

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
المركز الجامعي لعين تموشنت
Centre Universitaire Belhadj Bouchaib d'Ain-Temouchent
Institut de Technologie
Département de Génie Mécanique



Projet de fin d'études
Pour l'obtention du diplôme de Master en :
Domaine : Technologie
Filière : Génie Mécanique
Spécialité : Energétique
Thème

Etude et comparaison des performances d'un climatiseur individuel
fonctionnant au R22 et R 410 A

Présenté Par :

- 1) SELMA Romaissaa Feriel
- 2) NEGADI Abedlfatah

Le : 29/06/2020

Devant les jurys composés de :

Bounif Abdelhamid	Pr	C.U.B.B (Ain Temouchent)	Président
Nehari Tayeb	Dr	C.U.B.B (Ain Temouchent)	Encadrant
Benaissa Aek	Dr	C.U.B.B (Ain Temouchent)	Examineur

Année universitaire 2019/2020



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique
Centre Universitaire Belhadj Bouchaib-Ain Temouchent
Institut de Technologie



Formulaire de déclaration sur l'honneur

**Relatif à l'engagement pour respecter les règles d'authenticité scientifique
dans l'élaboration d'un travail de recherche**

(Annexe de l'arrêté n°933 du 28 juillet 2016 fixant les règles relatives à la prévention et la lutte contre le plagiat)

Je soussigne, l'étudiant (e),

Selma Romaisaa Feriel.

Détenteur d'une carte d'étudiant N° 834544 délivrée le 17/04/2012.

Inscrit à l'institut de Technologie au niveau du département Génie Mécanique.

Et chargé de préparer un mémoire de fin d'étude en Master 2.

Intitulé : Etude et comparaison des performances d'un climatiseur individuel fonctionnant au R22
et R 410A.

Déclare sur l'honneur, m'engager à respecter les règles scientifiques, méthodologiques, et les
normes de déontologie professionnelle et de l'authenticité académique requise dans
l'élaboration du projet de recherche suscité.

À Ain-Temouchent, le 20/06/2020

Signature de l'étudiant :



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique
Centre Universitaire Belhadj Bouchaib-Ain Temouchent
Institut de Technologie



Formulaire de déclaration sur l'honneur

**Relatif à l'engagement pour respecter les règles d'authenticité scientifique
dans l'élaboration d'un travail de recherche**

(Annexe de l'arrêté n°933 du 28 juillet 2016 fixant les règles relatives à la prévention et la lutte contre le plagiat)

Je soussigne, l'étudiant (e),

Négadi Abedlfatah.

Détenteur d'une carte d'étudiant N° 106480989 délivrée le 01/11/2017.

Inscrit à l'institut de Technologie au niveau du département Génie Mécanique.

Et chargé de préparer un mémoire de fin d'étude en Master 2.

Intitulé Etude et comparaison des performances d'un climatiseur individuel fonctionnant au R22
et R 410A.

Déclare sur l'honneur, m'engager à respecter les règles scientifiques, méthodologiques, et les
normes de déontologie professionnelle et de l'authenticité académique requise dans
l'élaboration du projet de recherche suscit.

À Ain-Temouchent, le 29/06/2020

Signature de l'étudiant :

Nous remercions Dieu Tout Puissant de nous avoir
donné la force, le courage et la patience pour
l'élaboration de 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 leur 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, nos remerciements vont à tous ceux et à toutes celles, qui ont contribué de près ou de loin à la
réalisation de ce travail avec générosité et un égard exemplaires.

Avec mes sentiments de gratitude les plus profonds, Je dédie ce modeste travail : A ma très chère Mère Hamdi Kheira, en signe d'amour et de gratitude pour m'avoir supporté, soutenu et surtout compris en permanence, pour ces sacrifices, ces encouragements, sa fidélité et sa gentillesse. Sans elle, je ne saurais pu progresser et en arriver à l'achèvement de ce travail.

A mes très chères bougies, Adem Mohamed et Ritadj el molek qui m'ont porté

bonheur.

A mon cher frère Abdel Aziz et mes chers soeurs, Asmâa, Chaimâa et leurs

maris Youcef et Bachir pour leur amour.

A mes chères tantes Fatima et Halima pour leurs gentillesse et leurs soutiens, sans oublié mes cousins Abdel Hakim, Nadir, Nacer ullah et Anis.

A ma grand père Abdel kader, ma grand-mère Mokhtaria lah yramhoum.

A mes chers amis Achref, Ali Cherif, Lakhder, Mohamed, Toufik pour leur

aide et soutien.

A tous mes amies, ma cher binôme Abedlfathah.

A tous ceux qui m'aiment.

Et toute la promotion de mécanique énergétique (2020),

Un Grand Merci...

SELMA Romiassa

Tout en espérant être à la hauteur,

Je dédie ce modeste travail

À ma chère maman qui s'est toujours sacrifié pour ma réussite.
Qui m'a enveloppé de son amour et de son affection.

Le guide de mes désirs, le donneur avec plaisir, à toi, Papa
A ma chère tante et ma cousine Sanâa
Ma fierté et mon pouvoir, qui nous appris vouloir c'est pouvoir, que Dieu te garde à nous,
merci

À tous mes amies, ma cher binôme SELMA Roumiassa

Et toute la promotion de mécanique énergétique (2020).

Un Grand Merci... NEGHADI Abdelfath

Résumé :

Ce mémoire présente l'analyse expérimentale des performances d'un climatiseur individuel à l'aide de deux réfrigérants R22 et R410A. L'effet des différents paramètres de l'analyse des performances (capacité de réfrigération, COP, puissance du compresseur, rapport de pression) ont été étudiés pour diverses températures d'évaporation et température ambiante. Les résultats expérimentaux obtenus ont été conclure que le réfrigérant R22 est meilleur que le R410A en cas de COP, capacité de réfrigération mais pour le rapport de pression et la puissance du compresseur, le R410A affiche de meilleures performances que le R22. Les performances que ce fluide frigorigène est remplacé fin 2015 en raison de leur impact environnemental sévère.

Mots Clés : *R22, R410A, Performances*

الملخص :

تعرض هذه الرسالة التحليل التجريبي لأداء مكيف هواء شخصي باستخدام المبردات R22 و R410A تمت دراسة تأثير المعايير المختلفة لتحليل الأداء (قدرة التبريد، COP ، قدرة الضاغط، نسبة الضغط) لمختلف درجات حرارة التبخر ودرجة الحرارة الغرفة.

النتائج التجريبية التي تم الحصول عليها تم استنتاج أن المبرد R22 أفضل من R410A في حال COP ، سعة التبريد ولكن بالنسبة لنسبة الضغط وقوة الضاغط ، يظهر R410A أداء أفضل من R22 الذي تم استبداله في هذا المبرد في نهاية عام 2015 بسبب تأثيراته الشديدة على البيئة و الانسان.

Abstract :

This work presents the experimental of the air conditioner using coolants R22 and R410A. The effect of different performance analysis parameters (refrigeration capacity, COP, compressor power, pressure ratio) have been studied for various evaporation temperature and ambient temperature.

The experimental results obtained show that the refrigerant R22 is better than R410A in case of COP, refrigeration capacity, but for pressure ratio and compressor power the R410A shows best performance than R22. This refrigerant was replaced at the end of 2015 due to their severe environmental impact.

Keywords: R22, R410a, Performance

Remerciement.....	
.....	04
Dédicace.....	
.....	05
Résumé.....	
.....	07
Abstracts.....	
.....	08
Table	de
matière.....	
.....	10
Liste	des
figures.....	
.....	13
Liste	de
tableaux.....	
.....	15
Nomenclature.....	
.....	16
Introduction	
générale.....	
.....	18

Chapitre I : Généralités sur les chambres froides.

I.1 Historique	du	2
		10

Table de Matières

	froid.....	1
I.2	Modes de production du froid et applications.....	2 2
I.3	Quelques définitions éléments de physiques.....	2 3
	La chaleur.....	2 3
	
	La chaleur sensible.....	2 3
	
	La chaleur latente.....	2 3
	
	La température.....	2 4
	
	L'enthalpie.....	2 4
	
	La puissance.....	2 4
	
	La pression.....	2 5
	
I.4	Le changement d'état.....	2 5
I.5	Procèdes de production de froid.....	2 5
I.5.	Mélange	2

1	réfrigérant.....	6
	
I.5.	Détente d'un gaz	2
2	comprimé.....	6
I.5.	Evaporation d'un liquide	2
3	pur.....	6
I.6	Machine	2
	frigorifique.....	6
	
I.7	Cycle	2
	frigorifique.....	7
	
I.8	Composants principaux d'un circuit	2
	frigorifique.....	7
I.8.	Le fluide	2
1	frigorigène.....	8
	
	Caractéristiques fondamentales d'un fluide	2
	frigorigène.....	9
I.8.	Compresseur.....	2
2	.....	9
I.8.	Condenseur.....	3
3	.....	0
I.8.	Détendeur.....	3
4	.....	1
I.8.	Evaporateur.....	3
5	.....	2
I.9	Cycle de compression de vapeur – Cycle de	3
	réfrigération.....	2

Chapitre II : Les fluides frigorigènes.

II.1	Introduction.....	3
	.....	6
II.2	Fluides frigorigènes utilisés avant 1929.....	3 6
II.3	Dates importantes.....	3 7
II.4	Les classes de réfrigérants.....	3 7
II.5	Les séries de fluides frigorigènes.....	4 0
II.6	La substitution de réfrigérants.....	4 2
II.6.1	Les critères de substitution.....	4 4
II.6.2	Les fluides de substitution.....	4 4
II.7	Les fluides frigorigènes choisis dans le cadre de ce travail.....	4 7
II.8	Classification des fluides frigorigènes en groupes de sécurité.....	4 6
II.9	L'impact des fluides frigorigènes.....	4 8
II.9.1	l'impact sur l'environnement.....	4 8
II.	Indice d'impact.....	4

9.2	.....	8
	ODP : Ozone déplétion	4
	potentiel.....	8
	GWP : Globale warning	4
	potentiel.....	8
II.1	Le réfrigérant	4
0	R410A.....	8
	Généralités.....	4
	.....	8
	Caractéristiques techniques.....	4
	.....	9
	Caractéristiques environnementales.....	4
	.....	9
II.1	Le réfrigérant	5
1	R22.....	0
	.....	0
	Définition.....	5
	.....	0
	Principales applications.....	5
	.....	1
	Huiles.....	5
	.....	1

Chapitre III : L'équipement de climatiseur.

III.1	Introduction.....	5
	.....	4

Table de Matières

III.2	Principe	de	fonctionnement	d'un	5		
	climatiseur.....				4		
III.3	Différents		types	de	5		
	climatisation.....				6		
III.4	Comment	bien	choisir	son	5		
	climatiseur.....				7		
III.4.1	Choisir	en	fonction	du	5		
	climat.....				7		
III.4.2	Choisir	en	fonction	de	5		
	l'espace.....				7		
III.4.3	Choisir	une	clim	en	fonction	du	5
	bruit.....				8		
III.5.	Types			de	5		
	climatiseurs.....				8		
						
III.6	Éléments			d'un	6		
	climatiseur.....				0		
III.7	Mettre	en	service	une	6		
	climatisation.....				1		
III.8	Comment	régler	la	température	d'une	climatisation	6
	réversible.....				2		

Chapitre IV : Résultats et discussion.

IV.1	Montage				6
	expérimentale.....				4
				
IV.2	Analyse	des	paramètres	de	6
	performance.....				5

Table de Matières

IV.3	Calcul de la puissance d'un évaporateur mesurée sur site.....	6
IV.3.1	Evaporateur (en Watts).....	6
IV.3.2	La puissance du compresseur.....	6
IV.4	Résultat et discussion.....	6
	.....	7
	Conclusion générale.....	7
	.....	3
	Annexes.....	7
	.....	5
	Références bibliographiques.....	8
	.....	6

Liste Des Figures

Figure 01	Changements d'états de la matière.....	25
Figure 02	Diagramme énergétique d'une machine frigorifique.....	27
Figure 03	Schéma de base d'une machine frigorifique.....	28
Figure 04	Schéma du compresseur (Aspiration et Refoulement).....	30
Figure 05	Condenseur à air.....	31
Figure 06	Détendeur type capillaire.....	31
Figure 07	Evaporateur.....	32
Figure 08	Cycle de compression de vapeur.....	33
Figure 09	Diagramme enthalpique R-410A.....	51
Figure 10	Diagramme enthalpique R-22.....	52
Figure 11	Les gaz R22 et R410a.....	52
Figure 12	Climatiseur individuel.....	54
Figure 13	Unité intérieure.....	55
Figure 14	Plaques de fixations.....	55
Figure 15	Les coupleurs rapides.....	55
Figure 16	Isolants.....	55
Figure 17	Unité extérieure.....	55
Figure 18	Câble de liaison frigorifique.....	55
Figure 19	Boitier multi-branchement.....	56
Figure 20	Tube d'évacuation.....	56
Figure 21	Climatiseurs monobloc à tuyau unique.....	60
Figure 22	Climatiseurs monobloc à double tuyau.....	60

Liste Des Figures

Figure 23	Climatiseurs split mobiles.....	60
Figure 24	Climatiseurs à fenêtre.....	60
Figure 25	Climatiseurs mural.....	60
Figure 26	Climatiseur bibloc mobile.....	60
Figure 27	Cycle d'unité expérimentale.....	64
Figure 28	Unité d'essai expérimental de climatiseur.....	65
	Unité ouverte.....	65
	Unité fermée.....	65
Figure 29	Cycle de compression de vapeur théorique.....	67
	Diagramme T-S.....	67
	Diagramme P-H.....	67
Figure 30	Variation de la capacité de réfrigération avec la température d'évaporation.....	68
Figure 31	Variation de la puissance du compresseur avec la température d'évaporation.....	68
Figure 32	Effet de la température de l'air ambiant sur la capacité de réfrigération.....	69
Figure 33	Effet de la température de l'air ambiant sur le coefficient de performance (COP).....	70
Figure 34	Effet de la température de l'air ambiant sur la puissance du compresseur.....	70
Figure 35	Effet de la température de l'air ambiant sur le rapport de pression.....	71

Liste des tableaux

Tableau	Fluides	
01 :	frigorigènes.....	29
Tableau	Autres	
02 :	fluides.....	29
Tableau	Fluides	
03 :	frigorigènes.....	43
Tableau	Propriétés du mélange frigorigène	
04 :	R410A.....	50
Tableau	Propriétés du mélange frigorigène	
05 :	R22.....	51
Tableau	Spécifications de l'unité de test du	
06 :	climatiseur.....	56

Nomenclature :

T	Température	°C
h	Enthalpies spécifique	KJ/kg
S	Entropies	J/kg
W	Travail	J/Kg
V	Volume spécifique	m ³ /kg
P	Pression	K.Pascal
Cp	Capacité calorifique à P=cste,	J/kg.K
Cv	Capacité calorifique à V=cste,	J/kg.K
T _{con}	Température de condensateur	K
T _{évap}	Température d'évaporateur	K
hi	Coefficient de convection intérieur	
he	Coefficient de convection extérieur	
λ	Conductivité thermique	W/m.K
k	Coefficient de transmission thermique	W/m ² .k
Φ	Flux de chaleur	W
Wc	Travail massique du compresseur	KJ/kg
R	Resistance thermique	W/m ² .k

Abréviations :

Abréviations	Désignation
HP	Haute pression
BP	Base pression
COP	Coefficient de performance
EER	coefficient d'efficacité frigorifique
ODP	Potentiel d'appauvrissement de la couche d'ozone
Comp	Compresseur
GWP	Potentiel de réchauffement climatique
HCFC	HydrochloroFluro Carbon
HC	Hydrocarbon
Th	Thermomètre

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Au cours de la dernière décennie, le nombre de réfrigérants utilisés dans l'unité de réfrigération a considérablement augmenté du fait de l'élimination de la CFC et HCFC. Récemment, l'appauvrissement de la couche d'ozone potentiel (ODP) et potentiel de réchauffement climatique (GWP) sont devenus les critères les plus importants du développement d'un nouveau fluide frigorigène en dehors du fluide frigorigène CFC et HCFC. Malgré le GWP élevé alternative aux réfrigérants CFC et HCFC tels que fluides frigorigènes hydrofluorocarbures (HFC) avec leur zéro ODP ont été préférés pour une utilisation dans de nombreuses applications domestiques intensivement pendant des décennies. HFC réfrigérant ont également des spécifications appropriées telles que inflammabilité, stabilité et pression de vapeur similaire à la réfrigérant CFC et HCFC .R22 est l'un des réfrigérants importants utilisés dans la climatisation partout le monde. Le R22 est une substance réglementée Protocole de Montréal. Il doit être totalement éliminé en 2015. En Europe, les HCFC ont déjà été éliminés en 2002. Option de remplacement du climatiseur R22, pompe à chaleur et le système de réfrigération peuvent être regroupés en trois catégories sont les fluorocarbures, qui sont utilisés dans cycle de compression de vapeur conventionnel tel que R134a, R410A, R407C, fluide alternatif comprenant du propane R290 et R717 et sont également utilisés en compression de vapeur cycle, et enfin des cycles alternatifs qui incluent systèmes d'absorption et utiliser des fluides transcritiques (CO₂) et cycle de l'air. En général, ces technologies alternatives n'offrent actuellement la même efficacité énergétique que la vapeur cycle de compression.

Le réfrigérant HFC est considéré comme l'un des gaz à effet de serre cible fixés dans le cadre du protocole de Kyoto de la Convention-cadre des Nations Unies sur le climat (CCNUCC). En 1997, protocole de Kyoto a été approuvé par de nombreux pays a appelé à la réduction des émissions de gaz à effet de serre, y compris les réfrigérants HFC [4].

La présence d'atomes de fluor dans le R134A est responsable pour l'impact environnemental majeur (GWP) avec de graves implications pour le développement futur de l'industrie basée sur la réfrigération.

Le réfrigérant R410A est un azéotrope proche mélange de R32 et R125 avec une température critique de 72,5°C et une pression critique de 4,95 MPa. Son potentiel d'appauvrissement de la couche d'ozone est nul et il a été adopté dans l'air système de climatisation et de pompe à chaleur pour résidentiel application. Le R410A a une capacité de refroidissement volumétrique élevée, ce qui signifie que ce réfrigérant peut absorber des quantités de chaleur de l'air pour un volume unitaire de réfrigérant dans un évaporateur à détente directe. R410A fonctionne à des pressions plus élevées que R22 et son GWP est de 2100 [3]. Plusieurs chercheurs ont étudié les réfrigérants qui pourrait potentiellement moderniser le R410A en climatisation système. En Inde, environ un million de climatiseurs individuels sont fabriqués dans différentes capacités chaque année avec le réfrigérant R22, qui appauvrit gravement l'ozone couche et contribuent à l'effet de serre.

- Le chapitre I ; présente généralités sur les froids ○ Le chapitre II est consacré à une étude détaillée sur les fluides frigorigènes.
- 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 deux réfrigérants R22 et son remplaceant R410A.

Finalemment le travail est clôturé par une conclusion générale.

I. GÉNÉRALITÉS SUR LES FROIDS

I.1. Historique du froid

Produire du froid est un procédé relativement récent à l'échelle historique. Durant l'antiquité, Grecs et Romains conservaient le froid hivernal sous forme de neige ou de glace stockée dans des abris souterrains isolés à l'aide de paille ou de foin, ce qui permettait de rafraîchir les boissons et la nourriture même pendant l'été. C'est durant cette même période de l'histoire que l'on découvrit que l'on pouvait obtenir des températures plus basses en mélangeant de la glace pilée et du sel marin. Plus récemment, au XIX^{ème} siècle, la production de froid se développa très rapidement avec l'avancement des connaissances en électricité [5].

- 1805 : La première machine frigorifique à compression d'éther est imaginée par l'Américain Evans.
- 1835 : Un autre Américain, Perkins, réalise à Londres le premier circuit frigorifique avec de l'éther comme fluide frigorigène. Cette machine, qui fabrique de la glace, n'a pas retenu l'attention des industriels. L'industrie du froid ne prend son essor que plusieurs dizaines d'années plus tard, notamment avec l'emploi des moteurs électriques.
- 1844 : Création de la machine frigorifique à air.
- 1859 : Apparition de la première machine frigorifique à absorption.
- 1913 : Le premier réfrigérateur domestique fait son apparition.
- 1919 : La marque Frigidaire fait son apparition.
- 1928 : Découverte des molécules de CFC 12 par Midgley&Henne de la division Frigidaire de General Motors.
- 1931 : La fabrication industrielle commence avec Electrolux.
- 1950 - Démocratisation des réfrigérateurs.
- 1964 : Les réfrigérateurs à 2 portes font leurs apparitions.
- Années 70 : Les appareils s'accessoirisent : lumière, différents compartiments.
- Années 80 : Apparitions des premiers réfrigérateurs combinés et des appareils bimoteurs.
- Années 90 : De nouveaux gaz plus propres sont utilisés.
- Années 2000 : Le véritable défi devient l'environnement.

I.2. Modes de production du froid et applications :

La production du froid qui consiste à absorber la chaleur contenue dans un milieu peut être obtenue suivant plusieurs modes. De même, les applications du froid sont très variées. Parmi les différentes modes de production du froid, il faut retenir : la sublimation d'un solide (cas du CO₂) la détente d'un gaz comprimé la fusion d'un corps solide le refroidissement thermoélectrique la dissolution de certains sels la désaimantation adiabatique la vaporisation

d'un liquide en circuit fermé. La sublimation d'un solide consiste à le faire passer de l'état solide à l'état vapeur par absorption de chaleur, le cas le plus courant est celui du CO₂ qui à la pression atmosphérique a une température de sublimation de 78.9 C. La détente d'un gaz comprimé repose sur le principe de l'abaissement de la température d'un fluide lors de sa détente (avec ou sans travail extérieur). Cependant, cet abaissement est plus important lors de la détente sans travail extérieur (détente Joule -Thomson : étranglement à travers une vanne) mais il ne faut pas perdre de vue que le refroidissement du gaz détendu aura lieu seulement dans le cas où sa température avant la détente serait inférieure à la température d'inversion de l'effet Joule - Thomson. La fusion d'un corps solide se fait à température constante par absorption de la chaleur latente de fusion du corps considéré, ce procédé discontinu bien que simple présente l'inconvénient de nécessiter une congélation préalable à moins que cet état ne soit disponible à l'état naturel. Le refroidissement thermoélectrique (effet Peltier) est utilisé pour produire de très petites quantités de froid. Il consiste à faire passer un courant continu dans un thermocouple constitué de conducteurs de natures différentes reliés alternativement par des ponts de cuivre. La dissolution d'un sel dans l'eau provoque un abaissement de la température de la solution. Ce n'est pas un phénomène très utilisé dans l'industrie frigorifique à cause de la nécessité de vaporisation ultérieure de l'eau (récupération du sel). Par exemple, le mélange de neige (4 parties) et de potasse (3 parties) fait baisser la température de la solution de 0 °C à 40°C. La désaimantation adiabatique consiste en une réorganisation du cortège électronique d'un corps, ce qui permet l'obtention de très basses températures (10-2 à 10-6 K). La vaporisation d'un liquide permet de produire du froid par l'absorption de la chaleur à travers un échangeur (évaporateur).

Pour production de froid il y a deux type :

- La production d'une force motrice ou « travail ».
- La production de froid ou la revalorisation de la chaleur.

I.3. Quelques définitions éléments de physiques :

a. La chaleur :

La chaleur est une forme d'énergie (énergie de mouvement des molécules) qui va d'un point chaud (température plus élevée) vers un point froid (température moins élevée). C'est la sensation perçue par nos organes de sens lorsque nous sommes placés devant un corps incandescent par exemple.

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 :

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

en joule (J) ou en calorie (cal) c : chaleur massique

du corps en J/°K m : masse du corps en kg

b. La chaleur sensible :

La chaleur sensible modifie la température d'une matière. Par opposition à la chaleur latente qui modifie l'état physique d'une matière (solide, liquide ou gazeux). *Exemple : La chaleur thermique massique de l'eau étant en moyenne de 4,19 kJ/kg.K, il faut fournir 419 kJ pour chauffer un litre d'eau de 0°C à 100°C.*

$$Q = mc (T_{\text{finale}} - T_{\text{initiale}}) \quad (I.01)$$

c. La chaleur latente :

La chaleur latente change l'état physique d'une matière. Par opposition à la chaleur sensible qui modifie la température d'une matière.

Quelle que soit la matière, on parle de :

- chaleur de liquéfaction : chaleur nécessaire pour passer de l'état solide à l'état liquide.
- chaleur de vaporisation : chaleur nécessaire pour passer de l'état liquide à l'état gazeux. et inversement.
- chaleur de condensation : chaleur nécessaire pour passer de l'état gazeux à l'état liquide.
- chaleur de solidification : chaleur nécessaire pour passer de l'état liquide à l'état solide.

Les changements d'état absorbent des quantités de chaleur nettement plus élevées que les processus d'échauffement ou de refroidissement dans les plages de température usuelles en chauffage ou climatisation.

Certains matériaux sont sélectionnés pour l'importance de leur chaleur latente à un niveau de température déterminé : ce sont les matériaux à changement de phase, ou sels à changement de phase.

$$Q = mL \quad (I.02)$$

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

m : masse du corps en kg.

L : en J/kg.

d. La température :

On appelle température la grandeur physique qui mesure le degré de chaleur d'un corps ou d'un milieu. Lorsque deux corps sont placés dans une enceinte adiabatique, le corps le plus chaud cède de la chaleur au corps le plus froid, jusqu'à ce que les deux corps aient la même température. On dit alors qu'on a atteint l'équilibre thermique. La température est une propriété thermodynamique du corps et mesure l'agitation microscopique de la matière. Selon

la théorie cinétique, la température d'un corps est fonction de l'énergie cinétique moyenne de translation de ses molécules. L'énergie cinétique d'un corps est nulle à une température appelée zéro absolu. Les températures dans le S.I. sont exprimées en degrés Celsius ($^{\circ}\text{C}$) mais dans la littérature, on rencontre les degrés Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$) et les degrés Kelvin ($^{\circ}\text{K}$)

e. L'enthalpie :

L'enthalpie représente une énergie contenue dans un fluide ou plus exactement l'énergie totale gagnée ou perdue par un fluide au cours du cycle frigorifique. Elle s'exprime en kJ/kg (Kilojoule/Kilogramme de fluide), sur le diagramme on retrouve l'échelle des enthalpies en abscisse.

f. La puissance :

La puissance est le rapport de l'énergie fournie ou absorbée sur l'unité de temps.

L'unité légale est le Watt (W).

g. La pression :

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

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.4 Le changement d'état :

La maîtrise des deux états de la matière que sont la phase liquide et la phase vapeur est primordiale en froid.

Le changement d'état se définit comme la phase de transformation d'une phase vers une autre phase.

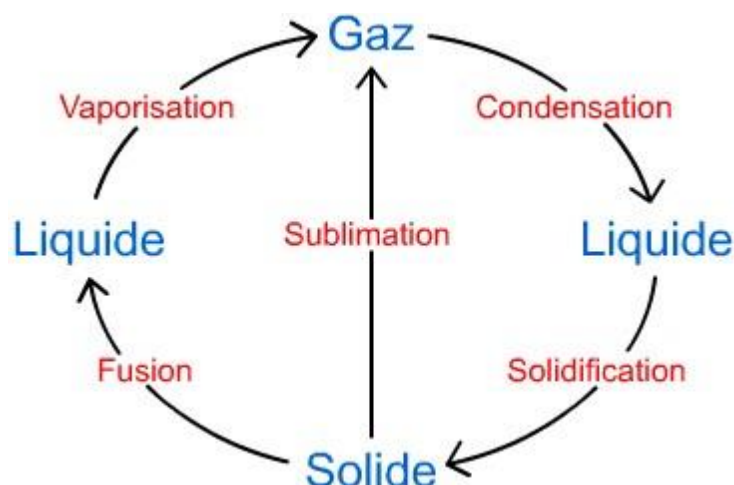


Figure 01 : Changements d'états de la matière [4].

I.5. 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.

I.5.1 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°C à $- 25^{\circ}\text{C}$.

Neige + Acide chlorhydrique 0°C à $- 32^{\circ}\text{C}$.

+ Chlorure de calcium 0°C à $- 41,5^{\circ}\text{C}$.

- Glace carbonique + chlorure de méthyle, jusqu'à $- 82^{\circ}\text{C}$.

I.5.2 Détente d'un gaz comprimé :

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

I.5.3 Evaporation d'un liquide pur :

Ce moyen reste le seul utilisé pour les besoins industriels et domestiques, en réfrigération, en congélation et en conditionnement d'air. L'évaporation d'un liquide pur donne lieu à trois types de machine frigorifique :

- machines à évaporation et compression d'un gaz liquéfiable.
- machines à absorption.
- machines à évaporation d'eau.

I.6 Machine frigorifique :

Une machines frigorifique, est une machine thermodynamique destinée à maintenir un local ou un milieu à une température inférieure à celle du milieu environnant.

C'est donc un système qui transfère des calories d'un milieu à bas niveau de température vers un milieu où la température est supérieure.

L'écoulement naturel de la chaleur s'effectuant toujours d'un corps chaud vers un corps froid, donc on peut définir également la machine frigorifique comme un matériel permettant de réaliser l'écoulement de chaleur inverse du sens naturel, c'est-à-dire d'un milieu froid vers un milieu plus chaud. Une dépense d'énergie sera bien entendu inévitable pour réaliser ce transfert inverse. L'énergie nécessaire pour assurer le transfert doit être inférieure à l'énergie calorifique utile pour que le système ait un quelconque intérêt [3].

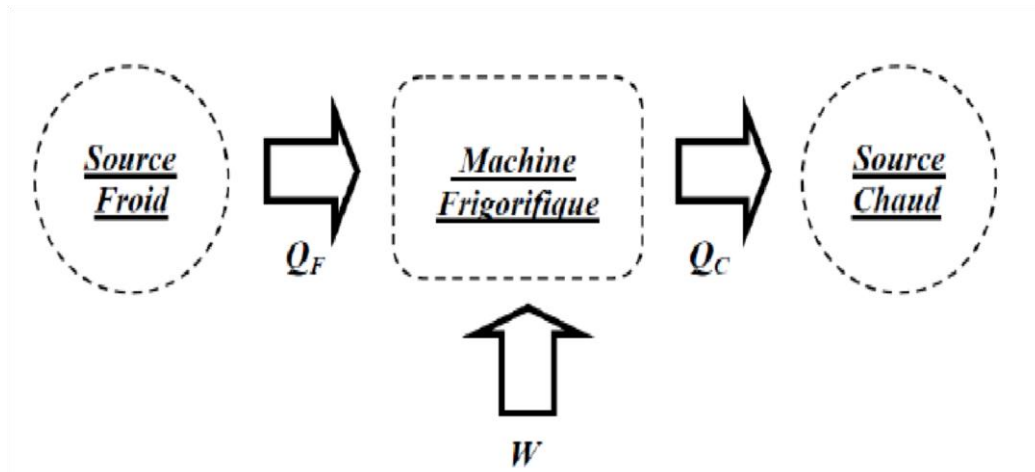


Figure 02 : Diagramme énergétique d'une machine frigorifique [4].

I.7 Cycle frigorifique :

Le cycle frigorifique est un cycle thermodynamique. Il permet d'abaisser la température d'un milieu relativement froid (la source froide) et simultanément d'augmenter la température d'un autre milieu relativement chaud (la source chaude) au moyen d'une dépense d'énergie mécanique.

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

I.8 Composants principaux d'un circuit frigorifique :

Pour réaliser un circuit frigorifique, il faut au moins cinq 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 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 passé dans l'évaporateur, le fluide frigorigène revient au compresseur et le cycle frigorifique recommence.

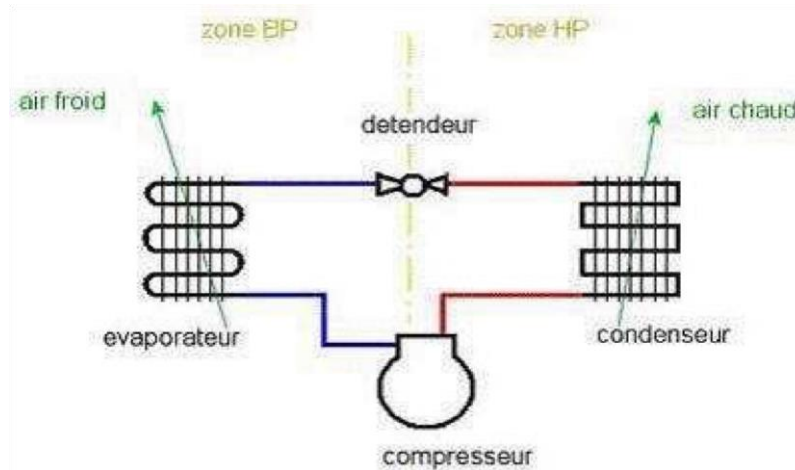


Figure 03 : Schéma de base d'une machine frigorifique [4].

I.8.1. Le fluide frigorigène :

Un fluide frigorigène (ou réfrigérant) est un fluide pur ou un mélange de fluides purs présents en phase liquide, gazeuse ou les deux à la fois en fonction de la température et de la pression de celui-ci. C'est un agent de transmission thermique qui, dans un système frigorifique, s'évapore à basse température et à basse pression et fournit de la chaleur en se condensant à une température et pression plus élevée.

Le rôle d'un fluide frigorigène est d'absorber de la chaleur à l'évaporateur et d'en rejeter au condenseur. Les fluides plus utilisés sont :

- le R 22 qui est un HCFC (hydrochlorofluorocarbure) dont l'utilisation sera interdite à compter du 1er janvier 2015.
- les HFC (hydrofluorocarbures), inoffensifs vis-à-vis de la couche d'ozone mais participent à l'effet de serre.

Fluides	Composants	Utilisation générale
R134 a	Fluide pur	Groupes de grande puissance Au-delà de 500 kW à 5 300 kW froid (vis et centrifuges)
R404 A	Mélange : R125 + 134a + 143a	Agroalimentaire, froid commercial
R407 C	Mélange : R32 + R125 + 134 a	Groupes de 5 à 600 kW froid (scroll, vis, pistons)
R410 A	Mélange : R32 + R125	Climatiseurs résidentiels et tertiaires 35 à 700 kW froid (scroll)

Tableau 01 : Fluides frigorigènes.

Fluides	Composants	Utilisation générale
R717	Fluide pur Ammoniac (NH3)	Réglementation sévère en France : toxicité, inflammabilité Utilisé dans l'industrie
R744	Fluide pur CO2	Utilisé dans l'industrie

Tableau. 02 : Autres fluides.

I.8.1.1 Caractéristiques fondamentales d'un fluide frigorigène :

Le fluide frigorigène est une substance qui évolue dans les circuits des installations. Grace aux phénomènes endothermiques et exothermiques qui résultent des transformations qu'il subit, il permet d'absorber la chaleur à la source froide et d'en rejeter à la source chaude.

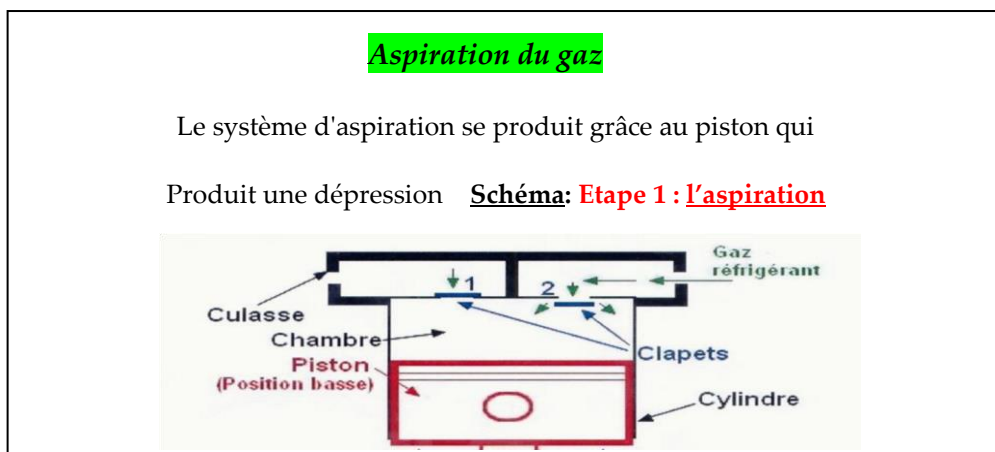
Pour qu'une substance puisse jouer le rôle d'un fluide frigorigène, il faut que:

- Son point d'ébullition soit le plus bas possible à la pression atmosphérique.
- La pression de condensation ne soit pas trop élevée.
- Elle ne doit attaquer ni l'huile ni les métaux du circuit frigorigène.
- Elle doit être peu toxique que possible, inflammable et non explosive.

I.8.2. Compresseur :

Le compresseur est indispensable. Sans lui, le fonctionnement de la chambre froide est impossible. Le compresseur aspire le gaz à basse pression et à basse température. L'énergie mécanique du compresseur va permettre une élévation de la pression et de

la température.



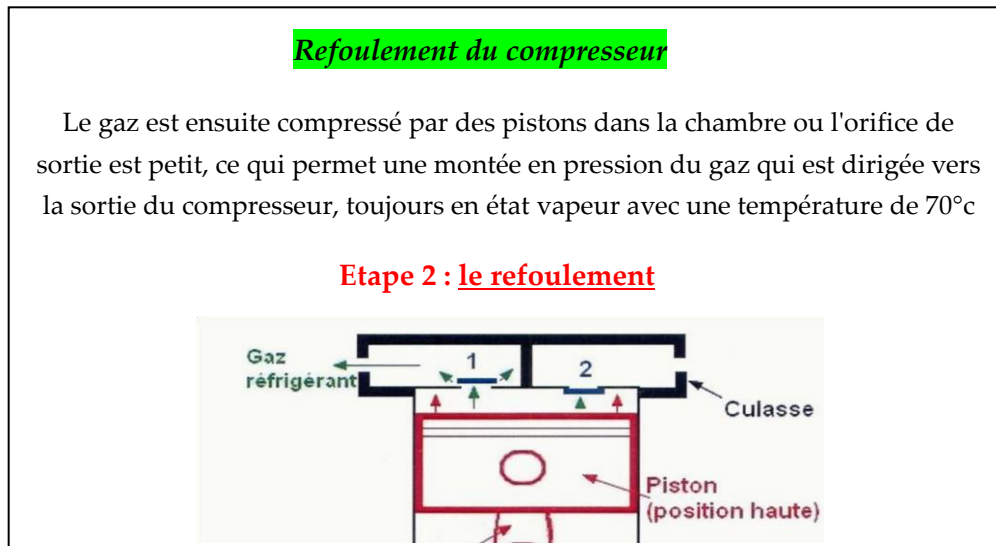


Figure 04 : Schéma du compresseur (Aspiration et Refoulement) [4].

I.8.3. Condenseur :

Le condenseur est un échangeur de chaleur qui va permettre l'évacuation de la chaleur contenue dans le fluide frigorigène gazeux issu du compresseur en le liquéfiant. Cette condensation (liquéfaction) est obtenue par le refroidissement du fluide frigorigène gazeux à pression constante par un médium qui peut être de l'eau ou de l'air.

Cette évacuation de chaleur s'effectue en trois étapes :

- ✓ la désurchauffe des vapeurs de fluide frigorigène (évacuation par chaleur sensible – tronçon AB).
- ✓ la condensation des vapeurs (évacuation par chaleur latente – étape principale – tronçon BC).

Le sous refroidissement du fluide frigorigène liquide (évacuation par chaleur sensible – tronçon CD).

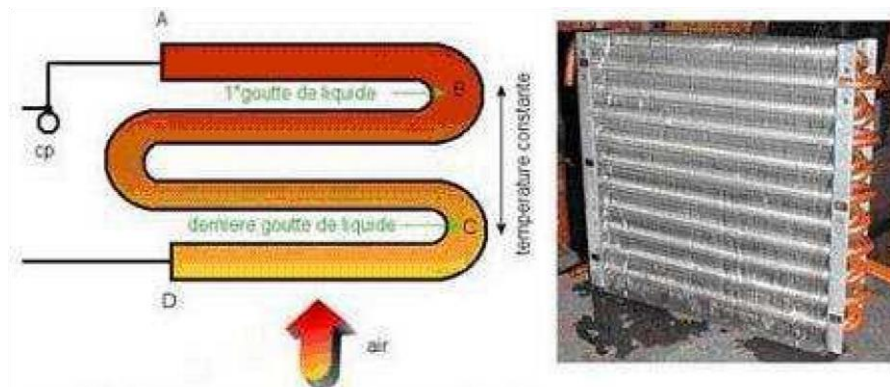


Figure 05 : condenseur à air [4].

I.8.4. Détendeur :

Le détendeur permet de réduire la pression du fluide frigorigène liquide (création de pertes de charge) issu du condenseur avant son introduction dans l'évaporateur dans le but de permettre sa vaporisation à basse température dans l'évaporateur.

Il règle aussi la quantité de fluide frigorigène liquide arrivant à l'évaporateur en fonction des besoins de "froid" (uniquement pour les détendeurs thermostatiques). Pour les détendeurs du type capillaire (tubes capillaires), le débit du fluide frigorigène arrivant dans l'évaporateur est fonction du diamètre intérieur (de 0.6 à 1.5 mm) et de la longueur (de 1.80 à 3.50 m) du tube ainsi que de la différence de pression entre le condenseur et l'évaporateur.

C'est un dispositif de détente de la haute pression en basse pression généralement par laminage, au travers duquel le fluide frigorigène s'écoule vers l'évaporateur.

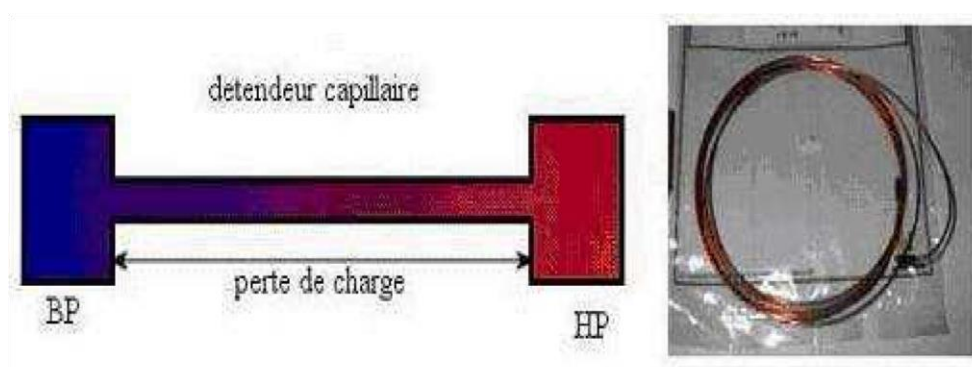


Figure 06 : détendeur type capillaire [4].

I.8.5. Evaporateur :

L'évaporateur est un échangeur de chaleur dans lequel le fluide frigorigène liquide à bas niveau de température et de pression va absorber la chaleur du milieu à refroidir (air ou eau) à pression constante devenant ainsi gazeux.

Cette absorption de chaleur s'effectue en deux étapes :

- ✓ l'évaporation du fluide frigorigène liquide (aspiration de chaleur latente – étape principale – tronçon AB).
- ✓ la surchauffe des vapeurs issues de l'évaporation du fluide frigorigène liquide (aspiration de chaleur sensible – tronçon BC).

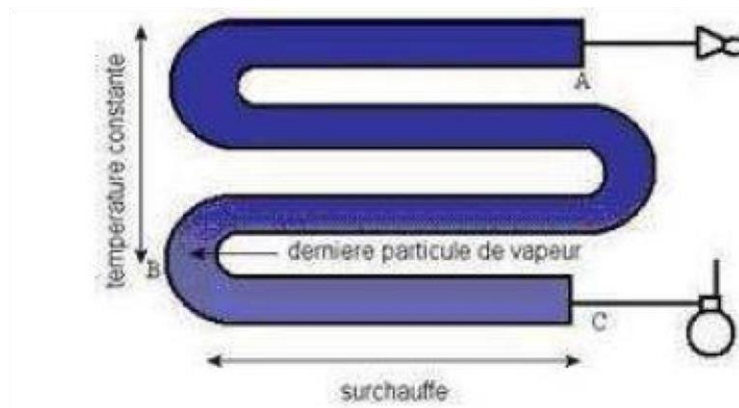


Figure 07 : Evaporateur [4].

I.9 Cycle de compression de vapeur – Cycle de réfrigération :

La compression de vapeur utilise comme fluide (généralement le R134a) un fluide frigorigène à circulation qui absorbe et élimine la chaleur de l'espace à refroidir, puis la rejette ailleurs. La figure illustre un système typique à compression de vapeur à un étage. Le système typique de compression de vapeur comprend quatre composants [11].

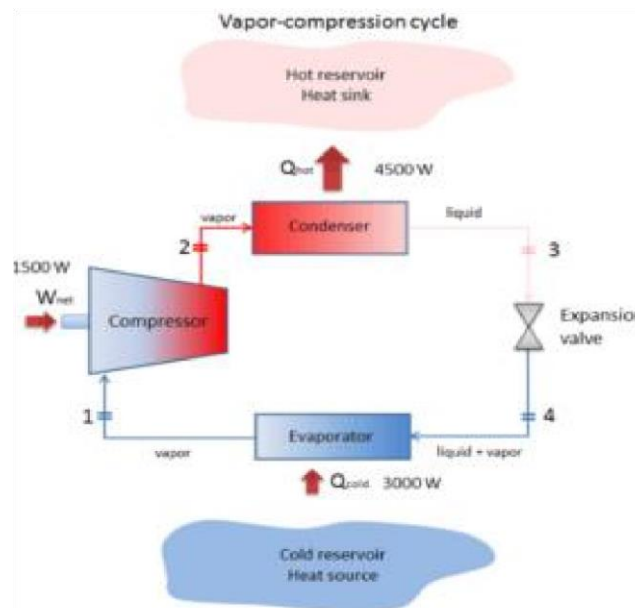


Figure 08 : Cycle de compression de vapeur.

Dans un cycle de compression de vapeur idéal, le système qui exécute le cycle subit quatre processus : un processus isentropique (adiabatique réversible), un processus d'étranglement alternant avec deux processus isobares :

- **Compression isentropique (compression dans le compresseur à piston) :** Un réfrigérant en circulation, tel que le R134a, pénètre dans un compresseur sous forme de vapeur à basse pression à une température légèrement inférieure à la température de l'intérieur du réfrigérateur. Le milieu gazeux est comprimé de manière adiabatique de l'état 1 à l'état 2 par un compresseur à piston (ou par des pompes centrifuges) à une

pression et à une température relativement élevées. Les environs travaillent sur le gaz, augmentant son énergie interne (température) et le comprimant (augmentant sa pression). Par contre, l'entropie reste inchangée. Le travail requis pour le compresseur est donné par $W_c = H_2 - H_1$.

- **Rejet de chaleur isobare (dans un condenseur)** : La vapeur surchauffée voyage sous pression à travers des serpentins ou des tubes qui composent le condenseur. Dans cette phase, le réfrigérant passe à travers le condenseur, où il se condense et la chaleur est transférée du réfrigérant à l'environnement plus frais. La chaleur nette rejetée est donnée par $Q_{re} = H_3 - H_2$. Lorsque le réfrigérant quitte le condenseur, celui-ci est toujours sous pression mais il ne dépasse que légèrement la température ambiante.
- **Procédé isenthalpique (détente dans un détendeur)** : Le réfrigérant à l'état 3 pénètre dans le détendeur et se dilate à la pression de l'évaporateur. Ce processus est généralement modélisé comme un processus de régulation pour lequel l'enthalpie reste constante. $H_4 = H_3$. La brusque diminution de la pression entraîne une évaporation instantanée ressemblant à un explosif d'une partie (généralement environ la moitié) du liquide. La chaleur latente absorbée par cette évaporation instantanée provient principalement du réfrigérant adjacent encore liquide, un phénomène connu sous le nom d'*autoréfrigération*.
- **Addition de chaleur isobare (dans un évaporateur)** : Le réfrigérant froid et partiellement vaporisé continue à travers les serpentins ou les tubes de l'unité de l'évaporateur. Dans cette phase (entre les états 4 et 1), il se produit un transfert de chaleur à pression constante vers le milieu liquide à partir d'une source externe, car la chambre est ouverte aux flux entrant et sortant. Lorsque le réfrigérant traverse l'évaporateur, le transfert de chaleur de l'espace réfrigéré entraîne la vaporisation du réfrigérant. La chaleur nette ajoutée est donnée par $Q_{add} = H_1 - H_4$

Au cours d'un cycle de compression de vapeur, les pompes effectuent un travail sur le fluide entre les états 1 et 2 (compression isentrope). Le fluide n'effectue aucun travail car entre les étapes 3 et 4, le processus est isenthalpique. Le fluide de travail dans un cycle de compression de vapeur suit une boucle fermée et est réutilisé en permanence

II. LES FLUIDES FRIGORIGÈNES

II.1 Introduction :

Un fluide frigorigène (ou réfrigérant) est un fluide qui permet la mise en œuvre d'un cycle frigorifique. Il peut être pur ou être un mélange de fluides purs présents en phase liquide, gazeuse ou les deux à la fois en fonction de la température et de la pression de celui-ci. Le fluide absorbe la chaleur à basse température et basse pression, puis libère la chaleur à une température et une pression plus élevées, généralement par un changement d'état. Les fluides frigorigènes sont utilisés dans les systèmes de production de froid (climatisation, congélateur, réfrigérateur, etc.), comme dans les systèmes de production de chaud par pompes à chaleur. Ces mêmes fluides peuvent tout aussi bien se retrouver dans d'autres applications mettant en œuvre d'autres cycles thermodynamiques, tel que, par exemple, les turbines à vapeur, et perdent alors ou non, suivant le contexte, leur qualificatif de fluide frigorigène [1].

On distingue parmi les gaz réfrigérants différentes catégories de molécules :

- les chlorofluorocarbures (CFC) ;
- les hydrochlorofluorocarbures (HCFC) ;
- les hydrofluorocarbures (HFC) ;
- les perfluorocarbures (PFC) ou hydrocarbures perfluorés ;
- les hydrocarbures ou composés organiques ne faisant pas partie des catégories précédemment citées ;
- les composés inorganiques comme l'ammoniac ;
- le CO₂, abandonné lors de la découverte des gaz fluorés et de leurs propriétés, mais de nouveau utilisé aujourd'hui.
- le R718 (eau)
- le R728 (air)

II.2 Fluides frigorigènes utilisés avant 1929 :

Les principaux gaz utilisés avant 1929 pendant la première période du froid artificiel, étaient :

le dioxyde de soufre (SO₂) ;

- le chlorométhane (CH₃Cl) ;
- le dioxyde de carbone (CO₂) ;
- le chloroéthane (C₂H₅Cl) ;
- l'ammoniac (NH₃) [1].

Tous ces fluides avaient des propriétés thermodynamiques intéressantes mais ils présentaient tous un inconvénient, par exemple un danger pour l'homme de par leur toxicité (SO_2 , CH_3Cl , $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$, NH_3) ou du fait qu'ils étaient combustibles (CH_3Cl , $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$, NH_3) ou demandaient des tubes et compresseurs à très haute pression (CO_2).

II.3 Dates importantes :

* En 1987, le protocole de MONTREAL limite la production des CFC : Ce protocole a été régulièrement révisé. La production des CFC s'est terminée le 31 décembre 1994.

* En 1992, la conférence de COPENHAGUE limite la production des HCFC au niveau de 1989.

A ce jour, on prévoit l'utilisation des HCFC jusqu'en 2015. Le décret du 7 décembre 1992 oblige les industriels à récupérer les FF contenu dans les installations frigorifiques.

II.4 Les classes de réfrigérants :

Les fluides frigorigènes sont identifiés par une numérotation qui est définie par le standard ASHRAE 34 et par la norme internationale ISO 817. Elle concerne aussi bien les fluides halogénés que les fluides naturels.

Les fluides frigorigènes actuellement utilisés peuvent être subdivisés en quatre groupes principaux

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

➤ LES SUBSTANCES INORGANIQUES PURES :

Les fluides de cette famille sont principalement composés :

- d'eau (H_2O)
- d'ammoniac (NH_3)
- et de dioxyde de carbone (CO_2)

FLUIDES INORGANIQUES PURS		
R717	R718	R744

➤ FAMILLE DES FLUIDES HYDROCARBURES :

Les fluides de cette famille peuvent être composés :

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

FLUIDES HYDROCARBURES				
RC270	R290	R600	R600a	R1270

➤ 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.

Les fluides frigorigènes du groupe des halocarbures, c'est-à-dire les CFC, les HCFC et les HFC, sont les plus répandus au monde. Ceux-ci ont comme éléments principaux des atomes de carbone et de fluor ainsi que, selon le cas, des atomes d'hydrogène et/ou de chlore. La proportion de ces atomes dans la molécule détermine les propriétés physiques du réfrigérant.

Les corps halogénés sont utilisés à l'état pur ou en mélange zéotropique, azéotropique, ou encore pseudo-azéotropique. Ils assurent tous les niveaux de température des machines frigorifiques et des pompes à chaleur.

• Mélanges zéotropiques et azéotropiques :

Les CFC, HCFC et HFC sont utilisés à l'état pur ou en mélange. Dans le cas des mélanges, nous avons les mélanges zéotropes et les mélanges azéotropes :

- Un mélange zéotropique (série 400) est un mélange de réfrigérant qui ne se comporte pas comme un fluide homogène lors de la condensation respectivement l'évaporation : les différentes composantes peuvent changer d'état de manière indépendante,

changeant les propriétés thermodynamiques du mélange (mélange dont la composition en phase vapeur et en phase liquide diffèrent lorsque les deux phases coexistent) d'où l'existence d'un « glissement », à savoir qu'à une pression donnée, la température varie suivant le titre en vapeur du mélange diphasique. Ceci peut causer le dysfonctionnement de l'installation ainsi que des problèmes de remplissage en cas de fuite.

On caractérise un mélange zéotrope (binaire, ternaire ou plus) par la valeur de son glissement à une pression d'utilisation (celle d'évaporation ou de condensation).

- Mélange azéotropique (série 500) se dit d'un mélange de réfrigérant qui se comporte comme un fluide homogène (corps pur) lors de la condensation respectivement l'évaporation. Celui qui a été très utilisé est le R502 (un CFC). De plus, lorsqu'un mélange zéotrope présente un glissement faible (inférieur à 1°C), on parle alors de fluide quasi-azéotropique mais on le classe néanmoins toujours dans la catégorie des fluides zéotropes (c'est le cas du R404A dont le glissement de température à 1 atm est de 0,9°C). Enfin lorsqu'un mélange zéotrope présente un glissement encore plus faible (inférieur à 0,3 °C), il est usuel de l'appeler fluide azéotrope (c'est le cas du R410A dont le glissement à 1 atm est inférieur à 0,1°C).

Dans le Tableau I.1, nous avons rassemblés, pour les fluides frigorigènes soit les plus couramment utilisés (dans des installations neuves ou anciennes) soit en études de développement, la température d'ébullition, la température et la pression critiques ainsi que les valeurs de l'ODP et du GWP.

CFC	HCFC		HFC	
R11	R21	R401A	R32	R404A
R12	R22	R402A	R125	R407C
R113	R123	R408A	R134a	R410A
R115	R124	R409A	R143a	R507
R502	R142b		R152a	

➤ FAMILLE DES AUTRES FLUIDES :

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

- Les éthers oxydent.

- Les amines aliphatiques.
- Les alcools, le méthanol et l'éthanol.
- Les composés trihalogénés, fluorés chlorés et bromés (HBCFC, BCFC).

II.5 Les séries de fluides frigorigènes :

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

SERIE R - 400

Les fluides de la série 400 sont des mélanges zéotropiques ayant donc un glissement de température en phase latente. Lorsque le gaz atteint l'ébullition, on parle de point de rosé.

Exemples de mélanges :

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

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

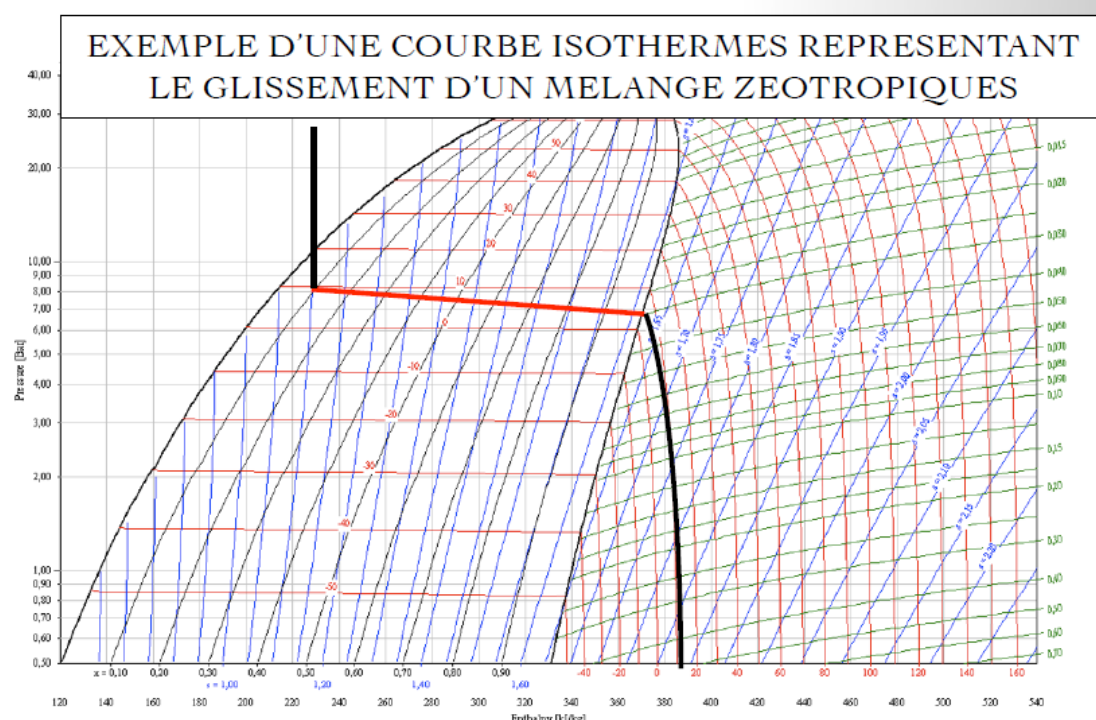
le R422D est composé de R125 (64,1%), de R134a (31,5%) et de R600a (3,4%).

La numérotation est chronologique en fonction de l'acceptation des mélanges par l'ASHRAE. Pour distinguer des mélanges de même corps purs mais dans des proportions différentes, une lettre majuscule (A, B, C, D...) est ajoutée à la fin du code.

Ex : R407A, R407B, R407C...

La lettre **R** devant la série signifie réfrigérant. Cela nous indique que c'est un fluide frigorigène.

La charge des fluides de la série 400 s'effectue à l'état liquide (robinet rouge sur la bouteille).



SERIE R - 500

Les fluides de la série 500 sont des **mélanges azéotropiques**, n'ayant donc pas de glissement de température.

Exemple de mélange :

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

On ne parle pas de point de rosé pour les gaz azéotropiques.

Les fluides de la série 500 sont des mélanges de corps purs avec des proportions précises.

Ils se comportent comme un nouveau corps pur, sans glissement.

SERIE R - 600

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

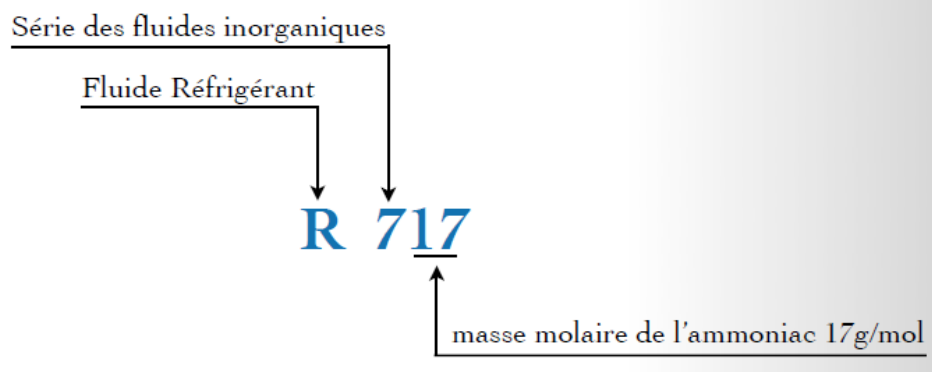
Les numéros sont attribués de façon successive.

Exemples : R600 (Butane), R600a (iso butane), R610 (éthyle éther) R611 (méthyle formate)

SERIE R - 700

Un numéro de la série 700 est attribué aux composés inorganiques : ammoniac, dioxyde de carbone.

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), ou encore le fluide R744 (masse molaire du dioxyde de carbone CO₂, 44g/mol).



II.6 La substitution de réfrigérants :

L'abandon des CFC et HCFC touche de nombreuses applications parmi lesquelles on peut citer la réfrigération, le froid domestique, la climatisation, les matériels de lutte contre l'incendie, les aérosols et implique ainsi le remplacement, sous une forme ou une autre, du système frigorifique.

Ce remplacement peut prendre la forme soit :

- de l'entière de l'installation, ce qui représente une solution simple, mais généralement coûteuse,
- du réfrigérant par un autre neutre vis-à-vis de la couche d'ozone, une solution selon le cas difficile à réaliser et pouvant avoir certaines conséquences sur la production frigorifique.

Réfrigérant	Formule	Masse Molaire g/mol	Tb °C	Tc °C	Pc MPA	ODP	GWP
HFC-32	CH ₂ F ₂	52.02	-51.7	78.1	5.78	0	650
HFC-125	CHF ₂ CF ₃	120.02	-48.1	66.2	3.63	0	2800
HFC-134a	CH ₂ FCF ₃	102.02	-26.1	101.1	4.06	0	1300
HFC-143a	CH ₃ CF ₃	84.04	-47.2	72.9	3.78	0	3800
HFC-152a	CH ₃ CHF ₂	66.05	-24.0	113.3	4.52	0	140
HCFC-123	CHCl ₂ CF ₃	152.93		183.8	3.66	0.014	90
HCFC-124	CHClFCF ₃	136.48	-12	122.3	3.62	0.03	470

Mélange de HFC							
R-404A	R-125/143a/134a (44/52/4)	97.6	-46.6	72.1	3.74	0	3260
R-407 A	R-32/125/134a (20/40/40)	90.11	-45.2	81.9	4.49	0	1770
R-407B	R-32/125/134a (10/70/20)	102.94	-46.8	74.4	4.08	0	2290
R-407C	R-32/125/134a (23/25/52)	86.20	-43.8	87.3	4.63	0	1530
R-407D	R-32/125/134a (15/15/70)	90.96	-39.4	91.6	4.48	0	1360
R-407E	R-32/125/134a (25/15/60)	83.78	-42.8	88.8	4.73	0	1360
R-410A	R-32/125(50/50)	72.58	-51.6	72.5	4.95	0	2100
R-507 A	R-125/143a (50/50)	98.86	-47.1	70.9	3.79	0	3300
Hydrocarbures							
RC-270	CH ₂ CH ₂ CH ₂ (cyclopropane)	42.08	-33.5	125.2	5.58	0	
R-290	CH ₃ CH ₂ CH ₃ (propane)	44.10	-42.1	96.7	4.25	0	-20
R-600	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ CH ₃ (butane)	58.12	-0.5	152	3.80	0	-20
R-600a	CH(CH ₃) ₂ -CH ₃ (éthane)	30.07	-11.6	134.7	3.64	0	-20
R-170	CH ₃ CH ₃ (propylène)	42.08	-88.6	32.2	4.87	0	-20
R-1270	CH ₃ CH=CH ₂		-47.7	92.4	4.67	0	
Fluides inorganique							
R-718	H ₂ O (eau)	18.02	100	374.2	22.1	0	<1
R-744	CH ₂ (dioxyde de carbone)	44.01	-78.4	31.1	7.38	0	1
R-717	NH ₃ (ammoniac)	17.03	-33.3	132.3	11.3	0	<1

Tableau 03 : Fluides frigorigènes.

Pour les installations en fin de vie ou ayant des problèmes techniques (inétanchéité, pannes, mauvaise efficacité énergétique, etc.), le remplacement total de l'installation s'avère plus intéressant que la simple substitution du réfrigérant. D'un autre côté, le remplacement du fluide frigorigène peut être réalisé, dans les limites du techniquement possible, sur des installations relativement neuves ou étant encore en bon état de fonctionnement. Les critères de choix entre ces deux solutions sont multiples et doivent, entre autres, tenir compte des aspects suivants :

- faisabilité technique,
- coûts financiers,

Afin de remplacer les CFC et HCFC, l'industrie chimique a proposé les Hydrofluorocarbures (HFC). Ces fluides et leurs mélanges sont aujourd'hui les substituts privilégiés à tous les fluides contenant du chlore.

Cependant, bien que les HFC présentent des caractéristiques très similaires aux CFC et aux HCFC, la substitution d'un fluide par un autre ne peut être réalisée directement: les niveaux de pression, les systèmes de compression, les échangeurs de chaleur présents dans les installations frigorifiques doivent être adaptés à ce type de fluide.

Enfin, les seuls fluides de substitution purs sans inconvénient vis-à-vis de la couche d'ozone et de l'effet de serre sont les fluides non halogénés comme l'ammoniac (R 717), le propane (R 290), l'isobutane (R 600a), le gaz carbonique (R 744) et l'eau (R 818).

L'ammoniac, le butane et le propane ayant de très bonnes caractéristiques thermodynamiques, ils constituent cependant des alternatives très sérieuses, et leur usage s'est sensiblement développé au cours des dernières années.

Malgré ses performances relativement faibles et les hautes pressions qu'il demande, le gaz carbonique est étudié comme fluide pour les installations de climatisation automobile, où les risques de fuite sont élevés et remettent en cause l'utilisation du R 134a à fort GWP.

Le dernier ne peut être employé pour obtenir des températures négatives, et les cycles au R 744 ont aujourd'hui des efficacités nettement plus faibles que les autres.

II.6.1 Les critères de substitution :

Bien que la substitution du fluide frigorifique soit une solution moins onéreuse que le remplacement total du système, elle n'est pas toujours possible. L'installation a été conçue pour un réfrigérant aux caractéristiques bien précises auxquelles celles du nouveau réfrigérant peuvent ne pas correspondre.

Pour éviter, ou du moins limiter, les problèmes liés à la substitution de fluide (réduction de la puissance frigorifique, endommagement du système, etc.), les propriétés des différents réfrigérants à disposition doivent correspondre le plus possible à celles du fluide à remplacer [8,9].

II.6.2. Les fluides de substitution :

Les fabricants de fluides frigorigènes considèrent en effet qu'à l'exception du R 134a, il est maintenant peu probable de trouver des fluides purs qui possèdent des propriétés thermodynamiques leur permettant d'être de parfaits substituts aux anciens fluides. En revanche, en mélangeant des fluides purs dans des proportions bien choisies, il est possible d'obtenir des caractéristiques mieux adaptées, ce qui explique l'intérêt que suscitent les mélanges. D'ailleurs, beaucoup de travaux ont concerné les performances des mélanges de fluides frigorigènes utilisés pour remplacer ceux qui doivent disparaître. Nous avons vu plus haut que les fluides remis en cause par le Protocole de Montréal et ses amendements représentaient 90 % des applications. Il s'agit essentiellement de deux CFC, le R11 et le R 12, bannis à partir de 1994, et de deux HCFC, le R 22 et le R 502 (un mélange), bannis à partir de 2014.

Leurs principales applications étaient les suivantes :

- R 11 : groupes refroidisseurs d'eau ;
- R 12 : froid domestique, climatisation automobile ;
- R 22 (le plus vendu) : froid alimentaire, industriel, transports frigorifiques ;
- R 502 (mélange 48,8 % R 22, 51,2 % R 115, utilisé comme substitut du R 22 pour des taux de compression élevés) : réfrigération supermarchés, transports frigorifiques.

Les fluides de remplacement possibles sont aujourd'hui les suivants :

- le R134a (HFC) pour le R 12 (froid domestique et commercial).
- le R404A (mélange HFC 44 % R 143a, 52 % R 125, 4 % R 134a) pour le R 22 (froid commercial, transports frigorifiques).
- le R407C (mélange HFC 23 % R 32, 25 % R 125, 52 % R 134a) pour le R 22 (conditionnement d'air de petite et moyenne puissance).
- le R410A (mélange HFC 50 % R 32, 50 % R 125) candidat possible pour remplacer le R 22 (climatisation air-air, transports frigorifiques).

II.7 Les fluides frigorigènes choisis dans le cadre de ce travail :

Finalement, les fluides frigorigènes non réglementés peuvent être classés en cinq familles :

- les corps purs de type HFC : R134a ; R32, R125, R143a.
- les mélanges de HFC (Hydrofluoro-carbone) : R404a, R407c, R410a.
- les mélanges à base de R22 (HCFC) : R402a ; R408a.

- les hydrocarbures : propane, isobutane.
- les molécules inorganiques : ammoniac, CO₂ et l'eau. Le CO₂ est un fluide frigorigène encore peu utilisé, mais en plein développement.

Cette récapitulation prend en considération les points suivants :

1- Les HCFC sont les substances de transition à disposition des utilisateurs pour de nombreuses années. Bien que réglementées par le protocole de Montréal, ces substances constituent l'étape nécessaire permettant la conversion des CFC, rapidement tout en intégrant les aspects environnementaux, techniques et économiques.

2- Les HFC et leurs mélanges sont les substances permettant les solutions à long terme de remplacement des CFC et des HCFC.

3- Les hydrocarbures, fluides naturels à faible GWP.

4- Les fluides inorganiques (CO₂ et NH₃) [10].

- Parmi les fluides cités, nous avons choisis pour notre travail, les deux mélanges R22 et R410A. Nous allons expliquer et détailler dans ce qui suit les raisons de ce choix.

II.8 classification des fluides frigorigènes en groupes de sécurité :

Cette classification est présentée par deux caractères alphanumériques, par exemple A2.

La lettre majuscule correspond à la toxicité et le chiffre à l'inflammabilité du fluide.

➤ **Classement de la toxicité des fluides :**

On distingue deux groupes A et B :

Le groupe A pour lequel il n'y a pas de preuve de toxicité des fluides frigorigènes pour des concentrations inférieures ou égales à 400 ppm.

Le groupe B pour lequel il y a des preuves de toxicité pour des concentrations inférieures à 400 ppm.

➤ **Classement de l'inflammabilité des fluides :**

On distingue trois groupes 1, 2 et 3 :

Le groupe 1 : le fluide frigorigène ne permet pas de propagation de la flamme dans l'air à 21°C et 101kPa.

Le groupe 2 : le fluide frigorigène a une limite inférieure d'inflammabilité supérieure à 0,10kg/m³ à 21°C et 101kPa et une chaleur de combustion inférieure à 19 KJ/Kg.

Le groupe 3 : le fluide frigorigène est hautement inflammable avec une limite inférieure d'inflammabilité inférieure ou égale à 0,10 Kg/m³ à 21°C et 101KPa et une chaleur de combustion supérieure ou égale à 19 KJ/Kg.

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

COMPOSES INORGANIQUES :

R717	AMMONIAC	B2
R718	EAU	B2
R744	DIOXYDE DE CARBONE	A1

COMPOSES ORGANIQUES :

HYDROCARBURES

R170	ETHANE	B2
R290	PROPANE	B2
R600a	ISO BUTANE	A1

HYDROCARBURES HALOGENES

R11	CFC	TRICHLOROFLUOROMETHANE	A1
R12	CFC	DICHLORODIFLUOROMETHANE	A1
R22	HCFC	CHLORODIFLUOROMETHANE	A1
R141b	HCFC	DICHLORO - FLUOROETHANE	A2
R142b	HCFC	CHLORO - DIFLUOROETHANE	A2
R32	HFC	DIFLUOROMETHANE	A2

R125	HFC	PENTAFLUOROETHANE	A1
R134a	HFC	TETRAFLUOROETHANE	A1
R143a	HFC	TRIFLUOROETHANE	A2
R152a	HFC	DIFLUOROETHANE	A2
R502	HFC	MELANGES AZEOTROPIQUE	A1
R507	HFC	MELANGES AZEOTROPIQUE	A1
R404A	HFC	MELANGES ZEOTROPIQUES	A1
R410A	HFC	MELANGES ZEOTROPIQUES	A1

II.9 L'impact des fluides frigorigène :

Les fluides frigorigènes influencent soit sur l'environnement, la santé, la sécurité, et le bilan énergétique.

II.9.1 L'impact sur l'environnement :

A cause de fuites importantes au niveau des circuits frigorifiques et l'utilisation des fluides frigorigènes dangereux on trouve de la destruction de la couche d'ozone et l'augmentation d'effet de serre.

II.9.2 Indice d'impact :

Pour établir l'impact des fluides frigorigènes sur la couche d'ozone et l'effet de serre, trois indices principaux ont été définis :

1. ODP : Ozone déplétion potentiel :

C'est un indice qui caractérise la participation de la molécule à l'appauvrissement de la couche d'ozone.

On calcule la valeur de cet indice par rapport à une molécule de référence, exemple R11 ou R12 qui ont ODP=1.

2. GWP : Globale warning potentiel :

C'est un indice qui caractérise la participation de la molécule à l'effet de serre. On calcule la valeur de cet indice par rapport à une molécule de référence. Exemple CO₂, et pour des durées bien déterminées (20, 100, 500 ans), le CO₂ à un GWP=1

II.10 Le réfrigérant R410A :

a. Généralités :

Le R410A est un mélange de R125 et de R32, qui trouve son application dans le domaine de la climatisation et du froid positif. C'est un réfrigérant à comportement quasi-azéotropique, car son glissement de température est minime. Il est ininflammable et non-toxique.

Le R410A est un fluide de remplacement du R22 à long terme. Il est aussi un alternatif du R13B1 qui est utilisé pour les basses températures (de -70 jusqu'à -50°C).

b. Caractéristiques techniques :

L'intérêt principal du R410A est sa production frigorifique volumique élevée, ce qui permet la construction de systèmes de taille réduite (les compresseurs peuvent être de petite taille compatibles avec des matériels extrêmement compacts que sont les systèmes de climatisation individuels dits Split system). Par contre, ce réfrigérant travaille à des pressions plus élevées que les fluides « classiques », d'où la nécessité d'utiliser des composants spéciaux. En effet, à l'aspiration la pression est de 8 bars pour une température de 2 °C et de 31 bars au refoulement du compresseur pour une pression de saturation de 50°C.

Son coefficient de performance théorique est du même ordre de grandeur que celui du R407C, et sa conductivité thermique est élevée (réduction de la taille des échangeurs). Sa haute température de refoulement à la sortie du compresseur est à tenir en compte lors de l'élaboration de l'installation.

Le R410A est techniquement et chimiquement stable, il est compatible avec les métaux de construction des machines frigorifiques (l'acier, le cuivre, le laiton et l'aluminium). Les alliages de zinc, magnésium, plomb et aluminium ne doivent pas dépasser une teneur molaire de magnésium de 2%. [10]

c. Caractéristiques environnementales

Comme tout nouveau fluide mis sur le marché, le R410A n'affecte pas la couche d'ozone. Son potentiel d'effet de serre est moyen par rapport à celui des autres HFC. En raison de ses différentes composantes, son potentiel d'acidification est, pour un HFC, relativement élevé, mais se situe encore en dessous du niveau de l'ammoniac. Sa contribution à la création d'ozone troposphérique est négligeable.

R410 A	
Nom Chimique / Composition	R125 R 32 (50% , 50%)
Type	Mélange Zéotropique (HFC)
Numéro Cas	--
Masse molaire (g/mol)	72.58
Température critique(C°)	70.5
Pression critique (Mpa)	4.95
Température d'ébullition a pression atmosphérique) (C°)	-51.4
ODP (Kg R11-equiv.)	0
GWP ₁₀₀ (Kg CO ₂ -equiv.)	2100
Acidification (Kg SO _x -equiv.) ₃	1.28
POCP (Kg Ethylène equiv)	0
Groupe de sécurité Valeur MAK (ppm)	A1/A1 1000
Autorisation d'exploitation	Utilisation limitée par l'administration de l'environnement

Tableau 04 : Propriétés du mélange frigorigène R410A [10].

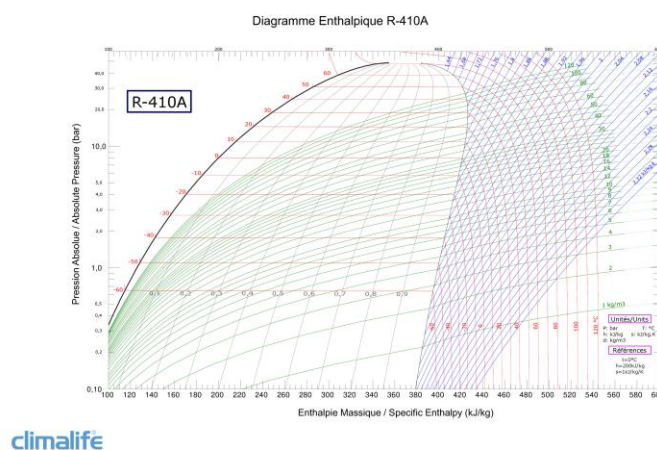


Figure 09 : Diagramme enthalpique R-410A.

II.11 Le réfrigérant R22 :

a. Définition :

Le R-22 est un fluide HCFC qui fut beaucoup utilisé dans des systèmes de chauffage-climatisation jusqu'au début des années 2000.

Après maintes études, ce fluide fut, de par sa constitution, mis en cause dans le phénomène d'appauvrissement de la couche d'ozone. La diminution de l'épaisseur de la couche d'ozone entraîne une augmentation des rayonnements ultraviolets nocifs pour la peau.

La Communauté Européenne décida, dans un premier temps, d'interdire la vente d'appareils utilisant ce fluide en 2004, d'en réduire ensuite l'utilisation sous la forme vierge depuis janvier 2010, puis d'en interdire la vente sous quelles que forme que ce soit le 1er janvier 2015.

b. 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°C) pour la congélation et la surgélation.

c. 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 l'application et la miscibilité avec le fluide considéré.

	R22
<i>Nom Chimique / Composition</i>	Chlorodifluorométhane
<i>Type</i>	Mélange Zéotrope (HFC)
<i>Numéro Cas</i>	--
<i>Masse molaire (g/mol)</i>	86.5
<i>Température critique(C°)</i>	96.4
<i>Pression critique (bar)</i>	49.90
<i>Température de fusion (C°)</i>	-146
<i>Plage d'application de température (C°)</i>	-50 a 0
<i>Température ébullition (C°)</i>	-40.8
<i>Compatibilité avec les huiles</i>	Huiles synthétiques de type POE Nom classé comme préparation dangereuse
<i>Phrases R</i>	
<i>Phrases S</i>	Non classé comme préparation dangereuse
<i>ODP (Kg R11-equiv.)</i>	0.05

<i>GWP₁₀₀ (Kg CO₂-equiv.)</i>	1810
<i>Acidification (Kg SO_x-equiv.)₃</i>	1.28
<i>Autorisation d'exploitation</i>	Utilisation limitée par l'administration de l'environnement

Tableau 05 : Propriétés du mélange frigorigère R22 [10].

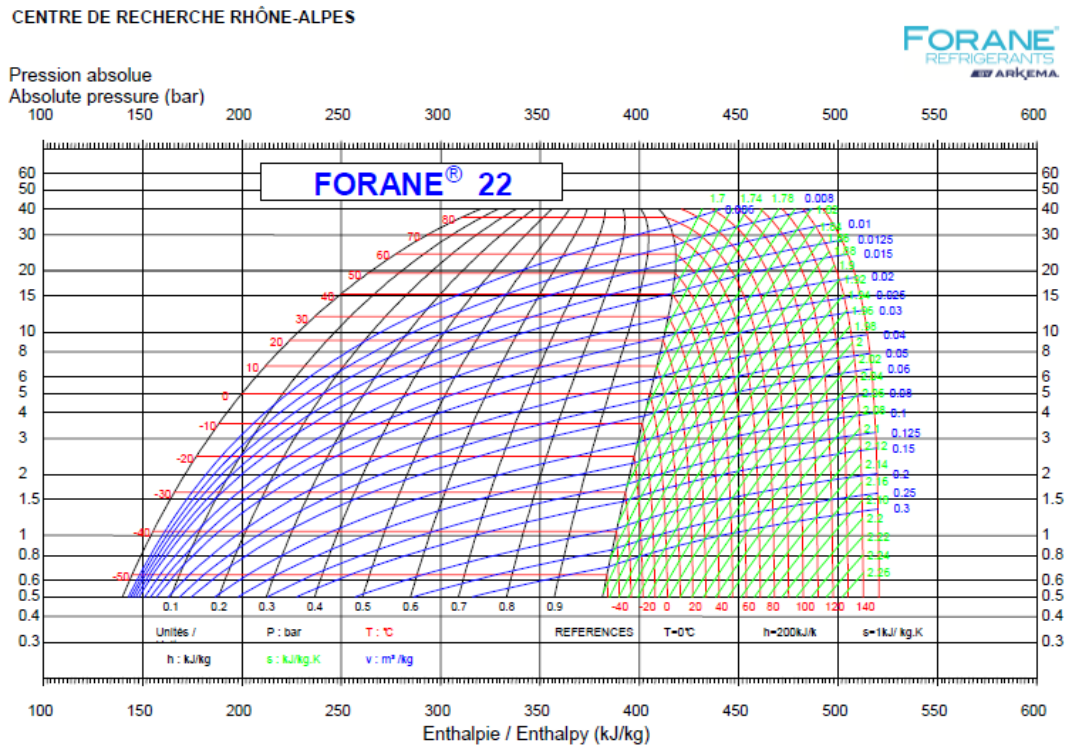


Figure 10 : Diagramme enthalpique R-22.



Figure 11 : Les gaz R22 et R410a

III. EQUIPEMENT DE CLIMATISEUR

III.1 Introduction :

En été, les taux élevés d'humidité relative, les températures écrasantes à l'extérieur et la chaleur des rayons du soleil peuvent, par leur action conjuguée, rendre la maison inconfortable.

Un système de climatisation de l'air peut rétablir le confort des occupants en abaissant la température et le taux d'humidité des pièces de la maison. Plusieurs options s'offrent au consommateur, notamment un climatiseur individuel, un climatiseur central et une thermopompe. Il est donc utile de prendre le temps d'analyser la question pour choisir le système qui convient le mieux à vos besoins.

Faudra-t-il climatiser l'air dans toute la maison ou suffira-t-il de refroidir une ou deux pièces ? Les climatiseurs individuels représentent un moyen efficace et rentable d'accroître, sans travaux d'installation complexes, le confort d'une aire de dimension modeste de la maison, soit trois pièces ou moins.

III.2 Principe de fonctionnement d'un climatiseur

Une climatisation fonctionne un peu comme un réfrigérateur. Elle refroidit l'air ambiant grâce à un fluide frigorigène en évacuant la chaleur à l'extérieur. Il s'agit en réalité d'une machine thermodynamique à produire du froid qui fonctionne en circuit fermé.

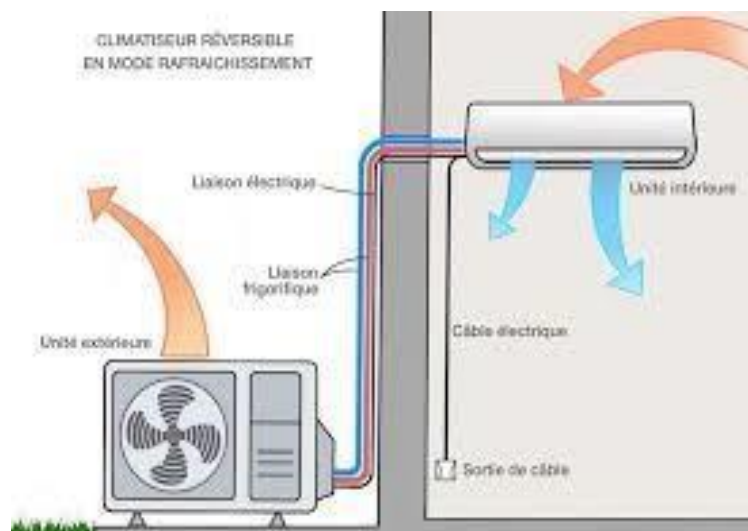


Figure 12 : Climatiseur individuel.



Figure 13 : Unité intérieure.



Figure 13 : Plaques de fixations.



Figure 14 : Les coupleurs rapides.



Figure 15 : Isolants.



Figure 16 : Unité extérieure.



Figure 17 : Câble de liaison frigorifique.



Figure 18 : Boîtier multi-Branchement.



Figure 19: Tube d'évacuation.

III.3 Différents types de climatisation :

- La climatisation avec une ou plusieurs unités intérieures et une unité extérieure.
- La climatisation mobile.
- La climatisation réversible qui constitue aussi bien un système de chauffage qu'un moyen de garder une atmosphère agréable lorsque la température extérieure grimpe.
- Le climatiseur mobile est le moins cher du marché. Il est conçu pour un usage ponctuel car ses performances sont réduites. Généralement sur roulettes ou à poser directement sur le sol, il vous suit dans toutes les pièces de la maison.
- Le climatiseur fixe/mural est le climatiseur le plus classique de tous et aussi le plus performant. Peu volumineux, il s'intègre parfaitement à votre intérieur et se fait le plus discret possible car il est ultrasilencieux.
- Le climatiseur cassette est un climatiseur split dont l'unité intérieure s'insère directement dans un faux-plafond. Il est très discret et permet de climatiser des surfaces allant de 40 à 150 m². Il est idéal pour les magasins et les bureaux. Le climatiseur cassette est presque toujours réversible pour assurer un confort thermique optimal.
- Le climatiseur split se décline en plusieurs versions. Monosplit ou multisplit, mobile ou fixe, réversible ou non. Le modèle monosplit est constitué d'une

unité extérieure et d'une unité intérieure. Le modèle multisplit a, quant à lui, en plus de l'unité extérieure, plusieurs unités intérieures pour pouvoir chauffer plusieurs pièces de la maison. Le climatiseur split est le plus performant du marché mais aussi le plus cher. Il est aussi très silencieux car les composants les plus bruyants se situent dans l'unité placée à l'extérieur de la maison.

III.4 Comment bien choisir son climatiseur

Avant de choisir un climatiseur, il faut que vous précisiez vos besoins. Est-il utile pendant toute la période estivale ou seulement ponctuellement ? Quelle est la superficie des pièces que vous voulez rafraichir ? Avez besoin d'un chauffage d'appoint pendant l'hiver ? Suivez le vent...

III.4.1 Choisir en fonction du climat

Dans les régions où les étés sont traditionnellement chauds, les climatiseurs split sont particulièrement recommandés. Ils sont composés d'un bloc extérieur qui comprend le compresseur et d'un ou de plusieurs blocs intérieurs munis d'évaporateurs. Ce type de climatiseurs se place en général, à proximité d'une fenêtre. Ils sont très efficaces et permettent de rejeter l'air chaud vers l'extérieur.

Si vous habitez des régions moins chaudes en été, vous pouvez opter pour des climatiseurs monobloc. Ils sont moins puissants que les climatiseurs split, mais rafraichissent bien pendant les jours de canicule par exemple. Munis de roulettes, ils sont faciles à déplacer d'une pièce à l'autre et ne nécessitent pas de travaux. Seul inconvénient, ils rejettent l'air chaud vers l'intérieur et exigent l'entretien des filtres.

III.4.2 Choisir en fonction de l'espace

La puissance frigorifique d'un climatiseur est capitale pour le choix d'un climatiseur et dépend de la taille de la pièce à rafraîchir. Un climatiseur trop puissant, par exemple, consommera plus d'électricité sans pour autant être efficace. La puissance frigorifique s'exprime en BTU (british thermal unit) qui équivaut à 0,2929 watt. On considère que pour ventiler :

- 20 m² il faut 800 BTU
- 30 m² = 11000 BUT
- 40 m² = 1500 BUT

- 45 m² = 17000 BUT

A noter : Il faut également prendre en compte l'orientation de la pièce à climatiser, le nombre de personnes y séjournant ou encore son isolation. Une pièce orientée plein sud et mal isolée aura besoin d'un climatiseur plus puissant qu'une petite pièce bien isolée. N'hésitez à demander conseil à un vendeur.

III.4.3 Choisir une clim en fonction du bruit

Les climatiseurs sont réputés bruyants, surtout si vous en avez besoin pendant que vous dormez. Si vous voulez éviter cet inconvénient, privilégiez les appareils qui portent le label Eurovent : c'est la certification d'un organisme indépendant chargé d'analyser, entre autres, les émissions sonores de l'une ou des deux unités.

III.5 Types de climatiseurs

Comme nous l'avons indiqué précédemment, il y a deux grandes catégories de climatiseurs – le climatiseur individuel et le climatiseur central – qui englobent chacune, plusieurs modèles différents. Voici les différents modèles de climatiseur individuel :

- **Climatiseur pour fenêtre.** Ce genre d'appareil s'installe dans une fenêtre, qu'elle soit à guillotine simple ou double, coulissante ou à battants.
- **Climatiseur mural.** Ces appareils sont munis d'un manchon de raccordement qui permet de les installer dans une ouverture pratiquée dans le mur.
- **Climatiseur sur pieds.** Ce type d'appareil se déplace sur roulettes. Certains modèles sont reliés à l'extérieur au moyen de conduits amovibles.

Voici les différents modèles de climatiseur central :

- **Climatiseur monobloc.** Ce genre d'appareil regroupe tous les éléments nécessaires et s'installe en général dans les murs ou sur le toit. Des conduits assurent la distribution de l'air dans un sens et dans l'autre. Ce type d'installation est peu employé dans les résidences.
- **Climatiseur bibloc.** Ces appareils comportent un bloc monté à l'intérieur et un autre, à l'extérieur. L'échangeur thermique interne, ou serpentin, est placé à l'intérieur des conduits, au-dessus de l'appareil de chauffage. Tous les

autres éléments sont à l'extérieur. Les conduits du frigorigène relient le serpentín intérieur au bloc de réfrigération extérieur.

- **Petit climatiseur bibloc.** Ces appareils ressemblent aux précédents, mais comportent plusieurs serpentins intérieurs reliés au bloc extérieur. Certains en possèdent trois. Ces appareils conviennent très bien aux maisons auxquelles on a ajouté un agrandissement, puisque l'installation de nouveaux conduits n'est pas nécessaire.

Le bloc intérieur se monte au mur, au plafond ou au plancher. Les blocs intérieurs et extérieurs sont en général beaucoup moins volumineux que ceux des systèmes à deux blocs ordinaires. Cependant, leur rendement a tendance à être inférieur, ce qui est un facteur à ne pas négliger.

Climatiseur central avec conduits de faible diamètre :

Ces appareils de climatisation centrale comportent un bloc intérieur placé dans les combles et un réseau de tuyaux de plastique installés dans les prises d'air et vers les bouches d'air. Ce type d'appareil peut être installé lors d'un projet de rénovation dans les maisons équipées de plinthes électriques ou de radiateurs à eau chaude, où il n'y a pas de conduits d'air.

Il existe aussi des climatiseurs résidentiels hydroréfrigérés que l'on peut raccorder au réseau de distribution d'eau ou à un puits. 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 au Canada en raison des coûts d'exploitation qui incluent les frais d'électricité, d'alimentation en eau et d'égout.

On trouvera dans les sections qui suivent d'autres renseignements sur les deux :

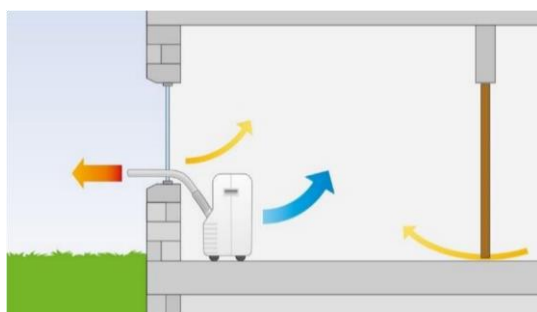


Figure 20 : Climatiseur monobloc à tuyau unique.

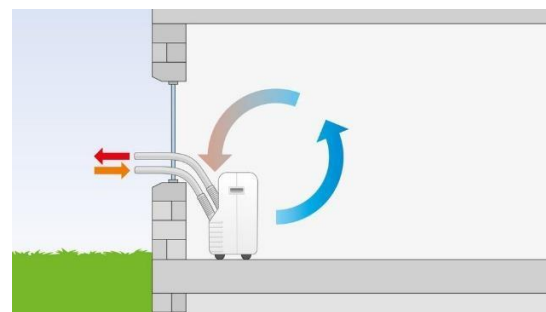


Figure 21 : Climatiseur monobloc à double tuyau.

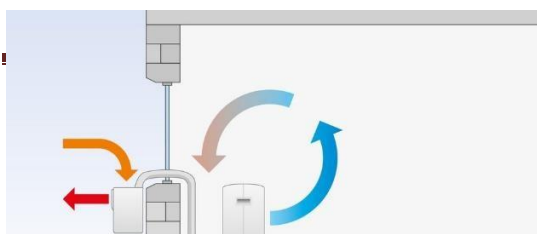


Figure 22 : Climatiseur split mobiles.



Figure 24 : Climatiseur mural.

Figure 23: Climatiseur à fenêtre.



Figure 25: Climatiseur bibloc mobile.

III.6 Éléments d'un climatiseur :

Le **frigorigène** est le fluide qui circule à l'intérieur de l'appareil de climatisation et qui absorbe, transporte et libère successivement la chaleur.

Un **serpentin** est un ensemble de tubes montés en boucle où s'effectue le transfert de la chaleur. Il est parfois muni d'ailettes qui augmentent la surface utile servant à l'échange thermique.

L'**évaporateur** est un serpentin dans lequel le frigorigène absorbe la chaleur ambiante. Lorsque le frigorigène atteint le point d'ébullition, il se transforme en vapeur à basse température.

Le **compresseur** comprime les molécules du gaz frigorigène, ce qui a pour effet d'en augmenter la pression et la température.

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

Le **détendeur** abaisse la pression créée par le compresseur, ce qui provoque une baisse de température. Le frigorigène devient un mélange à basse température de vapeur et de liquide.

Le **Boîtier multi-branchement** : Permet de fixer plusieurs liaisons frigorifiques à l'unité extérieure.

Le **Isolants** : élément qui doit recouvrir l'ensemble des câbles et tuyaux. C'est un élément très important, qui joue sur la durée de vie de votre installation, et vous protégera d'une éventuelle électrocution.

Les **coupleurs rapides** : permet de "coupler" la liaison frigorifique à vos unités

III.7 Mettre en service une climatisation :

Il existe différentes étapes qui président à l'installation d'une climatisation :

- Demander des autorisations de travaux auprès de votre mairie si vous êtes propriétaire. Si vous êtes locataire, votre bailleur doit avoir autorisé l'équipement. C'est lui qui engagera les démarches administratives pour vous.

En copropriété, l'accord du syndic et des autres copropriétaires est indispensable.

- Choisir l'emplacement qui doit être situé dans un lieu aéré, sain et dépourvu d'humidité.
- Fixer les différents éléments et les mettre en réseau.
- Ménager une sortie pour la gaine d'évacuation si le climatiseur choisi est pourvu d'un tuyau.

III.8 Comment régler la température d'une climatisation réversible :

La température d'une climatisation réversible est bien plus simple à régler avec les appareils dotés de la technologie invertir. La régulation est plus douce - fini les courants d'air froids - et vous pouvez espérer 30% d'économies par rapport à un climatiseur classique.

Par ailleurs, ne laissez jamais portes et fenêtres ouvertes quand votre équipement fonctionne. Sous peine de grosses déperditions d'énergie. En été, respectez un écart de 7 à 8 °C entre la température intérieure et extérieure. Veillez également à minimiser le fonctionnement de la climatisation la nuit. Lors des fortes chaleurs, mieux vaut dormir la fenêtre ouverte qu'avec la climatisation à fond.

IV. RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

RESULTATS ET DISCUSSION

Ce travail présente une analyse expérimentale des performances d'un prototype d'un climatiseur individuel, les essais expérimentaux sont réalisés en fonction de deux réfrigérants R22 et son remplacement R410A. Et le déroulement de ces expériences au sein du laboratoire du centre de formation professionnelle (CFPA) d'ain Témouchent.

IV.1 Montage expérimentale :

Le diagramme schématisant l'air conditionneur est montré dans les figures 1, 2. L'unité était équipée ultérieurement de R22 et R410A. Afin d'avoir une température uniforme dans toute la pièce, un ventilateur de plafond d'une puissance de 60 watts installé au centre de la pièce a été utilisé pour faire circuler l'air à l'intérieur de la pièce.

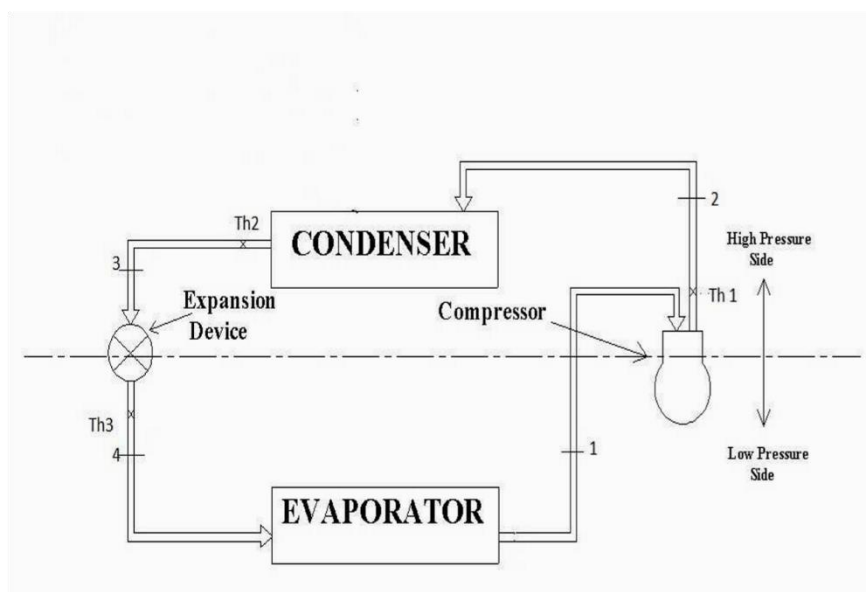


Figure 27 : Cycle d'unité expérimentale.

Compresseur	Type
FAN	2900 RPM
Capillaire	Tube en Cu
Evaporateur	Bobine de cuivre
Mesure de la température gamme	-50 °C à 80°C
humidité relative gamme	20% à 80%
Longueur du capillaire	832 mm
Température de l'évaporateur	10°C à 12°C
Température de condenseur	40°C

Tableau 06 : Spécification de l'unité de test de climatiseur.



Figure A : Unité ouverte.



Figure B : Unité fermée.

Figure 28 : Unité d'essai expérimental de climatiseur.

IV.2. Analyse de paramètres de performance :

Les équations pour l'analyse du cycle peuvent être obtenues par conservation de la masse et de l'énergie. La réduction des données des résultats théoriques peut être analysée au-dessous de. Le rapport de pression du cycle peut être vu ci-dessous comme suit :

$$\text{Le rapport de pression} = P_{\text{cond}} / P_{\text{evap.}} = P_2/P_1 \quad \text{IV.1}$$

L'effet frigorifique (R_E), autrement dit la chaleur le taux de transfert de l'évaporateur ($Q_{\text{evap.}}$) est calculé comme suit :

$$R_E = Q_{\text{evap}} = h_1 - h_4 \text{ kJ/kg.} \quad \text{IV.2}$$

Travail de compression isentropique du compresseur (W_{comp}) s'exprime comme suit :

$$W_{\text{comp}} = h_2 - h_1 \text{ kJ/min.} \quad \text{IV.3}$$

Le coefficient de performance (COP) du cycle du système de réfrigération peut être déterminé par :

$$\text{COP} = R_E / W_{\text{Comp}}. \quad \text{IV.4}$$

La puissance de réfrigération est calculée comme suit :

$$\text{Puissance de réfrigérant à piston} = W_{\text{comp}} / 60 \text{ kw.} \quad \text{IV.5}$$

IV.3 Calcul de la puissance d'un évaporateur mesurée sur site :

IV.3.1 Evaporateur (en Watts) :

Pour la puissance frigorifique de l'évaporateur Φ_c , il est indispensable de connaître

$$\Phi_c = q_v \times \Delta h \text{ (W)} \quad \text{IV.6}$$

Φ_c : puissance d'évaporateur exprimée en W.

q_v : débit d'air mesuré par un anémomètre en m^3/h .

Δh : énergie absorbée par le compresseur par kilogramme de fluide frigorigène Kj/Kg .

0,34 : Chaleur massique de l'air en W.

IV.3.2 La puissance du compresseur :

Comme le condenseur à air

$$\Phi_c = Q_m \times \Delta h \text{ (W)} \quad \text{IV.6}$$

Φ_c : puissance au compresseur en KW.

Q_m : débit massique du fluide frigorigène en Kg/s .

Δh : énergie absorbée par le compresseur par kilogramme de fluide frigorigène KJ/Kg .

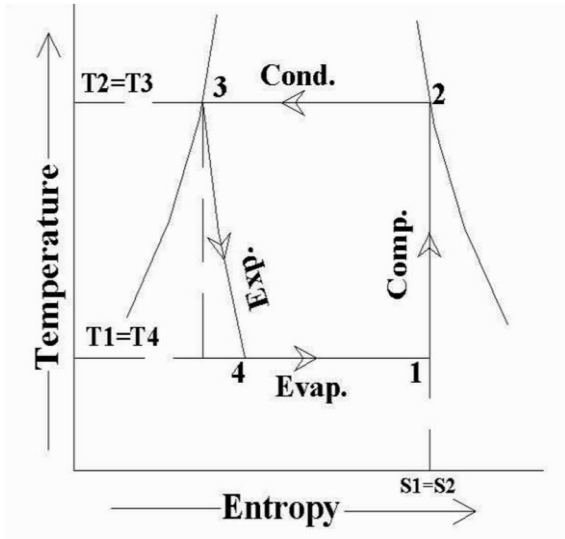


Figure A : Diagramme H-S.

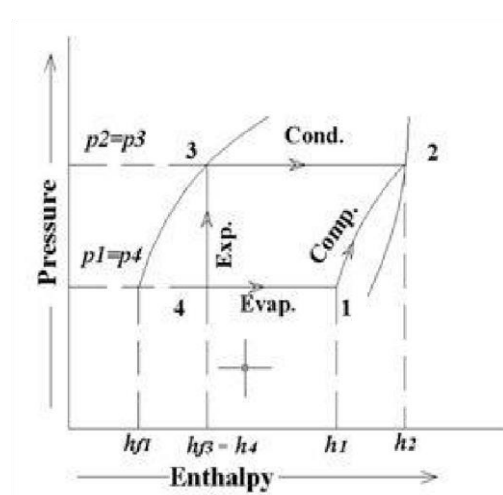


Figure B : Diagramme P-H.

Figure 29 : Cycle de compression de vapeur théorique.

IV.4 Résultat et discussion :

R22 et son remplacement R410 modernisé ont été utilisées dans le climatiseur et les performances du système étaient évalué et comparé. Le résultat de la réfrigération à capacité obtenue à différentes températures d'évaporation est montré dans la figure 30. La température d'évaporation variait de 2°C à 12°C en raison de la variation de la température intérieur de l'ordre 17°C à 26°C dans ce système. Il a été constaté que pour les deux frigorigènes étudiés, la capacité de réfrigération augmenté avec l'augmentation de la température d'évaporation. À La même durée d'évaporation pour la réfrigération la capacité obtenue avec le système R22 est supérieure à celle du système R410A. La capacité moyenne de réfrigération de R410A est 14,1% inférieure à celui de R22.

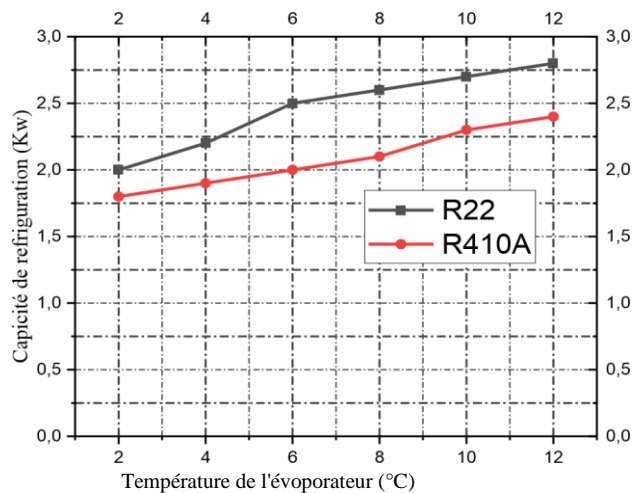


Figure 30 : Variation de la capacité de réfrigération avec la température d'évaporation.

La figure 31 montre la variation entre la puissance du compresseur et la température d'évaporation de R22 et la réfrigérants alternatifs R410A. Comme le montre la figure, le changement de puissance du compresseur avec la température évaporation est similaire pour les réfrigérants. L'augmentation la température d'évaporation augmente la puissance de compresseur. La puissance du compresseur du gaz R410A est plus élevée que le gaz R22. La moyenne de la puissance du compresseur du gaz R410A a augmenté de l'ordre 11% par rapport à R22.

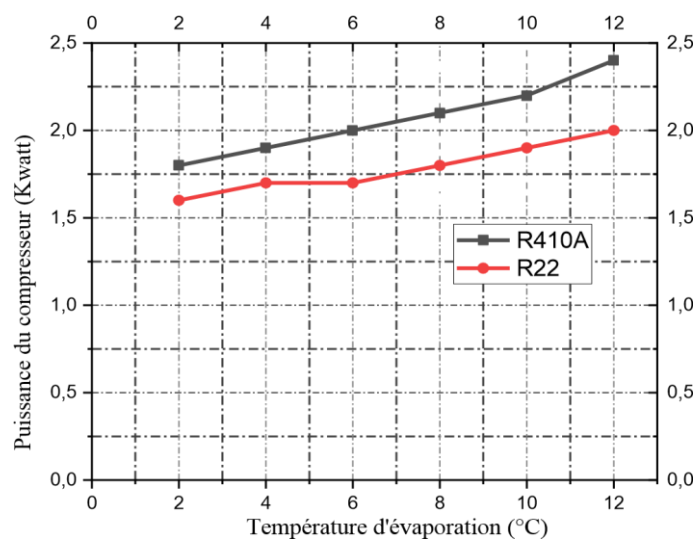


Figure 31 : Variation de la puissance du compresseur avec la température d'évaporation.

Les performances des fluides frigorigènes étudiés du climatiseur ont été obtenues pour différents température ambiant. La température de l'air ambiant variait de 25°C aux premières heures de la journée à 40°C à la fin après midi. la figure 31 illustre l'effet de la variation de la température ambiant sur la capacité de réfrigération, don cette figure montre clairement que l'augmentation de la température ambiant fait diminuer la capacité de réfrigération.

La figure 32 présente la variation coefficient de performance en fonction de température ambiant, pour différentes valeurs. On a remarqué que le COP diminué avec l'augmentation de température de l'air ambiant. On peut aussi le voir à partir de ces chiffres, que la performance avec R22 est mieux que R410A.

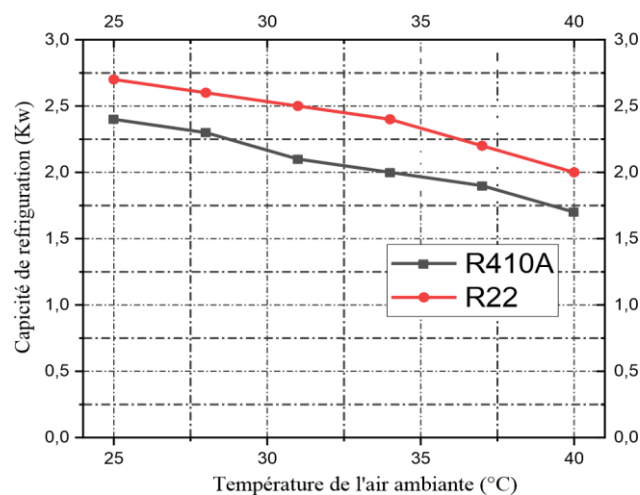


Figure 32 : Effet de la température de l'air ambiant sur la capacité de réfrigération.

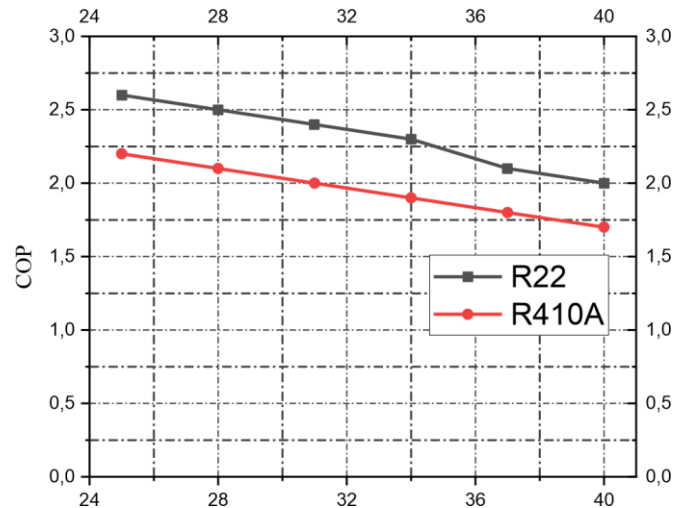


Figure 33 : Effet de la température de l'air ambiant sur le coefficient de performance (COP).

La figure 32 Montre la variation de la puissance du compresseur pour les deux réfrigérants en fonction la température ambiante comme indiqué sur cette figure. La puissance du compresseur augmente fait à mesure que la température ambiante augmente, mais il y a une différence considérable dans les performances avec R22 et R410A. La puissance du compresseur avec le gaz R410A être plus élevés que le réfrigérants R22.

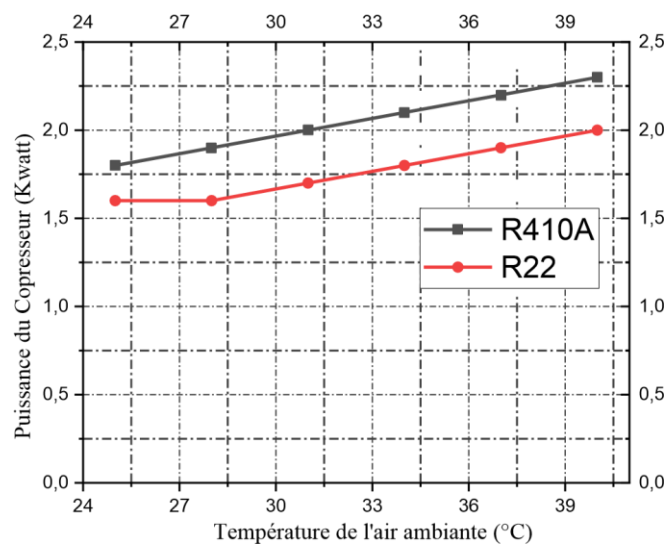


Figure 34 : Effet de la température de l'air ambiant sur la puissance du compresseur.

La Figure 35 illustre la variation du rapport de la pression en fonction la température ambiante pour les deux fluides frigorigènes R22 et R410A au niveau de compresseur. On a remarqué que les valeurs du rapport de pression pour les deux frigorigènes augmentent avec l'augmentation de température ambiante. Mais il y a une différence considérable dans les performances avec R22 et R410A. Le rapport de pression avec le R410A est plus élevé que le réfrigérant R22 à toute température ambiante.

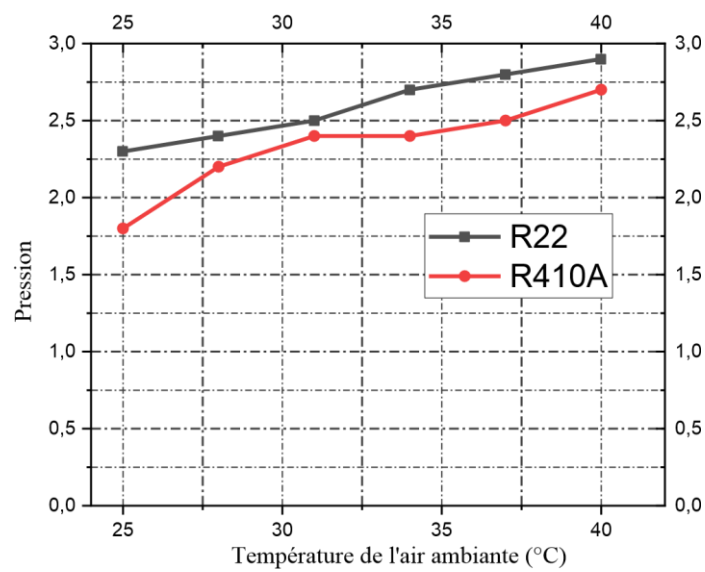


Figure 35 : Effet de la température de l'air ambiant sur le rapport de pression.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Dans cet étude, des expériences ont été menées pour étudier le gaz R22 et son remplace le gaz R410A de remplacement dans un climatiseur individuel ; Basé sur le résultat expérimental, les conclusions suivantes ont été tirées.

1. La capacité de réfrigérant et le COP réduisent et augmentent de la puissance et du rapport de pression du compresseur dans le cas de gaz R410A.
2. Les paramètres de performance c'est à dire la capacité de réfrigération, le COP augmente avec l'augmentation température d'évaporation en cas de R22.
3. La puissance du compresseur du R410A est supérieure à R22.
4. Le COP moyen de R410 est inférieur au COP R22.

Enfin, le système lors de la charge avec R22 eu les meilleures performances par rapport avec système contenant R410A. Mais aussi le réfrigérant R22 est remplacé par le R410A en raison de sa haute l'appauvrissement de la couche d'ozone qui affecte gravement notre environnement. Le R410A est à appauvrissement de la couche d'ozone zéro et volumétrique élevé capacité de refroidissement. Le réfrigérant R410A fonctionne à haute pression puis R22.

ANEXES

Annexe 01 :

Numéro R	Type de fluide	Substitut	Composition	Fabricant	Applications typiques
R-404A	HFC	R-502, R-22	R-125, R-143a, R-134a	↳ Forane 404A, Honeywell 404A, Klea 404A, Solkane 404A, Suva 404A ↳ Arkema, DuPont, Honeywell, Ineos, Solvay	Basse température (froid commercial et industriel)
R-507	HFC	R-502, R-22	R-125, R-143a	↳ Forane 507, Honeywell 507, Klea 507, Solkane 507, Suva 507 ↳ Arkema, DuPont, Honeywell, Ineos, Solvay	Basse température (froid commercial et industriel)
R-407C	HFC	R-22	R-32, R-125, R-134a	↳ Forane 407C, Honeywell 407C, Klea 407C, Solkane 407C, Suva 407C ↳ Arkema, DuPont, Honeywell, Ineos, Solvay	Climatisation, groupes d'eau glacée
R-410A	HFC	R-22	R-32, R-125	↳ Forane 410A, Honeywell 410A, Klea 410A, Solkane 410A, Suva 410A ↳ Arkema, DuPont, Honeywell, Ineos, Solvay	Climatisation
R-408A	HCFC	R-502	R-22, R-125, R-143A	↳ Forane 408A, Honeywell 408A, Arcton 408A ↳ Arkema, Honeywell, Ineos	Moyenne et basse température (froid commercial)
R-401A	HCFC	R-12	R-22, R-152a, R-124	↳ Arcton 401A, Suva MP39 ↳ DuPont, Ineos	Moyenne température (distributeurs de boissons, froid commercial, chambres froides)
R-401B	HCFC	R-12, R-500	R-22, R-152a, R-124	↳ Suva MP66 ↳ DuPont	Basse température (transport frigorifique)
R-402A	HCFC	R-502	R-125, R-290, R-22	↳ Arcton 402A, Honeywell 402A, Suva HP80 ↳ DuPont, Honeywell, Ineos	Moyenne et basse température (chambres froides, froid commercial)
R-402B	HCFC	R-502	R-125, R-22, Propan	↳ Suva HP81 ↳ DuPont	Basse température (applications spéciales, machines à glace)
R-423A	HFC	R-12	R-134a, R-227	↳ ISCFON MO39TC ↳ DuPont	Compresseurs centrifuges
R-417A	HFC	R-22	R-125, R-134a, Butan	↳ ISCFON MO59 ↳ DuPont	Climatisation, moyenne température (froid commercial)
R-422A	HFC	R-22, R-502	R-125, R-134a, Isobutan	↳ ISCFON MO79 ↳ DuPont	Moyenne et basse température (froid commercial et industriel)
R-422D	HFC	R-22	R-125, R-134a, Isobutan	↳ ISCFON MO29 ↳ DuPont	Moyenne température, climatisation, groupes d'eau glacée
R-413A	HFC	R-12	R-134a, R-210, Isobutan	↳ ISCFON MO49 ↳ DuPont	Moyenne température, climatisation, climatisation voitures
R-508B	PFC	R-13, R-503	R-116, R-23	↳ Klea 508, Suva 95 ↳ DuPont, Ineos	Basse températures (applications spéciales, chambres environnementales)
R-236fa	HFC	R-114	R-236fa	↳ Suva 236fa ↳ DuPont	Compresseurs centrifuges

Chambre Froide					
R-22	HCFC		R-22	<ul style="list-style-type: none"> ↳ <u>Arcton 22, Forane 22, Freon 22, Honeywell 22, Solkane 22</u> ↳ Arkema, DuPont, Honeywell, Ineos, Solvay 	Climatisation, moyenne et basse température (froid commercial et industriel)
R-23	HFC	R-13, R-503	R-23	<ul style="list-style-type: none"> ↳ <u>Klea 23, Solkane 23, Suva 23</u> ↳ Ineos, DuPont, Solvay 	Basse température (applications spéciales, médecine, chambres environnementales)
R-143a	HFC		R-143a	<ul style="list-style-type: none"> ↳ <u>Solkane 143a</u> ↳ Solvay 	Composant dans des mélanges de fluides frigorigènes
R-227	HFC	R-114, R-12B1	R-227	<ul style="list-style-type: none"> ↳ <u>Solkane 227</u> ↳ Solvay 	Climatisation
R-290	Fluide frigorigène naturel		Propan		
R-723	Fluide frigorigène naturel		NH3, Diméthylether	<ul style="list-style-type: none"> ↳ <u>R-723</u> 	Froid industriel
R-134a	HFC	R-12	R-134a	<ul style="list-style-type: none"> ↳ <u>Forane 134a, Honeywell 134a, Klea 134a, Solkane 134a, Suva 134a</u> ↳ Arkema, DuPont, Honeywell, Ineos, Solvay 	Moyenne température (réfrigérateurs domestiques, groupes d'eau glacée), transport frigorifique, climatisation voitures
R-125	HFC		R-125	<ul style="list-style-type: none"> ↳ <u>Solkane 125</u> ↳ Solvay 	Composant dans des mélanges de fluides frigorigènes
R-407A	HFC	R-502	R-32, R-125, R-134a	<ul style="list-style-type: none"> ↳ <u>Klea 407A</u> ↳ Ineos 	Moyenne et basse températures (froid commercial)
R-407B	HFC	R-502	R-32, R-125, R-134a	<ul style="list-style-type: none"> ↳ <u>Klea 407B</u> ↳ Ineos 	Moyenne et basse températures (froid commercial)
R-407D	HFC	R-500, R-12	R-32, R-125, R-134a	<ul style="list-style-type: none"> ↳ <u>Klea 407D</u> ↳ Ineos 	Conteneurs réfrigérés
R-32	HFC	R-22, R-502	R-32	<ul style="list-style-type: none"> ↳ <u>Klea 32</u> ↳ Ineos 	Composant dans des mélanges de fluides frigorigènes, froid industriel
R-412A	HCFC	R-12	R-22, R-218, R-142b	<ul style="list-style-type: none"> ↳ <u>Arcton 412</u> ↳ Ineos 	Basse température
R-509	HCFC	R-12	R-22, R-218	<ul style="list-style-type: none"> ↳ <u>Arcton 509</u> ↳ Ineos 	Basse température
R-744	Fluide frigorigène naturel		CO2	<ul style="list-style-type: none"> ↳ <u>R-744</u> 	froid commercial, climatisation mobile
R-717	Fluide frigorigène naturel		NH3	<ul style="list-style-type: none"> ↳ <u>NH3</u> 	Froid industriel
R-600	Fluide frigorigène naturel		Butan	<ul style="list-style-type: none"> ↳ <u>R-600</u> 	froid commercial, réfrigérateurs

Tableau 1 : Les fluides frigorigènes les plus répandus et leurs propriétés.

Annexe 02 :

Les principaux organismes de normalisation

On trouve plusieurs organismes parmi les plus influents dans le domaine de la réfrigération et de la climatisation. L'illustration n° 2 ci-dessous présente les principales organisations de normalisation, de niveau international, régional ou national.

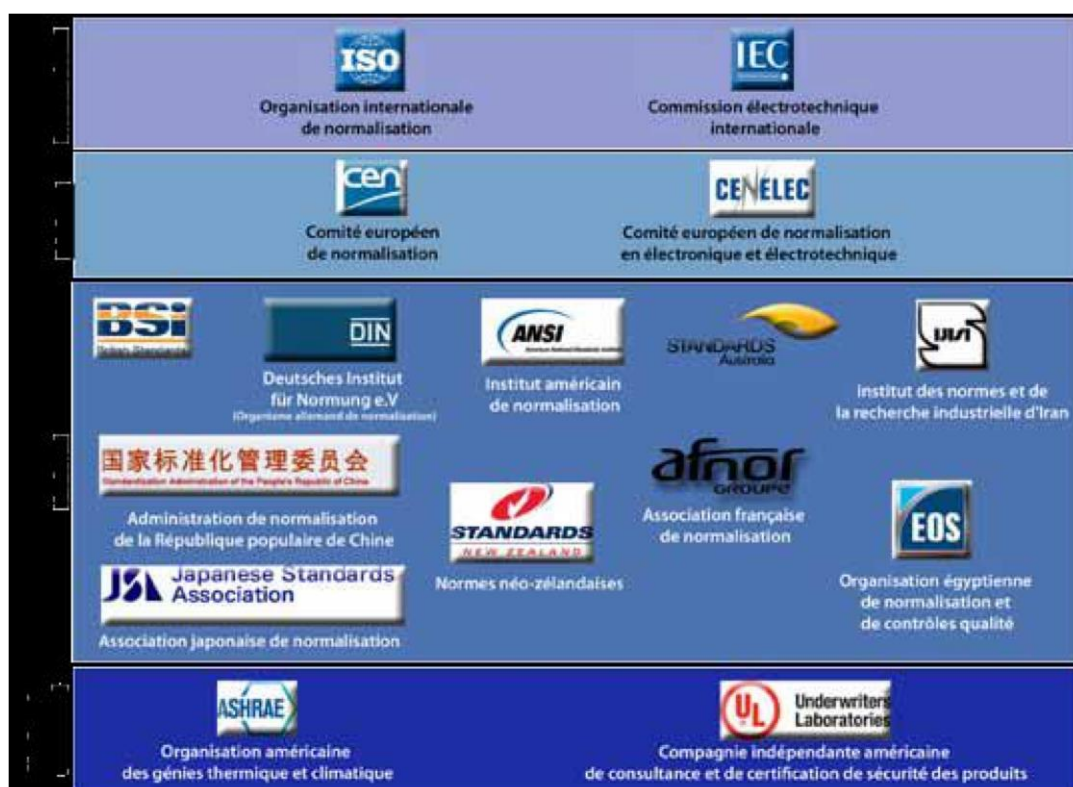


Figure 1 : Organismes de normalisation

Au niveau international

Des organismes de normalisation de niveau international agissant dans le secteur du froid et de la climatisation, les deux principales sont l'ISO (Organisation internationale de normalisation) et la CEI (Commission électrotechnique internationale). Un accord signé entre ces deux organisations empêche que l'une empiète sur le domaine de l'autre ou qu'elles émettent des normes qui pourraient être contradictoires.

<p>L'Organisation internationale de normalisation (ISO) Site Web: www.iso.org/iso/fr</p> <p>Nomenclature ISO: Ex. : ISO 14001:2004 - <i>Systèmes de management environnemental</i></p>	Numéro ISO	14001
	Année	2004
	Nom	Systèmes de management environnemental

Au niveau national

Au niveau national, la plupart des pays possèdent un ou plusieurs organismes de normalisation nationaux (ONN). Ces institutions peuvent établir leurs propres normes nationales ou adopter des normes internationales. Selon le pays, les organismes de normalisation peuvent être indépendants du gouvernement, lui être liés ou répondre devant lui.

Quelques exemples d'organismes de normalisation nationaux :

AHRI (Air-conditioning, Heating, & Refrigeration Institute), Etats-Unis, Institut de la climatisation, du chauffage et de la réfrigération, <http://www.ahrinet.org/site/306/Standards>

ASHRAE (American Society of Heating and Air-Conditioning Engineers), Etats-Unis, Organisation américaine des génies thermique et climatique, www.ashrae.org

AFNOR (Association française de normalisation), France, www.afnor.org

BSi (British Standards Institution), Royaume-Uni, Institut britannique de normalisation, www.bsigroup.com

DIN (Deutsches Institut für Normung e.V.), Allemagne, Institut allemand de normalisation, www.din.de

EOS (Egyptian Organization for Standardization and Quality Control), Egypte, Organisme égyptien de normalisation et de contrôle de qualité, www.eos.org.eg

IJISI (Institute of Standards and Industrial Research of Iran), Iran, Institut iranien de normalisation et de recherche industrielle, www.isiri.org

Standardization Administration of China, Administration chinoise de normalisation, www.sac.gov.cn

Standards Australia, Australie, Normes australiennes, www.standards.org.au

UL (Underwriters Laboratories), Etats Unis, une compagnie indépendante américaine de consultance et de certification de sécurité des produits, www.ul.com

**Normes techniques les plus importantes pour l'élimination des HCFC
et l'adoption d'alternatives à faible PRG**

o Organisation Internationale de normalisation

ISO 5149:2014 Systèmes frigorifiques et pompes à chaleur -- Exigences de sécurité et d'environnement

- A fait l'objet d'une révision récente (la version précédente datait de 1993)
- Comprend les exigences pour un nouveau classement des réfrigérants à faible inflammabilité (2L) ;
- Spécifie les exigences relatives à la sécurité des personnes et des biens pour la conception, la construction, l'installation et l'exploitation des systèmes de réfrigération avec une insistance particulière sur la limitation des fuites de réfrigérants dans l'atmosphère ;
- Spécifie le classement des systèmes de réfrigération ;
- Spécifie la gestion des fuites; par exemple, la concentration de réfrigérant dans la pièce où se trouve le compresseur - exigence spécifique pour l'ammoniac ;
- Applicable à tous types de systèmes réfrigérants dans lesquels le fluide frigorigène est comprimé et évaporé dans un circuit fermé.

ISO 817:2014 Fluides frigorigènes -- Désignation et classification de sécurité

- Apporte un système clair de classement par nombres et assigne aux fluides frigorigènes un préfixe en fonction de sa composition (par exemple, le préfixe CFC pour les chlorofluorocarbures) ;
- Une classification de sécurité des frigorigènes (inflammabilité, toxicité)
- Les limites de concentration des fluides frigorigènes ;
- A été conçue pour être utilisée en relation avec d'autres normes de sécurité comme ISO 5149, CEI 60335-2-24 ou CEI 60335-2-40.

ISO 17584:2005 Propriétés des fluides frigorigènes

- Spécifie les propriétés thermophysiques de quelques-uns des fluides frigorigènes et mélanges de fluides les plus utilisés ;
- Applicable aux réfrigérants R-12, R-22, R-32, R-123, R-125, R-134a, R-143a, R-152a, R-717 (ammoniac), et R-744 (dioxyde de carbone) et aux mélanges de réfrigérants R-404A, R-407C, R-410A, et R-507 ;
- Comprend les spécifications de quelques-unes des propriétés des fluides, dont : densité, pression, énergie interne (énergie totale contenue dans un système thermodynamique), enthalpie, entropie, capacité thermique à pression constante, capacité thermique à volume constant, vitesse du son et coefficient de Joule-Thomson.

Normes existantes

CEN : EN 13313:2010 - Systèmes de réfrigération et pompes à chaleur - Compétence du personnel

- Détaille les procédures à suivre pour obtenir et vérifier la compétence des personnes qui conçoivent, installent, inspectent, mesurent et approuvent, entretiennent, réparent et recyclent les systèmes réfrigérants, les pompes à chaleur dans le respect de la santé, de la sécurité, de la sauvegarde de l'environnement et des économies d'énergies ;
- Exigences pour la formation, initiale et continue et l'évaluation de la compétence ;
- Les règles de certification en gaz fluorés sont basées sur cette norme.

CEN : EN 1127-1:2011 Atmosphères explosives - Prévention de l'explosion et protection contre l'explosion - Partie 1 : notions fondamentales et méthodologie

- Apporte une méthodologie de base d'évaluation et de réduction des risques pour tout équipement utilisant des substances inflammables (y compris les gaz réfrigérants) ;
- Des conseils pour le niveau de protection des sources d'ignition ;
- Des conseils pour l'étanchéité des systèmes.

Comité européen de normalisation en électronique et électrotechnique

CENELEC: EN 60335-1:2012 Appareils électrodomestiques et analogues - Sécurité - Partie 1 : exigences générales

- Est composé de plus d'une centaine de parties ;
- Cette série de normes CENELEC correspond à des normes CEI. Un certain nombre de modifications ont été effectuées pour se conformer au contexte européen ;
- Les parties qui s'appliquent le plus au secteur R&C sont :
 - EN 60335-2-24 règles particulières pour les appareils de réfrigération, les sorbetières et les fabriques de glace ;
 - EN 60335-2-40 règles particulières pour les pompes à chaleur électriques, les climatiseurs et les déshumidificateurs ;
 - EN 60335-2-75 exigences particulières pour les distributeurs commerciaux avec ou sans moyen de paiement ;
 - EN 60335-2-89 règles particulières pour les appareils de réfrigération à usage commercial avec une unité de fluide frigorigène ou un compresseur incorporés ou à distance.

CENELEC: EN 60079 Appareils électriques pour atmosphères explosives

- Est composée d'un ensemble de parties ;
- Englobe les différentes exigences concernant la sécurité dans la construction, la protection et la formation des techniciens pour des systèmes électriques en atmosphère potentiellement explosive ;
- La série EN 60079 est constituée de plus de 20 normes dont la plupart sont harmonisées avec la Directive UE sur les atmosphères explosives (y compris les substances inflammables sous forme de gaz, de vapeurs, de brume ou de poussière).

American National Standards Institute (Institut américain de normalisation) / **American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers** (Organisation américaine des génies thermique et climatique)

ANSI/ASHRAE 15-2013 Sécurité des systèmes de réfrigération

- Etablit des règles pour la sauvegarde de la vie, de la santé et des biens et prescrit des exigences concernant les personnes et les biens dans le périmètre où se trouve un équipement de réfrigération ;
- Spécifications pour la fabrication de systèmes étanches (mais ne s'occupe pas des effets des émissions de fluide frigorigène dans l'environnement) ;
- Spécifications de sécurité pour la conception, la construction, les essais, l'installation, l'utilisation et l'inspection de toutes les installations de réfrigération ou de climatisation fixes ;
- Modifications et remplacement de pièces ou de composants et remplacement d'un fluide frigorigène par un autre de désignation différente ;
- Classifications de sécurité de la norme ASHRAE 34 -2010 utilisées comme base pour des recommandations de sécurité pour la conception et l'installation de systèmes réfrigérants.

ANSI/ASHRAE 34-2010 Désignation et classification de sécurité des fluides frigorigènes

- Système de référencement des frigorigènes, classification des frigorigènes selon leur toxicité et leur inflammabilité ;
- Définition des concentrations maximum permises par la norme ASHRAE 15-2010.

ISO 11650:1999 Performance des matériels de récupération et/ou de recyclage des fluides frigorigènes

- Spécification des appareils de test, des mélanges de gaz pour les tests, des procédures d'échantillonnage pour déterminer la performance des équipements de récupération et/ou de recyclage de gaz réfrigérants ;
- Spécification des gaz réfrigérants à utiliser pour l'évaluation de l'équipement.

Commission électrotechnique internationale

CEI 60335-1:2010 Appareils électrodomestiques et analogues - Sécurité

- C'est la base d'une série de plus d'une centaine d'articles couvrant un large éventail d'exigences concernant de nombreuses applications, y compris des systèmes qui n'ont pas trait à la réfrigération.
- Les plus intéressants sont :
 - **CEI 60335-2-24** exigences particulières pour les appareils de réfrigération, les sorbetières et les fabriques de glace ;
 - **CEI 60335-2-40** règles particulières pour les pompes à chaleur électriques, les climatiseurs et les déshumidificateurs (la version en vigueur interdit les HC) ;
 - **CEI 60335-2-75** exigences particulières pour les distributeurs commerciaux avec ou sans moyen de paiement ;
 - **CEI 60335-2-89** règles particulières pour les appareils de réfrigération à usage commercial avec une unité de fluide frigorigène ou un compresseur incorporés ou à distance ;
 - **CEI 60335-2-104 ed1.0** règles particulières pour les appareils de récupération et/ou de recyclage des fluides frigorigènes des climatiseurs et des appareils de réfrigération.

Comité européen de normalisation

CEN: EN 378:2008 Systèmes de réfrigération et pompes à chaleur - Exigences de sécurité et d'environnement

- Est constitué de 4 parties (amendements approuvés en 2012):
 - 1) Exigences de base, définitions, classification et critères de choix ;
 - 2) Conception, construction, essais, marquage et documentation ;
 - 3) Installation in situ et protection des personnes ;
 - 4) Fonctionnement, maintenance, réparation et récupération.
- Son but principal est de réduire le nombre de risques engendrés par des systèmes réfrigérants et des frigorigènes pour les personnes, les biens et l'environnement ;
- Applicable à presque tous les systèmes ;
- Couvre pratiquement toutes les phases, de la conception à l'utilisation des systèmes réfrigérants, en passant par la construction ;
- Fait référence à de multiples autres normes européennes.

Air-conditioning, Heating, & Refrigeration Institute

AHRI 700-2012 Spécifications pour les fluides frigorigènes fluorés

- Spécification importante pour aider à éviter l'utilisation de fluides réfrigérants de mauvaise qualité ou contrefaits, ou mal étiquetés .

Listes complète de normes internationales et régionales

Les organismes de normalisation ont en général un catalogue que l'on peut retrouver sur leur site web ou leur webstore et où figurent toutes les normes et autres publications émises par cette organisation.

Exemples de catalogues et de web stores :

ISO Standards Catalogue: http://www.iso.org/iso/fr/home/store/catalogue_ics.htm

CEI : IEC webstore: <http://webstore.iec.ch/?ref=menu>

CEN Standard database <http://esearch.cen.eu/esearch/>

ANSI Standards store: <http://webstore.ansi.org/default.aspx>

Une base de données des normes et réglementations techniques est disponible sur le site de Perinorm www.perinorm.com (inscription obligatoire).

RÉFÉRENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

[1] https://fr.wikipedia.org/wiki/Fluide_frigorig%C3%A8ne

[2] Wen-Tientasi, 2005, an over view of environmental hazards and exposure, and explosive rise of hydrofluorocarbon HFC'S, chemosphere, 61, 1539-47.

[3] Susan solomon, gian-kasper plattner, reto knutt, fredlingstein , Irreversible climate change due to carbon dioxide emissions » *journal climatique*, Vol 106 n° 06, 2009.

[5] Evaluation Des Performances D'une Machine Frigorifique Hybride A absorption/éjection, Master 2017, Uniersité Annaba

[4] JOHNSON Lyndsey 1998, Global warming from HFC, environment impact assessment rev, 18, 485 –492

[6] DERGHOUT.Z :mémoire de magister, investigation du cycle de réfrigération à éjecto- compression et ses application dans le froid, le chaud et l'énergie, Université Mentouri Constantine 2077.P17,18,19,20,43,44,100,101 ,102,103,104,105.

[7] Technique du froid Cours de base, CFmnLog, juillet 2007

[8] Tim. G. A. Vink, Evoluation Récentes des réglemations relatives aux fluorocarbures, European Seminars February 2002.

[9] D. A. Didon, The role of refrigerant mixtures, Bulttin of IIR N=0 94-3, January 1994.

[10] Djefal rachid, Etude et modelisation des proprietes Thermodynamiques des melanges de fluides Frigorigenes. Mémoire de magister en génie climatique, univrsité de mentouri constantine 2015.

[11] <https://www.thermal-engineering.org>

Exemples de catalogues et de web stores :

- ISO Standards Catalogue: http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_ics.htm
- CEI : IEC webstore: <http://webstore.iec.ch/?ref=menu>
- CEN Standard database <http://esearch.cen.eu/esearch/>
- ANSI Standards store <http://webstore.ansi.org/>