République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique
Université YAHIA FARES de MEDEA
Faculté de la Technologie
Département de Génie Mécanique

MÉMOIRE DE FIN D'ETUDE

Pour l'obtention du Diplôme de Master en Génie climatique
Spécialité : Génie climatique
Filière : Génie climatique

THÈME

Etude et Dimensionnement d'un entrepôt Frigorifique Polyvalent

Encadrer par:

Dr. TRIKI Zakaria

Mr.BENYEKHLEF Ahmed

Présenté par :

TRIFI Malia

ARADJ EL-alia

Promotion 2017-2018


بسم الله الرحمن الرحيم

ملخص:

الهدف من هذه الأعمال هو تحديد أبعاد مخزن تبريد مخصص لمختلف السلع (حفظالحليب و التفاح و تجميد الدواجن) وترتيب العزل الحراري على الهيكل. سنقدم دراسة حرارية مفصلة للحصول على قدرة التبريد التي ستكون القاعدة الأساسية المتبعة لتحديد الأبعاد و اختيار مختلف المعدات للتبريد.

الكلمات الدالة :

مخزن تبريد,الحفظ, التجميد, التوازن البارد و تحديد الأبعاد.

Résumé :

L'objectif de ce travail est d'étudier et dimensionner un entrepôt frigorifique destiné à la conservation du lait et des pommes et la congélation des volailles. Un aménagement et une isolation thermique seront faits la structure.Une étude thermique détaillée permettra de déterminer la puissance frigorifique qui sera la base de dimensionnement et la sélection des différents équipements de l'installation frigorifique.

Mots clé :

Entrepôt frigorifique, conservation, congélation, bilan thermique, dimensionnement.

Abstract:

The objective of this works is to study and to dimension a refrigerated warehouse intended for the beef and veal, cherry and green bean an arrangement and a thermal insulation will be made on the structure .a detailed thermal study will make it possible to determine the refrigeration capacity that will be the bottom of dimensioning and the selection of the various equipments of refrigeration.

Keywords:

Cold storage, preservation, freezing, cold balance, dimensioning.

Remerciment

Nous remercions tout d'abord ALLAH toUt puissant qui nous a donné la force de mener a bon terme ce modeste travaille

Nous tenons à remercier sincérement toutes les personnes qui ont apporté leur contribution a l'aboutissement de ce projet .

Nous remercions notre promoteur Mr TRIKI et co-promoteur Mr BENYEKHLEF por ses soutiens et ses précieux conseils .

Nous tenons à témoigner à notre profonde reconnaissance .

Nous remercions tous les enseignants pour leur efforts consacres pour nous transemettre le savoire ansi l'ensemble des responsable , travailleurs , agents .

Il m'est agréable de profiter de cette occasion , pour rendre un hommage particulièrement sincère à travers ce modeste ouvrage , à tous ceux qui me sont chers , à tous ceux qui m'ont soutenu moralement

Je dédie ce modeste travail

- *A mes très chers parents pour toute leur tendresse et pour leurs nombreux sacrifices pour ma réussite . Que dieu les garde .*
- *Mes frères (Amine , Sida-Ali , Aissa)et leurs femmes (Souad et Asma), et mes sœurs (Amel , Hadjira , Zoula)*
- *A tous les enseignants qui ont collaboré à ma formation depuis mon premier cycle d'étude jusqu'à la fin de mes études universitaire .*
- *A tous mes amis et tous mes collègues de la promotion 2018*

EL -ALIA

DEDICACE

A mes très chers parents qu'ont toujours été la pour moi et qui n' ont donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance ,j'espère qui ils trouveront s le dans ce travail toute ma reconnaissance et tout mon amour pour :

MAMA,PAPA

A mes cher frères AYOUB YOUCEF MOUHAMED

et ma sœur HAKIMA et son marié et leur adorable fille israa a tout mes oncles, mes tantes, ma grand-mère fatimazohraet tout la famille TRIFI et a tous mes amies et les enseignants qui ont collaboré à ma formation depuis mon premier cycle d'étude jusqu'à la fin de mes études universitaire.

A tous mes amis et tous mes collègues de la promotion 2018

MALIA

Nomenclature

Notion	Désignation	unité
k	coefficient de transmission thermique de la paroi considérée	$(w/m^2.k)$.
S	surface de la paroi considérée	(m^2).
ΔT	différence de température entre les deux cotés de la paroi considérée	(k).
$\frac{1}{hi}$	Résistance thermique super ficelle interne	$(m^2.k/w)$.
$\sum_{j=1}^{n} \frac{1}{hi}$	Somme des résistances thermiques des différentes couches	$(m^2.k/w)$.
$\frac{1}{he}$	Résistance thermique superficielle externe	$(m^2.k/w)$.
ma.e	Débit masse d'air extérieur admis	(kg/s).
Δh	Différence d'enthalpie entre l'air extérieur et l'air ambiant de la chambre froid	(kJ/kg)
Va.e	Débit volume d'air extérieur	(m^3/s).
ρa.a	Masse volumique de l'air de la chambre froide	(kg/m^3).
ρ_0	C'est une valeur constante étant prise égale à : 1.293	(kg/m^3).
T	la température de la chambre froide	(C°).
Vcf	Volume de la chambre froide	(m^3).
N	Taux de renouvellement d'air journalier.	
Ta	Température ambiante dans la chambre froide.	(C°).
Te	Température à l'extérieur.	(C°).
τp	Temps d'ouverture des portes exprimé	(min/h).
Lp	Largeur d'une porte	(m).
hp	Hauteur d'une porte	(m).

ρa.e ρa.e	Masse volumique de l'air du coté de la porte autre que la chambre froid	(kg/m^3).
ha.a	Enthalpie de l'air ambiant dans la chambre froid	(kJ/kg).
Cr.a	Coefficient de minoration du à la présence éventuelle d'un rideau	
dt	Durée moyenne d'ouverture des portes (aller et retour) pour permettre le passage des marchandises en minute par tonne	(min/t).
fj	Flux journalier des marchandises en tonne par jour	(t/jour).
C	La contenance totale d'une chambre froide	
A	surface de la chambre froide	(m^2).
h	hauteur maximale de gerbage	(m).
de	Densité d'entreposage	(kg/m3).
δ0	Coefficient d'occupation au sol des marchandises	(%).
I_{per}	nombre de (luminaires, personnes opérant dans la chambre froide et matériels roulants et divers d'un type donné).	
P_{ecl}	puissance de chaque luminaire	(w).
τ_{ecl}	Durée de fonctionnement des luminaires	(h/d)
24	nombre d'heurs dans une journée.	
qp	Quantité de chaleur dégagée par unité de temps par une personne en activité moyenne dans une chambre froide	(w)
τ_{per}	Durée de présence de chaque personne dans la chambre froide	(h/d)
p_{mr}	puissance totale de chaque type de matériel roulante	(w).
τ_{mr}	Durée de fonctionnement du matériel roulant pris en compte en (h/d).	
P_{mc}	puissance de chaque type de machine	(w).
τ	Nombre d'heures dans une journée.	H
m	masse des denrées introduite chaque jour	(kg/d).
C1	Capacité thermique massique moyenne entre (t1) et (t2) de chaque type de denrée introduite	(kJ/kg .k°).
QC	La quantité de chaleur	(w)
h 3	Enthalpie (sortes du condenseur).	(kJ/kg)
C. O. P	Coefficient opérationnelle de performance.	

ρa.e ρa.e	Masse volumique de l'air du coté de la porte autre que la chambre froid	(kg/m^3).
ha.a	Enthalpie de l'air ambiant dans la chambre froid	(kJ/kg).
Cr.a	Coefficient de minoration du à la présence éventuelle d'un rideau	
dt	Durée moyenne d'ouverture des portes (aller et retour) pour permettre le passage des marchandises en minute par tonne	(min/t).
fj	Flux journalier des marchandises en tonne par jour	(t/jour).
C	La contenance totale d'une chambre froide	
A	surface de la chambre froide	(m^2).
h	hauteur maximale de gerbage	(m).
de	Densité d'entreposage	(kg/m3).
δ0	Coefficient d'occupation au sol des marchandises	(%).
I_{per}	nombre de (luminaires, personnes opérant dans la chambre froide et matériels roulants et divers d'un type donné).	
P_{ecl}	puissance de chaque luminaire	(w).
τ_{ecl}	Durée de fonctionnement des luminaires	(h/d)
24	nombre d'heurs dans une journée.	
qp	Quantité de chaleur dégagée par unité de temps par une personne en activité moyenne dans une chambre froide	(w)
τ_{per}	Durée de présence de chaque personne dans la chambre froide	(h/d)
p_{mr}	puissance totale de chaque type de matériel roulante	(w).
τ_{mr}	Durée de fonctionnement du matériel roulant pris en compte en (h/d).	
P_{mc}	puissance de chaque type de machine	(w).
τ	Nombre d'heures dans une journée.	H
m	masse des denrées introduite chaque jour	(kg/d).
C1	Capacité thermique massique moyenne entre (t1) et (t2) de chaque type de denrée introduite	(kJ/kg .k°).
QC	La quantité de chaleur	(w)
h 3	Enthalpie (sortes du condenseur).	(kJ/kg)
C. O. P	Coefficient opérationnelle de performance.	

t1	température initiale de la denrée introduite	(C°).
t2	température de congélation de la denrée introduite	(C°).
L	chaleur latente de congélation de la denrée introduite	(kJ/k°).
C2	capacité thermique massique moyenne entre (t2) et (t3) de chaque type de denrée introduite	(kJ/kg .k°).
t3	température d'entreposage des denrées	(C°).
86400	nombre de secondes dans une journée	
m_{de}	masse de marchandises considérée	(kg).
qresp	Chaleur de respiration de la marchandise considérée	(kJ/kg. d).
τ inst	La durée de fonctionnement de l'installation frigorifique	(h/d)
n_{vnt}	Nombre de moteur de ventilateurs.	
p_{vnt}	puissance du ventilateur considérée	(w).
τ evap	Durée de fonctionnement des évaporateur frigorifique	(h/d)
τ inst	Durée de marche de l'installation frigorifique	(h/d).
n	nombre de résistances électriques.	
p	puissance calorifique de chaque résistance d'un type donnée	(w).
τdég	Durée journalier de dégivrage	(h/d).
τ inst	Durée de marche de l'installation frigorifique	(h/d)
TC	température de condensation.	(C°).
Te	température extérieure de base.	(C°).
ΔT	l'écart de température compris entre(8÷10)	(C°).
Tevap	La température d'évaporation.	(C°).
Tint	La température intérieure de la chambre froide.	(C°).
ΔT	l'écart de température qui est donné en fonction de l'humidité relative.	(C°).
QmF.F	Débit massique de fluide frigorigène.	(kgs)
Qeffevap	La charge thermique effective intermédiaire totale de l'installation	(kw)
h1	Enthalpie (l'entrer de compresseur).	(kJ/kg)
h4	Enthalpie (sortes du détendeur).	(kJ/kg)
Pth.comp	La puissance théorique de compresseur	(kw)
h2	Enthalpie (sortes du compresseur).	(kJ/kg)

Abréviation

FC : facteur de correction de la puissance.

K t : est déterminé selon la température du liquide et la température d'évaporation (tableau, catalogue).

kΔP : est déterminé à partir de tableau du catalogue selon ΔP

ΔP: la chute de pression dans ligne liquide (bar).

CFC: chlorofluorocarbures.

HCFC: hydro chlorofluorocarbures

HFC: hydrofluorocarbures.

PFC: per fluorocarbures ou hydrocarbures per fluorés.

R: fluide frigorigène.

HP : Haute pression.

BP : Basse pression.

F.F : fluide frigorigène.

SAS: sale avant stockage

GWP: global warning potentiel

ODP :ozone depletion potential

ClO : Oxyde de Chlore

MF : machine frigorifique

Liste des tableaux

Numéro	Titre	pages
	Chapitre I	
Tableau 01	couleur de la pastille	33
	Chapitre II	
Tableau 01	Description des chambres froides	36
Tableau 02	Données climatiques extérieurs	38
Tableau 03	Conditions intérieures d'entreposage	38
Tableau 04	Caractéristiques thermodynamiques des produits entreposés	39
Tableau 05	Mur extérieur et plafond	42
Tableau 06	Mur intérieur	43
Tableau 07	Porte	43
Tableau 08	Plancher	43
	Chapitre III	
Tableau 01	Dimensionnement de la deuxième chambre	
Tableau 02	Charge thermique à travers les parois de la chambre N°: 02	
Tableau 03	autres charges thermiques de la chambre N°:02	
Tableau 04	charge thermique à travers les parois de la chambre N°: 01	
Tableau 05	autres charges thermiques de la chambre N°: 01	
Tableau 06	Charge thermique à travers les parois de la chambre N°: 03	
Tableau 07	autres charges thermiques de la chambre N°: 03	
Tableau 08	Charge thermique à travers les parois de la SAS	
Tableau 09	autres charges thermiques de la SAS	
	Chapitre IV	
Tableau 01	liste des élément nécessaire pour notre câblage	
	Chapitre V	
Tableau 01	Exemple de planning chambres froides	
Tableau 02	les défauts constatés directement et leur symptômes, leurs causes possibles et les effets pour l'installation	
Tableau 03	les défauts d'instruments de mesure les symptômes leurs causes possibles et les interventions à effectuer.	
	Chapitre VI	

Tableau 01	Exemple de planning chambres froides	
Tableau 02	les défauts constatés directement et leur symptômes, leurs causes possibles et les effets pour l'installation	
Tableau 03	Les défauts d'instruments de mesure les symptômes leurs causes possibles et les interventions à effectuer.	

Liste Des Figures

Numéro	Titre	Pages
Chapitre I		
Fig. 01	chambre froide préfabriquée	14
Fig. 02	compresseur hermétique	17
Fig. 03	déplacement des pistions	18
Fig. 04	Compresseur scroll	18
Fig. 05	compresseur semi-hermetique	19
Fig. 06	compresseur ouvert	19
Fig. 07	Condenseurs à air	20
Fig. 08	Condenseur à air horizontal.	21
Fig. 09	Condenseur à immersion	22
Fig. 10	Évaporateur à circulation d'air naturelle pour vitrine réfrigérée.	23
Fig. 11	Évaporateur mural ventilé	24
Fig. 12	Évaporateur plafonnier.	25
Fig. 13	Évaporateur plafonnier à double flux.	25
Fig. 14	Disposition d'un évaporateur plafonnier à ventilateur aspirant.	26
Fig. 15	Plaque eutectique.	26
Fig. 16	détendeur capillaire	27
Fig. 17	détendeur thermostatique a égalisation de pression interne	28
Fig. 18	détendeur thermostatique a égalisation de pression externe	28
Fig. 19	Séparateur d'huile	29
Fig. 20	Réservoirs de liquide.	30
Fig. 21	Bouteille anti-coups de liquide	31
Fig. 22	Filtre à impuretés.	32
Fig. 23	Filtre d'aspiration.	32
Fig. 24	Filtre à huile.	32
Fig. 25	Cartouches filtrantes.	33
Fig. 26	Voyant de liquide indicateur	33
Fig. 27	Clapets de retenue	34
Fig. 28	Déshydrateur	34
Chapitre II		
Fig. 01	Vue en plan de l'entrepôt frigorifique	37
Fig. 02	Mur extérieur et plafond	43
Fig. 03	Mur intérieur	43
Fig. 04	Porte	43
Fig. 05	Plancher	44
Chapitre IV		
Fig. 01	Machine frigorifique à compression mono-étagée	81
Fig. 02	Principe de la compression bi-étagée	82
Fig. 03	Paramètre à-propos de la chambre N : 02	85
Fig. 04	Diagramme enthalpique pour la chambre N :02	86

Chapitre III		
Fig. 01	paramètre à-propos de la chambre N°: 01	71
Fig. 02	diagramme enthalpique pour la chambre N°01	72
Fig. 03	Les paramètres de cycle frigorifique mono-étagé chambre N°:01	72
Fig. 04	paramètre à-propos de la chambre N°: 02	74
Fig. 05	diagramme enthalpique pour la chambre N°02	75
Fig. 06	Les paramètres de cycle frigorifique mono-étagé chambre N°:02	75
Fig. 07	Machine frigorifique à compression mono étagée	77
Chapitre IV		
Fig. 01	liste de sélection et performances compresseur ch_1	79
Fig. 02	dessin du compresseur sélectionné ch_1	80
Fig. 03	détails du modèle évaporateur ch_1	80
Fig. 04	dessin de l'évaporateur ch_1	81
Fig. 05	fiche technique condenseur ch_1	81
Fig. 06	sélection du détendeur ch_1	82
Fig. 07	liste de sélection et performances compresseur ch_2	83
Fig. 08	dessin du compresseur sélectionné ch_2	84
Fig. 09	détails du modèle évaporateur ch_2	84
Fig. 10	dessin de l'évaporateur ch_2	85
Fig. 11	fiche technique condenseur ch_2	85
Fig. 12	sélection du détendeur ch_2	86
Fig. 13	schéma de puissance	89
Fig. 14	schéma de commande	90
Fig. 15	schéma d'implantation	91
Chapitre V		
Fig. 01	organigramme de la maintenance	96
Fig. 02	opérations de maintenance	98

Sommaire

Remerciement

Introduction général 01

Chapitre I : Généralités

I .1. introduction 03

I .2. Conservation frigorifique des produits agro-alimentaires 04

I .2.1. Froid dans l'industrie agro-alimentaire 04

I .2.2. Conditions de conservation des denrées 04

I .3. Chaine du froid pour la conservation frigorifique 05

I .3.1. Définition de la chaine du froid 05

I .3.2. Risques liés à la rupture de la chaine du froid 05

I .3.3. Transport des aliments 06

I .4. Conservation des denrées 06

I .4.1. Altération des denrées 06

I .4.1.1. Les agents responsables de l'altération des aliments 07

I .4.1.1.1. Les enzymes 07

I .4.1.1 .2. Les microorganismes 07

I .4.1.1.3. La température 08

I .4.1.1.4. L'humidité 08

I .4.1.1.5. L'oxygène 08

I .4.1.1.6. Le ph 08

I .5. Les méthodes de conservation dans les chambres froides 09

I .5.1. La réfrigération 09

I .5.2. Congélation 09

I .5.3. Surgélation 10

I .6. Les chambres froides 10

I .6.1. le rôle d'une chambre froide 10

I .7. les catégories des chambres froides 11

I .7.1. La catégorie des chambres froides positives 11

I .7.2. La catégorie des chambres froides négatives 11
I .8. Selon la construction 11
I .8.1. Construction en dur 11
I .8.2. Construction modulable 13
I .9. Sécurité et réglementation dans les chambres froides 14
I .10. Isolation 15
I .10.1. Liège 15
I .10.2. Fibre de verre 15
I .10.3. Polystyrène expansé 15
I .10.4. Mousses de polyuréthanne 16
I .11. Lubrifiants 16
I .11.1. Huiles minérales 16
I .12. Technologie des composant 17
I .12.1. compresseur 17
I .12.2. rôle du compresseur 17
I .12.3. catégories des compresseur 17
I .12.3.1. Les compresseurs hermétiques 18
I .12.3.2. Compresseur hermétique a piston 18
I .12.3.3. Compresseur hermétique scroll 18
I .12.3.4. Les Compresseurs Semi-Hermétiques 19
I .12.3.5. Les compresseurs ouverts 19
I .13. Condenseurs 20
I .13.1. Condenseurs a air 20
I .13.2. Condenseurs a circulation d'air forcée 21
I .13.3. L'efficacité d'un condenseur dépend 21
I .13.4. Condenseurs a eau 22
I .13.4.1. Condenseurs a immersion 22
I .14. Évaporateurs 22
I .14.1. Évaporateurs commerciaux 23
I .14.1.1. Évaporateurs refroidisseurs d'air 23
I .14.1.1.1. Évaporateurs à circulation naturelle de l'air 23
I .14.1.1.2.Évaporateur à circulation forcée de l'air 24
I .14.1.1.3. Évaporateurs muraux 24
I .14.1.1.4. Évaporateurs plafonniers 24

I .14.1.2. Évaporateurs spéciaux 26
I .14.1.2.1. Plaques eutectiques 26
I .15. Les détendeurs 27
I .15.1. Les types de détendeurs 27
I .15.1.1. détendeur capillaire 27
I .15.1.2. Le détendeur thermostatique 27
I .15.1.2.1. A égalisation de pression interne 27
I .15.1.2.2. A égalisation de pression externe 28
I .16. Appareillages annexes 29
I .16.1. Séparateurs d'huile 29
I .16.2. Réservoirs de liquide 30
I .16.3. Bouteilles d'aspiration 31
I .16.4. Filtres 31
I .16.4.1. Filtres a impuretés 31
I .16.4.2. Filtres d'aspiration 32
I .16.4.3. Filtres a huile 32
I .14.5. Cartouches filtrantes 33
I .16.6. Voyants de liquide 33
I .16.7. Clapets de retenue 34
I .16.8. Déshydrateurs 34

Chapitre II : base de calcul du bilan thermique

II .1.Introduction 36
II .2.Données de base de calcul 36
II .2.1. Bilan Thermique 36
II .2.1.1. Les charges thermiques externes 36
II .2.1.2. Les charge thermiques par transmission à travers les parois (Q_{tr}) 36
II .2.1.3. Les charges thermiques par renouvellement d'air (Q_{re}) 37
II .2.1.4. Les charges thermiques par ouverture des portes (Q_{op}) 38
II .2.2.1 Charges thermiques internes 39

II .2.2.1.1. charges thermiques internes indépendantes de denrées entreposées 39
II .2.2.1.1.1. Charges thermiques dues à l'éclairage ($Q_{e.c}$) 39
II .2.2.1.1.2. Charges thermiques dues aux personnes ($Q_{p.e}$) 40
II .2.2.1.1.3. Charge thermique due au matériel roulant (Q_{mr}) 40
II .2.2.1.1.4. Charges thermiques dues aux matériels divers (Q_{md}) 40
II .2.2.1.2. charges thermiques internes dépendantes de denrées entreposées 40
II .2.2.1.2.1. Charge thermique due aux denrées entrantes (Q_{de}) 40
II .2.2.1.2.2. charge thermique due aux respirations des denrées (Q_{resp}) 41
II .2.2.1.2.3. Puissances frigorifique de l'évaporateur 41
II .2.2.1.2.4. Les charges thermiques dues aux moteurs des ventilateurs de l'évaporateur [Q_{vent}] 42
II .2.2.1.2.5. Les charges thermiques dues aux résistances de dégivrage [$Q_{dég}$] 43
II .2.2.1.2.6. la puissance frigorifique effective de l'évaporateur : [Q_{effe}] 43
II .2.2.1.2.7. la charge thermique prévisionnelle : [Q_{prev}] 43
II .3. Calcul de bilan thermique : chambre N°: 01 44
II .4. Calcul de bilan thermique : chambre N°: 02 54

Chapitre III : choix et calcul thermodynamique des system frigorifique

III .1. Les fluides frigorigènes 65
III .2. Le choix du fluide frigorigène 65
III .2.1. Classification des fluides frigorigènes 65
III .2.2.Critères de choix des fluides frigorigènes 65
III .2.2.1. Critères thermodynamiques 65
III .2.2.2. Critères de sécurité 66
III .2.2.3. Critères techniques 66
III .2.2.4. Critères économiques 66
III .2.2.5. Critères écologiques 66
III .3. Les propriétés physico-chimiques du R-404A 69
III .4. Les principaux paramètres de fonctionnement du cycle 69
III .4.1. La température de condensation 69

III .4.2. La température d'évaporation 69
III .4.3 .La pression de condensation et d'évaporation 70
III .4.4 .Le taux de compression 70
III .5. Exemple de calcul : chambre 01 71
III .6. Exemple de calcul : chambre 02 74
III .7. Choix des machines frigorifiques pour les différentes chambres 77
III .8. Principe de fonctionnement 77

Chapitre IV : Sélection des équipement de l'installation frigorifique

IV .1. introduction 79
IV .1.1. Compresseur : chambre N°:01 79
IV .1.2. Evaporateur : chambre N°:01 80
IV .1.3. Condenseur : chambre N°:01 81
IV .1.4. Le détendeur : chambre N°:01 82
IV .1.5. Les appareils annexes de l'installation 82
IV .2.1. Compresseur : chambre N°:02 83
IV .2.2. Evaporateur : chambre N°:02 84
IV .2.3. Condenseur : chambre N°:02 85
IV .2.4. Le détendeur : chambre N°:02 86
IV .3. Partie électrique 87
IV .3.1. introduction 87
IV .3.1. Choix et classifications de l'appareillage 87

Chapitre V : régulation et maintenance

V.1. introduction 93
V.1.1. But de la régulation 93
V.1. 2. Le système mis en œuvre pour la régulation est constitué principalement 93
V .1.3. Types d'actions de régulation 94

V .1.4. Les organes mécaniques de régulation 94
V .1.5. Les thermostats 94
V .1.6. Les pressostats 95
V .1.7. Régulation de base 95
V .2. Généralités sur la maintenance 96
V .2.2. Définition de la maintenance 97
V .2.3. Objectif de la Maintenance 97
V .2.4. Le Service Maintenance 97
V .2.5. Fonction du service Maintenance 97
V .2.6. Mission du service maintenance 97
V .2.7. les éléments maintenance 98
V .2.8. Les formes de la maintenance 98
V .2.8.1. La maintenance préventive 98
V .2.8.2. La maintenance systématique 98
V .2.8.3. La maintenance conditionnelle 98
V .2.8.4. La maintenance corrective 98
V .2.9. Opérations de maintenance 98
V .3. Exemple de planning chambres froides 99
V .4. Guide d'interventions 104
V .5. Défauts constatés directement et défauts mesurés 104
V .6. Plan du guide 104
V .7. Connaissance de l'installation 104
V .8. Connaissance théorique 104
Conclusion générale 119
Références bibliographiques
Annexes

Introduction générale

Introduction générale

L'aliment est un besoin fondamental pour la vie ! L'agriculture, l'élevage, et la pêche fournissent à l'homme une variété de produits qui doivent être conservés pour être consommés sur une plus longue période. Le développement des méthodes de conservation a contribué à la production d'aliments au niveau mondial, au point qu'aujourd'hui, on estime que la production alimentaire mondiale est suffisante pour nourrir toute l'humanité.

La transformation et la conservation des produits alimentaires nécessitent des opérations destinées à leur assurer une bonne qualité en les rendant attractifs, comestibles, délicieux et nutritifs pour le consommateur. Le stockage, la distribution et le commerce des aliments nécessitent que ceux-ci aient une durée de vie commerciale relativement longue soient d'une bonne innocuité pour les consommateurs. La qualité de l'aliment s'apprécie à travers tous ces facteurs. Par conséquent, elle est essentielle aussi bien pour le producteur que pour le consommateur.

Avec l'avènement de l'ère industrielle au 19ème siècle, l'industrie du froid a pris une dimension socio-économique très importante. Depuis, les domaines d'utilisation des techniques du froid ne cessaient de se diversifier touchant ainsi beaucoup de secteurs comme ceux de l'agro- alimentaire, le transport des denrées alimentaires, le conditionnement de l'air, les applications médicales et autres.

Plan de travaille :

Dans un premier temps on a parlé d'une façon générale du froid et son rôle important dans la conservation des denrées alimentaires et tout ce qui et en rapport avec les méthodes d'entreposage dont la réfrigération, la congélation et la surgélation et aussi on a évoqué une partie de la technologie des composants dont on a présenté les composants fondamentaux des différentes installations. Pour le deuxième chapitre c'était la destination et conception de l'entrepôt. Le troisième chapitre c'était le calcul du bilan frigorifique. Afin de déterminer les besoins du froid de ces derniers pour en choisir les équipements nécessaires. Pour le quatrième chapitre c'était une détermination du type de gaz choisi dans notre installation et les critères à suivre pour arriver au bilan énergétique afin de déterminer le taux de compression de la machine à choisir. Le cinquième chapitre dont on effectue le choix de chaque composant par la puissance prévisionnelle calculée. Notre thème ne serait pas achevé sans ajouter un sixième chapitre dont le rôle est important c'est la régulation et la maintenance :

- Premièrement un système doit avoir une régulation avec laquelle il fonctionne.
- Deuxièmement pour assurer le bon fonctionnement de n'importe quelle installation, la maintenance est nécessaire.

Objectif du projet :

Dans notre projet, on s'intéresse à l'étude et le dimensionnement d'un entrepôt frigorifique polyvalent à un seul niveau (étage) située dans la région de Médéa et destiné pour la conservation et la congélation de quelques produits animaux et végétaux.

Chapitre I :

Généralité

I .1. Introduction :

Aujourd'hui la conservation des aliments est plus importante que jamais. Les grandes concentrations urbaines requièrent une très grande quantité d'aliments produits et procédés en dehors de ces localités. Ces produits doivent être conservés pendant le transport et l'entreposage jusqu'au moment de leur consommation. La principale méthode utilisée pour la conservation des aliments est le froid.

Dans le domaine alimentaire, l'objectif du froid est de maintenir la qualité originale des produits en limitant (ou en supprimant) les altérations liées au développement des microorganismes, altérations très rapides dans les pays chauds à cause des conditions climatiques (température, humidité relative) qui sont favorables à la prolifération des bactéries, levures et moisissures. Pour les produits fabriqués par l'industrie agroalimentaire (lait, fromage ...), le froid permet d'améliorer leur qualité en favorisant la maîtrise des conditions de fabrication par une optimisation des paramètres climatiques qui influencent le comportement des microorganismes. De nos jours, l'avancée technologique autorise un contrôle plus précis de la température et de l'humidité. Elle permet d'améliorer la production du froid. La production de froid consiste à vaincre tous les apports de chaleur dans une enceinte. Pour cela, on doit mettre en place un groupe frigorifique qui est constitué essentiellement d'un évaporateur, d'un compresseur et d'un condenseur. Le choix de ces appareils est fait à partir de la quantification des besoins en froid c'est-à-dire une détermination exhaustive des charges contre lesquelles le groupe frigorifique devra lutter.

I .2. Conservation frigorifique des produits agro-alimentaires:

I .2.1. Froid dans l'industrie agro-alimentaire :

On peut trouver le froid dans des domaines très variés tel que :

- ✓ L'industrie pharmaceutique.
- ✓ L'industrie chimique et pétrochimique.
- ✓ Le conditionnement des locaux industriels et l'habitation.
- ✓ L'industrie agro-alimentaire.

Dans certaines régions du monde, une grande partie des denrées alimentaires disponibles se perd entre la période s'écoulant entre le moment de la production et celui de la consommation. Ainsi,

dans le domaine alimentaire, l'objectif du froid est de maintenir la qualité authentique des produits en limitant (ou en supprimant) les altérations liées au développement des micro-organismes, décadences très rapides dans les pays chauds à cause des conditions climatiques (température, humidité relative) qui sont favorables à la prolifération des bactéries, levures et moisissures.

Pour les produits fabriqués dans l'industrie agroalimentaire (lait, fromage…), le froid permet d'améliorer leur qualité en favorisant la maîtrise des conditions de fabrication par une optimisation des paramètres climatiques influençant l'attitude des micro-organismes.
En production animale, le froid permet la conservation longue durée du sperme destiné à l'insémination artificielle ou encore la conservation des sérums et des vaccins destinés à enrayer les épidémies frappant les animaux. L'avancée technologique de nos jours qui autorise un contrôle plus précis de la température et de l'humidité permet d'améliorer la production du froid.

Dans les pays chauds et humides, une température de l'ordre de +10°C permet une bonne conservation du poisson fumé, du lait concentré ou en poudre, des conserves de viandes…ce qui montre une bonne complémentarité entre le froid et les autres techniques de conservations (séchage…). Il faut retenir que l'alimentation d'une population mondiale sans cesse croissante exige que des efforts soient réalisées pour accroître les productions alimentaires par accompagnement de volontés destinées à réduire ou à éliminer les pertes de recettes alimentaires qui accroîtraient la distribution et la transformation des aliments.

I .2.2. Conditions de conservation des denrées :

Les denrées doivent réunir des conditions vitales pour s'assurer d'une conservation correcte. Il faut d'abord que le produit à conserver soit :

a) Sain : on ne doit conserver que les produits de première qualité, c'est-à-dire ceux de la récolte afin qu'ils restent conservés intacts.

b) Précoce : il est nécessaire que les produits soient le plus rapidement possibles mis au froid, que l'entreposage soit prévu pour le court ou long terme en fonction de la nature de produit , selon qu'il s' agisse de fruit, la température set diffèrent.

c) Continu : il est nécessaire de soumettre le produit à un froid continu ininterrompu du début à la fin.

I.3.Chaine du froid pour la conservation frigorifique:

I.3.1.Définition de la chaine du froid:

On appelle chaine du froid ou chaine frigorifique l'ensemble des opérations logistiques et domestiques (transport, manutentions, stockage) visant à maintenir un ou des produits alimentaires a une basse température pour assurer le maintien de sa salubrité et les qualités nutritionnelles et organoleptiques. Le froid limite la propagation des micro-organismes. Les denrées alimentaires périssables doivent être maintenues entre 0°C et +4°C pour les produits très périssables (viandes, volailles, lapins, préparation de viande, produits traiteurs frais, charcuterie cuite ou à cuire, laits pasteurisés, fromages frais...) et inférieur à +8°C pour les denrées périssables (beurre et matière grasse, desserts lactés, produits laitiers frais autres que les précédents...). L'intérêt du terme «chaine» est de souligner l'importance de la continuité des étapes afin qu'aucune d'entre elles n'occasionnent une anomalie alimentaire. En effet une rupture de la chaine du froid peut entraîner des risques pour la santé du consommateur comme des intoxications dont les effets varient selon la fragilité de l'individu, pouvant être de la diarrhée, de la fièvre et même la mort dans des cas d'intoxications importantes.

I.3.2.Risque liés à la rupture de la chaine du froid:

La hausse de la température va accélérer la croissance microbienne et certains germes (salmonella, staphylococcies aureus, listeria monocytogenes) peuvent rendre le produit dangereux. Ainsi la listériose (due à la présence de listeria monocytogenes) est une maladie rare mais grave en particulier pour les personnes dont les défenses immunitaires sont affaiblies (femmes enceintes, nourrissons, personnes âgées,...). Ces bactéries qui se développent lors de la rupture et sont nocives pour l'Homme sont appelées bactéries pathogènes. Les bactéries pathogènes se développent généralement à des températures bien définies comprises entre 20 et 40°C : elles appartiennent à la catégorie des mésophiles. La Listeria monocytogenes, le Staphylocoque et la Salmonelle sont les bactéries les trois plus dangereuses que nous traiterons dans la suite.

I.3.3.Transport des aliments:

La réfrigération est pour de nombreux aliments la garantie de leur bonne conservation à condition qu'aucunes ruptures de la chaine du froid n'interviennent. Certaines entreprises ont adopté un guide d'hygiène alimentaire, mais malgré tout, le consommateur peut mettre sa santé en

danger. L'ignorance des règles de conservation par les consommateurs entraine un manque de rigueur dans le respect de la chaine du froid produisant ainsi un développement de micro-organismes pathogènes. Qui occasionne des maladies comme nous l'avons vu précédemment.

Quelques conseils s'imposent pour réduire les risques de rupture de cette chaine :

- ✓ Ne sortir les produits froids qu'au dernier moment pour éviter toute augmentation de température.
- ✓ Evitez les changements brusques de températures pour un aliment
- ✓ Placer les produits dont la date limite de consommation est proche bien en vue dans le réfrigérateur de façon à les consommer rapidement.
- ✓ Dégivrer régulièrement votre réfrigérateur, car la formation de couche de glace épaisse diminue l'échange de chaleur entre l'évaporateur et l'intérieur du réfrigérateur. Ne pas faire cela entrainerait une plus forte consommation d'énergie
- ✓ Préparer à l'avance une liste de course pour que l'exposition des produits pris soit le moins longtemps exposée à une température inadaptée.
- ✓ Lors de vos courses, utilisez des sacs iso-thermiques pour maintenir vos aliments au froid pendant le voyage.

I .4. Conservation des denrées :

I .4.1. Altération des denrées :

Dans certaines régions du monde, la moitié des denrées alimentaires disponibles est perdue entre le moment de la production et celui de la consommation. Ces pertes sont dues à l'action d'agents destructeurs dont les plus importants sont les rongeurs, les insectes, les microorganismes (champignons et bactéries) et l'homme par des manipulations inadéquates (par méconnaissance ou négligence) qui place les produits dans des endroits favorisant diverses altérations.

On définit l'entreposage frigorifique comme une technique de conservation des denrées ou des aliments permettant leur consommation ultérieure. On distingue deux grands groupes d'aliments suivant leur origine:

- ✓ Les produits d'origine végétale.
- ✓ Les produits d'origine animale.

Les produits d'origine végétale sont des produits vivants (avant et même pendant la période d'entreposage) tandis que ceux d'origine animale sont des produits qui sont tués préalablement à leur utilisation.

Tous ces produits sont périssables et présentent une grande diversité aussi bien au niveau de leurs propriétés physiques que de leurs compositions chimiques. Ils contiennent en général tous de l'eau, des glucides, des protéines, des sels minéraux et des vitamines. L'eau est en général le constituant majeur et est le principal facteur de l'altérabilité des produits.

L'altération provient:

- ✓ Du métabolisme (respiration, fermentation, hydrolyses, oxydations...) des produits.
- ✓ Du processus d'autolyse ou de putréfaction.

I .4.1.1. Les agents responsables de l'altération des aliments :

I .4.1.1.1. Les enzymes :

Ce sont des catalyseurs biologiques protéiques solubles dans l'eau et fabriqués par les cellules vivantes qui contrôlent les réactions biochimiques de dégradation ou de synthèse. Elles agissent chacune sur une réaction bien précise portant sur une substance de composition et de configuration moléculaire prédéterminée. Certaines enzymes restent actives après la mort des tissus et peuvent entraîner une dégradation plus ou moins profonde de la qualité des produits alimentaires.

I .4.1.1 .2. Les microorganismes :

Ce sont les bactéries et/ou les champignons qui sont présents à la surface ou dans les cavités (ou replis) des organes constituants les végétaux et les animaux. D'autres microorganismes peuvent être apportés par les manipulations subies par les produits.

Les microorganismes peuvent détériorer les aliments en se développant à leurs dépend et en décomposant leurs substances constitutives. Les décompositions peuvent devenir nocives pour la santé du consommateur (microorganismes pathogènes ou synthèse de toxines microbiennes ou mycotoxines). Les facteurs influant le développement des microorganismes sont:

I .4.1.1.3. La température :

- ✓ Les températures inférieures à +3°C empêchent la multiplication de certaines bactéries (bactéries pathogènes).
- ✓ il existe des bactéries (psychrophiles ou psychrotrophes) qui contaminent les aliments d'origine animale et peuvent les altérer à des températures comprises entre -2 et +3°C.
- ✓ le développement des microorganismes est complètement arrêté au-dessous de -12°C.
- ✓ les températures compensent entre 0 et 1.5°C pour les produits d'origine animale assurent une inhibition suffisante du développement microbien pour une commercialisation à court et moyen terme.
- ✓ Dans le cas des fruits et légumes et pour des températures comprises entre -1°C et +5°C, des champignons (moisissures) peuvent se développer et occasionner des pertes importantes.

I .4.1.1.4. L'humidité :

Les bactéries et les champignons ne peuvent se développer que si l'activité de l'eau est comprise entre 0,91 et 0,98, pour les champignons, elle doit être supérieure à 0,80.

I .4.1.1.5. L'oxygène :

Les moisissures sont aérobies (besoin de l'oxygène de l'air pour se développer) mais d'autres champignons (levures) sont pas aérobies ou anaérobies. Les bactéries peuvent être aérobies et/ou anaérobies.

I .4.1.1.6. Le ph :

Le développement des champignons s'effectue dans des milieux dont le pH se situe entre 2 et 8,5 (optimum entre 4 et 6 : milieux acides); pour les bactéries l'optimum est voisin de la neutralité (entre 6 et 7).

L'activité de l'eau est le rapport entre la pression à l'équilibre de vapeur d'eau à la surface du produit alimentaire et la pression de vapeur saturante de l'eau pure à la même température. Il existe des techniques de préservation des aliments basés sur l'abaissement de l'activité de l'eau.

I .5. Les méthodes de conservation dans les chambres froides :

I .5.1. La réfrigération :

Réfrigérer une denrée consiste en son maintien artificiel en dessous de la température ambiante à une température optimum pour sa conservation et ce en dessus de son point de congélation (température supérieure à la température de congélation commerçante ou température cryoscopique). Pratiquement la température minimale en réfrigération est de 0°C.

La durée de conservation est toujours limitée, elle est fonction de la nature du produit et de la température à laquelle elle est conservée.

La réfrigération freine les phénomènes vitaux des tissus vivants, tels que ceux des fruits et légumes et des tissus morts (viandes, poissons) en ralentissant les métabolismes biochimiques. Elle va ralentir considérablement l'évolution microbienne et les conséquences de celle-ci (putréfaction, toxines, ...).

Pour les produits morts tels que les viandes et les poissons, la durée pratique de conservation est d'une à quatre semaines à une température de 0°C (température assurant la conservation la plus prolongée en réfrigération) quel que soit le produit. Pour éviter le développement de bactéries pathogènes, la température doit rester inférieure à 4°C. Pour les fruits et légumes, un compromis doit être observé entre une température basse de conservation (mais supérieure à la température de congélation) et une température assurant l'équilibre des réactions Biochimiques qui sont ralenties.

Une température basse augmente la durée de conservation mais le déséquilibre des réactions biochimiques (différence de ralentissement des activés métaboliques) qui sont responsables de la vie peut entraîner de véritables maladies conduisant à la mort des organes: ce sont les maladies du froid.

I .5.2. Congélation :

La congélation est le procédé qui consiste à abaisser la température d'une denrée à un niveau tel que la majeure partie de son eau de constitution soit transformée en cristaux de glace plus ou moins gros.

Les températures de conservation des produits congelés sont comprises entre -10 et -30 °C et la durée de conservation est fonction de la température de stockage et de la nature des denrées. En mode congélation, les enzymes ne sont pas détruites mais la majorité des réactions enzymatiques est annulée. Les caractéristiques organoleptiques évoluent lentement à cause de l'activité de certaines enzymes.

Les microorganismes ne sont pas tués mais le développement des germes bactériens est arrêté au-dessous de -10°C et celui des moisissures (germes fongiques) à partir de -18°C.

Les parasites tels que les larves de ténia, de mouches et d'acariens sont tués après un certain temps à basse température (2 semaines à-30°C ou 1 mois à -15 C pour les ténias).

I .5.3. Surgélation :

La surgélation, encore appelée congélation rapide, consiste à soumettre une denrée à l'action du froid à basse température de façon à provoquer rapidement la cristallisation de l'eau (plage de -1°C à -50C) de la denrée et à abaisser sa température à une valeur suffisamment faible pour que la proportion d'eau non congelée soit très faible. La température recherchée est de l'ordre de -18°C à -20°C

Les produits surgelés connaissent une forte expansion due entre autre à la diversification très grande des produits disponibles sur le marché. Un des procédés utilisés en surgélation est le tunnel de congélation. Ce procédé consiste à disposer la denrée dans un courant d'air maintenu aux environs de -30°C à -40°C et à une vitesse de l'ordre de 3m/s. Les produits surgelés sont généralement protégés par un emballage spécial approprié au produit et aux conditions d'utilisation et le produit est destiné dans la plupart des cas à la vente en l'état au consommateur.

I .6. Chambres froides:

Une chambre froide est une construction différente des autres constructions industrielles car elle est destinée pour la conservation (stockage) des produits pour une longue durée en maintenant une basse température.

I .6.1. Rôle d'une chambre froide :

Indispensable pour stocker et conserver des denrées périssables en grande quantité et à basse température, la chambre froide est une étape primordiale puisqu'elle constitue le dernier maillon de la chaîne du froid avant l'achat du produit par le consommateur. Contrairement à une idée reçue, la chambre froide n'a pas pour mission de refroidir les denrées mais d'en maintenir la température, puisqu'en général, la congélation a déjà eu lieu au moment de la production. La chambre froide joue donc d'abord un rôle de transport (camion frigorifique) puis de stockage et d'exposition afin de maintenir les meilleures conditions de conservation (avec par exemple le meuble frigorifique d'un magasin).

I .7. Catégories des chambres froides :

Selon la température on trouve deux types de chambres froides :

- ✓ Les chambres froides positives.
- ✓ Les chambres froides négatives.

I .7.1. Catégorie des chambres froides positives :

Dans les chambres froides à froid positif, il règne une température située au-dessus de 0°C. Bien que la température de référence pour ce type de chambre froide soit de 3°C, elle peut néanmoins varier en fonction de la nature des aliments qui y sont stockés. À noter qu'on y observe généralement une température d'évaporation de -5°C. Ce type de chambre froide est particulièrement adapté aux fruits et aux légumes de quatrième gamme, c'est à dire des aliments prêts à l'emploi nécessitant une réfrigération (et non une congélation) : une douceur fraîche (entre 0 et 4°C) et une forte humidité (entre 85 et 95%) sont conseillées si on souhaite conserver toutes les qualités gustatives et nutritionnelles de ces aliments (frais, croquants, riches en vitamine). C'est le réfrigérant R134A qui est généralement constaté dans ce type de chambre froide.

I .7.2. Catégorie des chambres froides négatives :

À l'instar des congélateurs domestiques, les chambres froides à froid négatif présente une température inférieure à 0°C. Elle est statuée à -18°C mais la chambre froide peut être configurée pour des températures encore plus froides. La température d'évaporation généralement observée n'y dépasse pas les -30°C. Le froid négatif entraîne la solidification de l'eau contenue dans les aliments et la formation de cristaux de glace ne détériorant pas les cellules de l'aliment. Ce type de chambre froide convient donc idéalement aux aliments nécessitant une congélation pour une plus longue durée de conservation. À -18°C, on observe une conservation d'au moins un an pour la plupart des fruits, légumes, viandes et volailles, et d'au moins six mois pour la plupart des produits de la mer et les produits laitiers. Dans ces chambres froides à froid négatif, on y trouve généralement le réfrigérant R404A**.**

I .8. Selon la construction :

I .8.1. Construction en dur :

Les murs de soutien (extérieur) sont en briques ou en agglomérés de ciment. L'isolation est de plus en plus réalisée en polystyrène expansé pour les parois verticales et les plafonds, en

styrofoam pour le sol des chambres à températures positives. Les chambres à température négative sont généralement isolées en styrofoam, quant au liège son prix de revient est tel qu'il n'est utilisé que pour des isolations particulières. Les joints sont faits au brai de pétrole désodorisé, bouillant chargé avec de la poudre de liège ou au mastic isolant à base d'émulsion bitumineuse (Flinkote), en fonction de l'isolant utilisé. Pour les chambres froides l'épaisseur doit être calculée de façon à limiter les entrées de chaleur. On admet généralement une densité de flux de chaleur de 8 W/m^2 ; ce chiffre peut être porté à 12 W/m^2 pour les chambres de petit volume (< 15 m^3).

a) Sol:

Revêtu d'un béton maigre en forme de pente ; la pente doit être de 1 cm par mètre, elle peut être portée à 2 cm dans le cas de chambres à poissons, à abats ou à fleurs, sur ce béton est appliqué un écran pare-vapeur constitué par deux couches d'émulsion bitumineuse. L'isolant est ensuite posé, les panneaux composant les différentes couches étant collés entre eux et posés à joints croisés. Une dalle en béton de gravillons d'une épaisseur minimum de 60 mm au point le plus bas est coulée sur l'isolant. Cette dalle doit être armée d'un treillis soudé dans le cas d'une grande surface, de l'emploi de chariots ou d'une isolation en polystyrène. La dalle est terminée par une chape d'usure ou par un carrelage. Dans le cas de chambres à températures négatives des précautions doivent être prises contre le gel du sol. Elles peuvent consister en la réalisation d'un vide sanitaire, ou dans le chauffage de la dalle de forme à l'aide de câbles chauffants noyés dans cette dalle et alimentés en basse tension. Dans tous les cas une bonde siphoïde assure l'évacuation des eaux de lavage et de dégivrage. Cette bonde doit être placée à l'extérieur de la chambre froide si la température de celle-ci est inférieure à 0°C.

b) Parois verticales:

Les murs de soutien sont en briques ou en agglomérés de ciment, l'isolation est posée en deux couches à joints croisés, la première couche est collée et maintenue contre la paroi à l'aide de chevelus scellés dans la paroi, la seconde couche est collée et clouée sur la première à l'aide de chevilles en bois dur enfoncées obliquement et à fleur d'isolant. Le revêtement intérieur peut être réalisé:

- ✓ en carreaux de faïence pour les chambres à température positive
- ✓ en carreaux de grès émaillé pour les chambres à température négative.
- ✓ Les carrelages peuvent être remplacés par une peinture perméable à la vapeur d'eau ou par un enduit ciment qui peut être simplement lissé ou taloché.

c) Plafond :

L'isolation est posée d'une façon similaire à celle préconisée pour les parois verticales, toutefois la seconde couche d'isolant ne pouvant pas être chevillée sur la première il est indispensable de serrer la seconde couche d'isolant sur la première à l'aide de chevelus plus longs et spécialement prévus à cet effet. Si le plafond est exécuté sous chevronnage, les chevelus entourent alors l'ossature. Le revêtement est constitué par un enduit ciment de 20 mm armé d'un grillage à grandes mailles. Celui-ci est solidement maintenu par des barrettes de serrage sur la surface de l'isolant. Cet enduit peut être lissé ou taloché fin.

I .8.2. Construction modulable :

Afin de réduire le prix de revient des constructions iso thermiques de petits volumes, la réalisation en dur des chambres froides fait maintenant une très large place à la construction modulable. Celle-ci est réalisée à l'aide de panneaux sandwichs à âme isolante en polyuréthane expansé in situ, les épaisseurs mises en œuvre varient de 60 à 200 mm ; les revêtements intérieur et extérieur sont en tôle traitée contre l'oxydation en aluminium ou en acier inoxydable généralement brossé, revêtue de résine « époxy », ils peuvent être également constitués par des résines polyesters. L'assemblage des panneaux (fig.1) est réalisé avec des dispositifs mécaniques divers, mais dont beaucoup font appel au système came-axe.

L'étanchéité entre les panneaux est obtenue par serrage des joints d'étanchéité montés en périphérie de chacune des parois d'un panneau. Ce serrage est réalisé grâce au système d'assemblage précité. Les angles des chambres froides ainsi constituées sont réalisés à partir de pièces de raccordement qui permettent d'assembler entre elles les parois latérales et ces mêmes parois avec le sol et le plafond. Les panneaux constituant le sol doivent avoir une résistance mécanique capable de supporter des charges de stockage ou de roulement ; ils doivent en plus être dotés d'un revêtement intérieur antidérapant obtenu généralement avec des résines polyesters. Bien souvent ces sols sont posés sur un chevronnage permettant une ventilation naturelle. Ces chambres froides sont « modulables » car en adjoignant des panneaux supplémentaires il est possible de modifier leurs trois dimensions. Les dimensions obtenues sont évidemment tous multiples du « module de base » du fabricant de panneaux. La hauteur de ces chambres peut varier de 2,00 à 3,20 m. Les différents types de portes (pivotantes, coulissantes, va et vient, etc.) s'adaptent sur ces chambres. Suivant leurs dimensions, des poutrelles rendant le plafond autoportant peuvent être mises en place. Pour les finitions, ces chambres froides peuvent recevoir des congés d'angle et des plaintes.

Remarque:

Pour les chambres froides à températures négatives, il est indispensable de prévoir le montage de soupapes d'équilibrage de pression d'une part ; d'autre part, les portes doivent être équipées d'un système de chauffage de l'huisserie.

Si le sol du local où est montée la chambre froide ne se trouve pas au-dessus d'un vide sanitaire, ou, s'il n'est pas chauffé, il faut, afin d'éviter toute dégradation du sol, prévoir le montage de la chambre froide sur un caillebotis.

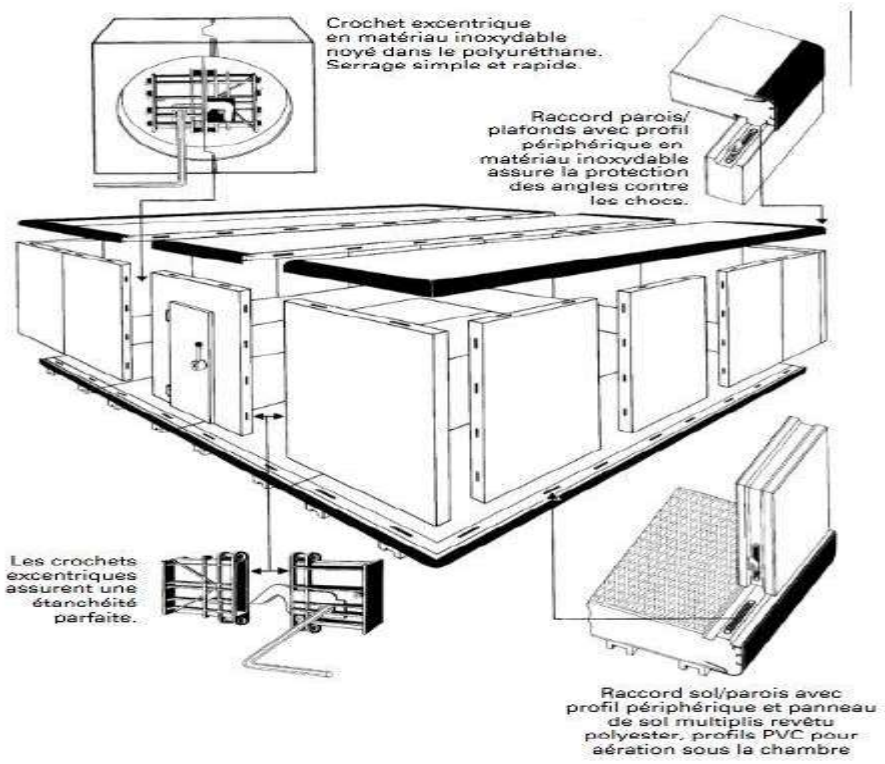


fig 01: Chambre froide préfabriquée.

I .9. Sécurité et réglementation dans les chambres froides :

Dans tous les cas, les portes des chambres froides doivent pouvoir être ouvertes manuellement par toute personne se trouvant à l'intérieur de ces chambres. Toute chambre froide d'une capacité utile supérieure à 10 m 3 doit être munie d'un dispositif d'avertissement sonore simple et robuste permettant à toute personne qui se trouverait accidentellement enfermée à l'intérieur de la chambre froide de donner l'alarme à l'extérieur. Selon les nouvelles dispositions réglementaires, les chambres froides négatives de 10 m^3 et plus doivent être équipées d'un enregistreur de température conforme aux normes en vigueur (règlement CE 37/2005 du 12 janvier 2005). Les enregistrements de température doivent être datés et conservés par l'exploitant.

I .10. Isolation :

Le froid est coûteux à produire, d'où la nécessité de bien isoler les parois des locaux. L'efficacité isolante d'un matériau varie en raison inverse de sa masse volumique. On doit employer des matières de faible densité, ayant une très faible conductibilité thermique, non hygroscopiques, imputrescibles, possédant un grand pouvoir de réflexion, stables entre certaines limites de température, inflammables, sans action sur le bois ou le fer en contact avec elles. Elles ne doivent pas être un terrain favorable pour les rongeurs ou les insectes ; enfin elles doivent conserver constantes dans le temps leurs qualités d'isolation, être d'un coût peu élevé et d'un approvisionnement facile. Un matériau est isolant thermique s'il contient une grande quantité d'air car l'air est un des meilleurs isolants à condition d'être sec et au repos l = 0,020 W/m.°K. La qualité d'un matériau isolant peut être améliorée en remplaçant l'air par un autre gaz. L'anhydride carbonique (CO_2) par exemple qui a un coefficient de conductibilité l =0,014W/m.°K ; ce que l'on réalise lors de la fabrication de mousses synthétiques expansées. Les principaux matériaux isolants utilisés dans l'industrie frigorifique sont les suivants.

I .10.1. Liège:

Le liège est utilisé sous forme de plaques de 1 m x 0,50 et en épaisseur de 2 à 16 cm. Le liège expansé (soumis à une température de 300 °C ce qui entraîne la dilatation et la multiplication des cellules ainsi qu'une dégazéification complète) est un isolant de choix. Son prix élevé le fait réserver pour des isolations spéciales. Il est supplanté par les isolants expansés. Masse volumique : 110 à 130 kg/m 3 Coefficient de conductibilité : 0,044 W/m.°K.

I .10.2. Fibre de verre:

Fourni en panneaux, ce matériau est imprégné lors de sa fabrication de résines phénoliques destinées à augmenter sa résistance à l'effritement. Les deux qualités les plus souvent employées en isolation frigorifique sont celles ayant pour masse volumique de 22 kg/m^3 – panneaux semi-rigide (PI 156) et 29 kg/ m^3 – panneaux rigides (PSF) pour l'isolation de navires polythermes on utilise parfois des panneaux de masse volumique plus élevée (36/42 kg/m^3). Coefficient de conductibilité : 0,035 W/m.°K.

I .10.3. Polystyrène expansé :

Isolant à consistance rigide présentant des cellules étanches. Le matériau de base est le polystyrène en granulés. Ces granulés, émulsionnés, sont soumis à l'action de la chaleur. Il en résulte une augmentation très importante du volume primitif des grains émulsionnés et une liaison homogène de ceux-ci. C'est un isolant de qualité permet- tant d'obtenir, avec une réduction de 30% en épaisseur le même résultat qu'avec le liège expansé, on peut ainsi réaliser une diminution de masse et d'épaisseur au profit de la capacité utile de l'enceinte refroidie. Cet isolant extra léger est réfractaire à l'eau et résiste aux acides et moisissures. En outre il se travaille facilement et sa relative résistance aux chocs en fait un isolant de choix pour l'industrie frigorifique. Masse volumique : 20 à 30 kg/m^3 . Coefficient de conductibilité : 0,029 W/m.°K.

I .10.4. Mousses de polyuréthanne :

Ces mousses rigides sont fabriquées à partir de mélange de polyisocyanates et de polyéthers qui en présence d'agents gonflants donnent naissance à une mousse de matière plastique alvéolaire. Les produits issus des moules de fabrication sont découpés en panneaux et utilisés comme les panneaux de liège ou de polystyrène. Masse volumique moyenne : 30/40 kg/m^3. Coefficient de conductibilité : 0,025 W/m.°K.

I .11. Lubrifiants :

Les lubrifiants ont trois fonctions essentielles :

- ✓ Lubrifier les pièces mécaniques en mouvement de façon à diminuer les frottements (paliers, segments, clapets, etc.),
- ✓ Lemetter l'étanchéité statique et dynamique (exemple : segment, cylindre),
- ✓ Assurer un refroidissement des pièces mécaniques en mouvement.

I .11.1. Huiles minérales :

Les huiles minérales pour la lubrification des compresseurs frigorifiques sont des mélanges d'hydrocarbures sans cire spécifiquement sélectionnés pour leur très bonne fluidité à basse température.

Les huiles minérales sont des produits traditionnellement utilisés pour la lubrification des compresseurs frigorifiques. Elles sont adaptées pour l'utilisation avec des fluides frigorigènes CFC, HCFC, et l'ammoniac.

I .12. Technologie des composants :

I .12.1. Compresseur :

Le compresseur dans une installation frigorifique est l'organe le plus compliqué et le plus délicat.

Ses organes sont sans cesse en mouvement et ont pour rôle, d'augmenter la pression et de faire circuler le fluide, dans une installation frigorifique.



fig 02 : Compresseur hermétique

I .12.2. Rôle du compresseur :

- ✓ Il aspire les vapeurs produites par l'évaporation du fluide dans l'évaporateur.
- ✓ Il comprime les vapeurs
- ✓ Il refoule les vapeurs comprimées sortant à haute température vers le condenseur

I .12.3. Catégories des compresseurs :

Il existe deux grandes catégories de compresseur en fonction de la façon dont le fluide frigorigène est comprimé.

- ✓ Les compresseurs volumétriques ou alternatifs à piston:

Le fluide est comprimé par variation de volume d'une capacité dans laquelle il a été préalablement aspiré. La compression peut être réalisée :

- par un ou plusieurs pistons se déplaçant dans une capacité de volume donnée. Ce sont les compresseurs alternatifs.
- par déplacement, à l'intérieur d'un corps cylindrique creux (stator), d'une masse excentrée (rotor), agissant sur une spirale fixe. Ce sont les compresseurs rotatifs.
- par rotation d'une spirale mobile dans une spirale fixe. Ce sont les compresseurs à spirales (compresseur scroll).
- par rotation de deux rotors hélicoïdaux. Ce sont les compresseurs à vis.

- ✓ Les compresseurs centrifuges:

La compression du fluide est due aux effets de la force centrifuge

I .12.3.1. Les compresseurs hermétiques :

Les compresseurs hermétiques sont en un seul bloc où l'ensemble moteur compresseur est accouplé directement dans une cloche en acier soudée L'accessibilité aux différents organes est impossible. Il fait partie de la catégorie des volumétriques ou alternatifs à piston.

I .12.3.2. Compresseur hermétique à piston :

Ce type de compresseur est très utilisé dans des petits appareils ou encore dans des installations d'une puissance maximum de 30 kW. Le compresseur à pistons a besoin d'être lubrifié en permanence. Il est très sensible au fluide frigorigène à l'état liquide. Seules quelques gouttes de fluide liquide provoquent une usure prématurée et une grande quantité de fluide liquide entraine la destruction immédiate des clapets. Les protections anti-coup de liquide sont donc incontournables**.**

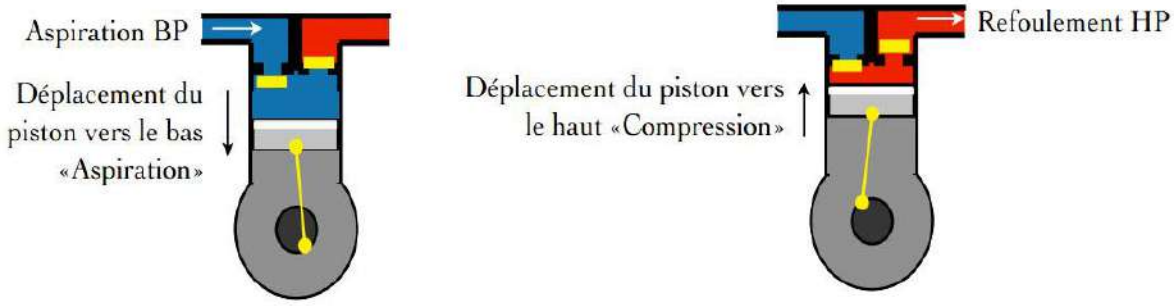


fig 03 : Déplacement des pistions

I .12.3.3. Compresseur hermétique scroll :

Il est composé de deux rouleaux identiques en forme de spirale, décrit un mouvement circulaire continu, sans tourner sur lui-même. Les spirales sont déphasées de 180°.

La chambre d'aspiration se trouve autour des deux spirales et le refoulement est au centre. Ce compresseur est très adapté à puissance».

Le mouvement orbital entraine le déplacement vers le centre des poches de fluide à l'état de vapeur, tout en diminuant



fig 04 : Compresseur scroll

progressivement le volume disponible. C'est ainsi que le fluide frigorigène est compressé puis ressort au centre des spirales vers le circuit. Il y a 60% de pièces en moins par rapport au compresseur à piston.

I .12.3.4. Les Compresseurs Semi-Hermétiques :



fig 05: Compresseur semi-hermetique

Les compresseurs semi-hermétiques ont l'ensemble moteur-compresseur accouplé directement à l'intérieur d'un corps en fonte usiné. L'accès aux différents organes est possible.

I .12.3.5. Les compresseurs ouverts :

Le moteur et le compresseur sont deux entités indépendantes reliées entre elles par un arbre d'accouplement ou une courroie. Cela permet le raccordement à un moteur électrique, diesel ou à gaz. L'accès aux différents éléments du compresseur est possible. Ce type de compresseur est utilisé dans les installations de puissance frigorifique importante. Suivant la technologie de compression, on distingue dans cette catégorie les compresseurs à piston, à vis et centrifuges.



fig 06 : Compresseur ouvert

I .13. Condenseurs :

Le condenseur d'une machine frigorifique est un échangeur de chaleur. Il sert à transmettre au médium de refroidissement (air ou eau) la chaleur contenue dans les vapeurs refoulées par le compresseur.

La quantité de chaleur à évacuer comprend :

- la chaleur sensible des vapeurs surchauffées
- la chaleur latente de liquéfaction
- la chaleur sensible du liquide jusqu'à une température se rapprochant le plus possible de celle du médium de refroidissement.

I .13.1. Condenseurs à air :

L'air est un milieu de condensation dont on peut disposer gratuitement et en quantité illimitée il permet d'assurer économiquement la condensation des vapeurs de fluide frigorigène.

Malheureusement, l'air a une très faible chaleur massique (1 kJ/kg air sec), et le coefficient global de transmission thermique est faible.

Ces deux caractéristiques font que nous serons amenés à véhiculer de grands volumes d'air et que nous devrons avoir une grande surface d'échange pour des quantités de chaleur échangées relativement faibles, ce qui implique des appareils rapidement très encombrants.

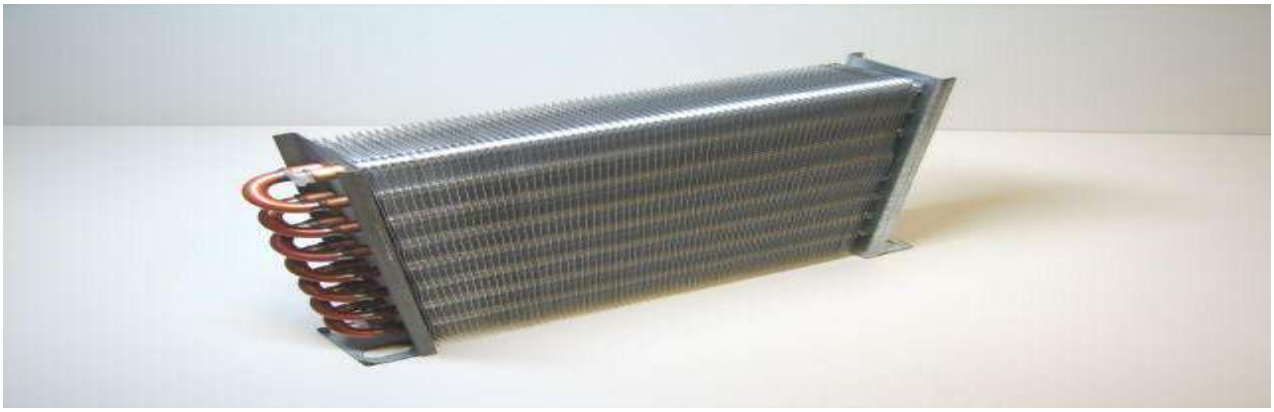


fig. 07 : Condenseurs à air

I .13.2. Condenseurs à circulation d'air forcée :

Pour des puissances frigorifiques supérieures à celles installées sur des armoires ou meubles ménagers, il est indispensable d'utiliser des condenseurs à circulation d'air forcée afin que les appareils utilisés soient d'un encombrement compatible avec les puissances caloriques à évacuer.

Ces condenseurs utilisés avec les groupes frigorifiques dits groupes commerciaux sont alors placés sur le socle du groupe compresseur et l'hélice de ventilation montée sur la poulie du moteur d'entraînement du compresseur s'il s'agit d'un compresseur entraîné par courroies.

Dans le cas de moto compresseurs hermétiques ou hermétiques accessibles, c'est un ou plusieurs électro ventilateurs indépendants qui assurent la circulation de l'air sur le faisceau ailette.

Dans les cas d'utilisation dans des ambiances agressives, l'ensemble du faisceau ailette peut être : en acier inoxydable, en acier galvanisé revêtu d'une peinture résistant à la corrosion, imprégné d'une couche de protection contre la corrosion.

I .13.3. L'efficacité d'un condenseur dépend :

De la construction de l'appareil (forme, dimensions, nombre de nappes, diamètre du tube : nombre, forme et écartement des ailettes, contact avec le tube, ainsi que des métaux employés pour la fabrication)

- ✓ de la température ambiante
- ✓ de la ventilation (profil de l'hélice, pas, diamètre, vitesse et centrage sur la surface à ventiler)
- ✓ de l'état de propreté de l'appareil.
- ✓ des conditions de fonctionnement du groupe frigorifique.



fig. 08 : Condenseur à air horizontal.

I .13.4. Condenseurs à eau :

I .13.4.1. Condenseurs à immersion :

Ce sont des ensembles condenseur-réservoir réunis dans un seul appareil. Dans l'enveloppe extérieure, qui sert de réservoir au fluide frigorigène condensé est placé le faisceau tubulaire en forme de serpentin dans lequel on fait circuler l'eau de refroidissement (fig .09). Au contact du tube dans lequel passe l'eau, la vapeur comprimée abandonne sa chaleur et se condense.

La consommation d'eau de circulation est donc fonction de la quantité de chaleur à évacuer et de la différence de température entre l'entrée et la sortie d'eau. Pour un fonctionnement normal, on admet un réchauffement de 8 à 12 °C de l'eau de circulation, obtenu par le réglage du robinet pressostatique d'admission d'eau dont le débit est fonction de la pression de la vapeur refoulée et, par conséquent, de la température de condensation du fluide frigorigène. Ils sont utilisés pour des machines de 1 200 à 3 500 W.

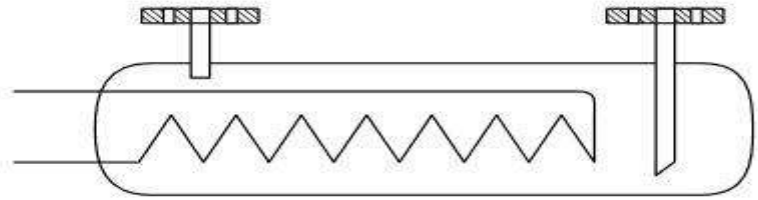


fig 09 : Condenseur à immersion

I .14. Évaporateurs :

L'évaporateur, comme le condenseur, est un échangeur thermique dont le rôle consiste à absorber le flux thermique provenant du médium à refroidir

Le passage du flux thermique du fluide frigorigène au milieu extérieur est d'ailleurs régi par les mêmes lois physiques quel que soit le type d'appareil considéré condenseur ou évaporateur et dépend :

- ✓ Du coefficient global de transmission de chaleur de l'évaporateur.
- ✓ De la surface de l'évaporateur.
- ✓ De la différence existant entre la température de l'évaporateur et celle du médium à refroidir.
- ✓ La classification des évaporateurs peut être faite en prenant pour critères discriminatifs la fonction dévolue à l'évaporateur – refroidissement d'air, refroidissement de liquides, congélation d'un liquide, mais quelquefois leur rôle est multiple refroidissement d'air et congélation de liquide c'est notamment le cas des évaporateurs d'armoires ménagères. Aussi, après avoir distingué les évaporateurs ménagers et les évaporateurs pour machines « commerciales », nous adopterons pour ces derniers la classification suivante :
  - ✓ Evaporateurs refroidisseurs d'air.
  - ✓ Evaporateurs refroidisseurs de liquide.
  - ✓ Evaporateurs de contact.
  - ✓ Evaporateurs spéciaux : étagères réfrigérantes, plaques et tubes eutectiques.

I .14.1. Évaporateurs commerciaux :

Les évaporateurs utilisés dans les installations dites « commerciales » et dont la puissance nominale n'excède pas 11 600 W

I .14.1.1. Évaporateurs refroidisseurs d'air :

Ce sont parmi les trois groupes énumérés les plus couramment utilisés dans les installations commerciales. Ils sont – quelle que soit leur conception constitués d'un faisceau aileté en tube

cuivre et ailettes en aluminium. Ce faisceau est réalisé à l'aide d'un tube serpentin permettant au fluide frigorigène de circuler avec une vitesse suffisante pour assurer le retour de l'huile entraînée au compresseur.

I .14.1.1.1. Évaporateurs à circulation naturelle de l'air :

Sur ces évaporateurs, utilisés presque uniquement pour la réfrigération de meubles vitrines, les flasques d'extrémité sont limités à la hauteur des ailettes et leurs retours servent à la fixation de l'évaporateur, et éventuellement de l'écran guide de circulation d'air (fig 10). Ils sont encore utilisés pour la réfrigération de chambres froides où les mouvements d'air doivent être très lents, et sous la forme d'évaporateurs mixtes « refroidisseurs d'air-fabrique de glace » pour la réfrigération d'armoires frigorifiques dont la capacité peut atteindre 3 m^3 , pour la réfrigération d'arrière-comptoirs de café, et pour la réfrigération de certains meubles de ventes et de vitrines.

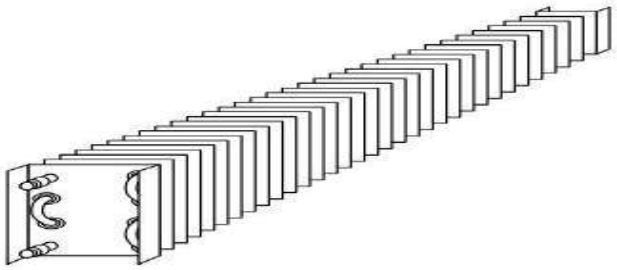


fig 10 : Évaporateur à circulation d'air naturelle pour vitrine réfrigérée.

I .14.1.1.2. Évaporateur à circulation forcée de l'air :

Les évaporateurs à circulation forcée de l'air sont utilisés du fait de leur faible encombrement, dans toutes les installations frigorifiques à l'exception de celles pour lesquelles la nature des denrées à conserver impose une circulation naturelle de l'air. De plus en plus fréquemment ils prennent la forme d'évaporateurs plafonniers, libérant ainsi les parois des chambres froides, toutefois les évaporateurs muraux restent d'un usage courant lorsque la hauteur de celles-ci ne permet pas la mise en place d'un évaporateur plafonnier. Certains constructeurs utilisent des tubes en cuivre rainurés intérieurement, ce qui, en améliorant le coefficient de transmission de chaleur, augmente la valeur des performances de l'évaporateur.

I .14.1.1.3. Évaporateurs muraux :

Le faisceau aileté est monté à l'intérieur d'une carrosserie métallique fermée et formant un égouttoir à sa partie inférieure (fig 11). La tôle formant une façade sup- porte à sa partie haute le ou les ventilateurs. Dans le cas où il y a plusieurs ventilateurs cette façade est généralement réalisée

en deux parties. La façade, moins haute que la carrosserie, laisse apparaître en partie basse, une fois en place, une ouverture libre qui sert d'orifice d'aspiration d'air.



fig 11 : Évaporateur mural ventilé

I .14.1.1.4. Évaporateurs plafonniers :

Ils sont constitués d'un faisceau aileté également enfermé dans une carrosserie métallique formant caisson, la tôle inférieure servant d'égouttoir. Le ou les ventilateurs sont placés soit sur la tôle de façade (fig 12) soit sur un écran incliné (fig 13),enfin en-dessous de l'évaporateur. Ces trois dispositions permettent de réaliser des évaporateurs de hauteurs différentes pour des surfaces identiques et pouvant ainsi occuper le minimum de hauteur au plafond des chambres froides.

Lorsque ces évaporateurs sont destinés à des chambres froides à température négative des dispositifs de dégivrage périodiques doivent être prévus afin d'éviter l'accumulation du givre sur le faisceau aileté.

En règle générale, les ventilateurs soufflent l'air sur le faisceau aileté, toutefois ce sens de circulation n'est pas impératif et il est possible de faire circuler l'air en sens inverse ; si cette disposition est adoptée il est alors indispensable de placer l'évaporateur comme indiqué fig 14, afin de dégager la surface frontale de l'évaporateur où se fait l'aspiration de l'air. En règle générale, la ventilation doit se faire dans le sens de la longueur de la chambre, si celle-ci a des côtés de dimensions inégales. Si l'évaporateur comporte un déflecteur d'air, celui-ci doit être incliné de façon à diriger l'air soufflé vers le plafond.

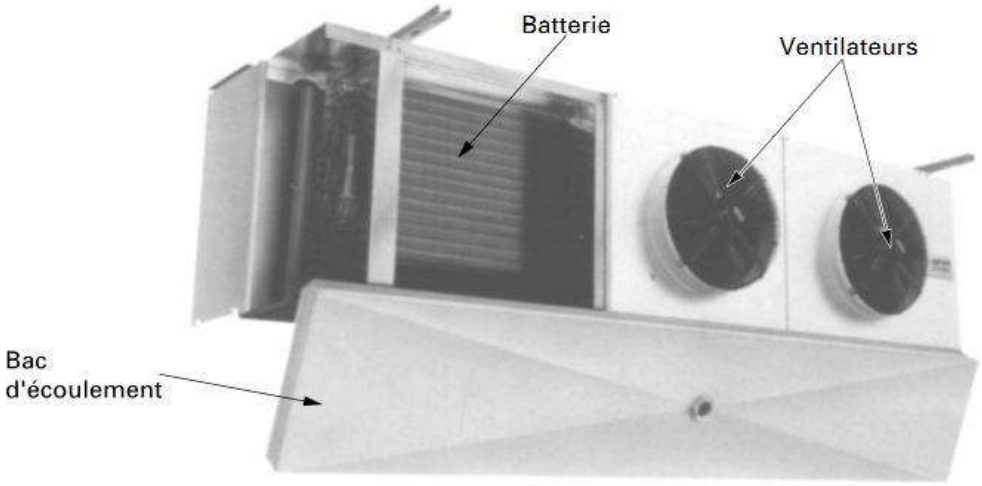


fig 12 : Évaporateur plafonnier.

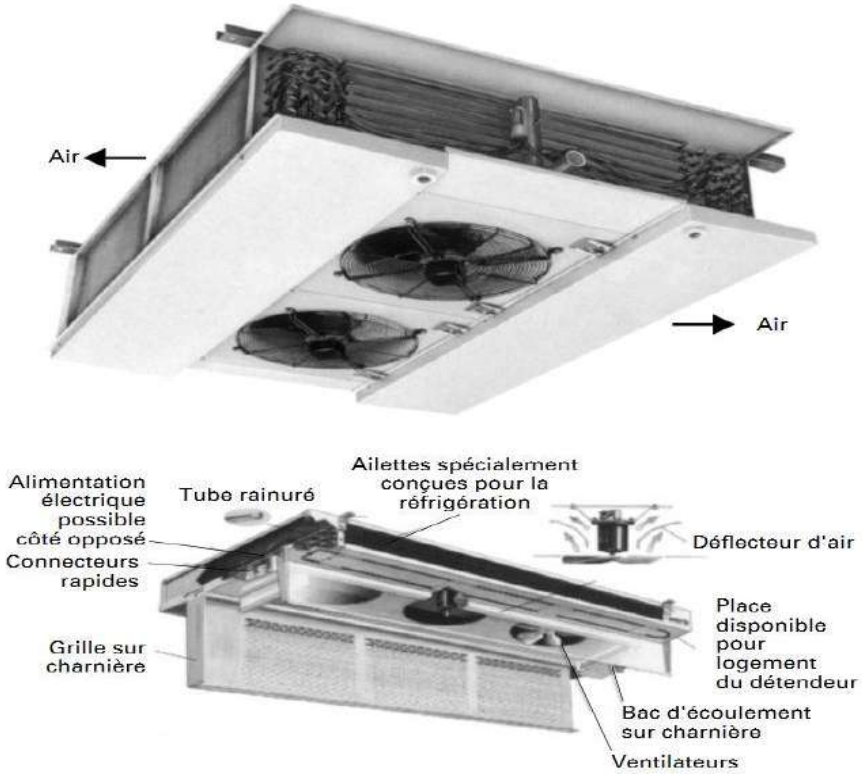


fig 13: Évaporateur plafonnier à double flux.

La position d'un évaporateur plafonnier dans une chambre froide ne peut être fixée a priori, elle dépend de la nature des denrées à refroidir ou du type même de l'installation. On devra toujours rechercher la position permettant d'obtenir la meilleure circulation d'air dans l'enceinte refroidie.

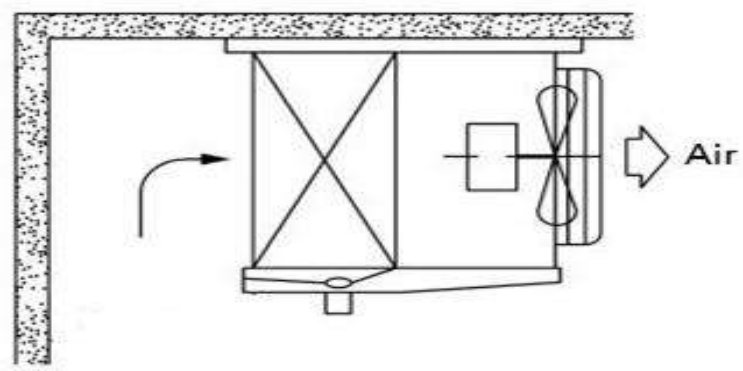


fig 14 : Disposition d'un évaporateur plafonnier à ventilateur aspirant.

I .14.1.2. Évaporateurs spéciaux :

I .14.1.2.1. Plaques eutectiques :

Elles sont constituées de serpentins placés dans des caissons plats, en tôle d'acier (fig 15). L'espace entre les tubes et le caisson est occupé par une solution eutectique se solidifiant à basse température. Une solution eutectique est une solution de certains sels dans l'eau, en proportions rigoureusement définies qui possède la propriété, après avoir été congelée à une température dépendant de sa composition, de se décongeler à cette même température en libérant le froid accumulé.

Ces évaporateurs permettent d'obtenir un volant de froid appréciable, car on utilise la chaleur latente de fusion de la solution.Ils sont utilisés pour les applications où une réserve mobile de froid est nécessaire (containers de transport, camionnettes de vente et de distribution, meubles de vente ambulante), leur mise en température, après un temps de service déterminé, se faisant au garage avec un groupe affecté au refroidissement de ces évaporateurs. La température de décongélation de la solution utilisée dépend de la température que l'on désire obtenir, elle peut varier de – l0 à – 25 °C.

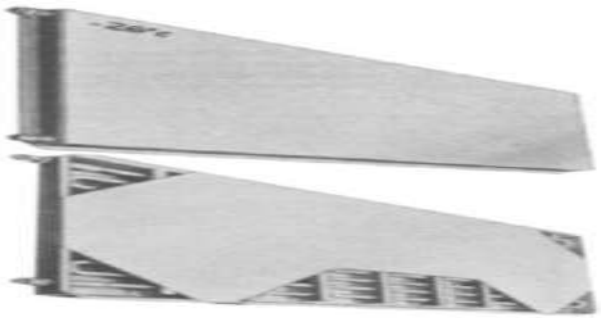


fig 15 : Plaque eutectique.

I .15. Les détendeurs :

Le détendeur est l'un des quatre éléments fondamentaux d'un circuit frigorifique. Installé entre le voyant liquide et l'entrée de l'évaporateur, il abaisse la pression du fluide frigorifique et par conséquent la température du fluide. Il régule, la quantité de fluide dans l'évaporateur.son rôle et de Faire baisser la pression et la température du fluide frigorifique. (passage de HP à BP) et Réguler la quantité de fluide dans l'évaporateur (selon le type de détendeur)

I .15.1. Les types de détendeurs :

I .15.1.1. Détendeur capillaire :

c'est un tube de faible diamètre intérieur (de 0,6 à 2,8 mm) et d'épaisseur 1mm . L'alimentation de l'évaporateur dépend uniquement de la perte de charge du tube capillaire. La puissance de la machine est donc fixée par la longueur du tube



fig 16 : Détendeur capillaire

I .15.1.2. Le détendeur thermostatique :

I .15.1.2.1. A égalisation de pression interne :

Assure l'alimentation de l'évaporateur en fluide frigorigène en tenant compte de sa charge thermique (la quantité de chaleur à absorber). Pour maintenir une surchauffe constante, le bulbe du détendeur est positionné à la sortie de l'évaporateur. La puissance de la machine est donc variable, dans la limite maximum définie par la buse du détendeur (tailles des buses dans l'ordre croissant : 0x, 01, 02, 03, 04, 05, 06). Lorsque la buse du détendeur est mal dimensionnée, il est possible d'avoir des effets de pompage.

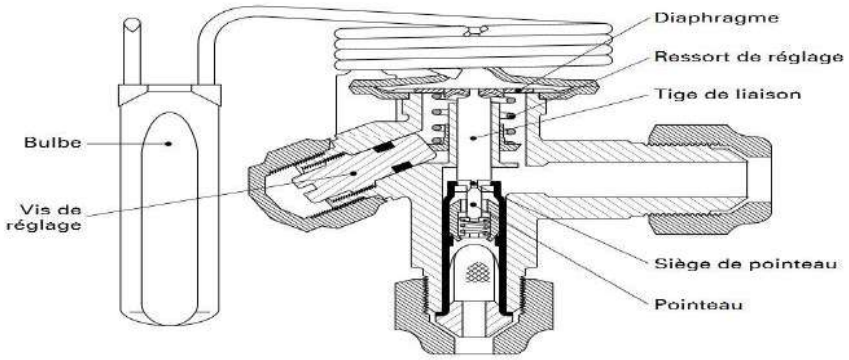


fig 17 : Détendeur thermostatique à égalisation de pression interne

Remarque:

Lorsque la surchauffe est trop importante alors pas assez de liquide dans l'évaporateur = ouverture du détendeur

Lorsque la surchauffe est faible alors trop de liquide dans l'évaporateur= fermeture du détendeur

Lorsque le bulbe du détendeur est endommagé alors = fermeture du détendeur

I .15.1.2.2. A égalisation de pression externe :

Assure les mêmes fonctions que le détendeur thermostatique, seulement afin de compenser une perte de charge trop importante dans l'évaporateur, la pression est prise à la sortie de l'évaporateur et non à l'entrée. Cela nécessite en plus sur le détendeur, une prise de pression externe.

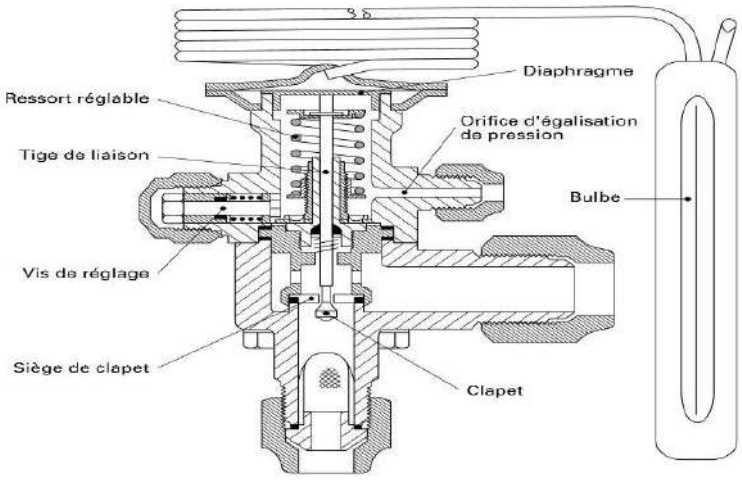


fig 18 : Détendeur thermostatique a égalisation de pression externe

I .16. Appareillages annexes :

I .16.1. Séparateurs d'huile :

La lubrification des organes d'un compresseur ne pouvant être faite qu'avec une surabondance d'huile d'une part, et la miscibilité des fluides chlorofluorés avec l'huile d'autre part risquant de provoquer des émulsions d'huile au démarrage du compresseur, des entraînements mécaniques d'huile sont inévitables. Cette huile, entraînée par le compresseur vers les autres organes de l'installation est surtout nuisible dans les échangeurs thermiques (condenseur et surtout évaporateur) dont elle diminue l'efficacité et où elle risque de s'accumuler surtout si le fluide frigorigène n'est que fort peu miscible avec l'huile à basse température, ce qui est le cas du R22 et du R502.

Il y a donc intérêt à séparer l'huile du fluide frigorigène dès la sortie des vapeurs comprimées du compresseur et à lui faire réintégrer le carter du compresseur le plus rapidement possible afin d'y maintenir un niveau compatible avec une lubrification correcte des organes en mouvement. La séparation de l'huile des vapeurs de fluide est obtenue en conjuguant une chute brutale de la vitesse des vapeurs polluées d'huile à des changements nombreux de direction du flux des vapeurs comprimées ; cela peut être obtenu, soit par des chicanes, soit par un matelas de paille métallique disposé sur le circuit des vapeurs. L'huile séparée est renvoyée au carter par une tubulure de retour dont l'orifice est commandé par le pointeau d'un mécanisme lié à un flotteur placé dans le corps du séparateur.

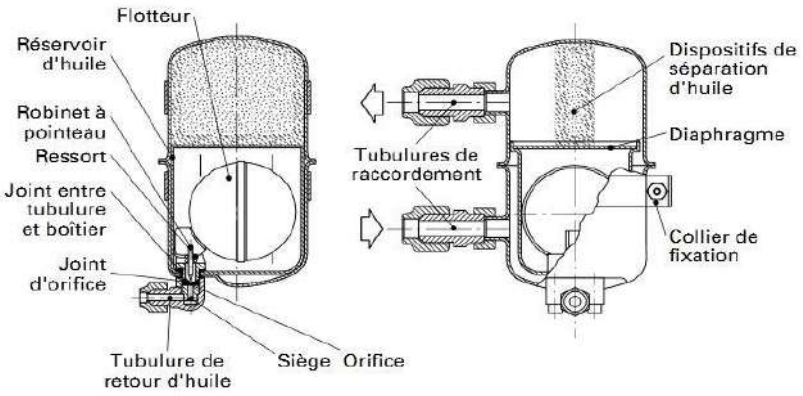


fig 19 : Séparateur d'huile

Afin de faciliter au maximum le dégazage de l'huile retournant au compresseur il y a lieu de chauffer le réservoir de récupération d'huile en faisant par exemple arriver les vapeurs chaudes en provenance du compresseur sous ce réservoir comme représenté figure 19 Lorsque l'huile a atteint un certain niveau dans le fond du séparateur, le flotteur soulève le pointeau de son

siège et l'huile fait retour au carter du compresseur par une tuyauterie de faible diamètre. Après retour de l'huile en excès, le pointeau, commandé par le flotteur retombe sur son siège et obture de nouveau le passage d'huile. Le séparateur d'huile doit être de dimensions convenables, en relation avec la puissance du compresseur, de façon que la vitesse des gaz refoulés soit telle que la séparation de l'huile puisse se faire facilement ($w \leq 0{,}5$ m/s). Les dimensions du séparateur d'huile à placer sur une installation dépendent de la puissance frigorifique de celle-ci et de la nature du fluide frigorigène utilisé. Lorsqu'on installe un séparateur, ne pas omettre d'y introduire préalablement 1 la quantité d'huile incongelable nécessaire, pour mettre le dispositif à flotteur en position de fonctionnement. Bien entendu l'huile ajoutée doit être de qualité identique à celle utilisée pour la lubrification du compresseur.

I .16.2. Réservoirs de liquide :

Les réservoirs (ou bouteilles) de liquide (fig 20) reçoivent le fluide liquéfié venant du condenseur. Ces réservoirs, en tôle d'acier ont des dimensions qui leur permettent de contenir la majeure partie de la charge en fluide de l'installation. Ils sont montés en position verticale ou horizontale et sont toujours pourvus d'un robinet de départ de liquide avec un tube plongeur, assurant l'alimentation en liquide, même lorsque le niveau de celui-ci dans la bouteille est très bas. Dans les groupes ménagers hermétiques fonctionnant avec un tube capillaire, le réservoir est supprimé. Le fluide liquéfié va directement du condenseur à l'évaporateur. Dans ce cas particulier, le condenseur doit avoir une capacité suffisante pour contenir la charge en fluide et éviter ainsi les surpressions qui pourraient résulter d'une obstruction du tube capillaire.



fig 20 : Réservoirs de liquide.

I .16.3. Bouteilles d'aspiration :

Également appelées « bouteilles anti-coups de liquide », elles sont placées sur la tuyauterie d'aspiration à proximité immédiate du compresseur et ont pour but d'empêcher l'aspiration accidentelle de fluide liquide par le compresseur. Elles se montent verticalement. Dans le cas de remplissage – pendant l'arrêt du groupe – de l'évaporateur en fluide frigorigène à l'état liquide, le « coup de liquide » est évité au départ de celui-ci, le fluide liquide tombant en effet au fond de la bouteille. L'orifice de la tuyauterie d'aspiration placé à la partie supérieure de la bouteille permet au compresseur d'aspirer ce fluide sous forme de vapeur, ce qui évite tout incident mécanique (fig 21).

À la partie inférieure de la tuyauterie d'aspiration, un orifice de faible diamètre permet d'aspirer le liquide (par vaporisation) et l'huile stagnant dans le fond de la bouteille.

Ces appareillages sont recommandés dans les applications à faible surchauffe, installations à basse température et installations à dégivrage thermodynamique.

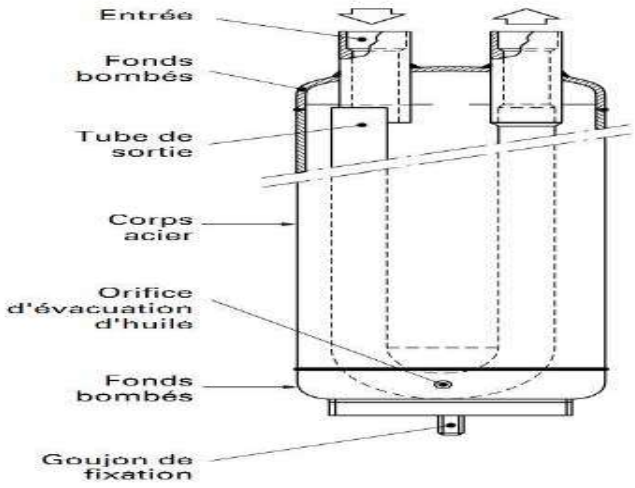


fig 21 : Bouteille anti-coups de liquide

I .16.4. Filtre :

I .16.4.1. Filtres à impuretés :

Les fluides chlorofluorés sont des détergents et, malgré toutes les précautions prises en cours d'usinage des pièces mécaniques et au cours du montage de l'installation, ces fluides peuvent entraîner de la limaille, des parcelles de métal ou de petites quantités d'impuretés. Il est donc nécessaire de doubler les filtres inclus dans le compresseur et les appareillages d'automatisme et dont la surface filtrante est faible par des filtres plus importants et qui sont placés sur la tuyauterie liquide ou sur la tuyauterie d'aspiration. Ceux montés sur les tuyauteries liquides comportent un

tamis filtre en bronze ou en toile nickelée dont la surface filtrante est fonction de la puissance frigorifique de la machine. Le raccordement à la tuyauterie se fait soit par des raccords à collets coniques, soit par des brides suivant les dimensions de ces tuyauteries (fig 22).

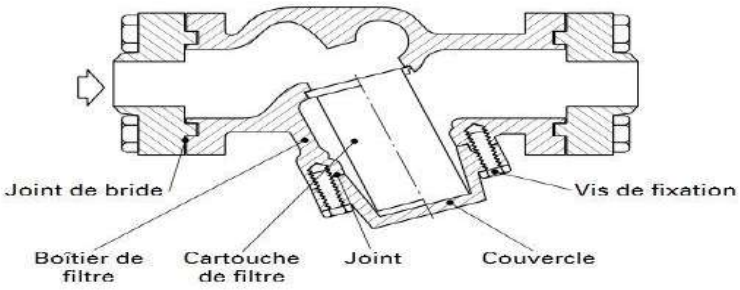


fig 22 : Filtre à impuretés.

Une flèche venant de matriçage ou de fonderie indique le sens de passage du fluide, sens permettant le dépôt des impuretés à l'intérieur de la cartouche filtrante, et évitant leur entraînement ultérieur dans le circuit par le fluide en circulation. Un bouchon de fond permet le démontage et le remplacement de la cartouche filtrante et son remplacement par une cartouche neuve si elle vient à être colmatée.

Les filtres d'aspiration se présentent sous la forme d'un corps cylindrique comportant à l'une de ses extrémités une bride démontable solidaire de la cartouche filtrante.

I .16.4.2. Filtres d'aspiration :

Ces filtres, à cartouches filtrantes remplaçables permettent, en service, le remplacement des parties actives (cartouches). Protégeant le compresseur, ils assurent, en plus de leur fonction primaire de filtration, le nettoyage et la décontamination des circuits en fonction des cartouches utilisées (fig 23).

I .16.4.3. Filtres à huile :

Spécialement conçus pour une filtration fine (de l'ordre de 12 microns), ils garantissent par leur élément filtrant (cellusose, collée, plissée) le retour au carter des com- presseurs, d'une huile propre. Leur utilisation est permanente (fig 24).



fig 23 : Filtre d'aspiration.



fig 24 : Filtre à huile.

I .16.5. Cartouches filtrantes :

Plusieurs types de cartouches peuvent être utilisés en fonction des résultats recherchés (fig 25). Elles peuvent être placées temporairement ou à demeure sur les circuits de fluide.

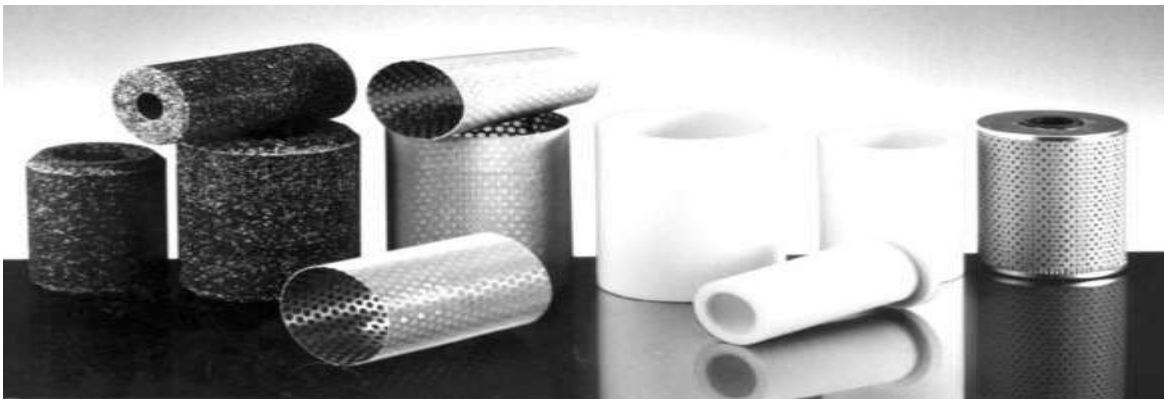
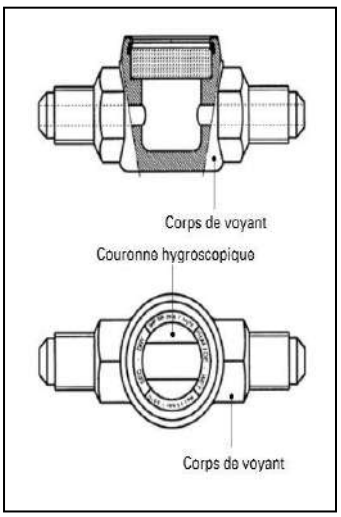


fig 25 : Cartouches filtrantes.

I .16.6. Voyants de liquide :

Il servent à indiquer l'état physique du fluide frigorigène en circulation dans une installation ou à contrôler le niveau de liquide dans un réservoir . Certains voyants placés sur les tuyauteries de liquide comportent une pastille imprégnée d'un sel chimique et permettent de vérifier l'état de siccité du fluide frigorigène et par voie de conséquence d'en déduire l'efficacité du déshydrateur (fig. 26). Le changement de couleur est réversible et si la couleur verte indiquant la siccité du fluide a viré au jaune indiquant par là une



quantité anormale d'eau dans le fluide ; après mise en place d'un nouveau déshydrateur, la couleur jaune vire être deviendra verte dès que la quantité d'eau contenue dans le fluide se trouvera en dessous de la quantité maximum admissible. Le tableau 1 indique pour quelles quantités d'eau la couleur de la pastille change. **(**Exprimée en « parties par million » (ppm))**.**

Fluide frigorigène	Teneur en eau ppm (mg H2 O/kg fluide) Température du liquide : 43 °C		
	Vert (sec)	Couleur virante	Jaune (humide)
R12	max. 35	15 – 35	min. 65
R22	max. 50	60 – 125	min. 200
R502	max. 30	30 à 90	min. 90
R134 a	max. 45	45 à 150	min. 150
R404 A	max. 15	15 à 100	min. 100
R407 C	max. 35	35 à 135	min. 135

Tableau 01: Couleur de la pastille

I .16.7. Clapets de retenue :

Les clapets de retenue (fig 27) sont constitués d'un petit clapet appliqué sur son siège par un ressort très faible, les deux pièces étant montées dans un ensemble formant raccord double. Il se place sur la ligne d'aspiration des évaporateurs travaillant à basse température dans une installation à évaporateurs multiples.

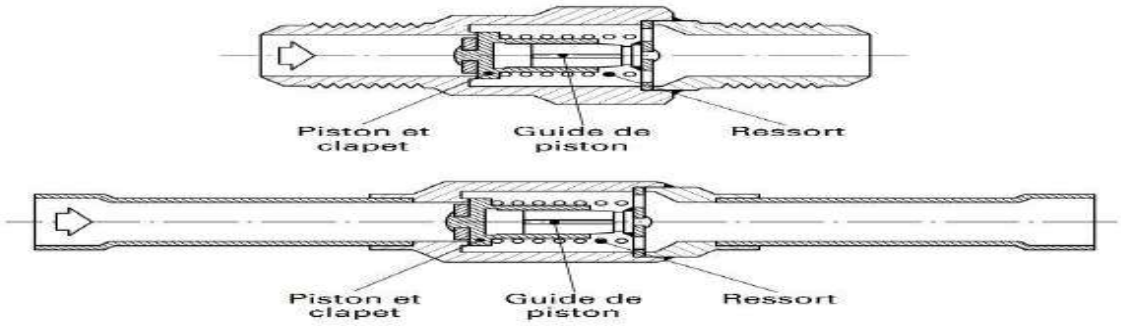


fig 27 : Clapets de retenue

Son rôle est d'empêcher lors d'un arrêt de la machine le passage des gaz venant des évaporateurs les plus chauds vers les évaporateurs les plus froids dans lesquels ils se condenseraient, créant ainsi les conditions favorables à un « coup de liquide » au démarrage de la

machine. Ils sont indispensables dans les installations multiples avec évaporateurs à températures différentes.

I .16.8. Déshydrateurs :

Le but des déshydrateurs (fig. 28), est de maintenir la quantité d'eau contenue dans le fluide en dessous d'une valeur maximale qui dépend de la nature même de ce fluide, du type du compresseur et de la nature du lubrifiant.

Le déshydrateur comporte un filtre disposé à l'entrée du fluide ; un anneau, sous l'action d'un ressort comprime la matière déshydratante afin d'éviter que les grains de déshydratant en roulant les uns sur les autres ne s'érodent et ne forment de la poussière qui risquerait d'être entraînée hors du déshydrateur.

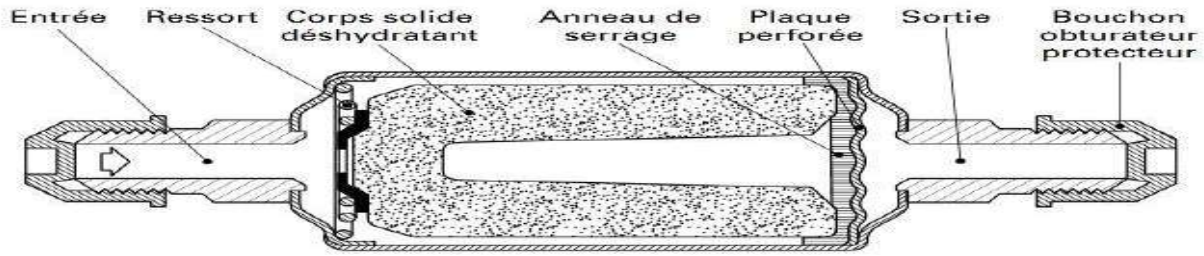


fig 28 : Déshydrateur

Références bibliographiques

[1]Pierre RAPIN, Patrick JACQUARD; « Aide-mémoire, Formulaire du froid» ; 12e édition; Edition DUNOD, Paris, 2003

[2]Youssouf MANDIANG;« Analyse et fonctionnement des installationsfrigorifiques. Calcul des chambres froides» ; Ecole Supérieure Polytechnique, UCAD, Dakar

[3]L. Mironneau ; « Le manuel du frigoriste» ; Tome II Applications du froid, J.-B. Baillière et fils, Editeurs, 1961

[4]G Ballot; « Guide pratique de l'isolation frigorifique» ; PYC Edition, Paris, 1972

Isolation frigorifique (Guide Pratique ISOBAR) g.baloot et M.duminal, Edition pyc (Paris1981).
Technique de l'ingénieur (génie climatique-j.coran).
[5]Pierre RAPIN, Patrick JACQUARD Serge Sandre, « Formulaire Du Froid» 15e Edition; Edition Dunod ,Paris , 2014

[6]René Prigent , Mathieu Auclerc«Régulation et automatisme des systèmes frigorifiques»13e Edition Dunod , Paris 2013Ashrae handbook

[8]Guide du monteur , Dépannage des installations frigorifiques , Danfoss

adaptation et amélioration des systèmes frigorifiques application sur un conteneur frigorifique Eco le Supérieure Polytechnique, UCAD, Dakar, 2004

[9]Cours : Spécialité Energie et Froid Industriel, Enseignant : BENTCHIKOU Mohamed, Université de Médéa, Année universitaire : 2007/2008.
« Installation frigorifique » Patrick jacquard rapin, (tome 2) ,2éme édition 1996.
[10]Jean Desmons « Aide-mémoire, Froid industriel, 2éme édition», Paris, 2006, 2010.
« Conservation des aliments » Jean-Pierre DézavelleProfesseur agrégé, Chef de travauxdu Lycée des Métiers de l'Hôtellerie et du Tourisme Alexandre Dumas Strasbourg-Illkirch.
Document Technique Métrologique« Période estival » Zone de Médéa : 2012/2013.
[11]Manuel de l'entreposage frigorifique dans les pays chauds en développement (I.I.F 1990).
[12]H.J. BREIDERT. Traduction de JEAN-LOUISCAUCHEPIN «Calcul des chambres froides » 18, rue Saint-Denis, 75001 PARIS- Dépôt légal : Avril 1998.
« Transfert Thermique »Y ver Jannot (2002).

Chapitre II :

Destination et conception de locale

II.1. Introduction :

Ce chapitre a pour but de donner une description générale de l'entrepôt frigorifique tenant compte de quelques aspects tels que :

- ✓ Le génie civil de l'entrepôt (la structure des différentes parois).
- ✓ La destination de l'entrepôt.
- ✓ La capacité de stockage de l'entrepôt.

II .2. Description et situation de l'entrepôt frigorifique :

L'entrepôt frigorifique est situé dans la région de Médéa (figure II.1).

Il est constitué de trois (03) chambres froides et la SAS:

- ✓ Deux chambres positives pour la réfrigération (conservation).
- ✓ Une chambre négative pour la congélation.

Tableau 01 : Description des chambres froides

Chambre	Longueur (m)	Largeur (m)	Hauteur (m)	Température (°c)	Rôle
01	8,26	5,57	4,56	-18	Congélation
02	8,26	5,57	4,56	2	Réfrigération
03	12,57	5,57	4,56	4	Réfrigération
SAS	7,37	4,31	4,56	12	

II.3. Données climatiques :

II.3.1. Données climatiques extérieurs :

Suivant la carte climatique d'Algérie, la ville de Médéa est située dans la zone B.

Elle est caractériser en période Estivale par :

Caractéristique	Unité	Valeur
Température extérieure de bas (T_e)	°C	38
Humidité relative (φ)	%	32
Température humide (T_h)	°C	24 ,19
Vitesse de l'air (V)	m/s	5 ÷ 10

Tableau 02: Données climatiques extérieurs [2]

II.3.2. Conditions intérieures d'entreposage : (dans les chambres froides)

Ces conditions sont nécessaires pour le calcul du bilan thermique de l'entrepôt frigorifique.

Chambre	Température (°C)	Humidité relative (%)	Vitesse de l'air (m/s)
01	-18	90	1.5
02	2	91	1.5
03	4	90	1.5
SAS	12	76	2.5

Tableau 03: Conditions intérieures d'entreposage [3]

II.3.3. Caractéristiques thermodynamiques des denrées à entreposer:

La connaissance de ces caractéristiques est indispensable pour calculer les différents apports internes dus aux variations des températures entre les denrées et les chambre froides. (Congélation, Refroidissement des denrées).

Denrées	Température de congélation T (°C)	Chaleur massique (KJ/Kg. °k)		Chaleur latente de congélation (KJ/Kg)
		Cp avant congélation	Cp après congélation	
Volaille	-2,8	3,14	1,715	247
Pomme	-2	3,85	1,88	281
Lait	-0,56	3,85	1,93	293

Tableau 04: Caractéristiques thermodynamiques des produits entreposés [4]

II.4. Le transfert de chaleur: [5]

On appel un transfert de chaleur, un échange thermique entre deux corps (solide ou fluide). Par exemple:

Deux corps ayant la même température sont dits en (équilibre thermique). Si leur température est différente, le corps le plus chaud cède de l'énergie au corps le plus froid : il y a un transfert thermique.

II.4.1. Les modes de transfert de chaleur:

Il y a trois modes de transfert thermique principaux :

- ✓ Conduction.
- ✓ Convection.
- ✓ Rayonnement (radiation).

II.4.1.1. La conduction:

C'est un processus physique de transmission de la chaleur qui s'appuie sur un milieu matériel (solide, liquide, gaz), sans mouvement de matière, et qui fait passer la chaleur des zones chaudes au zones froides à l'aide de mécanismes à l'échelle microscopique (vibration atomique ou moléculaire).

La conduction est le seul mécanisme qui permet à la chaleur d'être transmise au sein d'un solide.

II.4.1.2. La convection:

C'est un processus physique de transmission de la chaleur qui s'appuie sur un milieu matériel avec mouvement de matière on ne peut donc avoir de convection que dans les liquides est les gaz.

II.4.1.3. Le rayonnement :

Les corps émettent de l'énergie par leur surface, sou forme d'un rayonnement d'onde électromagnétique, et ce dotant plus que leur température est élevée, inversement, soumis à un rayonnement ils en absorbent une partie qui se transforme en chaleur.

Le rayonnement est un processus physique de transmission de la chaleur sans matériel.

Notant que :

Dans notre étude la transmission de chaleur à travers les parois est une combinaison de rayonnement et de convection (libre et forcée).

II.5. Isolation thermique de l'entrepôt :

L'isolation thermique est une « barrière pour le transfert de chaleur ». Elle vise à conserver la température (le froid) à l'intérieur des chambres froides d'autre part elle empêche la pénétration de la chaleur externe. Une bonne isolation diminue donc les apports dus à la transmission de chaleur et l'ensoleillement, pour réaliser cette bonne isolation il faut tenir compte des caractéristiques thermique et physique de l'isolant.

II.5.1 Caractéristique générales des isolants :

- ✓ Les matériaux isolants doivent posséder le plus grand nombre de qualités.
- ✓ Très peu perméable a la valeur d'eau afin d'éviter des condensations au des congélations de vapeur d'eau à l'intérieure de l'isolant.
- ✓ Neutre vis-à-vis des autres matériaux utilisés pour la confection des chambres froides.
- ✓ Ininflammable.
- ✓ Faible conductivité thermique.
- ✓ Résistant à la pression (charge au sol de chambre froide).
- ✓ L'astique pour résister sans se rompre aux déformations.

- ✓ Léger et non hygroscopique afin de conserver constantes dans le temps ses qualités isolantes.
- ✓ Inodore afin de ne pas communiquer d'odeurs aux denrées entreposées.
- ✓ Coût de revient moins chère.
- ✓ Disponible.

II.6. Le choix de l'isolant :

Pour notre entrepôt, on a choisi les isolants suivants:

- ✓ Le liège pour le plancher à cause de sa bonne résistance mécanique [$\lambda = 0.043$ (w/m°C)].
- ✓ Le Polyuréthane (PUR) [$\lambda = 0.024$ (w/m °C)].

II.6.1. Les caractéristiques du polyuréthane :

- ✓ Conductivité thermique très faible $\lambda = 0.024$ (w/m°c)
- ✓ Masse volumique faible.
- ✓ Bonne résistance mécanique et chimique.
- ✓ Non Toxique.
- ✓ Ininflammable.
- ✓ Inodore.
- ✓ Volume constant.
- ✓ Léger.
- ✓ Etanche à la vapeur d'eau.
- ✓ Disponible en Algérie.
- ✓ Moins chère.

II.7. Le choix des différentes parois : [6]

Les parois utilisées dans notre entrepôt de type panneaux sandwiches ont été choisies à partir du catalogue (ISOBAR). Paroi étanche, inoxydable, avec une bonne résistance mécanique. Du même catalogue on a choisie les portes de type coulissant à ouverture automatique, l'épaisseur du cadre adapté à celui de la paroi, isolée en polyuréthane. Les dimensions des portes pour les chambres froides sont de (2.5×1.6) m^2 et (3×2) m^2 pour la porte du SAS.

II.7.1. Mur extérieur et plafond :

La composition de cette paroi est donnée au tableau suivant :

$R_i = e / \lambda$ (m^2.K/W)…...……...(III.1)

Tableau 05: Mur extérieur et plafond				
N°	Matériaux	e (m)	λ (W/m^0K)	R_i (m^2.K/W)
01	Acier galvanisé	0.005	45	1.11×10^{-4}
02	Lame d'air	/	/	0.21
03	Acier galvanisé	0.005	45	1.11×10^{-4}
04	Polyuréthane	/	0.024	/
05	Acier galvanisé	0.005	45	1.11×10^{-4}

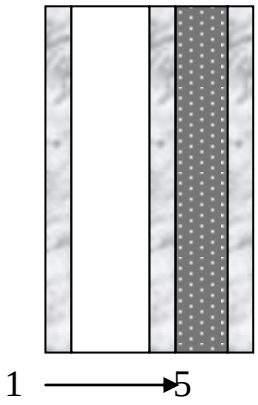


Fig 02:

Mur extérieur et plafon

II.7.2. Mur intérieur :

Tableau 06: Mur intérieur				
N°	Matériaux	e (m)	λ (W/m .K)	R_i (m^2.K/W)
01	Acier galvanisé	0.005	45	1.11×10^{-4}
02	Polyuréthane	/	0.024	/
03	Acier galvanisé	0.005	45	1.11×10^{-4}

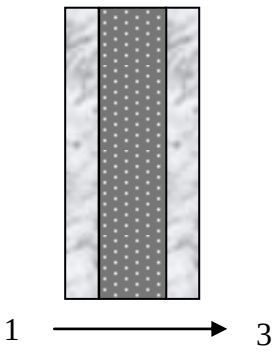


Fig 03 :

Mur intérieur

II.7.3. Porte :

Tableau 07: Porte				
N°	Matériaux	e (m)	λ (W/m^0K)	R_i ($m^2.K/W$)
01	Acier galvanisé	0.005	45	1.11×10^{-4}
02	Bois	0.02	0.15	0.133
03	Polyuréthane	/	0.024	/
04	Bois	0.02	0.15	0.133
05	Acier galvanisé	0.005	45	1.11×10^{-4}

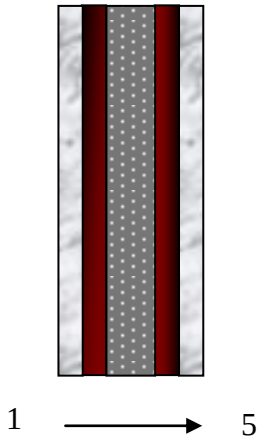


Fig 04 :
Porte

II.7.4. Plancher :

Tableau 08: Plancher				
N°	Matériaux	e (m)	λ (W/m^0K)	R_i ($m^2.K/W$)
01	Carrelage	0.03	1.05	0.028
02	Enduit ciment	0.02	0.87	0.022
03	Carton bitumé	0.02	0.23	0.008
04	Liège	0.04	0.033	1.212
05	Dalle en B.A	0.12	1.16	0.103

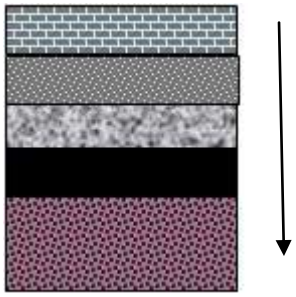


Fig 05 :
Plancher

Chapitre III :

Base de calcul du bilan thermique

III .1.Introduction :

Le bilan thermique est nécessaire aux calculs d'une installation frigorifique. Cette installation doit être prévue pour conserver des denrées ou autres produits dans de bonnes conditions de stockage, température, hygrométrie, ventilation.

Le bilan thermique permet de déterminer les apports thermiques journaliers. Il faut, afin d'effectuer les calculs, obtenir les éléments nécessaires.

Les charges thermiques d'une chambre froide se répartissent en deux catégories :

- ✓ les charges thermiques externes.
- ✓ les charges thermiques internes.

III .2.Données de base de calcul :

- ✓ La température maximale de l'extérieur.
- ✓ La température de la chambre froide.
- ✓ Les dimensions de la chambre froide.
- ✓ La température de l'aliment.
- ✓ Dimension de la porte.
- ✓ Puissance de l'éclairage, ventilation.
- ✓ L'épaisseur de la paroi (l'isolation de paroi).

III .2.1. Bilan Thermique :

III.2.1.1. Les charges thermiques externes :

Les charges thermiques externes comprennent :

III .2.1.2. Les charges thermiques par transmission à travers les parois (Q_{tr}):

Le calcul s'effectue paroi par paroi à savoir les quatre parois verticales puis le plancher haut (toiture) et enfin le plancher bas.

La charge thermique par transmission a pour valeur :

$$Q_{tr} = K .S. \Delta T \quad (w) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

Q_{tr} : charge thermique par transmission à travers les parois **(W).**

S : surface de la paroi considérée **(m^2).**

ΔT : différence de température entre les deux côtés de la paroi considérée **(°k).**

K : coefficient de transmission thermique de la paroi considérée **($w/m^{2o}k$)**.

Avec :

$$K = \frac{1}{\frac{1}{hi} + \sum_{n=1}^{n} \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{he}} (W/m^2.^oK) \quad \text{..... (2)}$$

Avec :

$\frac{1}{hi}$: Résistance thermique superficielle interne en (**W/m².°k)**, sa valeur varie en fonction de l'intensité de mouvements d'air à l'intérieur de la chambre froid

$\sum_{i=1}^{n} \frac{e}{\lambda}$: Somme des résistances thermique des différentes couches de matériaux constituant la paroi en **(W/m².°k).**

Chaque couche de matériaux est caractérisée par son épaisseur **(e)** en **m** et par son coefficient de conduction thermique **(λ)** en (**W/m².°k).**

$\frac{1}{he}$: Résistance thermique superficielle externe en **(W/m².°k).**

Lorsque l'on vent effectuer un calcul précis dans les cas de chambres froides dont certaines parois sont fortement ensoleilles on majore l'écart de température (ΔT) donnant la charge thermique par transmission de la valeur de ($\Delta \grave{T}$)

Donc :

$$Q_{t\,r} = K.S.(\Delta T) \quad (w) \quad \text{..... (3)}$$

III .2.1.3. Les charges thermiques par renouvellement d'air (Q_{re}) :

Il est prévu un renouvellement de l'air ambiant dans certaines chambres froides.

Le renouvellement consiste au remplacement d'une partie de l'air de la chambre froide par de l'air extérieur.

La quantité d'air neuf admise doit être refroidie de la température extérieure à la température de la chambre froide et constitue donc une charge thermique.

La charge thermique par renouvellement d'air a pour valeur :

$$Q_{re} = m_{a.e}.\Delta h \quad (KW) \quad \text{..... (4)}$$

Avec :

$m_{a.e}$: débit masse d'air extérieur à renouveler (Kg/s).

Δh : différence d'Enthalpie entre l'air extérieur et l'air ambiant de la chambre froide (kJ/Kg)

$$\Delta h = h_{a.e} - h_{a.a} \quad \text{..... (5)}$$

$h_{a.e}$: Enthalpie de l'air extérieur (kJ/Kg).

$h_{a.a}$: Enthalpie de l'air intérieur (kJ/Kg).

Par ailleurs, on a :

$$m_{a.e} = V_{a.e} \times \rho_{a.a} / 86400. \quad \text{..... (6)}$$

Avec :

$V_{a.e}$: débit volumique de l'air extérieur (m^3/jour).

$\rho_{a.a}$: masse volumique de l'air dans la chambre (Kg/m^3).

Enfin, pour le débit volumique d'air extérieur, on a :

$$V_{ae} = V_{c.f}.\ n\ (m^3/jour). \quad \text{..... (7)}$$

Avec :

$V_{c.f}$: volume de la chambre froide **(m^3).**

n : taux de renouvellement de l'air journalier donné par :

$$n = \frac{70}{\sqrt{Vcf}} \quad jour^{-1} \quad \text{..... (8)}$$

III .2.1.4. Les charges thermiques par ouverture des portes (Q_{op}):

La charge thermique due à l'ouverture des portes est donnée par la relation :

$$Q_{op} = \left[8 + (0.067 \times \Delta T_p)\right] \times \tau_p \times \rho_{a.a} \times L_p \times h_p \times \sqrt{h_p\left(1 - \frac{\rho_{a.e}}{\rho_{a.a}}\right)} \times (h_{a.f} - h_{a.a}) C_{r.a} \quad (W) \quad \textbf{(9)}$$

Avec :

$\Delta T_p = T_e - T_a$ **en (k°).**

T_a : Température ambiante dans la chambre froide.

T_e : Température à l'extérieur.

τ_p: Temps d'ouverture des portes exprimé en **(min/h)**.

$\rho_{a.a}$: Masse volumique de l'air ambiant dans la chambre froid en **(kg/m^3)**.

L_p: Largeur d'une porte en **(m).**

$\mathbf{h_p}$: Hauteur d'une porte en **(m).**

$\boldsymbol{\rho_{a.e}}$: Masse volumique de l'air du coté de la porte autre que la chambre froid en **(kg/m^3).**

$\mathbf{h_{a.f}}$: Enthalpie de l'air ambiant a coté de la porte de la chambre froid en **(kJ/kg).**

$\mathbf{h_{a.a}}$: Enthalpie de l'air ambiant dans la chambre froid en **(kJ/kg).**

$\mathbf{C_{r.a}}$:Coefficient de minoration du à la présence éventuelle d'un rideau d'air dans le cas d'une porte sans rideau, on prend **(C_{ra}=1)** tandis que dans le cas d'une porte avec rideau on prend **(C_{ra}=0.25).**

Et le temps donné par la formule :

Avec $\tau_n = \frac{d_t \cdot f_j}{\quad}$ **(min/h)** ……..... **(10)**

$\mathbf{d_t}$: Durée moyenne d'ouverture des portes (aller et retour) pour permettre le passage des marchandises en minute par tonne($\mathbf{min/t}$).

$\mathbf{f_j}$: Flux journalier des marchandises en tonne par jour ($\mathbf{t/jour}$).

Le flux journalier ($\mathbf{f_j}$)de marchandise pouvant transité par la ou les portes d'une chambre froide se détermine par l'expérience sur la base de la contenance totale de la chambre froide en **(kg)**.

La contenance totale d'une chambre froide peut être calculée d'après la formule :

$C = A \times h \times d_e \times \delta_0$ **(kg)** ……(**11**

A : surface de la chambre froide en **(m^2).**

h : hauteur maximale de gerbage en **(m).**

$\mathbf{d_e}$: Densité d'entreposage en **(kg/m^3).**

$\boldsymbol{\delta_0}$: Coefficient d'occupation au sol des marchandises en **(%).**

III .2.2.1 Charges thermiques internes :

III .2.2.1.1.Les charges thermiques internes indépendantes de denrées entreposées :

III .2.2.1.1.1. Charges thermiques dues à l'éclairage ($Q_{e.c}$) :

Les luminaires des chambres froides classiques doivent pouvoir résister au froid, à l'humidité, être étanches à l'eau, être protégés des contacts avec tous objets et être insensibles aux effets de la poussière.

L'éclairement nominal habituellement prévu oscille entre 60 et 100 lux ce qui fait que l'on peut adopter une charge thermique d'environ $6\ W/m^2$ au sol.

La charge thermique due à l'éclairage se calcule d'après la formule :

$$Q_{e.c} = 6 . S_{sol} \ (W) \quad \text{.....} \ (12)$$

6 : charge thermique au sol (W/m^2)

S_{sol} : surface du sol (m^2)

III.2.2.1.1.2. Charges thermiques dues aux personnes ($Q_{p.e}$) :

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

$$Q_{p.e}=i .q_p. \tau / 24 \quad (W) \quad \text{.....} \ (13)$$

Avec :

i : nombre de personnes opérant dans la chambre froide.

q_p: quantité de chaleur dégagée par unité de temps et par personne, elle dépend de la nature de l'activité. **(W)**

τ: Durée de présence de chaque personne dans la chambre froide. **(h/j)**

III .2.2.1.1.3. Charge thermique due au matériel roulant (Q_{mr}) :

La charge thermique due au matériel roulant (chariots élévateurs et transpalettes) se calcule comme suit :

$$Q_{m.r} = n. p.\tau / 24 \quad (W) \quad \text{.....} \ (14)$$

n : nombre de matériels roulant d'un type donné

P : puissance totale de chaque type de matériel (W)

τ: Durée de présence du matériel (h/j)

III .2.2.1.1.4. Charges thermiques dues aux matériels divers (Q_{md}) :

Ces machines peuvent être très diversifiées, étuves, cutters, hachoirs …etc. a on :

$$Q_{m.d} = i .p.\tau \ / 24 \quad (W) \quad \text{.....} \ (15)$$

n : nombre de machine divers.

P : puissance de chaque type de machine en (W).

t : durée de fonctionnement de chaque type de machine en (h/j).

III .2.2.1.2.les charges thermiques internes dépendantes de denrées entreposées :

III .2.2.1.2.1. Charge thermique due aux denrées entrantes (Q_{de}):

Cette charge résulte de ce que les produits introduits dans la chambre froide se trouvent 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'atteint pas la température d'entreposage. Cette charge est donnée par la formule :

- ✓ Dans le cas de réfrigération :

$$Q_{de} = \frac{m.c_1(t_1 - t_2)}{86400}(KW) \quad \text{..... (16)}$$

- ✓ Dans le cas de congélation :

$$Q_{de} = \frac{m.c_1.(t_1 - t_2) + m.L + m.c_2.(t_3 - t_2)}{86400}(KW) \quad \text{.....(17)}$$

Avec :

m : masse de denrées introduites chaque jour. (Kg/j).

C_1 : capacité thermique massique avant la congélation du produit à entreposer (KJ/Kg.K).

t_1 : température initiale de la denrée introduite. (°C).

t_2 : température de congélation de la denrée. (°C).

L : chaleur latente de congélation de la denrée. (KJ/Kg).

C_2: capacité thermique massique après la congélation du produit à entreposer (KJ/Kg.K).

t_3 : température d'entreposage qui tend vers la température de la chambre froide (°C)

III .2.2.1.2.2. La charge thermique due aux respirations des denrées (Q_{resp}) :

Les produits végétaux (fruits et légumes) dégagent de la chaleur du fait de leur respiration.

Il faut tenir compte de la charge correspondante qui a pour valeur :

$$Q_{resp} = \frac{m.q_{resp}}{3600} \quad (KW) \quad \text{..... (18)}$$

Avec :

m : masse de marchandises (**Kg/j**).

Q_{res}: chaleur de respiration de marchandises (**KJ/Kg**).

Les produits végétaux et les fromages dégagent de la chaleur de respiration ou de fermentation on a : $Q_{resp} = 0$.

III .2.2.1.2.3. Puissances frigorifique de l'évaporateur :

A ce stade de calcul, on détermine la puissance frigorifique intermédiaire P_{int} que le ou les évaporateurs devront assurer afin de couvrir la charge thermique intermédiaire Q_{int}.

La charge frigorifique intermédiaire (Q_{int}) est la somme des charges thermiques

Calculées précédemment :

$$Q_{int} = Q_{tr} + Q_{re} + Q_{op} + Q_{ec} + Q_{pe} + Q_{mr} + Q_{md} + Q_{de} + Q_{resp} \quad \text{.... (19)}$$

En désignant par tint la durée journalière de fonctionnement de l'installation frigorifique en heures. La puissance intermédiaire de l'évaporateur P_{int} s'écrit :

$$P_{int} = Q_{int} \times 24 / \tau_{inst} \quad \text{..... (20)}$$

En général la durée de marche de l'installation frigorifique (t_{int}) est de 18heures par jour pour la produits congelés et de 16 heures par jour dans les autres cas, pour les installations industrielles la durée de fonctionnement va 18 à 20 heures la détermination provisoire des évaporateurs se fait à partir du calcul de la puissance frigorifique prévisionnelle $P_{prév}$ en ajoutant 20% à la puissance frigorifique intermédiaire.

III .2.2.1.2.4. Les charges thermiques dues aux moteurs des ventilateurs de l'évaporateur [Q_{vent}] :

Dans les chambres froides modernes, on utilise toujours dès évaporateurs équipés d'un ou plusieurs ventilateurs ce qui permet d'assurer un brassage et une circulation efficaces de l'air. Chaque ventilateur est en trainé par un moteur électrique qui dégage de la chaleur qui s'ajoute à la chaleur dégagée par les différentes autres sources, la charge due aux moteurs des ventilateurs est alors donnée par la formule :

$$Q_{vent} = \frac{n.p.\tau_{evap}}{\tau_{inst}} \quad (w) \quad \text{..... (21)}$$

Avec :

n: Nombre de moteur de ventilateurs.

p : puissance du ventilateur considérée en (w).

τ_{evap} : Durée de fonctionnement des frigorifique en (h/d).

τ_{inst} : Durée de marche de l'installation frigorifique en (h/d) en générale (18h/d) pour les chambres froides de produits congelais et (16h/d) pour les autres cas.

III .2.2.1.2.5. Les charges thermiques dues aux résistances de dégivrage $[Q_{dég}]$:

Il existe différents systèmes de dégivrage d'un évaporateur mais il s'agit souvent de résistances électriques. La charge due aux résistances électriques est alors :

$$Q_{dég} = \frac{n.p.\tau_{dég}}{\tau_{inst}} (w) \quad \text{..... (22)}$$

Avec :

n : nombre de résistances électriques.

p : puissance calorifique de chaque résistance d'un type donnée en (w).

$\tau_{dég}$: Durée journalier de dégivrage en (h/d).

τ_{inst} : Durée de marche de l'installation frigorifique en (h/d) en général 18h/d pour les chambres froides de produits congelés et (16h/d) pour les autres cas.

III .2.2.1.2.6. La puissance frigorifique effective de l'évaporateur : [Q_{effe}]

$$Q_{effe} = Q_{int} + Q_{vent} + Q_{deg}$$

III .2.2.1.2.7. La charge thermique prévisionnelle : [Q_{prev}]

$$Q_{prév} = 1{,}2 \times Q_{int}$$

III .3. Calcul de bilan thermique : chambre N°: 02

III .3.1. Les charges thermiques par transmission à travers les parois : [Q_{tr}]

On procéder à ce calcul paroi par paroi, c'est-à-dire d'abord les quatre parois verticales puis le plancher haut (toiture) et enfin le plancher bas (sol).

	Les parois						
	1	2	3	4	porte	Sol	Plafond
Langueur (m)	5,57	8,26	4,12	8,26	1,45	8,26	8,26
Largeur (m)						5,57	5,57
Hauteur (m)	4,56	4,56	4,56	4,56	2,60		
Surface (m^2)	25,399	37,665	21,629	37,665	3,77	46,008	46,008
Température exterieur (°C)	38	-18	12	4	12	15	38
Température Intérieur (°C)	2	2	2	2	2	2	2
Humidité Extérieur **%**	32	32	32	32	32	32	32
Humidité Intérieur **%**	91	91	91	91	91	91	91

Tableau 01: Dimensionnement de la deuxième chambre

- **Pour la paroi extérieure (1) :**

$Q_{tr1} = K.S.\Delta T$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{he} + \sum \frac{e_{iso}}{\lambda_{iso}} + \frac{1}{hi}}$$

Avec :

$\frac{1}{he}$ et $\frac{1}{hi}$: (Tab 1) annexe 01

$\sum \frac{e_{iso}}{\lambda_{iso}}$: (Tab 2 ; 3) annexe 01

$$k = \frac{1}{0,03 + \left[\left(\frac{0,005}{45}\right) \times 3\right] + 0,21 + \frac{0,1}{0,024} + 0,06} = \mathbf{0,223\ w/m^2.k}$$

$\Delta T = T_{ext} - T_{int}$

$\Delta T = (38+273) - (2+273) = 36\ k$

ΔT=36 k

$S = L \times h$

$S = 5,57 \times 4,56 = 25,399 m^2$

S =25,399 m^2

Donc :

$Q_{tr1} = 0,223 \times 25,399 \times 36$

$Q_{tr1} = 203,903\ w$

- **Pour les parois intérieures (2;3;4) :**

La paroi numéro 2 est parallèle avec la chambre de congélation 1 et la paroi numéro 3 est parallèle avec la SAS est pour la paroi numéro 4 est parallèle avec la chambre de réfrigération numéro 3, ce qui fait le coefficient k est change et aussi les couche de ces parois sont déférent de l'autre paroi extérieure

$\frac{1}{he}$ et $\frac{1}{hi}$: (Tab 1) annexe 01

$\sum \frac{e_{iso}}{\lambda_{iso}}$: (Tab 2 ; 3) annexe 01

- **Paroi (2):**

$$k = \frac{1}{0{,}06 + \left[\left(\frac{0{,}005}{45}\right) \times 2\right] + \frac{0{,}1}{0{,}024} + 0{,}12} = \mathbf{0,230\ w/m^2.k}$$

K = 0,230 w/m².k

$\Delta T = T_{ext} - T_{int}$

$\Delta T = 2 - (-18) = 20$ K

ΔT= 20 k

$S = 8{,}26 \times 4{,}56 = 37{,}665\ m^2$

S =37,665 m²

Donc :

$Q_{tr2} = 0{,}230 \times 37{,}665 \times 20$

Q_{tr2} = 173,259 w

- **Paroi (3) :**

Porte + mur

- **Porte:**

$$k = \frac{1}{0{,}06 + \left[\left(\frac{0{,}005}{45}\right) \times 2\right] + \left[\left(\frac{0{,}02}{0.15}\right) \times 2\right] + \frac{0{,}1}{0{,}024} + 0{,}12} = \mathbf{0,216\ w/m^2.k}$$

K = 0,216 w/m^2.k

$\Delta T = T_{ext} - T_{int}$

$\Delta T = 12 - 2 = 10$ k

$\Delta T = 10$ K

$S_P = 2{,}60 \times 1{,}45 = 3{,}77\ m^2$

$S_P = 3{,}77\ m^2$

Donc :

$Q_{trp} = 0{,}216 \times 3{,}77 \times 10$

$Q_{tr3p} = 8{,}143$ w

- **Mur:**

K = 0,230 w/m^2.k

$\Delta T = 12 - 2 = 10$ k

$S_N = S_T - S_P$

$S_T = 5{,}57 \times 4{,}56 = 25{,}399\ m^2$

$S_N = 25{,}399 - 3{,}77 = 21{,}629\ m^2$

$Q_{trM} = 0{,}230 \times 21{,}629 \times 10$

$Q_{trM} = 49{,}746$ W

$Q_{trT} = Q_{trP} + Q_{trM}$

$Q_{trT} = 8{,}143 + 49{,}746$ W

$Q_{trT} = 57{,}889$ W

- **Paroi (4):**

K = 0,230 w/m^2.k

$\Delta T = T_{ext} - T_{int}$

$\Delta T = 4 - 2 = 2°$ K

$S = 8{,}26 \times 4{,}56 = 37{,}665 m^2$

$Q_{tr} = 0{,}230 \times 37{,}665 \times 2$

$Q_{tr} = 17{,}325$ w

- **Plafond:**

K=0,223 $w/m^2.k$

ΔT = Text – Tint

ΔT = 38 – 2= 36°c

S = 18.26× 5,57 = 46,008m^2

$Q_{tr\ plaf}$ = 0,223× 46,008× 36

$Q_{tr\ plaf}$ = 369,352 w

- **Sol :**

$\frac{1}{he}$ = 0 dans le cas d'une chambre positive

$\sum \frac{e_{iso}}{\lambda_{iso}}$: (Tab 4) annexe 02

$$K = \frac{1}{\frac{1}{hi} + \sum_{n=1}^{n} \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{he}} \ (W/m^2.^oK)$$

$$k = \frac{1}{0,06 + \frac{0,03}{1,05} + \frac{0,02}{0,87} + \frac{0,002}{0,23} + \frac{0,04}{0,033} + \frac{0,12}{1,16}} = \mathbf{0,696} w/m^2.k$$

ΔT = T_{ext} – T_{int}

En partent pour la terre-plein d'une température (+15 °C = T_{ext})

ΔT = 15 –2= 13 k

S = 8,26× 5,57 = 46,008m^2

$Q_{tr\ sol}$ = 0,696× 46,008× 13=416,797

$Q_{tr\ sol}$ = 416,797w

- D'où la charge thermique totale due aux apporte de chaleur par transmission à traverse les parois :

$Q_{tr\ total} = Q_{tr1} + Q_{tr2} + Q_{tr3} + Q_{tr4} + Q_{tr\ plaf} + Q_{tr\ sol}$

$Q_{tr\ total}$ = 203,903+173,259+57,889+17,325+369,352+416,797=1238,525 w

$Q_{tr\ total}$ = 1238,525 w

III .3.2. La charge thermique par renouvellement d'air :[Q_{tre}]

$Q_{tre} = ma.e \times \Delta h$

On a :

$m_{a.e} = \frac{V_{a.e} \times \rho_{a.a}}{86400}$

Avec :

- $V_{a.e} = V_{cf} \times n$

Avec :

$V_{cf} = S \times h$

$V_{cf} = 46.008 \times 4,56$

V_{cf} = 209,796 m^3

$n = \frac{70}{\sqrt{V_{cf}}} = \frac{70}{\sqrt{209,796}} = 4,832\ s^{-1}$

$n = 4,2832\ jour^{-1}$

donc :

$V_{a.e} = V_{cf} \times n = 209,796 \times 4,832 = 1013,734$

$V_{a.e}$ = 1013.734m^3/s

$m_{a.e} = \frac{V_{a.e} \times \rho_{a.a}}{86400} = = \frac{1013,734 \times 1,274}{86400} = 0,0149\ kg/s$

$m_{a.e} = 0,0149\ kg/s$

$\Delta h = H_{a.e} - H_{a.cf} = 72,274 - 11,941 = 60,333\ kJ/kg$

Δh = 60,333 kJ/kg

Alor :

$Q_{tre} = m_{a.e} \times \Delta h = 0,0149 \times 60,333 = 898,961$

Q_{tre} = 898,961 W

III .3.3. La charge thermique par ouverture des portes : [Q_{op}]

$$Q_{op} = \left[8 + \left(0{,}067 \times \Delta T_p\right)\right] \times \tau_p \times \rho_{a.a} \times L_p \times h_p \times \sqrt{h_p\left(1 - \frac{\rho_{a.e}}{\rho_{a.a}}\right)} \times (h_{a.f} - h_{a.a}) C_{r.a}\ (W)$$

Avec :

$\Delta Tp = T_{ext} - T_{int} = 12 - 2 = 10$ k

$C_{ra} = 1$ (Les portes sans rideau)

- Calcul la contenance :

$C = A \times h \times de \times \delta 0$

$A = 8.26 \times 5{,}57 = 46{,}008\ m^2$

h= 3,6 m , de = 350 kg/m^3 (Tab 8) annexe 03 , $\delta 0 = 0{,}675$ (tab 7) annexe 03

donc :

$c = 46{,}008 \times 3{,}6 \times 350 \times 0{,}675 = 39129{,}804$ kg

c = 39129,804 kg

- Dans notre cas le maximum des marchandises représentent 25% de la capacité de stockage donc :

$39129{,}804 \times 25\% = 9782{,}451$ kg

9782,451 kg ⟶ fj = 9,7824 t/d

- Calcul le temps d'ouverture des portes d'une chambre froide :

$\tau p = \frac{dt \times fj}{24}$

avec :

dt = 6 min/t (tab 6) annexe 02

fj = 9,7824 t/d

donc :

$\tau p = \frac{6 \times 9{,}7824}{24}$

$$\tau p = 2{,}445 \text{ min/h}$$

$$\mathbf{Q_{op} = [8 + (0,067 \times 10)] \times 2,445 \times 1,274 \times 1,45 \times 2,60 \times \sqrt{2,60\left(1 - \frac{1,225}{1,274}\right)} \times (27,37 - 11,941)1}$$

$$\mathbf{Q_{op} = 494,218\ w}$$

III .3.4. La charge thermique de l'éclairage : [Q_{tec}]

Q_{tec} = 6 w/m^2

$Q_{tec} = S \times 6$

Q_{tec} = $46{,}008 \times 6 = 276{,}048\ w$

$$\mathbf{Q_{tec} = 276{,}048\ w}$$

III .3.5. La charge thermique des personnes : [Q_{tp}]

La température de la chambre froide 2℃ donc la quantité de chaleur dégagée :

Q_{tp} = 258 W (Tab 5) annexe 02

$$Q_{tp} = \frac{i \times Qp \times \tau}{24} = \frac{5 \times 258 \times 8}{24}$$

$$\mathbf{Q_{tp} = 430\ w}$$

III .3.6. La charge thermique due au matériel roulant : [Q_{tmr}]

$$Q_{tmr} = \frac{i \times p \times t}{24} = 0\ w$$

Par ce que (i = 0) il n'ya pas matériel roulant.

III .3.7. La charge thermique due à des machines déverse : [Q_{tmd}]

$$Q_{tmd} = \frac{i \times p \times t}{24} = 0\ w$$

Par ce que (i = 0) il n'ya pas machines déverses.

III .3.8. La charge thermique due aux denrées entrantes : [Q_{de}]

$$Q_{de} = \frac{m.c_1.(t_1 - t_2)}{86400}$$

m = 9782,451 kg

t_1 = 12℃ , t_2 = 2℃

c_1 = 3,85 kj/kg.k (tab 9) annexe 04

Donc :

$$Q_{de} = \frac{9782{,}451 \times 3{,}85 \times (12-2)}{86400} = 4{,}359kw$$

$$\mathbf{Q_{de} = 4359{,}078\ w}$$

III .3.9. La charge thermique de respiration : [Q_{resp}]

$Q_{resp} = \frac{m \cdot q_{resp}}{86400}$

m= 9,782 t/d

$q_{resp} = 77{,}4\ kj/t.h$ (tab 10) annexe 04

$Q_{resp} = \frac{9{,}782 \times 77{,}4}{86400}$ = 0,00876 kw

Q_{resp} = 8,763 w

III .3.10. La charge thermique intermédiaire de l'évaporateur : [Q_{tint}]

Q_{tint} = $Q_{tr} + Q_{tre} + Q_{top} + Q_{tec} + Q_{tpe} + Q_{tmr} + Q_{tmd} + Q_{tde} + Q_{tresp}$

Q_{tint} = 1238,525+ 898,961 + 494,218+ 276,048+ 430 +0+ 0+ 4359,078+ 8,763

Q_{tint} = 7705,593 w

III .3.11. La puissance frigorifique de l'évaporateur : [Q_{tint}]

$Q_{tint} = \frac{Q_{tint} \times 24}{\tau inst}$

$Q_{tint} = \frac{7705{,}593 \times 24}{16}$

Q_{tint} = 11558,389 w

III .3.12. La charge thermique pour les ventilateurs de l'évaporateur : [Q_{tvent}]

$Q_{tvent} = \frac{n \times p \times \tau_{evap}}{\tau_{inst}}$

Avec

n= 2

P = 180 w (pour un seul moteur de ventilateur)

τ_{evap} = 16 h/d (chambre froide positif)

$$Q_{tvent} = \frac{2 \times 180 \times 16}{16}$$

$$Q_{tvent} = 360 \text{ w}$$

III .3.13. La charge thermique pour due aux résistances de dégivrage : [Q_{tdeg}]

$$Q_{tdeg} = \frac{n \times p \times t_{deg}}{\tau_{inst}}$$

$$Q_{tdeg} = \frac{2 \times 1305 \times 1}{16} = 163{,}125 \text{ W}$$

$$\mathbf{Q_{tdeg} = 163{,}125 \text{ W}}$$

III .3.14. La charge thermique prévisionnelle : [Q_{prev}]

$$Q_{prev} = 1{,}2 \times Q_{int}$$

$$Q_{prev} = 1{,}2 \times 11558{,}389$$

$$Q_{prev} = 13870{,}067 \text{w}$$

$$\mathbf{Q_{prev} = 13870{,}067 \text{ w}}$$

III .3.15. La puissance frigorifique effective de l'évaporateur : [Q_{effe}]

$$Q_{effe} = Q_{int} + Q_{tvent} + Q_{deg}$$

$$Q_{effe} = 11558{,}389 + 360 + 163{,}125$$

$$\mathbf{Q_{effe} = 12081{,}514 \text{ w}}$$

Donc:

$$\mathbf{Q_{prev} > Q_{effe}}$$

Parois	**Coéff. K** **W / m². K**	**ΔT** **°C**	**Surface** **m²**	**Qtr** **W**
1 (mur ext)	0,223	36	25,399	203,903
2 (mur int)	0,230	20	37,665	173,259
3 (mur int)	0,230	10	21,629	49,746
Porte	0,216	10	3,77	8,143
4 (mur int)	0,230	2	37,665	17,325
Plafond	0,223	36	46,008	369,352
Sol	0,696	13	46,008	416,797
				$Q_{tr.total}$ = 1238,525

Tableau 02 : Charge thermique à travers les parois de la chambre N°: 02

Les charges thermiquesç	**Résultat (W)**
La charge thermique par transmission à travers les parois : [Qtr]	1238,525
La charge thermique par renouvèlement d'air : [Qtre]	898,961
La charge thermique par ouverture des portes :[Qtop]	494,218
La charge thermique de l'éclairage [Qtec]	276,048
La charge thermique des personnes [Qtpe]	430
La charge thermique due au matériel roulant et diverses :[Qtmr] et [Qtmd]	0
La charge thermique due aux denrées entrantes : [Qtdent]	4359,078
La charge thermique de respiration [Qtresp]	8,763
La charge thermique intermédiaire de l'évaporateur [Qtint]	7705,593
la puissance frigorifique de l'evaporateur $Q_{tint} = \frac{Q_{tint} \times 24}{\tau_{inst}}$	11558,389
La charge thermique pour les ventilateurs de l'évaporateur [Qtvent]	360
La charge thermique due aux résistances de dégivrage [Qtdég]	163,125
La charge thermique Prévisionnelle [Qprev] : Qprev = 1.2 × Qtot	13870,067
La puissance frigorifique effective de l'évaporateur : [Q_{effe}]	12081,514

Tableau 03: Autres charges thermiques de la chambre N°: 02

E n résumée les résultats des autres chambres (1; 3 et la SAS):

- ✓ **Chambre N^{0}01 (Congélation):**

Parois	**Coeff. K** **W / m². K**	**ΔT** **°C**	**Surface** **m²**	**Qtr** **W**
1(mur ext)	0,223	56	25,399	318,411
2(mur ext)	0,223	56	37,665	470,368
3(mur int)	0,230	41	21,629	203,961
Porte	0,216	30	3,77	24,517
4(mur int)	0,230	22	37,665	190,584
Plafond	0,223	56	46,008	574,547
Sol	0,682	56	46,008	1758,667
				Qtr.total = 3541,055

Tableau 04: Charge thermique à travers les parois de la chambre N°: 01

Nom de la déperdition de la charge thermique	**Résultat (W)**
La charge thermique par transmission à travers les parois : [Qtr]	3541,055
La charge thermique par renouvèlement d'air : [Qtre]	0,906
La charge thermique par ouverture des portes :[Qtop]	4253,386
La charge thermique de l'éclairage [Qtec]	276,048
La charge thermique des personnes [Qtpe]	630
La charge thermique due au matériel roulant et diverses :[Qtmr] et [Qtmd]	0
La charge thermique due aux denrées entrantes : [Qtdent]	11187,614
La charge thermique de respiration [Qtresp]	0
La charge thermique intermédiaire de l'évaporateur [Qtint]	19889,009
la puissance frigorifique de l'évaporateur $Q_{tint} = \frac{Q_{tint} \times 24}{\tau_{inst}}$	26518,678
La charge thermique pour les ventilateurs de l'évaporateur [Qtvent]	450
La charge thermique due aux résistances de dégivrage [Qtdég]	800
La charge thermique Prévisionnelle [Qprev] : Qprev = 1.2 × Qtot	31822,414
La puissance frigorifique effective de l'évaporateur : [Q_{effe}]	27768,678

Tableau 05: Autres charges thermiques de la chambre N°: 01

Chambre N^{0}03 (réfrigération):

Parois	**Coeff. K** **W / m². K**	**ΔT** **°C**	**Surface** **m²**	**Qtr** **W**
1(mur ext)	0,223	34	25,399	192,575
2(mur int)	0,230	2	37,665	17,325
2'(mur int)	0,230	8	15,883	29,224
Porte	0,216	8	3,77	6,514
3(mur ext)	0,223	34	25,399	192,575
4(mur ext)	0,223	34	57,319	434,592
Plafond	0,223	34	70,014	530,846
Sol	0,696	11	70,014	5360,027
				Qtr.total = 1884,227

Tableau 06: Charge thermique à travers les parois de la chambre N°: 03

Nom de la déperdition de la charge thermique	**Résultat (W)**
La charge thermique par transmission à travers les parois : [Qtr]	1884,227
La charge thermique par renouvèlement d'air : [Qtre]	1041,564
La charge thermique par ouverture des portes :[Qtop]	1168,252
La charge thermique de l'éclairage [Qtec]	420,084
La charge thermique des personnes [Qtpe]	656
La charge thermique due au matériel roulant et diverses :[Qtmr] et [Qtmd]	0
La charge thermique due aux denrées entrantes : [Qtdent]	12129,925
La charge thermique de respiration [Qtresp]	0
La charge thermique intermédiaire de l'évaporateur [Qtint]	17299,852
la puissance frigorifique de l'évaporateur $Q_{tint} = \frac{Q_{tint} \times 24}{\tau_{inst}}$	25949,778
La charge thermique pour les ventilateurs de l'évaporateur [Qtvent]	450
La charge thermique due aux résistances de dégivrage [Qtdég]	0
La charge thermique Prévisionnelle [Qprev] : Qprev = 1.2 × Qtot	31139,733
La puissance frigorifique effective de l'évaporateur : [Q_{effe}]	26399,778

Tableau 07: Autres charges thermiques de la chambre N°: 03

✓ **SAS:**

✓ **Parois**	**Coeff. K** **W / m². K**	**ΔT** **℃**	**Surface** **m²**	**Qtr** **W**
1(mur int)	0,230	30	2,842	19,609
Porte 1	0,216	30	3,77	24,517
1'(mur int)	0,230	10	26,995	62,088
Porte 2	0,216	10	3,77	8,143
2(mur int)	0,230	11	19,653	49,722
3(mur ext)	0,223	26	26,067	151,137
porte	0,216	26	7,54	42,344
4(mur int)	0,230	8	15,883	29,224
porte	0,216	8	3,77	6,514
Plafond	0,223	26	31,764	184,167
Sol	0,696	3	31,764	66,323
				Qtr.total = 662,644

Tableau 08: Charge thermique à travers les parois de la SAS

Nom de la déperdition de la charge thermique	**Résultat (W)**
La charge thermique par transmission à travers les parois : [Qtr]	662,644
La charge thermique par renouvèlement d'air : [Qtre]	0,534
La charge thermique par ouverture des portes :[Qtop]	51569,914
La charge thermique de l'éclairage [Qtec]	188,802
La charge thermique des personnes [Qtpe]	274,666
La charge thermique due au matériel roulant et diverses :[Qtmr] et [Qtmd]	0
La charge thermique due aux denrées entrantes : [Qtdent]	20529,1
La charge thermique de respiration [Qtresp]	8,763
La charge thermique intermédiaire de l'évaporateur [Qtint]	73234,423
la puissance frigorifique de l'évaporateur $Q_{tint} = \frac{Q_{tint} \times 24}{\tau_{inst}}$	109851,634
La charge thermique pour les ventilateurs de l'évaporateur [Qtvent]	360
La charge thermique due aux résistances de dégivrage [Qtdég]	163,125
La charge thermique Prévisionnelle [Qprev] : Qprev = 1.2 × Qtot	131821,961
La puissance frigorifique effective de l'évaporateur : [Q_{effe}]	110374,759

Tableau 09: Autres charges thermiques de la SAS

Chapitre IV :

Choix et calcul thermodynamique des systèmes frigorifiques

IV.1. Introduction :

Dans ce chapitre on va déterminer les caractéristiques thermodynamiques des différents points des cycles afin de pouvoir dimensionner les différents éléments de l'installation calculé au chapitre suivants.

IV.2. Le choix des moyens de production du froid :

Il existe trois moyens principaux de production du froid :

- mélanges réfrigérants.
- Détente d'un gaz comprimé.
- Evaporation d'un liquide pur ou d'un mélange de liquides purs.

Ce troisième moyen reste le seul utilisé pour les besoins industriels en réfrigération, congélation et conditionnement d'air. Il peut être réalisé grâce à une machine à compression ou à absorption. Dans notre étude, on choisit le système à compression mécanique car c'est le système le plusutilisé en raison de la fiabilité des compresseurs et de leur bon fonctionnement.

Pour avoir un bon coefficient de performance, il faut bien choisir le type de refroidissement du condenseur (air, eau, combiné) et le type de la détente (directe ou indirecte).

IV .3. Fluides frigorigènes :

Les fluides frigorigènes sont des substances ou des mélanges de substances, utilisés dans les circuits de systèmes frigorifiques tels que: des chambres froides, des réfrigérateurs, des vitrines réfrigérées... Les fluides frigorigènes ont la particularité d'avoir sous la pression atmosphérique, une température d'évaporation très faible. Cette propriété thermodynamique permet de produire du froid et du chaud.

IV.3.1. Choix du fluide frigorigène :

IV.3.2.Classification des fluides frigorigènes :

Pour la machine à compression mécanique les fluides frigorigènes utilisés sont divisés en trois groupes :

- Les chloro fluoro carbone (CFC).
- Les hydrau chloro fluoro carbone (HCFC).
- Les hydrau fluoro carbone (HFC).

Les CFC ont été introduits pour remplacer l'ammoniac (NH_3) et le chlorure de méthyle (CH_3Cl), (des fluides toxiques, en 1928).

IV.3.3. Critères de choix des fluides frigorigènes :

Pour réaliser une bonne installation on a intérêt de choisir le bon fluide et qui repend à plusieurs conditions .dont le choix du fluide frigorigène se fait selon plusieurs critères et qui sont :

- Critères thermodynamiques.
- Critères de sécurité.
- Critères d'action sur l'environnement.
- Critères techniques.
- Critères économiques.

Les points énumérés ci-dessus se résument comme suit :

IV.3.3.1 Critères thermodynamiques:

- Température d'ébullition;
- Température critique;
- Pression du cycle frigorifique;
- Echauffement des vapeurs au cours de la compression;
- Production frigorifique volumique.

IV.3.3.2 Critères de sécurité :

- Toxicité.
- Inflammabilité de la vapeur de frigorigène dans l'air.
- Action sur les denrées.
- Action sur l'environnement: Ozone, effets radiatifs (effet de serre).
- Action biologique.

IV.3.3.3 Critères techniques :

- Action sur les métaux.
- Action sur les matières plastiques et élastomères.
- Action sur les isolants électriques.
- Conductivité sur les huiles.
- Comportement en présence d'eau.
- Stabilité thermique.
- Efficacité des échanges thermiques.
- Aptitudes aux fuites.
- Détection, puis localisation des fuites.

IV.3.3.4 Critères économiques :

- Prix.
- Incidence du choix du frigorigène sur le prix de l'installation.
- disponibilité du frigorigène.

IV.3.3.5 Critères écologiques :

a). L'altération des réfrigérants sur la couche d'ozone :

C'est-à-dire, que les C.F.C libérés sur la terre s'élèvent lentement et parviennent dans la couche d'Ozone où leurs molécules subissent une dissociation photo logique sous l'action du rayonnement.

Les atomes du Chlore libérées vont alors réagir avec les molécules d'Ozone (O_3) pour former le "ClO" (Oxyde de Chlore) et O_2.

On estime qu'une molécule de Chlore peut entraîner la destruction de milliers de molécules d'Ozone.

Les CFC entrent dans la haute stratosphère, se décomposent sous l'effet des rayons ultraviolets en relâchant des molécules de dichlore (Cl_2) qui entrent en catalyse pour détruire chacune 100 000 molécules d'ozone (O_3) environ, un gaz bleuté qui bloque l'entrée des rayons UVBdangereux pour le règne (humain, animal, végétal). L'utilisation des CFC est interdite en 1996.

Les HCFC ont été introduits pour remplacer les CFC dont Les HCFC contient qu'un seul atome de chlore (la durée de vie des HCFC est réduite en comparaison au CFC) et leur influence néfaste sur la couche d'ozone est bien moindre que celle des CFC.

Quant aux HFC ne contenant pas de chlore, ils ne concourent pas à l'altération de la couche d'ozone. En vue de caractériser, les différents fluides frigorigènes du point de vue altération de la couche d'ozone on leur attribue à chacun un (potentiel d'altération de la couche d'ozone) désigné par le signe ODP (ozone depletion potential). Différents ODP sont données au tableau (III.01).

b). L'effet de serre :

La surface de la terre émet vers l'atmosphère un rayonnement infrarouge de grande longueur d'onde. Une partie de ce rayonnement est interceptée par la vapeur d'eau contenue dans l'air, par les nuages et par un certain nombre de gaz et retourne vers la surface de la terre ou elle permet d'y maintenir une température compatible avec les exigences de la vie tant animale que végétale, pour autant que la quantité de vapeur d'eau et de gaz contenue dans

l'atmosphère reste dans certaines limite, les conditions de vie sur terre restent satisfaisantes. En d'autres termes la vie sur terre est rendue possible grâce à un effet de serre naturel.

Les rayons solaires traversent aisément l'atmosphère et réchauffent la planète. La chaleur dégagée par celle-ci est en partie maintenue prisonnière par des gaz comme Le dioxyde de carbone, le méthane,et les (CFC, HCFC, HFC). On les appelle pour cette raison des "gaz à effet de serre". Ainsi l'énergie entre aisément, et sort difficilement. Il en résulte une augmentation de la température à l'intérieur de la basse atmosphère terrestre.

L'effet de serre est caractérisé pour chaque gaz, le potentiel d'action sur l'effet de serre GWP (global warning potentiel), le GWP permet de faire une comparaison entre les fluides frigorigènes.

Tableau 01 : Différents valeurs ODP de GWP			
Fluide frigorigène	**Composition**	**ODP (R11 = 1)**	**GWP à 100 ans CO_2 = 1**
R_{22}	**$CHClF_2$**	**0.05**	**1500**
R_{23}	**CHF_3**	**0**	**12100**
R_{32}	**CH_2F_2**	**0**	**580**
R_{124}	**$CHClFCF_3$**	**0.02**	**480**
R_{125}	**CF_3CHF_2**	**0**	**3200**
R_{134a}	**CF_3CH_2F**	**0**	**1200**
R_{142b}	**$CClF_2CH_3$**	**0.06**	**2000**
R_{143a}	**CF_3CH_3**	**0**	**4400**
R_{152a}	**CHF_2CH_3**	**0**	**140**
R_{227ea}	**CF_3CHFCF_3**	**0**	**3300**
R_{236fa}	**$CF3CH_2CF3$**	**0**	**8000**
R_{401Aa}	**R_{22}/ R_{152a}/ R_{124}**	**0.03**	**1080**
R_{401B}	**R_{22}/ R_{152a}/ R_{124}**	**0.035**	**1190**
R_{402A}	**R_{22}/ R_{125}/ R_{290}**	**0.02**	**2570**
R_{402B}	**R_{22}/ R_{125}/ R_{290}**	**0.03**	**2240**
R_{403A}	**R_{22}/ R_{218}/ R_{290}**	**0.04**	**2670**
R_{403B}	**R_{22}/ R_{218}/ R_{290}**	**0.03**	**3680**
R_{404A}	**R_{143a} / R_{125} / R_{134a}**	**0**	**3750**
R_{407A}	**R_{32} / R_{125} / R_{134a}**	**0**	**2000**
R_{407B}	**R_{32} / R_{125} / R_{134a}**	**0**	**2560**
R_{407C}	**R_{32} / R_{125} / R_{134a}**	**0**	**1610**
R_{408A}	**R_{22}/R_{143a} / R_{125}**	**0.026**	**3050**
R_{409A}	**R_{22}/R_{142b} / R_{124}**	**0.05**	**1440**
R_{409B}	**R_{22}/R_{142b} / R_{124}**	**0.05**	**1425**
R_{410A}	**R_{32} / R_{125}**	**0**	**1890**
R_{413A}	**R_{134a}/ R_{218}/R_{600a}**	**0**	**1770**
R_{507}	**R_{143a} / R_{125}**	**0**	**3800**
R_{508A}	**R_{23}/R_{116}**	**0**	**?**
R_{508B}	**R_{23}/R_{116}**	**0**	**?**

Le fluide frigorifique choisi dans notre système est le R404A.

Le R-404A est un mélange de remplacement zéotropique de type HFC, constituée de 52% de R143a, 44% de R125 et de 4% de R134a.

Il est utilisé de préférence pour les réalisations des installations neuves de type centrales frigorifiques pour grandes surfaces, entrepôts frigorifiques, installation de surgélation alimentaire et meubles pour la conservation des aliments congelés et les camions réfrigérés.

Ce fluide peut également remplacer le R-502 dans les installations existantes suivant une procédure.

IV.4.Les propriétés physico-chimiques du R-404A :

Tableau 02 :les propriétés physico chimique du R404 A		
Masse molaire	**g/mol**	**97,6**
Point d'ébullition (sous 1,013 bar)	**°C**	**-46.57**
Densité	**kg/m^3**	**863**
Température critique	**°C**	**72.14**
Pression critique	**Bar**	**37.35**
Chaleur latente	**kJ/kg**	**200.1**
Viscosité dynamique	**Pa .s**	**12.26×10^{-5}**
Chaleur spécifique	**kJ/ (kg.K)**	**1.539**
Conductivité thermique	**(w/m.k)**	**67.34×10^{-3}**

IV.5.Les principaux paramètres de fonctionnement du cycle :

IV.5.1La température de condensation :

On utilise un condenseur à air, le calcul de la température de condensation est calculé par la relation suivante :

$T_c = T_e + \Delta T$ °C…….……(1)

T_c : température de condensation

T_e : température extérieure de base.

ΔT : l'écart de température compris entre (8÷10).

IV.5.2La température d'évaporation :

On a choisi une machine frigorifique à détente directe c'est-à-dire que l'évaporateur est placé à l'intérieur de la chambre froide, dont la température d'évaporation est inférieure à celle de la chambre froide. On peut calculer la température d'évaporation à partir de la relation suivante:

$T_{ev} = T_i - \Delta T$ °C .....(2)

T_{ev} : la température d'évaporation

T_i : la température intérieure de la chambre froide

ΔT : l'écart de température qui est donné en fonction de l'humidité relative au tableau suivant :

Tableau 03 : l'écart de température

T_i (°c)	φ_i (%)	ΔT (°C)
> - 12	91 ÷ 95	7 ÷ 8
	86÷ 90	8 ÷ 9
	81 ÷ 85	9 ÷ 10
	76 ÷ 80	10 ÷ 11
	70 ÷ 75	11 ÷ 12
< -12	$\forall\varphi_i$	6

IV.5.3La pression de condensation et d'évaporation :

Les pressions de (condensation et d'évaporation) sont calculés à partir du diagramme enthalpique (P-H).

Suivant la température d'évaporation et la température de condensation et à partir de ces deux températures on peut tirer les pressions.

- Pression d'évaporation (l'isobare qui passe par la T° d'évaporation).
- Pression de condensation (l'isobare qui passe par la T° de condensation).

IV.5.4Le taux de compression :

Pour déterminer le nombre d'étage de la machine frigorifique, il faut d'abord calculer le taux de compression qui représente le rapport entre la pression de condensation et celle d'évaporation.

$\tau_{comp} = P_c/P_{ev}$ .....(3)

- Si le taux de compression est inférieur a 6 donc notre M.F est mono étagée.
- Si le taux de compression est supérieur a 6 donc notre M.F est bi étagée.

Pour le cas d'une machine frigorifique bi étagée il faut qu'on détermine la pression indéterminée.

$P_i = (P_{ev} \times P_c)^{1/2}$ bar…….……(4)

- Pour l'étage basse pression $\tau = P_i/P_{ev}$.
- Pour l'étage haute pression $\tau = P_c/P_i$.

IV.6.Exemple de calcul : chambre 02

(**T_i**= 2 °C) et (**T_e** = 38 °C).

L'écart de température **ΔT** = 9 °C.

$T_c = T_e + \Delta T$ = 38 + 9 = 47 °C.

L'écart de température ΔT = 8 °C.

T_{ev} = $T_i - \Delta T$ = 2 – 8 = - 6+°C.

A partir du diagramme psychométrie (air) Logiciel SOLKANE :

P_{ev}= 4,94 bar.

P_c = 21,39 bar.

On calcule le taux de compression.

τ_{comp}= **P_c/P_{ev}** = 21,39 / 4,94 = 4,32.

Le taux de compression est inférieur à 6 donc la machine utilisé est dite mono-étagée

pour introduire les valeurs de température de condensation et d'évaporation du R404 A et pour faire dessiner le diagramme enthalpique on utilise le logiciel frigorifique (SOLKANE)

Ce tableau résume les résultats des paramètres du fonctionnement :

Tableau 04 : les paramètres de fonctionnement de l'installation							
chambre	T_{ev} (°c)	T_c (°c)	P_{ev} (bar)	P_c (bar)	τ_{comp}	Nombre d'étage	P_i (bar)
01	-24	47	2,58	21,39	8,29	Bi-étagée	7,42
02	-6	47	4,94	21,39	4,32	Mono-étagée	
03	-4	47	5,27	21,39	4,05	Mono-étagée	
SAS	2	48	6,40	21,88	3,41	Mono-étagée	

IV.7. Choix des machines frigorifiques pour les différentes chambres :

A partir des calculs on a choisi pour notre projet :

Deux machines à compression mécanique mono étagée et une seule machine à compression mécanique Bi-étagée.

IV.7.1. La machines à compression mécanique mono étagée[11]:

Elle se compose principalement de quatre éléments essentiels :

Un compresseur, un condenseur, un évaporateur, un détendeur.

Le schéma suivant présente la disposition de ces éléments dans l'installation:

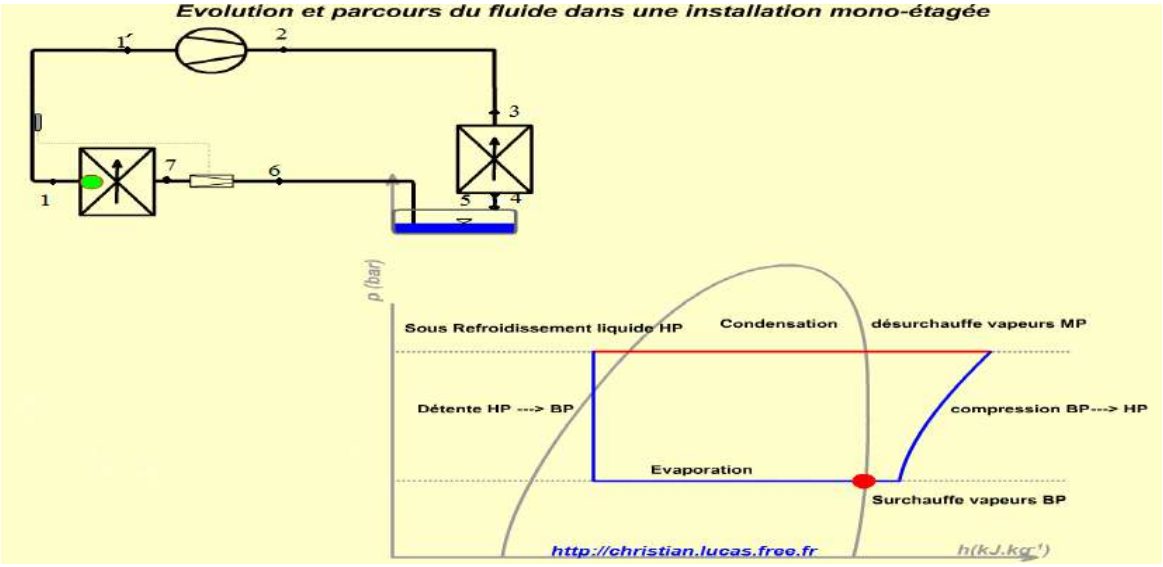


Fig 01: Machine frigorifique à compression mono étagée

IV.7.1.1. Principe de fonctionnement :

La chaleur Q_0cédée au fluide frigorigène au niveau de la chambre froide qui se refroidit autour de l'évaporateur entraîne la formation de vapeur par chargement du fluide frigorigène ; cette vapeur est aspirée, comprimée et refoulée par le compresseur auquel on doit fournir de l'énergie P, la quantité de chaleur extraite de l'évaporateur augmentée de l'énergie du compresseur est évacuée au niveau du condenseur et par conséquent s'échauffe, dans le condenseur le fluide frigorigène cède la chaleur Q_c tout d'abord sous forme sensible (désurchauffe) puis sous forme latente (condensation) et se liquéfiée.

La haute pression du liquide (HP) descend jusqu'à la basse pression (BP) à l'aide d'un détenteur, cette détente est accompagnée d'un refroidissement, la chaleur libérée par le fluide va servir à vaporiser une partie du fluide frigorigène liquide, le mélange liquide – vapeur détendu et envoyé à l'évaporateur et le cycle recommence.

IV.7.2. La machines à compression mécanique bi étagée[11]:

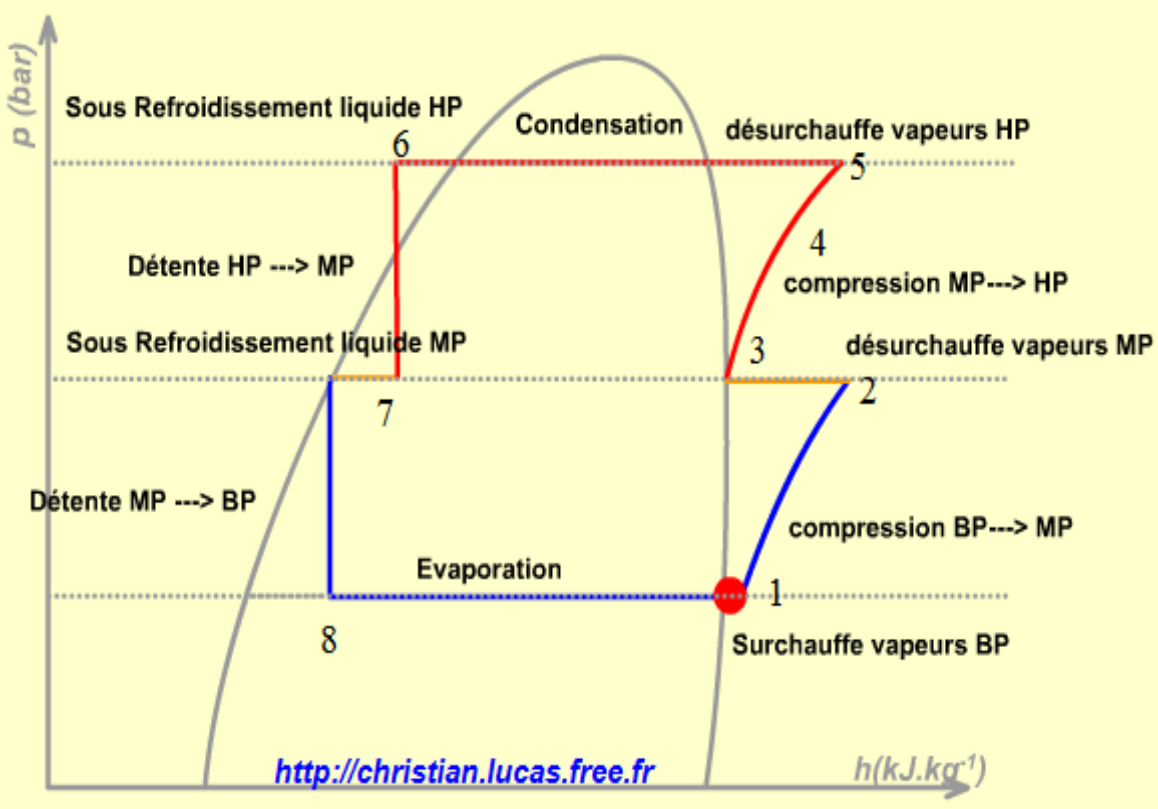


Fig 02 : Principe de la compression bi étagée

1. aspiration basse pression.
2. compresseur basse pression.
3. bouteille de refroidissement intermédiaire.
4. aspiration haute pression.
5. compresseur haute pression.
6. refoulement haute pression.
7. injection de liquide pour désurchauffé les vapeurs comprimées basse pression.
8. utilisation basse pression.

IV.7.2.1. Le principe fonctionnel :

Le refroidissement des vapeurs comprimées par l'étage basse pression est obtenu par injection partielle ou totale dans une capacité fermée placée entre les deux étages de compression de fluide frigorigène liquide en provenance du condenseur (figure). La vaporisation de ce liquide désurchauffant les vapeurs comprimées à la température

correspondant à la pression de condensation de celle-ci, elles sont aspirées par l'étage haut pression à l'état des vapeurs saturées (1). Le fait de procéder à cette injection de fluide frigorigène liquide dans cette bouteille intermédiaire permettra également de sous refroidir le liquide admis aux détendeurs (cas de l'injection partielle) ou l'utilisation du froid produit à deux températures correspondant respectivement à la température de vaporisation du fluide aspiré par l'étage basse pression, d'une part, et à celle d'écoulant de la pression régnant dans la bouteille intermédiaire, d'autre part (cas de l'injection totale), ce qui implique deux cycles frigorifiques distincts et différenciés simplement par le mode d'injection utilisé et dénommés :

- Cycle à injection totale.
- Cycle à injection partielle.

Outre le principe fonctionnel même, ces deux cycles diffèrent également par le fait que s'il est possible de choisir la pression intermédiaire dans le cas du cycle à injection partielle, cette pression découle généralement, dans le casdu cycle a injection totale, de la température à laquelle on désire utiliser le froid produit à cet étage de l'installation.

IV.8. Bilan frigorifiques de l'installation mono étagée :

Selon les paramètres qu'on a déterminés à partir du diagramme enthalpique on peut calculer les débits massiques et volumiques et les différentes puissances des composants de chaque installation.

IV.8.1. Calcule du bilan frigorifique de l'installation mono étagée :

IV.8.1.1. Le débit massique du fluide frigorigène :

Le débit massique du fluide frigorigène est le rapport de la puissance effective de l'évaporateur par la puissance frigorifique massique.

$$\mathbf{Q_m = Q_o / (H_6 - H_5)} \quad \mathbf{Kg/s……..……...(5)}$$

Q_m : débit massique du fluide frigorigène.

Q_o: puissance effective de l'évaporateur.

H_6 : l'enthalpie au point 6.

H_5: l'enthalpie au point 5.

IV.8.1.2. Le débit volumique du fluide frigorigène :

Le débit volumique du fluide frigorigène aspiré par le compresseur est le produit entre le débit massique et le volume spécifique.

$Q_v = Q_m \times V_6$ m^3/Kg……..(6)

Q_v : débit volumique du fluide frigorigène aspiré par le compresseur.

V_6 : volume spécifique au point 6.

IV.8.1.3.La puissance théorique consommée par le compresseur :

La puissance théorique consommée par le compresseur est le produit entre le débit massique et la variation enthalpique de l'aspiration et le refoulement du compresseur.

$P_{th} = Q_m \times (H_2 – H_1)$ Kw ……..……...(7)

P_{th} : puissance théorique consommée par le compresseur.

H_2 : l'enthalpie au point 2.

IV.8.1.4.La quantité de chaleur dégagée par le condenseur :

Cette quantité de chaleur est calculée par la relation suivante :

$Q_c = Q_m \times (H_3 – H_4)$ Kw….....(8)

Q_c : quantité de chaleur dégagée par le condenseur.

H_3 : l'enthalpie au point 3.

IV.8.1.5.Le coefficient de performance (COP):

Le coefficient de performance est le rapport de la puissance effective de l'évaporateur par la puissance théorique consommée par le compresseur.

$COP = Q_o / P_{th}$…….….(9)

IV.8.1.6.Vérification du bilan frigorifique de l'installation :

Après le calcul du bilan on doit faire une vérification par l'égalité suivante :

La somme de la puissance effective de l'évaporateur et la puissance théorique du compresseur égale la quantité de chaleur dégagée par le condenseur.

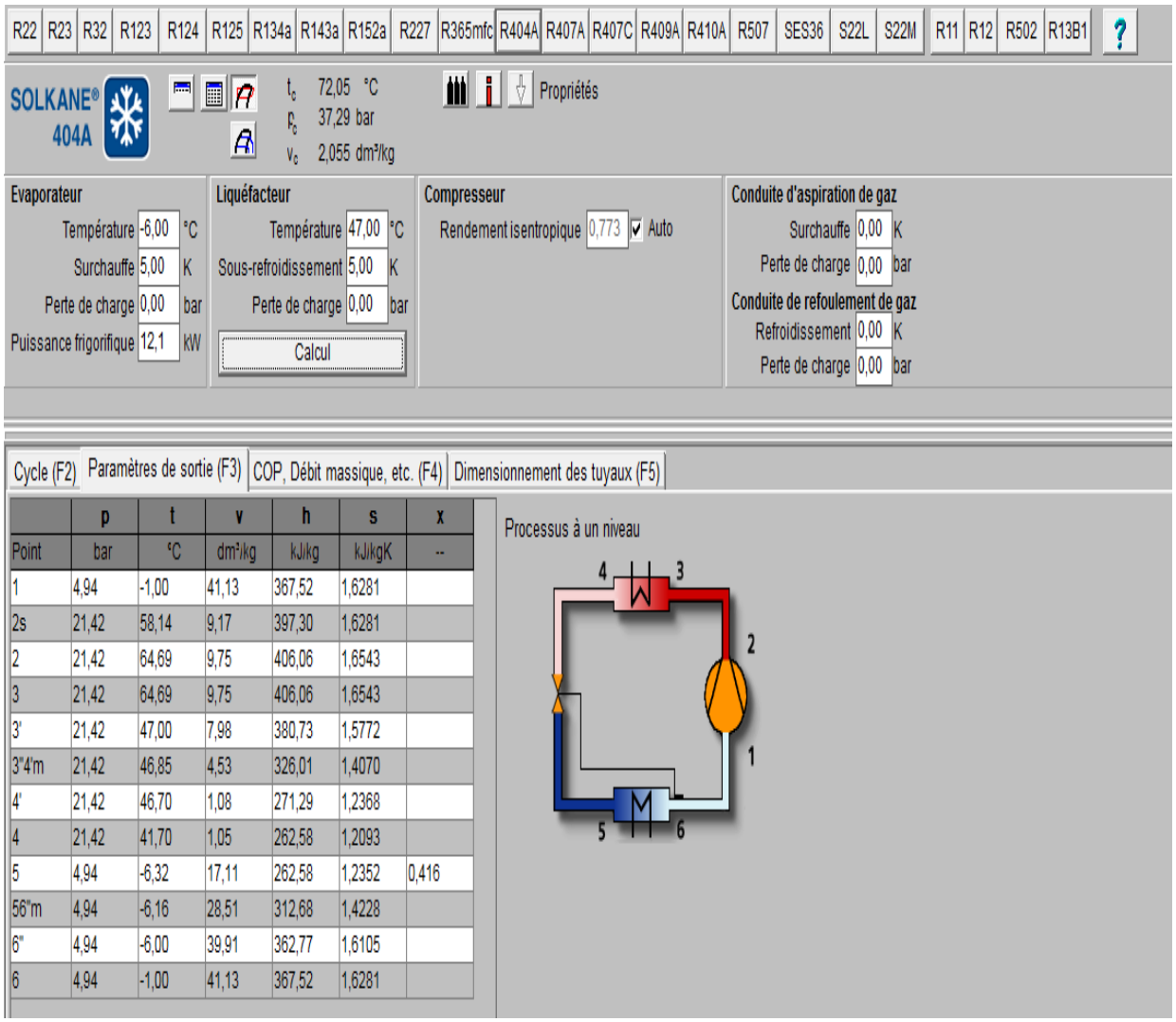
$Q_o + P_{th} = Q_c$ Kw……..(10)

IV.9. Le tracé du cycle frigorifique de la machine mono étagée exemple chambre 02:

La surchauffe des vapeurs à la sortie de l'évaporateur peut atteindre la valeur de 5 °C et 10°C à la ligne d'aspiration. La surchauffe totale est de 15 °C.

Le liquide se sous-refroidi au 3 ème tronçon du condenseur de 5°C et environ 5°C dans la ligne de liquide jusqu'au détendeur donc le refroidissement atteindre la valeur de 10 °C.

Le tracé du cycle frigorifique à partir du logiciel frigorifique **Solkane** est représenté sur le diagramme enthalpique:



	p	t	v	h	s	x
Point	bar	°C	dm³/kg	kJ/kg	kJ/kgK	--
1	4,94	-1,00	41,13	367,52	1,6281	
2s	21,42	58,14	9,17	397,30	1,6281	
2	21,42	64,69	9,75	406,06	1,6543	
3	21,42	64,69	9,75	406,06	1,6543	
3'	21,42	47,00	7,98	380,73	1,5772	
3"4'm	21,42	46,85	4,53	326,01	1,4070	
4'	21,42	46,70	1,08	271,29	1,2368	
4	21,42	41,70	1,05	262,58	1,2093	
5	4,94	-6,32	17,11	262,58	1,2352	0,416
56"m	4,94	-6,16	28,51	312,68	1,4228	
6"	4,94	-6,00	39,91	362,77	1,6105	
6	4,94	-1,00	41,13	367,52	1,6281	

Figure 03: paramètre à-propos de la chambre N°: 02

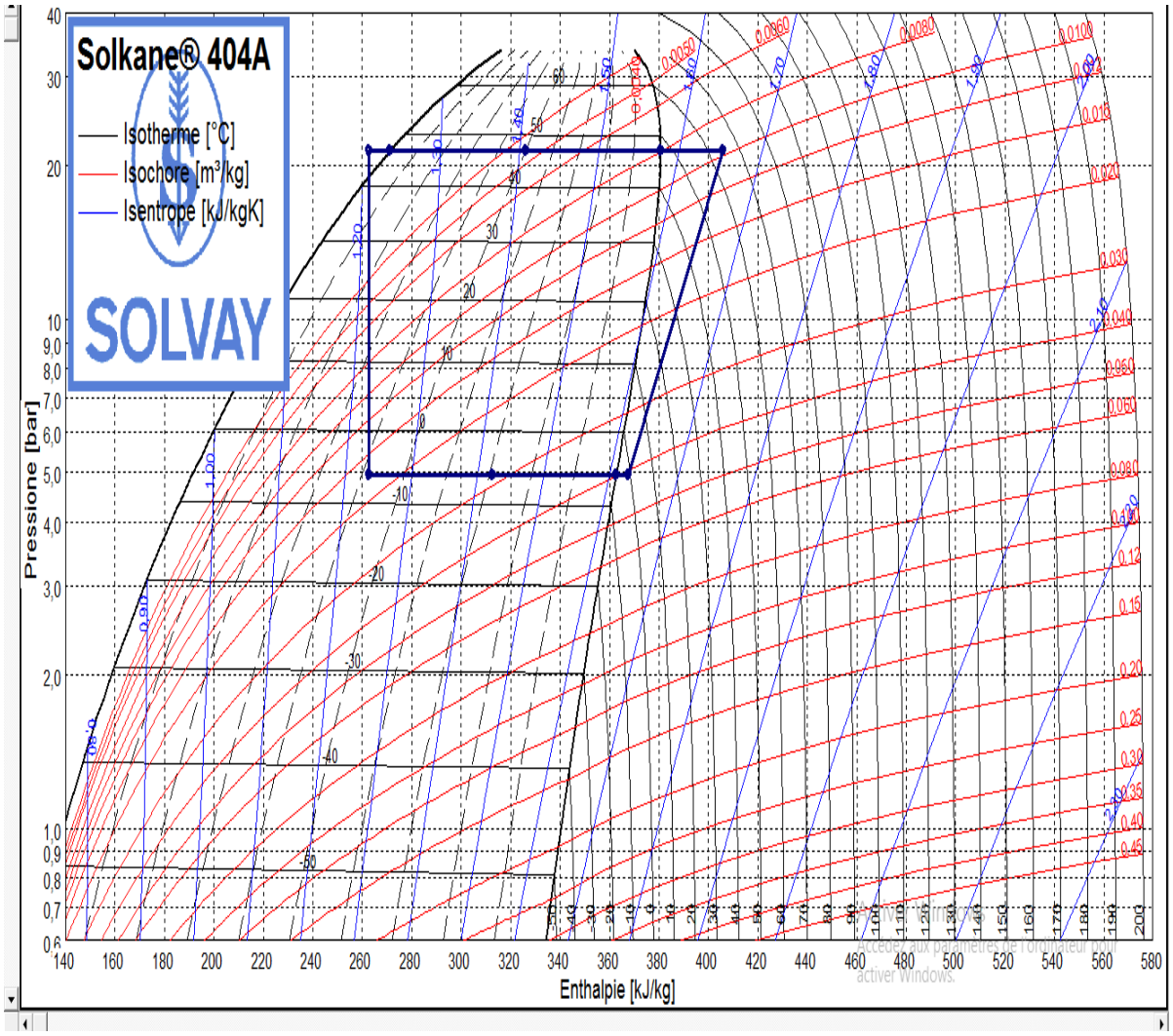


Figure 03: diagramme enthalpique pour la chambre N°02

Le tableau suivant indique l'évolution et les caractéristiques thermodynamiques du fluide frigorigène dans le cycle de l'installation frigorifique à compression mécanique mono étagée pour la chambre 02 ; sont tiré par la figure précédente :

Tableau 05: L'évolution du fluide frigorigène dans le circuit frigorifique R404A Chambre 02

Points	Etat du fluide frigorigène	Température (°C)	Pression (bar)	Enthalpie (kJ/kg.)	Volume spécifique (dm^3/kg)	Titre de vapeur
01	Vapeur	-1,00	4,94	367,52	41,13	/
02	Vapeur surchauffée	64,69	21,42	406,06	9,75	/
03	Vapeur saturée	64,69	21,42	406,06	9,75	/
04	Liquide sous-refroidi	41,70	21,42	262,58	1,05	/
05	Liquide + Vapeur	-6,32	4,94	262,58	17,11	0,416
06	Vapeur saturée	-1,00	4,94	367,52	41,13	/

***Calcule du bilan frigorifique de l'installation mono étagée:**

-Calcul le débit massique de fluide frigorigène :

$$Q_{mF.F} = \frac{Qeff_{evap}}{(h_6 - h_5)}$$

$$Q_{mF.F} = \frac{\mathbf{12,1}}{(367,52 - 262,58)}$$

$$Q_{mF.F} = 0,115 kg/s$$

- Calcul la puissance théorique de compresseur :

$$Pth.comp = Qm \times (h2 - h1)$$

$$Pth.comp = 236,458 \times (417,63\text{-}372,45) = 10683,172 \text{ w}$$

$$Pth.comp = 10,683 \text{ kw}$$

-Calcul la quantité de chaleur :

$$Q_C = Q_m \times (h2 - h3)$$

$$QC = 236,458 \times (417,63\text{-}260,90) = 37060,062 \text{ w}$$

$$QC = 37,060 \text{ w}$$

- Calcul le C.O.P :

$$C.O.P = \frac{Q_{mF.F}}{Pth.comp}$$

$$C.O.P = \frac{26376,944}{10,683 \times 1000}$$

$$C.O.P = 2,469$$

Chapitre V:

Sélection des équipements de l'installation frigorifique

IV.1. Introduction :

Pour que notre installation fonctionne bien aux conditions déterminée de chapitre précédents il faut que le dimensionnement des différents éléments de l'installation (compresseur, condenseur, détendeur et évaporateur ainsi que les appareilles annexes) soient bien calculer ces se que on essai de réaliser dans ce chapitre. Dans notre cas on a choisie un groupe de condensation.

IV .1.1. Groupe de condensation :

Exemple de la chambre N°:02

Le choix de groupe de condensation de notre installation a été fait à partir du logiciel Copland select 7 basé sur la puissance frigorifique $P_{f\,ch2}$ = 13,87 KW.

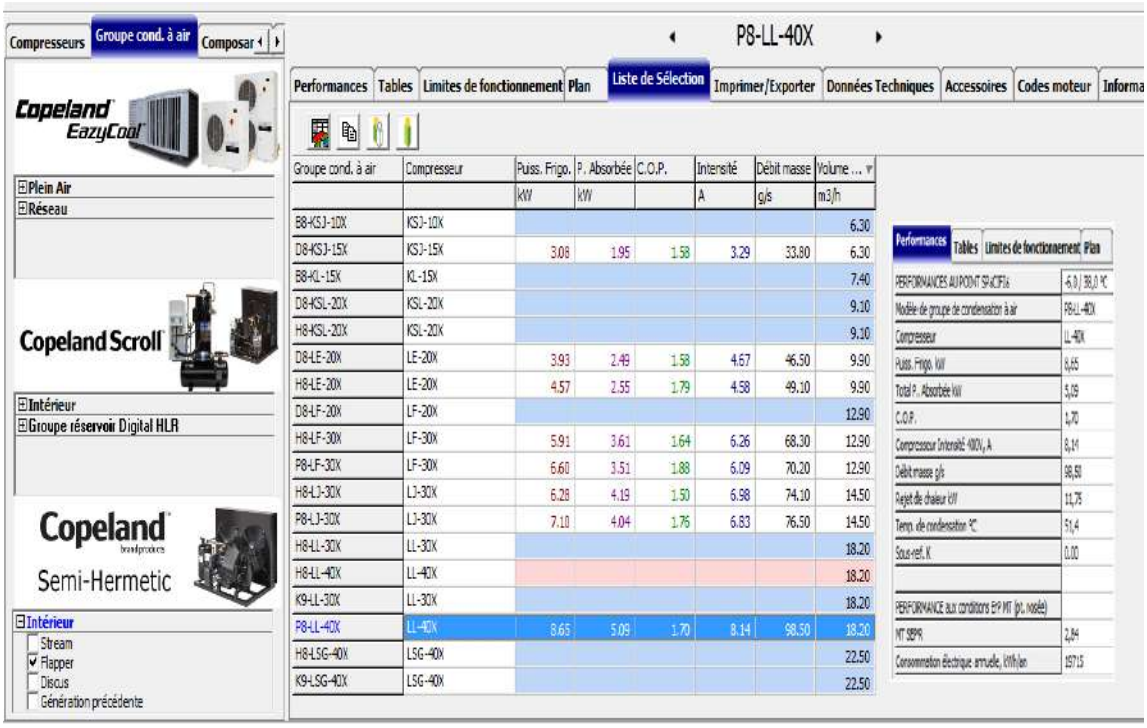


Figure 01 : Liste de sélection et performances compresseur Ch2

Modèle de groupe de condensation : P8-LL-40X

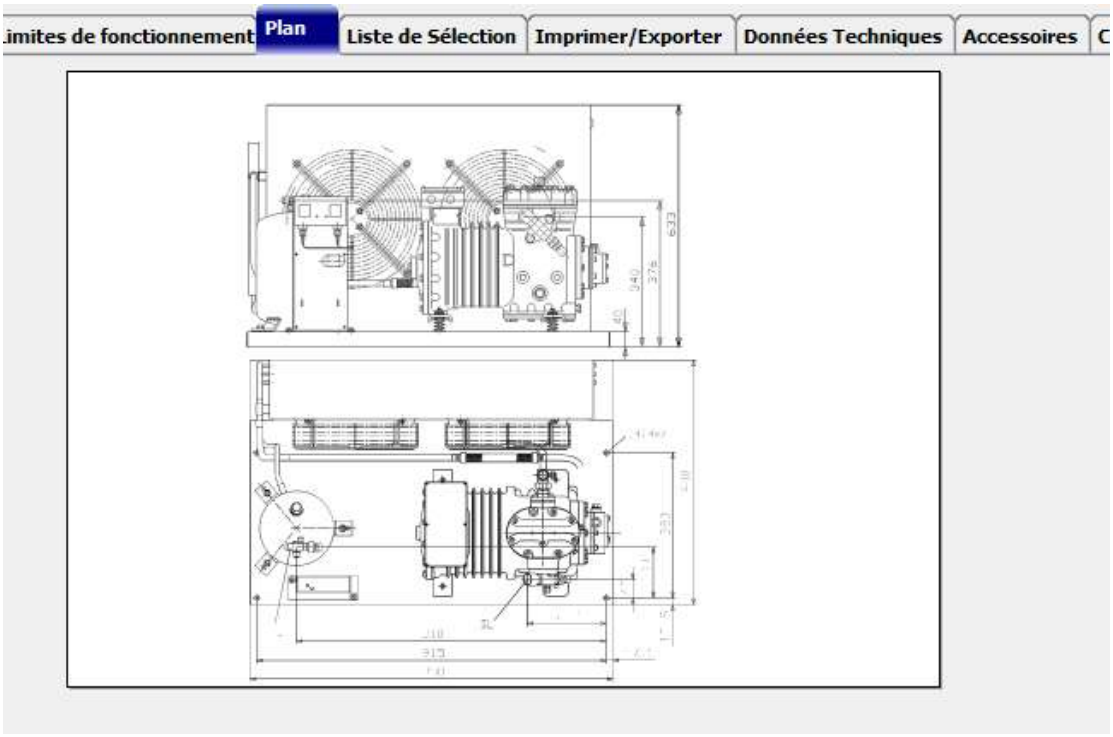
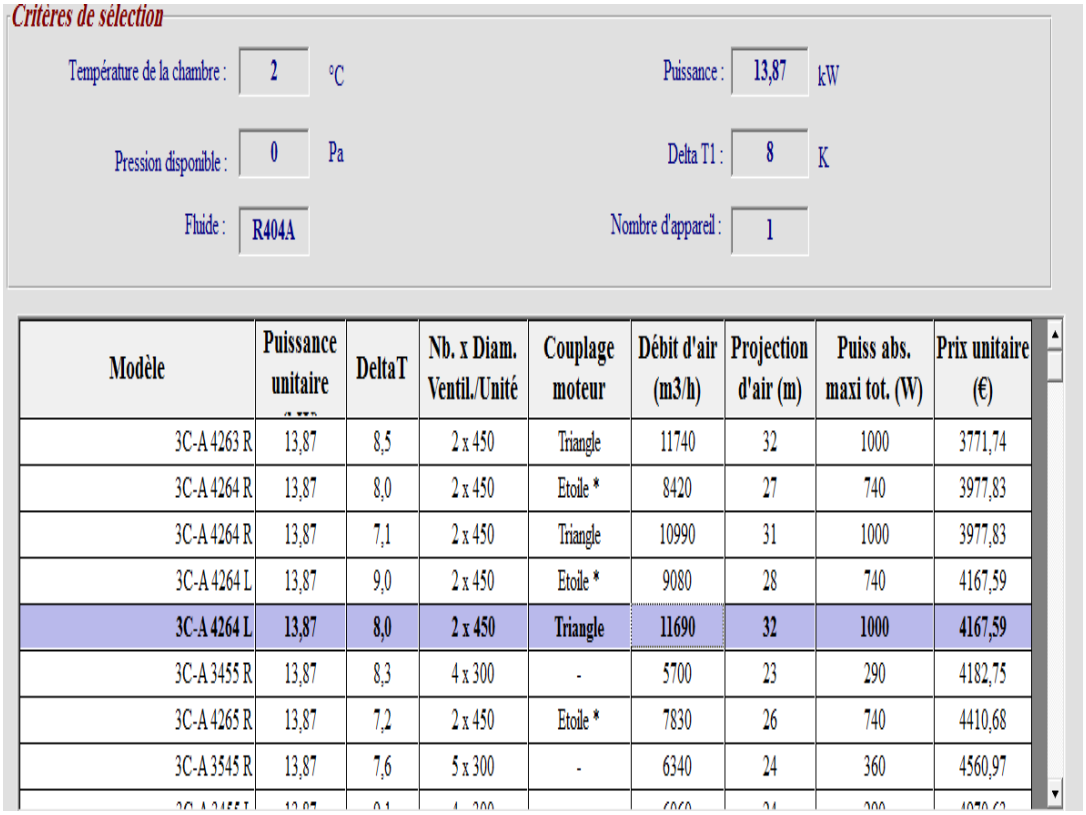


Figure 02 : plan du groupe de condensation sélectionné Ch2

IV.1.2 Evaporateur :

Chambre N°:02

Le choix de L'évaporateur de notre installation a été fait à partir du logiciel frigorifique **FRIGA BOHN** basé sur la puissance frigorifique $P_{f\ ch2} =$ (13,87 KW).



Critères de sélection

Température de la chambre : 2 °C

Puissance : 13,87 kW

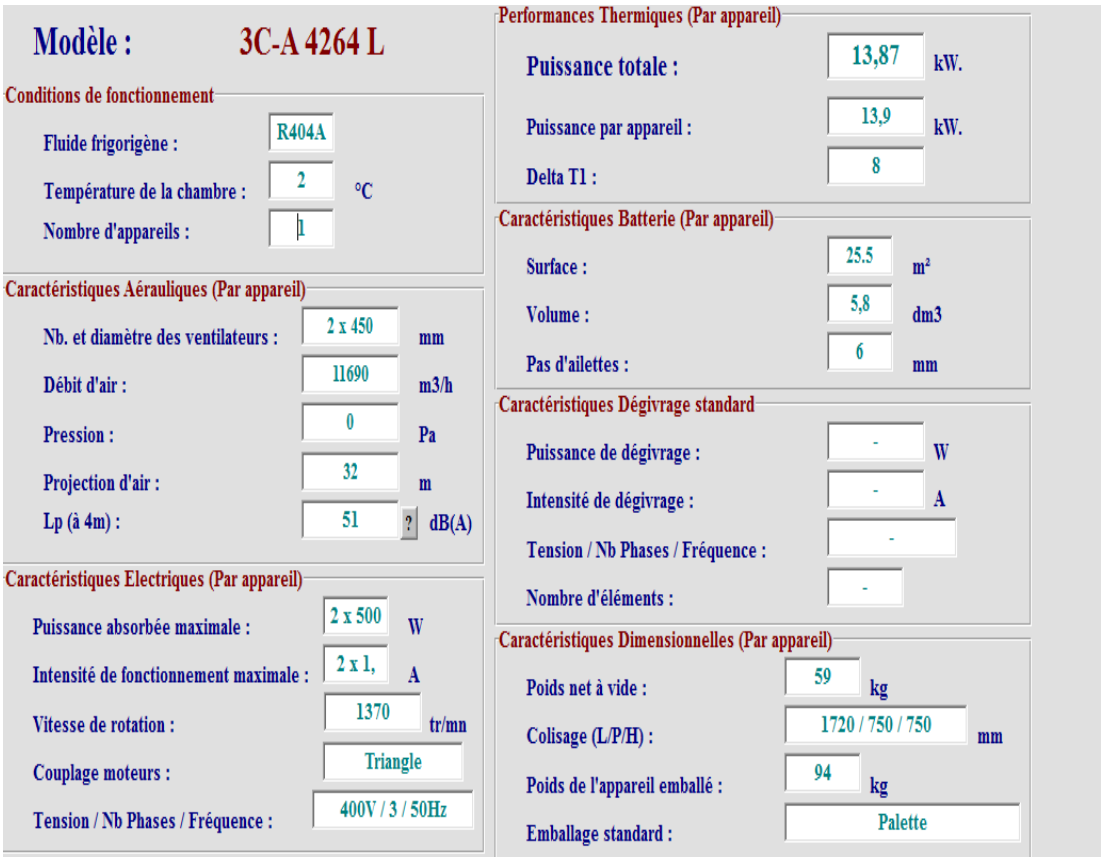
Pression disponible : 0 Pa

Delta T1 : 8 K

Fluide : R404A

Nombre d'appareil : 1

Modèle	Puissance unitaire	DeltaT	Nb. x Diam. Ventil./Unité	Couplage moteur	Débit d'air (m3/h)	Projection d'air (m)	Puiss abs. maxi tot. (W)	Prix unitaire (€)
3C-A 4263 R	13,87	8,5	2 x 450	Triangle	11740	32	1000	3771,74
3C-A 4264 R	13,87	8,0	2 x 450	Etoile *	8420	27	740	3977,83
3C-A 4264 R	13,87	7,1	2 x 450	Triangle	10990	31	1000	3977,83
3C-A 4264 L	13,87	9,0	2 x 450	Etoile *	9080	28	740	4167,59
3C-A 4264 L	**13,87**	**8,0**	**2 x 450**	**Triangle**	**11690**	**32**	**1000**	**4167,59**
3C-A 3455 R	13,87	8,3	4 x 300	-	5700	23	290	4182,75
3C-A 4265 R	13,87	7,2	2 x 450	Etoile *	7830	26	740	4410,68
3C-A 3545 R	13,87	7,6	5 x 300	-	6340	24	360	4560,97



Modèle : 3C-A 4264 L

Conditions de fonctionnement

Fluide frigorigène : R404A

Température de la chambre : 2 °C

Nombre d'appareils : 1

Caractéristiques Aérauliques (Par appareil)

Nb. et diamètre des ventilateurs : 2 x 450 mm

Débit d'air : 11690 m3/h

Pression : 0 Pa

Projection d'air : 32 m

Lp (à 4m) : 51 ? dB(A)

Caractéristiques Electriques (Par appareil)

Puissance absorbée maximale : 2 x 500 W

Intensité de fonctionnement maximale : 2 x 1, A

Vitesse de rotation : 1370 tr/mn

Couplage moteurs : Triangle

Tension / Nb Phases / Fréquence : 400V / 3 / 50Hz

Performances Thermiques (Par appareil)

Puissance totale : 13,87 kW.

Puissance par appareil : 13,9 kW.

Delta T1 : 8

Caractéristiques Batterie (Par appareil)

Surface : 25.5 m²

Volume : 5,8 dm3

Pas d'ailettes : 6 mm

Caractéristiques Dégivrage standard

Puissance de dégivrage : - W

Intensité de dégivrage : - A

Tension / Nb Phases / Fréquence : -

Nombre d'éléments : -

Caractéristiques Dimensionnelles (Par appareil)

Poids net à vide : 59 kg

Colisage (L/P/H) : 1720 / 750 / 750 mm

Poids de l'appareil emballé : 94 kg

Emballage standard : Palette

Figure 03 : Caractéristiques de l'évaporateur Ch

Type de l'évaporateur : 3C- A 4264 L



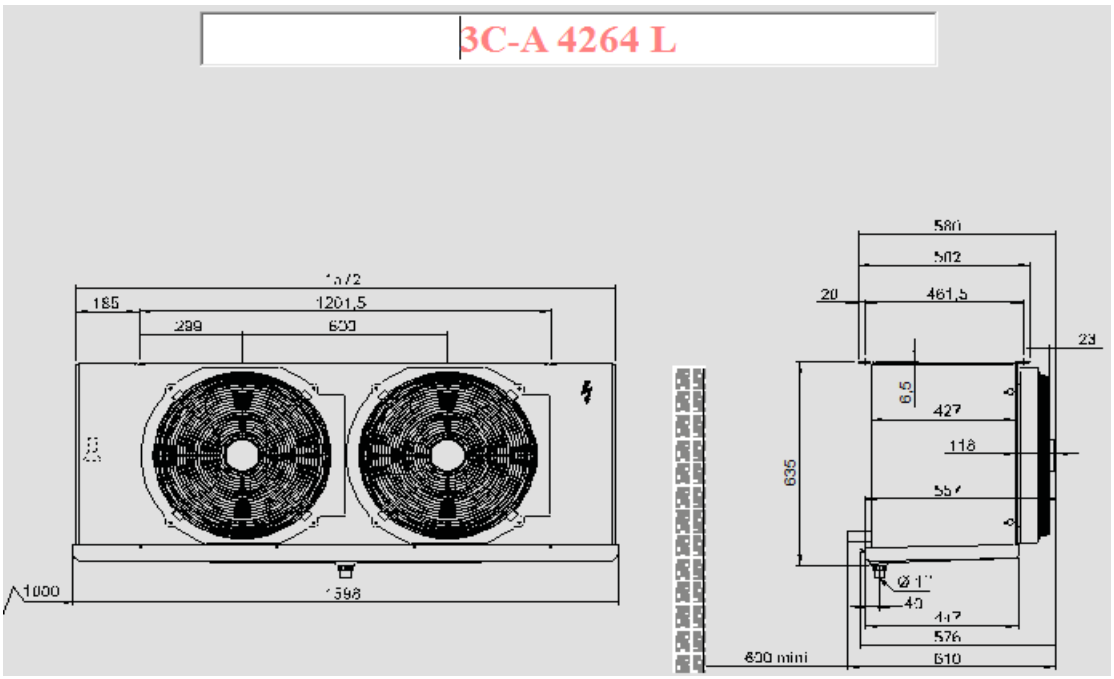


Figure 04 : Schéma synoptique de l'évaporateur ch2.

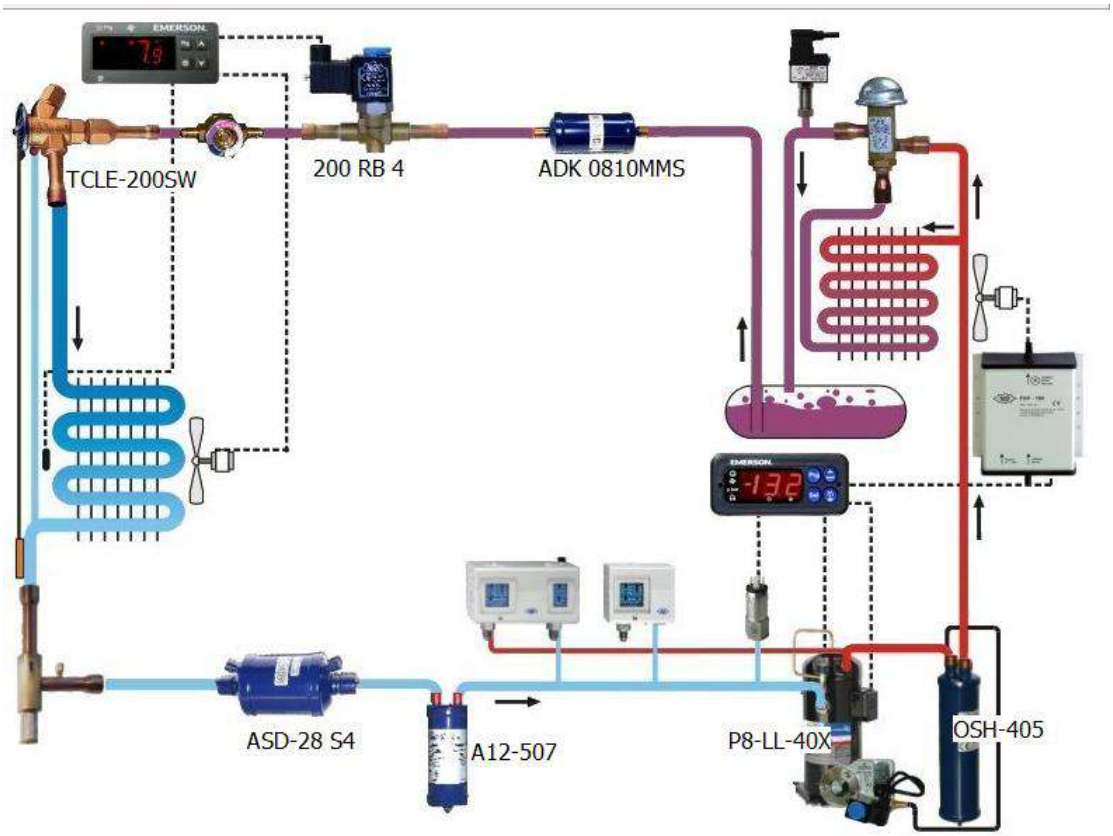


Figure 05 : Circuit frigorifique de la Ch02.

IV .1.3. Appareils annexes de l'installation :

Dans les circuits frigorifiques, il existe des appareils annexes, dont leurs rôles sont importants pour avoir un bon fonctionnement des machines. Ils sont placés sur le circuit à haute et basse pression :

- Séparateur d'huile.
- Réservoir de liquide.
- bouteille de refroidissement.
- Filtre déshydrateur.
- Voyant de liquide.

Chapitre VI:

Régulation et Maintenance

VI .1. Introduction :

Un système qui permet de maintenir à une valeur désirée les grandeurs physiques dans les différents systèmes énergétiques (system frigorifique, chauffage, climatisation, etc.), de façon automatique et économique.

La régulation est essentielle pour les circuits frigorifiques et permet de nombreuses actions nécessaires au fonctionnement du système. La régulation peut également compenser un certain nombre de mauvais fonctionnements liés à la conception ou à la mise en œuvre de ces circuits. Toutefois l'objectif principal est d'adapter au plus proche la production aux besoins.

VI .1.1. But de la régulation :

S'affranchir des contraintes humaines pour obtenir un fonctionnement des installations dans des plages préalablement établies, et maintenir à des valeurs désirées les grandeurs physiques contrôlées. Pour réaliser cette fonction, la régulation doit être capable d'ajouter ou de soustraire des quantités d'énergie ou de masse nécessaires.

VI .1. 2. Le système mis en œuvre pour la régulation :

Il est constitué principalement :

D'un capteur (température, pression, etc.), d'un régulateur, d'un organe de réglage.

- ✓ **Le capteur** va mesurer la grandeur à contrôler et envoyer l'information au régulateur.
- ✓ **Le régulateur** compare l'information avec le point de consigne (grandeur souhaitée). Le résultat de cette comparaison est appelé écart ou encore erreur. Le régulateur va appliquer un algorithme de régulation à l'erreur afin de pouvoir transmettre un signal à l'organe de réglage dont la fonction est d'agir sur une capacité dans le but in fine de corriger l'erreur.
- ✓ **L'organe de réglage** peut être une vanne de réglage, un compresseur, etc. La manière dont la grandeur mesurée est influencée par l'organe de réglage détermine le type de boucle de régulation. On distingue :
- ✓ **La boucle ouverte :** le capteur ne mesure pas la grandeur dans l'endroit où l'organe de grandeur agit. L'utilisation d'une boucle ouverte peut être due à la difficulté de mesurer la grandeur régulée (chauffage central d'un immeuble avec sonde extérieure par exemple) ou à la connaissance du système régulé.
- ✓ **La boucle fermée :** le capteur mesure la grandeur dans l'endroit où l'organe de grandeur agit. Dans ce cas, on contrôle la grandeur souhaitée via l'erreur et on effectue les corrections nécessaires au fil du temps (climatisation d'une pièce avec une sonde d'ambiance par exemple).

VI .1. 3. Types d'actions de régulation :

- ✓ **Régulation Tout Ou Rien :**
  - La régulation Tout Ou Rien enclenche (Tout) ou arrête (Rien) l'organe de réglage. Par conséquent, on cherche à atteindre la grandeur souhaitée en utilisant l'organe de réglage entre sa capacité maximale et minimale.
- ✓ **Action proportionnelle (P) :**
  - La régulation proportionnelle agit sur un organe qui accepte de s'adapter proportionnellement, un variateur de vitesse par exemple. On peut donc faire appel à cette régulation en fonction de l'organe à commander ou parce qu'une autre régulation (TOR par exemple) ne donne pas la satisfaction souhaitée.
- ✓ **Action intégrale (I) :**
  - La fonction intégrale est focalisée sur le traitement de l'erreur rémanente. Cette fonction mathématique bien connue est rendue possible grâce à l'électronique des régulateurs. L'erreur rémanente va être moyennée suivant un temps donné et un signal correctif va s'ajouter au signal proportionnel.
- ✓ **Action dérivée (D) :**
  - Si l'action de l'intégrale résout dans le temps les erreurs rémanentes liées à la régulation proportionnelle, il n'en reste pas moins qu'il s'agit toujours d'une action de correction a posteriori. De même, nous avons vu précédemment que l'action proportionnelle réagit à une erreur. Il n'y a donc aucune anticipation dans le cas d'une boucle fermée et on ne réagit que face à un constat d'erreur.

VI .1.4. Les organes mécaniques de régulation :

Les organes mécaniques de régulation sont un grand classique des installations frigorifiques. Certains de ces appareils ont une conception éprouvée depuis plusieurs décennies. Ils peuvent être utilisés dans un rôle de sécurité ou de régulation.

On distingue les appareils dédiés à la sécurité ou à la régulation en fonction du point de consigne pour l'action donnée. Ainsi, un appareil dont le point de consigne est le point de coupure porte le nom d'appareil à arrêt constant : il est généralement destiné à la sécurité. En revanche, lorsque le point de consigne est l'enclenchement, on appelle l'appareil à départ constant et on l'affecte généralement à la régulation. Les appareils de sécurité peuvent être à réarmement automatique ou manuel. Dans ce dernier cas, il faudra une action manuelle (réarmement) pour désarmer l'accrochage mécanique du contact électrique.

VI .1. 5. Les thermostats :

Les thermostats sont des interrupteurs électriques commandés par la température.

Le thermostat peut être utilisé pour des applications telles que :

- ✓ réguler la température du médium à réfrigérer,
- ✓ contrôler la fin d'un dégivrage,
- ✓ contrôler la température de refoulement,
- ✓ réguler la température d'huile.

VI.1. 6. Les pressostats :

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

Il y a 4 grandes familles de pressostats :

- ✓ Le pressostat BP.
- ✓ Le pressostat HP.
- ✓ Le pressostat Mixte.
- ✓ Le pressostat Différentiel.

Ces automates se divisent en trois catégories :

- ✓ Commande.
- ✓ Sécurité.
- ✓ Contrôle.

VI .1.7. Régulation de base :

- Thermostatique :

Il s'agit de la régulation la plus simple et la plus utilisée.

Le thermostat enclenche et coupe le compresseur afin de maintenir le poste frigorifique à la température désirée. La ventilation peut être mise en marche forcée ou associée au compresseur.

- Pressostatique :

La régulation pressostatique s'apparente à la régulation thermostatique. Toute- fois, on va utiliser la relation pression température pour régler le pressostat.

Le point de coupure correspondra à la température d'évaporation en fin de cycle et le point de ré-enclenchement sera la température de la chambre (relation pression température du fluide frigorigène

- Mixte :

Ce type de régulation utilise un pressostat et un thermostat. Les régulations mixtes Mortreux et Inverse conjuguée sont de moins en moins utilisées de nos jours. Ces régulations sont applicables à des postes du type « chambre froide supérieure à 0 °C ».

- Tirage au vide (pump-down) :

La régulation par tirage au vide (pump-down) est un classique de la réfrigération négative bien que l'on puisse utiliser cette régulation pour des postes positifs. L'intérêt principal de ce type de régulation est de diminuer la solubilité du fluide frigorigène dans le lubrifiant.

Le thermostat commande l'électrovanne en fonction de la température de la chambre froide. Le pressostat enclenche le compresseur à la température d'évaporation correspondant à la température haute de la chambre froide (relation pression/température du fluide frigorigène). La coupure du compresseur s'effectue, via le pressostat, à la valeur de température d'évaporation correspondant à la température basse de la chambre froide moins un suffisant afin de vider l'évaporateur de fluide frigorigène liquide pour éviter toute remontée de la pression.

Une alternative consiste à verrouiller électriquement le compresseur à l'issue du pump-down Cette dernière technique porte le nom de régulation pump- down single (tirage au vide simple ou unique)

VI .2. Maintenance :

Les installations ont besoin d'une attention particulière dans le temps. En effet, les machines fonctionnent avec des pièces en mouvement qui, bien sûr, vont à terme subir une usure ou se détériorer. Les pannes peuvent être la conséquence de mauvaises conditions de fonctionnement, mais elles peuvent également provenir d'une mauvaise conception de l'installation. Les installations peuvent être divisées en deux sous-systèmes, la production et la distribution.

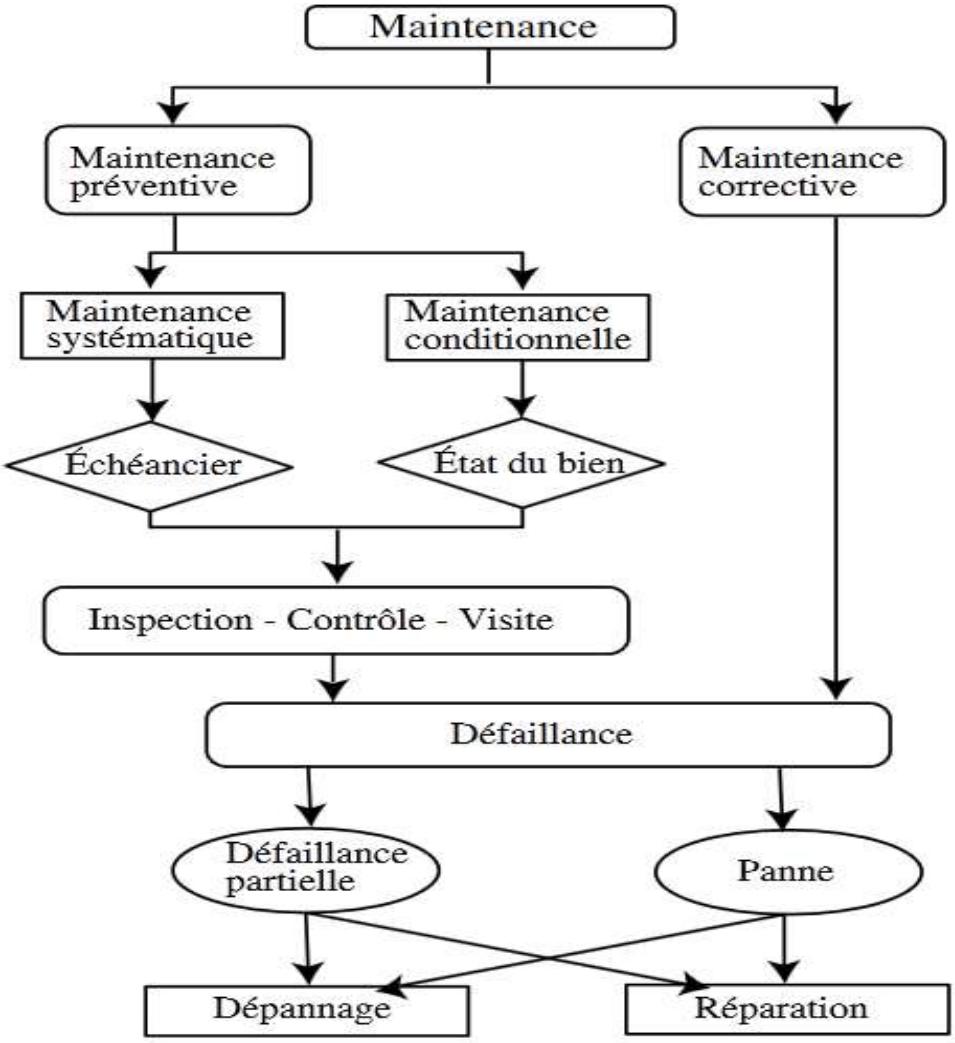


fig 01: Organigramme de la maintenance

VI .2.2. Définition de la maintenance :

Selon la norme française (NF) La maintenance est l'ensemble des activités qui permettent de maintenir le patrimoine de l'entreprise en état de fonctionnement normale et d'obtenir une performance et une fiabilité optimales.

VI .2. 3. Objectif de la Maintenance :

- ✓ Pour maintenir en bon état les patrimoines de l'entreprise.
- ✓ Pour prolonger la durée de vie des équipements.
- ✓ Pour minimiser le coût de réparation.
- ✓ Pour et par nécessité de réparation.
- ✓ Pour garder un bon rendement de la machines.
- ✓ Pour assurer une grande production en termes de quantité et de qualité.

VI .2.4. Le Service Maintenance :

- ✓ Chef de service maintenance.
- ✓ Bureau d'étude
- ✓ Bureau méthode
- ✓ Bureau d'ordonnancement et de planification
- ✓ Equipe d'intervention
- ✓ Personnel de conduite
- ✓ Magasinier
- ✓ personnel d'entretien des équipements.

VI .2.5. Fonction du service Maintenance :

- ✓ Fonction d'étude :
- ✓ Fonction méthode.
- ✓ Fonction ordonnancement et planification.
- ✓ Fonction exécution.
- ✓ Fonction Contrôle.

VI .2.6. Mission du service maintenance :

- ✓ Mission de conseil.
- ✓ Mission d'améliorer l'existence.
- ✓ Mission d'assurer la production et la distribution d'énergie.
- ✓ Mission d'exploitation.
- ✓ Mission de participation.

VI .2.7. Les éléments de la maintenance :

- ✓ Les instructions de base.
- ✓ Les fiches d'identification.
- ✓ Les fiches d'entretien.
- ✓ Les programmes d'activités.
- ✓ Les fiches d'inventaire.
- ✓ Les publications et manuel de référence.

VI .2.8. Les formes de la maintenance :

VI .2.8.1. La maintenance préventive :

Consiste à réduire la probabilité de défaillance ou de dégradation du fonctionnement d'un bien. Cette maintenance est réalisée suivant un échéancier et/ou des critères prédéterminés (dégradation). Elle comprend un contrôle complet de l'installation et des paramètres de fonctionnement.

VI .2.8.2. La maintenance systématique :

Se définit selon un échéancier établi en fonction du temps ou d'un nombre d'heures de fonctionnement.

VI .2.8.3. La maintenance conditionnelle :

Se définit selon un type d'événement prédéterminé (autodiagnostic, capteur, etc.).

VI .2.8.4. La maintenance corrective :

(Anciennement curative) s'effectue après la défaillance de la machine.

VI .2.9. Opérations de maintenance :

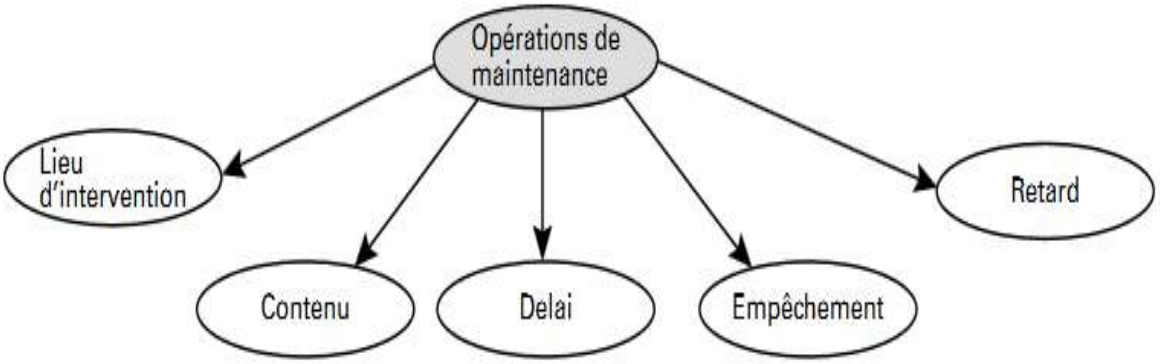


fig 02 : opérations de maintenance

- ✓ **Lieu d'intervention :** donne l'adresse, la ville, le bâtiment, la machine, etc. ;
- ✓ **Contenu :** décrit de façon très précise les opérations à réaliser par le prestataire de service, les opérations exclues, les résultats souhaités, les exigences de sécurité à respecter, etc. ;
- ✓ **Délai :** fixe un calendrier pour indiquer à quelles dates ont lieu les opérations de maintenance ;
- ✓ **Empêchement** : indique les conséquences du non-respect du calendrier ;
- ✓ **Retard :** fournit les informations dans le cas d'opération de maintenance non effectuée au terme du délai ou d'une date convenus dans le contrat (droits de résiliation du contrat, etc.).

VI .3. Exemple de planning chambres froides :

Nous vous proposons un planning concernant la maintenance à effectuer sur les chambres froides. L'installation se compose d'un compresseur, d'un condenseur à air équipé de 2 ventilateurs dont les moteurs sont alimentés en monophasé et d'un évaporateur à air équipé de 3 ventilateurs dont les moteurs sont alimentés en monophasé.

Planning de maintenance				
Chambres froides fonctionnant au: R22, R134a , R404a				
1	**Vérifications**	**Mensuelle**	**Trimestrielle**	**Annuelle**
	Circuit frigorifique			
	Tuyauteries	x		
	Isolation thermique des tuyauteries		X	
	Raccords	x		
	Vannes de sécurité		X	
	Fluide frigorigène			
	Niveau dans les voyants du réservoir liquide	x		
	Charge		X	
	Etanchéité	x		
	Huile			
	Niveau dans les voyants d'huile	x		
	Qualité			X
	Echangeurs à air			
	Ventilateur		X	
	Pallier		X	
	Appareils de sécurité			
	Pressostat haute pression		X	
	Pressostat basse pression		X	
	Pressostat différentiel d'huile			X

	Thermostats de refoulement			X
	Dispositif anti-court cycle	x		
	Equipements électriques			
	Câbles			X
	Connections électriques		X	
	Contacteurs		X	
	Relais		X	
	Sécurités électriques		X	
	Relais thermiques des compresseurs		X	
	Intensité/Tension des compresseurs	x		
	Isolement électrique des moteurs de compresseur			X
	Relais thermiques des ventilateurs d'évaporateur		X	
	Intensité/Tension des ventilateurs d'évaporateur	x		
	Isolement électrique des ventilateurs d'évaporateur			X
	Relais thermiques des ventilateurs de condenseur		X	
	Intensité/Tension des ventilateurs de condenseur	x		
	Isolement électrique des ventilateurs de condenseur			X
	Inspection visuelle			
	Connections mécaniques : vis, écrous, etc		X	
	Corrosion		X	
	Bruit et vibrations			
	Compresseurs	x		

	Tuyauteries	x		
	Ventilateurs	x		
	Moteurs	x		
	Châssis	x		
2	**RELEVES**	**Mensuels**	**Trimestriels**	**Annuels**
	Chambre froide			
	Température de consigne	x		
	Compresseurs			
	Pression d'aspiration		X	
	Température de saturation correspondant à la pression d'aspiration		X	
	Pression de refoulement		X	
	Température de saturation correspondant à la pression de condensation		X	
	Température à l'aspiration du compresseur		X	
	Température de refoulement		X	
	Tension nominale	x		
	Tension mesurée	x		
	Intensité nominale	x		
	Intensité mesurée	x		
	Relais thermique		X	
	Nombre d'heures de fonctionnement	x		
	Nombre de démarrages	x		
	Durée de l'anti-cout cycle	x		
	Isolement électrique			X
	Résistance de chauffage d'huile			
	Tension nominale	x		

	Tension mesurée	x		
	Intensité nominale	x		
	Intensité mesurée	x		
	Huile			
	Niveau d'huile	x		
	Pression d'huile		X	
	Pression d'huile - pression d'aspiration		X	
	Test d acidité			X
	Condenseur a air			
	Température du liquide à la sortie du condenseur		X	
	Température de condensation - température du liquide (sous refroidissement)		X	
	Température d'entrée d'air	x		
	Température de sortie d'air	x		
	Différence de température sur l'air	x		
	Température de condensation - température d'entrée d'air		X	
	Tuyauterie liquide			
	Absence de bulle dans le voyant liquide	x		
	Absence d'humidité dans le voyant liquide : couleur de la pastille	x		
	Température à l'entrée du détendeur		X	
	Evaporateur a air			
	Pression à la sortie de l'évaporateur		X	

	Température d'évaporation à la sortie de l'évaporateur		X	
	Température du fluide frigorigène à la sortie de l'évaporateur (bulbe du détendeur)		X	
	Température au niveau du bulbe du détendeur - température d'évaporation (surchauffe)		X	
	Température d'entrée d'air	x		
	Température de sortie d'air	x		
	Différence de température sur l'air	x		
	Température d'entrée d'air - température d'évaporation		X	
3	**NETTOYAGES**	**Mensuels**	**Trimestriels**	**Annuels**
	Ventilateurs du condenseur		X	
	Ventilateurs de l'évaporateur			X
	Bac de dégivrage	x		
	Tuyauterie des eaux de dégivrage	x		
	Panneaux électriques		X	
	Compresseurs			X

Tableau 01 : Exemple de planning chambres froides

VI .4. Guide d'interventions :

Le guide présente les défauts rencontrés couramment sur les petites installations simples. Il faut ajouter que la description des défauts, causes possibles, interventions et effets pour l'installation

VI .5. Défauts constatés directement et défauts mesurés :

Avec un peu d'expérience, certains défauts se constatent directement. Il suffit d'utiliser la vue, l'ouie, le toucher et même l'odorat. D'autres par contre ne sont détectés que par des instruments de mesure.

VI .6. Plan du guide :

La section "Dépannage" de ce guide est divisée en deux parties : la première ne présente que les défauts constatés directement en décrivant les symptômes, leurs causes possibles et les effets pour l'installation. La seconde partie étudie à la fois ce type de défauts et les défauts d'instruments de mesure. On y explique les symptômes, leurs causes possibles et les interventions à effectuer.

VI .7. Connaissance de l'installation:

Avant d'entamer le dépannage, il est important d'avoir une bonne idée de la conception, du fonctionnement et des commandes électriques et mécaniques de l'installation frigorifique. Si on ne connaît pas l'installation, il faut étudier aussi le schéma des conduites, le schéma développé ainsi que la disposition physique du circuit (tuyauterie, position des composants et systèmes éventuellement raccordés tels que tours de refroidissement ou circuits de saumure).

VI .8. Connaissance théorique :

Il faut en outre un certain bagage théorique pour pouvoir localiser les défauts, détecter les mauvais fonctionnements et intervenir. Pour pouvoir dépanner directement les installations frigorifiques simples, il faut donc posséder des connaissances approfondies sur :

- ✓ La conception, le fonctionnement et les caractéristiques de tous les composants
- ✓ Les instruments et techniques de mesure nécessaires;
- ✓ Les processus techniques de froid de toute l'installation ;
- ✓ L'influence des conditions ambiantes sur le fonctionnement de l'installation;
- ✓ Les fonctions et réglages des automatismes ansi que du matériel de sécurité ;
- ✓ Les dispositions législatives et réglementaires concernant le sécurité et la révision des installations frigorifiques.

Défauts visibles	Effets pour l'installation
Condenseur refroidi à l'air a) Encrassement (graisse, poussière, sciure de bois, feuilles mortes, par exemple). [Manque d'entretien] b) Le ventilateur ne fonctionne pas. [Moteur défectueux] [Disjoncteur coupé] c) Le ventilateur tourne dans le mauvais sens. [Erreur de montage] d) Hélices du ventilateur endommagées e) Nervures déformées [traitement rude]	- une augmentation de la pression de condensation - une réduction de la production de froid - une augmentation de la consommation d'énergie Pour un condenseur refroidi à l'air, la différence entre la température de l'air d'entrée et la température de condensation doit être comprise entre 10 et 20°C, aussi près de 10 que possible
Vanne d'arrêt bouteille a) Vanne fermée. b) Vanne partiellement ouverte. **Conduite de liquide** a) Trop étroite. [Erreur de dimensionnement] b) Trop longue. [Erreur de dimensionnement] c) Coudes brusques ou en	Installation arrêtée par le pressostat basse pression. Vapeur ou bulles de vapeur dans conduite de liquide. Pression BP basse ou démarrages futiles. - perte de charge dans la conduite de liquide. - de la vapeur dans la conduite de liquide
Déshydrateur Formation de rosée ou de givre à la surface. [Filtre partiellement colmaté côté entrée] **Voyant** **a)** Teinte jaune. [Humidité dans le circuit] **b)** Teinte brune. [Impuretés (particules) dans le circuit] c) Présence de vapeur propre. [Manque de fluide dans le circuit] [Vanne conduite de liquide fermée] [Colmatage total du déshydrateur, par ex.] **d)** Présence de liquide et de bulles de vapeur. [Manque de fluide dans le circuit] [Vanne de la conduite de liquide partiellement fermée] [Colmatage partiel du déshydrateur	Vapeur dans la conduite de liquide **Il y a un risque de :** - Formation d'acide - Corrosion - Détérioration du moteur - Givre dans le détendeur Il y a un risque d'usure des pièces mobiles et de colmatage des vannes et des filtres. Arrêt par le pressostat basse pression ou démarrages futiles. Arrêt par le pressostat basse pression. Arrêt par le pressostat basse pression. Démarrages futiles ou fonctionnement à basse pression d'aspiration.
Détendeur thermostatique **a)** Détendeur thermostatique très givré, évaporateur givré seulement près du détendeur. [Filtre à impuretés partiellement colmaté] [Perte d'une partie de la charge du bulbe] [Défauts déjà mentionnés donnant des bulles de vapeur dans la conduite de liquide]	Fonctionnement à basse pression d'aspiration et démarrages futiles causés par le pressostat basse pression. Les défauts b) et c) entraînent : Fonctionnement à basse pression d'aspiration et démarrages futiles causés par le pressostat basse pression. Evaporateur trop plein et peut-être migration de

b) Détendeur thermostatique sans égalisation de pression externe, évaporateur avec distributeur de liquide. [Erreur de dimensionnement ou de montage] c) Détendeur thermostatique avec égalisation de pression externe, conduite non montée. [Erreur de montage] d) Bulbe pas bien serré. [Erreur de montage] e) Contact bulbe-conduite inadéquat. **Refroidisseur d'air** a) Surface d'évaporation givrée seulement côté entrée, détendeur thermostatique très givré. [Défaut du détendeur thermostatique] [Défauts déjà mentionnés donnant de la vapeur dans la conduite de liquide] b) Avant bloqué par le givre. [Dégivrage inexistant, défectueux ou mal réglé] c) Ventilateur arrêté. [Moteur défectueux ou disjoncteur coupé] d) Hélices du ventilateur défectueuses. e) Ailettes déformées. [Traitement rude]	réfrigérant liquide jusqu'au compresseur, d'où risque d'avarie Une surchauffe excessive à la sortie de l'évaporateur et fonctionnement à une pression d'aspiration basse en moyenne. Un fonctionnement à une pression d'aspiration basse en moyenne - une production de froid réduite, - une consommation d'énergie accrue. Pour les évaporateurs à détendeur thermostatique, la différence entre la température de l'air d'entrée et la température d'évaporation doit être comprise entre 6 et 15°C, aussi près de 6 que possible. Pour les évaporateurs à régulation de niveau, la différence entre la température de l'air d'entrée et la température d'évaporation doit être comprise entre 2 et 8°C aussi près de 2 que possible
Refroidisseur de liquide a) Bulbe du détendeur thermostatique mal serré. [Erreur de montage] b) Détendeur thermostatique sans égalisation de pression externe sur refroidisseur de liquide avec grande perte de charge (refroidisseur coaxial, par exemple). [Erreur de dimensionnement ou de montage] c) Détendeur thermostatique avec égalisation de pression externe, conduite non montée. [Erreur de montage]	Evaporateur trop plein et peut-être migration de réfrigérant liquide jusqu'au compresseur, d'où risque d'avarie. - une surchauffe excessive à la sortie de l'évaporateur. - un fonctionnement à une pression d'aspiration moyenne basse. - une production de froid réduite. - une consommation d'énergie accrue. Pour les évaporateurs à détendeur thermostatique, la différence entre la température de l'air d'entrée et la température d'évaporation doit être entre 6 et 15°C, aussi près de 6 que possible. Pour les évaporateurs à régulation de niveau, la différence entre la température de l'air d'entrée et la température d'évaporation doit être entre 2

	et 8°C aussi près de 2 que possible.
Conduite d'aspiration a) Givrage anormal. [Surchauffe du détendeur thermostatique trop faible] b) Coudes brusques et/ou enfoncements. [Défaut de montage] **Régulateur sur conduite d'aspiration** Rosée ou givre en aval du régulateur mais pas en amont. [Surchauffe du détendeur thermostatique trop faible]	Evaporateur trop plein et peut-être migration de réfrigérant liquide jusqu'au compresseur avec risque d'avarie. Pression d'aspiration trop basse ou démarrages futiles. Peut-être migration de réfrigérant liquide jusqu'au compresseur avec un risque d'avarie
Compresseur a) Rosée ou givre côté entrée compresseur. [Surchauffe à la sortie trop faible] b) Niveau d'huile trop bas dans le carter. [Manque d'huile dans le circuit] [Accumulation d'huile dans le circuit] c) Niveau d'huile trop haut dans le carter. [Trop-plein d'huile] [Mélange de réfrigérant dans l'huile, compresseur trop froid] [Mélange de réfrigérant dans l'huile, surchauffe sortie compresseur trop faible] d) Montée d'huile dans le carter lors de la mise en route. [Mélange de réfrigérant dans l'huile, compresseur trop froid] e) Montée d'huile dans le carter en fonctionnement. [Mélange de réfrigérant dans l'huile, surchauffe sortie compresseur trop faible	Migration de réfrigérant liquide jusqu'au compresseur, avec risque d'avarie. Installation arrêtée par un éventuel pressostat différentiel d'huile. Usure des pièces mobiles. Coups de bélier dans les cylindres avec risque d'avarie du compresseur: - Soupape cassée - Autres pièces mobiles cassées - Surcharge mécanique
Zone de conservation a) Viandes desséchées, légumes gâtés. [Humidité trop basse probablement à cause d'un évaporateur trop petit] b) Portes peu étanches ou illégales. c) Système d'alarme inexistant ou défectueux. d) Plaques "Sortie" inexistantes ou défectueuses. En ce qui concerne les défauts b), c) et d) : [Manque d'entretien ou erreur de dimensionnement] e) Matériel d'alarme défectueux [Erreur de dimensionnement]	Mauvaise qualité des denrées ou gaspillage. Risque de dommage corporel.
Défauts généraux a) Gouttes d'huiles sous les assemblages et/ou	unités d'huile ou de réfrigérant. Installation arrêtée.

taches d'huile par terre. [Fuites probables près des assemblages] b) Fusibles grillés. [Surcharge de l'installation ou court-circuit] c) Disjoncteurs coupés. [Surcharge de l'installation ou court-circuit] d) Pressostats, thermostats, etc. ouverts. [Erreur de réglage] [Matériel défectueux]	
Electrovanne Vanne plus froide que la conduite en amont. [Vanne bloquée, partiellement ouverte] Même température que conduite en amont. [Vanne fermée]	Vapeur dans la conduite de liquide Installation arrêtée par pressostat basse pression
Déshydrateur Déshydrateur plus froid que conduite amont. [Entrée partiellement colmatée]	Vapeur dans la conduite de liquide
Régulateurs sur conduite d'aspiration Le régulateur de pression d'évaporation ou un autre régulateur émet un sifflement. [Régulateur trop grand (erreur de dimensionnement)]	Fonctionnement instable
Compresseur a) A-coups lors de la mise en route. [Montée d'huile] b) A-coups en fonctionnement. [Montée d'huile] [Usure de pièces mobiles] **Zone de conservation** Matériel d'alarme défectueuse. [Manque d'entretien	Coups de bélier. Risque d'avarie de compresseur. Risque de dommage corporel
Zone de conservation Mauvaise odeur émise par les viandes conservées. [Humidité de l'air trop élevée, évaporateur trop grand ou charge trop faible]	Mauvaise qualité des denrées ou gaspillage

Tableau 02 : les défauts constatés directement et leur symptômes, leurs causes possibles et les effets pour l'installation

Symptôme	Cause possible	Intervention
Pression de condensation trop élevée. Condenseurs refroidis par air	a) Saletés à la surface extérieure du condenseur. b) Moteur du ventilateur défectueux ou trop petit, hélices défectueuses. c) Entrée d'air trop faible dans le condenseur d) Température ambiante trop élevée. e) Débit d'air dans le mauvais sens (condenseur). f) Court-circuit entre le côté pression et le côté aspiration du ventilateur du condenseur.	Nettoyer le condenseur. Remplacer le moteur et/ou l'hélice. Eliminer tout obstacle à l'entrée de l'air ou déplacer le condenseur Assurer l'entrée d'air libre ou déplacer le condenseur Inverser le sens de rotation du moteur du ventilateur. Pour les groupes de condensation, s'assurer que le débit d'air est dans le sens condenseur - compresseur. Installer peut-être une gaine adéquate vers l'extérieur.
Pression de condensation trop basse. Condenseurs refroidis par air	a) Surface de condensation trop grande. b) Charge de l'évaporateur trop faible. c) Pression d'aspiration trop basse, due par ex. à un manque de liquide dans évaporateur. d) Manque d'étanchéité des vannes d'aspiration et/ou refoulement du compresseur. e) Régulateur de pression de condensation réglé trop bas. f) Bouteille accumulatrice non isolée placée dans une ambiance froide par rapport au condenseur (la bouteille agit comme un condenseur).	Placer une régulation de pression de condensation ou remplacer le condenseur. Placer une régulation de pression de condensation. Localiser le défaut entre le condenseur et le détendeur thermostatique (voir sous "Pression d'aspiration trop basse"). Remplacer les clapets. Régler le régulateur de pression de condensation à la pression correcte. Déplacer la bouteille ou l'entourer d'un isolant.
Pression de condensation trop basse. Condenseurs refroidis par air.	a) Température de l'air de refroidissement trop basse. b) Débit d'air dans le condenseur trop grand.	Placer une régulation de la pression de condensation. Installer un ventilateur moins puissant ou établir une commande de la vitesse du moteur, par ex. un VLT.

Pression de condensation instable	a) Différentiel du pressostat marche/arrêt du ventilateur du condenseur trop grand, d'où risques de réfrigérant dans le condenseur et vapeur dans la conduite de liquide après le démarrage du ventilateur. b) Pompage du détendeur thermostatique. c) Défaut régulation de pression de condensation par vannes KVR/KVD (orifice trop grand). d) Dû à pression d'aspiration instable	Régler le différentiel plus bas, établir une régulation avec vannes (KVD+KVR) ou établir une commande de la vitesse du moteur du ventilateur. Régler le détendeur thermostatique pour une surchauffe plus élevée ou monter un orifice plus petit. Installer des vannes plus petites. Voir sous "Pression d'aspiration instable"
Température trop élevée dans la conduite de refoulement	a) Pression d'aspiration trop basse à cause de: 1) Manque de liquide dans l'évaporateur. 2) Charge de l'évaporateur trop bas. 3) Clapets d'aspiration ou de refoulement non étanches. 4) Surchauffe excessive dans l'échangeur de chaleur ou dans l'accumulateur de la conduite d'aspiration. b) Pression de condensation trop élevée.	Chercher entre la bouteille et la conduite d'aspiration (voir sous "Pression d'aspiration trop basse"). Remplacer les clapets. Supprimer l'échangeur de chaleur ou en installer un plus petit. Voir sous "Pression de condensation trop élevée"
Niveau trop bas dans la bouteille accumulatrice	a) Manque de fluide dans le circuit. b) Evaporateur trop plein 1) charge trop faible et accumulation de liquide dans l'évaporateur. 2) erreur relative au détendeur thermostatique (surchauffe réglée trop bas, bulbe mal placé, etc.). c) Accumulation de liquide dans le condenseur parce que la pression de condensation est inférieure à celle de la bouteille accumulatrice (celle-ci étant placée dans une ambiance plus chaude que le condenseur)	Chercher la cause (fuites, évaporateur trop plein), éliminer les défauts. Placer la bouteille avec la condenseur. Condenseur à air: établir la régulation de la pression de condensation via une commande de la vitesse du moteur du ventilateur, par ex. un VLT®
Niveau trop élevé	Charge de réfrigérant trop grande	Eliminer une certaine quantité de

dans la bouteille accumulatrice. Production normale de froid		réfrigérant en s'assurant que la pression de condensation reste normale et le voyant sans vapeur.
Production de froid trop faible. (Eventuellement démarrages intempestifs.)	a) Colmatage partiel d'un composant dans la conduite de liquide. b) Défaut du détendeur thermostatique (surchauffe trop grande, orifice trop petit, perte de charge, colmatage partiel, etc.)	Trouver le composant en cause, le nettoyer ou le remplacer.
Déshydrateur froid, éventuellement embué ou givré.	a) Colmatage partiel du filtre à impuretés du déshydrateur. b) Déshydrateur entièrement ou partiellement saturé d'eau ou d'acide	Contrôler s'il y a des impuretés dans le circuit et le nettoyer si nécessaire. Remplacer le déshydrateur. Vérifier s'il y a de l'humidité et de l'acide dans le circuit et nettoyer si nécessaire. Remplacer le déshydrateur (filtre antiacide), éventuellement à plusieurs reprises. En cas de forte contamination par l'acide: vidanger et changer le réfrigérant et l'huile et monter un déshydrateur DCR avec cartouche amovible dans la conduite d'aspiration.
Modification de la teinte du voyant d'humidité. Teinte jaune	Humidité dans le circuit	Vérifier si le circuit est étanche. Réparer s'il y a lieu. Vérifier s'il y a des traces d'acide dans le circuit. Remplacer le déshydrateur plusieurs fois si nécessaire. Dans les cas graves, il est peut-être nécessaire de vidanger le réfrigérant et l'huile.
Teinte brune ou noire	Présence de saletés dans le circuit	Nettoyer le circuit selon besoin et remplacer le voyant et le déshydrateur
Bulles de vapeur dans le voyant en amont du détendeur thermostatique.	a) Sous-refroidissement du liquide insuffisant à cause d'un réchauffement de la conduite: 1) Conduite trop longue par rapport au diamètre de la tuyauterie, 2) Conduite trop étroite, 3) Coudes brusques et enfoncements dans la conduite, 4) Déshydrateur partiellement	Installer une conduite de diamètre convenable. Eliminer les coudes brusques et remplacer les composants susceptibles de provoquer la perte de charge. Vérifier le circuit pour déceler les impuretés, le nettoyer et remplacer le déshydrateur. Abaisser la température ambiante ou installer un échangeur de chaleur

	colmaté 5) Défaut d'électrovanne. b) Sous-refroidissement du liquide insuffisant à cause d'une pénétration de chaleur dans la conduite, peut-être dû à la température ambiante : c) Condenseurs refroidis par eau: Sous refroidissement insuffisant parce que le débit d'eau de refroidissement va dans le sens contraire. d) Pression de condensation trop basse. e) Vanne d'arrêt de la bouteille trop petite ou pas totalement ouverte. f) Perte de charge hydrostatique trop importante dans la conduite de liquide (différence niveau entre détendeur thermostatique et bouteille accumulatrice trop grande). g) Régulation de pression de condensation défectueuse ou mal réglée, d'où accumulation de liquide dans le condenseur. h) Si la régulation de pression porte sur la marche/arrêt du ventilateur du condenseur, il y a un risque d'avoir de le vapeur dans la conduite après le démarrage du ventilateur. Manque de fluide dans le circuit.	entre les conduites de liquide et d'aspiration, ou isoler la conduite de liquide éventuellement avec la conduite d'aspiration. Intervertir l'entrée et la sortie de l'eau de refroidissement (il faut un contre-courant entre eau et réfrigérant). Remplacer la vanne ou l'ouvrir totalement. Installer l'échangeur de chaleur entre les conduites de liquide et d'aspiration avant la montée de la conduite de liquide. Remplacer le régulateur KVR ou le régler correctement. Au besoin, remplacer la régulation de la pression de condensation par des vannes (KVD + KVR) ou par la commande de vitesse du moteur du ventilateur avec un VLT® par ex. Faire l'appoint de réfrigérant en s'assurant qu'il n'y aura pas de débordement. de réfrigérant".
Refroidisseurs d'air. Evaporateur bloqué par le givre.	a) Dégivrage inexistant ou inefficace. b) Humidité de la zone de conservation trop grande à cause de: 1) denrées sans emballage, 2) pénétration d'humidité par les fuites ou une porte ouverte.	Installer un dégivrage ou le régler. Emballer les denrées ou régler le dégivrage. Colmater les fuites et recommander de fermer les portes.
Refroidisseurs d'air. Evaporateur givré seulement près du détendeur thermostatique,	a) Injection de liquide trop faible à cause des défauts suivants du détendeur thermostatique : 1) orifice trop petit, 2) surchauffe exagérée,	Voir sous "Bulles de vapeur dans le voyant"

celui-ci étant très givré.	3) perte partielle de la charge du bulbe, 4) filtre à impuretés partiellement colmaté. 5) Orifice partiellement bouché par la glace. b) Défaut mentionnés sous "Bulles de vapeur dans le voyant"	
Refroidisseurs d'air. Evaporateur endommagé	Déformation nervures et ailettes.	Redresser les nervures et ailettes en utilisant le peigne spécial.
L'humidité dans la zone de conservation est trop grande à la température ambiante	a) Surface d'évaporation trop grande d'où fonctionnement à haute température d'évaporation et temps de marche courts. b) Charge de la chambre trop basse en hiver, par ex. (temps de marche court =déshydratation réduite).	Installer un évaporateur plus petit. Etablir un contrôle de l'humidité au moyen d'un hygrostat, d'un corps chauffant et d'un thermostat de sécurité KP 62
Humidité trop basse dans la zone de conservation.	a) Isolation inadéquate de la chambre. b) Consommation interne d'énergie importante (éclairage, ventilateurs, par ex.) c) Surface d'évaporation trop petite d'où temps de marche prolongés à basse température d'évaporation	Recommander de mieux isoler. Recommander de réduire la consommation énergétique interne. Installer un évaporateur plus grand
Température ambiante trop haute dans la zone de conservation	a) Défaut du thermostat d'ambiance. b) Capacité du compresseur trop petite. c) Charge de la chambre trop grande car: 1) denrées non refroidies lors du chargement, 2) consommation énergétique interne importante (éclairage, ventilateurs, etc.), 3) isolation inadéquate de la chambre froide, 4) grande pénétration d'air. d) Evaporateur trop petit. e) Injection de liquide trop faible ou arrêtée. f) Régulateur de la pression d'évaporation réglé trop haut.	Voir sous "Compresseurs". Recommander de charger les denrées par petits lots ou augmenter la capacité de l'installation. Recommander de réduire la consommation d'énergie ou augmenter la capacité de l'installation. Recommander un meilleur isolant. Recommander d'étanché la chambre, de réduire le nombre de portes ou de limiter leur ouverture. Installer un évaporateur plus grand. Voir sous "Bulles de vapeur dans le voyant en amont du détendeur thermostatique et dans le "Guide du monteur. Détendeurs

	g) Pressostat basse pression réglé pour une pression d'ouverture trop élevée. h) Régulateur de capacité s'ouvrant à une pression d'évaporation trop élevée. i) Régulateur de démarrage réglé à une pression d'ouverture trop basse.	thermostatiques : Dépannage". Régler le régulateur de pression d'évaporation KVP à une valeur correcte. Utiliser un manomètre. Régler le pressostat basse pression KP 15 à une pression d'ouverture correcte. Utiliser un manomètre. Régler le régulateur de capacité KVC à une pression d'ouverture plus basse. Régler le régulateur de démarrage KVL à une pression d'ouverture plus élevée si le compresseur le supporte.
Température ambiante trop basse dans la zone de conservation.	a) Défaut du thermostat d'ambiance. 1) Température d'ouverture réglée trop bas. 2 Bulbe mal placé. b) Ambiance très froide.	Voir le "Guide du monteur. Thermostats: Dépannage". Si impératif : établir un chauffage électrique avec thermostat.
Pression d'aspiration trop élevée.	a) Compresseur trop petit. b) Une ou plusieurs clapets fuient. c) Régulation de capacité défectueuse ou mal réglée. d) Charge de l'installation trop grande. e) Fuite à la vanne du dégivrage à gaz chaud.	Installer un compresseur plus puissant. Remplacer les clapets. Remplacer, réparer ou ajuster la régulation de capacité. Recommander une charge moins grande ou installer un compresseur plus puissant ou un régulateur de pression de démarrage KVL. Remplacer la soupape.
Pression d'aspiration trop élevée pour basse température du gaz d'aspiration.	a) Détendeur thermostatique réglé pour une surchauffe trop faible ou bulbe mal placé. b) Orifice trop grand. c) Conduite de liquide fuit dans l'échangeur de chaleur entre conduites liquide et aspiration.	Monter un orifice plus petit. Remplacer l'échangeur de chaleur HE.
Pression d'aspiration trop basse, fonctionnement continu.	Pressostat basse pression mal réglé ou défectueux.	Ajuster ou remplacer le pressostat bas pression par un KP 1 ou un pressostat combiné KP 15.
Pression d'aspiration trop basse, marche normale ou démarrages futiles.	a) Faible charge de l'installation. b) Manque de liquide dans l'évaporateur car: 1) Manque de liquide dans la bouteille accumulatrice, 2) conduite de liquide trop longue, 3) conduite de liquide trop étroite, 4 coudes brusques et	Etablir une régulation de capacité ou augmenter le différentiel du pressostat basse pression. Voir sous "Niveau trop bas dans la bouteille accumulatrice". Voir sous "Bulles de vapeur dans le voyant". Choisir un évaporateur plus grand. Remplacer ou réparer le ventilateur.

	enfoncements dans la conduite de liquide, 5) déshydrateur partiellement colmaté, 6) défaut d'électrovanne, 7) sous-refroidissement liquide insuffisant, 8) défaut de détendeur. c) Evaporateur trop petit. d) Ventilateur de l'évaporateur défectueux. e) Perte de charge trop importante dans évaporateur et/ou conduite d'aspiration. f) Aucun dégivrage ou dégivrage insuffisant du refroidisseur d'air. g) Givre dans le refroidisseur à saumure. h) Débit d'air ou de saumure insuffisant dans le refroidisseur. i) Accumulation d'huile dans l'évaporateur.	Remplacer si nécessaire l'évaporateur et/ou la conduite d'aspiration. Etablir un dégivrage ou le régler. Augmenter la concentration de saumure et vérifier le produit antigel. Chercher cause et intervenir. Voir " Refroidisseurs d'air" et "Refroidisseurs de liquide". Voir sous "Niveau trop bas dans le carter"
Pression d'aspiration instable. En fonctionnement avec le détendeur thermostatique.	a) Surchauffe du détendeur trop faible. b) Orifice du détendeur trop grand. c) Défaut de régulation de capacité: 1) régulateur de capacité trop grand, 2) pressostat(s) pour régulation d'étages mal réglé(s).	Voir le "Guide du monteur, Détendeurs thermostatiques : Dépannage". Installer un régulateur de capacité KVC plus petit. Augmenter le différentiel entre pression d'enclenchement et pression de déclenchement.
Pression d'aspiration instable. En fonctionnement avec détendeur électronique.	Les oscillations se produisent habituellement.	Aucun.
Température du gaz d'aspiration trop élevée	Injection de liquide trop faible pour les raisons suivantes: a) Charge de réfrigérant trop petite dans le circuit. b) Défaut de la conduite de liquide ou d'un de ses composants. c) Détendeur thermostatique réglé sur une surchauffe trop importante ou perte partielle de la charge du bulbe.	Corriger la charge de réfrigérant. Voir le "Guide du monteur. Montage: Remplissage de réfrigérant". Voir sous les titres suivantes "Niveau dans la bouteille accumulatrice", "Déshydrateur trop froid " Bulles de vapeur dans le voyant" et "Pression d'aspiration trop basse".
Température des gaz d'aspiration trop	Injection de liquide trop forte à cause de:	Voir le "Guide du monteur. Détendeurs thermostatiques:

basse	a) Détendeur réglé pour surchauffe trop faible. b) Bulbe mal placé (chaud ou mauvais contact)	Dépannage" Voir le "Guide du monteur. Détendeurs thermostatiques : Dépannage".
Compresseur Démarrages futiles (déclenchement par pressostat basse pression).	a) Compresseur trop puissant pour la charge instantanée. b) Compresseur trop puissant. c) Régulateur de pression d'évaporation réglé pour une pression d'ouverture trop haute.	Etablir une régulation de capacité (régulateur de capacité KVC ou compresseurs en parallèle). Installer un compresseur moins puissant. Régler correctement le régulateur KVP (avec manomètre).
Compresseur Démarrages futiles (déclenchement par pressostat haute pression).	a) Pression de condensation trop haute. b) Défaut pressostat haute pression. c) Pressostat réglé pour une pression d'ouverture trop basse	Voir sous "Pression de condensation trop haute". Ajuster ou remplacer le pressostat haute pression par un KP 5 ou un pressostat combiné KP 15. Régler correctement le pressostat (avec manomètre). Pour éviter les démarrages futiles, installer un pressostat haut pression à réarmement manuel.
Compresseur Compresseur trop froid	Migration de réfrigérant liquide dans la conduite d'aspiration et peut-être jusqu'au compresseur (détendeur mal réglé).	Régler le détendeur à une surchauffe plus basse selon la méthodes MSS (surchauffe stable min.).
Compresseur Compresseur trop chaud.	a) Compresseur et/ou moteur surchargé, car évaporateur trop chargé d'où une pression d'aspiration trop élevée. b) Refroidissement du moteur et des cylindres trop faible car : 1) manque de liquide dans l'évaporateur 2) faible charge de l'évaporateur 3) clapets fuient 4) surchauffe trop forte dans l'échangeur de chaleur ou dans l'accumulateur d'aspiration. c) Pression de condensation trop élevée	Réduire la charge de l'évaporateur ou installer un compresseur plus puissant. Chercher le défaut entre condenseur et détendeur (voir sous "Pression d'aspiration trop basse"). Remplacer les clapets. Supprimer l'échange de chaleur ou installer un échangeur HE plus petit. Voir sous "Pression de condensation trop élevée".
A-coups: a) en permanence, b) au	a) Coups de bélier dans le cylindre (migration de réfrigérant liquide). b) Montée d'huile (pénétration de	Régler le détendeur Installer un corps chauffant dans le carter

démarrage	réfrigérant dans l'huile carter). c) Usure des pièces mobiles (roulements).	
Compresseur Niveau d'huile trop haute dans le carter. En cas de charge élevée seulement. Lors des arrêts ou des démarrages.	Trop d'huile. Retour insuffisant de l'huile de l'évaporateur à faible charge. Dilution de réfrigérant dans l'huile carter (température ambiante trop basse)	S'assurer d'abord que le problème ne provient pas de la présence de réfrigérant dans l'huile, ensuite purger celle-ci jusqu'au niveau correct. Vérifier la constitution de la conduite d'aspiration (poches d'huile, etc.).
Compresseur Niveau d'huile trop bas dans le carter.	a) Trop peu d'huile. b) Retour insuffisant de l'huile de l'évaporateur à faible charge car: 1) conduites d'aspiration verticales trop larges. 2) aucun séparateur d'huile. 3) conduite d'aspiration horizontale sans pente. c) Usure des pistons, segments et cylindre. d) Pour compresseurs en parallèle : 1) Avec égalisation de pression - les compresseurs ne sont pas dans le même plan vertical; le tuyau d'égalisation est trop étroit. 2) Avec régulation du niveau d'huile: colmatage total ou partiel du régulateur à flotteur ; régulateur à flotteur bloqué. e) Colmatage total ou partiel du retour du séparateur d'huile ou régulateur à flotteur bloqué.	S'assurer d'abord que le problème ne provient pas d'une accumulation d'huile dans l'évaporateur, remplir ensuite jusqu'au niveau d'huile correct. Pratiquer des poches d'huile à 1.2 m ou 1.5 m d'intervalle dans les conduites d'aspiration verticales. Le liquide doit entrer par le haut: si ce n'est le cas, intervertir les conduites entrée/sortie. Voir aussi le "Guide du monteur. Montage". Remplacer les composants usés. Dans tous les cas : le dernier compresseur qui démarre est le premier à manquer d'huile. Voir aussi le "Guide du monteur. Montage". Aligner les compresseurs dans le même plan horizontal. Installer un tuyau d'égalisation plus large et, si nécessaire, un tuyau d'égalisation de vapeur. Nettoyer ou remplacer le boîtier du niveau à flotteur. Idem. Nettoyer ou remplacer le tuyau de retour d'huile ou remplacer le régulateur à flotteur ou le séparateur d'huile complet.

Compresseur Montée d'huile au démarrage.	a) Dilution massive de réfrigérant dans l'huile carter (température ambiante trop basse). b) Avec séparateur d'huile: pénétration de réfrigérant dans l'huile pendant les arrêts	Installer un corps chauffant dans le carter du compresseur ou au-dessous. Séparateur d'huile trop froid pendant les arrêts. Installer un corps chauffant à thermostat ou monter une électro-vanne temporisée sur la conduite de retour d'huile.
Compresseur Montée d'huile en fonctionnement.	a) Migration de réfrigérant liquide de l'évaporateur au carter du compresseur. b) Avec séparateur d'huile: le régulateur à flotteur ne ferme pas correctement.	Régler le détendeur à une surchauffe plus haute selon les méthodes MSS (surchauffe stable min.). Remplacer le régulateur à flotteur ou le séparateur d'huile complet.
Compresseur Huile teintée	Contamination du circuit car: a) Montage peu soigné (propreté non respectée). b) Dégradation de l'huile (humidité dans le circuit). c) Dégradation de l'huile (température trop élevée dans la conduite de refoulement). d) Particules d'usure. e) Mauvais nettoyage après une avarie du moteur.	Dans tous les cas : faire la vidange et remplacer le déshydrateur. Si nécessaire, nettoyer le circuit de refrigérant. Si nécessaire, nettoyer le circuit de réfrigérant. Chercher et éliminer la cause de la température incorrecte dans la conduite de refoulement. Voir sous "Température trop élevée dans la conduite de refoulement". Si nécessaire, nettoyer le circuit. Si nécessaire, nettoyer le circuit de réfrigérant. Remplacer les pièces usées ou monter un nouveau compresseur. Nettoyer le circuit de réfrigérant. Installer un filtre DA antiacide. Au besoin, le remplacer plusieurs fois.
Compresseur Ne peut démarrer	a) Groupe de fusibles hors tension ou sous tension trop faible. b) Fusibles d'entrée grillés. c) Fusible grillé dans le circuit de commande. d) Interrupteur principal pas fermé. e) Thermo fusible du disjoncteur ouvert ou défectueux car (par ex.) :	Contacter la société de distribution. Chercher la cause. Faire réparer le défaut et remplacer les fusibles. Chercher la cause. Faire réparer le défaut et remplacer les fusibles. Fermer le contact. Chercher le défaut, le corriger ou remplacer le thermo fusible. Voir sous "Pression d'aspiration trop élevée".

	1) pression d'aspiration trop élevée, 2) pression de condensation trop élevée, 3) contamination ou cuivrage des roulements du compresseur, etc. 4) tension d'alimentation trop faible, 5) coupure d'une phase, 6) court-circuit des enroulements moteur (avarie). f) Protections d'enroulement coupées (puissance absorbée trop importante). g) Contacteur du disjoncteur grillé car: 1) courant de démarrage trop fort, 2) contacteur sous-dimensionné. h) Matériel de sécurité coupé, mal réglé ou défectueux: pressostat différentiel d'huile [pénurie ou montée d'huile] pressostat haute pression, pressostat basse pression, contact à flotteur [concentration de saumure trop faible, défaut de pompe, filtre colmaté dans le circuit de saumure, température d'évaporation trop basse], thermostat antigel [concentration de saumure trop faible, défaut de pompe, filtre colmaté dans circuit de saumure, température d'évaporation trop basse]	Voir sous "Pression de condensation trop élevée". Nettoyer le circuit de réfrigérant et remplacer le compresseur et le déshydrateur. Contacter la société de distribution. Chercher le défaut (souvent fusible sauté) et le corriger. Si nécessaire, nettoyer le circuit de réfrigérant et remplacer le compresseur et le déshydrateur. Chercher la cause de la forte absorption de puissance, corriger le défaut et après refroidissement suffisant des enroulements (peut durer longtemps), redémarrer l'installation. Chercher la cause de la surcharge du moteur, corriger le défaut et remplacer le contacteur. Installer un contacteur plus puissant. Dans tous les cas, trouver la cause et corriger le défaut avant de redémarrer l'installation : Voir sous "Compresseur, niveau d'huile trop bas dans le carter" et "Compresseur, montée d'huile dans le carter." Voir sous "Pression de condensation trop élevée". Voir sous "Pression d'aspiration trop basse". Chercher la cause du manque de débit dans le circuit de saumure et corriger le défaut. Voir sous "Refroidisseurs de liquide". Chercher la cause du débit réduit ou manquant dans le circuit de saumure et corriger le défaut. Voir sous "Refroidisseurs de liquide"

Compresseur Ne peut démarrer	i) Matériel de régulation coupé, mal réglé ou défectueux : pressostat basse pression, thermostat d'ambiance. j) Enroulements moteur brûlés 1) compresseur ouvert : surcharge du compresseur et du moteur [moteur sous-dimensionné] 2) compresseur hermétique semi hermétique : surcharge du compresseur et du moteur [acide dans le circuit de réfrigérant] k) Grippage roulements ou cylindre car : 1) saletés dans le circuit de réfrigérant, 2) cuivrage des pièces nues (acide dans le circuit de réfrigérant), 3) aucun graissage ou graissage insuffisant à cause de : - pompe de graissage défectueuse, - montée d'huile dans le carter, - charge d'huile trop faible. - Accumulation d'huile dans l'évaporateur. - Egalisation mauvaise ou bloquée entre les compresseurs en parallèle (le dernier compresseur démarré manque d'huile).	Chercher le défaut et le corriger. Démarrer l'installation. Voir sous "Pression d'aspiration trop basse" Chercher la cause de la surcharge, corriger le défaut et remplacer le moteur. Installer un moteur plus puissant. Chercher la cause de la surcharge, corriger le défaut et remplacer le compresseur. Chercher la cause de l'acide, corriger le défaut, démonter le compresseur, nettoyer au besoin le circuit de réfrigérant, installer un nouveau filtre antiacide, remplir d'huile et de réfrigérant neuf, monter un nouveau compresseur. Nettoyer le circuit et installer un nouveau déshydrateur et un nouveau compresseur. Nettoyer le circuit et installer un nouveau déshydrateur et un nouveau compresseur. Dans tous les cas: chercher la cause, corriger le défaut et remplacer les pièces défectueuses

Tableau 03 : Les défauts d'instruments de mesure les symptômes leurs causes possibles et les interventions à effectuer.

Conclusion générale

Conclusion générale

L'évaluation précise des charges d'une chambre froide n'est pas simple. En effet beaucoup de facteurs sont à prendre en compte. Parmi ceux-ci on peut citer la nature de l'isolation, le type de denrée à conserver, les conditions d'exploitation de la chambre froide notamment les types de machines utilisés, le nombre des opérateurs qui sont présents dans la chambre ... etc. Ainsi un grand nombre de cas de figures peuvent se présenter.

La conception d'une chambre froide ne se limite pas uniquement à l'évaluation des charges. D'autres facteurs sont à étudier notamment les dispositions relatives à la mise en œuvre pratique de la chambre froide ou l'intégration de catalogues des constructeurs pour le choix des équipements et des matériaux.

Un manque de suivi précis du fonctionnement, et de l'entretien, se traduit peu à peu par des dysfonctionnements, des dérives ou déréglages des appareils de contrôle ou de sécurité, pouvant avoir des conséquences :

- humaines (sécurité des personnes).
- physiques (sécurité des biens, effets sur l'environnement, salubrité des produits...).
- financières (bris de machines, responsabilité civile, litiges marchandises, pertes de production, diminution des rendements...).

Il faut mettre en place un suivi de fonctionnement et d'entretien rigoureux des installations techniques et des bâtiments en assurant :

- le maintien en état de l'outil de production.
- la production frigorifique optimale au moindre coût.

Pour satisfaire cette nécessité, il est donc indispensable de bien appréhender le suivi quotidien des installations techniques et des bâtiments qui les abritent, en ayant des descriptifs, des plans et des schémas systématiques et grâce à ces techniques du froid qui ne cessent de se développer nous allons contribuer à la conservation d'aliments tout en gardant leur valeurs nutritives.

enfin nous espérons que la technique du froid se généralise dans d'autre domaines surtout dans les régions à vocation agricole.

tableau n° 1:résistances thermique superficielles $1/h_i$ et $1/h_e$ en m^2 K/W des parois dune chambre froide

Coté externe de la paroi	1/he	Coté interne de la paroi	1/hi
Ca ou la paroi est en contact avec l'air extérieur	0,03	Cas d'une chambre froide en ventilation mécanique	0,06
Cas ou la paroi est en contact avec un autre local	0,12	Cas d'une chambre froide en convection naturelle	0,12

Source : ASHRAE handbook

tableau n° 2:coefficients de conductivité thermique de quelque isolant

isolant	Coefficients de conductivité (w/m.°c)
Polystyrène expansé	0,03
Liège	0,033
Polyuréthanne	0,024
Fibre de verre	0,035
Styrofoam	0,032
Caoutchoucs mousses	0,030
Laine de roche	0,093
Foamglass	0,054
klégecell	0,031

Source: Pierre RAPIN, Patrick JACQUARD;« Aide-mémoire, Formulaire du froid»; 12e édition; Edition DUNOD, Paris, 2003

tableau n° 3: coefficients de conductivité thermique de quelque matériaux

isolant	Coefficients de conductivité (w/m.°c)
corps creux	0,52
aluminium	230
plastique	0,2
Amotiment ciment	0.87
Dalle en B A	1.16
fer	72
carellage	1.5
plâtre enduit	0,35
brique	0,5

Source: Pierre RAPIN, Patrick JACQUARD;« Aide-mémoire, Formulaire du froid»; 12e édition; Edition DUNOD, Paris, 2003

tableau N° 4:calcul de la résistance thermique des différentes couches de matériaux constituant le sol de la resserre

	e (m)	**λ (w/m.k)**	**e/ λ (m^2.k/w)**
- Prédelle en béton sur terre plein	0,15	1,279	0,1173
- Barriere d'étanchéité (au bitume)	0,015	0,16	0,0938
- Isokabt thermique (polystyrène)	0,10	0,030	3,333
- Dalle de compression	0,10	1,279	0,0782
- Chape	0,05	1,924	0,026
- pavage	0,015	1,05	0,0143
			$\sum e / \lambda$ =3,6626

document fournit par le module du bilan thermique

tableau N°5:quantité de chaleur dégagé par unité de temps par une personne en activité moyenne dans une chambre froide

Température de la chambre froide (°c)	**Puissance dégagée par personne (w)**
20	180
15	200
10	210
5	240
0	270
-5	300
-10	330
-15	360
-20	390
-25	420

Source: Youssouf MANDIANG ; «Analyse et fonctionnement des installations frigorifiques, Calcul des chambres froides » ; Ecole Supérieure Polytechnique, UCAD, Dakar, 2004

tableau N°6: duré moyenne de transit de différents types de marchandises entreposé en chambre froide

Type de porte	Type de marchandise	d_t en min/t
A ouverture manuelle	Viande animale sur pendoir	15
	Marchandises palettisées	6
A ouverture automatique	Viande animale sur pendoir	1
	Marchandises palettisées	0,8

Source: Youssouf MANDIANG ; « Analyse et fonctionnement des installations frigorifiques. Calcul des chambres froides» ; Eco le Supérieure Polytechnique, UCAD, Dakar, 2004

annexe 02

tableau N°7: coefficients d'occupation du sol d'une chambre froide en fonction du type d'entreposage des marchandises

Type d'entreposage	
Entreposage de marchandises réfrigérées Palettisées a faible rotation	**0,65....0,70**
Entreposage de marchandises réfrigérées Palettisées a rotation rapide	**0,45....0,50**
Entreposage de marchandises congelées Palettisées a faible rotation	**0,75....0,80**
Entreposage de marchandises congelées palettisées a rotation rapide	**0,50....0,60**

source: adaptation et amélioration des systèmes frigorifiques application sur un conteneur frigorifique Eco le Supérieure Polytechnique, UCAD, Dakar, 2004

tableau N°8: densité d'entreposage des différentes marchandises

Marchandises concerné	d_e kg/m^3	Conditionnement
Amandes décortiquées	500 350	Sacs Vrac
Bananes	250 300	Régimes Caisses bois
vollailes	400	croche
Cacao	450	Sacs
Céréales	650	En vrac
Le lait	800	Caisses
oignons	450	Sacs
Oranges	400	Caisses
Pommes	350	Caisses
Pomme de terre	400 700	Sacs En vrac
Riz	700	Sacs

source: source: adaptation et amélioration des systèmes frigorifiques application sur un conteneur frigorifique Eco le Supérieure Polytechnique, UCAD, Dakar, 2004

tableau N°9: teneur en eau ,point d congélation , capacité thermique massique et chaleur latente de congélation de différentes denrées

denrées	Teneur en eau %	Point de congélation haut c°	Capacité thermique massique en kj/kg k°		Chaleur latente congélation kj/kg
			Avant congélation	Apres congélation	
Mandarines	87,3	-1,05	3,77	1,93	291
volailles	74	-2.8	3.18…3.1	1.76…1.67	274
Ognons comestibles **De fleur**	87,5	-1,2	3,77 3,89	1,93 2,01	288 306
Le lait	88	-0.56	3.85	1.93	293
poires	82,7	-1,7	3,77	1,93	293
Pommes de terre **Nouvelles** **De saison**	 81,2 76	 -0,61 -1,5	 3,56 3,43	 1,84 1,8	 281 255
pomme	84.1	-2	3.85	1.88	281

Source: Youssouf MANDIANG ; « Analyse et fonctionnement des installations frigorifiques. Calcul des chambres froides» ; Eco le Supérieure Polytechnique, UCAD, Dakar, 2004

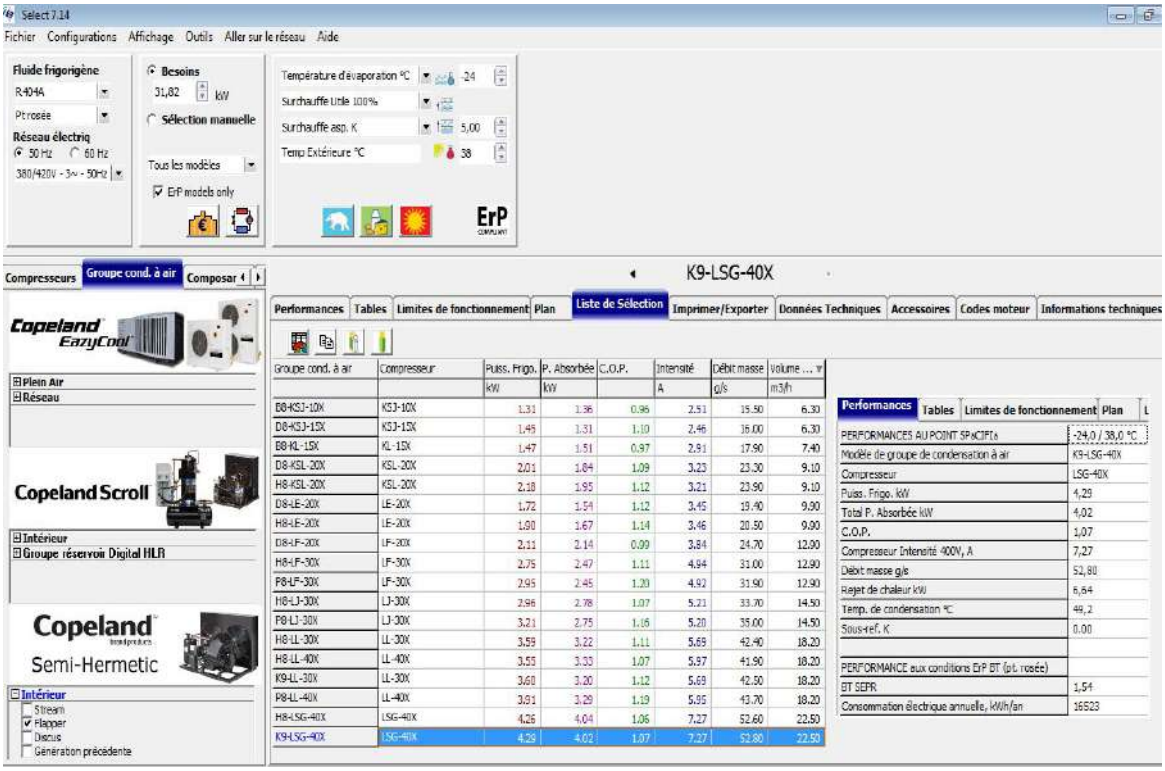
tableau N°10: chaleur massique de respiration q_{resp} de différentes denrées (fruits et légumes)

denrée	q_{resp} en kj/t.h a		
	0°C	10°C	20°C
citrons	28	103	178
pomme	53	175	356
melons	56	147	370
oignons	250	712	2195
oranges	31	98	241
pamplemousses	31	82	173
Pommes de terre	75	91	143

Source: Youssouf MANDIANG ; « Analyse et fonctionnement des installations frigorifiques. Calcul des chambres froides» ; Eco le Supérieure Polytechnique, UCAD, Dakar, 2004

annexe 04

choix de groupe de condensation de la chambre 01



Choix de l’evaporateur de la chambre 01

Critères de sélection

Température de la chambre :	0	°C	Puissance :	31,82	kW
Pression disponible :	0	Pa	Delta T1 :	6	K
Fluide :	R404A		Nombre d'appareil :	1	

Modèle	Puissance unitaire	DeltaT	Nb. x Diam. Ventil./Unité	Couplage moteur	Débit d'air (m3/h)	Projection d'air (m)	Puiss abs. maxi tot. (W)
GTA 34 R 6D	31,82	6,3	3 x 630	Triangle	26650	2x12	1800
GTA 34 R 4D	31,82	5,6	3 x 630	Triangle	34020	2x17	3750
GTA 36 L 6D	31,82	6,2	3 x 630	Triangle	26270	2x12	1800
GTA 36 R 6Y	**31,82**	**6,1**	**3 x 630**	**Etoile**	**19130**	**2x9**	**1200**
GTA 38 L 6Y	31,82	6,3	3 x 630	Etoile	19130	2x9	1200
GTA 38 L 6D	31,82	5,3	3 x 630	Triangle	25180	2x11	1800
GTA 44 L 6Y	31,82	6,5	4 x 630	Etoile	28420	2x11	1600

Modèle : GTA 36 R 6Y

Conditions de fonctionnement

Fluide frigorigène :	R404A	
Température de la chambre :	0	°C
Nombre d'appareils :	1	

Caractéristiques Aérauliques (Par appareil)

Nb. et diamètre des ventilateurs :	3 x 630	mm
Débit d'air :	19130	m3/h
Pression :	0	Pa
Projection d'air :	2x9	m
Lp (à 4m) :	43 ?	dB(A)

Caractéristiques Electriques (Par appareil)

Puissance absorbée maximale :	3 x 400	W
Intensité de fonctionnement maximale :	3 x 0,68	A
Vitesse de rotation :	690	tr/mn
Couplage moteurs :	Etoile	
Tension / Nb Phases / Fréquence :	400V / 3 / 50Hz	

Performances Thermiques (Par appareil)

Puissance totale :	31,82	kW.
Puissance par appareil :	31,8	kW.
Delta T1 :	6,1	

Caractéristiques Batterie (Par appareil)

Surface :	292.3	m²
Volume :	56,7	dm3
Pas d'ailettes :	4.23	mm

Caractéristiques Dégivrage standard

Puissance de dégivrage :	-	W
Intensité de dégivrage :	-	A
Tension / Nb Phases / Fréquence :	-	
Nombre d'éléments :	-	

Caractéristiques Dimensionnelles (Par appareil)

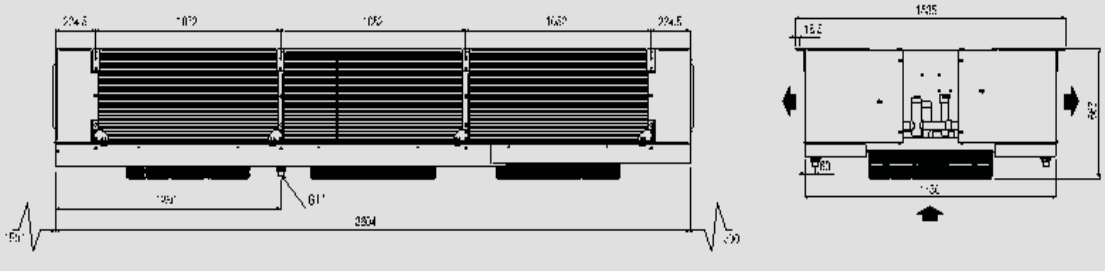
Poids net à vide :	395	kg
Colisage (L/P/H) :	4014 / 1646 / 912	mm
Poids de l'appareil emballé :	489	kg
Emballage standard :	Palette	

Chambre 01

GTA 36 R 6Y



GTA 36 R 6Y



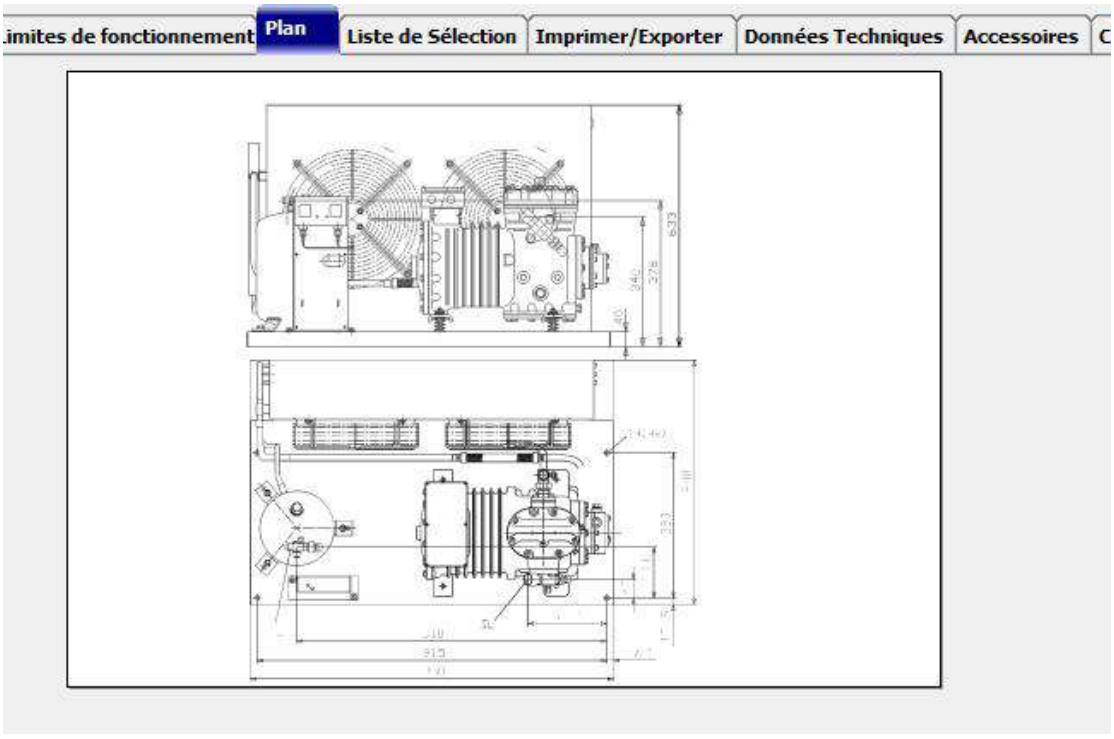
choix de groupe de condensation de la chmabre 02

Performances | Tables | Limites de fonctionnement | Plan | Liste de Sélection | Imprimer/Exporter | Données Te

Compresseur	Vitesse	% charge	Puiss. Frigo.	P. Absorbée	C.O.P.	Intensité	Débit masse	Volume ...
	Hz		kW	kW		A	g/s	m3/h
4ML-15X-50%								35.70
4MI-30X-50%								39.10
4MM-20X-50%								39.10
6MI-40X-33%								40.20
6MM-30X-33%								40.20
4MJ-33X-50%								43.90
4MT-22X-50%								43.90
6MJ-45X-33%								45.00
6MT-35X-33%								45.00
4MK-35X-50%								49.70
4MU-25X-50%								49.70
6MK-50X-33%								51.10
6MU-40X-33%								51.10
4MAD-22X		100.0						61.70
4MFD-13X		100.0						61.70
4MA-22X [INV]	50.0							61.70
4MF-13X [INV]	50.0							61.70
4MA-22X								61.70
4MF-13X								61.70

Performances | Tables | Limites de fonctionnement | Plan | Liste de Sélection | Imp

PERFORMANCES AU POINT SPéCIFIé	8,0 / 38,0 °C
Modèle de groupe de condensation à air	BB4CI-7X
Compresseur	ICI-7X
	Conditions de fonctionnement hors limites
PERFORMANCE aux conditions EER RT (pt. rosée)	
C.O.P. à -35/32°C	1,06



choiw de l'évaporateur de la chambre 02

Critères de sélection

Température de la chambre :	2	°C	Puissance :	13,87	kW
Pression disponible :	0	Pa	Delta T1 :	8	K
Fluide :	R404A		Nombre d'appareil :	1	

Modèle	Puissance unitaire	DeltaT	Nb. x Diam. Ventil./Unité	Couplage moteur	Débit d'air (m3/h)	Projection d'air (m)	Puiss abs. maxi tot. (W)	Prix unitaire (€)
3C-A 4263 R	13,87	8,5	2 x 450	Triangle	11740	32	1000	3771,74
3C-A 4264 R	13,87	8,0	2 x 450	Etoile *	8420	27	740	3977,83
3C-A 4264 R	13,87	7,1	2 x 450	Triangle	10990	31	1000	3977,83
3C-A 4264 L	13,87	9,0	2 x 450	Etoile *	9080	28	740	4167,59
3C-A 4264 L	**13,87**	**8,0**	**2 x 450**	**Triangle**	**11690**	**32**	**1000**	**4167,59**
3C-A 3455 R	13,87	8,3	4 x 300	-	5700	23	290	4182,75
3C-A 4265 R	13,87	7,2	2 x 450	Etoile *	7830	26	740	4410,68
3C-A 3545 R	13,87	7,6	5 x 300	-	6340	24	360	4560,97

Modèle : 3C-A 4264 L

Conditions de fonctionnement

Fluide frigorigène :	R404A	
Température de la chambre :	2	°C
Nombre d'appareils :	1	

Caractéristiques Aérauliques (Par appareil)

Nb. et diamètre des ventilateurs :	2 x 450	mm
Débit d'air :	11690	m3/h
Pression :	0	Pa
Projection d'air :	32	m
Lp (à 4m) :	51 ?	dB(A)

Caractéristiques Electriques (Par appareil)

Puissance absorbée maximale :	2 x 500	W
Intensité de fonctionnement maximale :	2 x 1,	A
Vitesse de rotation :	1370	tr/mn
Couplage moteurs :	Triangle	
Tension / Nb Phases / Fréquence :	400V / 3 / 50Hz	

Performances Thermiques (Par appareil)

Puissance totale :	13,87	kW.
Puissance par appareil :	13,9	kW.
Delta T1 :	8	

Caractéristiques Batterie (Par appareil)

Surface :	25.5	m²
Volume :	5,8	dm3
Pas d'ailettes :	6	mm

Caractéristiques Dégivrage standard

Puissance de dégivrage :	-	W
Intensité de dégivrage :	-	A
Tension / Nb Phases / Fréquence :	-	
Nombre d'éléments :	-	

Caractéristiques Dimensionnelles (Par appareil)

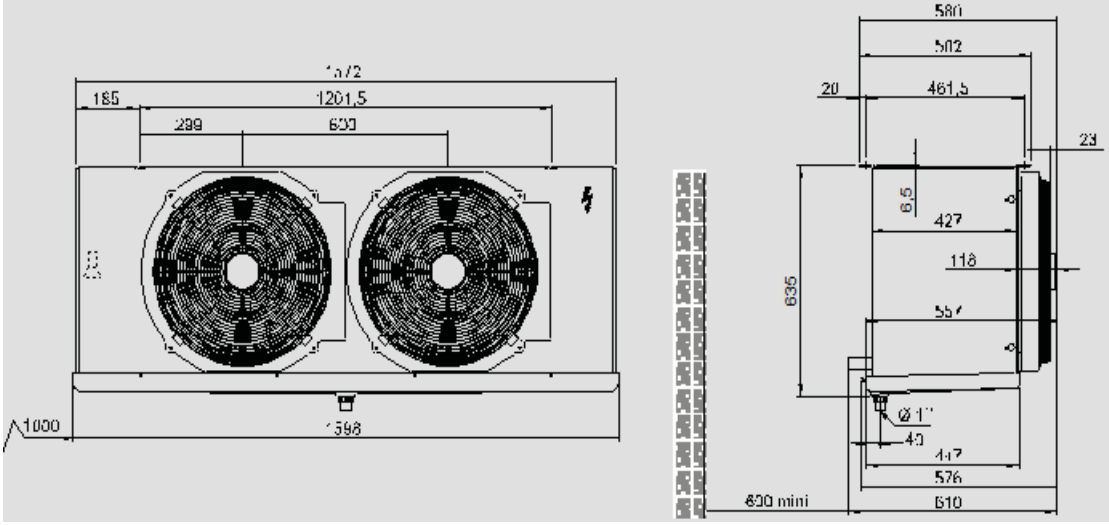
Poids net à vide :	59	kg
Colisage (L/P/H) :	1720 / 750 / 750	mm
Poids de l'appareil emballé :	94	kg
Emballage standard :	Palette	

Chambre 02

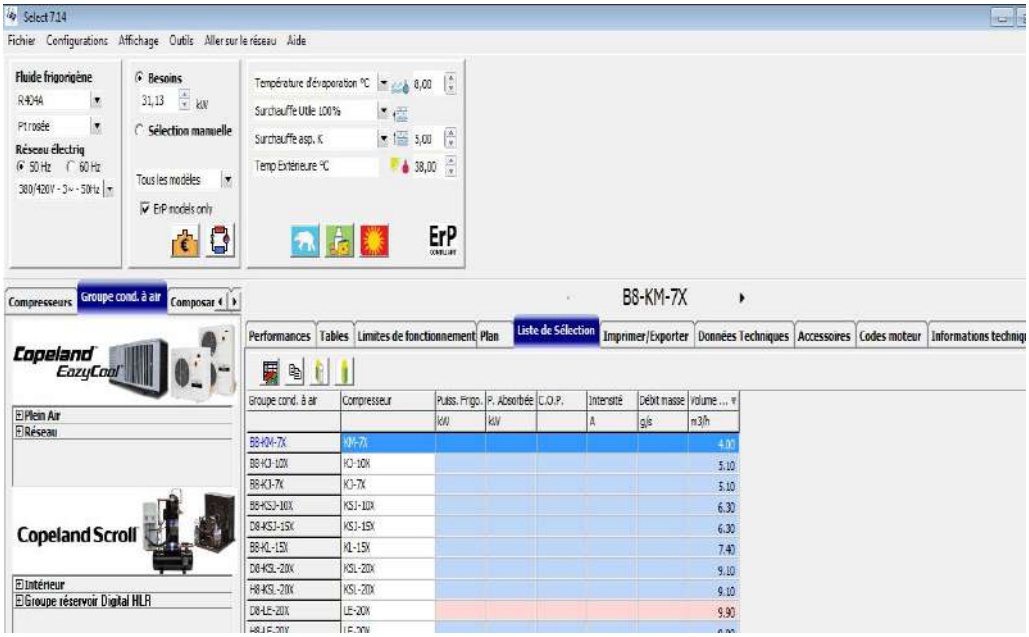
3C-A 4264 L

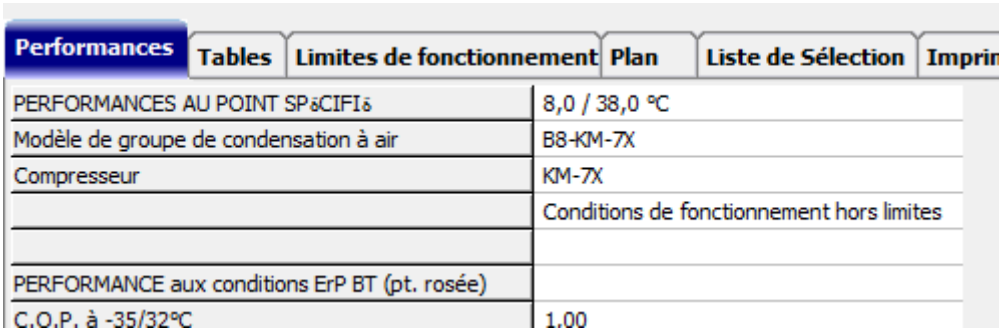


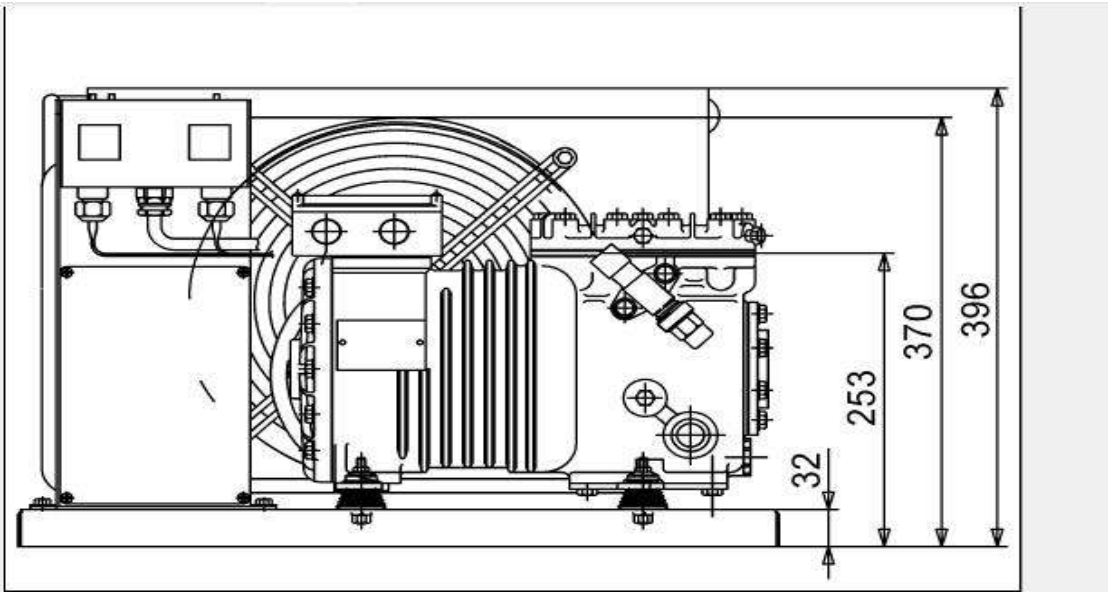
3C-A 4264 L



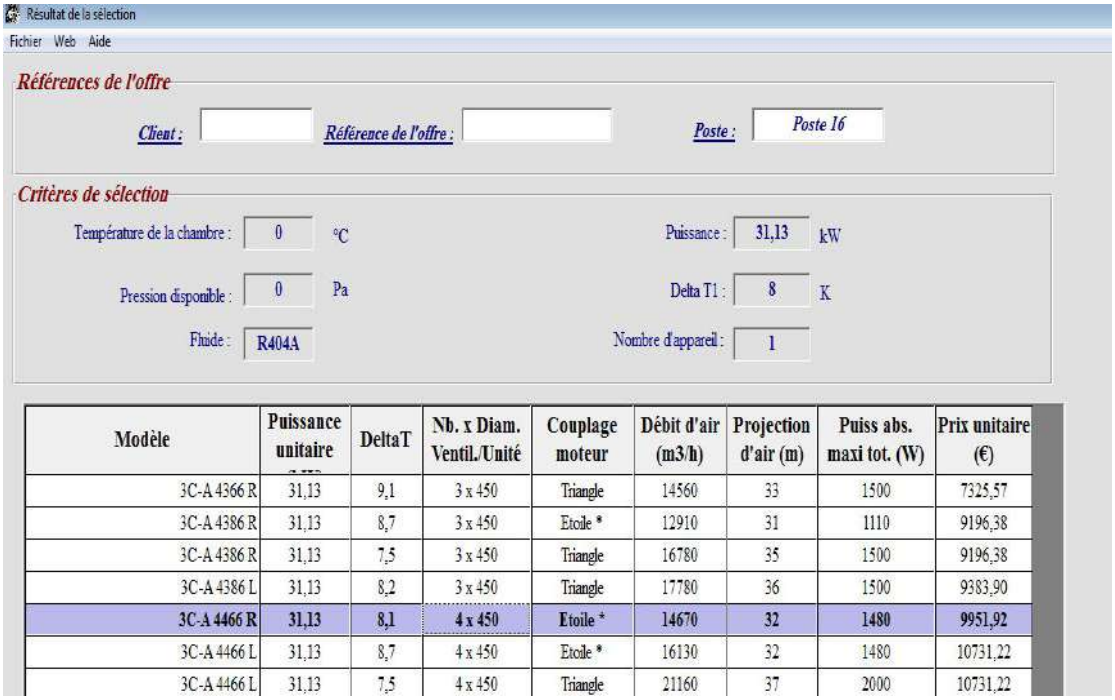
Choix de groupe de condensation de la chambre 03







choix de l’evaporateur de la chambre 03



Résultat de la sélection

Fichier Web Aide

Références de l'offre

Client : Référence de l'offre : Poste : Poste 16

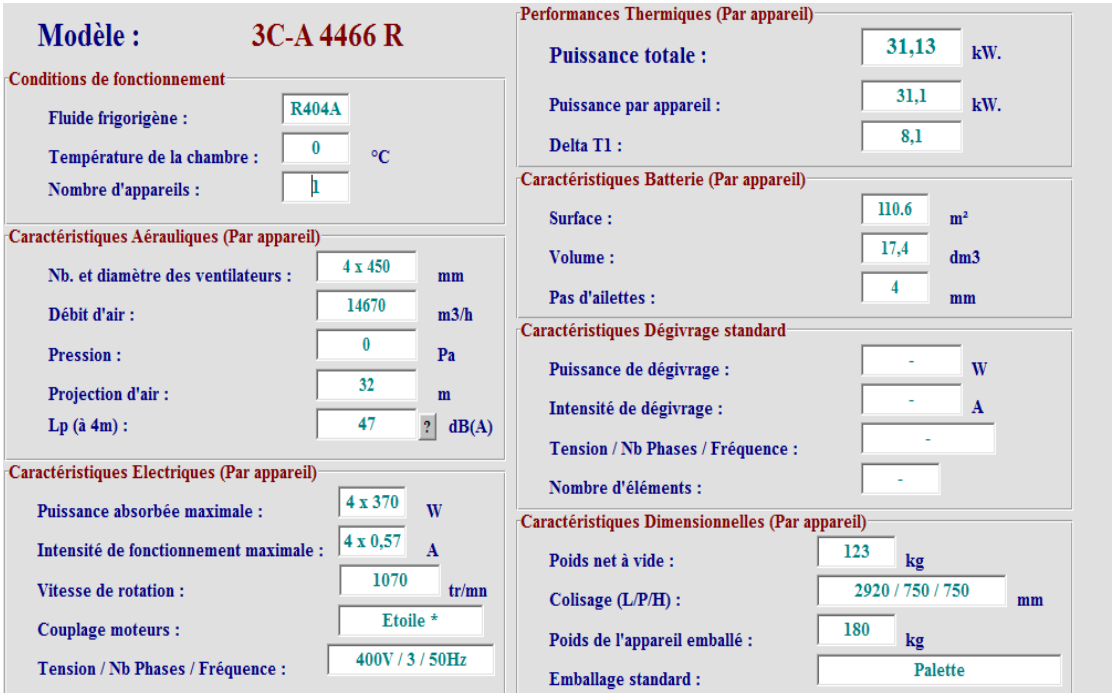
Critères de sélection

Température de la chambre : 0 °C — Puissance : 31,13 kW

Pression disponible : 0 Pa — Delta T1 : 8 K

Fluide : R404A — Nombre d'appareil : 1

Modèle	Puissance unitaire	DeltaT	Nb. x Diam. Ventil./Unité	Couplage moteur	Débit d'air (m3/h)	Projection d'air (m)	Puiss abs. maxi tot. (W)	Prix unitaire (€)
3C-A 4366 R	31,13	9,1	3 x 450	Triangle	14560	33	1500	7325,57
3C-A 4386 R	31,13	8,7	3 x 450	Etoile *	12910	31	1110	9196,38
3C-A 4386 R	31,13	7,5	3 x 450	Triangle	16780	35	1500	9196,38
3C-A 4386 L	31,13	8,2	3 x 450	Triangle	17780	36	1500	9383,90
3C-A 4466 R	**31,13**	**8,1**	**4 x 450**	**Etoile ***	**14670**	**32**	**1480**	**9951,92**
3C-A 4466 L	31,13	8,7	4 x 450	Etoile *	16130	32	1480	10731,22
3C-A 4466 L	31,13	7,5	4 x 450	Triangle	21160	37	2000	10731,22



Modèle : 3C-A 4466 R

Conditions de fonctionnement

Fluide frigorigène : R404A

Température de la chambre : 0 °C

Nombre d'appareils : 1

Caractéristiques Aérauliques (Par appareil)

Nb. et diamètre des ventilateurs : 4 x 450 mm

Débit d'air : 14670 m3/h

Pression : 0 Pa

Projection d'air : 32 m

Lp (à 4m) : 47 ? dB(A)

Caractéristiques Electriques (Par appareil)

Puissance absorbée maximale : 4 x 370 W

Intensité de fonctionnement maximale : 4 x 0,57 A

Vitesse de rotation : 1070 tr/mn

Couplage moteurs : Etoile *

Tension / Nb Phases / Fréquence : 400V / 3 / 50Hz

Performances Thermiques (Par appareil)

Puissance totale : 31,13 kW.

Puissance par appareil : 31,1 kW.

Delta T1 : 8,1

Caractéristiques Batterie (Par appareil)

Surface : 110.6 m²

Volume : 17,4 dm3

Pas d'ailettes : 4 mm

Caractéristiques Dégivrage standard

Puissance de dégivrage : - W

Intensité de dégivrage : - A

Tension / Nb Phases / Fréquence : -

Nombre d'éléments : -

Caractéristiques Dimensionnelles (Par appareil)

Poids net à vide : 123 kg

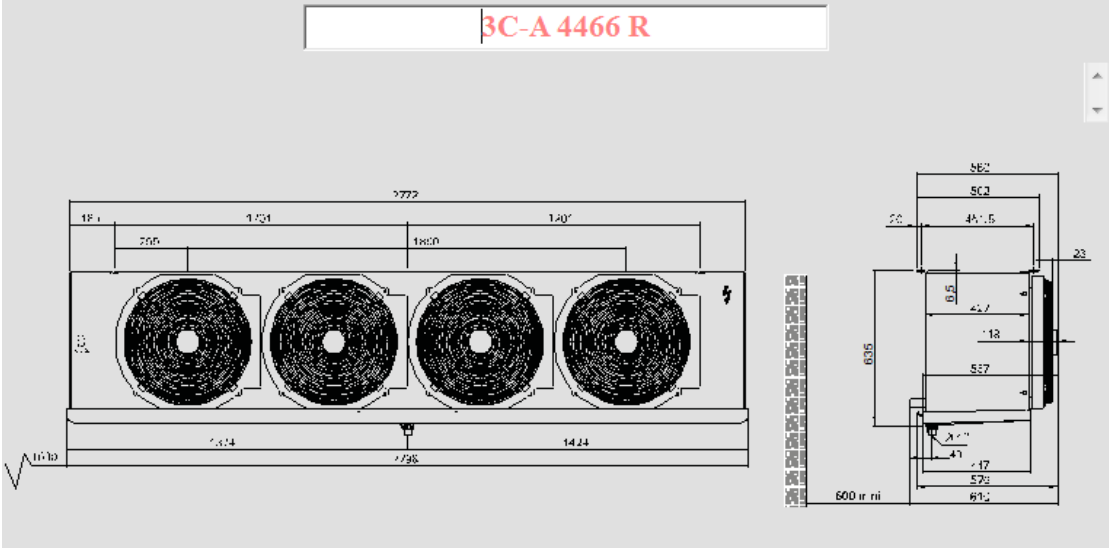
Colisage (L/P/H) : 2920 / 750 / 750 mm

Poids de l'appareil emballé : 180 kg

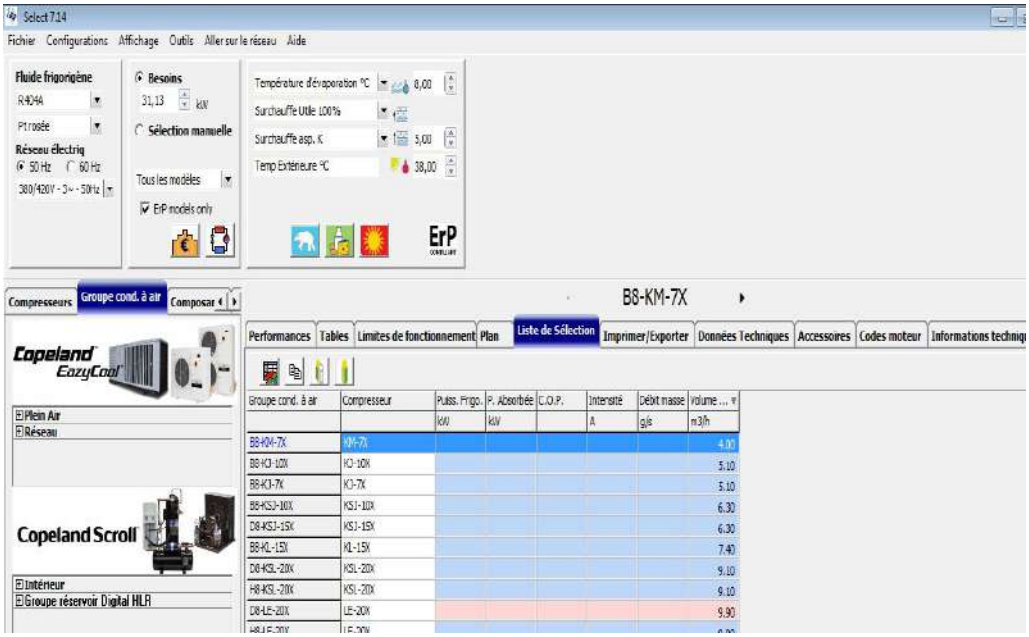
Emballage standard : Palette

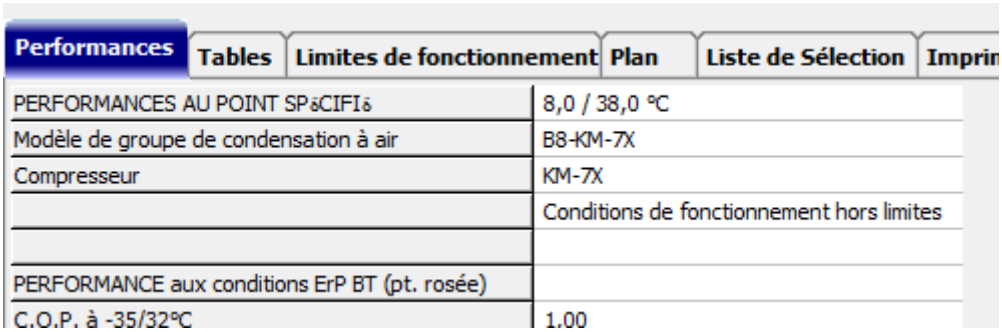
Chambr 03

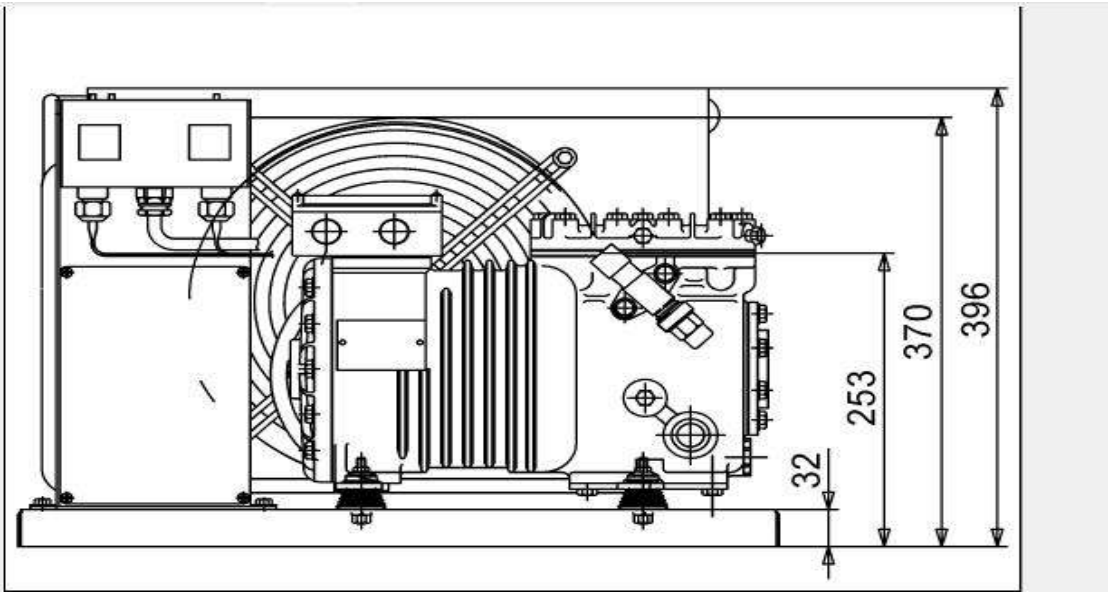




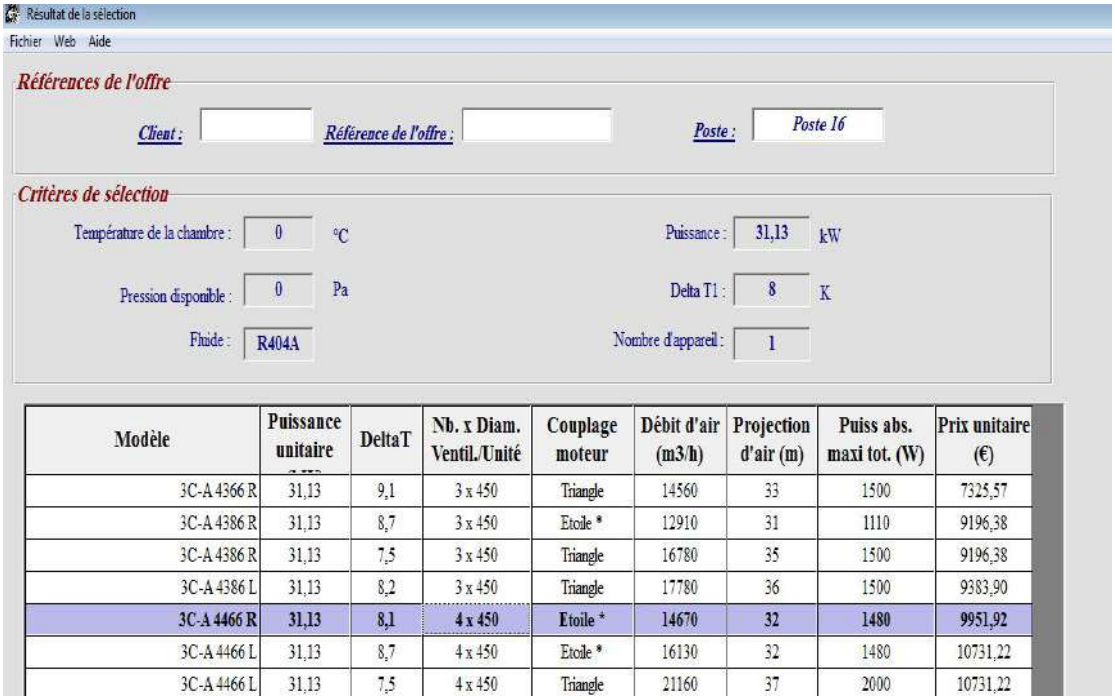
Choix de groupe de condensation de la chambre 03







choix de l’evaporateur de la chambre 03



Résultat de la sélection

Fichier Web Aide

Références de l'offre

Client : Référence de l'offre : Poste : Poste 16

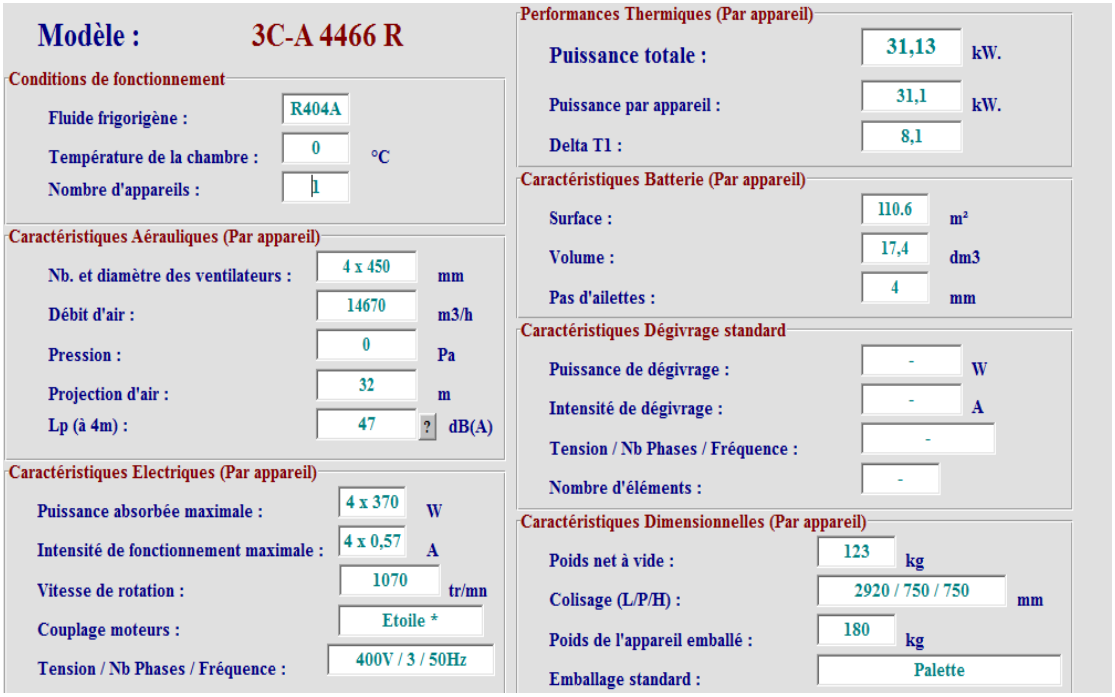
Critères de sélection

Température de la chambre : 0 °C — Puissance : 31,13 kW

Pression disponible : 0 Pa — Delta T1 : 8 K

Fluide : R404A — Nombre d'appareil : 1

Modèle	Puissance unitaire	DeltaT	Nb. x Diam. Ventil./Unité	Couplage moteur	Débit d'air (m3/h)	Projection d'air (m)	Puiss abs. maxi tot. (W)	Prix unitaire (€)
3C-A 4366 R	31,13	9,1	3 x 450	Triangle	14560	33	1500	7325,57
3C-A 4386 R	31,13	8,7	3 x 450	Etoile *	12910	31	1110	9196,38
3C-A 4386 R	31,13	7,5	3 x 450	Triangle	16780	35	1500	9196,38
3C-A 4386 L	31,13	8,2	3 x 450	Triangle	17780	36	1500	9383,90
3C-A 4466 R	**31,13**	**8,1**	**4 x 450**	**Etoile ***	**14670**	**32**	**1480**	**9951,92**
3C-A 4466 L	31,13	8,7	4 x 450	Etoile *	16130	32	1480	10731,22
3C-A 4466 L	31,13	7,5	4 x 450	Triangle	21160	37	2000	10731,22



Modèle : 3C-A 4466 R

Conditions de fonctionnement

Fluide frigorigène : R404A

Température de la chambre : 0 °C

Nombre d'appareils : 1

Caractéristiques Aérauliques (Par appareil)

Nb. et diamètre des ventilateurs : 4 x 450 mm

Débit d'air : 14670 m3/h

Pression : 0 Pa

Projection d'air : 32 m

Lp (à 4m) : 47 ? dB(A)

Caractéristiques Electriques (Par appareil)

Puissance absorbée maximale : 4 x 370 W

Intensité de fonctionnement maximale : 4 x 0,57 A

Vitesse de rotation : 1070 tr/mn

Couplage moteurs : Etoile *

Tension / Nb Phases / Fréquence : 400V / 3 / 50Hz

Performances Thermiques (Par appareil)

Puissance totale : 31,13 kW.

Puissance par appareil : 31,1 kW.

Delta T1 : 8,1

Caractéristiques Batterie (Par appareil)

Surface : 110.6 m²

Volume : 17,4 dm3

Pas d'ailettes : 4 mm

Caractéristiques Dégivrage standard

Puissance de dégivrage : - W

Intensité de dégivrage : - A

Tension / Nb Phases / Fréquence : -

Nombre d'éléments : -

Caractéristiques Dimensionnelles (Par appareil)

Poids net à vide : 123 kg

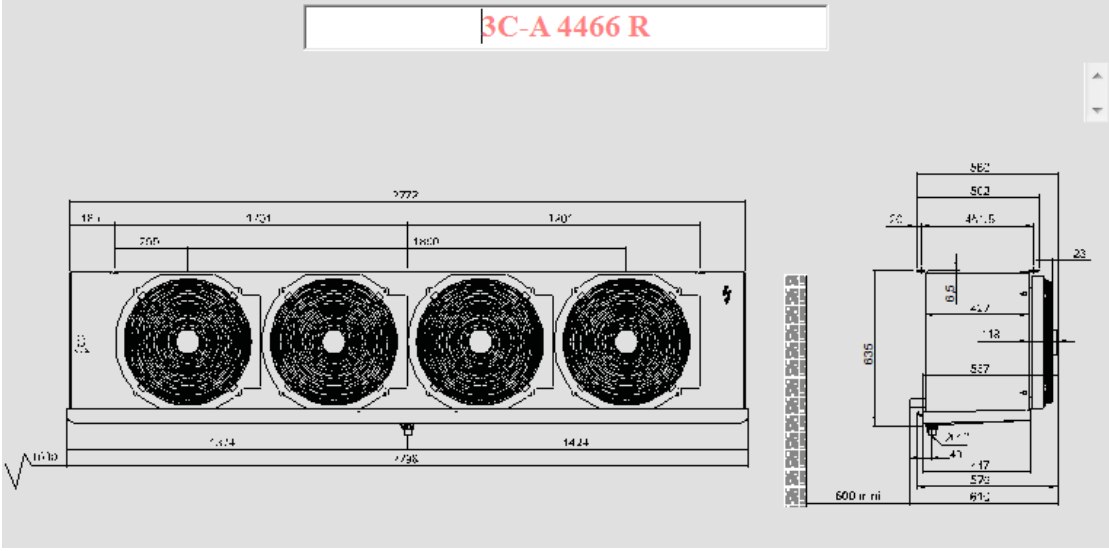
Colisage (L/P/H) : 2920 / 750 / 750 mm

Poids de l'appareil emballé : 180 kg

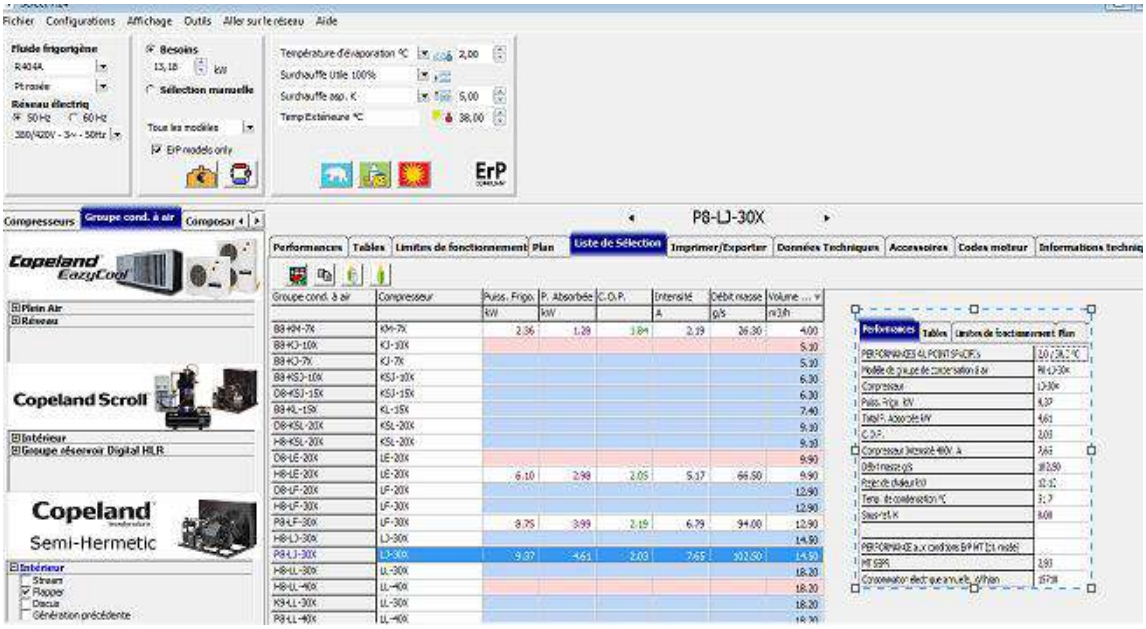
Emballage standard : Palette

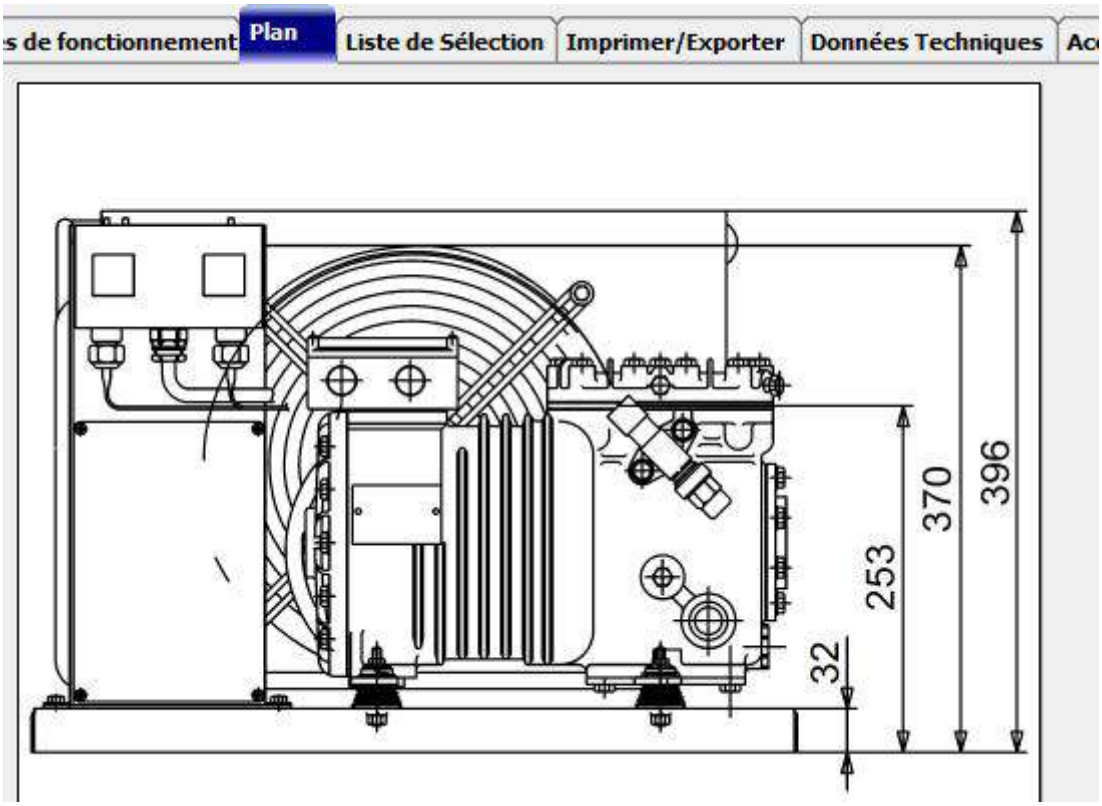
Chambr 03





chois de groupe de condensation de la sas





choix de l'évaporateur de la sas

Critères de sélection

Température de la chambre : 0 °C

Pression disponible : 0 Pa

Fluide : R404A

Puissance : 13,18 kW

Delta T1 : 10 K

Nombre d'appareil : 1

Modèle	Puissance unitaire	DeltaT	Nb. x Diam. Ventil./Unité	Couplage moteur	Débit d'air (m3/h)	Projection d'air (m)	Puiss abs. maxi tot. (W)
3C-A 3444 R	13,18	10,7	4 x 300	-	5460	22	290
3C-A 4263 R	13,18	9,6	2 x 450	Etoile *	9120	28	740
3C-A 3445 R	13,18	9,7	4 x 300	-	5070	21	290
3C-A 4263 L	13,18	10,9	2 x 450	Etoile *	9680	29	740
3C-A 4263 L	13,18	9,8	2 x 450	Triangle	12300	33	1000
3C-A 4264 L	13,18	9,1	2 x 450	Etoile *	9080	28	740
3C-A 3445 L	**13,18**	**10,5**	**4 x 300**				**290**
3C-A 3455 L	13,18	9,2	4 x 300	-	6060	24	290

Tri possible en double-cliquant sur la colonne souhaitée

Modèle : 3C-A 3445 L

Conditions de fonctionnement

Fluide frigorigène : R404A

Température de la chambre : 0 °C

Nombre d'appareils : 1

Caractéristiques Aérauliques (Par appareil)

Nb. et diamètre des ventilateurs : 4 x 300 mm

Débit d'air : 5540 m3/h

Pression : 0 Pa

Projection d'air : 22 m

Lp (à 4m) : 40 ? dB(A)

Caractéristiques Electriques (Par appareil)

Puissance absorbée maximale : 4 x 73 W

Intensité de fonctionnement maximale : 4 x 0,32 A

Vitesse de rotation : 1350 tr/mn

Couplage moteurs : -

Tension / Nb Phases / Fréquence : 230V / 1 / 50-60Hz

Performances Thermiques (Par appareil)

Puissance totale : 13,18 kW.

Puissance par appareil : 13,2 kW.

Delta T1 : 10,5

Caractéristiques Batterie (Par appareil)

Surface : 28.3 m²

Volume : 6,5 dm3

Pas d'ailettes : 6 mm

Caractéristiques Dégivrage standard

Puissance de dégivrage : - W

Intensité de dégivrage : - A

Tension / Nb Phases / Fréquence : -

Nombre d'éléments : -

Caractéristiques Dimensionnelles (Par appareil)

Poids net à vide : 55 kg

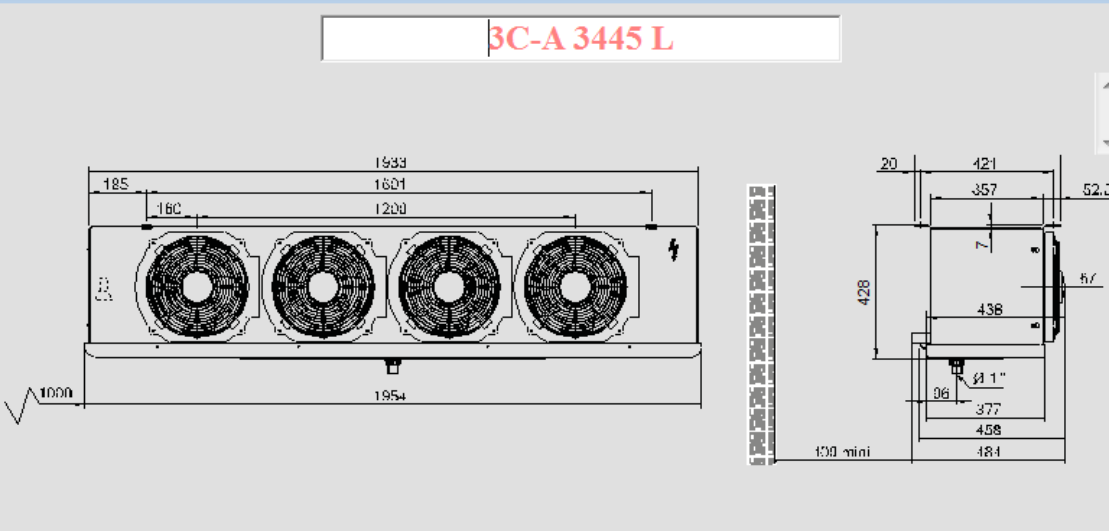
Colisage (L/P/H) : 2080 / 630 / 600 mm

Poids de l'appareil emballé : 84 kg

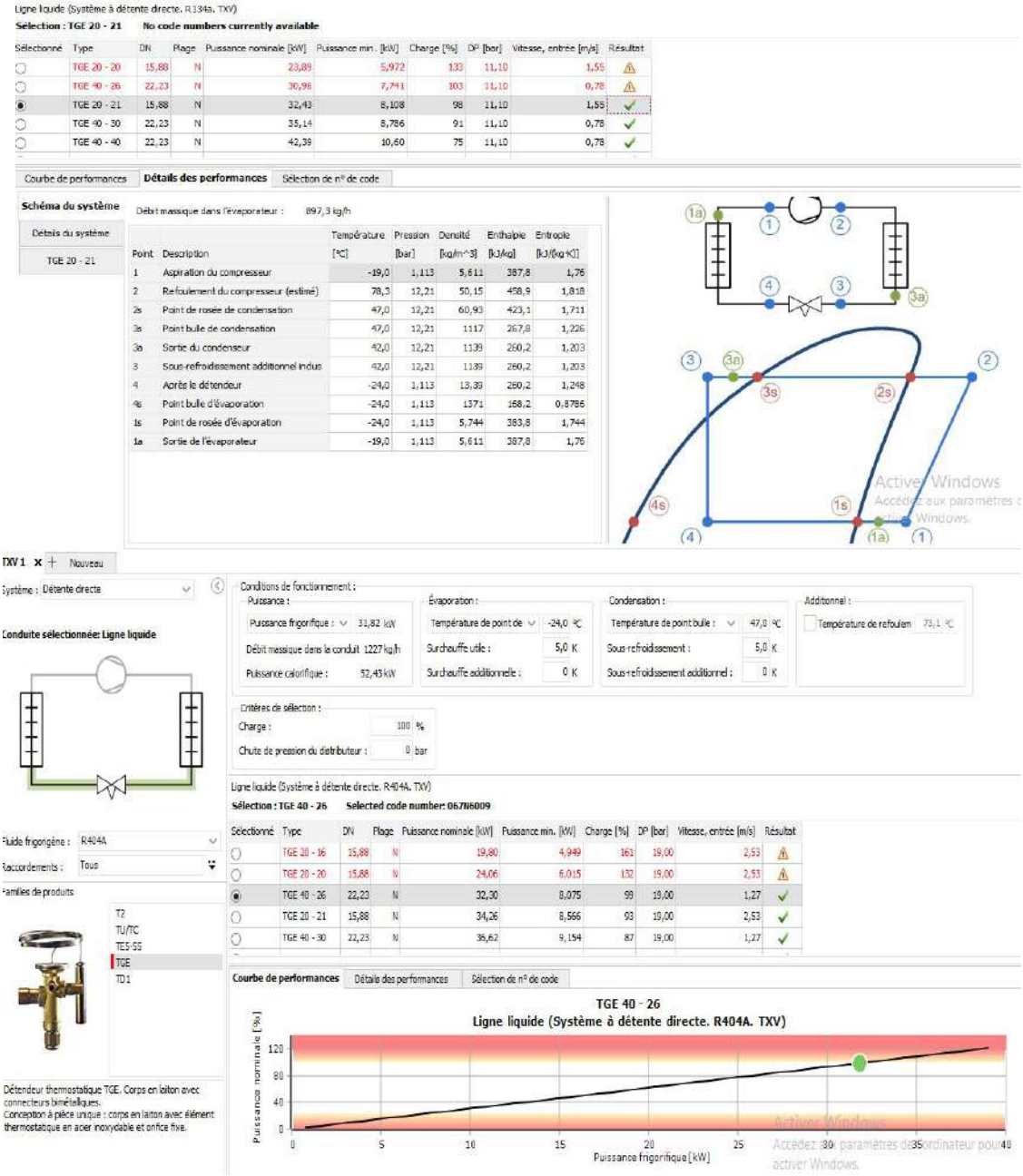
Emballage standard : Palette

La sas

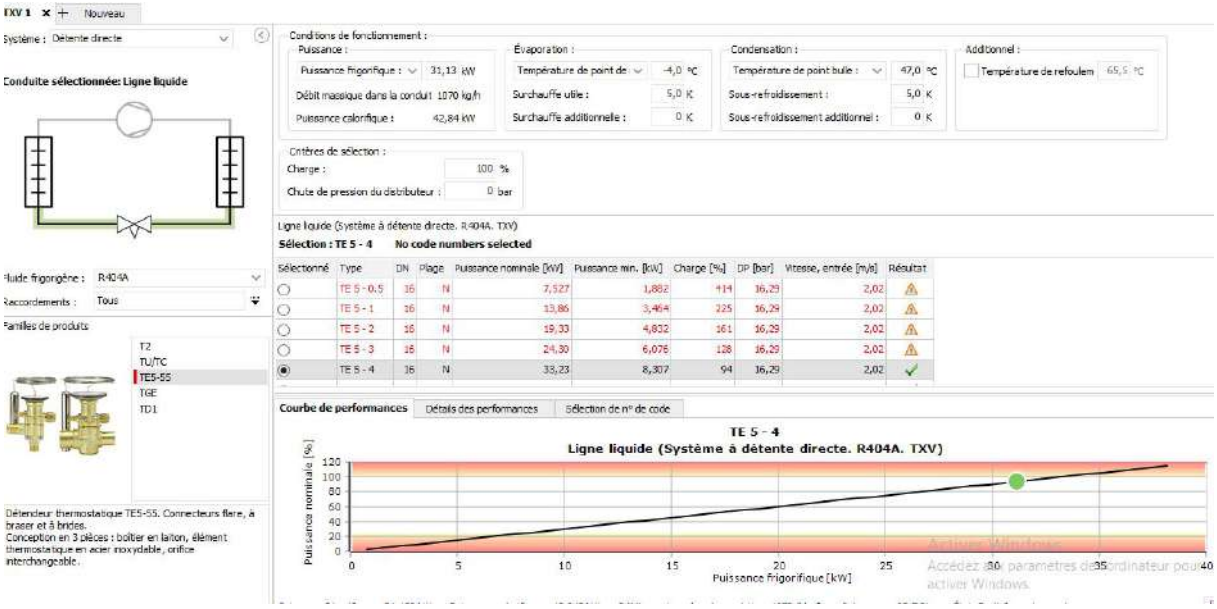

3C-A 3445 L

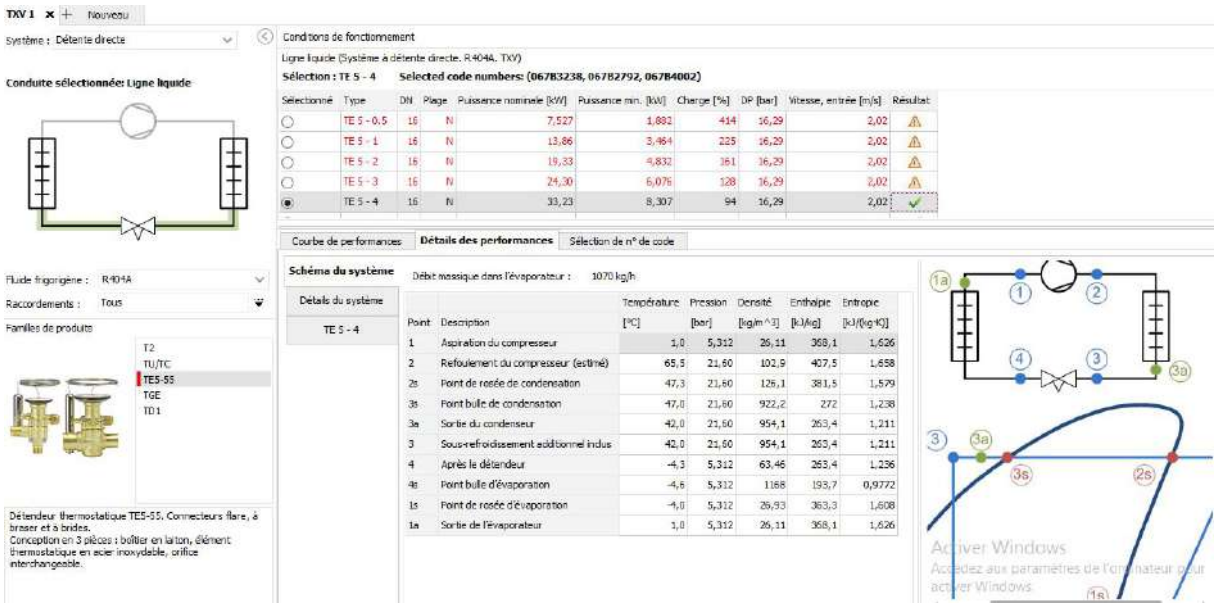

3C-A 3445 L
1933
185
1601
160
1200
1000
1954
20
421
357
7
428
438
Ø 1"
96
377
458
484
100 mini

*Choix du detendeur chambre 01



Choix du detendeur chambre 03





Choix du detendeur de la SAS

