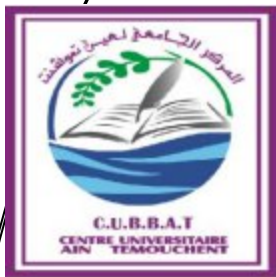


الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
جامعة بلحاج بوشعيب عين تموشنت
Université Belhadj Bouchaib d'Ain-Temouchent
Institut de Technologie
Département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

Etude le bilan frigorifique d'une chambre à température négative

Thème



Présenté par :

- Melle Bensaad Mounia
- Mr Benghorzi Adel

- Dr Salah Hichem (examinant)
- Dr. Amirat Mohammed (Co-encadrant)



Remerciement

Nous tenons à remercier M. Nehari Tayeb notre auteur de projet de fin d'étude à UAT, qui nous suivons tout au long de cette période et ces conseils sur l'orientation que celui-ci devait prendre et aussi Co- encadrant M Amirate Mohamed à ces conseils toute long de notre travail. Par ailleurs nous remercions M. Walid Ammaru Chef du département Génie mécanique de UAT .

Les directeurs des Ressources humaines qui n'ont permis d'effectuer notre stage au sein du groupe.

Nous remercions fortement M Ziadi Abdelkader le directeur de l'université de Ain Témouchent a ses efforts ont fait pour développer l'université et se rendre à la point des universités algériennes .

De plus, nous voudrions remercier tout les enseignant ceux qui nous ont accompagnés tout au long de notre carrière universitaire pour ses nombreux conseils qui m'ont été très utiles.

Enfin, nous tenons à remercier tout nos collègue de M2 énergétique .

Dédicace

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

Je dédie ce modeste travail

. Un grand merci à :

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

A mes très chers frères: Seifeddinne et Ibrahim ;

A toute ma famille Benghorzi ;

A mon encadreur Dr Nehari Tayeb et Dr Amirate Mohamed ;

A mes chères amies Issam et Zakzria ;

A tous ceux qui m'ont aidé ;

A mes collègues de promotion Génie Mécanique énergétique
2024/2025..

Enfin, A Mon collègue : Mounia

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



Dédicace

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

Je dédie ce modeste travail

. Un grand merci à :

A mes très chers parents, la lumière de ma vie, pour leur amour et soutien durant toute ma vie et en particulier durant toutes mes

années estudiantines ;

A mon cher père

A ma cher maman

A mes très chers frères

A toute ma famille Bensaad ;

A tous mes enseignants ;

A tous ceux qui m'ont aidé ;

A mes collègues de promotion Génie Mécanique énergétique

2024/2025.

Enfin, A Mon collègue : Adel

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



Bensaad Mounia

Résumé:

Dans ce nous avons fait une étude d'une chambre froide à une température négative, ce qui nous a permet de comprendre l'importance et la nécessité de prendre en compte tous les éléments qui interviennent dans l'étude et dimensionnement d'une chambre froide, et nous avons citer les composantes de la chambre froide.

Aussi l'étude sert a choisir le meilleur fluide frigorigène qui fonctionne dans une température négative.

الملخص :

في هذا أجرينا دراسة لغرفة باردة في درجة حرارة سلبية مما سمح لنا بفهم الأهمية والتشويش على مراعاة جميع العناصر التي تتدخل في الدراسة وبعد غرفة باردة واستشهدنا بمكونات الغرفة الباردة.

كما يتم استخدام الدراسة لاختيار أفضل مبرد يعمل في درجة حرارة سلبية.

Abstract:

In this we did a study of a cold room at a negative temperature, which allowed us to understand the importance and the necessity to take into account all the elements that intervene in the study and dimension of a cold room, and we cited the components of the cold room.

Also the study is used to choose the best refrigerant that works in a negative temperature

Table des matières

[Résumé:](#)

[Nomenclature](#)

[Abréviations](#)

[Liste des figures:](#)

[Liste des tableaux](#)

<u>Introduction général</u>	1
<u>CHAPITRE 01: RAPPELLES THERMODYNAMIQUES ET GENERALITES SUR LE FROID</u>	
<u>1.1. Les principes thermodynamique:</u>	4
<u>1.1.1. Le premier principe de la thermodynamique:</u>	4
<u>1.1.2. Le deuxième principe de la thermodynamique:</u>	4
<u>1.1.3. Le troisième principe de la thermodynamique:</u>	4
<u>1.2. Les transformations thermodynamiques:</u>	4
<u>1.3. Définition de froid:</u>	6
<u>1.4. Les chambres froides:</u>	6
<u>1.4.1. Les chambres froides positives:</u>	6
<u>1.4.2. Les chambres froides négatives:</u>	7
<u>1.5. La production du froid:</u>	8
<u>1.5.1. Cycle frigorifique à compression:</u>	9
<u>1.5.2. Cycle frigorifique à absorptions:</u>	9
<u>1.5.3. La cryogénie:</u>	10
<u>1.5.4. Les systèmes thermoélectriques(l'effet de Pétiller):</u>	10
<u>1.6. Les applications de froid:</u>	11
<u>1.6.1. L'industrie alimentaire:</u>	11
<u>1.6.2. Le domaine du climatisation et confort thermique:</u>	11
<u>1.6.3. Dans l'industrie et la production:</u>	11
<u>1.6.4. Dans le secteur médical:</u>	11
<u>1.6.5. Le domaine scientifique et technologique:</u>	11
<u>1.7. La machine frigorifique:</u>	12
<u>1.7.1. Définition de la machine frigorifique:</u>	12
<u>1.7.2. Les types des machines frigorifiques (Classification):</u>	12
<u>1.7.3. Le cycle frigorifique:</u>	13
<u>1.8. Le coefficient de performance (COP):</u>	14
<u>1.9. La conductivité thermique :</u>	15
<u>1.9.1. Exemple sur les conducteurs:</u>	15
<u>1.9.2. Les types de conductivités thermiques:</u>	15
<u>1.10. Conclusion:</u>	16
<u>Chapitre 02: Les équipements d'une chambre froide</u>	
<u>2.1. Inroduction</u>	18
<u>2.2. L'installation frigorifique:</u>	19
<u>2.3. Le fluide frigorigène:</u>	19
<u>2.4. Les composantes d'une chambre froide:</u>	19

<u>2.4.1. Le compresseur :</u>	20
<u>2.4.2. Le condenseur:</u>	24
<u>2.4.3 L'évaporateur:</u>	27
<u>2.4.4 Le détendeur;</u>	28
<u>2.4.5 Le réservoir du liquide:</u>	29
<u>2.4.6. La bouteille anti-coups de liquide:</u>	30
<u>2.4.7. Le voyant liquide:</u>	31
<u>2.4.8 Le déshydrater:</u>	32
<u>2.4.9. La vanne électromagnétique:</u>	33
<u>2.4.10. Le pressostat :</u>	36
<u>2.4.11. Le thermostat:</u>	38
<u>2.4.12. Éliminateur de vibration:</u>	39
<u>2.4.13. L'armoire électrique de chambre froide:</u>	40
<u>2.5. Conclusion</u>	40
<u>CHAPITRE 03 : Le Bilan thermique</u>	
<u>Introduction</u>	42
<u>3.2 Bilan thermique :</u>	42
<u>3.3 Les charges thermiques :</u>	42
<u>3.3.1 Les charges thermiques externes :</u>	42
<u>3.3.1.1 Charges thermique par transmission à travers les parois :</u>	42
<u>3.3.1.2. Charges thermiques par renouvellement d'air :</u>	43
<u>3.3.1.3 Charges thermiques par ouverture des portes :</u>	43
<u>3.3.2 Calcul des charges thermiques internes :</u>	45
<u>3.3.2.1 Charges thermiques internes dépendantes des denrées entreposées :</u>	45
<u>3.3.2.2 Charges thermiques internes indépendantes des denrées entreposées :</u>	46
<u>3.4 Sélection de l'équipement :</u>	49
<u>3.4.1 Sélection de l'évaporateur :</u>	49
<u>3.4.2 Sélection du groupe de condensation :</u>	50
<u>3.4.3 Sélection du détendeur :</u>	50
<u>3.5 Le rendement :</u>	50
<u>Conclusion :</u>	51
<u>CHAPITRE 04: RESULTATS ET DISCUSSION</u>	
<u>4.1. Introduction</u>	53
<u>4.2. Définition de logiciel SOLKANE 8.0:</u>	53
<u>4.3. Étude l'impacte des déferents fluides frigorigènes :</u>	54
<u>4.3.1 Cas du R22 :</u>	55
<u>4.3.2 Cas de R32 :</u>	56

4.3.3 Cas de R134a :	58
4.3.4 Cas de R404A :	60
4.3.5 Cas de R407C :	62
4.3.6. Cas de R152a :	64
4.3.7. Cas de S22M :	66
4.4. Commentaire des résultats obtenus :	68
Conclusion Général	74
Les REFERENCES	75

Nomenclature

KW	Charge thermique par transmission à travers les parois	
K	Facteur de correction	
	Surface	m ²
ΔT	Différence de température	K
h	Coefficient de transfert thermique par convection	W/
m ² .K		
	Epaisseur	m
	Coefficient de transfert de chaleur par conduction	W/
m ² .K		

m	Masse	Kg
	Différence d'enthalpie	J
	Charge thermique par renouvellement d'air	W
H	Hauteur	m
	Charge thermique par ouverture des portes	W
ρ	Masse volumique	Kg/
	Durée de fonctionnement	s
	Charge thermique due aux denrées entrantes	W
C J/Kg/K	Capacité thermique massique moyenne de la denrée	
T	Température	K
	Charge thermique due à la respiration des denrées	W
d Kg/	Densité d'entreposage	
	Rendement	%
	Charges thermiques dues à l'éclairage	W
P	Puissance	W
	Charge thermique dues aux personnes	W
q	Quantité de chaleur dégagée	J
t	Temps	s
	Charges thermiques internes liées à l'évaporateur	W
	Charge thermique internes due aux résistances de dégivrage	W
	Puissance frigorifique	W
	Facteur du sous refroidissement	
	Puissance nominale du détendeur	W
Qf	Charge frigorifique froide	W
Qc	Charge frigorifique chaude	W
T	Température	°C
h	Enthalpies	Kj/Kg

Abréviations

HP Haute pression

BP	Base pression
COP	Coefficient de performance
Comp	Compresseur
GWP	Potentiel de réchauffement climatique
HCF	HydrochloroFluro Carbon
CFC	les chlofluorocarbures
HC	Hydrocarbon
ODP	ozone depletion potential
GWP	global waraning potential

Liste des figures:

CHAPITRE 01:

Figure 1.1 : les transformations thermodynamiques.....	05
Figure 1.2 : la chambre froide positive.....	06
Figure 1.3 : la chambre froide négative.....	07
Figure 1.4 : le déference entre la congélation et la surgélation.....	08
Figure 1.5 : le cycle frigorifique à compression.....	09
Figure 1.6 : le cycle frigorifique à	

absorbtion.....	10
Figure 1.7 : l'effet Peltier.....	11
Figure 1.8 : une installation frigorifique simple.....	12
Figure 1.9 : les transformations d'état.....	13
Figure 1.10 : le diagramme ph avec les changements de phase.....	14

CHAPITRE 02:

Figure 2.1 : le compresseur frigorifique.....	20
Figure 2.2 : le compresseur ouvert.....	21
Figure 2.3 : le compresseur hermitique.....	22
Figure 2.4 : le compresseur semi hermitique.....	22
Figure 2.5 : le compresseur à piston.....	23
Figure 2.6 : le compresseur à vis.....	23
Figure 2.7 : le compresseur scroll.	24
Figure 2.8 : le schéma de condenseur.....	25
Figure 2.9 : le condenseur à air.....	26
Figure 2.10 : le condenseur à eau.....	26
Figure 2.11 : le schéma d'évaporateur.....	27
Figure 2.12 : le	

détendeur.....	29
Figure 2.13 : le réservoir de liquide frigorigène.....	30
Figure 2.14 : la bouteille anti-coup de liquide.....	31
Figure 2.15 : le voyant liquide.....	32
Figure 2.16 : le déshydrateur.....	33
Figure 2.17 : la vanne électromagnétique.....	34
Figure 2.18 : VEM à action directe.....	35
Figure 2.19 : VEM à clapet pilote.....	35
Figure 2.20 : le pressostat.....	36
Figure 2.21 : le pressostat basse pression.....	37
Figure 2.22 : le pressostat haute pression.....	37
Figure 2.23 : le pressostat combiné.....	38
Figure 2.24 : le thermostat.....	38
Figure 2.25 : l'éliminateur de vibration.....	39
Figure 2.26 : l'armoire électrique d'une chambre froide.....	40
CHAPITRE 03:	
Figure 3.1 : Échanges thermiques provoqués par l'ouverture des portes.....	44
Figure 3.2 : Les puissances autour d'une machine thermique.....	51
CHAPITRE 04:	

Figure 4.1 : l'ogiciel Solkane 8.0	53
Figure 4.2 : diagramme (P,h) pour le R22.....	55
Figure 4.3 : les valeurs du R22	55
Figure 4.4 : diagramme (P,h) pour le R32	57
Figure 4.5 : les valeurs du R32	57
Figure 4.6 : diagramme (P,h) pour le R134a	58
Figure 4.7: les valeurs du R134a	59
Figure 4.8 : diagramme (P,h) pour le R404a	60
Figure 4.9: les valeurs du R404a	61
Figure 4.10: diagramme (P, h) pour le R407C	62
Figure 4.11: les valeurs du R407C	63
Figure 4.12: diagramme (P, h) pour le R152a	64
Figure 4.13 : les valeurs du R152a	65
Figure 4.14: diagramme (P, h) pour le S22M	66
Figure 4.15 : les valeurs du S22M	66
Figure 4.16 : Histogramme de la température de surchauffe des fluides frigorigènes.....	69
Figure 4.17 : Histogramme de la température de sourefroidissement des fluides frigorigènes	70
Figure 4.18 : Histogramme de coefficient de performance (COP) des fluides frigorigènes..	70
Figure 4.19 : Histogramme de GWP des fluides	

frigorigènes71

Liste des tableaux

Tableau 3.1 : le coefficient d'occupation du sol d'une chambre froide en fonction du type d'entreposage des marchandises.....46

Tableau 3.2 : Nombre et durée des périodes de dégivrage à prévoir pour différentes chambres froides et meubles

frigorifiques.....	48
Tableau 4.1 : tableau des conditions initiales.....	54
Tableau 4.2 : tableau des performances énergétiques des fluides frigorigènes	67
Tableau 4.3 : tableau des températures de surchauffe et de sou refroidissement.	68
Tableau 4.4 : tableau des ODP et GWP des fluides frigorigènes.....	69

INTRODUCTION GENEGAL

Introduction général

Le terme froid est une notion utilisée depuis longtemps, à l'âge des préhistoriques les gens refroidissent leur repas dans des pièces en substance car est un matériau isolant thermique. Le père des systèmes de refroidissement est le français Ferdinand Carré (1824-1900) qui a créé la première machine à absorption en 1854 utilisant le couple frigorigène : ammoniac absorbant eau, ces machines furent presque immédiatement opérationnelles.

Le froid est une notion qui désigne une sensation de basse température, généralement perçue par le corps humain lorsqu'il est exposé à un environnement où la chaleur est absente ou insuffisante.

Il résulte d'une perte de chaleur peut être influencé par plusieurs facteurs tel que : le climat, l'humidité le vent... .

Le froid joue un rôle essentiel dans la nature et l'équilibre des écosystèmes, il est responsable des saisons hivernales, du gel, de la formation de la neige et du glace qui ont des impacts sur la faune, la flore et les activités humaines. Cependant, une exposition prolongée au froid peut entraîner des risques pour la santé comme : l'hypothermie ou les engelures. C'est pour quoi il est important de bien protéger en période hivernale et dans les environnements extrêmes.

La production de froid est une technique complexe qui nécessitant beaucoup de savoir faire et d'expérience et de conscience professionnelle de la part des installateurs et des maintenanciers. Le froid industriel est un poste énergivore qui représente : 15% de la consommation électrique mondiale, + de 20% en secteur agroalimentaire, + de 50% en supermarché, de 65% de la consommation électrique en entreprises spécialisées en produits frais.

Le froid est devenu une forme d'énergie importante dans notre société, il est utilisé dans un grand nombre de secteurs et sous de nombreuses formes de conservation des denrées périssables, climatisation, refroidissement de procédés industriels... etc.

La production de froid peut être faite par deux principaux systèmes : ceux qui consomment pour fonctionner de l'énergie mécanique ou son équivalent, les systèmes mécano-frigorifique et ceux qui consomment essentiellement de l'énergie thermique, les systèmes thermos-frigorifiques [1]

Le froid permet aussi l'augmentation du volume de production agricole par la modification du cycle végétatif des plantes améliorant ainsi leur rendement.

En production animale le froid permet la conservation longue durée du sperme destiné à l'insemination artificielle ou encore la conservation des sérums et des vaccins.

L'avance technologique de nos jours qui autorise un contrôle plus précis de la température et de l'humidité permet d'améliorer la production de froid.

L'utilisation des atmosphères artificielles permet d'augmenter la durée de conservation de certains fruits et légumes , de même l'utilisation d'adjuvants permet de renforcer l'action du froid mais leur utilisation doit être conforme a la législation national relative a la production des aliments.

Dans les pays chauds et humide, une température de l'ordre de +10°C permet une bonne conservation de poisson fumé, du lait concentré ou en poudre, des conserves de viandes... .

Il faut retenir que l'alimentation d'une population mondiale sans cesse croissante exige que des efforts réalisés pour accroître les productions alimentaires soient accompagnés d'initiatives destinées à réduire sinon à éliminer les pertes qui autrement resteraient considérables à toutes les étapes de la distribution et de la transformation des aliments.[2]

Nous nous intéressant dans ce travail à l'étude du bilan frigorifique d'une chambre dans une température négative en quatre chapitres:

Dans le premier chapitre on va donner des généralités sur le froid et les chambres froides négatives et leurs caractéristiques avec des rappels thermodynamiques.

Le deuxième chapitre sera sur les comportements d'une chambre des chambres négatives .

Dans le troisième chapitre nous avons étudié le bilan thermique d'une chambre froide négative .

Le quatrième chapitre contient les résultats numériques obtenus par le logiciel SOLKANE 8.0 avec une discussion sur les valeurs des résultats déterminés.

**CHAPITRE 01: RAPPELLES THERMODYNAMIQUES
ET GENERALITES SUR LE FROID**

1.1. Les principes thermodynamique:

1.1.1. Le premier principe de la thermodynamique:

L'énergie d'un système isolé se conserve. Elle ne peut être créée ni détruite (par contre elle se transforme). Pour des systèmes de l'univers (seuls systèmes rigoureusement isolés, l'énergie w est échangée sous forme de transfert thermique et de travail.

$$U = W + Q \quad \text{ou} \quad dU = dW + dQ$$

Avec;

W : travail échangé avec le milieu extérieur.

Q : le transfert thermique avec le milieu extérieur.

1.1.2. Le deuxième principe de la thermodynamique:

Il représente l'existence d'une fonction d'état non conservative appelée l'entropie et noté S .

$$\text{ou: } DS = (DQ/T).$$

1.1.3. Le troisième principe de la thermodynamique:

Les gaz sont moins ordonnés que les liquides, eux-mêmes moins ordonnés que les solides, elles ont des entropies plus élevées que les liquides et les solides.

Le troisième principe dit que : Au zéro absolu ($T = 0^{\circ}\text{K}$), tous les corps purs cristallisés ont une entropie nulle.

1.2. Les transformations thermodynamiques:

La thermodynamique est une branche essentielle dans le domaine énergétique, parce qu'elle est la science qui étudie les fonctions qui précèdent les échanges des énergies qui concernent tous les types de transformations de tous les types d'énergies (mécanique, calorifique, thermique, chimique,....etc).

Transformation isobare:

En thermodynamique nous disons que la transformation est isobare lorsque la pression de sortie égale la pression d'entrée donc le système est en équilibre.

Transformation isochore:

En thermodynamique le terme isochore est une transformation à volume constant : le volume d'entrée égale le volume de sortie.

Transformation isotherme:

La transformation isotherme est une transformation à température constante : la température de sortie égale la température d'entrée.

Transformation adiabatique:

C'est une transformation faite avec aucun transfert thermique entre le système étudié et son environnement: il n'y a pas d'échange de chaleur entre les deux milieux.

Transformation isentropique:

C'est une transformation adiabatique réversible et est une transformation dont le changement d'entropie (S est constante) et caractérisé par leur constante isentropique gamma .

Transformation polytropique:

Est une transformation réversible dans laquelle nous impliquant un transfert thermique partiel entre le système étudié et le système extérieur, il est connue par son constante polytropique n.

LABIDI AYMEN – INSAT

Transformation	Isotherme	Isobare	Isochore	Isentropique (=Détente Adiabatique réversible)	Polytropique
Loi de la Transformation	$PV=Cte$ (Loi de Joule)	$P=Cte$	$V=Cte$	$PV^\gamma=Cte$ $TV^{\gamma-1}=Cte$ $T^\gamma P^{1-\gamma}=Cte$ (Loi de Laplace)	$PV^K=Cte$
Travail W	$-nRT \ln(V_2/V_1)$ $nRT \ln(P_2/P_1)$	$-nRT \ln(V_2/V_1)$	$W=0$	$(nR/\gamma-1) (T_2-T_1)$ $(P_2 V_2 - P_1 V_1)/(\gamma-1)$	$(nR/K-1) (T_2-T_1)$ $(P_2 V_2 - P_1 V_1)/(K-1)$
Energie Interne ΔU	$nC_v(T_2-T_1)$ (T2=T1) ⇒ ΔU=0	$nC_v(T_2-T_1)$	$nC_v(T_2-T_1)$	$nC_v(T_2-T_1)$	$nC_v(T_2-T_1)$
Transfert Thermique Q	$nRT \ln(V_2/V_1)$	$nC_p(T_2-T_1)$	$nC_v(T_2-T_1)$	$Q=0$	$nC_v(T_2-T_1)^*$ $(1-(\gamma-1)/(K-1))$
Entropie ΔS	$nR \ln(V_2/V_1)$	$nC_p \ln(T_2/T_1)$	$nC_v \ln(T_2/T_1)$	$\Delta S=0$	***
Enthalpie ΔH	$\Delta H=0$	$nC_p(T_2-T_1)$	$nC_p(T_2-T_1)$	$nC_p(T_2-T_1)$	$nC_p(T_2-T_1)$

- $\gamma=C_p/C_v$, c'est le rapport des capacités Thermiques ($\gamma=1,4$ pour un gaz parfait diatomique et $5/3$ pour un gaz parfait monoatomique)
- En thermodynamique, un processus isentropique est un processus thermodynamique au cours duquel l'entropie du système étudié reste constante. La constance de l'entropie peut être obtenue par un processus idéal qui est à la fois adiabatique et réversible

Une transformation polytropique est une modification de l'état thermodynamique d'un système avec un échange thermique partiel entre ce dernier et son environnement. Un état polytropique se classe donc entre le cas isotherme et le cas adiabatique. En génie des procédés, un réacteur est dit polytropique quand une partie de la chaleur dégagée par la réaction est enlevée par le système de refroidissement tandis que le reste de la chaleur est accumulé dans le réacteur

Figure 1.1: les transformations thermodynamiques [1]

1.3. Définition de froid:

Tant que notre sujet est basé sur une étude faite à une température négative il aura un terme qui s'appelle le froid.

Le célèbre dictionnaire Littré définit le froid comme une absence de chaleur. Cette définition en creux dit beaucoup de notre méconnaissance du monde froid, définie par un regard de sud, et à partir d'un point de vue tempéré. Elle réveille aussi la complexité que révèle une réflexion sur le terme froid. L'une des premières caractéristiques du froid réside dans le fait qu'il est relatif, en plus d'être multiforme. Invisible, il se manifeste par ses effets sur les matériaux et les corps vivants.

Le seul absolu qu'on lui reconnaît est le zéro absolu (-273.15°C), les représentations relient cette tension entre variabilité et l'absolu. [3]

1.4. Les chambres froides:

Les chambres froides sont des espaces à température négative, ils contiennent un système de réfrigération qui établit certaines conditions climatiques pour la conservation des produits (produits alimentaires, produits pharmaceutiques, la stérilisation de matériel médical...) ou bien pour la fabrication de différents produits (fabrication des médicaments, fabrication des produits laitiers...), et on peut distinguer deux types de chambres froides :

1.4.1. Les chambres froides positives:

Ils sont appelés aussi chambres froides à température positive, ils sont connus pour la conservation des produits entre 0°C et 10°C , leur utilisation principale pour la conservation des aliments frais, les boissons ou les médicaments.



Figure1:2 chambre froide positive [2]

1.4.2. Les chambres froides négatives:

Ils sont utilisé pour stocker les produits congelés entre 0°C et (-28)°C, ils ont généralement une meilleure isolation thermique avec moins d'ouvertures quotidiennes.[4]



Figure 1:3 : chambre froide négative [3]

Et a partir des chambres froides négatives nous pouvons connaître deux phénomènes essentielles sont la congélation et la surgélation

La congélation:

C'est une technique de conservation qui consiste à abaisser rapidement la température des aliments, généralement autour de (-30 à fin de former des petites cristaux de glace.cette méthode préserve les qualités nutritionnelles et organoleptiques des produits en ralentissant les processus enzymatiques.[5]

La surgélation:

La surgélation est une technique industrielle qui sert à refroidir rapidement et brutalement (quelques minutes) des aliments ou des exposants intensément des températures allant de -30°C à -50°C, jusqu'à la température de cœur de produit atteigne les -18°C.La surgélation fait dans des milieux isolés par des fluides de surgélation comme l'Azote liquide, il est utilisé dans plusieurs domaines : surgélation des produits alimentaires, dans les boulangeries et les pâtisseries ...etc

La surgélation est une méthode de conservation naturelle qui ne nécessite pas l'ajoute des additives ou de de conservateurs et les produits conservent leur textures et leur fraîcheurs

Le différence entre surgélation et la congélation:

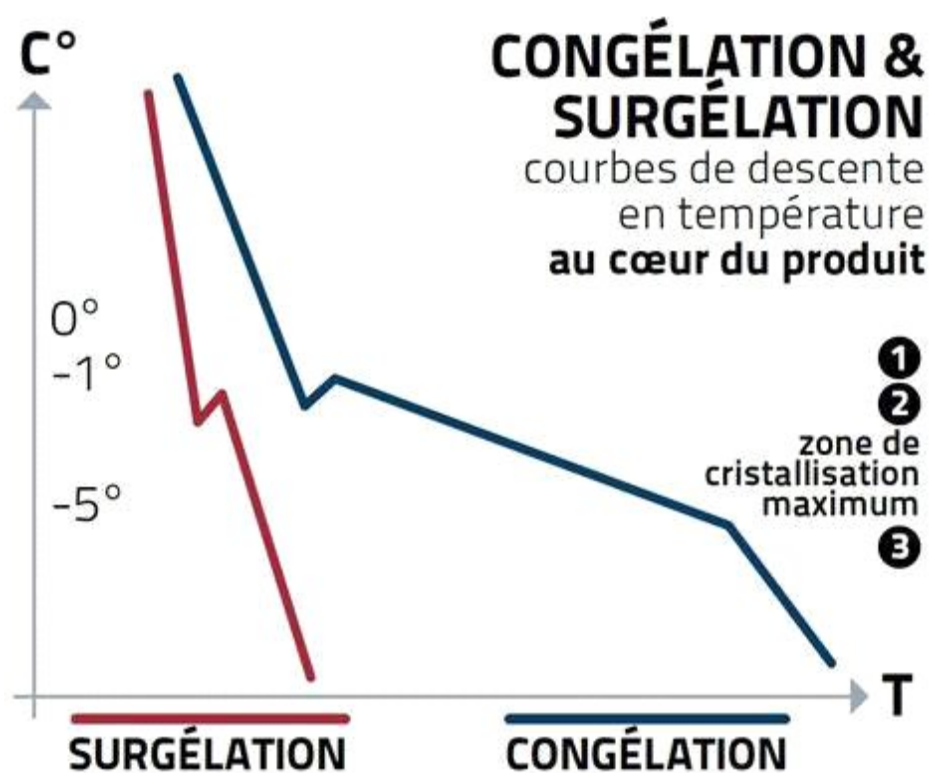


Figure 1.4 : Le différence entre la surgélation et la congélation [4]

La différence entre surgélation et congélation se est dans :

La rapidité: la surgélation et plus rapide que la congélation.

La formation de cristaux; dans la surgélation il est y r des petites cristaux, mais dans la congélation il y r des gros cristaux de glace.

L'utilisation: la surgélation utilisé dans l'industrie agroalimentaire, mais la congélation est une méthode domestique pour la conservation des aliments.

1.5. La production du froid:

La production du froid est un processus utilisé pour abaisser la température d'un espace, un fluide ou un objet. Elle est basée sur les principes thermodynamiques permettant de transférer la chaleur d'un milieu vers un autre. Il existe plusieurs méthodes physiques et technologiques de production de froid qui ont été utilisées dans plusieurs domaines : principalement utilisé dans la climatisation, la réfrigération, et l'industrie, et parmi les procédés de production de froid on a :

1.5.1. Cycle frigorifique à compression:

C'est le procédé le plus courant utilisé dans les réfrigérateurs, les climatiseurs, et les pompes à chaleur. Il repose sur l'utilisation d'un fluide frigorigène qui circule dans un circuit fermé et passe par plusieurs étapes:

La compression: Le fluide frigorigène est comprimé par le compresseur ce qui augmente sa température et sa pression.

La condensation: Le fluide cède sa chaleur dans un condenseur et sera liquéfié.

La détente: Un détendeur abaisse la pression de fluide, ce qui entraîne aussi une baisse de température.

L'évaporation: Le fluide absorbe la chaleur dans l'évaporateur, ce qui refroidit l'espace environnant.

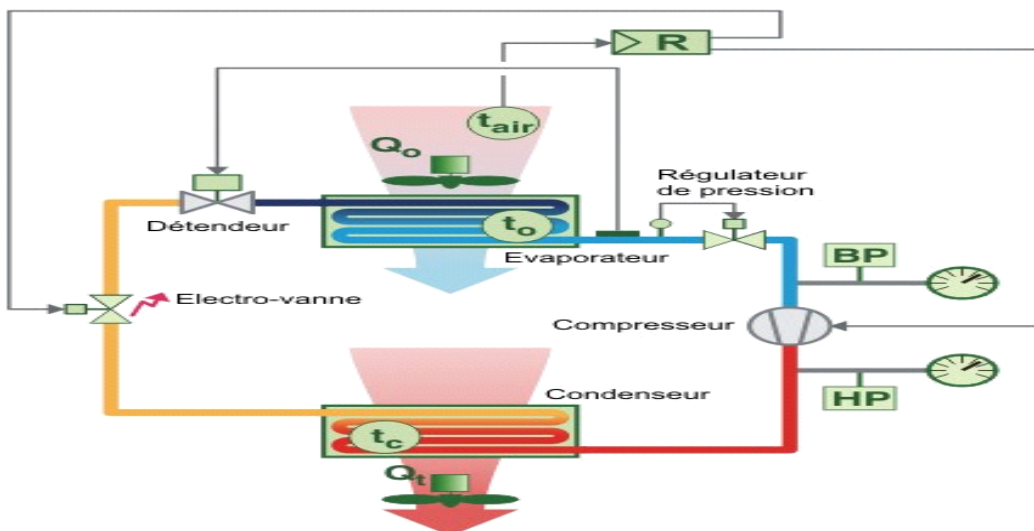


Figure 1.5 : le Cycle frigorifique à compression [5]

1.5.2. Cycle frigorifique à absorptions:

Il est utilisé certaines applications comme les réfrigération à gaz ou les systèmes de refroidissement industrielles, ce procédé se remplace le compresseur par un absorbeur et un générateur, utilisant une source de chaleur (flamme, énergie solaire,....etc),ils ont utilisé .l'Ammoniac comme fluide frigorigène.

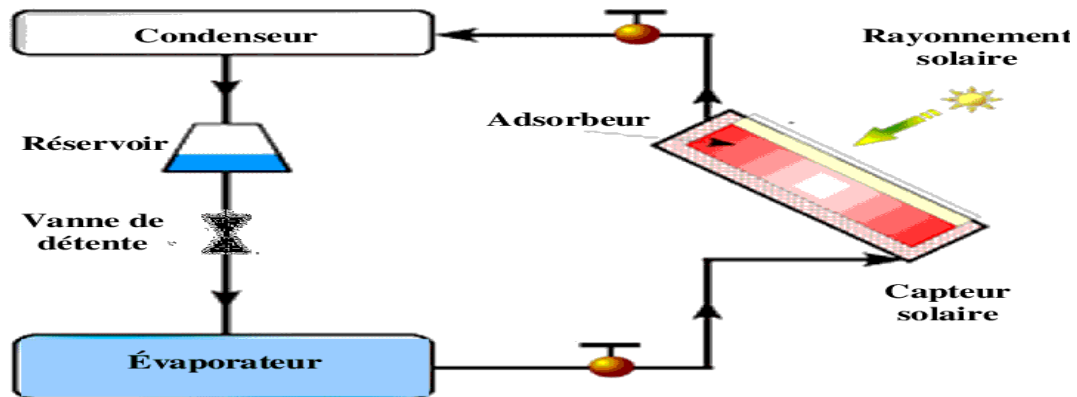


Figure 1.6 : Cycle frigorifique à absorption [6]

1.5.3. La cryogénie:

Elle est basée sur l'utilisation de gaz liquéfiés (Azote liquide, Hélium.....) pour atteindre des températures extrêmement basses. Ce procédé est utilisé en médecine, en recherche scientifique et dans l'industrie spatiale.

1.5.4. Les systèmes thermoélectriques (l'effet de Peltier):

Ils utilisent un courant électrique pour transférer la chaleur d'un côté à l'autre d'un matériau semi-conducteur. Cette technologie est utilisée pour les petites applications comme: les mini réfrigérateurs et les mini refroidisseurs.[6]

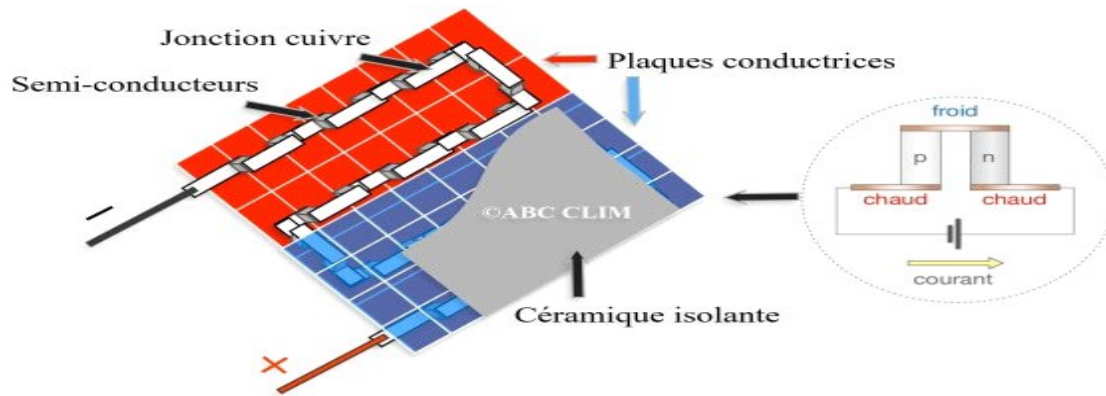


Figure 1.7 : L'effet de Peltier [7]

1.6. Les applications de froid:

Le froid est un élément essentiel et il touche plusieurs domaines, donc on ce trouve ce dernier dans les domaines suivants:

1.6.1. L'industrie alimentaire:

Réfrigération et conservation: pour le stockage des aliments.

La congélation des produits: pour la préservation des produits sur une longue durée (viandes, poissons, légumes).

La chaîne froid: pour le transport des produits frais et surgelés (camions frigorifiques et centres de réfrigération).

1.6.2. Le domaine du climatisation et confort thermique:

La Climatisation des bâtiment : pour maintien d'une température agréable dans les maisons et les bureaux et les centres commerciaux.

Les systèmes de refroidissement des véhicules : pour la climatisation des voitures, trains et avions.

1.6.3. Dans l'industrie et la production:

Refroidissement des machines et des équipements: pour la prévention de la surchauffe (ordinateurs, moteurs, machines industrielles ...).

La production de glace: pour l'usage domestiques commerciaux et sportifs .

L'industrie pharmaceutique : pour le stockage des vaccins, médicaments et produits biologiques qui sont sensibles à la température.

1.6.4. Dans le secteur médical:

Cryothérapie: pour les traitement médicaux (le soigne des inflammations et la réoccupation musculaire).

La conservation des échantillons biologiques: pour le stockage de sang et des organes et des tissus base température

1.6.5. Le domaine scientifique et technologique:

La recherche spatiale et cryogénie : l'utilisation de froid extrême pour la physique des particules et la conservation du gaz.

La super conductivité: il est utilisé en imagerie médicale (IRM) et en train à lévitation magnétique.[7]

1.7. La machine frigorifique:

1.7.1. Définition de la machine frigorifique:

Une machine frigorifique est un dispositif basé sur les lois thermodynamique connu pour transférer de la chaleur d'une zone à basse température (source froide) vers une zone à température plus élevée (source chaude), permettant ainsi de maintenir un espace à une température inférieure à celle de l'environnement ambiant. Ce processus nécessite l'apporte de l'énergie externe généralement se forme de travail mécanique.[8]

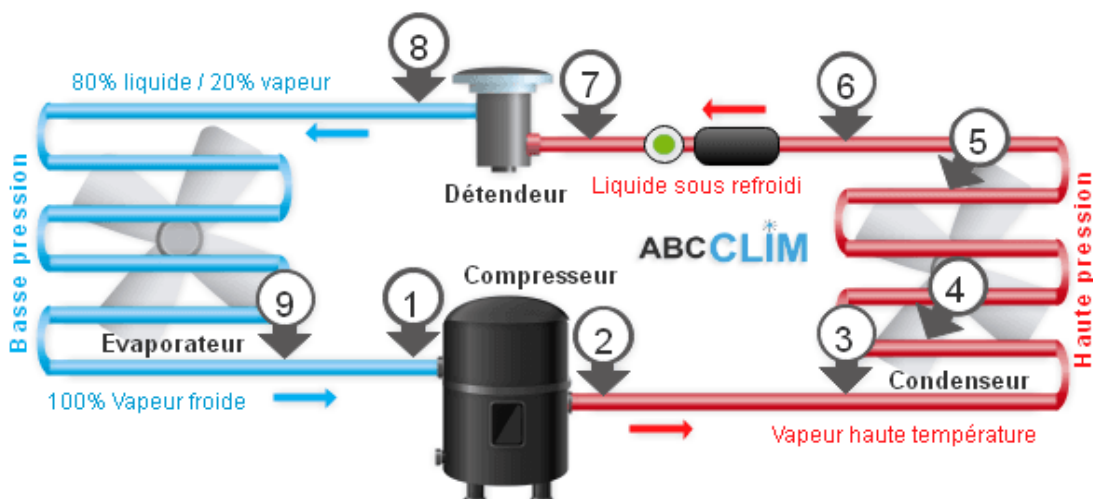


Figure 1.8: Une installation frigorifique simple[8]

1.7.2. Les types des machines frigorifiques (Classification):

Les machines à compression mécanique: ces systèmes utilise de l'énergie mécanique pour compresser le fluide frigorigène ,ce type de machine est largement utilisé dans les applications domestiques et industrielles .

Les machines à adsorption: ils utilisent un matériau solide pour adsorber le fluide frigorigène.

Les machines à absorption: ils fonctionnent avec une source de chaleur au lieu d'un compresseur .

Les machines à éjection(détente directe): son principe basé sur l'exploitation d'un jet de vapeur pour comprimer le fluide frigorigène.

Les machines thermoélectrique: ils appliquent l'effet Peltier qui est utilisé l'électricité pour générer le froid.

1.7.3. Le cycle frigorifique:

Le cycle frigorifique peut être décrit comme étant une suite de transformation d'état d'un agent réfrigérant. Cette suite de changement s'effectue de manière périodique avec un retour incessant à l'état initial. Ce qui est important en énergétique c'est de connaître les variables d'entrée (l'état initial) telles que la pression, la température et la densité ainsi que leur indépendance .

Les procédés thermodynamiques de cycle frigorifique du cycle frigorifique sont complexes, étant donné les trois états possibles de l'agent réfrigérant : liquide, gaz et solide.

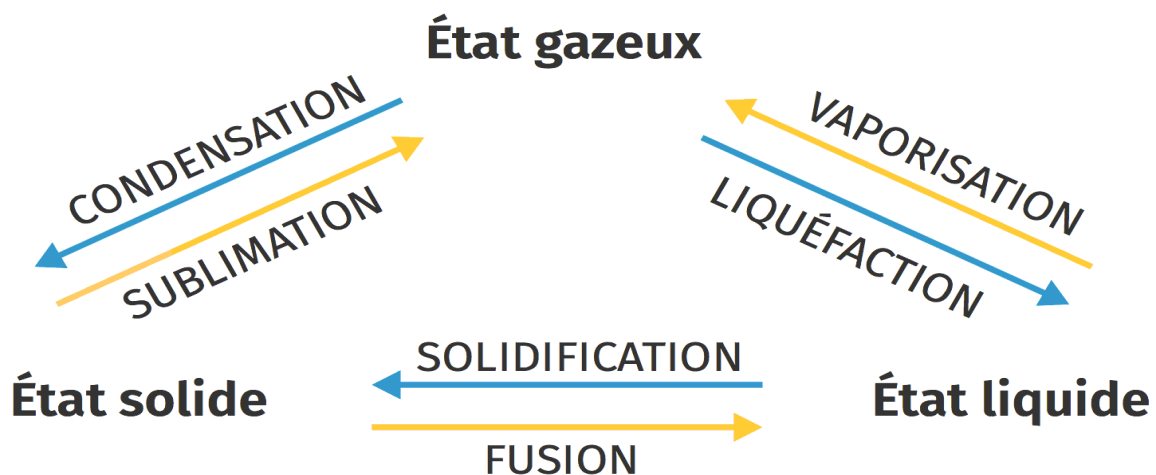


Figure 1.9 : Les transformations d'état [9]

Le calcul d'un cycle frigorifique nécessite des formules thermodynamique et des tableau et ça prend du temps alors on a introduit un diagramme (log p,h) dans un souci de simplification .Ce diagramme permet en effet de représenter graphiquement les différentes variables d'états en fonction de leur dépendance pour chaque point d'état .Les variables d'état thermodynamique peuvent être lues directement et sont disponibles pour des calculs complémentaires .

Les quantités de chaleurs, les travail ou les différentiels de pression d'une transformation d'état sont indiqués sous forme de lignes. L'utilisation de diagramme log ph simplifie les calculs thermodynamiques et elles étaient incontournables pour comprendre le fonctionnement des installations frigorifiques.[9]

Diagramme thermodynamique (p,h) - Courbes

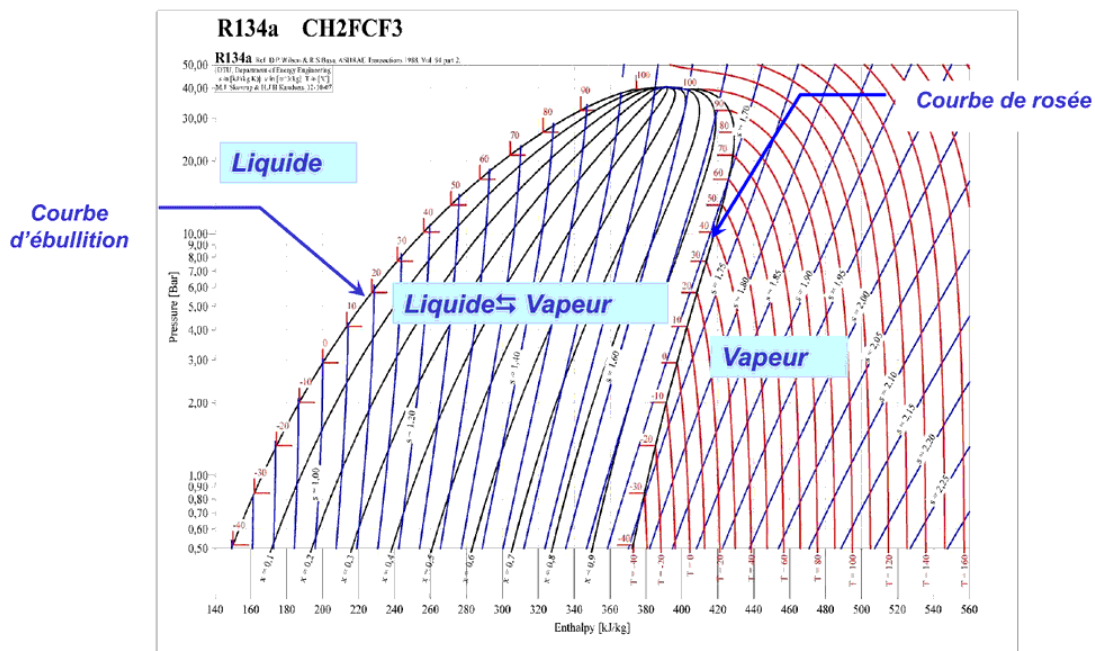


Figure 1.10 : Le diagramme Ph avec les changements de phase [10]

1.8. Le coefficient de performance (COP) :

Le coefficient de performance énergétique (COP) est tout simplement l'indicateur du rendement d'une pompe à chaleur (PAC). Dit plus clairement c'est la fraction entre l'énergie utilisé et la chaleur produit . Actuellement, la majorité des pompes à chaleurs

quelque soit leur type dispose d'un COP compris entre 3 et 7 ,concrètement cela signifie que pour un 1KWh d'électricité consommé ,la pompe à chaleur va émettre entre 3 et 7 KWh de chaleur . Le COP apparaît donc comme une mesure de niveau de performance énergétique.

On peut calculer le COP d'une pompe à chaleur "en divisant l'énergie utile produit sur l'énergie consommé". et le COP prend des appellations différentes:

Le COP nominal ou COP constructeur: est calculé en laboratoire il s'agit de la mesure donnée par le fabricant. Il permet de comparer sur un même pied d'égalité les PAC au moment de l'achat, et il mesure le rendement de la PAC en prenant pour référence une température extérieure de 7°C est sa formule :

$$\text{COP} = \frac{\text{énergie restitué}}{\text{énergie consommé}}$$

Le COP global: le COP global intègre au calcul les consommations auxiliaires de la PAC, comme le dégivrage, par exemple. Il doit être calculé à l'aide d'un outil d'informatique qui prendra en compte les aléas climatique et les caractéristique de la maison (les isolations, les circuits d'eau chaud et froid ,les déperditions thermiques...).

Le COP annuel ou COPA: le COP annuel ou COPA de la pompe à chaleur sert à mesurer le rendement moyenne de la PAC sur une année.En cela, il permet de comprendre les pertes de rendement lors que la température extérieure est en dessous de 7°C.

Le SCOP : c'est le COP saisonnier il permet de calculer le rendement de la PAC sur une saison de chauffe, car il est rare une pompe à chaleur serve toute l'année produire du chauffage.[10].

1.9. La conductivité thermique :

La conductivité thermique est une propriété physique des matériaux qui mesure leur capacité à transmettre la chaleur. Elle est généralement notée par la lettre lambda ou k elle est exprimé en watt kelvinomètre ($\text{W/m}^\circ\text{K}$).

La conductivité thermique d'un matériau est élevée lorsqu'il transmette plus la chaleur, à l'inverse un matériau avec une faible conductivité thermique agit comme un isolant.

1.9.1. Exemple sur les conducteurs:

Le Cuivre et l'Aluminium ils ont une grande conductivité thermique donc sont de bons conducteurs de chaleur.

Le Bois et la laine de verre, le polystyrène ont une petite conductivité thermique alors

ont utilisé ses matériaux comme des isolants thermiques.

La conductivité thermique est un paramètre clé dans plusieurs domaines : l'électronique, le génie thermique et l'isolation des chambres froides.

1.9.2. Les types de conductivités thermiques:

La conductivité thermique se divise en plusieurs types selon les mécanismes de transfert thermique:

La conductivité thermique par conduction:

Elle se trouve dans les solides aux métaux elle est principalement due aux électrons libres (Cuivre, Argent), dans les isolants elle est assurée par les vibrations du réseau cristallin (verre, céramique).

Dans les liquides elle dépend de la nature du fluide et de ces interactions moléculaires (l'eau a une meilleure conductivité thermique que l'huile), et dans les gaz elle est plus faible que les liquides et les solides, elle dépend du libre parcours moyen des molécules (l'air est un bon isolant thermique).

La conductivité thermique par convection:

Elle se trouve dans le transfert de chaleur dans les fluides en mouvement (l'air chaud des radiateurs de l'eau chaude : donc l'air transfère la chaleur de l'eau de radiateur vers les parois de la pièce chauffée).

La conductivité thermique par rayonnement:

Dans le rayonnement la conductivité thermique se fait par la propagation des ondes électromagnétiques : le rayonnement solaire, les infrarouges.

1.10. Conclusion:

Les chambres froides positives et négatives sont conçues de manière à être proportionnées à la température et l'humidité de lieu où elles sont installées, dans le but de conserver les produits le plus longtemps possible et éviter les dommages. Il faut donc connaître la quantité d'énergie consommée dans les deux, comment l'utiliser, la méthode de sélection des chambres à fin de refroidissement ou de congélation et même les composants essentiels d'une chambre froide avec le coût d'installation et de maintenance et leurs risques pour l'environnement.

Pour réutiliser ces choses qui ont été stockées par réfrigération ou congélation, nous utilisons la méthode du dégivrage "free cooling", abaissement de l'activité de l'eau, traitement thermique à basse température, abaissement du pH, utilisation d'additifs alimentaires, préparation et stockage des aliments avec des conditions, séparation ou fractionnement.[11]

Chapitre 02: Les équipements d'une chambre froide

2.1. Introduction

Aujourd'hui, la réfrigération fait partie de notre quotidien. Que ce soit pour conserver nos aliments ou nous rafraîchir en été. Les Chinois furent les premiers à s'apercevoir que la glace rendait leurs boissons plus savoureuses en les refroidissant. A l'époque des Grecs et des Romains, des esclaves étaient chargés de transporter la glace des sommets des montagnes. Cette glace était conservée dans des silos aux parois recouvertes de paille en vue d'une utilisation ultérieure .

Au XVI^{ème} siècle, cette technique de conservation des aliments était devenue courante en France et en Europe. En 1612, Le Français Bacon fut le premier à utiliser la neige pour conserver les denrées alimentaires.

Après avoir constaté que les aliments se conservaient mieux en hiver, l'homme a longtemps cherché à reproduire les températures hivernales afin de préserver ses denrées même en été. C'est comme cela qu'au fil des siècles, les hommes furent amenés à créer de la glace et de froid artificiel.

Il aura fallu attendre la découverte du microscope pour s'apercevoir que les températures inférieures à 10°C ne tuaient pas les microbes mais empêchaient leur développement. Ce fut alors évident que conserver les denrées alimentaires en utilisant du froid était beaucoup plus intéressant que d'utiliser des méthodes ancestrales comme le séchage, le fumage ou le salage.

C'est en 1862 lors de l'exposition universelle que Carré fit découvrir au monde entier sa machine à énormes blocs de glace. Sa machine suscita l'étonnement général public du fait qu'elle produisait de la glace grâce à la chaleur. La première machine à absorption était alors destinée à un usage industriel. Un modèle portatif permettait à l'époque d'améliorer le confort quotidien de ces contemporains. Le frère de Ferdinand, Edmond Carré, conçut un appareil offrant la possibilité de rafraîchir les carafes d'eau ou de vin .

La première armoire conservatrice fut inventée par Charles Telier, pour démontrer l'efficacité de son procédé de réfrigération devant les membres de l'Académie des sciences, il fit partir de France un navire, nommé elle frigorifique, rempli de carcasses de viandes et de volailles vers l'Amérique du sud. Une fois le voyage retour achevé, tout le monde put constater que la cargaison était intacte. Cette expérience fut reproduite deux ans plus tard avec un chargement de 80 tonnes de viandes congelées à -30°C . Les chambres froides étaient alimentées par des machines frigorifiques à absorption.[12]

Donc dans ce chapitre nous avons parlé d'une façon générale sur les différents équipements des composantes d'une installation frigorifique.

2.2. L'installation frigorifique:

Une installation frigorifique fonctionne selon un principe fondamental de transfert de chaleur basé selon le cycle thermodynamique de compression et de détente d'un fluide frigorigène. Ce cycle commence par l'évaporation du fluide frigorigène dans l'évaporateur, où il absorbe la chaleur de l'environnement à refroidir, réduisant ainsi sa température et passant de l'état liquide à l'état de vapeur. La vapeur de fluide frigorigène est alors aspirée par le compresseur, où elle est comprimée et pressurisée. Ce processus augmente sa température et sa pression transformant le fluide en un état supercritique.

Ensuite, le fluide sous haute pression et haute température est envoyé vers le condenseur, où il cède sa chaleur à un milieu extérieur (air, eau, ou les deux), provoquant sa condensation et revenant à l'état liquide. Pendant ce processus de condensation, la chaleur extraite du fluide est rejetée dans l'environnement extérieur.

Après la condensation, le fluide liquide passe par un détendeur (ou valve d'expansion), qui réduit sa pression et sa température, préparant ainsi le fluide pour retourner à l'évaporateur et recommencer le cycle, ce détendeur régule également le débit de fluide frigorigène dans l'évaporateur, assurant une efficacité optimale de système de réfrigération.[13]

2.3. Le fluide frigorigène:

Le fluide frigorigène, appelé aussi réfrigérant, est un fluide qui permet de mettre en œuvre un cycle frigorifique, soit un cycle de compression/détente. En d'autres termes, il permet, grâce à certaines caractéristiques physiques, de transférer la chaleur (les calories). En effet, les calories captées au niveau de l'évaporateur et du compresseur seront après évacuées au niveau du condenseur.

Le fluide frigorigène peut être pur ou un mélange de fluides purs liquides et/ou gazeux selon sa température et sa pression.

Les fluides frigorigènes sont utilisés dans les circuits fermés des dispositifs de production du froid ou de chaleur : congélateur, climatisation, réfrigérateur, pompe à chaleur, etc.). Dans ce type de matériel frigorifique, il sert aussi à transporter l'huile du compresseur (étant donné que ce dernier n'est pas utile pour les autres organes du circuit).

On peut également les retrouver dans d'autres dispositifs représentant d'autres cycles thermodynamiques comme les turbines à vapeur.[14]

2.4. Les composantes d'une chambre froide:

Les composantes de base, sont : le compresseur, le détendeur et l'évaporateur et ceux-ci il est primordial d'intégrer les liaisons frigorifiques ainsi que le fluide frigorigène.

Le fluide frigorigène décrit un cycle fermé en quatre phases et travers le circuit constitué des organes principaux.

La compression de fluide gazeux.

La condensation de fluide gazeux.

La détente de fluide liquide.

La vaporisation du fluide liquide .

2.4.1. Le compresseur :

Le compresseur frigorifique est indispensable, sans lui le fonctionnement de la chambre froide est impossible. Un dispositif électrique et organe mécanique essentiel pour l'installation frigorifique qui sert à comprimer le gaz (fluide frigorigène) .

La vapeur de réfrigérant circule dans le compresseur toujours dans le même sens :

Elle entre sous basse pression par la conduite d'aspiration puis elle est refoulée à une pression plus élevée. L'astuce consiste à comprimer le gaz jusqu'à ce que sa température devienne plus élevée que celle de milieu extérieur .

Le compresseur amène le gaz frigorigène en provenance de l'évaporateur à une pression suffisante pour qu'il puisse se liquéfier.

Le compresseur est l'organe mécanique le plus compliqué et le plus délicat des installations et ce sera lui qui fera l'objet des vérifications les plus fréquentes et les plus systématiques lors d'une injection de l'installation .



Figure 2.1: le compresseur frigorifique [11]

Le rôle de compresseur :

Aspirer les vapeurs produits par la vaporisation du fluide frigorigène dans l'évaporateur à une pression faible.

Comprimer l'air froid (fluide frigorigène) afin de permettre leur condensation par refroidissement .

Il permet également au fluide frigorigène de circuler dans l'installation frigorifique .

·Les différents types de compresseur :

Il existe plusieurs types de compresseur domestique comme sur un réfrigérateur de type hermétique, au plus gros modèle pour les applications industrielle .

Les compresseurs volumétriques:

Dans les quels la compression des vapeurs est obtenu par la réduction du volume intérieur d'une chambre de compression, c'est le type de compresseur le plus répandu sur les installations frigorifique.

Toutes les machines qui au moyen de mouvement dans un cylindre aspirant la vapeur, la comprimant et l'envoient dans la tête de cylindre appartient à la catégorie des compresseurs volumétrique.

Les compresseurs centrifuges:

Aussi appelés turbocompresseurs dans lesquelles la compression résulte de la force centrifuge obtenue par entraînement dynamique au moyen d'une roue à aubes, c'est un type de compresseur destiné à des applications spécifiques et utilisé par les grandes puissances (groupes frigorifiques de en génie climatique).

Le compresseur ouvert:

Dans ce type le moteur est séparé du compresseur:



Figure 2.2: le compresseur ouvert [12]

Le compresseur hermétique:

Le moteur est indissociable du compresseur et l'ensemble est fermé dans une cloche hermétique.



Figure 2.3: le compresseur hermétique[13]

Le compresseur semi hermétique:

Le moteur est indissociable du compresseur, mais l'ensemble peut être ouvert.



Figure 2.4: le compresseur semi hermétique[14]

Les compresseurs mécaniques:

Les compresseurs mécaniques sont de type très variés, leur évolution n'a pas cessé depuis la naissance de l'industrie frigorifique, et ils évoluent encore de même que leur conception et leur réalisation .

Le compresseur à piston:

La compression s'effectue par un mouvement d'un piston dans une chambre (cylindre).mouvement alternatif.



Figure 2.5: le compresseur à piston[15]

Le compresseur à vis:

Le gaz est comprimé par une réduction progressive du volume dans une vis d'Archimède.



Figure 2.6: le compresseur à vis[16]

Le compresseur scroll (à spirale):

Le gaz suit un parcours en forme de spirale et est comprimé par réduction du volume.

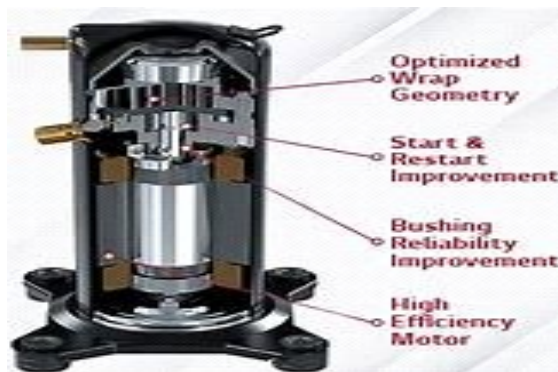


Figure 2.7: le compresseur scroll [17]

2.4.2. Le condenseur:

Généralités:

Le condenseur est un élément clef dans le fonctionnement de la chambre froide. Les condenseurs sont des échangeurs thermiques (échangeurs de chaleur) entre le fluide frigorigène et un fluide de refroidissement.

Le condenseur est un échangeur de chaleur qui va permettre l'évacuation de la

chaleur contenue dans le fluide frigorigène gazeux issu de compresseur en le liquéfiant. Cette condensation (liquéfaction) est obtenu 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).

La condensation des vapeurs (évacuation par chaleur latente) .

Le sous refroidissement de fluide frigorigène liquide (évacuation par chaleur sensible).

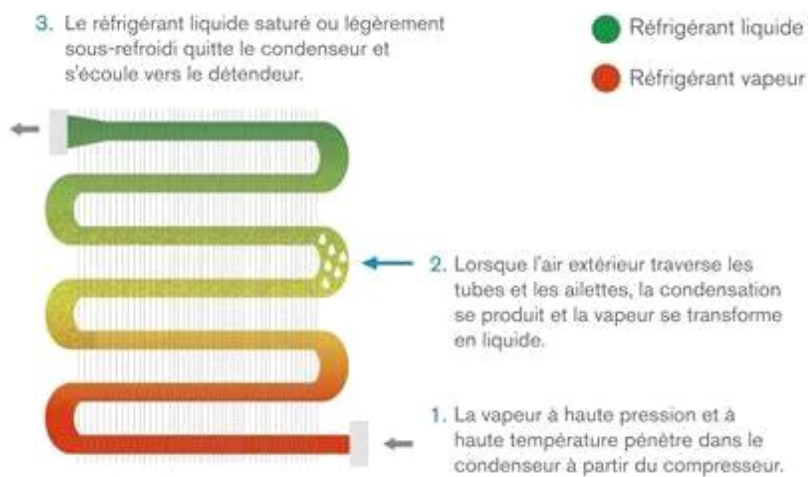


Figure 2.8: le schéma du condenseur[18]

Le rôle du condenseur:

Le rôle du condenseur est :

L'évacuation de la chaleur du circuit.

Il sert de liquéfier (ou condenser , transformation d'un gaz en liquide) de la vapeur sur une surface froide .

Les types de condenseurs :

Les condenseurs à air:

Les condenseurs à air à convection naturelle .

Les condenseurs à air à convection forcée.

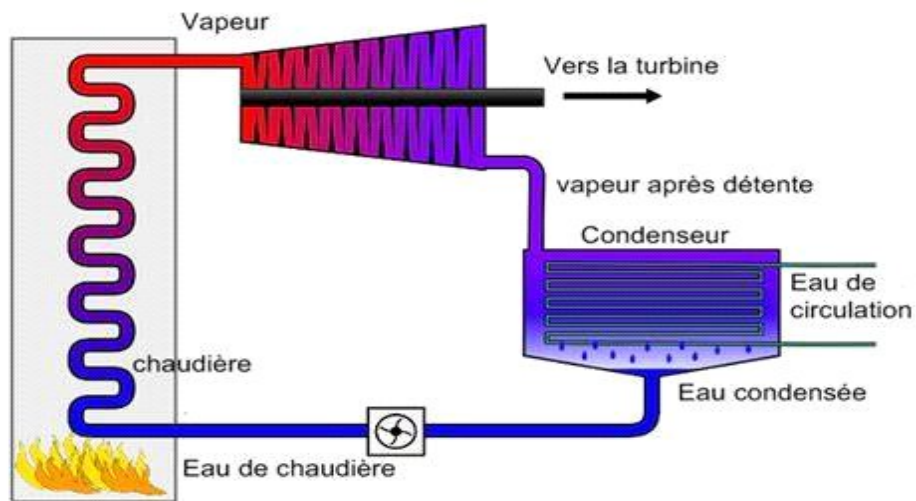


Figure 2.9 : le condenseur à air[19]

Les condenseurs à eau :

- Les condenseurs double tube (condenseurs coaxiaux).
- Les condenseurs bouteilles (condenseurs à serpentin).
- Les condenseurs multitubulaires.
- Les condenseurs à plaques brasées (les échangeurs à plaques).

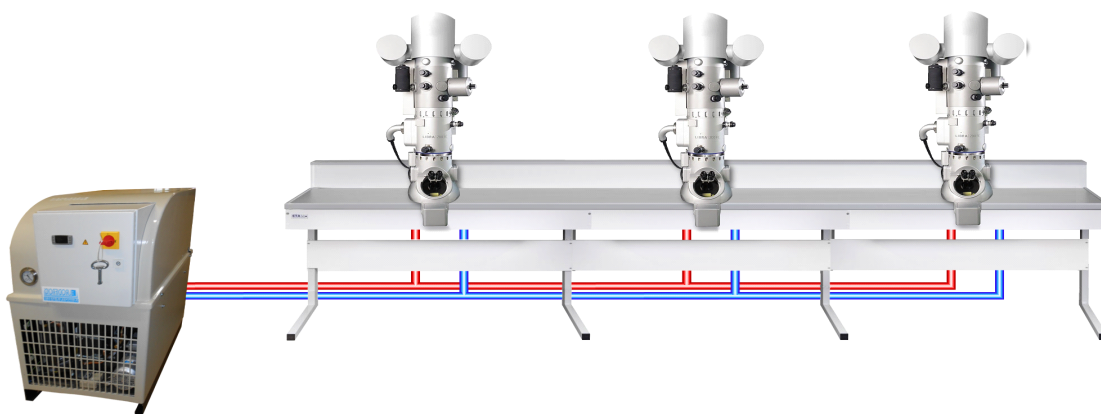


Figure 2.10 : condenseur à eau[20]

2.4.3 L'évaporateur:

Généralités:

Un évaporateur est un appareillage réalisant dans une de ses parties d'un changement d'état liquide au l'état gazeux. évaporateur est un appareil dessiné pour concentrer une solution par apport d'énergie. L'évaporateur est un échangeur de chaleur dans lequel le fluide frigorigène liquide r base niveau de température et de pression va absorber la chaleur du milieu r refroidir (air au eau) r pression constante devenant ainsi gazeux.

Cette absorption de chaleur s'effectue en deux étapes :

L'évaporation de fluide frigorigène liquide (aspiration de chaleur latente : l'étape principale).

La surchauffe des vapeurs issues de l'évaporation du fluide frigorigène liquide (aspiration de chaleur sensible).

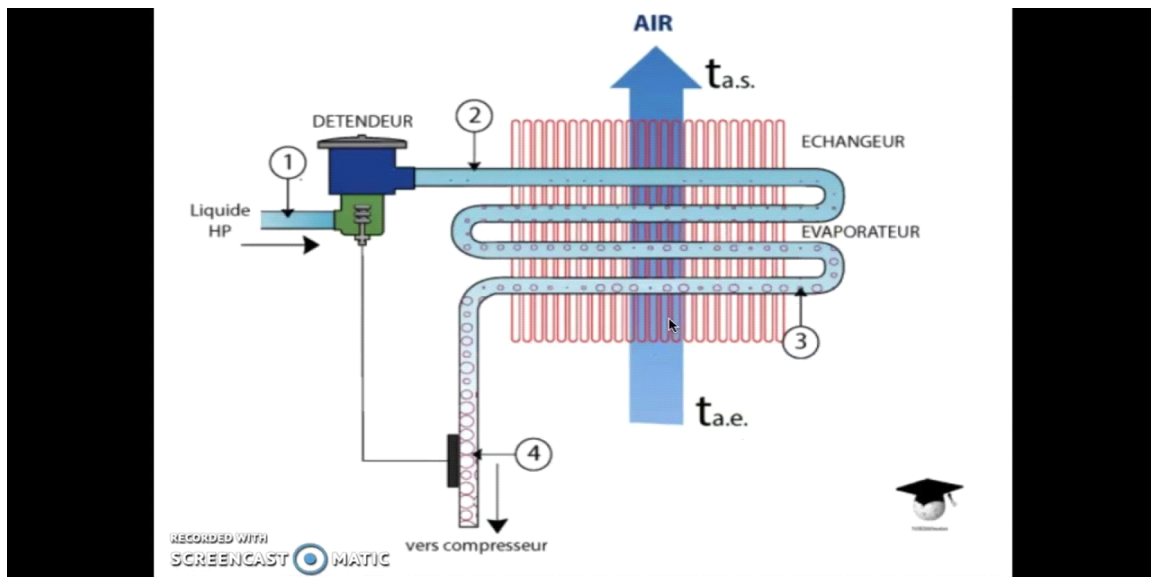


Figure 2.11: le schéma d'évaporateur[21]

Le rôle d'évaporateur:

L'évaporateur est lui aussi primordial puisque son rôle:

Capter la chaleur du local r refroidir.

permet de décompresser le fluide frigorigène au cours de passage dans l'évaporateur, le fluide frigorigène passe par l'état liquide r l'état gazeux, c'est le

phénomène d'évaporation qui produit ainsi de froid.

Les types d'évaporateurs:

On distingue deux familles d'évaporateurs suivant le fluide à refroidir:

Les évaporateurs à eau:

L'évaporateur double tube (évaporateur coaxiaux).

Les évaporateurs du type serpentins .

Les évaporateurs multitubulaires.

Les évaporateurs du type échangeurs à plaques.

Les évaporateurs à air:

Les évaporateurs à air à convection naturelle.

Les évaporateurs à air à convection forcée..

Suivant le mode de fonctionnement de l'évaporateur on distingue:

Les évaporateurs à détente sèche ou surchauffe.

Les évaporateurs noyés ou évaporateurs à regorgement.

2.4.4 Le détendeur;

Généralités:

Un détendeur est un mécanisme utilisé pour faire passer un gaz stocké dans un étage (bonbonne de gaz, bouteille de gaz, réservoir d'oxygène, accumulateur ,...) à une certaine pression vers un étage de pression inférieure. Il chute la pression de fluide frigorigène permettant ainsi que le fluide dans l'évaporateur absorbe l'énergie contenue dans l'air d'un local.

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

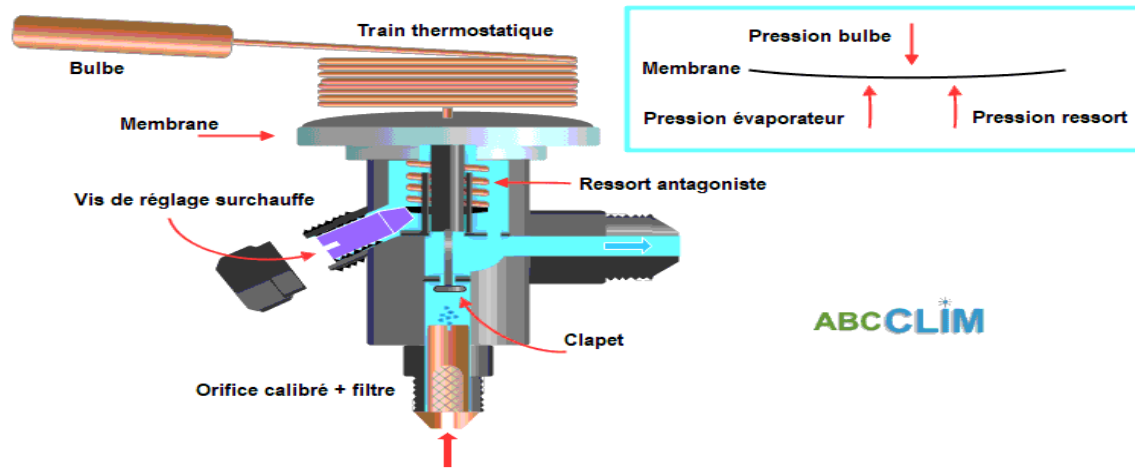


Figure 2.12: le détendeur[22]

Le rôle du détendeur:

Le rôle du détendeur est :

Modifier les les conditions d'équilibre du fluide frigorigène liquide sortant du condenseur en abaissant la température du fluide.

Différents types de détendeurs:

On a trois types de détendeur:

Les tubes capillaires ou détendeurs capillaires .

Les détendeurs thermostatiques (r pression interne, r pression externe, les MOP).

Les détendeurs électroniques.

2.4.5 Le réservoir du liquide:

Généralités:

Le réservoir ou bouteille liquide reçoit le liquide venant du condenseur, il est muni d'une vanne avec un tube plongeur qui assure l'alimentation en fluide même en cas de niveau bas de liquide, il existe en version horizontale ou vertical.

Il est placé r la sortie du condenseur et sert r stocker le fluide frigorigène liquide r la mise en l'arrêt de l'appareil ou lors des opérations de maintenance.

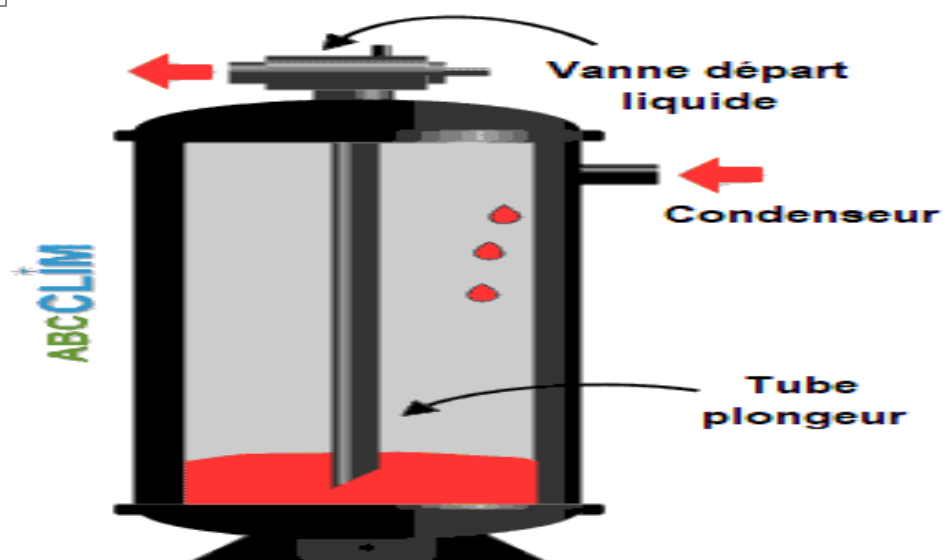


Figure 2.13: réservoir du liquide frigorigène[23]

Ce réservoir doit donc pouvoir contenir la totalité du fluide frigorigène au bon fonctionnement de l'installation.

Le rôle du réservoir liquide:

Assurer la compensation des variations du volume de fluide frigorigène.

Permettant d'alimenter le détendeur en fluide frigorigène de façon correcte.

Permettre la compensation des séquences d'ouverture et de fermeture de détendeur qui remplit ou vide évaporateur de fluide frigorigène.

Il permet aussi de stocker en cas d'intervention la totalité de fluide de l'installation, c'est pour cela qu'il est toujours équipé d'une vanne de départ liquide.

2.4.6. La bouteille anti-coups de liquide:

Généralité:

Elle est placée entre l'évaporateur et le compresseur et son rôle est d'éviter l'aspiration éventuelle de fluide frigorigène liquide par le compresseur .

Elle est également appelée bouteille d'aspiration, bouteille surchauffe, ou séparateur de liquide. Le principe de fonctionnement est basé sur la séparation des phases vapeurs et liquide du fluide frigorigène.

Caractéristiques:

On utilise les compresseurs pour comprimer les vapeurs et pas les liquides, beaucoup de systèmes surtout à température basse sont sujet à un retour excessif de liquide de réfrigération qui dilue l'huile, lave les paliers et quelque fois provoque une migration total de l'huile ou de carter de compresseur. Tout cela cause la rupture des soupapes, des pistons , et de vilebrequin.



Figure 2.14: la bouteille anti-coup de liquide[24]

Role de bouteille anti-coup:

Le rôle de bouteille anti-coup de liquide est de protéger le compresseur d'une éventuelle migration de liquide par la conduite d'aspiration qui causerait des dégâts irréversibles. La bouteille devra aussi assurer la vaporisation de liquide.

Cet organe est très utile dans les pompes à chaleur au moment de l'inversion de cycle, le compresseur aspire brusquement de liquide, de ce fait le risque de coup de liquide est important, et elle est utilisé dans les installations à faible surchauffe.

2.4.7. Le voyant liquide:

Le voyant liquide est pour le rôle de:

Contrôler l'état de fluide frigorigène autour de la conduite de l'installation.

Contrôler la présence d'humidité dans le circuit.

Contrôler l'écoulement de l'huile au cartère.

Les types de voyants liquide:

Voyant liquide à indicateur d'humidité: à brasser, raccord (mal / femelle).

Voyant liquide simple .

Construction:

Il est en liaison matricé à chaud, le témoin en verre est soit fondu directement dans le corps du voyant soit comprimé entre une bague métallique et le corps du voyant dans l'étanchéité est garantie par un joint.

Fonctionnement:

Le voyant liquide est constitué d'un élément sensible (sel chimique) qui change de couleur en fonction de la teneur en humidité du circuit. Quand celui-ci est de couleur verte le circuit est considéré comme sain, quand il vire au jaune il est probable que le déshydrater soit saturé d'humidité et il doit être changé. La présence d'humidité ne doit pas être acceptée afin d'éviter la formation d'acides préjudiciables au bon fonctionnement l'installation.

La présence de bulle à travers le voyant indique soit un manque de fluide, une évaporation partielle de fluide (chute de pression), un faible sous refroidissement.



Figure 2.15: le voyant liquide[25]

2.4.8 Le déshydrater:

Un déshydrater est un dispositif ou une machine qui permet de déshydrater des aliments sans les cuire.

Le rôle de déshydrater:

Retirer l'humidité contenue dans le fluide frigorigène.

Filtrer le fluide frigorigène.

Empêcher la formation de glace au détendeur.

Emmagasine les acides nuisiblement produisant dans le circuit frigorifique.

Les types de déshydrater:

Les différents types de déshydrater utilisent les rayons du soleil, la chaleur d'un four ou le courant électrique. Pour une parfaite déshydrations toutes ces techniques

nécessitent une douce circulation de l'air environnant les aliments pour empêcher qu'ils saturent en humidité et ont distingué deux types de déshydrateurs.

Les déshydrateurs solaire.

Les déshydrateurs électriques.

Les procédés de déshydrations:

Les procédés utilisés pour la déshydrations d'un circuit frigorifiques peuvent être classés deux groupes qui sont différents entre eux par leur processus d'action.

Les procédés physiques:

Ce sont des procédés utilisés en atelier : étuvage pendant quelques heures à des températures de 120 °C à 150°C des pièces à déshydrater en tout les maintenant sous-vide pompe vide.

Les procédés chimiques :

Sont pour le rôle de retenir l'humidité dont le réfrigérant peut se charger en ils consistent à placer dans le circuit frigorifique une cartouche chargée parcourant le circuit.



Figure 2.16: Le déshydrateur[26]

2.4.9. La vanne électromagnétique:

La vanne électromagnétique (VEM) ou vanne solénoïde permet d'interrompre l'écoulement du fluide frigorigène, cette vanne a des multiples applications mais elle est principalement utilisée sur la ligne liquide soit pour éviter la migration du liquide dans l'évaporateur à l'arrêt de l'installation .

La vanne solénoïde commandé par thermostat stoppe l'alimentation du liquide, l'évaporateur se-vide et la pression descend, le pressostat BP arrête le groupe.



Figure 2.17: la vanne électromagnétique.[27]

Les types de la vanne électromagnétique:

VEM à action directe:

Au repos un clapet téflon connecté à une masselotte en fer doux repose sur son siège, la pression présente dans la cheminée de l'induit conjuguée à l'action du ressort permet la fermeture de la vanne.

Lorsque la bobine est alimentée l'induit est attiré par le champ magnétique créé, la force du champ magnétique étant plus importante que les forces combinées de la pression régnant dans la cheminée de l'induit et du ressort, le clapet se soulève et permet l'écoulement du fluide.

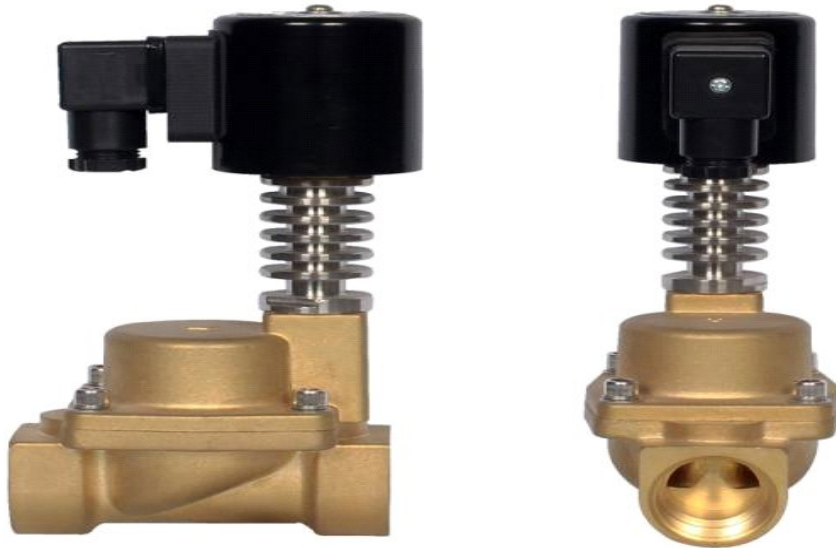


Figure 2.18: VEM à action directe[28]

VEM à clapet pilote:

Hors tension, le clapet obture l'orifice pilote, un orifice d'égalisation situé sur la membrane permet à la pression au-dessus et au-dessous de la membrane

Lorsque l'on alimente la bobine le champ magnétique attire l'induit et l'orifice pilote, le fluide situé au dessus de la membrane s'écoule naturellement par l'orifice pilote la pression HP en amont et alors la plus forte est soulevée la membrane libérant ainsi le passage principale.

Une fois la bobine désalimenté, le poids de l'induit poussé par son ressort et ferme l'orifice pilote. La fermeture de l'orifice pilote provoque l'augmentation de pression amont au-dessus de la membrane et assure la fermeture

Donc les vannes solénoïdes se montent sur la ligne liquide ou d'aspiration de l'évaporateur à réguler mais le montage sur ligne liquide est plus courant.

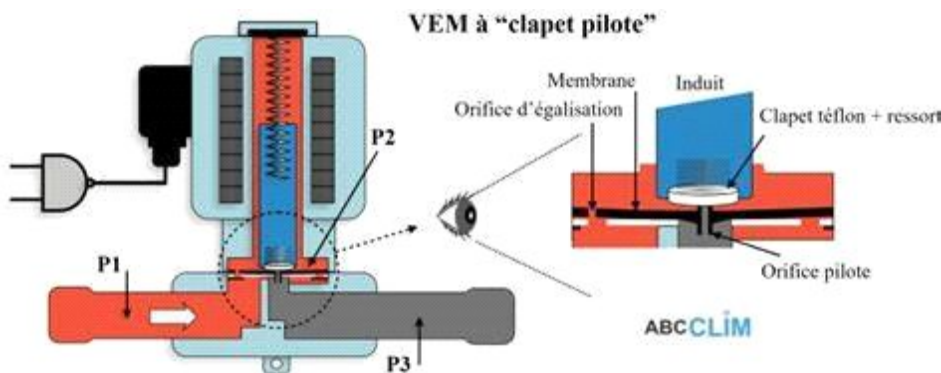


Figure 2.19: VEM à clapet pilote[29]

2.4.10. Le pressostat :

Généralités:

Les pressostats sont des appareils utilisés essentiellement dans des installations frigorifiques et de conditionnement de l'air pour assurer une bonne protection contre une pression d'aspiration trop faible ou une pression de refoulement trop élevée. Ils peuvent également être utilisés comme des appareils de régulation de pression et de température de condensation des machines frigorifiques.

Ces appareils sont présents aussi dans les installations de conditionnement de l'air pour contrôler l'encrassement des filtres.

En cas général, le principe de régulation des pressostats est celui de la boucle courte et fermée : le paramètre mesuré sera contrôlé. C'est un appareil de régulation dit TOR (tout ou rien) ou encore ,marche/ arrêt .



Figure 2.20: le pressostat[30]

Les types de pressostats:

Pressostat basse pression:

Le pressostat basse pression est un organe important dans le circuit frigorifique peut prendre à la fois le rôle de régulateur de la pression d'évaporation ou de sécurité contre une pression très faible (inférieure à 0.1 bar).

Cette organe est installé généralement en amont du tube d'aspiration du compresseur. Il est utilisé principalement pour les chambres froides, les refroidisseurs de liquide

Le pressostat déterminant du fonctionnement en pump-down, il assure la marche et arrêt du compresseur.

Le rôle principal du pressostat basse pression est détecter la chute ou l'augmentation de la pression réglée dans l'évaporateur: l'évaporateur est rempli d'un

mélange liquide et il existe un lien direct entre la température du fluide et de la pression.

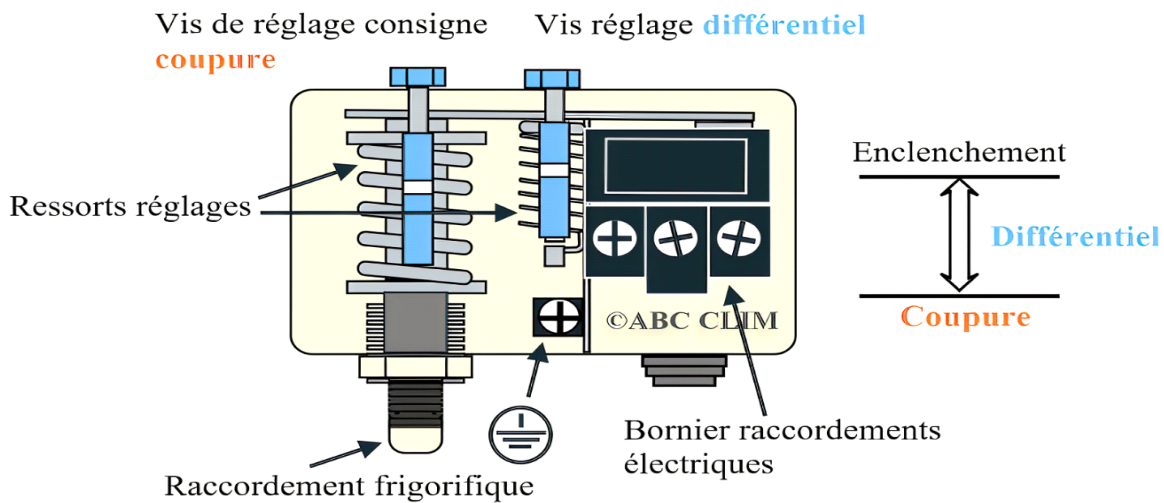


Figure 2.21 : pressostat basse pression[31]

Le pressostat haute pression;

Le pressostat haute pression est un organe de sécurité qui permet de protéger l'installation en cas d'augmentation du pression souvent causé par un encrassement de condenseur ou un défaut de ventilateur condenseur, mais il est aussi employé pour réguler la pression et la température de condensation à air.

La réglementation stipule qu' un pressostat haute pression de sécurité est obligatoire pour les installations à partir de 2.5 kg de liquide frigorigène, au de la de 100 kg cette norme rend obligatoire l'utilisation d'un double pressostat haute pression.

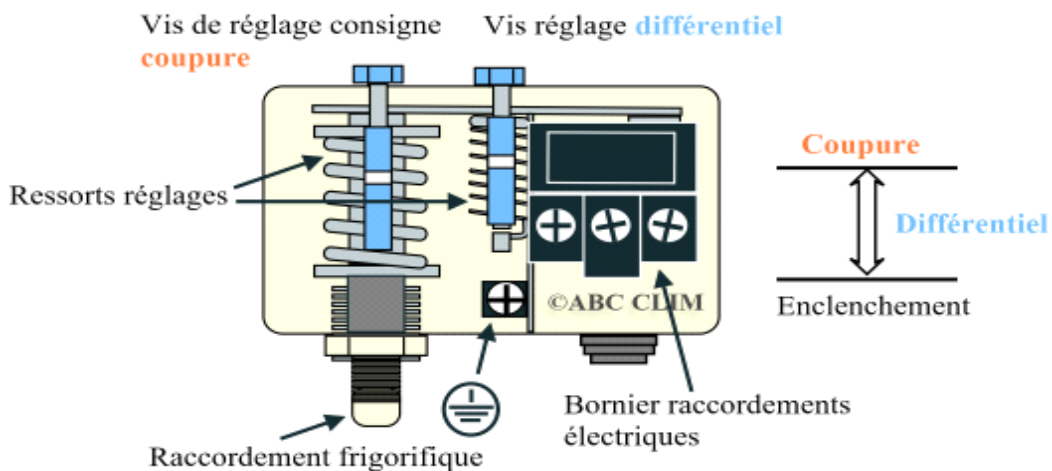


Figure 2.22: le presostat haute pression[32]

Le pressostat combiné BHP (basse haute pression):

Le pressostat combiné rassemble les fonctions des pressostat basse pression et haute pression, et est un organe de commande sur le circuit basse pression et de sécurité sur le circuit haute pression. Soit un organe de sécurité en haute et basse pression.



Figure 2.23 : le pressostat combiné[33]

2.4.11. Le thermostat:

Le thermostat désigne un système qui permet de réguler ou de maintenir une température constante.



Figure 2.24 : le thermostat[34]

Le Principe de thermostat:

Dans les faits, il mesure une résistance électrique qui fluctue avec les vibrations de température, cette mesure électronique permet alors de réguler la température pour parvenir à celle choisie. Le thermostat interrompt l'arrivée de la chaleur lorsque celle-ci dépasse une limite donnée, et à l'inverse fait appel à une arrivée de chaleur lorsque celle-ci se trouve en dessous d'une autre limite.

Les types de thermostats:

Le thermostat peut être en deux types:

Le thermostat passif:

Il permet de conserver une température donnée pendant un temps limité (c'est le cas des Thermos).

Le thermostat actif:

Il permet de réguler la température pour la maintenir à une haute donnée .

2.4.12. Éliminateur de vibration:

Éliminateur de vibration permet de réduire les vibrations mécaniques transmises par compresseurs, les tuyauteries de refoulement de liquide , les tuyauteries d'aspiration et de retour d'huile, indirectement des bruits qu'elles génèrent, et élimination des contraintes dues au dilatation des tuyauteries d'installations de réfrigération et de conditionnement d'air*

Il se monte le plus près possible de l'organe qui produit ces vibrations (refoulement et aspiration de compresseur). Il est constitué d'un tuyau flexible ondulé réalisé en inox ou en cuivre et revêtu d'une tresse en fil d'acier galvanisé ou en cuivre.



Figure 2.25: Éliminateur de vibration[35]

2.4.13. L'armoire électrique de chambre froide:

Dans cette armoire électrique nous pouvons voir:

Un sectionneur porte fusible.

Un disjoncteur uni+neutre 230VAC (disjoncteur phase neutre).

Un régulateur (dont la sonde est placé à la reprise d'air de l'évaporateur et qui contrôle l'électrovanne liquide).

Une minuterie pour le dégivrage de l'évaporateur.

Trois disjoncteurs moteurs magnétothermiques (des GV2).

Un contacteur auxiliaire (KA) avec un bloc additif.

Trois contacteurs (KM) dont 1 qui a un bloc additif.

Le câblage de cette armoire au niveau contrôlé commande est un Automatique pump down. [15]



Figure 2.26 : l'armoire électrique d'une chambre froide [36]

2.5. Conclusion

Le circuit frigorifique est le cœur de tout système de réfrigération ou de refroidissement ou climatisation il joue un rôle essentiel dans la production de froid et le maintien des conditions optimales de température et d'humidité.

Dans ce chapitre nous avons expliqué et montré les composantes d'une chambre froide et connaître la circuit frigorifique.

CHAPITRE 03 : Le Bilan thermique

Introduction

Le bilan thermique d'une chambre froide, nous permet de déterminer la puissance frigorifique de la machine. La puissance frigorifique d'une installation représente la quantité de froid nécessaire, d'une part, à la congélation ou le refroidissement des denrées, d'autre part pour compenser les apports thermiques extérieurs

3.2 Bilan thermique :

Le bilan thermique représente le calcul des charges thermiques en climatisation. Pour celui des chambres froides, on peut admettre que l'effet de variation diurne et nocturne, de la température extérieure et celui de l'ensoleillement soient négligés, car le chargement moyen des chambres constitue un volant thermique suffisant pour lisser ces variations et simplifier les calculs (cela ne veut pas dire cependant que les calculs ne doivent pas être conduits avec rigueur et précision).

3.3 Les charges thermiques :

Les calculs (cela ne veut pas dire cependant que les calculs ne doivent pas être conduits avec rigueur et précision).

Les charges se répartissent en deux grandes catégories : les charges externes et internes, elles-mêmes subdivisées en sous catégories

3.3.1 Les charges thermiques externes :

3.3.1.1 Charges thermique par transmission à travers les parois :

La charge thermique par transmission à travers les parois est calculée à l'aide de la relation suivante (les portes isothermes sont calculées avec le même flux thermique que les parois)

- $Q = K \times S \times \Delta T$ en (KW)
- Avec :
- K : Coefficient de transfert thermique de la parois en $W/m^2 .K$
- S : Surface moyenne des parois en m^2
- ΔT : La différence de température entre les deux côtés de la paroi en K

Le coefficient de transfert thermique se donne par la relation :

$$K =$$

Avec :

- : Résistance thermique superficielle interne en m^2K/W
- : Résistance thermique superficielle externe en m^2K/W
- : Somme des résistances thermiques des différentes couches constituant la paroi en $m^2.k$

3.3.1.2 . Charges thermiques par renouvellement d'air :

En fonction des produits entreposés il est parfois nécessaire de renouveler l'air des chambres froides, c'est-à-dire, de remplacer une partie de l'air de la chambre froide par de l'air extérieur dont la température est supérieure à celle de la chambre froide pour certaines périodes de l'année. La quantité d'air neuf admise doit être refroidie à la température de la chambre froide, donc c'est une charge thermique. Cette charge thermique par renouvellement de l'air a pour valeur : en (Kj)

Avec :

- : Masse d'air extérieur admise en kg ;
- : Différence d'enthalpie entre l'air extérieur et l'air ambiant de la chambre en kJ/kg.

Tel que h_e - h_a qui représentent les enthalpies de l'air extérieur et ambiant de la chambre en kJ/kg.

3.3.1.3 Charges thermiques par ouverture des portes :

Lorsqu'une porte, qui sépare une chambre froide de l'espace extérieur s'ouvre, l'air intérieur I, plus froid que l'air extérieur, s'écoule au dehors par la partie basse de la porte (figure 15). Il est remplacé par de l'air extérieur E plus chaud, mais humide, qui pénètre dans la chambre par la partie haute de la porte.

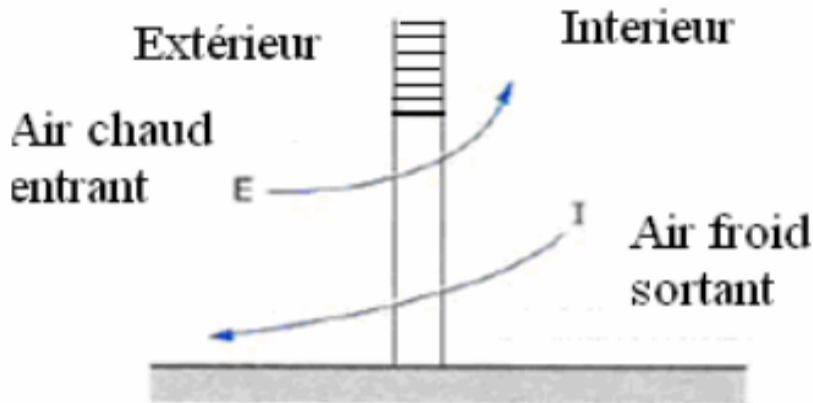


Figure 3.1 : Échanges thermiques provoqués par l'ouverture des portes[37]

Dans le cas où la chambre froide comporte plusieurs portes; on suppose presque toujours qu'il n'y a que très rarement ouverture simultanée de plusieurs portes, et c'est pourquoi le calcul n'est effectué que pour une seule porte.

La charge thermique par ouverture des portes est donnée par la formule suivante : $Q = KA \cdot (I - E)$ en (Kj)

Avec :

- K : Facteur de correction égal à $[0,48+0,004 \times (T_e - T_a)]$;
- ρ_a : Masse volumique de l'air ambiant dans la chambre froide en kg/;
- ρ_e : Masse volumique de l'air extérieur en kg/;
- A : Surface de la porte m^2 ;
- H : Hauteur d'une porte en m ;
- I : Enthalpie de l'air du côté de la porte opposé à celui la chambre froide en Kj/Kg ;
- E : Enthalpie de l'air ambiant dans la chambre froide en Kj/Kg

3.3.2 Calcul des charges thermiques internes :

3.3.2.1 Charges thermiques internes dépendantes des denrées entreposées :

- Charge thermique due aux denrées entrantes :

Cette charge résulte de ce que les produits introduits dans la chambre froide se trouvent presque toujours à une température supérieure à la température de la chambre froide et qu'ils dégagent donc une certaine quantité de chaleur aussi longtemps que leur température n'aura pas encore atteint la température d'entreposage. Lorsque les denrées introduites sont entreposées dans une chambre froide assurant seulement la réfrigération des produits et non leur congélation, [4] la charge due aux produits entrants se calcule par la formule suivante :

$$= m \cdot c \cdot (T_i - T_e) / 3600 \text{ en Kj}$$

Avec :

- m : Masse de denrées introduite chaque jour en kg;
- c : Capacité thermique massique moyenne de la denrée en Kj/Kg.K;
- T_i : Température initiale de la denrée introduite en K;
- T_e : Température d'entreposage des denrées introduites en K.

- Charge thermique due à la respiration des denrées :

Dans le cas où les denrées entreposées sont vivantes (fruits, légumes, etc.) ou si elles sont le support d'êtres vivants (milieux en fermentation, fromage, etc.), on doit tenir compte d'un apport thermique lié au métabolisme de ces milieux vivants (chaleur de respiration, de fermentation, etc.). Cet apport thermique est proportionnel à la masse de denrées présentes dans la chambre froide, et il est donné par la relation :

=

Avec :

- : Chaleur de respiration de la marchandise considérée en Kj/Kg.K ;
- : Masse totale de marchandises contenue dans la chambre froide en kg.

Tel que se calcule par la relation suivante :

= d

Ou :

- d : Densité d'entreposage en kg/ ;
- : Surface interne de la chambre froide ;
- : Hauteur maximale de stockage ;
- : Coefficient d'occupation au sol des marchandises.

Type d'entreposage	en %
Entreposage de marchandises réfrigérées palettisées à faible rotation.	0,65 à 0,70
Entreposage de marchandises réfrigérées palettisées à rotation rapide.	0,45 à 0,50
Entreposage de marchandises congelées palettisées à faible rotation.	0,75 à 0,80
Entreposage de marchandises congelées palettisées à rotation rapide.	0,50 à 0,60

Tableau 3.1 : Coefficient d'occupation du sol d'une chambre froide en fonction du type d'entreposage des marchandises

3.3.2.2 Charges thermiques internes indépendantes des denrées entreposées :

- Charges thermiques dues à l'éclairage :

Dans les chambres froides classiques, les luminaires prévus doivent pouvoir résister au froid et à l'humidité, être étanches à l'eau, être protégés des contacts avec tous objets. Plus généralement, [4] la charge thermique due à l'éclairage se calcule d'après la formule suivante :

$$= iP \text{ en Watt}$$

Avec :

- i : Nombre de luminaires ;
- P : La puissance de chaque luminaire en (W) ;
- : Durée de fonctionnement des luminaires en seconde.

On peut calculer cette valeur en utilisant la relation suivante :

$$= P \times x$$

Ou :

- P : Charge thermique projetée r sur la surface (les fabricants prévoient, en général, une puissance de 6 W/m^2) ;
- Surface interne de la chambre ;
- : Durée de fonctionnement des luminaires en seconde.

Charges thermiques dues aux personnes :

La charge thermique due aux personnes se calcule d'après la formule suivante :

$$= i \times x \times t$$

Avec :

- i : Nombre de personnes opérant dans la chambre froide ;
- : Quantité de chaleur dégagée par unité de temps par une personne en

activité moyenne dans une chambre froide en (W) ;

- t : Durée de présence de chaque personne dans la chambre froide en seconde.

Charges thermiques internes liées à l'évaporateur :

On utilise généralement des évaporateurs équipés d'un ou de plusieurs ventilateurs, ce qui permet d'assurer un brassage et une circulation efficaces de l'air. Chaque ventilateur est entraîné par un moteur électrique qui dégage de la chaleur.

La charge due aux moteurs des ventilateurs est alors donnée par la relation :

$$= n \times P \times t$$

Avec :

- n : nombre de moteurs de ventilateurs;
- P : puissance du moteur considéré en kW;
- t : durée de fonctionnement des ventilateurs en h/d.

Charges thermiques due aux résistances de dégivrage :

Le plus souvent, le dégivrage d'un évaporateur se fait par des résistances électriques. La charge due aux résistances électriques est alors donnée par :

$$= n \times P \times t$$

Avec :

- n : nombre de résistances électriques;
- P : puissance calorifique de chaque résistance d'un type donnée en kW;

t : Durée journalière de dégivrage en h/d,

Type de chambre froide ou de meuble frigorifique	Nombre et durée des périodes de dégivrage en mn/d
<p>Groupe 1</p> <ul style="list-style-type: none"> * Chambre froide de produits congelés. * Chambre froide sans chauffage Meuble îlot * Armoire frigorifique * Présentoir frigorifique à viande en air recyclé sans chauffage * Présentoir frigorifique à pâtisserie à ventilation naturelle 	260 mn/d
<p>Groupe 2</p> <ul style="list-style-type: none"> * Resserre à viande Séchoir à saucissons * Chambre de saumurage * Chambre de maturation (fromage) 	420 mn/d
<p>Groupe 3</p> <ul style="list-style-type: none"> * Chambre froide à produits laitiers *Chambre froide à fruits et légumes 	320 mn/d

Tableau 3.2 : Nombre et durée des périodes de dégivrage à prévoir pour différentes chambres froides et meubles frigorifiques.

Ce calcul nécessite donc de connaître le nombre et le type d'évaporateurs prévus. Or ces indications ne seront normalement connues qu'une fois le bilan frigorifique

établi. C'est pourquoi l'on procède dans un premier temps à la détermination provisoire du nombre et du type d'évaporateurs à prévoir.

3.4 Sélection de l'équipement :

3.4.1 Sélection de l'évaporateur :

Pour la sélection de l'évaporateur, on doit fixer, à priori, la température d'évaporation, le fluide frigorigène utilisé, et la température d'entrée de l'air. Selon qu'il s'agit de refroidir de l'air, du liquide ou du solide, dénommés généralement sources froides, le niveau de température à réaliser T_f détermine le niveau de la température d'évaporation T_o à partir du moment où l'on choisit l'écart minimal.

3.4.2 Sélection du groupe de condensation :

Il existe une relation étroite entre la détermination d'un évaporateur, dont les principaux paramètres sont la puissance frigorifique, la température ambiante de la chambre, la température d'évaporation ainsi que l'écart de température et la détermination d'un compresseur. On effectue, on doit sélectionner un compresseur pour la même puissance frigorifique et de même température d'évaporation que l'évaporateur. De façon à réaliser un

3.4.3 Sélection du détendeur :

Un détendeur thermostatique a pour fonction de contrôler l'alimentation de l'évaporateur en fluide frigorigène, de façon à ce que les vapeurs à la sortie soient surchauffées.

Le choix du détendeur s'effectue à partir de sa puissance nominale désignée par le constructeur, pour une température d'évaporation, et une certaine chute de pression entre l'amont et l'aval du détendeur. C'est ainsi que la puissance nominale d'un détendeur, pour une puissance frigorifique nécessaire, est calculée à l'aide de la relation suivante :

= en KW

Ou :

: Le facteur du sous refroidissement.

Nous devons déterminer la température de condensation ainsi que le sous

refroidissement du liquide, la pression de condensation et d'évaporation du fluide frigorigène.

3.5 Le rendement :

Le rendement ou l'efficacité d'une machine thermique est définie comme le rapport de l'énergie utile (travail fourni par le système) sur l'énergie consommée

$$\eta =$$

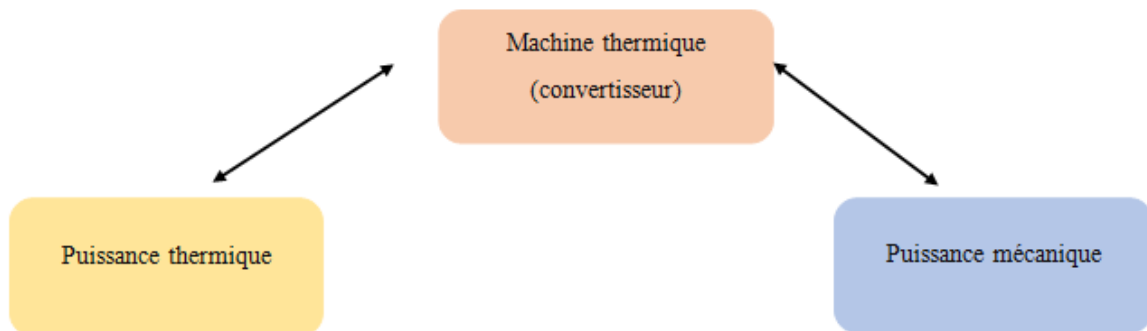


Figure 3.2 : Les puissances autour d'une machine thermique [38]

Les machines thermiques sont des dispositifs qui permettent de transformer une énergie sous forme de chaleur en une énergie sous forme de travail et réciproquement.

Les réfrigérateurs transforment le travail en chaleur.

Conclusion :

Le calcul du bilan frigorifique d'une chambre froide, est très important car le dimensionnement de la machine frigorifique, ou le choix des équipements de celle-ci se fait sur la base des besoins en froid trouvés lors de ce calcul.[17]

CHAPITRE 04: RESULTATS ET DISCUSSION

4.1. Introduction

Dans ce chapitre nous avons étudié une chambre froide à une température négative avec des différents fluides frigorigènes et déterminer les différents paramètres et nous avons présenté les résultats numériques et les graphes obtenus.

Les résultats obtenus sont faits sous le logiciel SOLKANE 8.0 qui a été développé par l'entreprise allemande Solvay Fluor GmbH Hanover.

Le but de ce chapitre est déterminé le bilan énergétique et les performances des fluides frigorigènes dans une chambre froide à une température négative aussi que l'effet de variation des fluides frigorigènes dans des températures négatives.

4.2. Définition de logiciel SOLKANE 8.0:

SOLKANE Réfrigérants est un puissant programme de calcul des propriétés thermo physiques. Il calcule les données thermodynamiques des substances et les propriétés de transport de tous les réfrigérants Solkane et de certains CFC. Il contient des modules pour le calcul d'un total de 7 cycles différents et en deux étapes et pour le dimensionnement des conduites d'un réfrigérant.[16]

IL affiche les diagrammes P-H et T-S des fluides frigorigènes, et assure une information complète sur les fluides frigorigènes depuis les propriétés physiques jusqu'au transport et à la garniture.

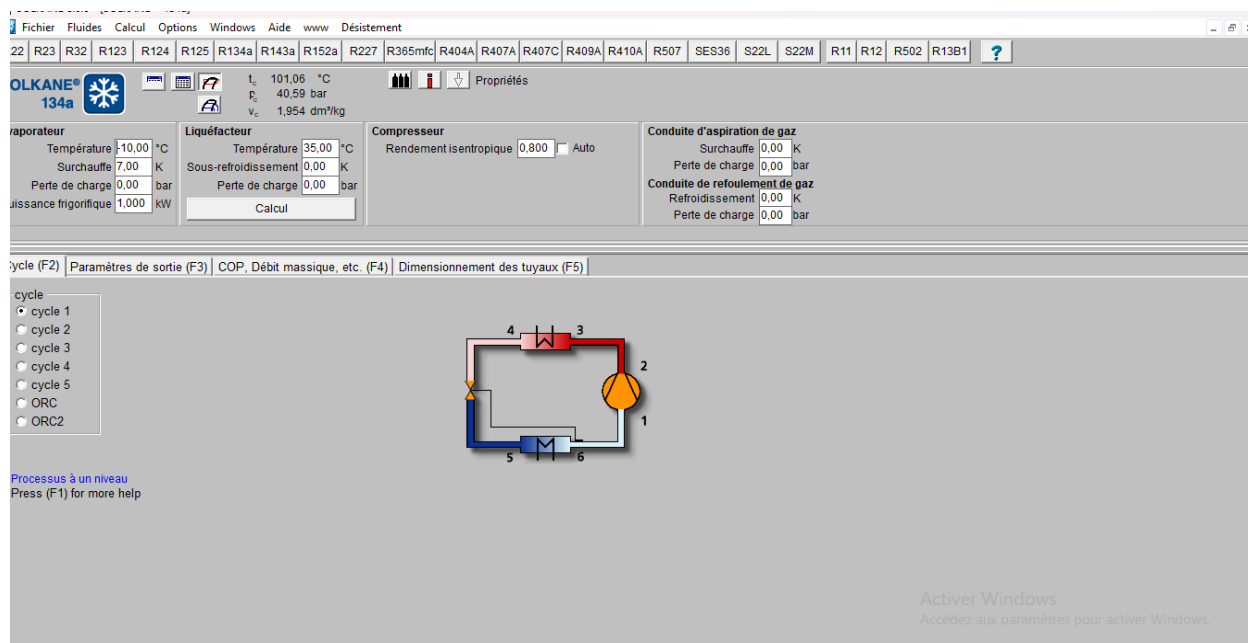


Figure 4.1 : Logiciel SOKANE 8.0 [39]

* Les fluides frigorigènes de SOLKANE 8.0 :

SOLKANE® 22

SOLKANE® R23

SOLKANE® R123

SOLKANE® R134a

SOLKANE® R227

SOLKANE® R404A

SOLKANE® R407A

SOLKANE® R407C

SOLKANE® R410A

SOLKANE® R507

SOLKANE® R32

SOLKANE® R125

SOLKANE® R143a

SOLKANE® R152a

SOLKANE® R124

SOLKANE® 365mfc

SOLKANE® SES36

SOLKANE® S22L

SOLKANE® S22M

4.3. Étude l'impacte des déferents fluides frigorigènes :

C'est pour cela nous proposons dévalue l'effet de 7 fluides frigorigènes (R22, R34, R134a, R404A, R407C, R152a, S22M) dans les mêmes fonctions de fonctionnement sur une machine frigorifique ayant les caractères suivant :

* Les conditions initiales :

Température d'évaporation -10°C

Température de liquéfaction 0°C

Rendement isentropique 0.8

Puissance du compresseur 1KW

La pression 1 bar

Tableau 4.1 : tableau des conditions initiales.

4.3.1 Cas du R22 :

D'après la caractéristique suivant ci-dessus, les résultats de calcul sont résumés ci après :

Pour le réfrigérant R22 :

Au niveau de l'évaporateur : Δh évaporateur = 405.99 – 200.00 = 205.99 kJ/kg.

Énergie théorique de compression: Δh compression = 414.37– 405.99 = 8.38 kJ/kg.

Au niveau de condenseur : Δh condenseur = 414.37–200 = 214.7kJ/kg.

Volume massique à l'aspiration : V massiques aspirations = 0,078m³/kg

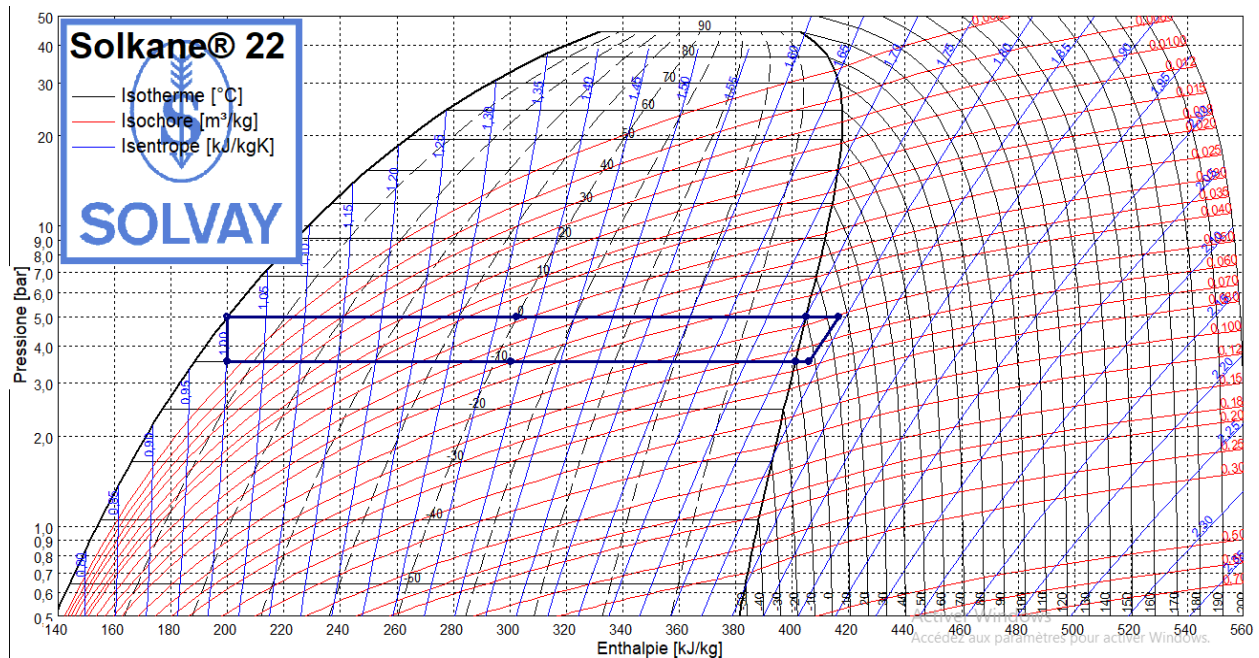


Figure 4.2 : diagramme (P,h) pour le R22[40]

Cycle (F2)	Paramètres de sortie (F3)			COP, Débit massique, etc. (F4)		Dimensionnement des tuyaux (F5)
Point	p bar	t °C	v dm ³ /kg	h kJ/kg	s kJ/kgK	x --
1	3,55	-3,00	67,53	405,99	1,7839	
2s	4,98	12,76	50,23	414,30	1,7839	
2	4,98	15,60	50,92	416,37	1,7912	
3	4,98	15,60	50,92	416,37	1,7912	
3'	4,98	0,00	47,04	404,91	1,7504	
3*4'm	4,98	0,00	23,91	302,46	1,3752	
4'	4,98	0,00	0,78	200,00	1,0000	
4	4,98	0,00	0,78	200,00	1,0000	
5	3,55	-10,00	4,31	200,00	1,0014	0,055
56*m	3,55	-10,00	34,74	300,54	1,3835	
6"	3,55	-10,00	65,18	401,09	1,7655	
6	3,55	-3,00	67,53	405,99	1,7839	

Processus à un niveau

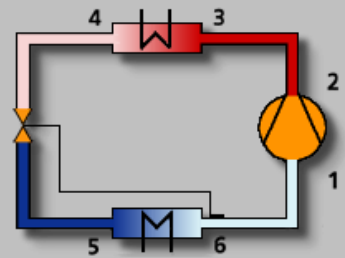


Figure 4.3 : les valeurs du R22 [41]

Le débit massique :

$$\text{Débit massique} = \frac{\text{Puissance}}{\Delta h \text{ évaporateur}}$$

$$\text{Débit massique} = 1 \text{ [KW]} / 205.99 \text{ [kJ/kg]}$$

$$\text{Débit massique} = 0.00485 \text{ kg/s Ou } 17.47 \text{ kg/h.}$$

Le volume réel à aspirer par le compresseur :

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

$$\text{Volume réel} = 0,00485 \text{ [kg/s]} * 4.704 \text{ [m}^3\text{/kg]}$$

$$\text{Volume réel} = 0,0228 \text{ m}^3\text{/s Ou } 82.13 \text{ m}^3\text{/h}$$

Le rendement volumétrique du compresseur :

$$\eta_{\text{Volume}} = (1 - \epsilon) * (HP / BP)$$

$$\eta_{\text{Volume}} = (1 - 0.05) * (5 / 3.5)$$

$$\eta_{\text{Volume}} = 0.93 \text{ Ou } 93\%$$

La puissance électrique du compresseur :

$$P_{\text{electr_absorbée}} = \text{débit massique} * \Delta h \text{ compresseur}$$

$$P_{\text{electr_absorbée}} = 0.00485 \text{ [kg/s]} * 8.38 \text{ [kJ/kg]}$$

$$P_{\text{electr_absorbée}} = 0.0406 \text{ kW}$$

Coefficient de performance :

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

$$\text{COP} = 19.84$$

4.3.2 Cas de R32 :

D'après la caractéristique suivant ci-dessus, les résultats de calcul sont résumés ci après :

Pour le réfrigérant R32 :

$$\text{Au niveau de l'évaporateur : } \Delta h \text{ évaporateur} = 520.62 - 200 = 320.62 \text{ kJ/kg.}$$

$$\text{Énergie théorique de compression: } \Delta h \text{ compression} = 533.79 - 520.62 = 13.17 \text{ kJ/kg.}$$

$$\text{Au niveau de condenseur : } \Delta h \text{ condenseur} = 533.79 - 200 = 333.79 \text{ kJ/kg.}$$

$$\text{Volume massique à l'aspiration : } V_{\text{massiques aspirations}} = 0,00948 \text{ m}^3\text{/kg}$$

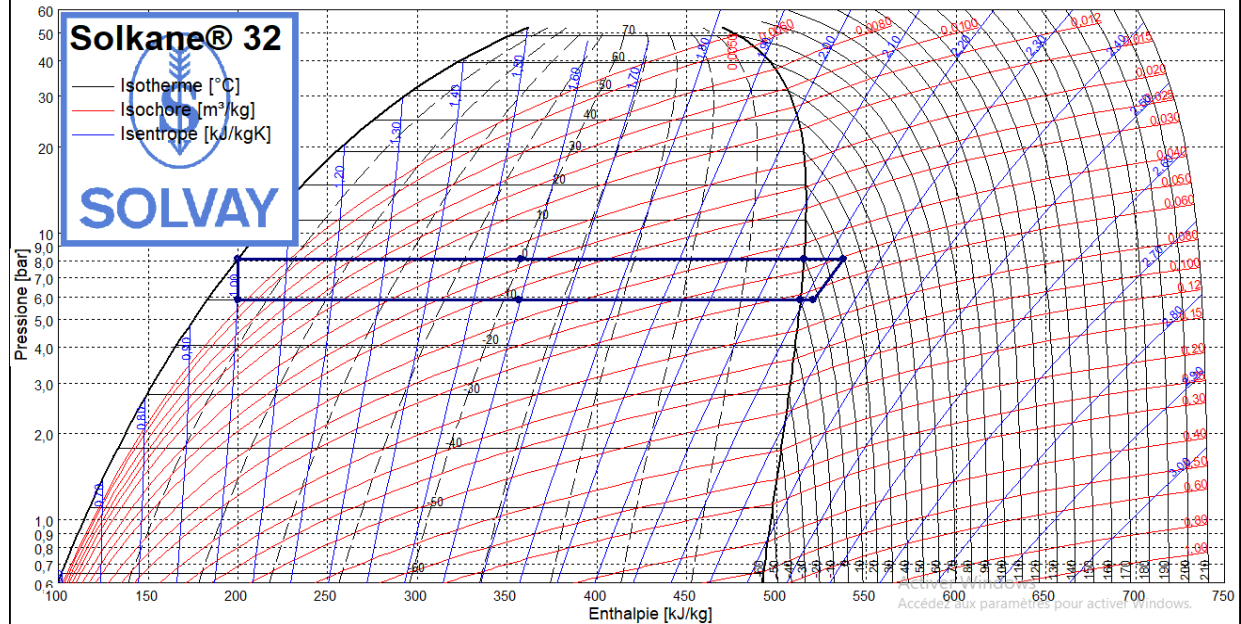


Figure 4.4 : diagramme (P,h) pour le R32[42]

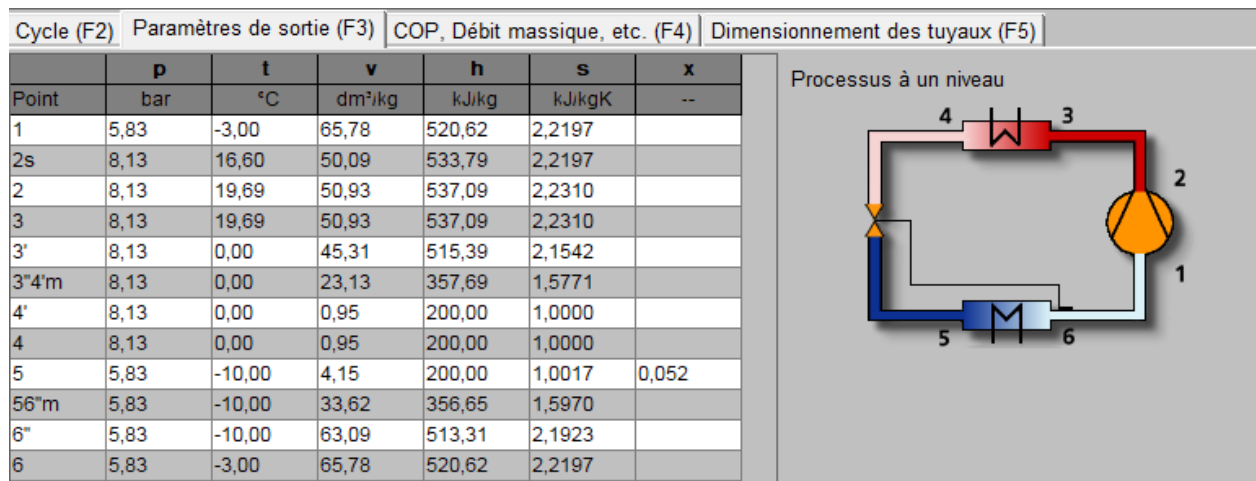


Figure 4.5 : les valeurs du R32 [43]

Le débit massique :

Débit massique = $\frac{1}{\Delta h \text{ évaporateur}}$

Débit massique = $1 \text{ [KW]} / 320.62 \text{ [kJ/kg]}$

Débit massique = 0.00312 kg/s Ou 11.228 kg/h.

Le volume réel à aspirer par le compresseur :

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

$$\text{Volume réel} = 0,00312 \text{ [kg/s]} * 4.531 \text{ [m}^3\text{/kg]}$$

$$\text{Volume réel} = 0.014 \text{ m}^3\text{/s Ou } 49.37 \text{ m}^3\text{/h.}$$

Le rendement volumétrique du compresseur :

$$\eta_{\text{Volume}} = (1 - \epsilon) * (\text{HP} / \text{BP})$$

$$\eta_{\text{Volume}} = 1 - 0.05 * (8 / 6)$$

$$\eta_{\text{Volume}} = 0.934 \text{ Ou } 93.4\%$$

La puissance électrique du compresseur :

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

$$P_{\text{electr_absorbée}} = 0.00312 \text{ [kg/s]} * 13.17 \text{ [kJ/kg]}$$

$$P_{\text{electr_absorbée}} = 0.041 \text{ kW}$$

Coefficient de performance :

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

$$\text{COP} = 19.47$$

4.3.3 Cas de R134a :

D'après la caractéristique suivant ci-dessus, les résultats de calcul sont résumés ci après :

Pour le réfrigérant R134a:

$$\text{Au niveau de l'évaporateur : } \Delta h_{\text{évaporateur}} = 398.49 - 200 = 198.49 \text{ kJ/kg.}$$

$$\text{Énergie théorique de compression: } \Delta h_{\text{compression}} = 406.4 - 398.49 = 7.91 \text{ kJ/kg.}$$

$$\text{Au niveau de condenseur : } \Delta h_{\text{condenseur}} = 406.4 - 200 = 206.4 \text{ kJ/kg.}$$

$$\text{Volume massique à l'aspiration : } V_{\text{massiques aspirations}} = 0.0722 \text{ m}^3\text{/kg}$$

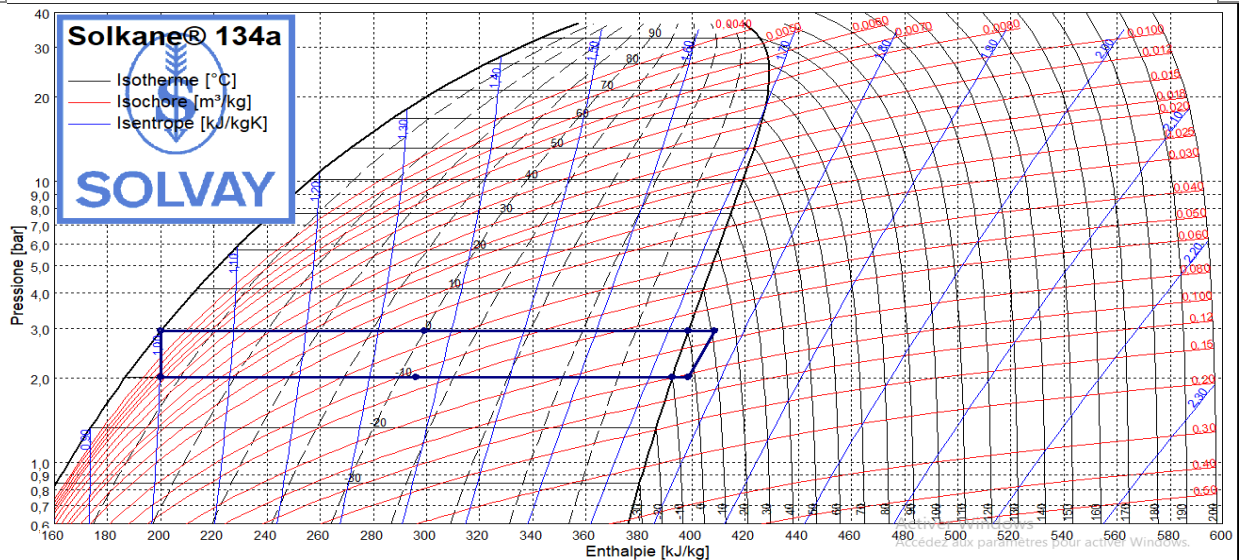


Figure 4.6 : diagramme (P,h) pour le R134a[44]

Cycle (F2)		Paramètres de sortie (F3)			COP, Débit massique, etc. (F4)		Dimensionnement des tuyaux (F5)
Point	p bar	t °C	v dm ³ /kg	h kJ/kg	s kJ/kgK	x	
1	2,01	-3,00	102,96	398,48	1,7552	--	Processus à un niveau
2s	2,93	8,96	72,43	406,40	1,7552		
2	2,93	11,20	73,20	408,38	1,7622		
3	2,93	11,20	73,20	408,38	1,7622		
3'	2,93	0,00	69,28	398,49	1,7267		
3"4'm	2,93	0,00	35,03	299,25	1,3634		
4'	2,93	0,00	0,77	200,00	1,0000		
4	2,93	0,00	0,77	200,00	1,0000		
5	2,01	-10,00	7,17	200,00	1,0014	0,065	
56"m	2,01	-10,00	53,36	296,29	1,3672		
6"	2,01	-10,00	99,54	392,58	1,7331		
6	2,01	-3,00	102,96	398,48	1,7552		

Figure 4.7: les valeurs du R134a [45]

Le débit massique :

Débit massique = $\frac{1 \text{ [KW]}}{\Delta h \text{ évaporateur}}$

Débit massique = $1 \text{ [KW]} / 198.49 \text{ [kJ/kg]}$

Débit massique = 0.005 kg/s Ou 18.14 kg/h .

Le volume réel à aspirer par le compresseur :

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

$$\text{Volume réel} = 0,005 \text{ [kg/s]} * 6.928 \text{ [m}^3\text{/kg]}$$

$$\text{Volume réel} = 0.035 \text{ m}^3\text{/s Ou } 124.7 \text{ m}^3\text{/h.}$$

Le rendement volumétrique du compresseur :

$$\eta_{\text{Volume}} = (1 - \epsilon) * (\text{HP} / \text{BP})$$

$$\eta_{\text{Volume}} = 1 - 0.05 * (3 / 2)$$

$$\eta_{\text{Volume}} = 0.925 \text{ Ou } 92.5\%$$

La puissance électrique du compresseur :

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

$$P_{\text{electr_absorbée}} = 0.005 \text{ [kg/s]} * 7.91 \text{ [kJ/kg]}$$

$$P_{\text{electr_absorbée}} = 0.04 \text{ kW}$$

Coefficient de performance :

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

$$\text{COP} = 20.05$$

4.3.4 Cas de R404A :

D'après la caractéristique suivant ci-dessus, les résultats de calcul sont résumés ci après :

Pour le réfrigérant R404A :

Au niveau de l'évaporateur : $\Delta h_{\text{évaporateur}} = 367.18 - 199.51 = 167.67 \text{ kJ/kg.}$

Énergie théorique de compression: $\Delta h_{\text{compression}} = 374.03 - 367.18 = 6.85 \text{ kJ/kg.}$

Au niveau de condenseur : $\Delta h_{\text{condenseur}} = 374.03 - 199.51 = 174.52 \text{ kJ/kg.}$

Volume massique à l'aspiration : $V_{\text{massiques aspirations}} = 0,087 \text{ m}^3\text{/kg}$

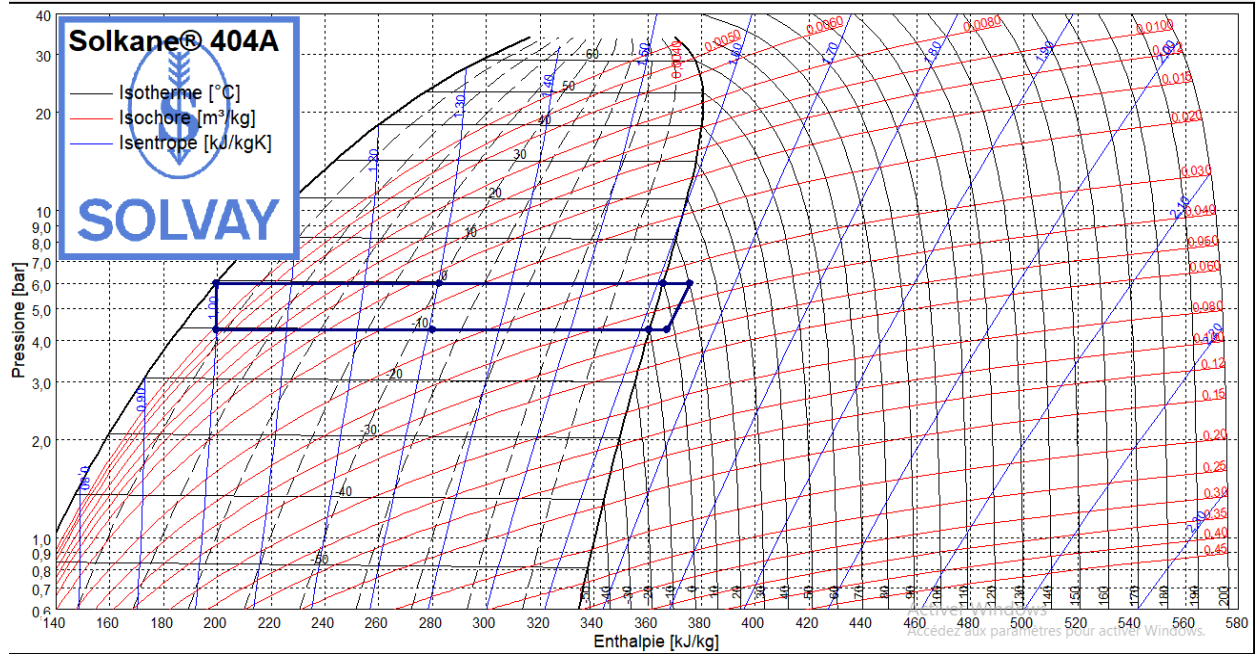


Figure 4.8 : diagramme (P,h) pour le R404a[46]

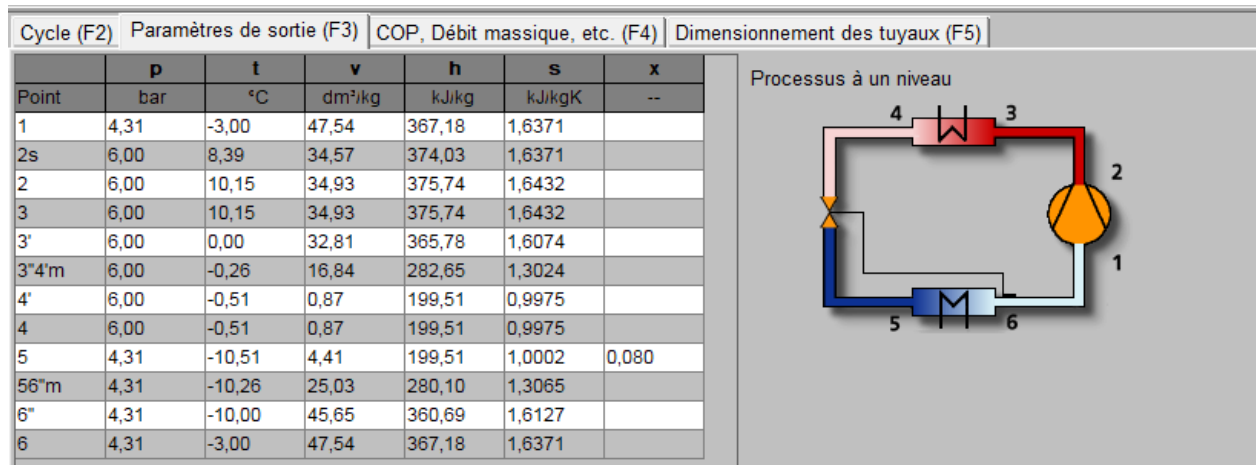


Figure 4.9: les valeurs du R404A [47]

Le débit massique :

Débit massique = $\frac{1 \text{ [kW]}}{\Delta h \text{ évaporateur}}$

Débit massique = $1 \text{ [kW]} / 167.67 \text{ [kJ/kg]}$

Débit massique = 0.006 kg/s Ou 21.47 kg/h.

Le volume réel à aspirer par le compresseur :

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

$$\text{Volume réel} = 0,006 \text{ [kg/s]} * 3.281 \text{ [m}^3\text{/kg]}$$

$$\text{Volume réel} = 0.02 \text{ m}^3\text{/s Ou } 70.87 \text{ m}^3\text{/h.}$$

Le rendement volumétrique du compresseur :

$$\eta_{\text{Volume}} = (1 - \epsilon) * (\text{HP} / \text{BP})$$

$$\eta_{\text{Volume}} = 1 - 0.05 * (6 / 4.4)$$

$$\eta_{\text{Volume}} = 0.932 \text{ Ou } 93.2\%$$

La puissance électrique du compresseur :

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

$$P_{\text{electr_absorbée}} = 0.006 \text{ [kg/s]} * 6.85 \text{ [kJ/kg]}$$

$$P_{\text{electr_absorbée}} = 0.041 \text{ kW}$$

Coefficient de performance :

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

$$\text{COP} = 19.58$$

4.3.5 Cas de R407C :

D'après la caractéristique suivant ci-dessus, les résultats de calcul sont résumés ci après :

Pour le réfrigérant R404C :

$$\text{Au niveau de l'évaporateur : } \Delta h_{\text{évaporateur}} = 410.65 - 191.19 = 219.46 \text{ kJ/kg.}$$

$$\text{Énergie théorique de compression: } \Delta h_{\text{compression}} = 421.8 - 410.65 = 11.15 \text{ kJ/kg.}$$

$$\text{Au niveau de condenseur : } \Delta h_{\text{condenseur}} = 421.8 - 191.19 = 230.61 \text{ kJ/kg.}$$

$$\text{Volume massique à l'aspiration : } V_{\text{massiques aspirations}} = 0,0809 \text{ m}^3\text{/kg}$$

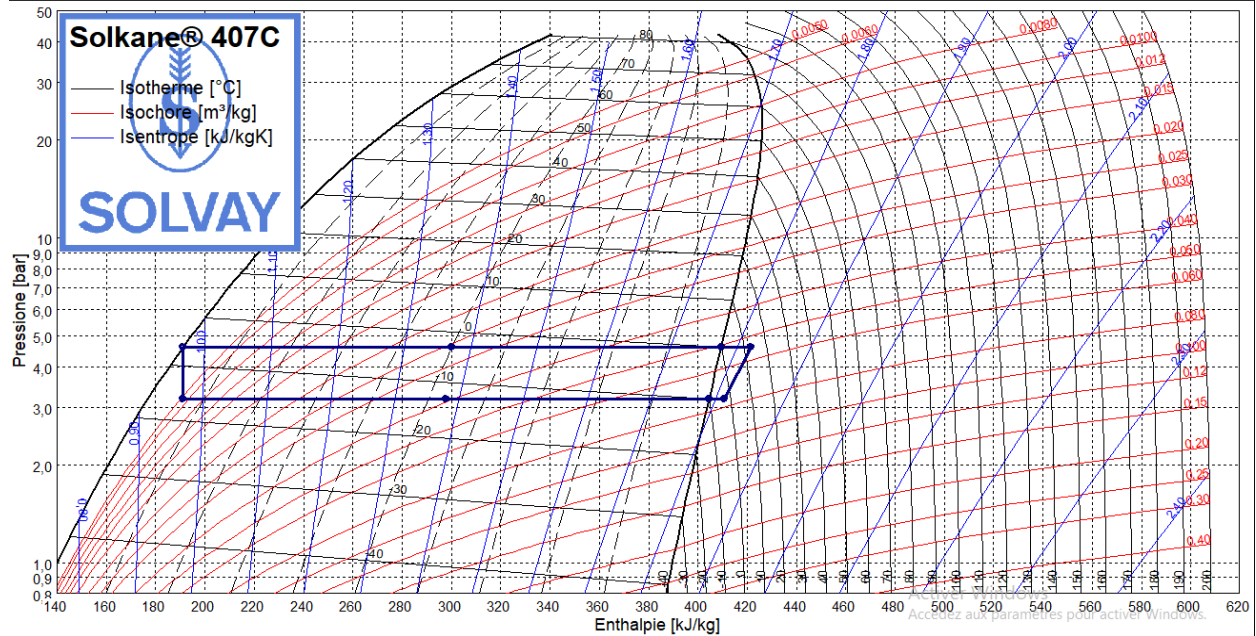


Figure 4.10: diagramme (P, h) pour le R407C [48]

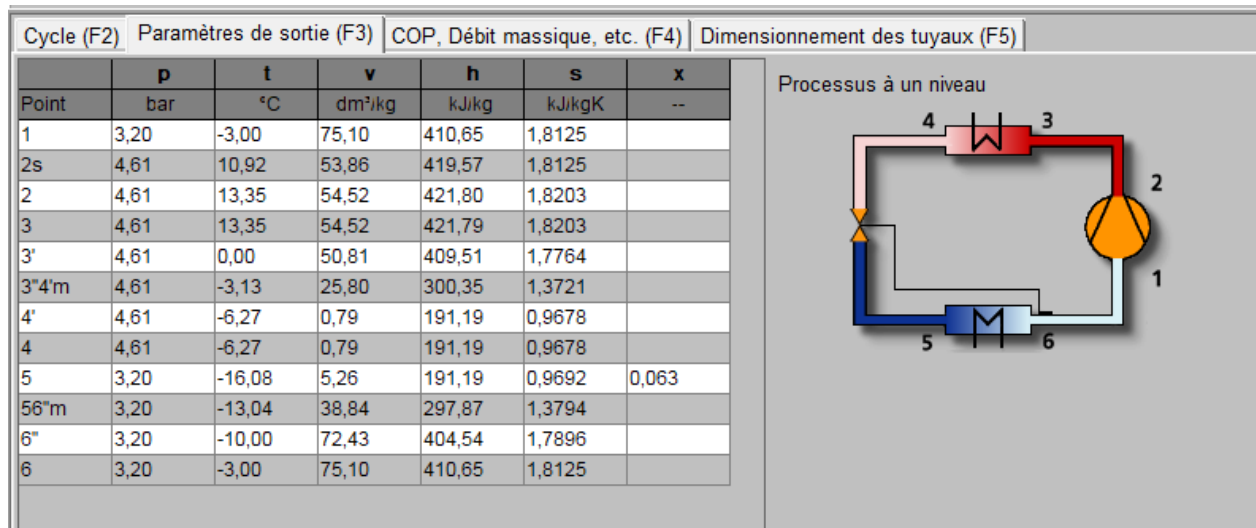


Figure 4.11: les valeurs du R407C [49]

Le débit massique :

$$\text{Débit massique} = \frac{\text{Puissance}}{\Delta h \text{ évaporateur}}$$

$$\text{Débit massique} = 1 \text{ [KW]} / 219.46 \text{ [kJ/kg]}$$

$$\text{Débit massique} = 0.0045 \text{ kg/s Ou } 16.40 \text{ kg/h.}$$

Le volume réel à aspirer par le compresseur :

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

$$\text{Volume réel} = 0,0045[\text{kg/s}] * 5.081 \text{ [m}^3/\text{kg]}$$

$$\text{Volume réel} = 0.028 \text{ m}^3/\text{s Ou } 82.32 \text{ m}^3/\text{h.}$$

Le rendement volumétrique du compresseur :

$$\eta_{\text{Volume}} = (1 - \epsilon) * (\text{HP} / \text{BP})$$

$$\eta_{\text{Volume}} = 1 - 0.05 * (4.8 / 3.2)$$

$$\eta_{\text{Volume}} = 0.925 \text{ Ou } 92.5\%$$

La puissance électrique du compresseur :

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

$$P_{\text{electr_absorbée}} = 0.0045 \text{ [kg/s]} * 11.15 \text{ [kJ/kg]}$$

$$P_{\text{electr_absorbée}} = 0.05 \text{ kW}$$

Coefficient de performance :

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

$$\text{COP} = 19.69$$

4.3.6. Cas de R152a :

D'après la caractéristique suivant ci-dessus, les résultats de calcul sont résumés ci après :

Pour le réfrigérant R152a :

$$\text{Au niveau de l'évaporateur : } \Delta h_{\text{évaporateur}} = 507.39 - 200.00 = 307.39 \text{ kJ/kg.}$$

$$\text{Énergie théorique de compression: } \Delta h_{\text{compression}} = 522.72 - 507.39 = 15.42 \text{ kJ/kg.}$$

$$\text{Au niveau de condenseur : } \Delta h_{\text{condenseur}} = 522.72 - 200.00 = 322.72 \text{ kJ/kg.}$$

$$\text{Volume massique à l'aspiration : } V_{\text{massiques aspirations}} = 0.1043 \text{ m}^3/\text{kg}$$

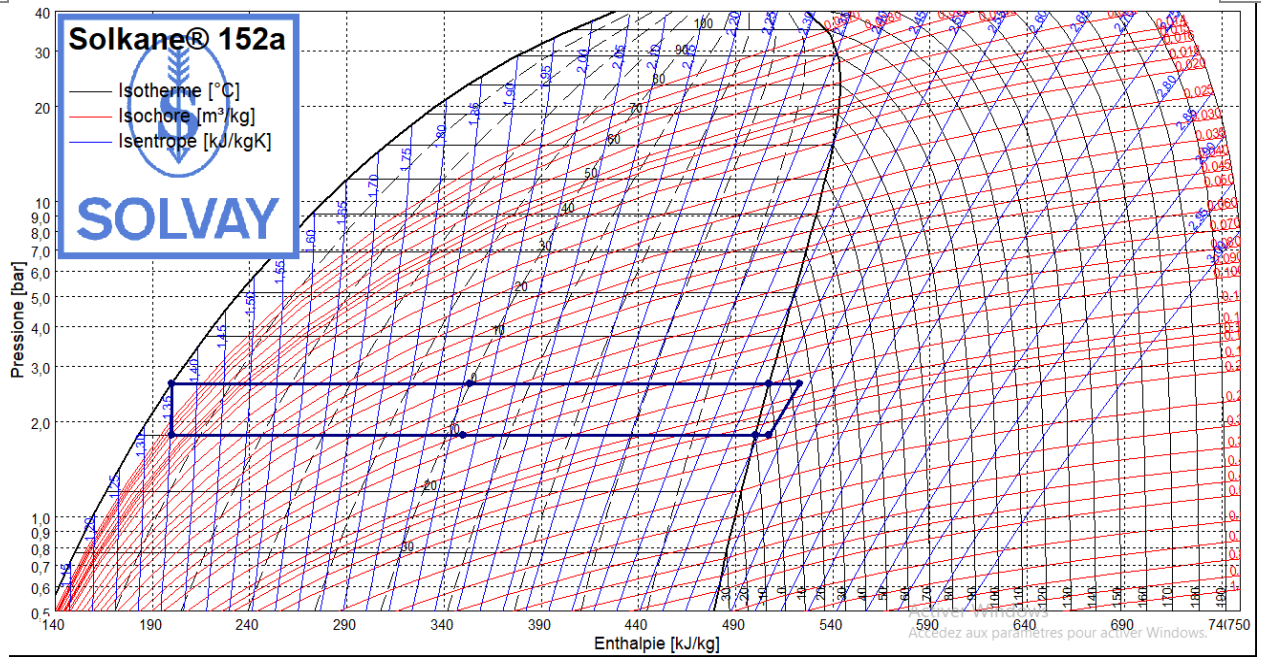


Figure 4.12: diagramme (P, h) pour le R152a [50]

Figure 4.13 : les valeurs du R152a [51]

Le débit massique :

$$\text{Débit massique} = \frac{\text{Puissance}}{\Delta h \text{ évaporateur}}$$

$$\text{Débit massique} = 1 \text{ [KW]} / 307.39 \text{ [kJ/kg]}$$

$$\text{Débit massique} = 0.0032 \text{ kg/s Ou } 11.71 \text{ kg/h.}$$

Le volume réel à aspirer par le compresseur :

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

$$\text{Volume réel} = 0,0032[\text{kg/s}] * 11.967 [\text{m}^3/\text{kg}]$$

$$\text{Volume réel} = 0.038 \text{ m}^3/\text{s} \text{ Ou } 137.86 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Le rendement volumétrique du compresseur :

$$\eta_{\text{Volume}} = (1-\epsilon) * (\text{HP} / \text{BP})$$

$$\eta_{\text{Volume}} = 1 - 0.05 * (2.8 / 1.8)$$

$$\eta_{\text{Volume}} = 0.9225 \text{ Ou } 92.25\%$$

La puissance électrique du compresseur :

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

$$P_{\text{electr_absorbée}} = 0.0032 [\text{kg/s}] * 15.42 [\text{kJ/kg}]$$

$$P_{\text{electr_absorbée}} = 0.049 \text{ kW}$$

Coefficient de performance :

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

$$\text{COP} = 20.06$$

4.3.7. Cas de S22M :

D'après la caractéristique suivant ci-dessus, les résultats de calcul sont résumés ci après :

Pour le réfrigérant R510 :

$$\text{Au niveau de l'évaporateur : } \Delta h_{\text{évaporateur}} = 371.14 - 194.64 = 176.50 \text{ kJ/kg.}$$

$$\text{Énergie théorique de compression: } \Delta h_{\text{compression}} = 380.06 - 371.14 = 8.92 \text{ kJ/kg.}$$

$$\text{Au niveau de condenseur : } \Delta h_{\text{condenseur}} = 380.06 - 194.64 = 185.42 \text{ kJ/kg.}$$

$$\text{Volume massique à l'aspiration : } V_{\text{massiques aspirations}} = 0,0800 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Figure 4.14: diagramme (P, h) pour le S22M [52]

Figure 4.15 : les valeurs du S22M [53]

Le débit massique :

$$\text{Débit massique} = \frac{\text{Puissance}}{\Delta h \text{ évaporateur}}$$

$$\text{Débit massique} = 1 \text{ [KW]} / 176.50 \text{ [kJ/kg]}$$

$$\text{Débit massique} = 0.0056 \text{ kg/s Ou } 20.4 \text{ kg/h.}$$

Le volume réel à aspirer par le compresseur :

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

$$\text{Volume réel} = 0,0056[\text{kg/s}] * 4.650[\text{m}^3/\text{kg}]$$

$$\text{Volume réel} = 0.0263 \text{ m}^3/\text{s} \text{ Ou } 94.84 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Le rendement volumétrique du compresseur :

$$\eta_{\text{Volume}} = (1 - \epsilon) * (\text{HP} / \text{BP})$$

$$\eta_{\text{Volume}} = 1 - 0.05 * (4 / 2.9)$$

$$\eta_{\text{Volume}} = 0.933 \text{ Ou } 93.3\%$$

La puissance électrique du compresseur :

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

$$P_{\text{electr_absorbée}} = 0.0056 [\text{kg/s}] * 8.92 [\text{kJ/kg}]$$

$$P_{\text{electr_absorbée}} = 0.05 \text{ kW}$$

Coefficient de performance :

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

$$\text{COP} = 19.80$$

4.4. Commentaire des résultats obtenus :

Le tableau 4.2 : représente les résultats obtenus pour 7 fluides réfrigérants étudiés:

Nom des fluides frigorigène	R22	R32	R134a	R404A	R407C	R152a	S22M
$\Delta h_{\text{évaporateur}}$ (kj/kg)	205.99	320.62	198.49	167.67	219.46	307.39	176.50
$\Delta h_{\text{compression}}$ (kj/kg)	8.38	13.17	7.91	6.85	11.15	15.42	8.92
$\Delta h_{\text{condenseur}}$ (kj/kg)	214.7	333.79	206.4	174.52	230.61	322.72	185.42
Haute pression (bar)	5	8	3	6	4.8	2.8	4
Basse pression (bar)	3.5	6	2	4.4	3.2	1.8	2.9
Rapporte de compression	1.42	1.33	1.5	1.36	1.5	1.55	1.34
Rendement volumétrique	93	93.4	92.5	93.2	92.5	92.25	93.3
Température moyen d'aspiration(°c)	-3.00	-3.00	-3.00	-3.00	-3.00	-3.00	-3.00

Température moyen de refoulement (°c)	15.00	19.69	11.22	10.15	13.35	14.23	10.20
Volume massique aspiration (m3/kg)	2.126	4.531	6.928	3.28	1.097	6.9928	4.650
Débit massique (kg/s)	0.00485	0.00312	0.005	0.0062	0.0047	0.0045	0.005
Puissance électrique (kW)	0.01	0.041	0.04	0.041	0.07	0.049	0.05
COP	19.84	19.47	20.2	19.58	19.69	20.06	19.80

Tableau 4.2 : tableau des performances énergétiques des fluides frigorigènes.

*Commentaire :

D'après les résultats obtenus les fluides frigorigènes étudiés présentent de nombreuses similitudes

Cependant, le réfrigérant R134a a le COP le plus élevé, suivi par du R152a.

La faible valeur de COP est obtenue pour le réfrigérant R32 correspondant à la

Valeur de 19.47. Donc, dans les mêmes conditions de fonctionnement et pour une même période d'utilisation, la consommation d'énergie électrique de la machine fonctionnant au R134a est de 92.5 % plus élevée à celle fonctionnant au R152a, et celle

Fonctionnant au R32 est plus élevée.

Le pourcentage de diminution des performances des autres fluides est donné dans Le tableau 4.2.

Nom des fluides frigorigène	R22	R32	R134a	R404A	R407C	R152a	S22M
COP	19.84	19.47	20.2	19.58	19.69	20.06	19.80
Température de surchauffe	5.7	6.1	6.9	6.5	6.7	6.5	5.9
Température de sou refroidissement	4.9	4.8	4.2	5.2	5.1	5.3	4.8

Tableau 4.3 : tableau des températures de surchauffe et de sou refroidissement

Nom des fluides frigorigène	R22	R32	R134a	R404A	R407C	R152a	S22M
GWP	1810	675	1430	210	1800	124	215
ODP	0.05	0	0	0	0	0	0

Tableau 4.4 : tableau des GWP et ODP des fluides frigorigènes

Les figures (4.16, 4.17, 4.18,4.19) représentent des histogrammes de la température de surchauffe ,la température de sourefroidissement, le COP, et le GWP.

Figure 4.16 : Histogramme de la température de surchauffe des fluides frigorigènes

Figure 4.17 : Histogramme de la température de sourefroidissement des fluides frigorigènes

Figure 4.18 : Histogramme de coefficient de performance (COP) des fluides frigorigènes

Figure 4.19 : Histogramme de GWP des fluides frigorigènes

- Résultats et discussion :

D'une part Le tableau 4.3 représente les températures du surchauffe et les températures de sou refroidissements des fluides frigorigènes étudié. Aussi que 4.4 représente les valeurs d'ODP et GWP des réfrigérant et les figures (4.16, 4.17, 4.18,4.19) représentent des histogrammes de la température de surchauffe ,la température de sourefroidissement, le COP, et le GWP d'après ses valeurs ont remarque que :

- Les températures de sou refroidissement et surchauffe des fluides frigorigènes sont entre 4et 7.
- On remarque que les fluides R407C et R134a elles ont des grandes températures de surchauffe, ce pendant les fluides R22 et S22M ont des températures de surchauffe inferieurs que les autres fluides.
- Nous remarquons que le fluide R134a a une température de sou refroidissement inférieur avec une température de surchauffe et un COP élevé et sa d'après le tableau 4.3.

D'autre part le tableau 4.4 représente les valeurs d'ODP ET GWP des liquides réfrigérants donc :

- Pour un même mélange de HFC comme le R32 ; S22M et le R152a leur GWP est plus faible ce qui signifie que ce dernier est le plus utile en climatisation.

En tenant compte les contraintes liées a l'environnement c a d en intéressant aux indices d'impact ODP et GWP. On déduit que le fluide R152a est le fluide le plus approprié parmi les fluides étudiés du fait qu'il a un ODP et GWP le plus faible et sa d'après le tableau 4.4.

- Notre but de choisir le fluide frigorigène compatible qui fonctionne à basse

température

- Les température de sou refroidissement et de surchauffe avec le COP sont des facteurs essentielles pour choisir le liquide frigorigènes compatible.
- Pour choisir un liquide réfrigérant il faut voir ses paramètres essentiels : le COP et GWP et l'ODP.

Conclusion Général

Conclusion:

Dans cette étude nous avons fait des expériences sur des différents fluides frigorigènes sur les mêmes conditions (température, pression et puissance). l'expérience été fait sur les fluides frigorigènes suivant: (R22, R32, R134a, R404A, R407C, R152a, S22M), pour connaître le meilleur fluide qui fonctionne dans une basse température.

Pour réaliser cette experience nous avons utilisé un logiciel SOLKANE qui nous permé à déterminer les paramètres de chaque fluide frigorigène et tracer leur diagramme p,h.

Notre recherche été fait sur la chambres froide négative et nous avons citer leur équipement et leur but: préservation des aliments, la congélation la surgélation des produit alimentaires, la conservation des produits médical et pharmaceutique contre les bactéries .

Le froid est un terme très essentielles dans notre vie quotidienne et pour le réaliser il faut utilisé les composantes essentielle suivant :

le compresseur, le détendeur, l'évaporateur,le condenseur et à l'aide des régulateurs et des capteurs pour obtenir un bon rendement.

Le type du fluide réfrigérante agir fortement sur le coefficient de performance de la machine frigorifique "COP".

En raison des contraintes liées à l'environnement le fluide R152a est le plus adapté de fait des contraintes: ODP= 0, GWP =140.

En perspective, le fluide R134a est le meilleur fluide pare que a un grand rendement dans le cycle frigorifique (COP), et il fonctionne dans une base température .

Notre but de choisir le fluide frigorigène compatible qui fonctionne à basse température

Les température de sou refroidissement et de surchauffe avec le COP sont des facteurs essentielles pour choisir le liquide frigorigènes compatible.

Pour choisir un liquide réfrigérant il faut voir ses paramètres essentiels : le COP et GWP et l'ODP.

Les REFERENCES

[1] : <https://scribd.fr.com>

[2] : mémoire fin d'étude. université de Annaba.2016/2017

[3] : Jean Borm.université de Versail Frane

[4] : www.infraction.fr

[5] : www.dictionnairelarousse.fr

[6] : <https://climat.fr>

[7] : <https://stm-cain.info>

[8] : <https://vitrinellinguistique.fr>

[9] : <https://thermodynamique de réfrigération.fr>

[10] : <https://energie.com>

[11] : mémoire fin d'étude.université de Ain Témouchent.2020/2021

[12] : mémoire fin d'étude.université de Bouira. 2017/2018

[13] : <https://www.bielen.pro>

[14] : <https://www.calculeo.fr>

[15] : mémoire fin d'étude.université de Ain Témouchent2021/2022

[16] : <https://solkane-refrigerant.software.info>

[17]: I.TEYAR « Étude de faisabilité pour l'alimentation d'une chambre froide » École nationale polytechnique, Oran.2010.