir compte des dates clés d'évolution depuis l'installation des fluides dans la production de froid, conduisant à l'utilisation des fluides frigorigènes, en comparaison avec la découverte des premiers cycles frigorifiques utilisant des fluides frigorigènes. 1835 à 1860 - Éther, le premier réfrigérant inventé par Jacob Perkins et James Harrison.

1862 - Charles Tellier commence les premières expériences sur l'ammoniac. 1863 - Charles Tellier commence des expériences avec l'éther diméthylique  $\text{CH}_3\text{-O-CH}_3$ . 1866 - L'Américain Thaddeus Sobieski Coulincourt Lowe travaille sur le premier liquide de refroidissement  $\text{CO}_2$ . Mais la recherche ne dure pas. 1869 à 1876 - Charles Tellier, Beath, Francis de Coppet installent progressivement l'ammoniac dans le cycle de compression, avec un remerciement particulier à l'Allemand Carl von Linde. 1875 - Raoul Pictet propose le  $\text{SO}_2$ .

1878 - Le Français C. Vincent  $\text{CH}_3\text{Cl}$  invente le réfrigérant chlorure de méthyle. 1930 à 1980 - Les CFC (chlorofluorocarbures) et les HCFC (hydrochlorofluorocarbures) sont respectivement introduits par Swarts et Midgley.

1980 – Les HFC (hydrofluorocarbures) font leur entrée.

1990 - Bilan  $\text{CO}_2$  de G. Lorentzen.

1995 - La production de CFC a cessé depuis le Protocole de Montréal de 1987. en raison d'une production excessive de gaz à effet de serre. 2000 - Selon la réglementation européenne, les CFC doivent être remplacés par des HCFC ou des HFC. 2004 - Les HCFC sont remplacés par les HFC.

2010 - Les HCFC sont progressivement éliminés dans le dernier lot de nouvelles installations et de HCFC sans entretien.

Tous les HCFC dans les installations de réfrigération doivent être remplacés par des HFC d'ici 2015 [10].

## II.3. L'utilisation de réfrigérants dans le passé

Les principaux gaz utilisés lors de la première réfrigération artificielle avant 1929 étaient :

- le dioxyde de soufre ( $\text{SO}_2$ ) ;
- le chlorométhane ( $\text{CH}_3\text{Cl}$ ) ;
- le dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) ;
- le chloroéthane ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$ ) ;
- l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ).

Tous ces fluides ont des propriétés thermodynamiques intéressantes, mais ils ont tous un inconvénient, par exemple dû à leur toxicité ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{CH}_3\text{Cl}$ ,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$ ,  $\text{NH}_3$ ) ou ils sont inflammables ( $\text{CH}_3\text{Cl}$ ,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$ ,  $\text{NH}_3$ ) ou nécessitent une très haute pression ( $\text{CO}_2$ ).

## II.4. Généralité

### II.4.1. Définition de fluide frigorigène

Le fluide frigorigène est une substance produite dans un circuit frigorifique qui peut produire un refroidissement en absorbant de la chaleur due à un phénomène endothermique provoqué par un changement d'état faisant passer la substance d'un état liquide à un état gazeux dans un évaporateur, ce dernier à travers un échappement du machine par un exotherme consistant en un changement d'état opposé à l'état précédent. Autrement dit, une substance passe d'un état gazeux à un état liquide. [2]

Dans un circuit frigorifique, le fluide frigorigène transfère deux éléments :

- a. Les calories, celles-ci sont captées au niveau de l'évaporateur et du compresseur. Ils sont ensuite évacués au niveau du condenseur.
- b. Huile de compresseur, également connue sous le nom de cum (en anglais). En effet, l'huile de compresseur est utile aux autres parties du circuit frigorifique pour améliorer l'étanchéité du circuit.

Le fluide frigorigène échange de la chaleur dans le système de réfrigération par son changement d'état (évaporation et condensation). Il peut être défini comme une substance chimique dont la température d'évaporation à pression atmosphérique est inférieure à la température ambiante, autrement dit, le fluide frigorigène doit être un liquide dans cette atmosphère. [2]

### II.4.2. Différentes catégories des fluides frigorigènes

#### II.4.2.a. Les frigorigènes naturels :

Tels que l'eau, le dioxyde de carbone, les hydrocarbures (méthane, propane), l'ammoniac, le dioxyde de soufre, etc. L'utilisation de ces fluides est nécessaire pour des raisons de sécurité des personnes et de respect de l'environnement. Certains de ces fluides sont inflammables (hydrocarbures), toxiques ( $\text{SO}_2$ ) ou les deux ( $\text{NH}_3$ ). En revanche, ils sont facilement disponibles, peu coûteux, ont un impact limité mais non nul sur l'environnement (ex :  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ , etc.) et sont de mauvais fluides thermodynamiques.

#### II.4.2.b. Les frigorigènes anthropiques :

Ce sont des produits chimiques créés par l'homme pour améliorer et compenser les défauts des fluides naturels. Les chercheurs ont obtenu des alcanes tels que  $\text{CH}_4$  et  $\text{C}_2\text{H}_6$  en remplaçant H par F et Cl. Les réfrigérants plus anciens (1930 à 1975) sont :

##### b.1 Chlorofluorocarbures (CFC) :

C'est un composé de carbone, de fluor et de chlore, non hydrogéné (par exemple : R 11  $\text{CFC}_13$ , R 12  $\text{CF}_2\text{Cl}_2$ ). Ils sont très stables et ont une longue durée de vie dans l'atmosphère (entre 50 et 250 ans).

## **b.2 Hydro chlorofluorocarbures (HCFC)**

sont des CFC hydrogénés, moins stables (ex : R 22 CHF<sub>2</sub>Cl). On les appelle substances de transition.

Les CFC et les HCFC sont des gaz qui contiennent du chlore, qui détruit la couche d'ozone par une réaction chimique en chaîne. On peut dire ou conclure que ce sont les principales causes de l'appauvrissement de la couche d'ozone. Dans la stratosphère, ils se modifient en libérant du chlore qui, avec les contrôles de l'ozone, contribue également à l'effet de serre.

## **b.3 Hydrofluorocarbures (HFC)**

C'est un composé de carbone, de fluor et d'hydrogène. Ils apparaissent comme des alternatives aux CFC et aux HCFC. On les appelle substances de substitution. Les HFC ont des propriétés techniques similaires aux CFC, ce qui leur permet d'être utilisés comme réfrigérants (par exemple substance pure R134a (CF<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>F), azéotrope R404A, azéotrope R507)]. Les CFC, HCFC et HFC sont de bons fluides thermodynamiques, ne sont pas très réactifs chimiquement et sont totalement sans danger pour l'homme car ils sont non toxiques et non inflammables, à l'exception de ceux contenant une grande quantité de H.

### **II.4.3. Les classes de réfrigérants**

Les fluides frigorigènes sont identifiés par un numéro défini par la norme ASHRAE 34 et la norme internationale ISO 817. Il traite des fluides halogénés et des fluides naturels.

Les fluides frigorigènes actuellement utilisés peuvent être divisés en quatre catégories

1. Les substances inorganiques pures
2. Les hydrocarbures
3. Les hydrocarbures halogénés
4. Les autres produits

#### **II.4.3.a. LES SUBSTANCES INORGANIQUES PURES**

Les fluides de cette famille sont principalement composés :

- d'eau (H<sub>2</sub>O) ou R718: évidemment des températures non autorisées inférieures à 0 ° C. Il utilise un froid en absorbant par absorbant par des pompes à chaleur à haute température (150 ° C et plus) dans le champ de la climatisation.

- d'ammoniac (NH<sub>3</sub>) ou R717: C'est un réfrigérant de l'importance principale. Les problèmes environnementaux actuels constitués par les composés de chlorure (CFC), dont certains sont conçus pour remplacer l'ammoniac pour améliorer encore leur rôle. Malheureusement, à propos de ce fluide, les réglementations de sécurité deviennent de plus en plus restreintes. [11]

-Il d'autres composés inorganiques, tels que le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) et le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), ont joué un rôle important dans la technologie de réfrigération dans le passé,



et ils ne sont plus utilisés en raison de leurs lacunes. Cependant, certaines personnes veulent restaurer la prospérité du dioxyde de carbone. [11]

**Tableau II.1** – Fluides INORGANIQUES

FLUIDES INORGANIQUES PURS		
R717	R718	R744

#### II.4.3.b. FAMILLE DES FLUIDES HYDROCARBURES

Les fluides de cette famille peuvent être composés :

- de propane
- de cyclopropane
- le propylène
- de butane
- d'isobutane

**Tableau II.2** : FLUIDES HYDROCARBURES

FLUIDES HYDROCARBURES				
RC270	R290	R600	R600a	R1270

#### II.4.3.c. FAMILLE DES FLUIDES HYDROCARBURES HALOGÉNÉS

Les fluides de cette famille sont très largement utilisés mais font désormais l'objet d'interdictions, notamment pour des raisons de toxicité environnementale. Cette famille de fluides se divise en trois catégories qui sont les CFC, les HCFC et les HFC. [11]

- Les CFC (**Chlorofluorocarbures**) : Ce sont les plus connus hydrocarbures halogénés. Complètement substitués par le chlore ou le fluor, ces hydrocarbures ne contiennent plus d'hydrogène. Ils sont dangereux pour la couche d'ozone.[11]

**Tableau II.3**: Classification des fluides Chlorofluorocarbures

CFC				
R11	R12	R113	R115	R502

➤ Les HCFC (**Hydrochlorofluorocarbures**) : Il s'agit de la seconde génération d'hydrocarbures halogéné utilisé en tant que fluides frigorigènes. Ce sont des composants chimiques formé de chlore, de fluor, d'hydrogène et de carbone. Ils sont dangereux pour l'environnement et feront l'objet d'une interdiction totale vers 2015.[11]

**Tableau II.4:** Classification des fluides Hydrochlorofluorocarbures

HCFC	
R21	R401A
R22	R402A
R123	R408A
R124	R409A
R142b	

➤ Les HFC (**Hydrofluorocarbures**) : Il s'agit de la troisième Génération d'hydrocarbures halogénés utilisés en tant que fluides frigorigènes. Les HFC sont composés de fluor, d'hydrogène et de carbone. Ils ne présentent pas de danger pour la couche d'ozone, mais ils peuvent contribuer à l'effet de serre.[11]

**Tableau II.5:** Classification des fluides hydrofluorocarbures

HFC	
R32	R404A
R125	R407C
R132a	R410A
R143a	R507
R152a	

#### II.4.3.d. FAMILLE DES AUTRES FLUIDES

Les fluides de cette famille sont utilisés de façon très ponctuelle et rare. Ainsi on pourra trouver :

Les éthers Oxyde

Les amines aliphatiques

Les alcools, le méthanol et l'éthanol

Les composés tri halogénés, fluorés chlorés et bromés (HBCFC, BCFC).[11]

**Tableau II.6:** Classification des autres fluides

Autres Fluides			
<b>R630</b>	<b>R631</b>	<b>R12B1</b>	<b>R13B1</b>

#### II.4.4. Les séries de fluides frigorigènes

(Pour la classification et les propriétés des fluides frigorigènes, voir la norme AFNOR FD-35-430 1998)

##### II.4.4.a. SERIE R - 400

Les fluides de la série 400 sont zéotropiques et présentent donc un glissement de température en phase latente. Lorsqu'un gaz atteint son point d'ébullition, on l'appelle le point de rosée.

Par exemple:

le R407A est composé de R32 (20%), R125 (40%), R134a (40%)

le R407B est composé de R32 (10%), R125 (70%), R134a (20%)

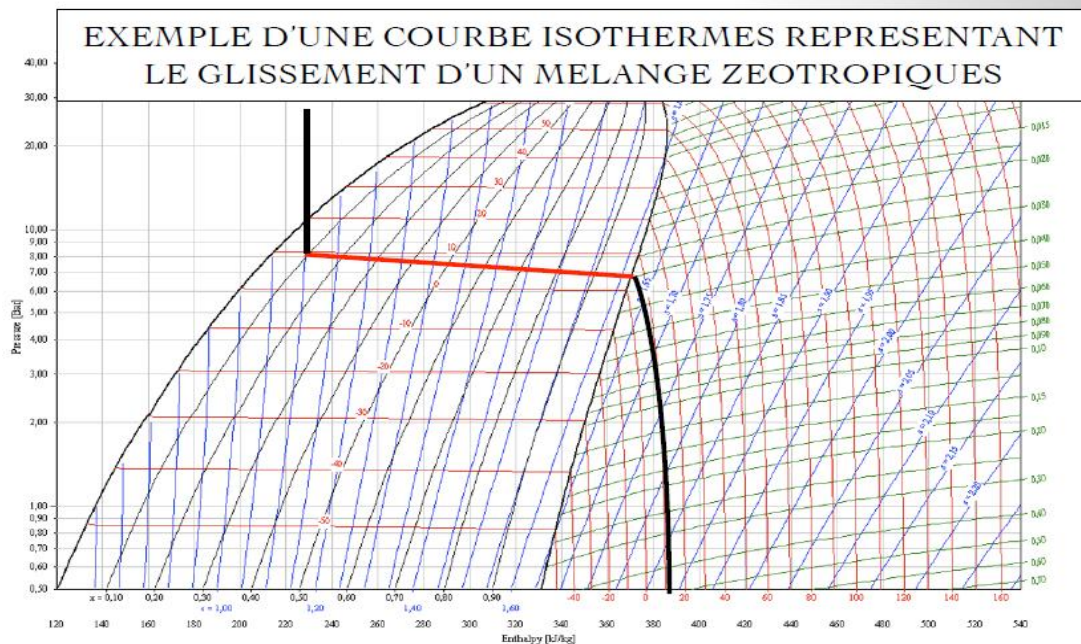
le R422D est composé de R125 (64,1%), de R134a (31,5%) et de R600a (3,4%)

La numérotation est dans l'ordre chronologique selon l'acceptation ASHRAE du mélange.

Pour distinguer les mélanges d'une même substance pure mais dans des proportions différentes, on Ajoutez des majuscules (A, B, C, D...) à la fin du code. Par exemple : R407A, R407B, R407C...

La lettre R devant la série signifie réfrigérant. Cela nous dit que c'est un Réfrigérant.

Les fluides de la série 400 sont chargés à l'état liquide (valve rouge sur le flacon).



*Figure II.1 : courbe isothermes représentant le glissement d'un mélange zéotrope*

#### II.4.4.b. SERIE R - 500

Les fluides de la série 500 sont azéotropiques et n'ont donc pas de glissement de température.

Par exemple: Le R507 est composé de R125 (50%) et de R143a (50%)

Nous ne parlons pas du point de rosée du gaz azéotropique.

Les fluides de la série 500 sont des substances pures mélangées dans des proportions précises.

Ils se comportent comme un nouveau corps pur sans glissement.

#### II.4.4.c. SERIE R - 600

Un numéro de la série 600 est attribué aux composés organiques, les **hydrocarbures**.

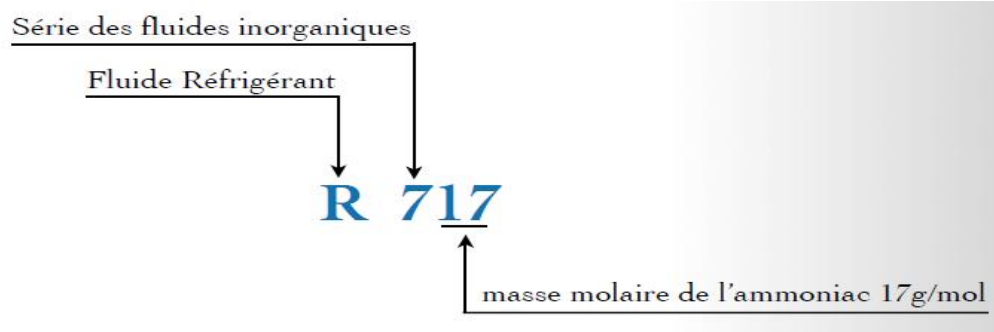
Les numéros sont attribués de façon successive.

Exemples : R600 (Butane), R600a (iso butane), R610 (éthyle éther)

#### II.4.4.d. SERIE R - 700

Un numéro de la série 700 est attribué aux composés inorganiques : ammoniac, dioxyde de Carbone, l'eau ....

La série commence par le chiffre 7 et les deux derniers chiffres correspondent à la masse molaire du composé. Exemple : R717 (masse molaire de l'ammoniac 17g/mol), le fluide R718 (masse molaire de l'eau H<sub>2</sub>O 18g/mol), ou encore le fluide R744(masse molaire du dioxyde de carbone CO<sub>2</sub> 44g/mol)



**Figure II.2** la classification et les propriétés des fluides frigorigènes de la série 700

#### II.4.5. classification des fluides frigorigènes en groupes de sécurité

Cette catégorie est représentée par deux caractères alphanumériques, tels que A2.

Les majuscules correspondent à la toxicité et les chiffres correspondent à l'inflammabilité du fluide.

##### II.4.5.a. Classification de la toxicité des liquides

Il existe deux ensembles de A et B :

**Réfrigérants du groupe A:** sans preuve de toxicité à des concentrations inférieures ou égales à 400 ppm.

**Groupe B:** avec preuve de toxicité à des concentrations inférieures à 400 ppm.

##### II.4.5.b. Classement de l'inflammabilité des fluides

Il existe trois groupes 1, 2 et 3 :

**Groupe 1 :** Fluides frigorigènes ne permettant pas la propagation de la flamme dans l'air à 21°C et 101kPa.

**Groupe 2 :** La limite inférieure d'inflammabilité du réfrigérant à 21 °C et 101 kPa est supérieure à 0,10 kg/m<sup>3</sup> et la chaleur de combustion est inférieure à 19 kJ/kg.

**Groupe 3 :** Le réfrigérant est hautement inflammable, la limite inférieure de combustion à 21 °C et 101 kPa est inférieure ou égale à 0,10 kg/m<sup>3</sup> et la chaleur de combustion est supérieure ou égale à 19 kJ/kg.

**Tableau II.7:** le faible et le frottement toxique

	FAIBLEMENT TOXIQUE	FROTEMENT TOXIQUE
HAUTEMENT INFLAMMABLE	A3	B3
INFLAMMABLE	A2	B2
NON INFLAMMABLE	A1	B1

**Tableau II.8: COMPOSES INORGANIQUES**

<b>R717</b>	AMMONIAC	<b>B2</b>
<b>R718</b>	EAU	<b>B2</b>

**Tableau II.9: COMPOSENT ORGANIQUES (HYDROCARBURES)**

R290	PROPANE	B2
R600a	ISO BUTANE	A1

**Tableau II.10: HYDROCARBURES HALOGENES**

R11	CFC	TRICHLOROFLUOROMETHANE	A1
R22	HCFC	CHLORODIFLUOROMETHANE	A1
R141b	HCFC	DICHLORO - FLUOROETHANE	A2
R142b	HCFC	CHLORO - DIFLUOROETHANE	A2
R32	HFC	DIFLUOROMETHANE	A2
R132a	HFC	TETRAFLUOROETHANE	A1
R152a	HFC	DIFLUOROETHANE	A2
R502	HFC	MELANGES AZEOTROPIQUE	A1
R404A	HFC	MELANGES ZEOTROPIQUES	A1
R410A	HFC	MELANGES ZEOTROPIQUES	A1

#### II.4.6. Critère de choix des fluides frigorigènes

Un fluide frigorigène est un composé chimique facilement liquéfiable, dont on utilise la chaleur latente de vaporisation pour produire du froid. En général, un fluide frigorigène parfait devrait présenter les qualités suivantes :

- Chaleur latente de vaporisation très élevée.
- Point d'ébullition, sous pression atmosphérique, suffisamment bas compte tenu des conditions de fonctionnement désirées (température d'évaporation).
- Faible rapport de compression, c'est-à-dire faible rapport entre les pressions de refoulement et d'aspiration.

- Faible volume massique de la vapeur saturée, rendant possible l'utilisation d'un compresseur et de tuyauteries de dimensions réduites.
- Température critique très élevée.
- Pas d'action sur le lubrifiant employé conjointement avec le fluide.
- Composition chimique stable dans les conditions de fonctionnement de la machine frigorifique.
- Pas d'action sur les métaux composant le circuit (ainsi par exemple l'ammoniac attaque le cuivre). Pas d'action sur les joints.
- Non inflammable et non explosif en mélange avec l'air.
- Sans effet sur la santé du personnel.
- Sans action sur les denrées à conserver.
- Sans odeur ou n'ayant qu'une faible odeur non désagréable.
- Fuites faciles à détecter et à localiser par méthode visuelle.
- Pas d'affinité pour les constituants de l'atmosphère.
- Etre d'un coût peu élevé et d'un approvisionnement facile.
- Pas d'action sur la couche d'ozone.

#### II.4.7. Nomenclature

Ce schéma de dénomination s'applique à tous les types de fluorocarbures (FC), y compris les CFC, les HCFC, les HFC et les PFC. La nomenclature des gaz contenant du fluor suit le numéro de modèle standard "XYZc0123b4a". Ici, chiffres et lettres signifient :

- XYZ : FC, CFC, HCFC, HFC ou PFC.
- c : composé cyclique.
- 0 : nombre de liaisons doubles (omis si zéro).
- 1 : nombre d'atomes de carbone - 1 (omis si zéro).
- 2 : nombre d'atomes de d'hydrogène + 1.
- 3 : nombre d'atomes de fluor.
- b4 : nombre d'atomes de chlore remplacés par des atomes de brome (omis si zéro).
- a : lettre ajoutée pour identifier les isomères.

Si la molécule contient du brome, le gaz (toujours un CFC) s'appelle un halon.

Lorsque ces substances sont utilisées comme réfrigérants, "XYZ" est remplacé par la lettre "R" comme réfrigérant. La valeur du premier chiffre après la lettre R peut prendre les valeurs spécifiques suivantes :

- 4 ou 5, il s'agit d'un mélange
- 6, il s'agit d'un composé organique autre que des CFC, HCFC, HFC et PFC (exemple R690 : propane)
- 7, s'il s'agit d'un composé inorganique (exemple R717 : ammoniac, R744 : dioxyde de carbone)

Quelques exemples de CFC :

- le CFC-12 est un dérivé du méthane, sans hydrogène, avec deux atomes de fluor et deux de chlore. Il a donc pour formule :  $\text{CF}_2\text{Cl}_2$ .
- le CFC-113 est un dérivé de l'éthane, sans hydrogène, avec trois atomes de fluor et trois de chlore. Il a donc pour formule :  $\text{C}_2\text{F}_3\text{Cl}_3$ .
- le CFC-13B1 (ou halon 1301 ) est un dérivé du méthane, sans hydrogène, avec trois atomes de fluor et un de brome. Il a donc pour formule :  $\text{CF}_3\text{Br}$ .

Un exemple de HCFC :

- le HCFC-22 est un dérivé du méthane , avec un atome d'hydrogène , deux atomes de fluor et un de chlore . Il a donc pour formule :  $\text{CHF}_2\text{Cl}$ .

Un exemple de HFC :

- le HFC-134a est un dérivé de l'éthane , avec deux atomes d'hydrogène et quatre de fluor. Il a donc pour formule  $\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_4$ . [12].

Code	Signification	Exemple
R7xx	Composés minéraux xx : masse molaire	R717 : ammoniac M ( $\text{NH}_3$ ) : 17 g/mol
R5xx	Mélanges azéotropiques xx : numéro d'apparition	R505 : R22 + R115
R4xx	Mélanges azéotropiques xx : numéro d'apparition	R404a
Rc..	Carbone - 1 (1 ou 2 carbones)	R22 : (c = 0) = 1 C R134a : (c = 1) = 2 C
R.d.	Hydrogène + 1	R22 : (d = 2) = 1 H R134a : (d = 3) = 2 H
R..u	Fluor	R22 : (u = 2) = 2 F R134a : (u = 4) = 4 F
Chlore : on complète avec du chlore en tenant compte de la valence du carbone		R22 : 1 C, 1 H, 2 F, 1 Cl R134a : 2 C, 2 H, 4 F
R... Bx halons (x = brome)		R12B1 : 1 C, 0 H, 2 F, 1 Br, 1 Cl

Figure II.3 La nomenclature des fluides frigorigènes par la norme ANSI/ASHRAE 34 [13]



**II.4.8. L'impact des fluides frigorigènes :**

Les réfrigérants affectent l'environnement, la santé, la sécurité et l'équilibre énergétique.

**II.4.8.a. Impact sur l'environnement :**

*La couche d'ozone* : est une mince bande de la stratosphère qui filtre les rayons provenant du soleil.

ROWLAND et MOLINA ont montré que l'émission de composé chimiques contenant du chlore pouvait détériorer la couche d'ozone stratosphérique, donc les CFC se décomposent avec les rayons ultraviolets pour former des atomes de chlore qui attaquent l'ozone suivant l'équation chimique :

$$Cl + O_3 = ClO + O_2$$

Par conséquent, le problème des effets de serre entraînera un danger pour la santé humaine:

- 1- augmentation des rayons ultraviolets (causer de cancer).
- 2- destruction de la flore.
- 3- un réchauffement de la planète.
- 4- perturbations climatiques.

Nous pouvons résumer les différents impacts écologiques du réfrigérant dans le tableau ci-dessous:

**Tableau II.11:** les différents impacts écologiques du réfrigérant

<i>HCFC et CFC</i>	-Impacte non négligeables sur la couche d'ozone. -CFC responsable de la destruction de la couche d'ozone.
<i>ammoniac NH3</i>	-très dangereux et toxique (forte odeur) -très mauvais impacte sue l'environnement. -forme des mélanges explosifs avec l'aire. - attaque le différent type de matériaux (plastique, cuivre, etc.....)
<i>dioxyde de carbone CO2</i>	- fluides naturels avec un GWP de 3260 fois inférieur • celui du R404a -un gaz de l'effet de serre (05 siècle DPA)

### II.4.8.b. Indice d'impact :

Pour déterminer l'impact des fluides frigorigènes sur la couche d'ozone et l'effet de serre, deux indicateurs principaux sont définis :

#### 1. ODP : Ozone déplétion potentiel :

C'est un indicateur de la participation des molécules à l'appauvrissement de la couche d'ozone.

La valeur de cet indice est calculée par rapport à une molécule de référence, par ex.

R11 ou R12 avec ODP=1.

#### 2. GWP : Globale warning potentiel :

C'est un indice pour caractériser la participation des molécules à l'effet de serre. La valeur de cet indice est calculée par rapport à une molécule de référence. En prenant le CO<sub>2</sub> comme exemple, pour des durées bien définies (20, 100, 500 ans), GWP=1 pour le CO<sub>2</sub>

### II.4.9. Comparaison entre R22;R32 et R410a



*Figure II.4 les fluides frigorigènes R22,R32 etR410a*

Nous utilisons le terme « réfrigérant » pour désigner plusieurs types de gaz que nous utilisons comme agents de refroidissement dans les climatiseurs et autres appareils similaires. Les gaz sont insolubles dans l'eau et peuvent remonter jusqu'à la stratosphère, grâce à différentes réactions chimiques. Nous différencions les fluides frigorigènes en fonction de :

- Leur structure chimique
- Leur impact environnemental
- Le type d'appareil qui les utilise

Ce qui distingue certains réfrigérants, c'est leur impact sur notre environnement. Par exemple, le R32 et le R410A appartiennent à un groupe de gaz appelés hydrofluorocarbures et R22 appartiennent à un groupe de gaz appelés hydrochlorofluorocarbure.

Leur ODP (potentiel d'appauvrissement de la couche d'ozone) est de 0, ce qui les rend écologiques.

Cependant, dans cet article, nous discuterons de leurs différences. Quel est le meilleur?

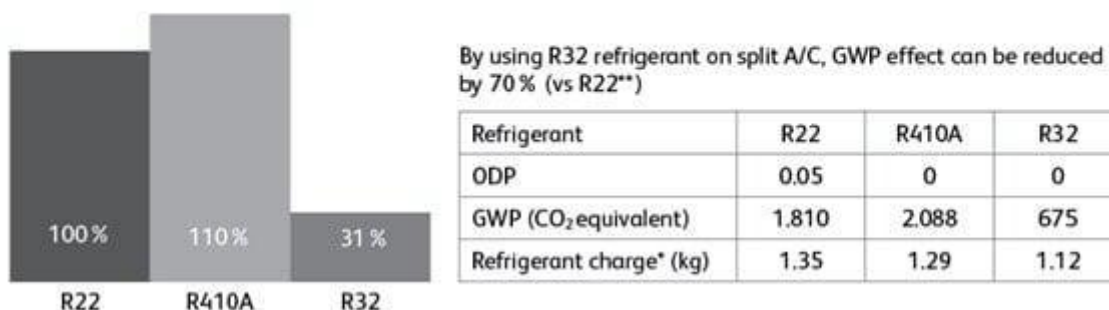
#### II.4.9.a. La différence entre R22; R410A et R32

Le R410A a une densité de vapeur supérieure à celle du R22. Pour les systèmes de même capacité, le débit massique requis du réfrigérant est le même. Étant donné que la tuyauterie de gaz a le même diamètre, le débit de vapeur de R410A est environ 30% plus lent que celui de R22.

En ce moment même du R410A bien établi et du R32 nouvellement introduit. Contrairement au R32, le R410A a une température critique basse, ce qui à son tour produit un coefficient de performance plus faible. De plus, le R32 est moins dense que le 410A. Cela rend son montant plus petit pour une charge. Étant donné que nous mesurons le GWP par kg, le R32 affecte le climat encore moins que son GWP ne le suggère. Les deux gaz sont également différents en termes de capacité de refroidissement volumétrique. Le R410A a un VCP élevé, ce qui nécessite des tuyaux plus grands. Ainsi, il n'est pas aussi efficace que R32, dont le VCP est nettement inférieur. De plus, le R32 a un rapport de pression plus élevé que le R410A.

Dans l'ensemble, le R32 est beaucoup plus efficace que le R410A. Cependant, il présente également quelques inconvénients, à savoir sa température de décharge élevée. Pour cette raison, il peut décomposer l'huile dans le système, ce qui entraîne des grippages de roulements

GWP effect \*\* (CO<sub>2</sub> equivalent kg, expressed in %)



**Figure II.5** Comparaison entre les fluides frigorigènes R22;R32 et R410a

#### II.4.9.b. Sécurité

pour les trois réfrigérants:

Faiblement toxique de par son classement A par rapport à d'autres gaz.

Le R32 n'est ni hautement inflammable, ni faiblement inflammable selon la norme NF EN 378, mais seulement légèrement inflammable (Classe A2L), le R22 et R410 aucune Limite d'inflammabilité

#### II.4.9.c. Respect de l'environnement

Les trois réfrigérants (R22; R32 et R410) ODP (Ozone Déplétion Potentiel = 0) Son impact est nul sur la couche d'ozone

Fluide R32 Faible GWP (Global WarningPotential) de 675 - Divisé par 3 et 2.8 en comparaison avec le R410A et R22 respectivement

R22 et R32 des Fluides totalement pur, donc plus facilement recyclable

#### II.4.9.d. Efficacité énergétique

Enthalpie R22 > R32 > R410A

Performances R22 > R32 > R410A

**Tableau II.12:** Présente le différent fluide et c'est composant

Propriété	R32	R410A	R22
Nom Chimique / Composition	R32 (100%)	R125 R 32 (50% , 50%)	R22 (100%)
Poids moléculaire(g/mol)	52.02	72.585	86.47
Température d'ébullitionà1,013bar	-51.651	-51.40	-40.81
Température critique°C	78.105	71.35	96.15
Pression critique(M pa)	57. 82	47.53	49.9
ODP	0	0	0.05
GWP	675	2088	1810

**CHAPITRE**

**III**

**EQUIPEMENT DE**

**CLIMATISEUR**

### III.1. Introduction :

En été, une humidité relative élevée, des températures extérieures étouffantes et la chaleur des rayons du soleil peuvent rendre une maison inconfortable.

Les systèmes de climatisation peuvent rétablir le confort des occupants en réduisant les niveaux de température et d'humidité dans les pièces de la maison. Les consommateurs disposent d'une variété d'options, notamment des climatiseurs à commande individuelle, des climatiseurs centraux et des thermopompes. Par conséquent, il est avantageux de prendre le temps d'analyser le problème pour choisir le système qui répond le mieux à vos besoins.

Est-il nécessaire de climatiser toute la maison ou est-ce suffisant pour rafraîchir une pièce ou deux ? Les climatiseurs individuels sont un moyen efficace et économique d'augmenter le confort d'une zone de taille moyenne de la maison (c'est-à-dire trois pièces ou moins) sans travaux d'installation complexes.

### III.2. fonctionnement des climatiseurs

Un climatiseur maintient l'air dans une pièce, une chambre ou une enceinte fermée dans des conditions de température et d'humidité. La climatisation est utilisée pour maintenir l'air d'une pièce, d'une pièce ou d'un espace clos dans des conditions de température et d'humidité appropriées. En général, le climatiseur est un terme lié à un appareil qui produit du froid et de la chaleur dans les climatiseurs réversibles. [14]

Dans le domaine du génie climatique, il existe plusieurs types de systèmes, qui peuvent être divisés en trois catégories :

- La centrale unie zone.
- Les centrales multizones.
- Les systèmes autonomes, triomes.

Il existe plusieurs solutions techniques pour renouveler l'air d'une pièce :

1. L'air frais (conditions extérieures) est mélangé avec une partie de l'air de retour local à travers la boîte de mélange.
2. L'air neuf est préparé par une autre unité en fonction des conditions spécifiques de la pièce (température, humidité), qui est généralement appelée unité de traitement d'air neuf. comme indiqué sur le schéma suivant :

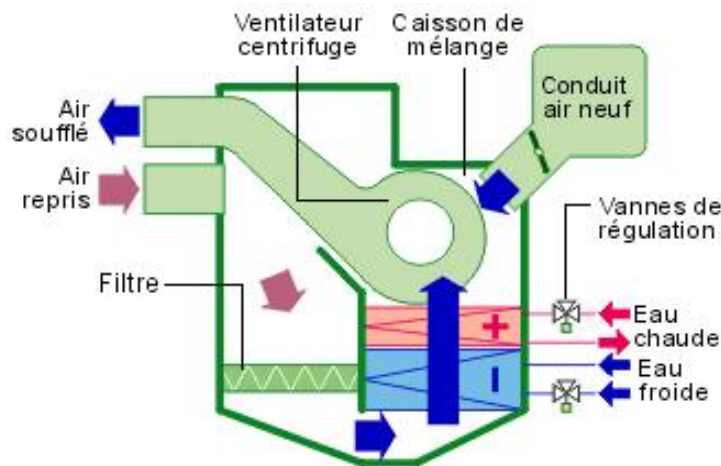


Figure III.1 : Exemple d'une centrale de traitement d'air [14].

### III.3. Principe de fonctionnement d'un climatiseur

Le climatiseur fonctionne comme un réfrigérateur. Il produit de l'air froid d'une part et de la chaleur d'autre part (comme le dos du réfrigérateur). Dans votre réfrigérateur, le compresseur « comprime » un fluide dit réfrigérant, qui est capable de transférer de l'énergie froide et chaude par un changement d'état en deux phases (liquide et gaz). Votre climatiseur est un peu comme votre réfrigérateur, si l'on considère que la pièce à climatiser est l'intérieur du réfrigérateur et que la chaleur émise par l'arrière du réfrigérateur (au niveau de votre climatiseur) est évacuée vers l'extérieur. [15].

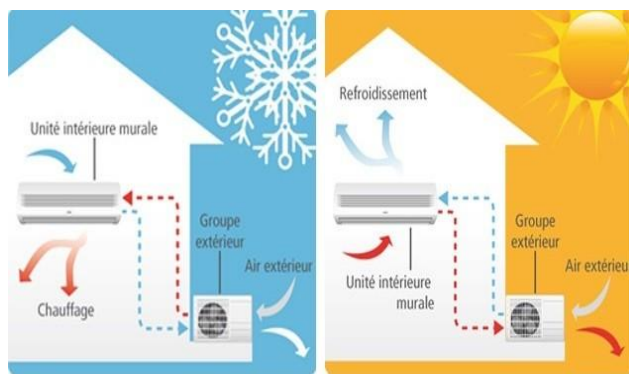


Figure III.2 : Schéma climatisation réversible [15].

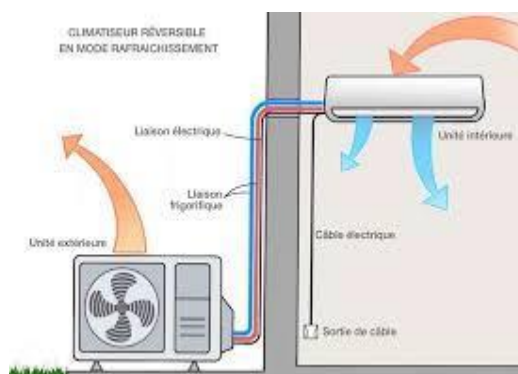


Figure III.3 : Climatiseur individuel [16]

En fait, il n'y a pas de froid à proprement parler : Lorsque l'appareil est en mode climatisation, la chaleur est extraite de la pièce pour la climatisation extérieure. Et lorsque le climatiseur est en mode chauffage, on fait exactement le contraire : c'est-à-dire qu'on injecte de la chaleur dans la pièce pour la chauffer.

Afin de réaliser techniquement ce processus, une vanne dite d'inversion de cycle est placée sur le circuit frigorifique à l'intérieur de l'unité extérieure.

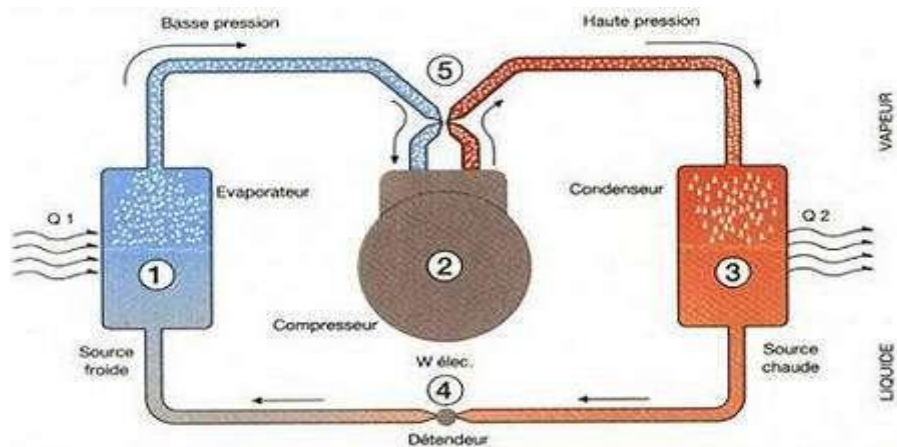


Figure III.10 : Schéma fonctionnement d'un climatiseur [17].

Tableau III.1: des images des principaux composants du Climatiseur



Figure III.4: Unité intérieure

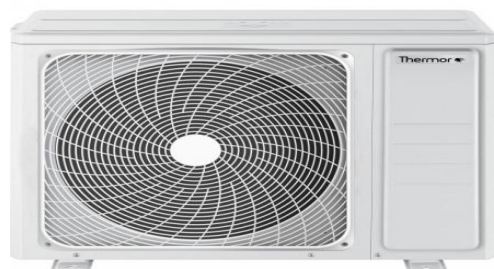


Figure III.5: Unité extérieure



Figure III.6: Câble de liaison frigorifique [7]



Figure III.7: Boîtier multi-branchement



Figure III.8: Les coupleurs rapides



Figure III.9: Isolants



### **III.4. Les différents systèmes de climatisation :**

Dans le domaine du génie climatique, il existe plusieurs types de systèmes que l'on peut répartir en trois catégories.

#### **III.4.2. Les systèmes tout air neuf :**

Dans ce type de système, la pression interne s'élève légèrement par rapport à la pression atmosphérique pour éviter que l'air extérieur ne contamine l'air intérieur. L'intérêt du caisson de mélange est de réaliser d'importantes économies d'énergie (respect de l'environnement).

On a donc dans ce cas un débit massique d'air soufflé supérieur au débit massique d'air repris.

Ce type de procédé est couramment utilisé dans les bureaux et les cinémas, ...

#### **III.4.2. Systèmes utilisés en recyclage total :**

Dans ce type de procédé, le renouvellement de l'air neuf sera obtenu grâce à un système de ventilation mécanique contrôlée, soit le brassage d'air se fera directement dans le local, soit l'air neuf se fera dans la centrale dite "centrale d'air neuf". Cet air est soufflé directement aux conditions intérieures de la pièce. Le circuit d'air frais spécial assure le renouvellement de l'air frais et le débit d'air extrait est égal au débit d'air frais fourni. [18]

#### **III.4.3. Système fonctionnant en tout air neuf :**

Il n'y a pas de recyclage de l'air intérieur dans ce type de procédé. Selon le type de pièce, celle-ci peut être en surpression (bloc opératoire, laboratoire pharmaceutique, etc.) ou en pression atmosphérique pour éviter la pollution de l'air.

L'inconvénient de ce type d'installation est qu'elle n'est pas très économique car elle produit une puissance calorifique très élevée. Cependant, des unités de récupération de chaleur (comme avec des panneaux) peuvent être installées dans ces systèmes pour réduire les coûts énergétiques. [18]

### **III.5. Comment bien choisir son climatiseur**

Avant de choisir un climatiseur, vous devez définir vos besoins. Est-ce que ça marche tout l'été ou juste occasionnellement ? Quelle est la surface de la pièce que vous rafraîchissez ? Besoin d'un chauffage d'appoint en hiver ? avec le vent...

#### **III.5.1. Choisir en fonction du climat**

Dans les régions où les étés sont traditionnellement chauds, les climatiseurs split sont particulièrement recommandés. Ils sont constitués d'un bloc extérieur contenant le compresseur et d'un ou plusieurs blocs intérieurs équipés d'évaporateurs. Ce type de climatiseur est généralement placé près d'une fenêtre. Ils sont très efficaces et poussent l'air chaud à l'extérieur.

Si vous vivez dans une région où l'été n'est pas trop chaud, vous pouvez choisir des climatiseurs intégraux. Ils ne sont pas aussi puissants que les climatiseurs Split, par exemple,

mais sont plus frais les jours de grande chaleur. Ils sont livrés avec des roues et sont faciles à déplacer d'une pièce à l'autre sans aucun travail. Seul bémol, ils rejettent de l'air chaud à l'intérieur et nécessitent un entretien du filtre.

### III.5.2. Choisir en fonction de l'espace

La capacité de refroidissement du climatiseur est cruciale pour le choix du climatiseur, en fonction de la taille de la pièce à refroidir. Par exemple, un climatiseur surpuissant utilisera plus de puissance, mais ne sera pas aussi efficace.

Puissance frigorifique exprimée en BTU (British Thermal Units) Égal à 0,2929 watts.

On considère que pour ventiler :

20 m<sup>2</sup> il faut 800 BTU

30 m<sup>2</sup> = 11000 BUT

40 m<sup>2</sup> = 1500 BUT

45 m<sup>2</sup> = 17000 BUT

**Remarque :** Vous devez également tenir compte de l'orientation de la pièce où sera installé le climatiseur, du nombre d'occupants ou de son isolation. Une pièce exposée au sud et mal isolée nécessitera un climatiseur plus puissant qu'une petite pièce bien isolée. N'hésitez pas à demander conseil à un vendeur.

### III.5.3. Choisir une clim en fonction du bruit

Les climatiseurs sont notoirement bruyants, surtout si vous en avez besoin pendant que vous dormez. Si vous voulez éviter ce désagrément, choisissez un équipement avec le label Eurovent : c'est la certification d'un organisme indépendant qui analyse les émissions sonores de l'un ou des deux de ses appareils.

## III.6. Types de climatiseurs

Comme nous l'avons mentionné précédemment, les climatiseurs se répartissent en deux catégories principales, les climatiseurs individuels et les climatiseurs centraux, chacun composé de plusieurs modèles différents. Voici les différents modèles de climatiseurs individuels :

### III.6.1. Climatiseurs de fenêtre:

Ce type d'appareil s'installe sur les fenêtres, qu'elles soient à guillotine simple ou double, coulissantes ou à battants.



*Figure III.11 Climatiseurs à fenêtre*

### **III.6.2. Climatiseurs muraux:**

Ces appareils sont livrés avec des manchons de raccordement qui permettent de les installer dans des ouvertures du mur.



*Figure III.12 Climatiseurs mural*

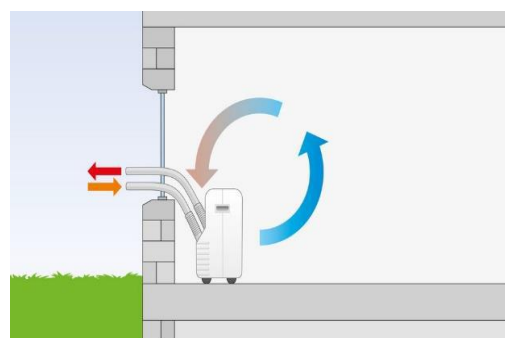
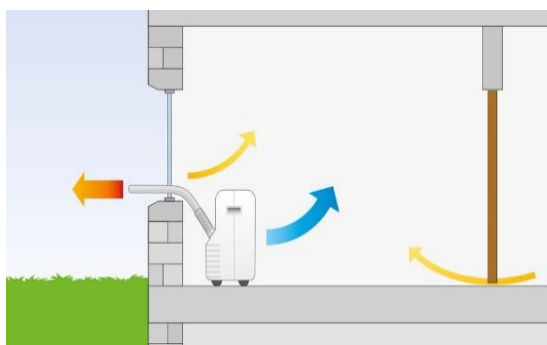
### **III.6.3. Climatisation sur pieds:**

Ce type d'équipement se déplace sur roues. Certains modèles sont reliés à l'extérieur par un tuyau amovible.

Voici les différents modèles de climatiseurs centraux :

### **III.6.4. Climatiseurs monobloc:**

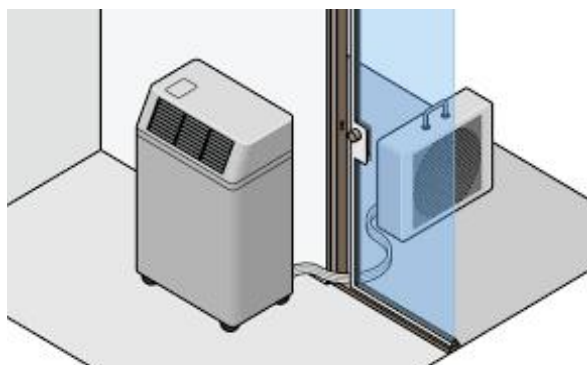
Ce type d'équipement comprend tous les éléments nécessaires et est généralement installé sur le mur ou sur le toit. Des conduits assurent la répartition de l'air dans un sens et dans l'autre. Ce type d'installation est peu employé dans les résidences.



*Figure III.13 Climatiseurs monobloc à tuyau unique*    *Figure III.14 Climatiseurs monobloc à double tuyau*

### III.6.5. Climatiseurs bibloc:

Ces unités sont similaires aux unités précédentes mais ont plusieurs serpentins intérieurs connectés à la zone extérieure. Certains sont trois. Ces unités sont idéales pour les maisons où des extensions ont été ajoutées, car aucune nouvelle plomberie ne doit être installée.



*Figure III.15 Climatiseur bibloc mobile*

**III.6.6. Petit climatiseur bibloc:** Les blocs internes sont montés sur les murs, les plafonds ou les sols. Les blocs intérieurs et extérieurs sont généralement beaucoup plus petits que les systèmes normaux à deux blocs. Cependant, leurs rendements ont tendance à être plus faibles, ce qui est un facteur à ne pas négliger.



*Figure III.16 Climatiseur bibloc mobile*

### III.6.7. Climatisation centrale.

Ces unités de climatisation centrale ont une unité intérieure placée dans le grenier, et un réseau de conduits en plastique installés à l'entrée d'air et menant à l'évent.

Il existe aussi des climatiseurs résidentiels hydroréfrigérés que l'on peut raccorder au réseau de distribution d'eau ou à un puits. Et mieux vaut se renseigner auprès des autorités locales pour savoir si ces systèmes sont autorisés.

Même si son utilisation est permise, ce type d'installation est peu répandu en raison des coûts d'exploitation qui incluent les frais d'électricité, d'alimentation en eau et d'égout

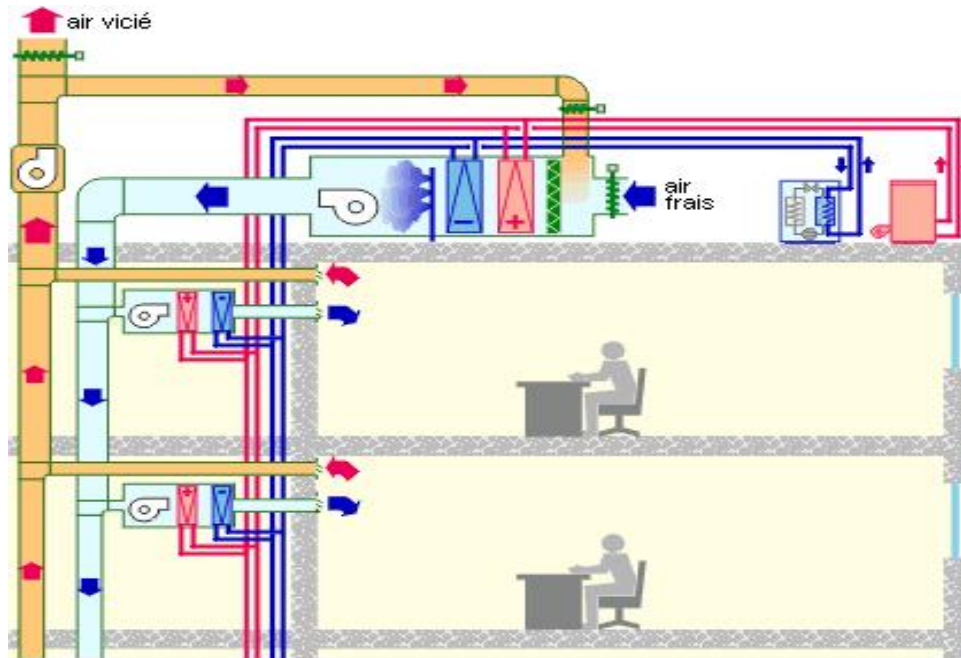


Figure III.17 Climatisation centrale

### III.7. Éléments d'un climatiseur

**III.7.1. Le fluide frigorigène** est le fluide qui circule à l'intérieur de l'unité de conditionnement d'air et qui, à son tour, absorbe, transporte et libère de la chaleur.

**III.7.2. Un serpentin** est un ensemble de tubes installés dans une boucle où se produit le transfert de chaleur. Il est parfois aileté, ajoutant de la surface utile d'échange de chaleur.

**III.7.3. L'évaporateur** est un serpentin dans lequel le réfrigérant absorbe la chaleur de l'environnement. Lorsque le réfrigérant atteint son point d'ébullition, il se transforme en vapeur à basse température.

**III.7.4. Le compresseur** comprime les molécules du gaz réfrigérant, ce qui a pour effet d'augmenter sa pression et sa température.

**III.7.5. Le condenseur** est un serpentin dans lequel le fluide frigorigène dégage de la chaleur et se liquéfie.

**III.7.6. Le détendeur** réduit la pression produite par le compresseur, ce qui fait chuter la température. Le réfrigérant devient un mélange à basse température de vapeur et de liquide.

**III.7.7. Le Boîtier multi-branchement** : permet de connecter plusieurs connexions de refroidissement à l'unité extérieure.

**III.7.8. Isolation :** Doit couvrir tous les éléments de câbles et de tuyauterie. Il s'agit d'un élément très important qui conditionne la durée de vie de votre appareil et vous protégera d'éventuels chocs électriques.

**III.7.9. Les coupleurs rapides :** Permet de "connecter" la connexion de refroidissement à votre appareil

### **III.8. Mettre en service une climatisation**

Il y a différentes étapes dans l'installation des climatiseurs :

Si vous êtes propriétaire, faites une demande au Conseil pour un permis de travail. Si vous êtes locataire, votre bailleur doit avoir autorisé le matériel. Il commencera le processus administratif pour vous. En copropriété, le consentement des syndic et autres copropriétaires est indispensable.

Choisissez un emplacement qui doit être dans un endroit aéré, hygiénique et sans humidité.

Fixez les différents éléments et placez-les dans le réseau.

Si le climatiseur sélectionné a des conduits, prévoir une sortie pour le conduit d'évacuation.

### **III.9. Comment régler la température d'une climatisation réversible**

Il est plus facile de régler la température des climatiseurs réversibles avec des unités équipées de la technologie Inverter. Une régulation plus douce - plus de courants d'air froids - et vous pouvez vous attendre à des économies allant jusqu'à 30 % par rapport aux climatiseurs conventionnels. De plus, n'ouvrez jamais les portes et les fenêtres lorsque l'équipement est en marche. Pénalisé par une grosse perte d'énergie. En été, il y a une différence de 7 à 8°C entre les températures intérieures et extérieures. De plus, il faut minimiser le fonctionnement du climatiseur la nuit. Dormir avec les fenêtres ouvertes est mieux que le climatiseur par une chaude journée.

### **III.10. Grilles d'air neuf et de rejet**

Grâce au treillis métallique, ils éloignent la pluie et les rongeurs ou oiseaux. La norme européenne EN 13779 définit certaines règles auxquelles les prises d'air extérieur doivent se conformer :

- ✓ L'emplacement privilégié de la prise d'air face au vent dominant.
- ✓ Les dimensions de l'entrée d'air non protégée sont basées sur une vitesse d'air maximale de 2 m/s.
- ✓ Les principales distances à respecter à l'entrée d'air (par rapport au sol, aux sources de pollution, à l'échappement, etc.)

La grille de sortie d'air doit répondre aux exigences suivantes :

- ✓ La sortie d'air doit être à plus de 8 m des bâtiments adjacents.

- ✓ La sortie d'air doit être à plus de 2 m d'une entrée d'air frais sur le même mur, de préférence au-dessus.
- ✓ Le débit d'air à chaque bouche ne doit pas dépasser  $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ , la vitesse de l'air au droit de la bouche doit dépasser  $5 \text{ m/s}$ .



*Figure III.18 : Grilles d'air [19]*

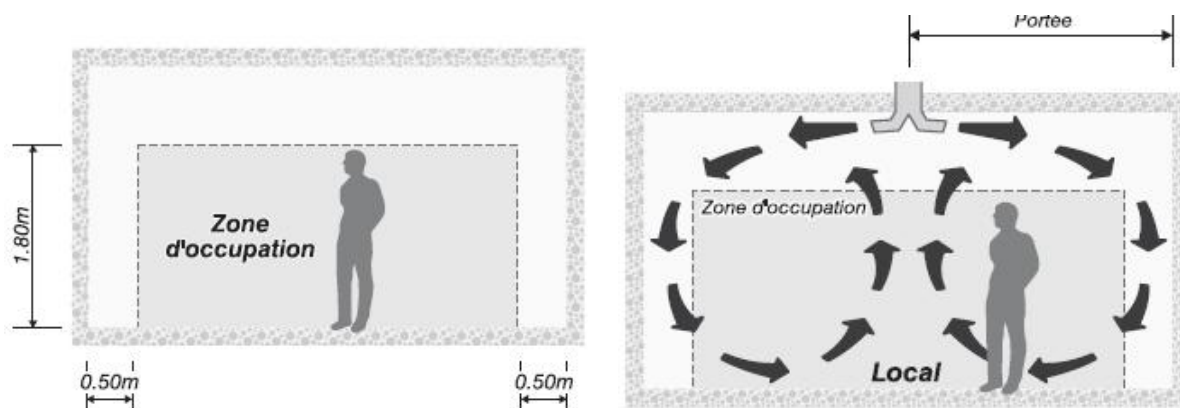
Pour l'apport d'air frais, les recommandations sont les suivantes :

Il ne doit pas être placé sur des surfaces horizontales sombres avec un fort ensoleillement (comme des toits plats recouverts d'une membrane étanche noire) et sans protection.

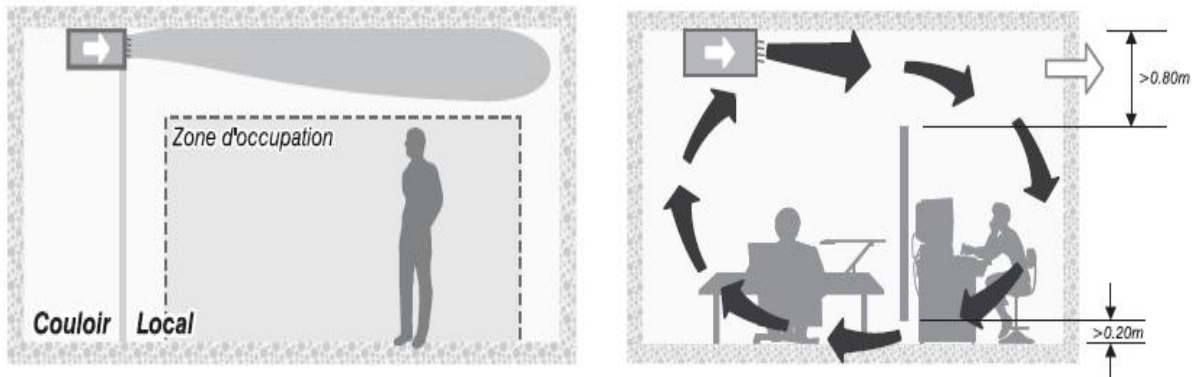
La distance horizontale par rapport aux points de collecte des ordures ménagères, aux aires de stationnement pour 3 voitures ou plus, aux aires de chargement et de déchargement, aux zones de circulation, aux sorties d'égouts, aux fumées de canalisation et autres sources de pollution similaires est inférieure à 8 m.

### III.11. Position des bouches

Le mouvement de l'air dans la pièce dépend de Bouches d'alimentation et de retour d'air par rapport à l'emplacement de l'occupant. En pratique, la vitesse de l'air doit être inférieure à une certaine limite de la surface occupée (selon EUROVENT : Association européenne des fabricants d'équipements de traitement de l'air et de réfrigération). Dans tous les cas, le flux d'air ne doit pas entrer en contact avec les occupants avant de se mélanger à l'air ambiant.







En ce qui concerne les bouches de soufflage et de reprise intervient la notion de portée.

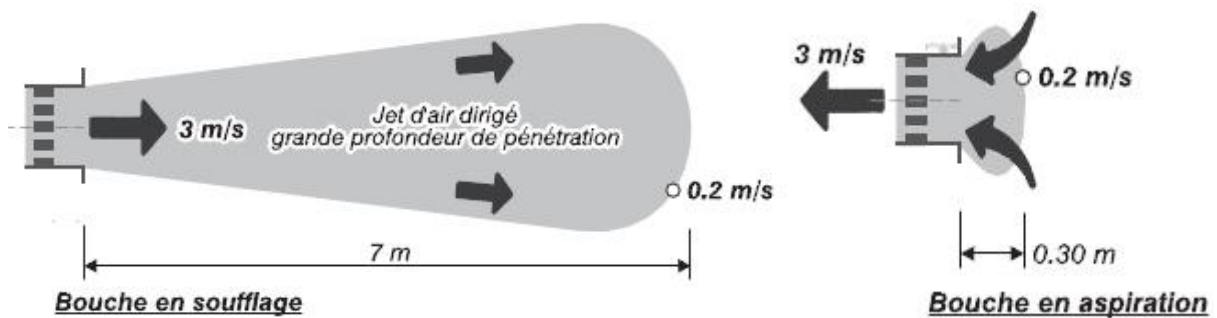


Figure III.19 : Bouche en soufflage et aspiration[19]

Pour la bouche de reprise, la vitesse de l'air n'est donc pas critique au niveau du confort thermique mais elle peut cependant l'être au niveau du confort acoustique.

Position de la bouche de reprise	Vitesses de reprise recommandées
Au-dessus de la zone d'occupation	4,5 m/s
Dans la zone occupée loin des sièges	3,5-4,5 m/s
Dans la zone occupée près des sièges	2,5-3,5 m/s
Bouches de portes	1,5-2 m/s
Sous les portes	1-1,5 m/s

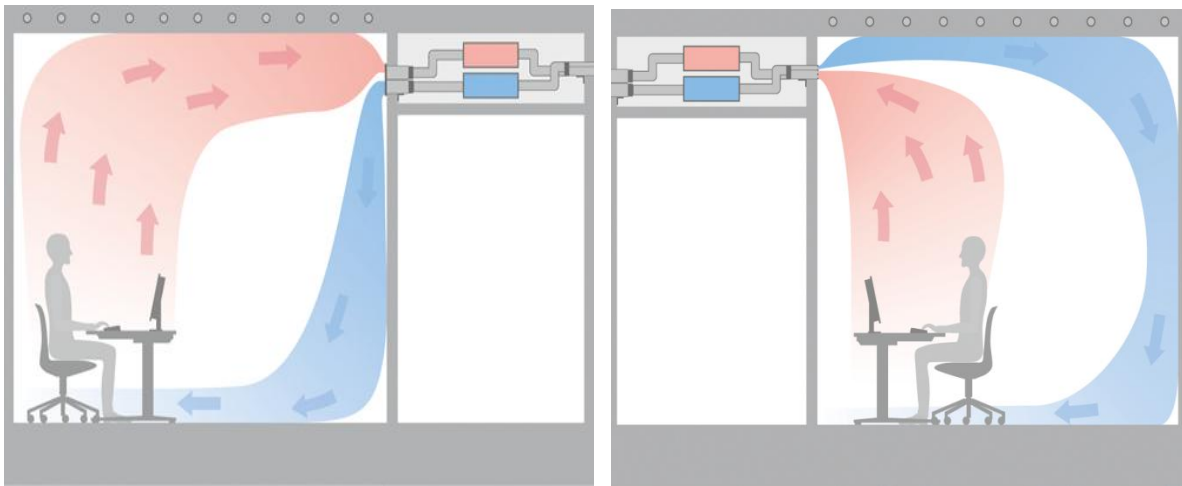
### III.12. Principes de diffusion d'air

Deux principes de diffusion d'air dans une pièce sont appliqués : **Diffusion de l'air par mélange** et **Diffusion de l'air par déplacement**

#### III.12.1. Diffusion de l'air par mélange :

Une partie de la pièce est attirée par l'air soufflé



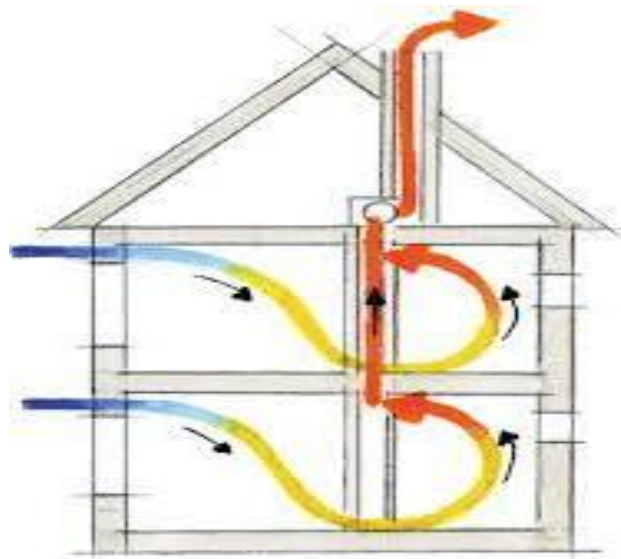


*Figure III.20 : Diffusion de l'air dans une pièce [19]*

### III.12.2. Diffusion de l'air par déplacement :

Diffusion de l'air en remplacement des locaux qui doivent être refroidis en permanence. L'air n'est pas diffusé par dilution ou induction comme dans les systèmes traditionnels où l'air est soufflé en partie haute pour se mélanger à l'air ambiant, provoquant le mélange de la pollution et des calories dégagées, mais par déplacement :

- ✓ L'air est soufflé en partie basse de la maison à très faible vitesse (0,12 à 0,30 m/s) et avec un très faible écart de soufflage (+/- 2 à 5°C).
- ✓ Par le thermique, l'air réchauffé au contact des occupants et des autres sources de chaleur remonte à l'extérieur de l'habitation (1 à 1,50 m au-dessus du sol).
- ✓ Il est filtré (au moins 50% d'opacité) et aspiré dans le plafond pour se mélanger à l'air frais et le concentrer.



*Figure III.21 : Circulation de l'air [19]*

La qualité de l'air est nettement améliorée, les particules nocives traversant la pièce une seule fois (au lieu d'être diffusées 60 fois par dilution). Le confort acoustique est très bon grâce à la très faible vitesse de soufflage (NR 25). L'originalité de cette technologie réside dans la barrière de diffusion. Les diffuseurs à déplacement d'air ont une très grande surface de diffusion et une hauteur considérable. Après avoir traversé le silencieux et le vase d'expansion, l'air est soufflé à travers la grille microporeuse. Les systèmes à déplacement d'air sont idéaux pour les pièces à forte occupation, dégagement de chaleur élevé et volumes importants :

- Locaux de spectacles : théâtres, cinémas, auditoriums
- Locaux recevant du public : halls et patios d'hôtels, cafés et restaurants
- Locaux industriels : laboratoires, cuisines, salles blanches
- Locaux hospitaliers : blocs opératoires, salles de réanimation
- Locaux d'enseignement : amphithéâtres, salles de cours

**CHAPITRE IV**  
**RESULTATS ET**  
**DISCUSSION**

## IV.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous décrivons les performances de trois fluides frigorigènes et leur impact sur l'environnement. Les fluides frigorigènes étudiés sont : R22, R32, R410.

Pour cela, le logiciel commercial SOLKANE développé par la société allemande Solvay fluor GmbH Hanover a été utilisé. Les résultats ainsi obtenus sont présentés sous forme de tableaux et de graphiques.

## IV.2. Description du logiciel SOLKANE

SOLKANE Réfrigérants est un programme de calcul des données thermodynamiques des substances et les propriétés de transfert pour tous les réfrigérants SOLKANE ainsi que pour les autres CFC.

## IV.3. Présentation des résultats de calcul du logiciel SOLKANE

### IV.3.1. Rôles du logiciel SOLKANE

Le logiciel SOLKANE permet:

- De calculer le cycle pour différents types de procédé, les paramètres thermodynamiques des substances, les propriétés de transport des types des fluides, les dimensionnements des conduites des fluides
- obtenir une information complète sur les fluides frigorigènes
- obtenir le diagramme P-h ou T-S des fluides

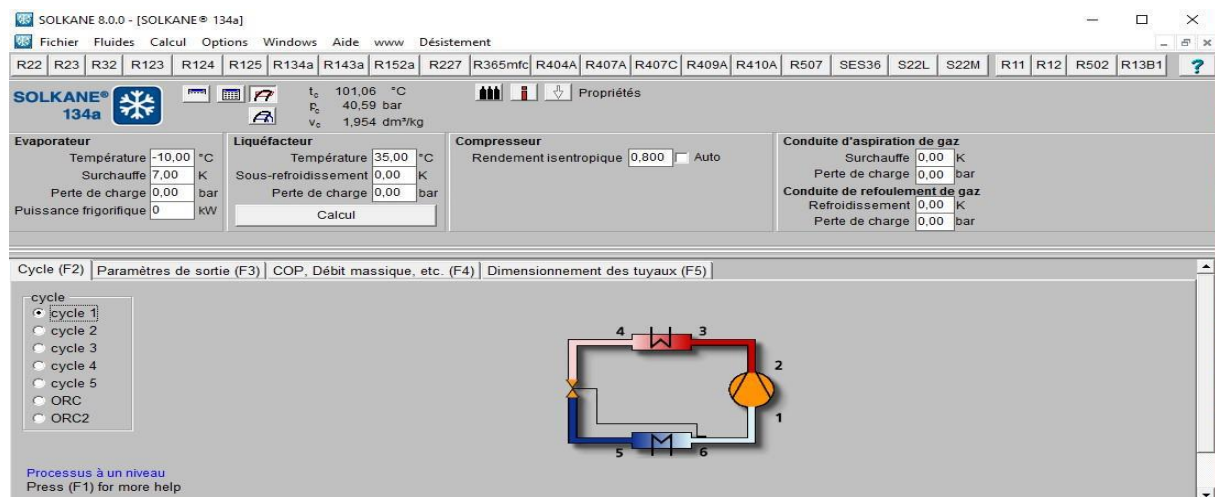


Figure IV.1 : Représentation générale du logiciel SOLKANE

### IV.3.2. Fonction des icônes


La séquence du programme peut être contrôlée en utilisant soit les menus soit les boutons.



:Ouvre le fichier d'aide et affiche l'index En cliquant sur ce bouton(En cliquant sur le bouton F1 pour la même fonction), il y a une fenêtre qui s'ouvre et affiche les informations suivantes :

- A propos de SOLKANE
- Calcul des propriétés d'une substance
- Diagramme d'état
- Calcul de cycle
- Dimensionnement des tuyaux
- Fluides frigorigènes

Chacun détail de ses points est affiché lorsqu'on clique sur l'information qu'on veut obtenir.

 :sort tous les détails et Affiche les différents éléments du programme de ceux-ci sur une nouvelle fenêtre.



*Figure IV.2 : Information*

Chaque élément contient tous les détails qui s'affiche sur une autre fenêtre lorsqu'on appuie sur le bouton OK.



:Calcule les points d'état singuliers qui dépendent des options complémentaires (vapeur humide ou surchauffée ; pression ou température)



:Calcule les propriétés thermodynamiques



:Affiche le cycle et le tableau à compléter pour les calculs



:Affiche le diagramme correspondant

### IV.3.3 Mode Opérateur

1<sup>er</sup>: Ouvrir le logiciel Solkane

2<sup>ème</sup>: Choix du fluide frigorigène

Il existe deux méthodes pour choisir le fluide frigorigène pour calcul des propriétés des substances et des procédés cycliques.

- **Méthode 1:**

En appuyant sur le bouton gauche de la souris sur le nom du fluide frigorigène dont vous avez besoin (par ex. R32)

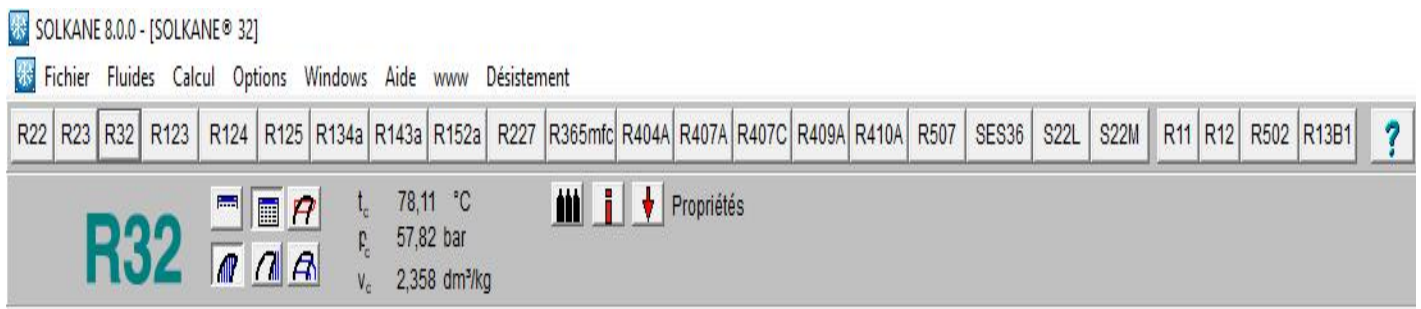


Figure IV.3 : Liste des fluides frigorigènes SOLKANE .

- **Méthode 2 :** à l'aide du menu principal

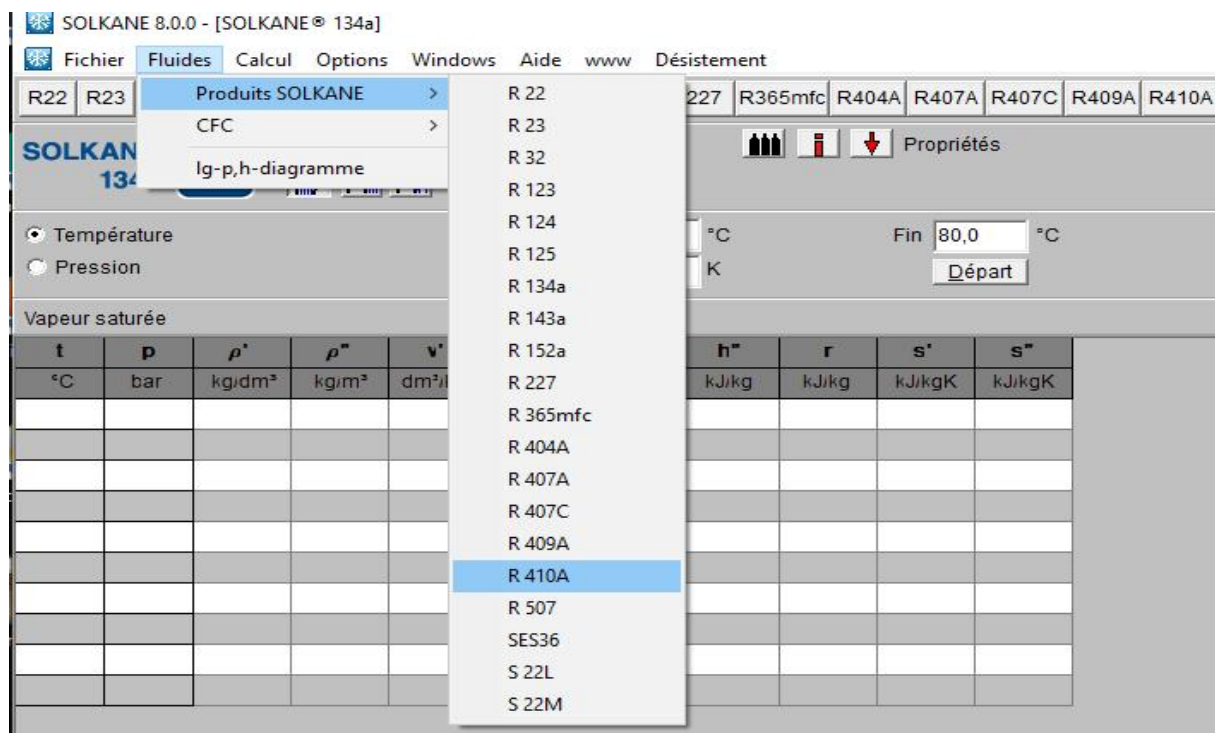


Figure IV.4: Liste des fluides frigorigènes à l'aide du menu principal

3<sup>ème</sup>: Sélectionner le cycle correspondant à l'installation.

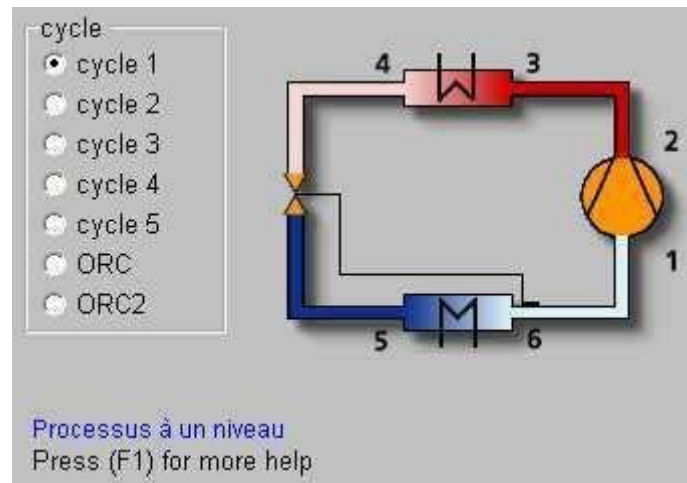



Figure IV.5 : Cycle F2

4<sup>ème</sup>: Définir les caractéristiques en cliquant sur  et en complétant les différentes cases affichées avec les chiffres correspondants, puis appuyer sur « Calcul »



		$t_c$ 96,15 °C $p_c$ 49,90 bar $v_c$ 1,909 dm <sup>3</sup> /kg	 Propriétés
<b>Evaporateur</b> Température -10,00 °C Surchauffe 7,00 K Perte de charge 0,00 bar Puissance frigorifique 1,00 kW	<b>Liquéfacteur</b> Température 35,00 °C Sous-refroidissement 0,00 K Perte de charge 0,00 bar <input type="button" value="Calcul"/>	<b>Compresseur</b> Rendement isentropique 0,800 <input type="checkbox"/> Auto	<b>Conduite d'aspiration de gaz</b> Surchauffe 0,00 K Perte de charge 0,00 bar <b>Conduite de refoulement de gaz</b> Refroidissement 0,00 K Perte de charge 0,00 bar


Figure IV.6 : Représentation des cases à compléter

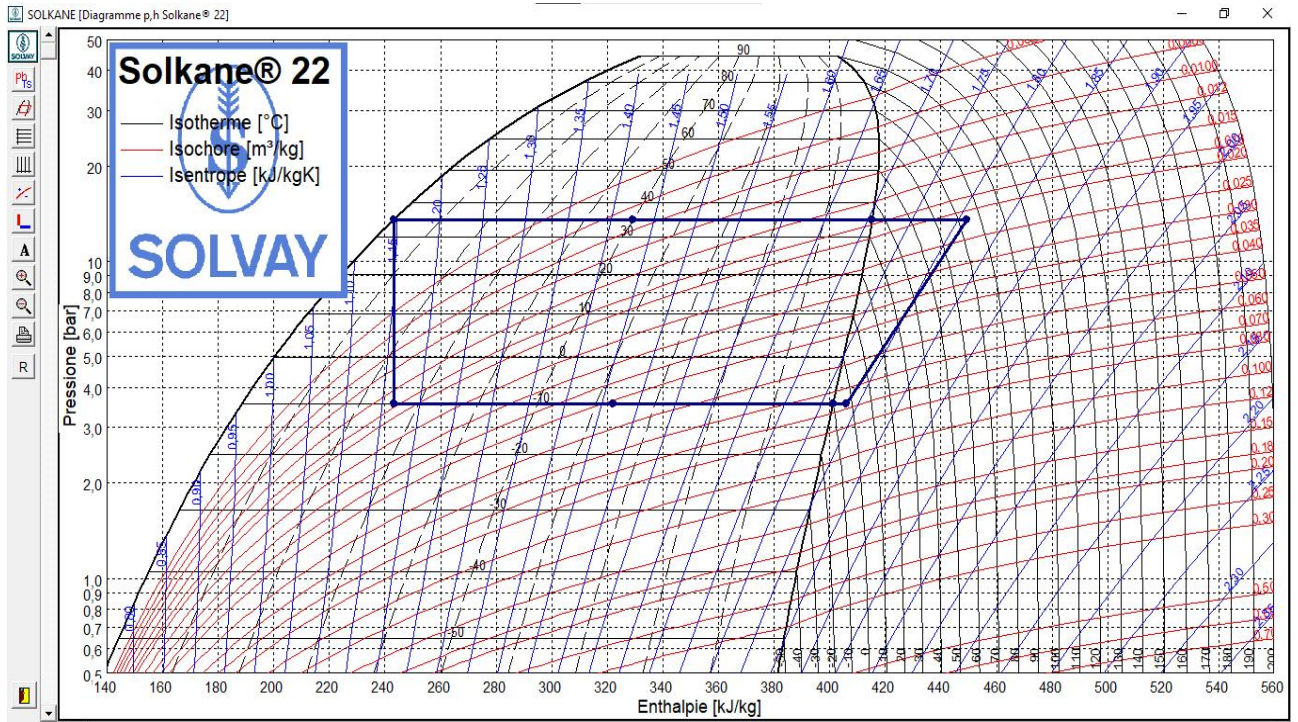
5<sup>ème</sup>: En sélectionnant l'onglet « Paramètres de sortie (F3) », on peut visualiser toutes les caractéristiques du fluide aux différents points de l'installation.

Cycle (F2)		Paramètres de sortie (F3)		COP, Débit massique, etc. (F4)		Dimensionnement des tuyaux (F5)	
Point	p bar	t °C	v dm <sup>3</sup> /kg	h kJ/kg	s kJ/kgK	x	
1	3,55	-3,00	67,53	405,99	1,7839		
2s	13,55	63,75	20,47	440,76	1,7839		
2	13,55	74,07	21,50	449,45	1,8093		
3	13,55	74,07	21,50	449,44	1,8093		
3'	13,55	35,00	17,25	415,31	1,7049		
3"4'm	13,55	35,00	9,06	329,22	1,4256		
4'	13,55	35,00	0,87	243,14	1,1462		
4	13,55	35,00	0,87	243,14	1,1462		
5	3,55	-10,00	17,36	243,14	1,1653	0,258	
56"m	3,55	-10,00	41,27	322,11	1,4654		
6"	3,55	-10,00	65,18	401,09	1,7655		
6	3,55	-3,00	67,53	405,99	1,7839		

Figure IV.7 : Exemple de caractéristiques du fluide



6<sup>ème</sup>: cliquer sur  pour obtenir le tracé du diagramme enthalpie du fluide.



*Figure IV.8: : Exemple de diagramme*

#### IV.4. Étude et comparaison numérique des fluides frigorigènes

Pour cela, nous proposons trois Réfrigérants R22,R32et R410a à travers trois expériences

**La première expérience:** est dans des conditions de fonctionnement sur l'appareil

**Dans la deuxième expérience:** nous maintenons les mêmes conditions de fonctionnement pour la première expérience et modifions la température de Surchauffe

**Dans la troisième expérience:** nous maintenons les mêmes conditions de fonctionnement pour la première expérience et modifions la température de Sous-refroidissement

##### IV.4.1. La première expérience

conditions de fonctionnement sur une machine frigorifique ayant les caractéristiques suivantes :

- Puissance frigorifique utile nécessaire :  $P_{\text{frigorifique}} = 100 \text{ kW}$
- Température de condensation =  $35^{\circ}\text{C}$
- Température d'évaporation ou d'ébullition  $-10^{\circ}\text{C}$
- Surchauffe =  $0^{\circ}\text{C}$
- Sous-refroidissement =  $0^{\circ}\text{C}$



➤ Rendement du compresseur comp = 0,773

#### IV.4.1.a. cas du R22:

D'après les caractéristiques ci-dessus, les résultats de calcul sont résumés ci après Pour le réfrigérant R22 :

- Au niveau de l'évaporateur :  $\Delta h_{\text{évaporateur}} = 401.09 - 243.14 = 157.95 \text{ kJ/kg}$ .
- énergie théorique de compression:  $\Delta h_{\text{compression}} = 444.45 - 401.09 = 43.36 \text{ kJ/kg}$ .
- Au niveau de condenseur :  $\Delta h_{\text{condenseur}} = 444.45 - 243.14 = 201.31 \text{ kJ/kg}$ .
- volume massique à l'aspiration :  $V_{\text{massique\_aspiration}} = 0,065 \text{ m}^3/\text{kg}$ .

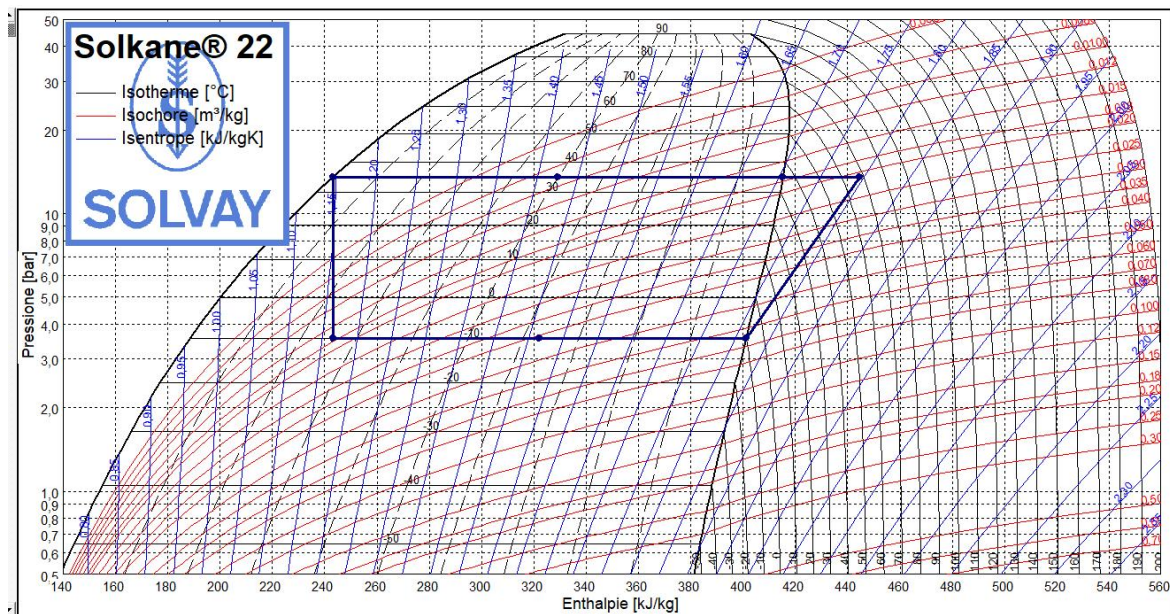


Figure IV.9 : Diagramme (P, h) pour le R22

#### Le débit massique :

$$\text{Débit massique} = \frac{P_{\text{frigorifique}}}{\Delta h_{\text{évaporateur}}}$$

$$\text{Débit massique} = \frac{100}{157.95}$$

$$\text{Débit massique} = 0.633 \text{ kg/s Ou } 2278.8 \text{ kg/h.}$$

#### Le volume réel à aspirer par le compresseur :

$$\text{Volume réel} = \text{débit massique} * \text{volume massique\_aspiration}$$

$$\text{Volume réel} = 0,633 \text{ [kg/s]} * 0,065 \text{ [m}^3/\text{kg]}$$

$$\text{Volume réel} = 0,0411 \text{ m}^3/\text{s Ou } 148.12 \text{ m}^3/\text{h.}$$

#### La puissance électrique du compresseur :

$P_{\text{electr\_absorbée}} = \text{débit massique} * \Delta h_{\text{compresseur}}$

$P_{\text{electr\_absorbée}} = 0.633[\text{kg/s}] * 43.36 [\text{kJ/kg}]$

$P_{\text{electr\_absorbée}} = 27.45 \text{ kW}$

**Coefficient de performance :**

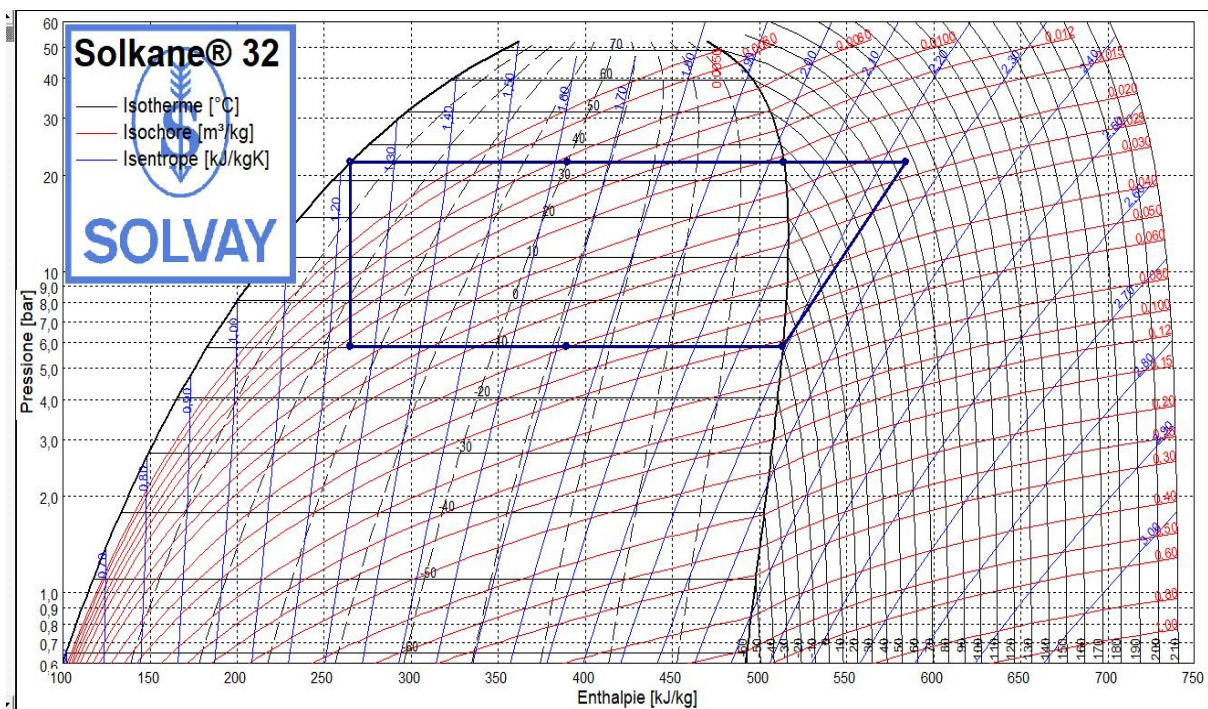
$$\text{COP} = \frac{Q_f [\text{kJ/kg}]}{W [\text{kJ/kg}]}$$

$$\text{COP} = \frac{157.95 [\text{kJ/kg}]}{43.36 [\text{kJ/kg}]}$$

**COP = 3.64**

**IV.4.1.b. Cas du R32 :**

- Au niveau de l'évaporateur :  $\Delta h_{\text{évaporateur}} = 513.31 - 265.07 = 248.24 \text{ kJ/kg}$ .
- énergie théorique de compression:  $\Delta h_{\text{compression}} = 584.11 - 513.31 = 70.8 \text{ kJ/kg}$ .
- Au niveau de condenseur :  $\Delta h_{\text{condenseur}} = 584.11 - 265.07 = 319.04 \text{ kJ/kg}$ .
- volume massique à l'aspiration :  $V_{\text{massique\_aspiration}} = 0,063 \text{ m}^3/\text{kg}$ .



*Figure IV.10 : Diagramme (P, h) pour le R32*

**Le débit massique :**

$$\text{Débit massique} = \frac{P_{\text{frigorigifque}}}{\Delta h_{\text{évaporateur}}}$$

$$\text{Débit}_{\text{massique}} = \frac{100}{248.24}$$

$$\text{Débit}_{\text{massique}} = 0.403 \text{ kg/s Ou } 1450.8 \text{ kg/h.}$$

**Le volume réel à aspirer par le compresseur :**

$$\text{Volume}_{\text{réel}} = \text{débit}_{\text{massique}} * \text{volume}_{\text{massique\_aspiration}}$$

$$\text{Volume}_{\text{réel}} = 0,403 \text{ [kg/s]} * 0,063 \text{ [m}^3\text{/kg]}$$

$$\text{Volume}_{\text{réel}} = 0,0254 \text{ m}^3\text{/s Ou } 91.44 \text{ m}^3\text{/h.}$$

**La puissance électrique du compresseur :**

$$P_{\text{electr\_absorbée}} = \text{débit}_{\text{massique}} * \Delta h_{\text{compresseur}}$$

$$P_{\text{electr\_absorbée}} = 0.403 \text{ [kg/s]} * 70.8 \text{ [kJ/kg]}$$

$$P_{\text{electr\_absorbée}} = 28.53 \text{ kW}$$

**Coefficient de performance :**

$$\text{COP} = \frac{Q_f \text{ [kJ/kg]}}{W \text{ [kJ/kg]}}$$

$$\text{COP} = \frac{248.24 \text{ [kJ/kg]}}{70.8 \text{ [kJ/kg]}}$$

$$\text{COP} = 3.50$$

**IV.4.1.c. Cas du R410a :**

- Au niveau de l'évaporateur :  $\Delta h_{\text{évaporateur}} = 418.03 - 256.89 = 161.14 \text{ kJ/kg.}$
- énergie théorique de compression:  $\Delta h_{\text{compression}} = 465.51 - 418.03 = 47.48 \text{ kJ/kg.}$
- Au niveau de condenseur :  $\Delta h_{\text{condenseur}} = 465.51 - 256.89 = 208.62 \text{ kJ/kg.}$
- volume massique à l'aspiration :  $V_{\text{massique\_aspiration}} = 0,0456 \text{ m}^3\text{/kg.}$



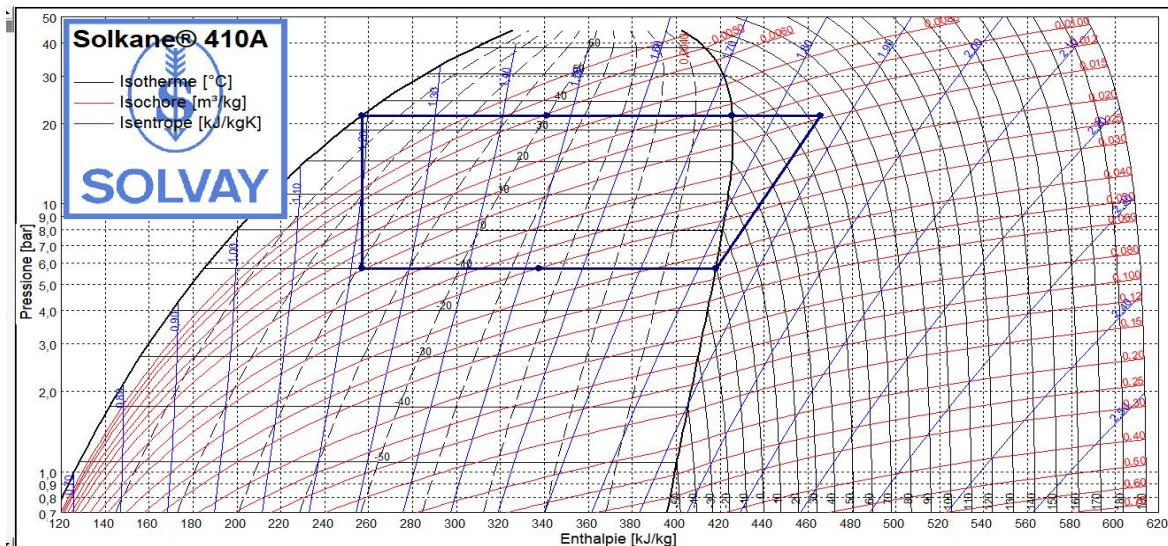


Figure IV.11 : Diagramme (P, h) pour le R410a

**Le débit massique :**

$$\text{Débit massique} = \frac{P_{\text{frigorigifque}}}{\Delta h_{\text{evaporateur}}}$$

$$\text{Débit massique} = \frac{100}{161.14}$$

Débit massique = **0.620 kg/s** Ou **2232 kg/h.**

**Le volume réel à aspirer par le compresseur :**

$$\text{Volume réel} = \text{débit massique} * \text{volume massique}_{\text{aspiration}}$$

$$\text{Volume réel} = 0,620 \text{ [kg/s]} * 0,0456 \text{ [m}^3\text{/kg]}$$

Volume réel = **0,0283 m³/s** Ou **101.88 m³/h.**

**La puissance électrique du compresseur :**

$$P_{\text{electr\_absorbée}} = \text{débit massique} * \Delta h_{\text{compresseur}}$$

$$P_{\text{electr\_absorbée}} = 0.620 \text{ [kg/s]} * 47.48 \text{ [kJ/kg]}$$

$$P_{\text{electr\_absorbée}} = 29.44 \text{ kW}$$

**Coefficient de performance :**

$$\text{COP} = \frac{Q_f \text{ [kJ/kg]}}{W \text{ [kJ/kg]}}$$

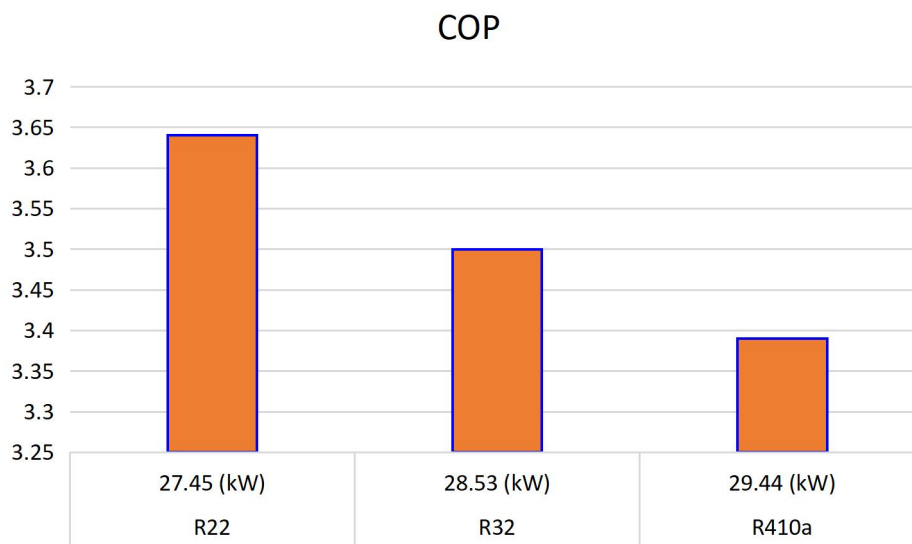
$$\text{COP} = \frac{161.14 \text{ [kJ/kg]}}{47.48 \text{ [kJ/kg]}}$$

$$\text{COP} = 3.39$$

#### IV.4.1.d. Comparaison des performances du trois des fluides

**Tableau IV.1:** récapitule les résultats obtenus pour trois fluides réfrigérants étudiés

Nom des fluides frigorigènes	$\Delta h_{\text{évaporateur}}$ (kJ/kg)	$\Delta h_{\text{compression}}$ (kJ/kg)	$\Delta h_{\text{condenseur}}$ (kJ/kg)	Vol massique aspiration (m <sup>3</sup> /kg)	Débit massique (kg/s)	P électrique (kW)	COP
R22	157.95	43.36	201.31	0,065	<b>0.633</b>	27.45	3.64
R32	248.24	70.8	319.04	0,063	<b>0.403</b>	28.53	3.50
R410a	161.14	47.48	208.62	0,0456	<b>0.620</b>	29.44	3.39



*Figure IV.12 : Histogramme de COP des fluides frigorigènes.*

#### IV.4.2. la deuxième expérience

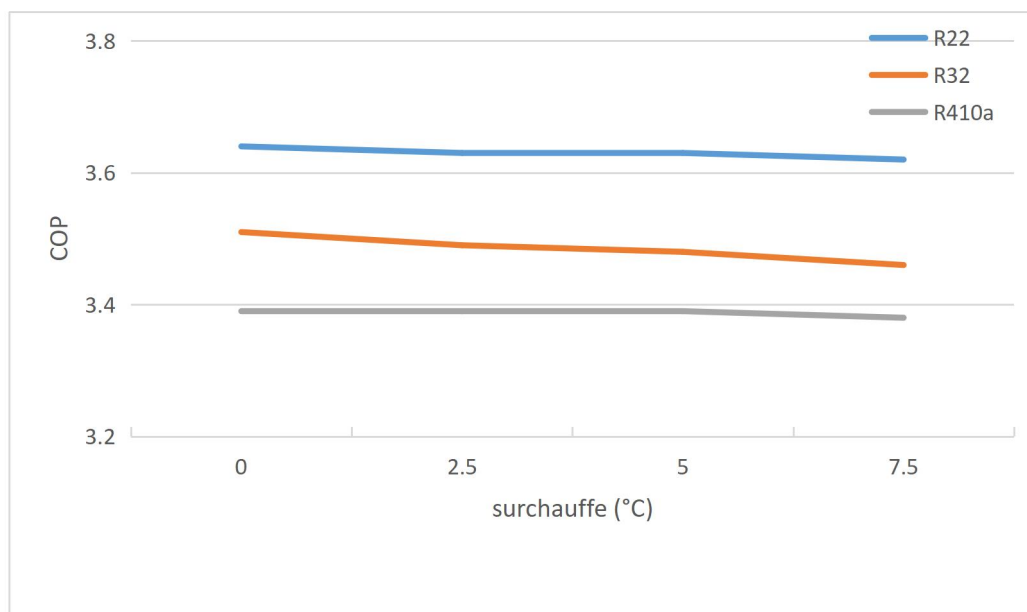
Dans les mêmes conditions de fonctionnement pour la première expérience juste modifie la température de Surchauffe.

A partir du logiciel Solkane, nous enregistrons les valeurs des coefficients de performance pour plusieurs valeurs différentes de la température de surchauffe et pour les trois fluides frigorigènes.

**Tableau IV.2:** les résultats de changement de COP en fonction de la surchauffe

R22	surchauffe (°C)	0	2.5	5	7.5
	COP	3.64	3.63	3.63	3.62
R32	surchauffe (°C)	0	2.5	5	7.5

	COP	3.51	3.49	3.48	3.46
R410a	surchauffe (°C)	0	2.5	5	7.5
	COP	3.39	3.39	3.39	3.38



*Figure IV.13 : Diagramme (COP, surchauffe) pour le R22; R32 et R410a*

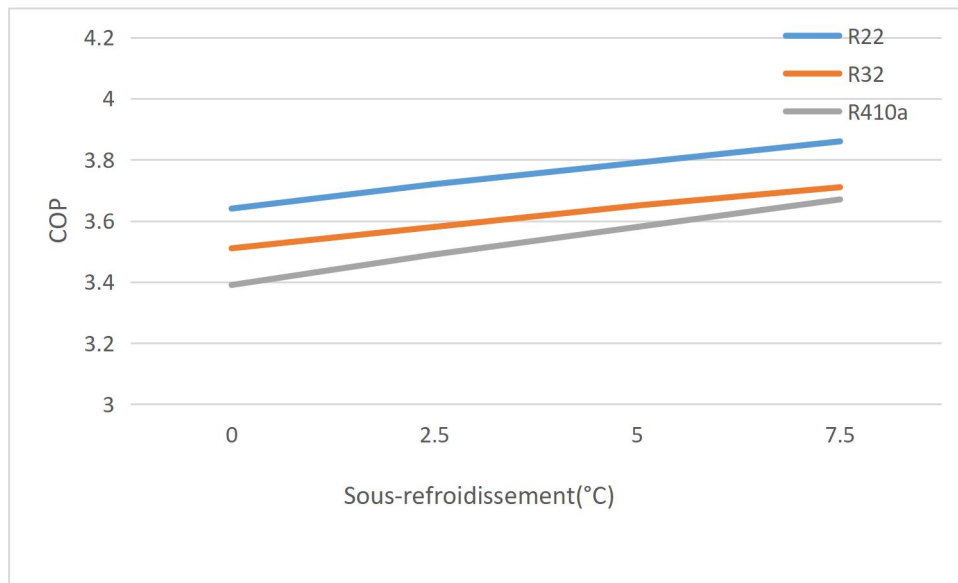
#### IV.4.3. la troisième expérience

Dans les mêmes conditions de fonctionnement pour la première expérience juste modifie la température de Sous-refroidissement.

A partir du logiciel Solkane, nous enregistrons les valeurs des coefficients de performance pour plusieurs valeurs différentes de la température de Sous-refroidissement et pour les trois fluides frigorigènes.

**Tableau IV.3:** les résultats de changement de COP en fonction de la Sous-refroidissement

R22	Sous-refroidissement(°C)	0	2.5	5	7.5
	COP	3.64	3.72	3.79	3.86
R32	Sous-refroidissement(°C)	0	2.5	5	7.5
	COP	3.51	3.58	3.65	3.71
R410a	Sous-refroidissement(°C)	0	2.5	5	7.5
	COP	3.39	3.49	3.58	3.67



*Figure IV.14 :Diagramme (COP,sous-refroidissement) pour le R22;R32 et R410a*

#### IV.4.4. Conclusion

Après examen des résultats obtenus, nous remarquons.

Le performance du fluide réfrigérant R410 sont les plus faibles avec une grande consommation d'électricité par rapport aux autres refroidisseurs

Les performances de tout les fluides réfrigérants peuvent être réduites en augmentant la température de surchauffe

Il est également possible d'améliorer les performances de n'importe quel réfrigérant en augmentant la différence de température de Sous-refroidissement

# **CONCLUSION GENERALE**



## Conclusion générale

Dans cette étude, des expériences ont été menées pour étudier les réfrigérants R22 ,R32 et R410a sont remplacement dans un climatiseur.

Et pour mener à bien nos recherches, il est nécessaire d'examiner les propriétés thermo physiques de ces fluides frigorigènes et leur impact sur l'environnement, c'est-à-dire leur impact sur la couche d'ozone et le réchauffement climatique.

Par conséquent, nous avons utilisé le programme SOLKANE, qui s'est avéré crucial pour la réalisation de nos recherches.

Dans cette étude il ressort :

- Le type du fluide réfrigérant influence fortement le coefficient de performance de la machine frigorifique.
- Il est primordial d'avoir un fluide présentant une grande chaleur latente de vaporisation.
- Pour une même charge frigorifique de 100KW, les fluides frigorigènes R22 et R32 sont les plus performants que le R410a, mais le R32 est le fluide le plus écologique que les autres fluides frigorigènes.

# Référence bibliographique

- [1]- Djadi Kamilia , Toudert Saousene pfe mémoire « Caractérisation et conception d'un système de réfrigération » université de Bouira année 2014/2015
- [2]- Ibrahim Dincer et Mehmet KanogluRefrigerationsystems and applications,secondedition. Edition Wiley 2010.
- [3]- Evaluation Des Performances D'une Machine Frigorifique Hybride A absorption/éjection, Master 2017, Uniersité Annaba
- [4]- A. R. Trott, T. Welch. Refrigeration and air-conditioning. Thirdedition by Butterworth-Heinemann, 2000
- [5]- Mémoire de magister thermique du bâtiment et réfrigérationThème : Etude et modélisation des propriétés thermodynamiques des mélanges de fluides frigorigènes, Présenté et soutenu par : DJEFFAL RACHID. Université MENTOURI de Constantine.
- [6]- Susan solomon, gian-kasper plattner, reto knutt, fredlingstein , Irreversible climate change due to carbon dioxide emissions » journal climatique, Vol 106 n° 06, 2009.
- [7]- JOHNSON Lyndsey 1998, Global warming from HFC, environment impact assessment rev, 18, 485 –492
- [8]- Site : <http://www.maxicours.com/se/fiche/0/5/410405.html>
- [9]- [https://fr.wikipedia.org/wiki/Fluide\\_frigorig%C3%A8ne](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fluide_frigorig%C3%A8ne)
- [10]- <https://www.etudier.com/dissertations/Historique-Fluides-Frigorig%C3%A8nes/48127476.html>
- [11]- Hamdouche, K., Modélisation des propriétés thermodynamiques Des fluides frigorigènes.2004
- [12]- <https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Fluide-frigorigene-page-2.html>
- [13]- [https://www.google.com/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Finterieur-maison2011.blogspot.com%2F2011\\_09\\_04\\_archive.html&psig=AOvVaw3g4YzB7jhHYc2KYY8r7hlC&ust=1680559783089000&source=images&cd=vfe&ved=0CBAQjRxqGAoTCPDi5ZubjP4CFQAAAAAdAAAAABDZAQ](https://www.google.com/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Finterieur-maison2011.blogspot.com%2F2011_09_04_archive.html&psig=AOvVaw3g4YzB7jhHYc2KYY8r7hlC&ust=1680559783089000&source=images&cd=vfe&ved=0CBAQjRxqGAoTCPDi5ZubjP4CFQAAAAAdAAAAABDZAQ)
- [14]- <https://www.climamaison.com/lexique/climatiseur.htm>
- [15]- <https://www.clim34.fr/blog/decouvrir-la-technique/fonctionnement-d-unclimatiseur-reversible.html>
- [16]- Etude et modélisation des proprétés thermodynamiques des mélanges de fluides frigorigènes, R Djeffal - archives.umc.edu.dz

[17]- <https://www.clim34.fr/blog/decouvrir-la-technique/fonctionnement-d-unclimatiseur-reversible.html>

[18]- <https://fr.wikipedia.org/wiki/Climatisation>

[19]- Djefalrachid, Etude et modélisation des propriétés Thermodynamiques des mélanges de fluides Frigorigenes. Mémoire de magister en génie climatique, univrsité de mentouriconstantine 2015.

# **Annaxe I**



## Caractéristiques et applications

Le gaz réfrigérant R-32 est un HFC pur, qui n'appauvrit pas la couche d'ozone et a un faible potentiel de réchauffement global. Il est utilisé sous sa forme pure dans les petits équipements de climatisation et de réfrigération neufs et est un composant couramment utilisé dans divers mélanges de HFC.

Le R-32 est adapté aux nouveaux équipements spécialement conçus pour le R-32, dans des applications qui auraient normalement utilisé du R-410A.

Il a un PRG (GWP) de 675, ce qui est dans les limites acceptées pour les gaz réfrigérants utilisés dans les nouveaux équipements (splits) avec une charge de moins de 3 kg mis sur le marché à partir du 1/01/2025 conformément au règlement européen CE n° 517-2014.

Voici quelques-unes de ses caractéristiques :

- C'est un réfrigérant plus efficace sur le plan énergétique que le R-410A et son PRG (GWP) est de 675, soit 68 % inférieur à celui du R-410A.
- Sa capacité de réfrigération est similaire à celle du R-22 et du R-502.
- L'équipement nécessite moins de charge de réfrigérant que le R-410A.
- Mêmes tuyauteries et lubrifiants (POE) que le R-410A.
- Classification de sécurité : A2L, faible toxicité et faible inflammabilité.

## Applications

- Initialement utilisé dans certains nouveaux équipements de climatisation, il commence à être également considéré comme une alternative à basse température.
- Il a été utilisé comme composant dans des mélanges de HFC bien connus par le secteur comme le R-407C, le R-410A, le R-442A (RS-50), le R-407F, le R-453A (RS-70), etc.
- Le R-32 est classé comme inflammable, et n'est donc pas un réfrigérant conçu pour les reconversions (retrofit) du R-410A.

## Conditions de service et travail

Le R-32 étant un réfrigérant pur, il peut être transféré aussi bien en phase liquide que gazeuse.

Étant un pur réfrigérant, il n'a pas de glissement (Glide) de température. En cas de fuite, l'équipement peut être rempli directement sans qu'il soit nécessaire de récupérer le réfrigérant restant dans le circuit.



## FICHE TECHNIQUE R-32



### Lubrifiants

Le R-32 est compatible avec les huiles polyolester. Dans les applications de climatisation, les mêmes huiles que celles utilisées avec le R-410A seront valables pour le R-32.

REMARQUE : Selon une étude menée aux États-Unis par l'Air-conditioning and Refrigeration Technology Institute, Inc. (USA) et publiée en 1993, il a été constaté que le R-32 n'était pas miscible dans toutes les concentrations de lubrifiant synthétique (POE) à partir de températures inférieures à -10°C. Il est important de tenir compte de ce point pour les mélanges développés pour fonctionner à de basses températures de réfrigération.

### Données environnementales

Le R-32 ne contenant pas de chlore, le produit a donc un ODP = 0 (potentiel d'appauvrissement de la couche d'ozone).

Le R-32 a un **faible** potentiel de réchauffement global (GWP), ce qui permet de réduire les émissions de CO<sub>2</sub> en cas de fuites directes.

### Sécurité

Le R-32 est répertorié comme légèrement inflammable selon la norme ASHRAE 34 et le projet de la norme ISO 817, et ne s'enflamme que lorsque sa concentration se situait entre la limite inférieure et supérieure d'inflammabilité :

Concentration	Limite inférieure d'inflammabilité	Limite supérieure d'inflammabilité
R-32	13,3%	29,3%

CERI + Kayak Japan 2011

Le R-32 est classé A2L (groupe L2), c'est-à-dire peu inflammable car la vitesse de combustion est assez faible et il n'est pas toxique.

### Toxicité et stockage

Le R-32 est une substance très peu toxique. L'indice de toxicité CL50 par inhalation sur 4 heures chez le rat est de 1 107 000 mg/m<sup>3</sup> (OCDE 403) et la NOEL pour les problèmes cardiaques est d'environ 735 000 mg/m<sup>3</sup> chez le chien. Les contenants de R-32 doivent être stockés dans des endroits frais et aérés, à l'écart des flammes nues et des étincelles et loin des sources de chaleur. L'exposition directe au soleil et l'accumulation de charges électrostatiques doivent être évitées. Tenir à l'écart des aliments, des boissons et des aliments pour animaux.

### Composants

Nom chimique	% en poids	N° CE	N° CAS	No. D'Enregistrement d'REACH
Difluorométhane (R-32)	100	200-839-4	75-10-5	01-2119471312-47-XXXX





## Propriétés physiques

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES	UNITÉS	R-32
Formule		CH <sub>2</sub> F <sub>2</sub>
Poids moléculaire		52.024
Densité du liquide (25 °C)	Kg/l	0.9588
Température d'ébullition à 1,013 bar	°C	-51.7
Viscosité du liquide (20 °C)	cP	0.121
Viscosité de la vapeur (20 °C)	cP	0.01238
Tension superficielle (20 °C)	mN/m	7.0
Pression de vapeur (25 °C)	bar	16.897
Chaleur spécifique du liquide (25 °C)	kJ/kg.K	1.884
Chaleur spécifique du vapeur (25 °C)	kJ/kg.K	0.82633
Point de congélation	°C	-136
Température critique	°C	78,35
Pression critique	bar	58.16
Densité critique	Kg/l	0.429756
Chaleur de vaporisation au point d'ébullition (25 °C)	kJ/kg	270.22
Densité de vapeur (Air = 1)		1,86
Pression de vapeur à 20°C	mmHg	10319
Densité du vapeur à 20°C	g/ml	0.98
Limites d'inflammation (supérieures)	% v/v	31.0 ASTM 681-85
Limites d'inflammation (inférieures)	% v/v	14.0 ASTM 681-85
Solubilité du R-32 dans l'eau à 25 ° C	log	0.21
COP		95
Inflammabilité		A2L
ODP		0
GWP		675*
Toxicité		Non

\* Conformément à IPCC/GIEC-AR4/RE4 (Quatrième Rapport d'Evaluation du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat) – 2007.

## Bouteilles pour R-32

Les bouteilles rechargeables pour R-32 doivent répondre aux spécifications suivantes :

- Ogive rouge (inflammable).
- Filetage à gauche (un adaptateur sera nécessaire pour le raccordement aux tuyaux de chargement).
- Test de pression minimale : 48 bar.



## Propriétés thermodynamiques

Obtenues dans le cadre du programme REFPROP

TEMP. °C	Pression Absolue (bar)	Densité Liquide Kg/m <sup>3</sup>	Densité Vapeur Kg/m <sup>3</sup>	Enthalpie Liquide KJ/Kg	Enthalpie Vapeur KJ/Kg	Entropie Liquide KJ/Kg K	Entropie Vapeur KJ/Kg K
-50	1,1014	1208,40	3,2316	117,22	497,27	0,6683	2,3714
-48	1,2163	1202,80	3,5477	120,40	498,26	0,6824	2,3607
-46	1,3405	1197,20	3,8877	123,60	499,23	0,6965	2,3502
-44	1,4745	1191,50	4,2530	126,80	500,17	0,7105	2,3399
-42	1,6188	1185,90	4,6450	130,01	501,11	0,7244	2,3298
-40	1,7741	1180,20	5,0651	133,23	502,02	0,7382	2,3200
-38	1,9409	1174,40	5,5147	136,45	502,91	0,7519	2,3103
-36	2,1197	1168,60	5,9952	139,69	503,78	0,7655	2,3008
-34	2,3111	1162,80	6,5084	142,93	504,63	0,7791	2,2916
-32	2,5159	1156,90	7,0557	146,18	505,47	0,7926	2,2824
-30	2,7344	1151,00	7,6389	149,45	506,27	0,8060	2,2735
-28	2,9675	1145,00	8,2598	152,72	507,06	0,8193	2,2647
-26	3,2157	1138,90	8,9201	156,01	507,83	0,8326	2,2561
-24	3,4796	1132,90	9,6218	159,31	508,57	0,8458	2,2476
-22	3,7600	1126,70	10,3670	162,62	509,28	0,8589	2,2392
-20	4,0575	1120,60	11,1570	165,94	509,97	0,8720	2,2310
-18	4,3728	1114,30	11,9950	169,28	510,64	0,8850	2,2229
-16	4,7067	1108,00	12,8830	172,63	511,28	0,8979	2,2149
-14	5,0597	1101,70	13,8230	175,99	511,89	0,9109	2,2070
-12	5,4327	1095,20	14,8180	179,37	512,47	0,9237	2,1992
-10	5,8263	1088,80	15,8700	182,76	513,02	0,9365	2,1915
-8	6,2414	1082,20	16,9820	186,18	513,54	0,9493	2,1839
-6	6,6786	1075,60	18,1570	189,60	514,03	0,9620	2,1764
-4	7,1388	1068,90	19,3980	193,05	514,49	0,9747	2,1690
-2	7,6226	1062,10	20,7080	196,52	514,91	0,9874	2,1616
0	8,1310	1055,30	22,0910	200,00	515,30	1,0000	2,1543
2	8,6647	1048,30	23,5500	203,50	515,65	1,0126	2,1471
4	9,2245	1041,30	25,0900	207,03	515,96	1,0252	2,1399
6	9,8113	1034,20	26,7140	210,58	516,24	1,0377	2,1327

**ATTENTION !**

Les pressions sont absolues, il faut soustraire 1 pour obtenir la pression manométrique





## Propriétés thermodynamiques

obtenues dans le cadre du programme REFPROP

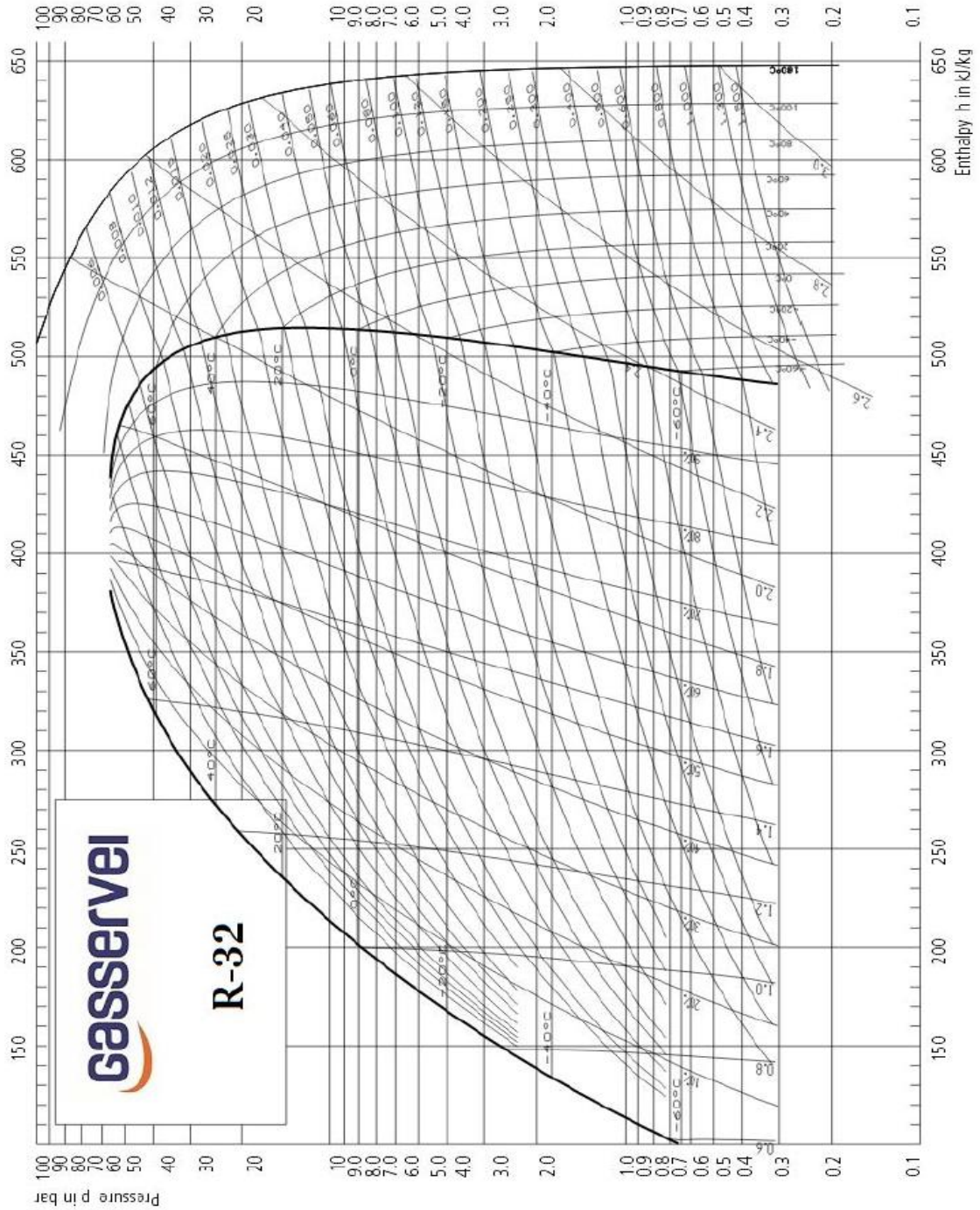
TEMP. °C	Pression Absolue (bar)	Densité Liquide Kg/m <sup>3</sup>	Densité Vapeur Kg/m <sup>3</sup>	Enthalpie Liquide KJ/Kg	Enthalpie Vapeur KJ/Kg	Entropie Liquide KJ/Kg K	Entropie Vapeur KJ/Kg K
8	10,4260	1027,00	28,4260	214,15	516,47	1,0503	2,1256
10	11,0690	1019,70	30,2320	217,74	516,66	1,0628	2,1185
12	11,7420	1012,20	32,1370	221,36	516,80	1,0753	2,1114
14	12,4450	1004,70	34,1450	225,01	516,90	1,0878	2,1043
16	13,1790	997,06	36,2640	228,68	516,95	1,1003	2,0972
18	13,9460	989,28	38,4980	232,39	516,95	1,1128	2,0902
20	14,7460	981,38	40,8560	236,12	516,90	1,1253	2,0831
22	15,5790	973,34	43,3440	239,89	516,79	1,1378	2,0760
24	16,4480	965,16	45,9710	243,69	516,62	1,1503	2,0688
26	17,3530	956,82	48,7450	247,53	516,39	1,1629	2,0616
28	18,2950	948,31	51,6760	251,40	516,09	1,1755	2,0544
30	19,2750	939,62	54,7760	255,32	515,72	1,1881	2,0471
32	20,2940	930,75	58,0560	259,28	515,29	1,2007	2,0397
34	21,3530	921,67	61,5300	263,28	514,77	1,2134	2,0322
36	22,4540	912,37	65,2110	267,34	514,17	1,2262	2,0246
38	23,5970	902,83	69,1180	271,45	513,49	1,2391	2,0169
40	24,7830	893,04	73,2680	275,61	512,71	1,2520	2,0091
42	26,0140	882,96	77,6840	279,84	511,82	1,2650	2,0011
44	27,2920	872,58	82,3890	284,13	510,83	1,2781	1,9929
46	28,6160	861,86	87,4120	288,50	509,72	1,2914	1,9845
48	29,9890	850,77	92,7860	292,95	508,48	1,3048	1,9759
50	31,4120	839,26	98,5500	297,49	507,10	1,3183	1,9670
52	32,8870	827,28	104,7500	302,12	505,57	1,3321	1,9578
54	34,4150	814,78	111,4400	306,87	503,86	1,3461	1,9482
56	35,9970	801,68	118,6900	311,74	501,95	1,3603	1,9382
58	37,6350	787,90	126,5800	316,75	499,82	1,3749	1,9277
60	39,3320	773,31	135,2100	321,93	497,44	1,3898	1,9166

**ATTENTION !**

Les pressions sont absolues, il faut soustraire 1 pour obtenir la pression manométrique



Diagramme de Mollier



# **Annexe II**





## Caractéristiques et applications du R-410A

Le R-410A est un mélange presque azéotropique composé par R-125 et R-32 ; qui actuellement s'utilise essentiellement dans les nouveaux équipements d'air conditionné qui sont mis dans le marché. C'est un produit chimiquement stable, avec un bas glissement de température (Glide) et basse toxicité. Malgré le caractère inflammable du R-32, la composition globale de ce mélange a été formulée pour obtenir un produit qui n'est pas inflammable, inclus en cas de fuites. C'est classé comme A1 group L1.

Le R-410A a une capacité de réfrigération et unes pressions beaucoup plus élevés que le R-22. Puisque ce produit n'est pas azéotropique, il doit se transvaser et chargé toujours en phase liquide.

Le R-410A n'est pas miscible avec les huiles minérales ; les huiles qui doivent être utilisés avec ce gaz réfrigérant sont les polyolester (POE).

## Toxicité et stockage

Le R-410a a une très baisse, inclus après de plusieurs exposition. La valeur de l'AEL (Allowable Exposure Limit) est 1000 ppm (8 heures, TWA). Les emballages du R-410A doivent être maintenir dans lieux frais et ventilé loin de sources de chaleur. Dans le cas de fuite, les vapeurs du R-134a sont plus lourds que l'air et ils s'accumulent généralement près le sol ; en ce cas on doit prendre des précautions pour l'évacuation de la zone affectée.

## Composants

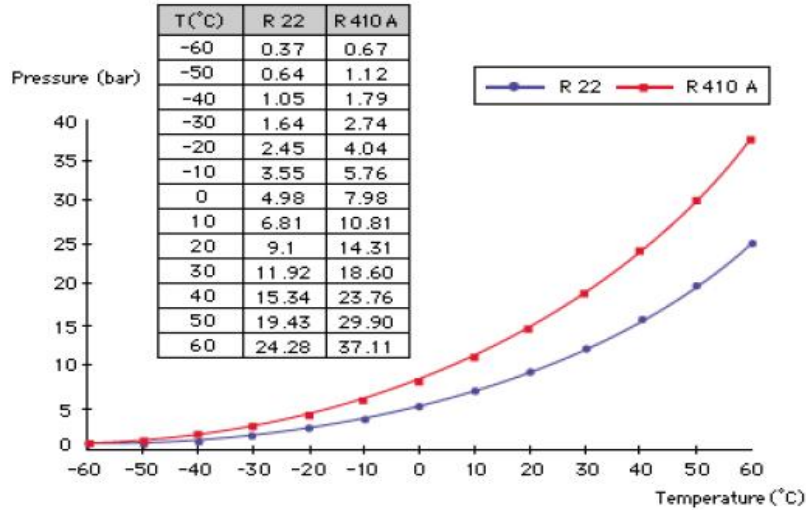
Nom chimique	% en poids	N° CAS	N° . CE
Pentafluoroéthane (R-125)	50	354-33-6	206-557-8
Difluorométhane (R-32)	50	75-10-5	200-839-4

## Propriétés physiques

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES	UNITÉS	R-410A
Poids moléculaire	(g/mol)	72.6
Température d'ébullition à 1,013 bar	(°C)	-51.58
Glissement température ébullition à 1,013 bar	(K)	0.1
Température critique	(°C)	72.13
Pression critique	(bar abs)	49.26
Densité critique	(Kg/m³)	488,90
Densité du liquide (25 °C)	(Kg/m³)	1062
Densité du liquide (-25 °C)	(Kg/m³)	1273
Densité du vapeur saturé (25°C)	(Kg/m³)	4,12
Pression de vapeur (25 °C)	(bar abs)	16.5
Pression de vapeur (-25 °C)	(bar abs)	3.30
Chaleur de vaporisation au point d'ébullition	(KJ/Kg)	276
Chaleur spécifique du liquide (25 °C)	(KJ/Kg K)	1.84
Chaleur spécifique du vapeur (25°C) (1 atm)	KJ/Kg K)	0.83
Conductivité thermique du liquide (25°C)	(W/mk)	0.088
Conductivité thermique du vapeur (25°C) (1 atm)	(W/mk)	0.013
Solubilité dans l'eau (25°C)	ppm	négligeable
Limite d'inflammabilité	(% vol.)	aucune
Toxicité (AEL)	ppm	1000
ODP	-	0
GWP	-	2088*

\* Conformément à IPCC/GIEC-AR4/RE4 (Quatrième Rapport d'Evaluation du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat) – 2007.

### Graphique comparatif température/pression R-22- R-410A



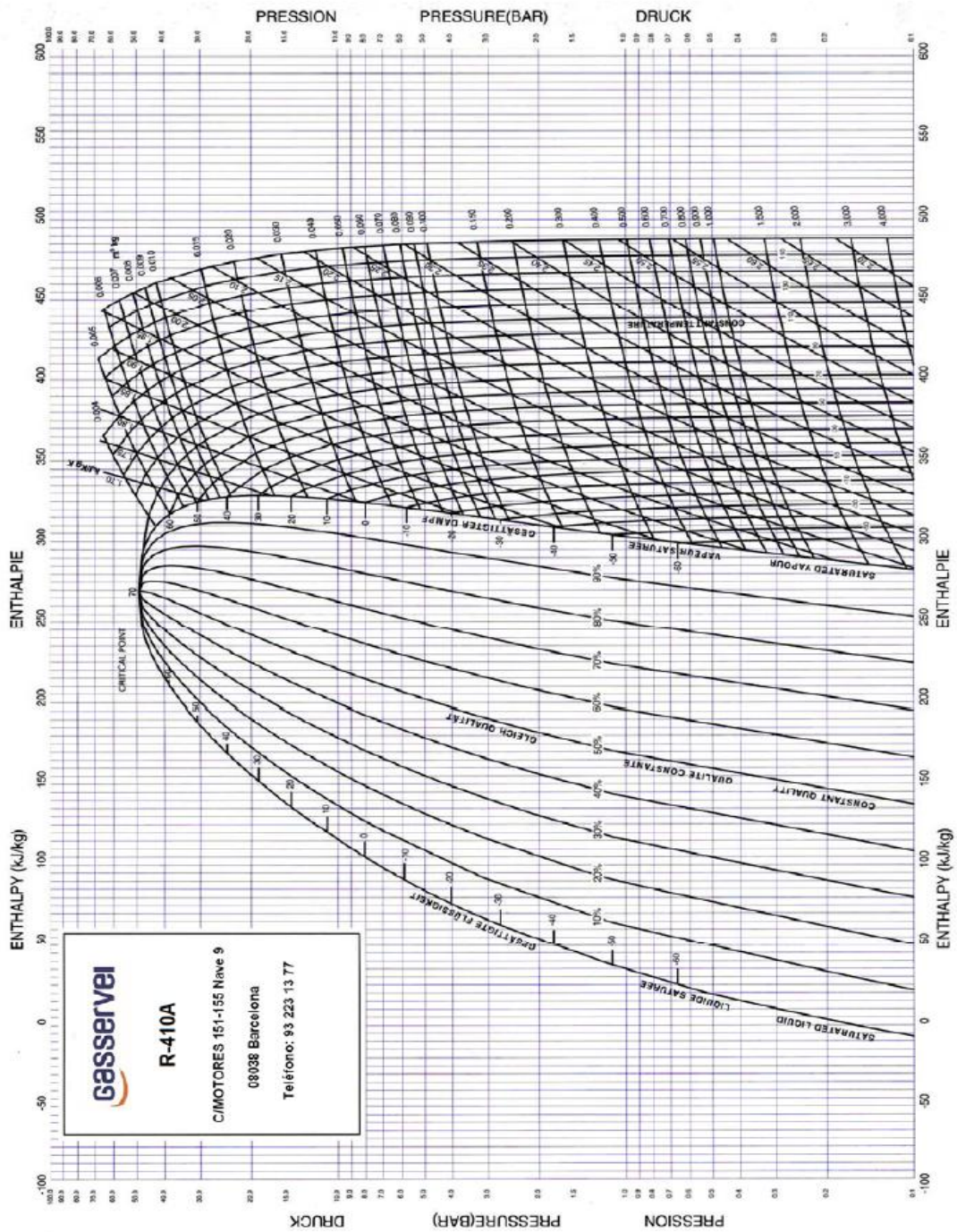
### Tableau de pression / température

TEMP. (°C)	PRESSION ABSOLUE (bar)		DENSITÉ (Kg/m <sup>3</sup> )		ENTHALPIE (kj/Kg)		ENTROPIE (kj/Kg.K)	
	BULLE	ROSÉE	BULLE	ROSÉE	BULLE	ROSÉE	BULLE	ROSÉE
-50	1.124	1.121	1339.59	4.54	136.46	406.37	0.8104	2.0201
-45	1.428	1.424	1323.93	5.67	143.01	409.29	0.8393	2.0066
-40	1.793	1.788	1308.01	7.02	149.62	412.14	0.8679	1.9941
-35	2.228	2.222	1291.79	8.62	156.31	414.92	0.8961	1.9823
-30	2.740	2.732	1275.24	10.48	163.07	417.62	0.9240	1.9712
-25	3.340	3.330	1258.34	12.65	169.91	420.23	0.9517	1.9607
-20	4.036	4.023	1241.03	15.15	176.83	422.74	0.9791	1.9508
-15	4.838	4.821	1223.28	18.04	183.83	425.13	1.0062	1.9413
-10	5.757	5.735	1205.04	21.35	190.92	427.40	1.0331	1.9321
-5	6.802	6.774	1186.27	25.13	198.11	429.52	1.0599	1.9233
0	7.984	7.950	1166.89	29.44	205.41	431.50	1.0864	1.9146
5	9.315	9.274	1146.86	34.34	212.81	433.31	1.1129	1.9061
10	10.805	10.756	1126.10	39.91	220.34	434.94	1.1392	1.8977
15	12.467	12.408	1104.53	46.22	228.00	436.38	1.1655	1.8892
20	14.312	14.241	1182.05	53.38	235.80	437.59	1.1918	1.8807
25	16.351	16.269	1158.55	61.50	243.77	438.56	1.2181	1.8720
30	18.598	18.502	1133.91	70.71	251.91	439.27	1.2445	1.8631
35	21.063	20.954	1107.95	81.18	260.26	439.68	1.2710	1.8538
40	23.760	23.636	980.48	93.12	268.84	439.76	1.2977	1.8442
45	26.701	26.563	951.26	106.79	277.69	439.46	1.3248	1.8339
50	29.899	29.745	919.95	122.55	286.87	438.72	1.3524	1.8229





### Diagramme de Mollier



# **Annaxe III**



# climalife®

Réf. : FF.45 /10.13/V4/ F

## R-22

CHLORODIFLUOROMETHANE  $\text{CHF}_2\text{Cl}$

### SPECIFICATIONS COMMERCIALES GARANTIES

CARACTERISTIQUE STANDARD	VALEUR LIMITE
Pureté garantie	$\geq 99,5$ % poids
Test ion chlorure	négatif
Teneur en eau	$\leq 10$ ppm poids
Acidité (HCl)	$\leq 1$ ppm poids
Teneur en incondensables (phase gazeuse)	$\leq 1,5$ % volume
Résidus haute ébullition	$\leq 0,01$ % volume

### PRINCIPALES APPLICATIONS

Le R-22 est un composé "hydrochlorofluorocarbone (HCFC)" à forte chaleur latente de vaporisation largement utilisé en conditionnement d'air résidentiel, commercial et industriel. Il est aussi employé en basse température (jusqu'à  $-40^\circ\text{C}$ ) pour la congélation et la surgélation. En récupération d'énergie, il permet la réalisation de pompes à chaleur avec des sources chaudes à niveaux thermiques moyens ( $+55^\circ\text{C}$  maximum).

### HUILES

Utiliser une huile minérale (MN) ou une huile alkylbenzène (AB) lors de basses températures d'évaporation. Vérifier auprès de **Climalife** la viscosité de l'huile retenue en fonction de votre application et la miscibilité avec le fluide considéré.

### PRECAUTIONS D'EMPLOI

Se reporter à la Fiche de Données de Sécurité\*.

### REGLEMENTATION

L'usage du R-22 est régi par le règlement européen n° 2037/2000 du 29 juin 2000 :

- utilisation du R-22 totalement interdite en installation neuve au 31.12.2003
- utilisation du R-22 vierge interdite pour la maintenance et l'entretien au 01.01.2010
- utilisation du R-22, même recyclé, totalement interdite au 01.01.2015.

En Europe, la récupération du R-22 est obligatoire au titre du règlement n° 842/2006.

(Se reporter à la réglementation en vigueur dans chaque pays)

\*Retrouvez les Fiches de Données de Sécurité (FDS) directement sur notre site [www.climalife.dehon.com](http://www.climalife.dehon.com)





R-22

climalife®

## PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES DU R-22

Masse molaire	g/mol	86,47
Température de fusion	°C	- 157,42
Point d'ébullition (sous 1,013 bar)	°C	- 40,81
Glissement de température sous 1,013 bar	K	0
Tension de vapeur à :		
25°C	bar	10,44
50°C		19,43
Température critique	°C	96,15
Pression critique	bar absolu	49,9
Densité critique	kg/m <sup>3</sup>	523,8
Chaleur latente de vaporisation au point d'ébullition	kJ/kg	233,7
Conductivité thermique à 25°C		
- liquide	W/(m.K)	0,08365
- vapeur sous 1,013 bar		0,01058
Tension de surface à 25°C	10 <sup>-3</sup> N/m	8,08
Solubilité à 25°C		
- du fluide dans l'eau sous 1,013 bar	% poids	0,3
- de l'eau dans le fluide	% poids	0,13
Viscosité du liquide à 25°C	10 <sup>-3</sup> Pa-s	0,1658
Chaleur massique à 25°C		
- liquide	kJ/(kg.K)	1,257
- vapeur sous 1,013 bar	kJ/(kg.K)	0,662
Rigidité diélectrique à 23°C et sous 1,013 bar		1,3
Indice de Kauri-butanol		25
Ratio Cp/Cv à 25°C sous 1,013 bar		1,185
Inflammabilité dans l'air		inflammable
Point éclair		néant
Classification NF-EN 378		L1
Potentiel d'action sur l'ozone	(R11 = 1)	0,055

Contactez votre distributeur ou le service commercial **Climalife** pour obtenir de plus amples renseignements. De même, si le système frigorifique que vous souhaitez installer ne vous paraît pas correspondre à un cas habituel, nous sommes à votre disposition pour vous donner avis et conseils.

Les renseignements contenus dans cette fiche produit sont les résultats de nos études et de notre expérience. Ils sont donnés de bonne foi, mais ne peuvent en aucun cas constituer de notre part une garantie, ni engager notre responsabilité, particulièrement en cas d'atteinte aux droits des tiers, ni en cas de manquement des utilisateurs de nos produits aux réglementations en vigueur les concernant.

Pour toute information complémentaire, consultez notre site internet :  
[http://www.climalife\\_dehon.com/contact\\_us](http://www.climalife_dehon.com/contact_us)



Copyright© 2013 - dehon service SA - Tous droits réservés.