

PROJET DE FIN D'ETUDE INTITULE :

**ETUDE ET REALISATION D'UNE
CENTRALE D'UNE TUNNEL DE
CONGELATION RAPIDE**

Recherche Bibliographique

❖ **Introduction :**

Dans les années 60, au début des implantations des supermarchés, chaque poste de froid était équipé de son propre groupe frigorifique.

Comme les températures d'évaporation exigée par certains postes étaient très proches, voire identiques, la recherche d'économie amena à regrouper deux ou trois postes de froid sur le même groupe frigorifique.

La tentation d'aller plus loin dans cette innovation technique devenait alors très forte. Avec le succès croissant de la vente en libre service, les implantations des grandes surfaces s'accéléraient et la recherche de rentabilité fit apparaître le concept de « production frigorifique centralisée ».

Ce type d'installation consiste à regrouper, dans une même salle de machines, un ou plusieurs compresseurs raccordés sur un collecteur commun d'aspiration et un collecteur commun de refoulement.

Une tuyauterie liquide alimente l'ensemble des postes réfrigérés.

En règle générale, le condenseur est placé à un niveau supérieur à celui des compresseurs et les gaz de refoulement arrivent dans son collecteur du haut.

Le présent travail est élaboré au sein de la société AFRIC FROID qui est spécialisée dans la conception, la réalisation et la maintenance des groupes carrossés, des centrales, des équipements frigorifiques et des machines de fabrication de glace en écailles.

L'étude présente dans ce rapport s'inscrit dans un projet de conception et réalisation d'une centrale frigorifique.

Ce projet comporte cinq chapitres :

- **Chapitre 1 :** Conception et présentation de la centrale frigorifique et du tunnel de surgélation.
- **Chapitre 2 :** Technologie de compresseur à vis semi hermétique.
- **Chapitre 3 :** Bilan thermique et choix des composants
- **Chapitre 4 :** Description des différents composants de circuit frigorifique
- **Chapitre 5 :** Réalisation de la centrale frigorifique

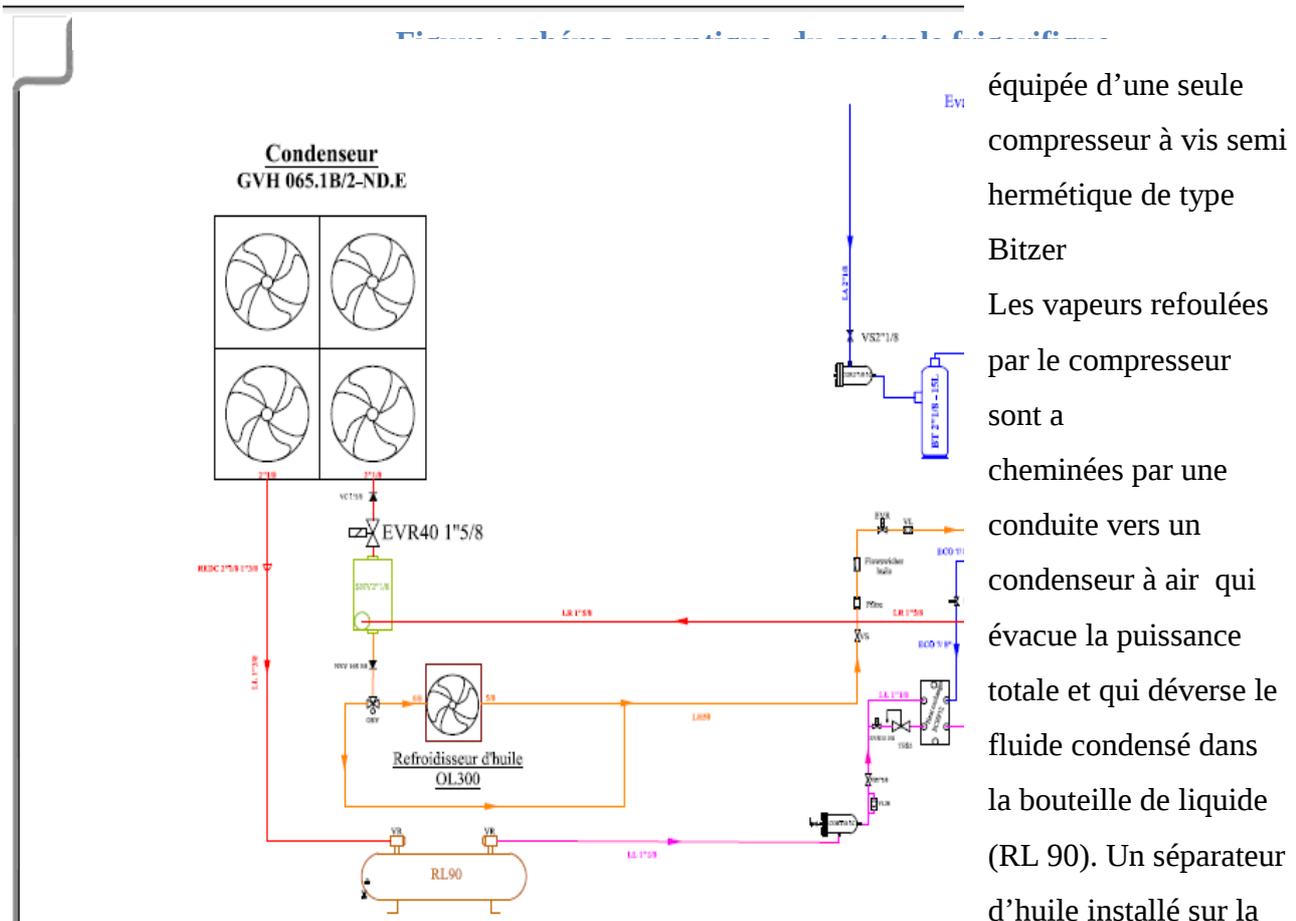
Chapitre I :

Conception et présentation centrale frigorifique et du tunnel de surgélation

1) Présentation du logiciel de conception Autocad 2D:

Le logiciel Autocad nous permet de créer des dessins de CAO 2D de notre installation frigorifique et des chambres froide. Ces dessins facilitent la réalisation des machines frigorifiques, permet aux techniciens et aux clients de connaître les différents caractéristiques des composants du circuit frigorifique et les dimensions des tuyauteries et de chambre ecc...

2) La centrale frigorifique :



équipée d'une seule compresseur à vis semi hermétique de type Bitzer
Les vapeurs refoulées par le compresseur sont acheminées par une conduite vers un condenseur à air qui évacue la puissance totale et qui déverse le fluide condensé dans la bouteille de liquide (RL 90). Un séparateur d'huile installé sur la

tuyauterie de refoulement pour assurer la séparation et le retour d'huile au compresseur.

La ligne de retours d'huile comporte ces accessoires :

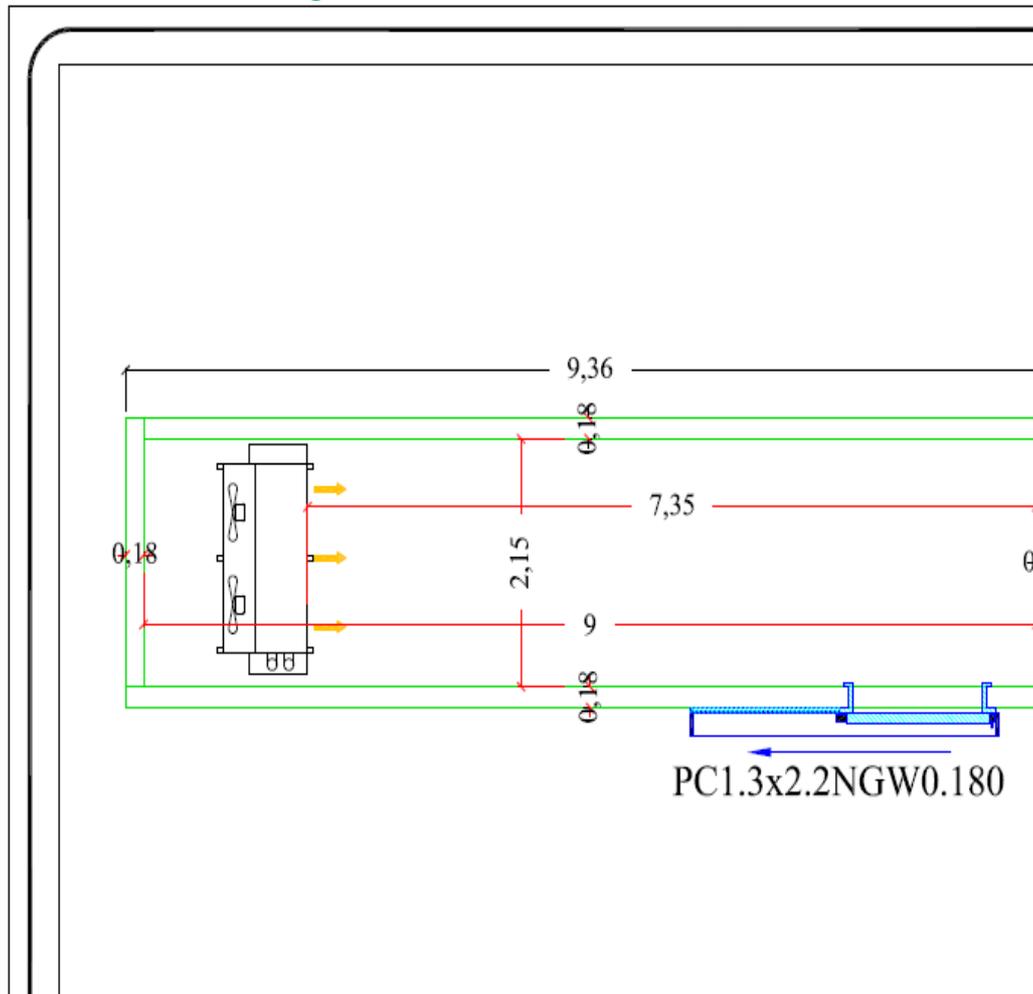
- ✓ Un refroidisseur d'huile
- ✓ Le thermostat d'huile (ORV)
- ✓ Vanne sphérique
- ✓ Filtre
- ✓ Contrôleur de débit d'huile
- ✓ Electrovanne

Un clapet (EVR40) placé à la sortie du séparateur d'huile empêche la migration accidentelle de fluide du condenseur vers le séparateur.

Un raccord d'aspiration supplémentaire pour fonctionnement avec ECONOMISEUR. Ce raccord d'aspiration est installé sur le carter des rotors du compresseur. Ce fonctionnement d'économiseur est assuré par un échangeur à plaque de type Danfoss et un détendeur thermostatique.

Une tuyauterie de liaison entre le centrale et le tunnel assure le passage du liquide sous refroidie par l'échangeur à plaque vers l'évaporateur.

Le tunnel de surgélation :



Le tunnel de

Le tunnel de congélation rapide repose sur la circulation d'air à vitesse rapide, à une température -40°C permettent de stabiliser le produit par un abaissement ultra-rapide de la température jusqu'à -18°C à cœur. Cette vitesse de congélation est provoquée par l'évaporateur à

ventilateur sur pieds avec soufflage horizontal de l'air. Le tunnel est destiné à être utilisé dans des appareils de congélation rapide essentielle pour conserve la qualité et la fraîcheur des

Figure : schéma synoptique de tunnel de surgélation

denrées. En effet la formation de nombreux petits cristaux de glace ne détériorera pas les tissus des aliments faibles exsudation au moment de la congélation. Le tunnel de congélation présente par ailleurs l'avantage d'être très souples d'utilisation il permet en effet de congèle des produits très divers, des tailles et formes différentes tel que les produits carnés, les produit halieutiques, le fruité, les légumes. Notre tunnel de surgélation sont réalisées avec un centrale

à compresseur à vis BITZER .La gamme de tunnel permet de congèle de 3 tonnes des produits par 8 heures. Cette technique de refroidissement rapide avant stockage réduite le temps de changement de phase et assure un refroidissement à cœur des produits.

Tableau : Caractéristiques du tunnel de congélation rapide

Longueur	9.36 m
Largeur	2.51 m
Hauteur	3 m
Nature de l'isolant	Mousse polyuréthane (injectée)
Diamètre de l'isolant	0.18 m
Dimension de la porte	1.3 m * 22 m

Chapitre II : Technologie de compresseur à vis semi hermétique

Rôle de compresseur à vis semi hermétique:

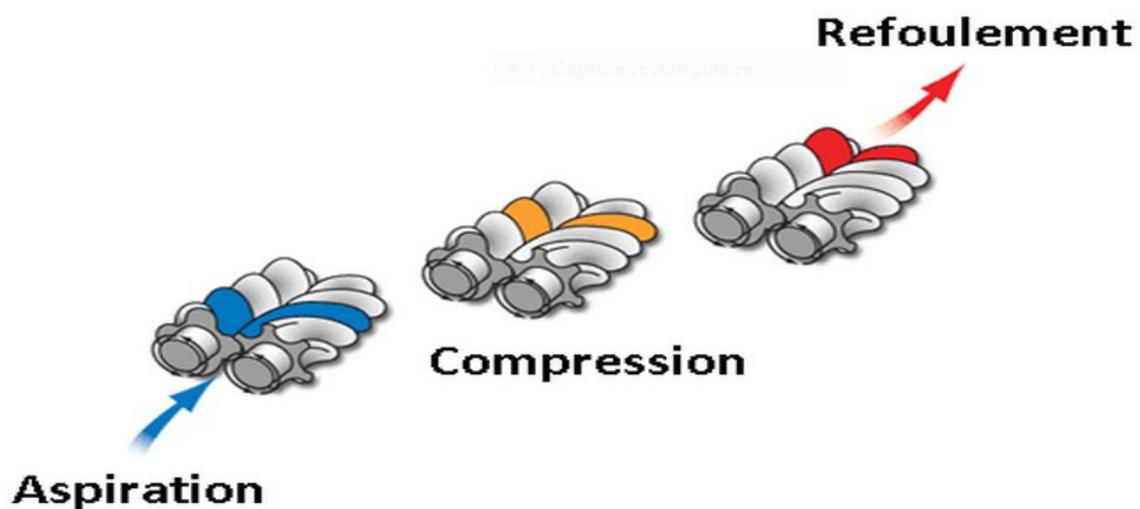


Figure : Principe de fonctionnement de compresseur à vis

Le compresseur à vis est du type volumétrique rotatif. Il est constitué d'un rotor mâle et d'un rotor femelle à denture hélicoïdale. Les deux rotors, mâle et femelle, tournent à grande vitesse et dans des sens opposés, ce qui permet l'aspiration, la compression et le refoulement du gaz. Le gaz est transporté le long de la vis, de l'orifice d'aspiration à l'orifice de refoulement, de façon continue.

Ce type de compresseur doit être abondamment huilé afin d'assurer l'étanchéité et le refroidissement des rotors en formant un film d'huile.

2. Généralités sur le compresseur à vis semi hermétique BITZER:

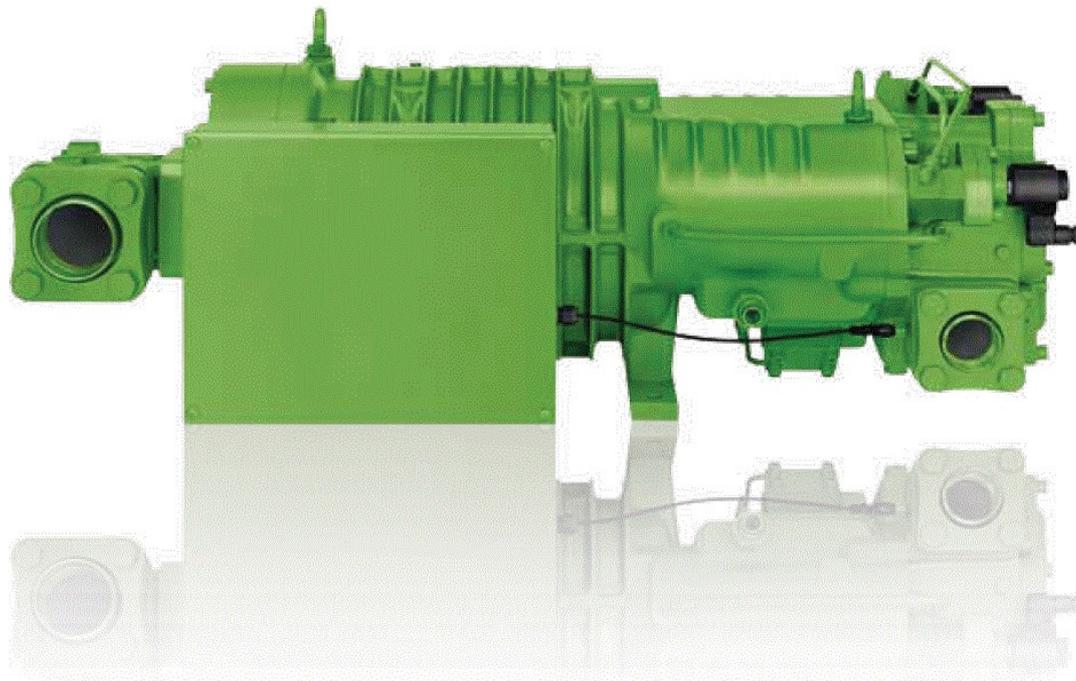


Figure : Le compresseur à vis semi hermétique BITZER de type HSN5353-25

Le compresseur à vis BITZER HSN.53 est une machine rotative volumétrique à deux arbres, dotés d'une géométrie de profil très efficient. Utilisé pour les basses températures. Les composants essentiels de ce compresseur sont les deux rotors (un rotor mâle et un rotor femelle à denture hélicoïdale), qui sont incorporés avec une grande précision dans un bâti. Dans le cas des compresseurs à vis, le processus de compression s'effectue en flux continu. Ainsi, les gaz aspirés sont véhiculés axialement et comprimés dans les lacunes entre les profils qui se réduisent progressivement. Les gaz comprimés sont refoulés ensuite par une fenêtre de sortie. Le positionnement (axial et radial) de ces rotors est assuré, aux deux extrémités, par des paliers à roulement. Il résulte de cette construction un positionnement rigoureux des divers éléments, ce qui avec des chambres de réserve d'huile largement dimensionnées, garantit à ces machines des propriétés optimales de fonctionnement exceptionnel en cas d'urgence. Ce type de compresseur ne nécessite pas de clapet de travail. Pour éviter une marche en sens inverse à l'arrêt, qui serait causée par l'expansion des gaz, un clapet de retenue a été installé dans la chambre de compression.

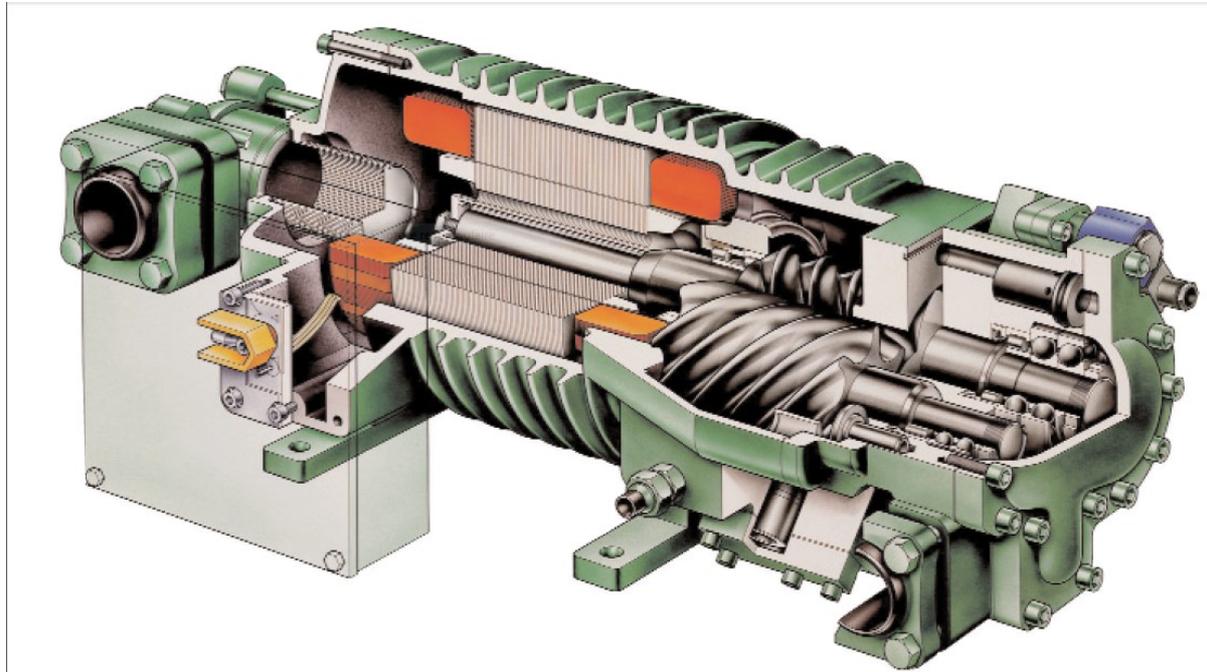


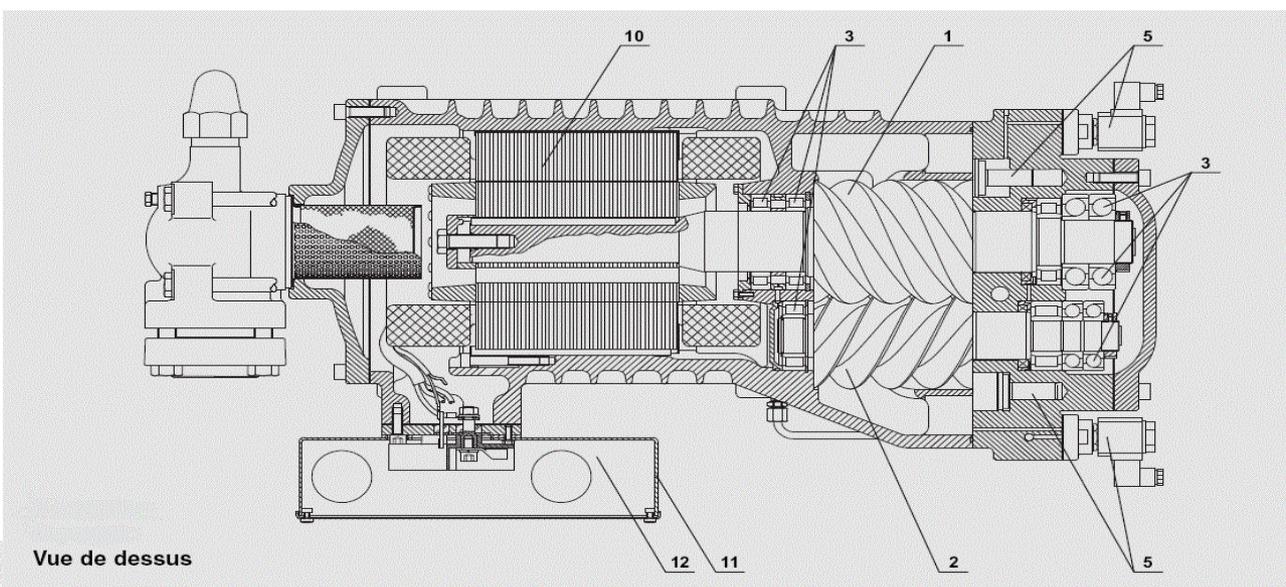
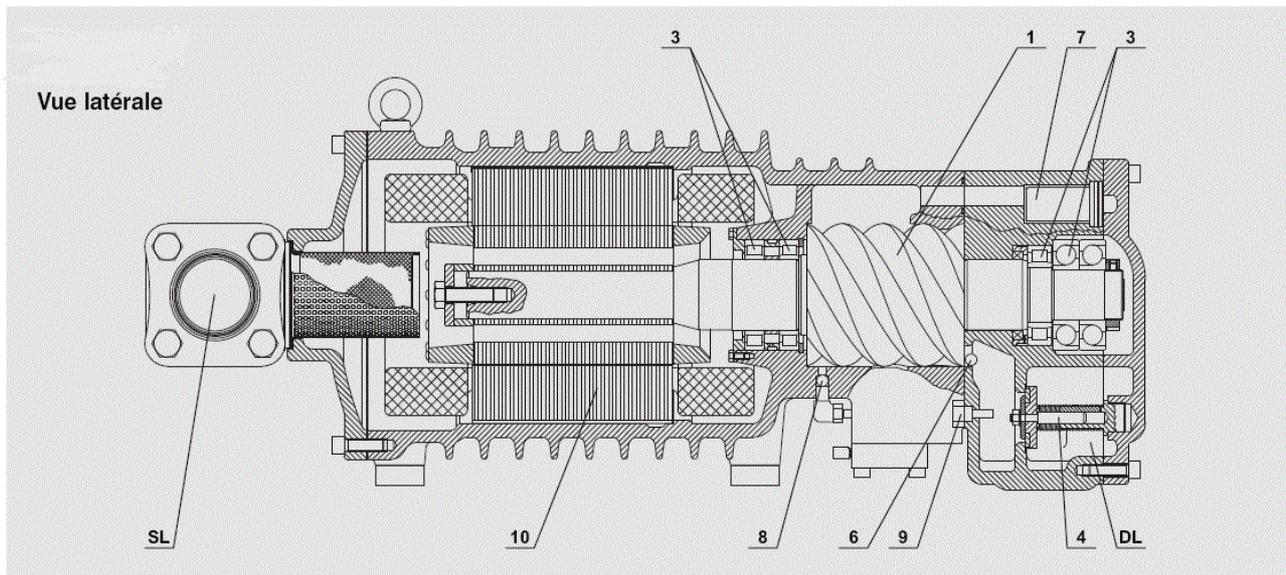
Figure : Vue de coupe de compresseur à vis

Le compresseur est entraîné par un moteur asynchrone triphasé incorporé dans le carter compresseur rallongé. C'est ainsi que le rotor du moteur (induit) est positionné sur l'arbre du

vis principal du compresseur. Le moteur est refroidi par le gaz froid de fluide frigorigène, qui est essentiellement véhiculé à travers des alésages dans le rotor du moteur. En plus de ce refroidissement intensif, ce type de construction assure la fonction de séparation de liquide par effet centrifuge.

Par sa conception spécifique, ce type de compresseur ne nécessite pas de clapets de travail. Pour éviter une marche en sens inverse à l'arrêt, qui serait causée par l'expansion des gaz, un clapet de retenue a été installé dans la chambre de compression. Remarquons cependant que ce clapet ne remplace pas un autre clapet, qui sera nécessaire par la conception d'ensemble de l'installation.

Une soupape de décharge assure la protection contre un éclatement éventuel



- | | |
|--|--|
| 1 Rotor principal | 8 Injection d'huile |
| 2 Rotor auxiliaire | 9 Sonde de température gaz de refoulement |
| 3 Paliers à roulements | 10 Moteur incorporé |
| 4 Clapet de retenue | 11 Boîte de raccordement électrique |
| 5 Régulation de puissance / démarrage à vide | 12 Dispositif de protection du compresseur |
| 6 Fe | |

Figure : Vue latérale et de dessus du compresseur à vis

1. Les avantages particuliers :

a) Performante en énergie :

- Un rendement du moteur élevé.
- Il se prête bien à la réduction de puissance et au démarrage à vide.
- Il fonctionne avec économiseur performante.
- Ils se prêtent mieux aux taux de compression élevés.
- Ils permettent des puissances frigorifiques unitaires importantes.

b) Forme robuste :

- Roulements largement dimensionnés.
- Moteur incorporé volumineux.
- Silencieux et peu de vibrations (équiper par des amortisseurs de vibration)

c) Optimal pour travail en parallèle :

- Puissance de système élevée avec fonctionnement en parallèle jusqu'à 1500m³/h à 50Hz.
- La possibilité d'installer des compresseurs de tailles différentes.
- Charge partiel par arrêt de compresseur.
- La multiplication des étages de puissance par régulation supplémentaire sur les compresseurs.

d) Les avantages du compresseur à vis par rapport au compresseur à piston :

- Il n'y a pas de frottement entre les vis; un [film d'huile](#) assure l'étanchéité.
- L'huile utilisée dans ces compresseurs est souvent refroidie. Car, contrairement au compresseur à piston, l'huile sert essentiellement à l'étanchéité.
- Il y'a pas d'usure mécanique, sauf au niveau des roulements.
- L'acceptation d'une quantité de liquide à l'aspiration.
- Il fonctionne sans clapet.
- L'entretien se résume au changement de l'huile et des filtres.

2. La Lubrification :

À l'inverse des autres compresseurs, les compresseurs à vis demandent de grandes quantités d'huile. Ces quantités importantes sont principalement nécessaires pour réaliser l'étanchéité entre le rotor mâle et le rotor femelle, ainsi qu'entre les rotors et le carter. Elles servent aussi à lubrifier les différents paliers et roulements ainsi qu'à actionner les dispositifs de réduction de puissance. Dans le cas des compresseurs de

type ouvert, l'huile est aussi nécessaire à la lubrification de la garniture d'étanchéité. L'huile est injectée directement dans la chambre de compression et les roulements du compresseur.

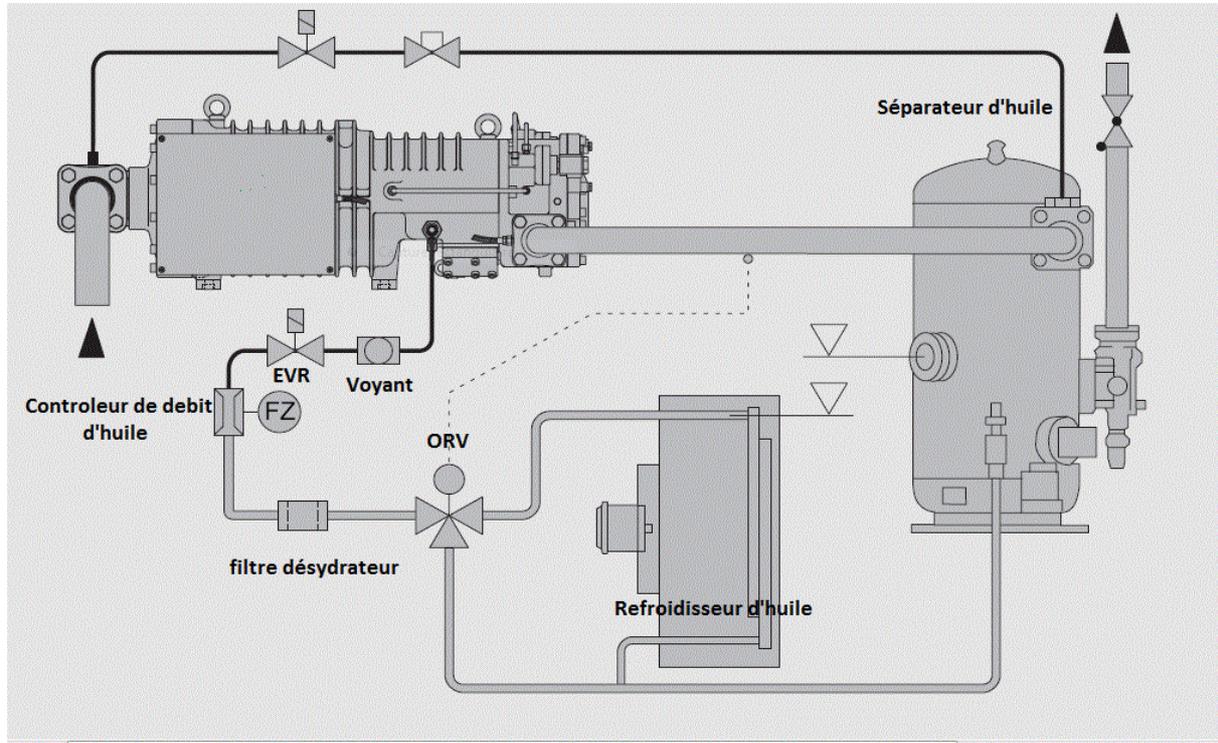


Figure : Circuit d'huile de lubrification

Les deux rotors étant continuellement en contact rapproché l'huile permet de réduire l'usure mécanique de ce type de compresseur en formant un film. L'huile a aussi un rôle significatif de refroidissement ; ce rôle est primordial car, sans huile, les performances du compresseur sont limitées en termes de taux de compression. Elle retourne ensuite dans le séparateur d'huile avec les gaz comprimés. Dans la partie supérieure du séparateur. L'huile récupérée coule vers le bas, dans la partie "réserve", Dou elle sera de nouveau dirigée vers le compresseur. Suivant les conditions d'emploi, l'huile en circulation doit être refroidie dans un refroidisseur d'huile. Dans certaines conditions, on peut envisager également une injection directe de liquide. Dans la livraison des vis BITZER sont incluses les pièces du système d'injection d'huile (filtre à huile, contrôleur de débit d'huile, vanne magnétique d'huile, voyant). Au côté de ceci, il existe un vaste programme d'accessoires qui comprend, outre des séparateurs d'huile de différentes puissances, un refroidisseur d'huile à air est installer pour maintenir une température constante d'huile.

3. Raccordement électrique du compresseur à vis HSN53 :

Conception du moteur :

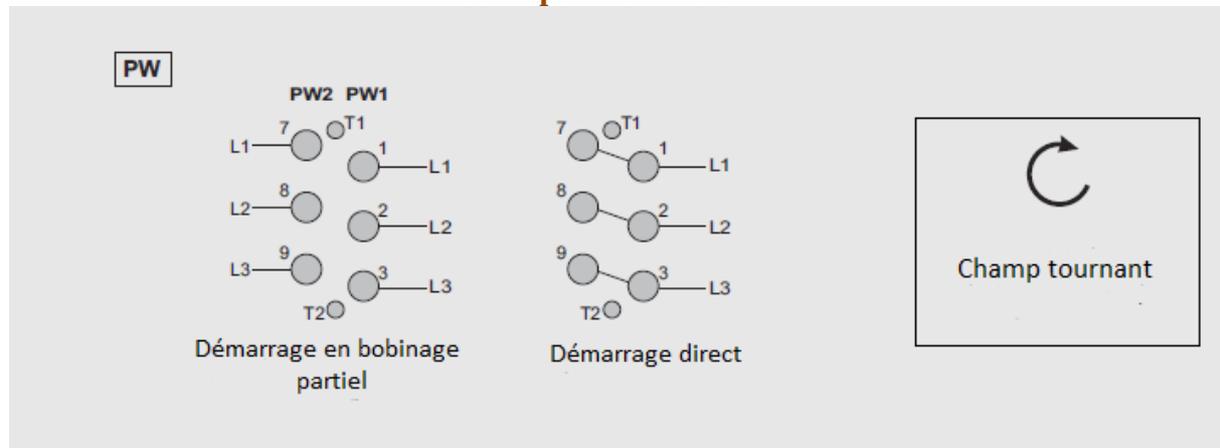


Figure : Raccordement du moteur (Part WINDING)

En standard les compresseurs BITZER sont équipés de moteur à bobinage partiel PW (part WINDING), c'est à dire un bobinage en deux parties. Ces moteurs sont destinés à être démarrés en alimentant, dans un premier temps, une partie du bobinage seulement ; le bobinage du moteur peut être fractionné par moitié mais parfois aussi aux 2/3, ce qui a pour effet d'augmenter l'impédance vue par l'alimentation et de réduire l'appel de courant au démarrage. Le temps de démarrage doit impérativement être réduit de 2 à 3 secondes, car il peut arriver que le moteur ne parvienne pas à se lancer sur la connexion « démarrage », et s'échauffe dangereusement si on n'alimente pas la totalité du bobinage au bout de 3 secondes.

a) Dispositif de protection électrique :

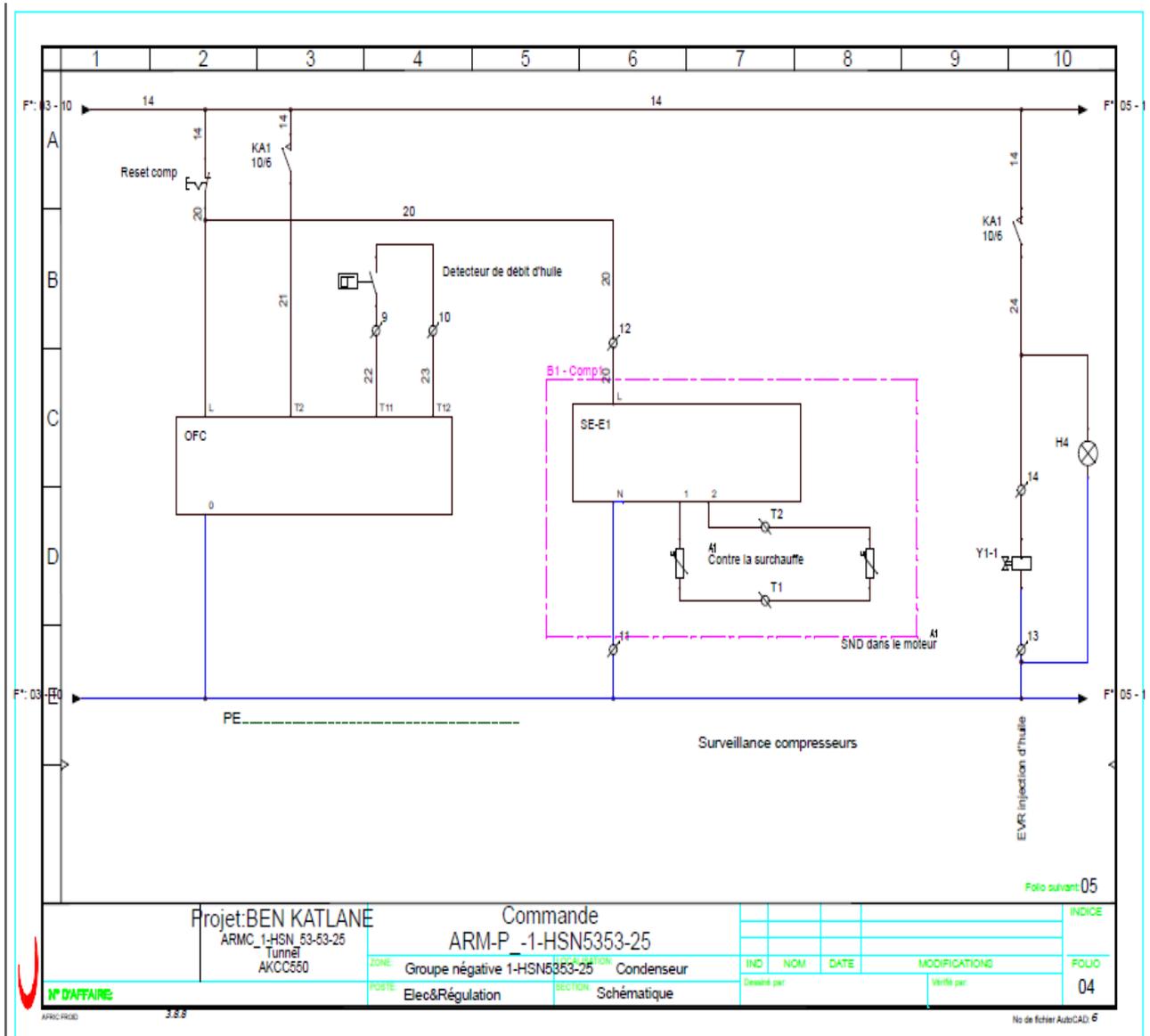
-Les dispositifs de protection du compresseur commandé par processeur :

-SE-E1 standard qui contrôle :

- La température de bobinage de moteur.
- La température de gaz de refoulement et la température d'huile.
- Le sens de rotation durant les 5 premiers seconds après le démarrage.
- Le défaut de phase.
- La coupure et court cycle de phase.

-L'OFC (OIL FLOW CONTROL) :

C'est une option pour notre compresseur à vis HSN5353-25, il est installer dans l'armoire électrique. Il contrôle principalement le débit d'huile, son capteur est placer sur la tuyauterie de retour d'huile.



Un nouveau système de régulation à plusieurs étages a été développé pour ce compresseur. Le principe de fonctionnement est semblable à celui de tiroir de commande des compresseurs à vis les plus puissants. Si les conditions d'aspiration et de refoulement restent constantes, la puissance frigorifique ne dépend que de débit masse refoulé. Il est donc possible de modifier la puissance frigorifique d'un compresseur en modifiant son débit masse. Sur le compresseur à vis, l'astuce a consisté à installer un tiroir coulissant entre les deux rotors. Quand le tiroir se déplace vers le refoulement, il réduit l'orifice de refoulement tout en libérant une lumière du côté opposé, faisant ainsi communiquer les gaz en cours de compression avec l'aspiration de compresseur. Il y a donc une dérivation d'une partie de gaz qui va se traduire par une diminution de débit masse refoulé. Il en résulte que la puissance frigorifique de compresseur sera plus faible.

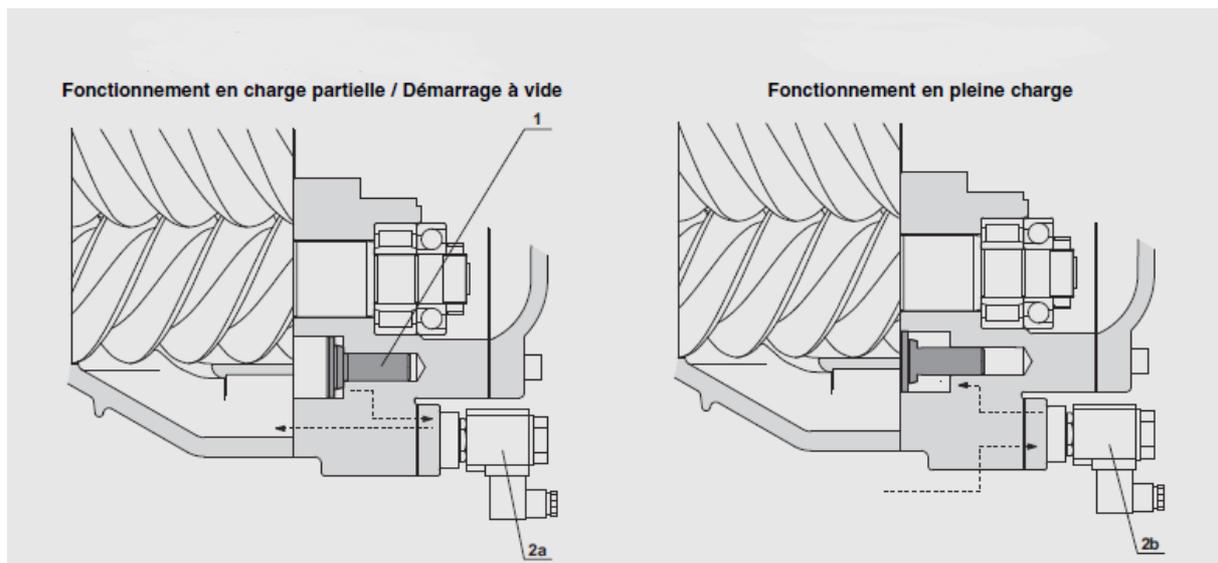


Figure : Détails de construction de la réduction de puissance et démarrage à vide

A l'opposé des compresseurs avec tiroir, l'unité de réduction de notre compresseur se

- 1 Piston de commande
- 2a Vanne magnétique non-alimentée
- 2b Vanne magnétique alimentée
- > Huile de commande

compose de pistons actionnés hydrauliquement qui en fonctionnement à pleine charge assurent une fermeture géométrique absolue sur la piston axiale respectivement sur le logement des profils (piston radial), les pistons se mettent l'un après l'autre en position de retrait (par commande temporisée et adaptée aux besoins) et libèrent ainsi des ouvertures largement dimensionnées entre le logement des profils et le côté aspiration. La limitation du volume actif des profils aboutit à une réduction de puissance. Le système est conçu pour deux étages de réduction qui permettent par commande des vannes magnétiques, une adaptation précise de la puissance de compresseur à la charge momentanée du système. Une très grande stabilité du carter et aussi obtenu, et les espaces entre les rotors et le carter sont maintenus dans des limites très étroites, même pour des températures et des charges de pression élevées. Pour les petits compresseurs à vis, ce développement est un pas important vers l'obtention d'un bon rendement total. La commande hydraulique des pistons de régulation étant directe, il n'est pas nécessaire de faire appel à des artifices supplémentaires pour la protection contre les coups liquide. En effet, les pistons ouvrent toujours quand la pression dans la chambre de compression est supérieure à la pression d'huile (pression de condensation). De ce fait, un

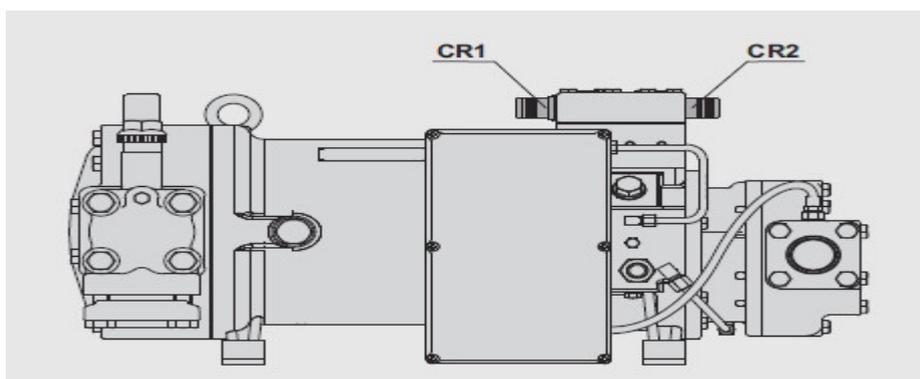
démarrage à vide automatique et une protection contre une trop forte surcompression sont garantis.

Types	Régulation de puissance			Démarrage à vide
	Pleine charge	Charge partiel		
	(100%)	Etage 1 (env. 75%)	Etage 2 (env. 50%)	
HS.53	CR1 = ● CR2 = ●	CR1 = ○ CR2 = ●	CR1 = ○ CR2 = ○	CR1 = ○ CR2 = ○

- Vanne magnétique non-alimentée
- Vanne magnétique alimentée
- ① Les étages de puissance effectifs dépendent des conditions de fonctionnement
- ② N'opérer pas l'étage 2 en fonctionnement économiseur!

Figure : Commande électrique par les vannes magnétiques

Quand les deux vannes magnétiques CR1 et CR2 sont alimentées, le compresseur travaille en pleine charge (100%). Si CR1 non alimentée et CR2 alimentée, le compresseur fonctionne en charge partiel en premier étage avec environ 75% de puissance. En deuxième étage avec le fonctionnement d'économiseur, les deux vannes magnétiques ne sont pas alimentées et le compresseur travaille avec 50% de puissance. Le démarrage à vide se fait automatiquement quand les deux vannes magnétiques ne sont pas actionnées.



Chapitre III :
Bilan thermique et choix des
composants :

1. Calcul de bilan frigorifique du notre tunnel de congélation:

a) Calcul de bilan thermique théoriquement :

Généralités :

Avant de commencer à procéder au dimensionnement des composants d'une installation frigorifique, encore est –il nécessaire dans un premier temps :

- ❖ de connaître très exactement la température souhaitée par le client dans le tunnel desservie par l'installation frigorifique ;
- ❖ de préciser avec ce client les modalités et contraintes de réalisation de l'installation ;
- ❖ puis de définir un concept d'installation.

Ce n'est qu'alors que le projecteur peut procéder à la détermination des charges thermiques de la chambre froide, ce charge thermique correspondant à la production frigorifique nécessaire pour en assurer la compensation.

Les charges thermiques se répartissent en deux grandes catégories : les charges externes et les charges internes.

- ❖ La catégorie des charges thermique externes comprend :
 - Les charges dues aux apports de chaleur par transmission à travers l'enveloppe du tunnel de surgélation : parois verticales, plancher bas et plancher haut ;
 - Les charges dues au renouvellement d'air ;
- ❖ La catégorie des charges thermique internes se subdivise elle – même en deux sous-catégorie :
- ❖ La sous – catégorie des charges dépendantes des produits entreposés et du ou des évaporateurs, à savoir :
 - Les charges dues aux produits entrants ;
 - Les charges dues à la chaleur dégagée par le moteur de chaque ventilateur d'évaporateur ;

- Les charges dues au dégagement de chaleur des résistances électriques des évaporateurs lorsque ces résistances sont mises sous tension en période de dégivrage ;
1. La sous- catégorie des charges indépendantes des produits entreposés et de l'installation frigorifique et qui comprend :
 - Les charges dues à l'éclairage ;
 - Les charges dues au personnel ;
- **Calcul des charges thermiques externes :**
 - ✓ La charge thermique par transmission à travers les parois a pour valeur (Q_{pr})

On procède à ce calcul paroi par paroi, c'est-à-dire d'abord les 4 parois verticales puis le plancher haut et enfin le plancher bas.

$$Q_{pr} = K * S * \Delta t$$

en W

Avec

K = coefficient de transmission thermique en W/m².K :

S = Surface de la paroi considérée en m²

Δt = différence de température entre les deux cotés des parois considérée en K

En ce qui concerne plus précisément le coefficient de transmission thermique K on a :

$$K = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \sum \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{h_e}} \quad \text{en W/m}^2 \text{ K}$$

Avec

$\frac{1}{h_i}$ = Résistance thermique superficielle interne en m².K/W.

$\sum \frac{e}{\lambda}$ = somme des différentes couches de matériaux constituant la paroi, en m².K/W.

Chaque couche des matériaux et caractérise par sont épaisseur e qui est dans notre cas = 150mm et par sont coefficient de conduction thermique λ qui est = 0.023 m². K/W

$$\frac{1}{h_e} = \text{Résistance thermique superficielle externe en m}^2.\text{K/W}$$

On commence par déterminer le coefficient la transmission thermique K de la paroi

$$K = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \sum \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{h_e}} \text{ en W/m}^2 \text{ K}$$

Avec

$$\frac{1}{h_i} = 0.03 \text{ m}^2 \cdot \text{k/W}$$

$$\frac{1}{h_e} = 0.06 \text{ m}^2 \cdot \text{k/W}$$

$$\frac{e}{\lambda} = \frac{0.180}{0.023} = 7.82 \text{ m}^2 \cdot \text{k/W}$$

AN:

$$K = \frac{1}{0.03 + \frac{0.180}{0.023} + 0.06} = 0.126 \text{ w /m}^2 \text{ K}$$

D'ou les charges thermiques suivantes :

-Pour les parois :

$$Q_{pr} = K * S * \Delta t$$

AN:

$$Q_{pr} = 0.126 * 2(2.15 * 3 + 9 * 3) * (40 - (-38)) = 657.5 \text{ W}$$

-Pour le plafond :

$$Q_{pl} = K * S * \Delta t$$

AN:

$$Q_{pl} = 0.126 * (9 * 2.15) * (40 - (-38)) = 190.17 \text{ W}$$

Pour le sol :

En ce qui concerne le sol, il est réalise sur terre plein avec les couche isolant suivant

✓ Prédalle en béton sur terre plein $\frac{e}{\lambda} = 0.1173 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

✓ Isolant thermique (polystyrène) $\frac{e}{\lambda} = 3.333 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \sum \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{h_e}} \quad \text{en W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Avec

$$\frac{1}{h_i} = 0.06 \text{ m}^2 \cdot \text{k/W}$$

$$\frac{1}{h_e} = 0 \quad \text{puisque le sol de la chambre froide étant réalisé sur terre - plein, les}$$

mouvements d'air par convection sous – face du sol sont nuls.

AN:

$$K = \frac{1}{0.06 + 3.45} = 0.28 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

D'ou la charge thermique par le sol est :

$$Q_{Sol} = K * S * \Delta t$$

AN:

$$Q_{Sol} = 0.28 * (9 * 2.15) * 54 = 292.57 \text{ W}$$

On a par conséquent la charge thermique totale due aux apports de chaleur à travers l'enveloppe de la chambre :

$$Q_{tot} = Q_{pr} + Q_{pl} + Q_{Sol}$$

AN:

$$Q_{tot} = 657.5 + 190.17 + 292.57 = 1140.3 \text{ W} = 1.14 \text{ KW}$$

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

$$Q_{\text{re}} = m_{ae} * \Delta h$$

KW

Avec

m_{ae} = débit masse d'air extérieur admis en kg /s

Δh = différence d'enthalpie entre l'air extérieur et l'air ambiant de la chambre froide en

KJ/Kg

$$m_{ae} = \frac{v_{a,e} * \rho_{a,a}}{86400} \quad \text{en}$$

kg/s

On a par ailleurs :

-

Avec

$v_{a,e}$ = débit volume d'air extérieur en m^3 ;

28800 = nombre de seconde dans une 8 heure.

$\rho_{a,a}$ = masse volumique de l'air de la chambre froide en kg/m^3

$$\rho_{a,a} = \frac{\rho_0}{1 + \frac{v}{273.15}} \quad \text{Kg}/m^3$$

Avec

$\rho_0 = 1.293 \text{kg}/m^3$

$v =$ température de la chambre qui est égale -38°C

AN :

$$\rho_{a,a} = \frac{1.293}{1 + \frac{-38}{273.15}} = 1.50 \text{ kg}/m^3$$

Enfin, pour le débit -volume d'air extérieur (le renouvellement d'air), on a :

$\frac{v_{a,e}}{m^3} = v_{cf} * n \quad \text{en}$
--

Avec

v_{cf} = volume de la chambre froide en m^3/d

n = taux de renouvellement d'air journalier

$$n = \frac{70}{\sqrt{V_{cf}}} d^{-1}$$

AN :

$$n = \frac{70}{\sqrt{58}} = 9.2 d^{-1}$$

On peut donc en conclure que le débit volume d'air neuf est :

$$v_{a,e} = 58 * 9.2 = 533.6 m^3/d$$

D'où le débit masse d'air neuf :

$$m_{ae} = \frac{533.6 * 1.50}{28800} = 0.0278 \text{ kg/s}$$

Dans notre cas, l'air de renouvellement d'air est provenir de locale température de 20°C pour un taux d'humidité de 60%. D'après le diagramme de l'air humide on a :

$$h_{ae} = 42 \text{Kj/Kg}$$

De même, pour l'air de la chambre froide à -38°C et 60% d'humidité relative, le diagramme de l'air humide nous donne :

$$h_{ai} = -40.13 \text{ Kj/Kg}$$

On a par conséquent:

$$\Delta h = h_{ae} - h_{ai}$$

AN:

$$= 42 - (-40.13) = 82.13 \text{ Kj/Kg}$$

La charge thermique par renouvellement d'air est alors :

AN:

$$Q_{\text{R}} = m_{ae} * \Delta h \quad \text{en kW}$$

$$Q_{\text{R}} = 0.0278 * 80.13 = 2.227 \text{ KW} = 2227 \text{ W}$$

Calcul des charges thermiques internes :

- La charge thermique due à l'éclairage (Q_{ec}) :

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

$$Q_{ec} = i \frac{i * p * \tau}{24}$$

en W

Avec

i = nombre de luminaires qui est dans notre cas égale 6 luminaires.

P = puissance de chaque luminaire en W, qui est dans notre cas égale 36 W pour chaque luminaire.

τ = durée de fonctionnement de luminaires en h, qui est dans notre cas égale 6 heure.

24 = nombre d'heure par jours

AN:

$$Q_{ec} = i \frac{6 * 36 * 6}{24} = 54 \text{ W} = 0.054 \text{ KW}$$

- Charge thermique due aux personnels (Q_{pe}) :

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

$$Q_{pe} = \frac{i * q_p * \tau}{24} \quad \text{en W}$$

Avec

i = nombre de personne opérant dans le tunnel, qui est dans notre cas égale 2 personnes.

q_p = quantité de chaleur dégagée par unité de temps par une personne en activité moyenne dans une chambre froide en W, qui est dans notre cas égale 485 W.

τ = durée de présence de chaque personne dans la chambre froide en h, qui est dans notre cas égale 6 heures.

24 = nombre d'heure par jour

AN :

$$Q_{pe} = \frac{2 * (485 * 2) * 6}{24} = 485W = 0.485 KW$$

- Charge thermique due aux denrées entrantes (Q_{de}) :

Cette charge résulte de ce que les produits introduits dans les chambres froides se trouvent presque toujours à une température supérieure à la température de la chambre froide et qu'il dégage donc une certaine quantité de chaleur aussi longtemps que leur température n'est pas tombée à la température d'entreposage.

La charge due aux produits entrants pour abaisser leur température jusqu'à celle d'entreposage est donnée par la formule suivante :

$$Q_{de} = \frac{(m * C_2) * (t_2 - t_3)}{28800}$$

Avec

m = la masse de denrées introduites chaque cycle qui est dans notre cas égale 3000 kg / 8;

C_2 = Capacité thermique massique moyen entre t_2 et t_3 de produit introduite en KJ/

Kg .K qui est dans notre cas égale 1.97 KJ / Kg .K ;

t_2 = température d'entrée de denrée en °C qui est dans notre cas égale 20°C

t_3 = température d'entreposage de denrées en °C qui est dans notre cas égale -38 °C

28800 = nombre de seconde dans 8 heures.

AN :

$$Q_{de} = \frac{(3000 * 1.97) * (20 - (-38))}{28800} = 11.90 KW$$

- Charge thermique due aux moteurs des ventilateurs des évaporateurs Q_{vent} :

Dans les chambres froides modernes, on utilise toujours des évaporateurs équipés d'un ou plusieurs ventilateurs ce qui permet d'assurer un passage et une circulation efficaces de l'air. Chaque ventilateur est entraîné 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 :

$$Q_{vent} = \frac{n * p * \tau_{\acute{e}vap}}{\tau_{inst}} \text{ en w}$$

Avec

n = nombre de moteur de ventilateurs, qui dans notre cas égale 4

p = puissance du ventilateur considérée en W, qui est dans notre cas égale 490 W

$\tau_{\text{é vap}}$ = durée de fonctionnement des ventilateurs en h, qui est dans notre cas égale 15h

τ_{inst} = durée de marche de l'installation frigorifique en h, qui est dans notre cas égale 15h

AN:

$$Q_{\text{vent}} = \frac{4 * 520 * 8}{8} = 2080 \text{ W} = 2.08 \text{ KW}$$

- Charge thermique due aux résistances de dégivrage ($Q_{\text{dég}}$) :

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

$$Q_{\text{dég}} = \frac{n * p * \tau_{\text{dég}}}{\tau_{\text{inst}}} \text{ en W}$$

Avec

n = nombre de résistances électriques (12).

P = puissance calorifique totale des résistances de dégivrage qui égale 20400 W.

$\tau_{\text{dég}}$ = durée journalière de dégivrage en h, qui est dans notre cas égale 2h.

τ_{inst} = durée de marche de l'installation frigorifique en h, qui est dans notre cas égale 16h.

AN:

$$Q_{\text{dég}} = \frac{20400 * 2}{16} = 2550 \text{ W} = 2.55 \text{ KW}$$

- La charge thermique totale

$$Q_{\text{tot}} + Q_{\text{R}} + Q_{\text{ec}} + Q_{\text{pe}} + Q_{\text{de}} + Q_{\text{vent}} + Q_{\text{dég}}$$

AN:

$$Q_{\text{tot}} = 1.14 + 2.22 + 0.054 + 0.48 + 11.90 + 2.08 + 2.55 = 20.42 \text{ KW}$$

b) Présentation du logiciel FRILOG :

Le logiciel FRILOG a été développé dans le but d'apporter une aide rapide pour le calcul

d'un bilan thermique frigorifique d'une chambre froide, la sélection de matériel frigorifique standard, dimensionnement des canalisations et matériel de régulation.

a. Les étapes de calcul :

Notre tunnel de congélation rapide est spécialisée pour la conservation du fruit le long de 8 heures, elle a les caractéristiques suivante :

- Longueur 9 m ;
- Largeur 2.51m ;
- Hauteur 1.80 m ;
- Température d'évaporation -40 °C ;
- Epaisseur des panneaux 0.18 m ;

Le figure 11 présente la fenêtre de saisie des dimensions et de l'orientation de la chambre froid

DIMENSIONS	
Paroi Sud	Largeur (1 à 100 m) : 2,51
Paroi Nord	Hauteur (1 à 20 m) : 1,80
Paroi Ouest	Longueur (1 à 50 m) : 9,00
Paroi Est	Hauteur (1 à 20 m) : 1,80
Sol	Largeur (1 à 100 m) : 2,51
Plafond	Longueur (1 à 50 m) : 9,00
Surface de la chambre (m²) : 22,6	
Volume de la chambre (m³) : 40,7	

Figure : Fenêtre de saisie des dimensions du local

La figure 12 présente les températures et l'humidité extérieure de base ainsi que celles à l'intérieur du local.

TEMPERATURES	
Conditions extérieures été	
Température (10 à 60 °C) :	38,00
Hygrométrie (10 à 95 %) :	60
Conditions de la chambre	
Température (-40 à 20 °C) :	-35,00
Humidité relative (10 à 100%) :	92
<input type="checkbox"/> Chambre de congélation	
<input checked="" type="checkbox"/> Températures des parois différentes	

Figure : Fenêtre de saisie des températures

Les températures à l'extérieur des différentes parois sont introduites comme le montre la figure 13.

PAROIS	
Plafond	40,00
Paroi Nord	40,00
Paroi Est	18,00
Sol	18,00
Paroi Sud	18,00
Paroi Ouest	18,00
T °C	18,00
HR%	60

Figure : Fenêtre des températures des parois et hygrométries

Puis, on passe à l'isolation où on a considéré un isolant en mousse polyuréthane (injectée) d'épaisseur de 180 mm et de conductivité thermique 0.023 W/m.K. Le tunnel est isolée d'avantage du cote du sol ce qui représente sur la figure 14.

The image shows a software window titled "ISOLATION". It contains several sections for configuring insulation parameters. The "Nature du sol" section has three radio button options, with "Sol isolé" selected. The "Structure des parois" section has a checkbox for "Parois à structures différentes" which is unchecked, and a "Structure ..." button. The "Nature de l'isolant" section has a dropdown menu currently showing "Mousse de polyuréthane (injectée)". The "Epaisseur" section has a checkbox for "Epaisseur d'isolation des parois différentes" which is unchecked, and a "Parois ..." button. At the bottom, there is a text label "Epaisseur de l'isolant des parois (30 à 240 mm):" followed by a text input field containing the value "180". On the right side of the window, there are three buttons: "Ok", "Annuler", and "Aide".

Figure : Fenêtre de la saisie de l'isolation

Ensuite, il faut calculer le flux journalier de la marchandise, afin de remplir la fenêtre de l'introduction de denrées par exemple :

- Nom de produit : fruit.
- Charge totale : 3000 kg.
- Température de produit à l'entrée : 20 °C.

Puis, on calcule le renouvellement d'air dans la figure 15.

RENOUVELLEMENT D'AIR

Renouvellement d'air

Nombre de volume par heure : 7,25 Volume de la chambre : 35 m³

Volume libre (en m³) : 253,9204

Température de reprise d'air : 40,00

Hygrométrie de reprise d'air : 60

Personnel

Nombre de personnes : 0

Temps de présence (heure) : 0

Portes

Portes identiques Nombre de portes : 1

Repère	Largeur	Hauteur	Temps ouverture
1	1,30	2,20	0

Supprimer Modifier Ajouter

Ok
Annuler
Aide

Figure : Fenêtre de saisie de renouvellement d'air

Ensuite, il faut mettre les écarts de condensation, de vaporisation et le temps le fonctionnement comme le montre la figure 16.

COMPLEMENTS

Ecart à l'évaporation (Delta t) (3 à 15 K) : 5,00

Ecart à la condensation (8 à 20 K) : 8,00

Temps de marche du compresseur (1 à 24 h) : 1,00

Ok
Annuler
Aide

Figure : fenêtre de saisie des paramètres complémentaires

Enfin tous les paramètres ont été saisis et le logiciel peut calculer le bilan frigorifique global. La figure 17 donne une vue sur la fenêtre finale d'affichage du bilan frigorifique.

The screenshot shows a software window titled "BILAN FRIGORIFIQUE" with a dark blue header. The window is divided into two main sections. The top section contains three input fields for heat sources: "Pénétration de chaleur par parois" (0,72 kW), "Chaleur à extraire des denrées" (0,00 kW), and "Autres sources de chaleur" (17,72 kW). A horizontal line is drawn below these three fields. Below the line, the "Bilan frigorifique horaire" is displayed in a blue box with the value 18,44 kW. The bottom section contains five input fields: "Température d'évaporation" (-40,00 °C), "Température de condensation" (46,00 °C), "Ecart à l'évaporation (Delta T)" (5,00 K), "Puissance à l'évaporateur" (3,69 kW/K), and "Débit d'air traité" (11899 m³/h). On the right side of the window, there are two buttons: "Ok" and "Impression".

Paramètre	Valeur	Unité
Pénétration de chaleur par parois	0,72	kW
Chaleur à extraire des denrées	0,00	kW
Autres sources de chaleur	17,72	kW
Bilan frigorifique horaire	18,44	kW
Température d'évaporation	-40,00	°C
Température de condensation	46,00	°C
Ecart à l'évaporation (Delta T)	5,00	K
Puissance à l'évaporateur	3,69	kW/K
Débit d'air traité	11899	m³/h

Figure : Fenêtre d'affichage du calcul du bilan frigorifique.

2. La sélection des composants frigorifique :

a) Choix de compresseur frigorifique, Séparateur d'huile et le refroidisseur d'huile :

➤ Présentation du logiciel BITZER Software :

Pour une sélection plus précise du compresseur avec la possibilité d'entrer des données d'entre individuelles, faire appel au BITZER software les résultats obtenus comprennent tous le paramètres de puissance importants pour le compresseur et les composants annexes, les limites d'application, les données techniques, les croquis cotés et les accessoires.

➤ Les étapes de sélection de compresseur :

Choisir les conditions de fonctionnement de la centrale sur le logiciel :

- Fluide frigorigène: R404A.
- Puissance frigorifique : 18.44 KW.
- Température d'évaporation : -40°C.
- Température de condensation : 46°C.

La figure 18 présente la fenêtre de saisie de tous les paramètres de fonctionnement de la centrale frigorifique.

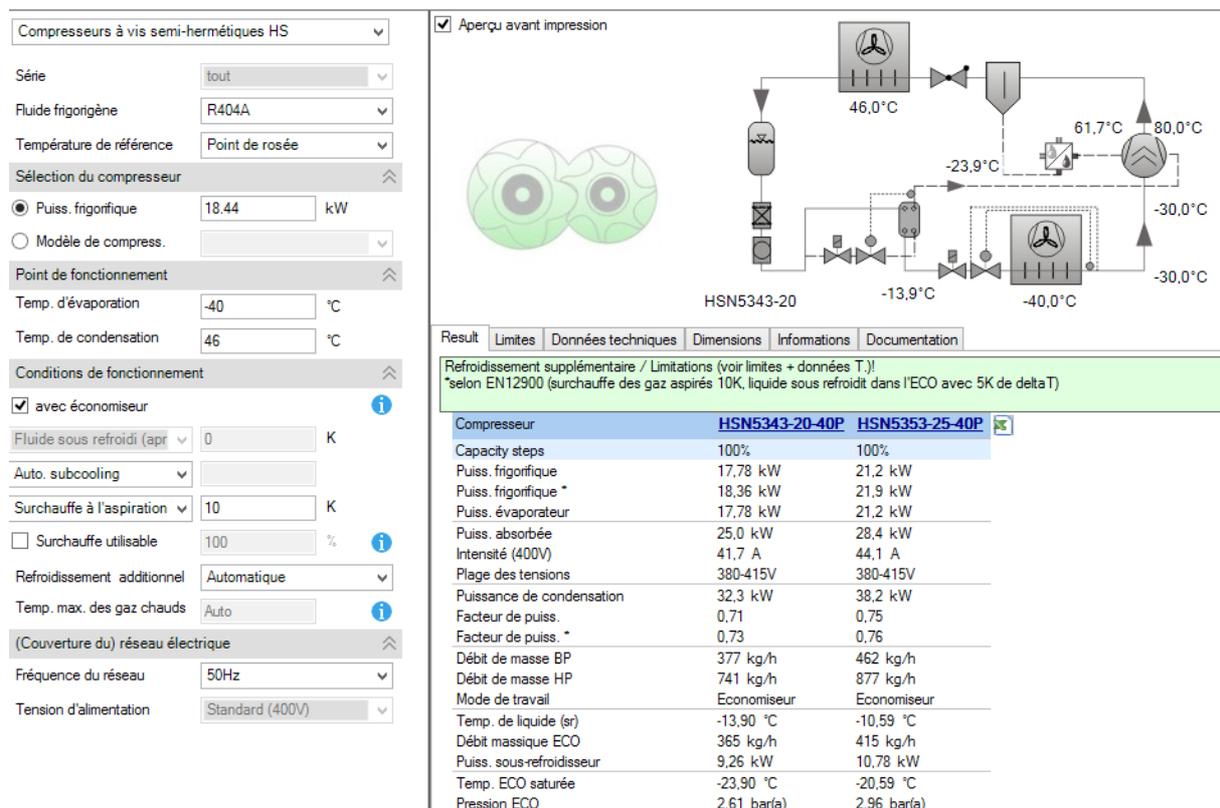


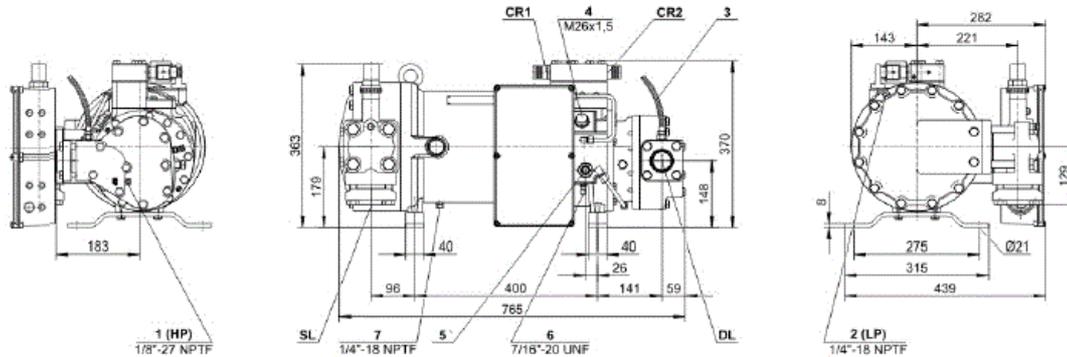
Figure : fenêtre de saisie des conditions et résultat

A partir des résultats on a deux types des compresseurs :

- HSN5343-20-40P.
- HSN5353-25-40P.

Selon la disponibilité des compresseurs dans la société on a choisie la compresseur a vis HSN5353-25-40P. Et d'après les figures 18 et 19 on obtient tous les caractéristiques de notre compresseur, par exemple puissance d'évaporation et de condensation, dimension et raccord.

Dimensions et raccords



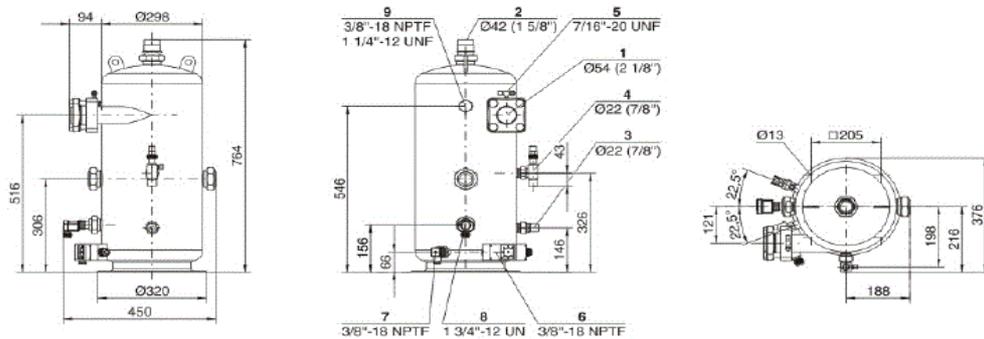
Données techniques

Informations techniques	
Volume déplacé (2900t/min 50 Hz)	100 m³/h
Volume déplacé (3500 t/min 60 Hz)	121 m³/h
Poids	169 kg
Pression max. (BP/HP)	19 / 28 bar
Raccord cond.d'aspiration	54 mm - 2 1/8"
Raccord cond. de refoulement	42 mm - 1 5/8"
Adapt./vanne d'arrêt pour ECO	22 mm - 7/8" (Option)
Huile utilisée R22	B150SH, B100 (Option)
Huile pour R134a/R404A/R507A	BSE170 (Option)
Informations moteur	
Tension moteur (autre sur demande)	380-415V PW-3-50Hz
Intensité de fonctionnement max.	52.0 A
Int. démarrage (rotor bloqué)	126.0 A D / 218.0 A DD
Puissance absorbée Max.	33,0 kW
Standard de livraison	
Sonde de température du gaz de refoulement	Standard
Démarrage à vide	Standard
Contrôle du débit d'huile	SE-B2 (Standard)
Protection moteur	SE-E1 (Standard), INT69VSY-II(Standard for 660-690V)

Figure : Fenêtre des caractéristiques techniques du compresseur

➤ La sélection de séparateur et de refroidisseur d'huile :
Le logiciel BITZER software nous donne aussi le type de séparateur d'huile et le refroidisseur d'huile qu'ont doit les installer avec notre compresseur. La figure 21 et 22 nous donne les caractéristiques techniques de ces deux composants.

Dimensions et raccords



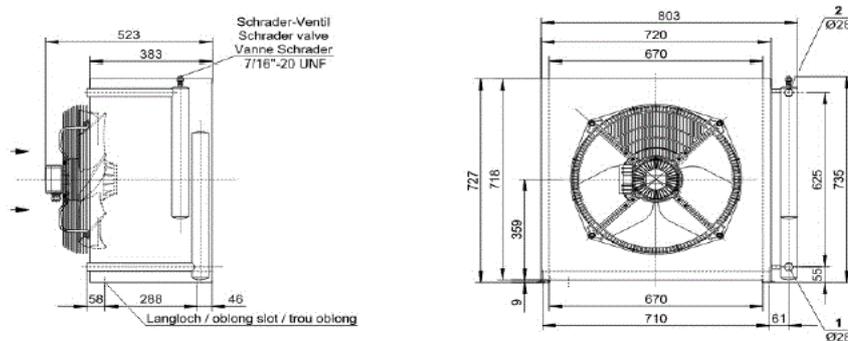
Données techniques

Informations techniques

Poids	45 kg
Largeur totale	376 mm
Profondeur totale	450 mm
Hauteur totale	764 mm
Charge en huile	18 l
Contenance réservoir fluide frigorigène	40 l
Nbre Max. de compresseur	2
Entrée fluide frigorigène	54 mm - 2 1/8"
Sortie fluide frigorigène	42 mm - 1 5/8"
Sortie d'huile	22 mm - 7/8"
Pression max.	28 bar
Température Max. de fonctionnement	120°C
Chauffage carter	1x140 W

Figure : Fenêtre des caractéristiques techniques du séparateur d'huile

Dimensions et raccords



Données techniques

Informations techniques

Poids	50,0 kg
Largeur totale	813mm
Profondeur totale	590mm
Hauteur totale	726mm
Contenance réservoir fluide frigorigène	8,0 dm³
Ventilateurs: nombre	1
Tension (autre sur demande)	230V/400V-3-50Hz (Standard)
Intensité / Puissance absorbée par vent.	2,4 A 1,38 A / 660 W
Débit d'air condenseur 50Hz	6500 m³/h
Entrée d'huile	28 mm - 1 1/8"
Sortie d'huile	28 mm - 1 1/8"
Approbation en accord avec la PED97/23/EC	Standard

Figure : Fenêtre des caractéristiques techniques de refroidisseur d'huile

b) La sélection d'évaporateur et de condenseur :

La société allemande Guntner est le partenaire officiel de AFRIC FROID pour les évaporateurs ainsi que pour les condenseurs. Le logiciel de configuration Guntner "GPC.EU" nous fournit toutes les dimensions.

Pour l'évaporateur, les paramètres qu'on doit saisir sur la fenêtre de logiciel sont :

- Puissance d'évaporation : 16 kW (selon les données de logiciel BITZER).
- Type de fluide frigorigène : R404A.
- Température d'évaporation : -40 °C.
- Température de condensation : 46 °C.
- Surchauffe : 3 °C.
- Sou refroidissement : 5 °C.

Remarque : Selon le stock disponible dans la société on a un autre type d'évaporateur.

La figure 22 nous présente le type d'évaporateur après la saisie des données.



Evaporateur		GFN 050C/412-E	
Puissance:	15.5 kW ⁽¹⁾	Frigorigène:	R404A ⁽²⁾
Surface de réserve:	0.1 %	Temp. d'évaporation:	-40.0 °C
Débit volumique d'air:	27120 m ³ /h ⁽³⁾	Surchauffe:	3.0 K
Vitesse de l'air:	3.0 m/s		
Air à l'entrée:	-35.0 °C	Temp. de cond.:	48.0 °C
Air à la sortie:	-36.4 °C	Temp. de sous-refr.:	42.7 °C
Pression atmosphérique:	1013 mbar		
Ventilateurs:	4 Pièce(s) 3~400V 50HzΔ/(Y)		
Données par moteur (données nominales):		Pression sonore:	66 dB(A) en 3.0 m ⁽⁴⁾
Vitesse de rotation: 1340 min ⁻¹ / (1120 min ⁻¹)		Puissance sonore:	89 dB(A)
Puissance (méc./el.): 0.52 kW/0.75 kW		Portée de l'air:	—
Ampérage:	1.50 A ⁽⁵⁾	Givre:	1.4 mm
ErP:	Compliant ⁽⁶⁾		
Puissance absorbée:	3.12 kW	Classe efficace d'énergie:	D (2014)
Caisson:	Acier galv.	Tubes:	Cuivre ⁽⁷⁾
Surface d'échange:	132.9 m ²	Ailettes:	Aluminium ⁽⁷⁾
Volume des tubes:	63.8 l	Dp distributeur:	2.1 bar
Pas d'ailettes:	12.00 mm	Raccord d'aspiration:	64.0 * 2.50 mm
Poids de l'appareil vide:	449 kg ⁽⁸⁾	Tubulure d'entrée:	28.0 mm
Pression de service max.: 32.0 bar		PED classification:	Catégorie I, module A ⁽⁹⁾
Dimensions: ⁽⁸⁾			
Longueur de l'appareil:	1996 mm		
Largeur de l'appareil:	966 mm		
Hauteur de l'appareil:	1814 mm ⁽⁸⁾		
Nombre de suspensions:	6		

Figure : fenêtre des caractéristique du l'évaporateur

Pour le condenseur les paramètres qu'on doit introduire sont :

- Puissance de condensation : 46 °C.
- Type de fluide frigorigène : R404A.

- Température de l'air : 36 °C.

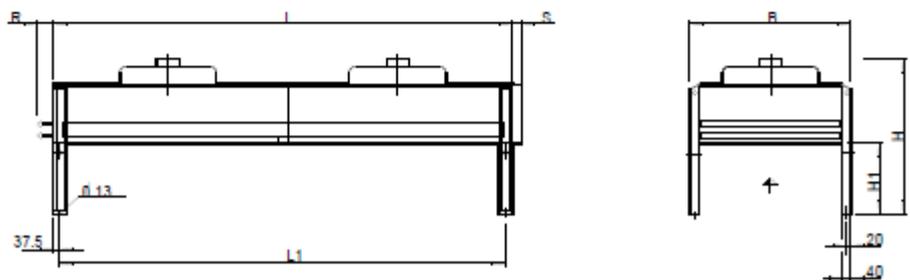
Condenseur		GVH 065.1B/2-ND.E	
Puissance:	56.1 kW	Frigorigène:	R404A ⁽¹⁾
Débit volumique d'air:	28490 m ³ /h	Temp. du gaz chaud:	76.0 °C
Air à l'entrée:	38.0 °C	Commencement de condens.:	46.0 °C
Hauteur géodésique:	0 m	Sortie condensats:	44.5 °C
Ventilateurs:	2 Pièce(s) 3~400V 50-60Hz	Débit volum. gaz chaud:	12.02 m ³ /h
Données par moteur (données nominales):		Pression sonore:	57 dB(A) ⁽²⁾
Vitesse de rotation:	1300 min ⁻¹	à une distance de:	10.0 m
Puissance (méc./el.):	1.57 kW/1.83 kW	Puissance sonore:	89 dB(A)
Ampérage:	2.80 A ⁽⁴⁾	ErP:	Compliant ⁽³⁾
Puissance absorbée:	3.64 kW	Classe efficace d'énergie:	E (2014)
Caisson:	Acier galv., RAL 7035	Tubes:	Cuivre ⁽⁵⁾
Surface d'échange:	166.2 m ²	Ailettes:	Aluminium ⁽⁵⁾
Volume des tubes:	27.6 l	Raccords par appareil:	
Pas d'ailettes:	2.20 mm	Tubulure d'entrée:	35.0 * 1.50 mm
Passages:	8	Tubulure de sortie:	35.0 * 1.50 mm
Poids de l'appareil vide:	207 kg ⁽⁶⁾	Branches:	20
Pression de service max.:	32.0 bar	PED classification:	Art. 3, par. 3 ⁽⁷⁾
Dimensions:			
L =	2250 mm		
B =	1145 mm		
H =	950 mm		
R =	110 mm		
L1 =	2175 mm		
H1 =	400 mm		
S =	50 mm		
Attention: Dessins et dimensions ne sont pas valables pour toutes les options et accessoires!			

Figure : Fenêtre des caractéristiques du condenseur

c) Choix de réservoir de liquide :

Pour la détermination du réservoir de liquide, on a besoin tout d'abord la quantité du fluide frigorigène qui circule dans cette partie.

Le calcul du volume de réservoir en litres se fait essentiellement en multipliant la somme des volumes des tubes des évaporateurs par 80%

Pour dimensionner le réservoir on utilise ce théorème :

$$\diamond C_{réservoir} = \frac{V_{évaporateur}}{0.8}$$

Avec :

C réservoir : capacité de réservoir

V évaporateur : volume d'évaporateur

0.8 : c'est le pourcentage de volume occupé par l'évaporateur dans la machine frigorifique (80%)

Résultat : C réservoir = 78 L

D'après les résultats de calcul et le stocke existant. Le réservoir choisi est de 90 L de marque REFRICOMP.

d) Sélection des tuyauteries frigorifiques :

La tuyauterie est un élément important dans l'installation frigorifique. Une mauvaise conception et une mauvaise exécution des conduites d'installations frigorifiques peuvent avoir pour conséquence un fonctionnement défectueux, voire des endommagements au niveau de l'installation frigorifique.

Au niveau de l'installation frigorifique, on distingue principalement quatre différents types de tuyauterie:

Appellation	Connexion	Etat de fluide	Température	Longueur
Conduite d'aspiration	entre l'évaporateur et le compresseur	vapeur	froid	long
Conduite refoulement	entre le compresseur et le condenseur	vapeur	chaud	court
Conduite liquide	entre le condenseur et l'évaporateur	liquide	Environnement/froid	long

Tableau : Différent type de tuyauteries

➤ **Présentation de logiciel CoolSelector (Danfoss) :**

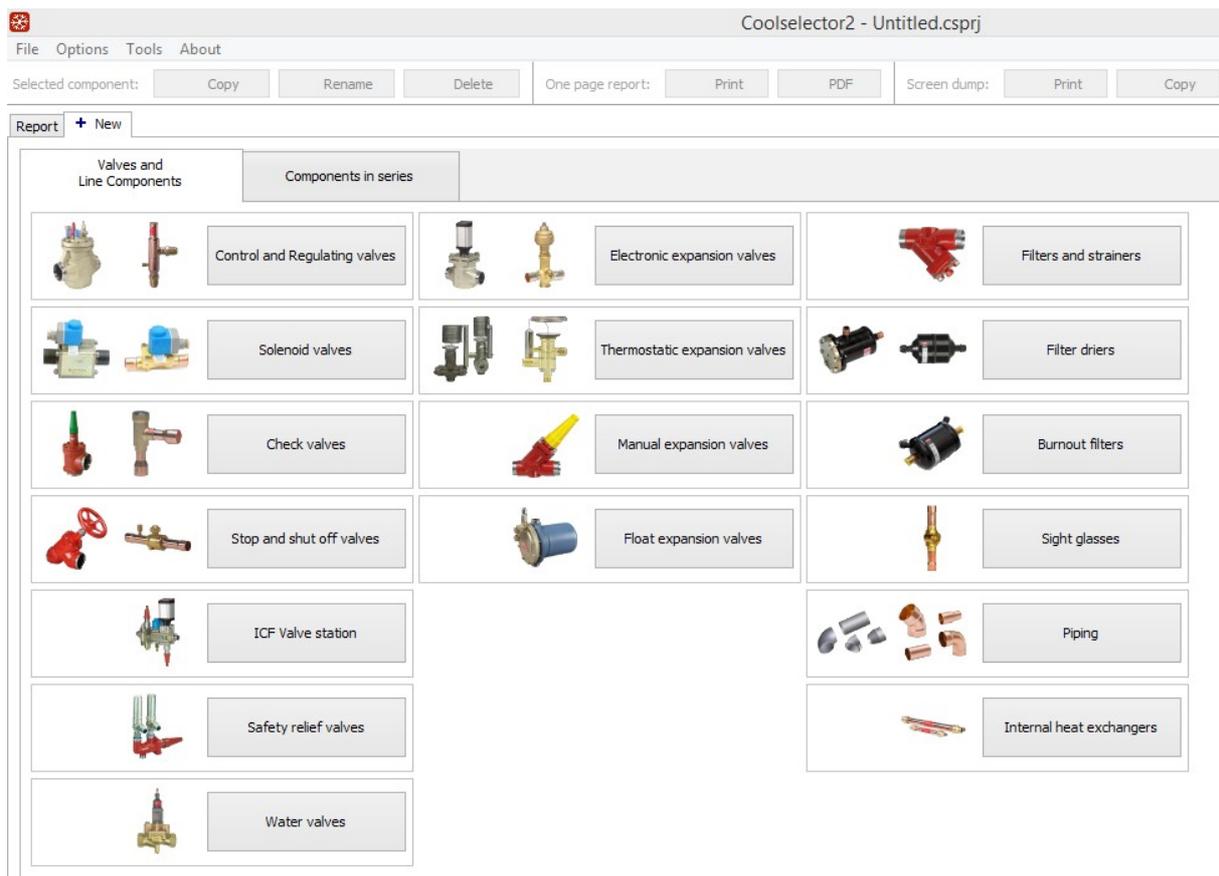
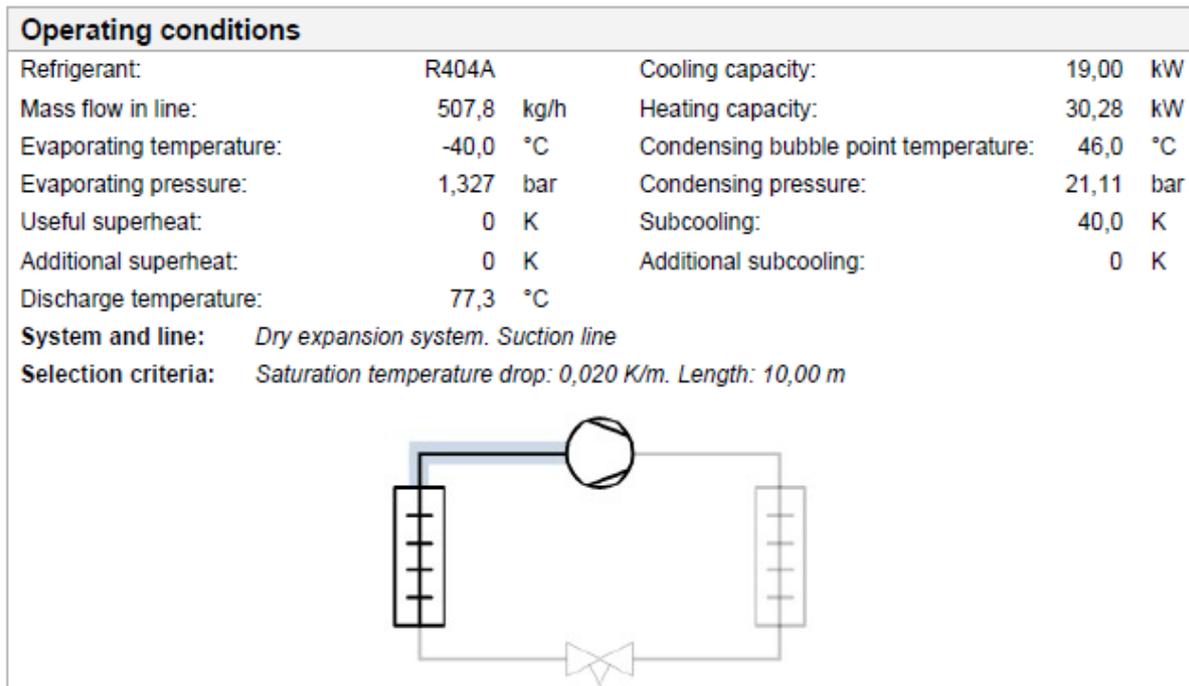


Figure : Fenêtre principale du logiciel CoolSelector (Danfoss)

C'est une nouvelle version améliorée de calcul et de la sélection des différents composants frigorifiques. Le logiciel fournit des suggestions pour les composants qui permettent de sélectionner et calculer les dimensions des tuyauteries. La sélection du composants le mieux adapté en fonction de plusieurs paramètres décisifs tels que la capacité de refroidissement, le réfrigérant, l'évaporation et la température de condensation.

➤ **La sélection des tuyauteries de ligne aspiration et de refoulement :**

Après la saisie des paramètres suivant sur le logiciel, la puissance frigorifique, la température d'évaporation, la température de condensation, le sous refroidissement et le surchauffe on obtient les résultats suivant :



Selection: Copper pipe ANSI 2 1/8

Type	ANSI 1 3/8	ANSI 1 5/8	ANSI 2 1/8	ANSI 2 5/8	ANSI 3 1/8
NS	34,93	41,28	53,98	66,68	79,38
DP [bar]	0,090	0,036	0,010	0,003	0,001
DT_sat [K]	1,5	0,6	0,2	0,1	0,0
DP [K/m]	0,153	0,060	0,017	0,006	0,002
Velocity, in [m/s]	24,61	16,96	10,00	6,48	4,54
Velocity, out [m/s]	26,45	17,45	10,08	6,50	4,54

Figure : fenêtre de résultat de tuyauterie d'aspiration

Operating conditions			
Refrigerant:	R404A	Cooling capacity:	21,00 kW
Mass flow in line:	914,2 kg/h	Heating capacity:	42,26 kW
Evaporating temperature:	-40,0 °C	Condensing bubble point temperature:	46,0 °C
Evaporating pressure:	1,327 bar	Condensing pressure:	21,11 bar
Useful superheat:	8,0 K	Subcooling:	2,0 K
Additional superheat:	0 K	Additional subcooling:	0 K
Discharge temperature:	85,8 °C		
System and line:	<i>Dry expansion system. Discharge line</i>		
Selection criteria:	<i>Saturation temperature drop: 0,020 K/m. Length: 10,00 m</i>		

Selection: Copper pipe ANSI 1 5/8

Type	ANSI 1 1/8	ANSI 1 3/8	ANSI 1 5/8	ANSI 2 1/8	ANSI 2 5/8
NS	28,58	34,93	41,28	53,98	66,68
DP [bar]	0,066	0,023	0,009	0,003	0,001
DT_sat [K]	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
DP [K/m]	0,013	0,005	0,002	0,001	0,000
Velocity, in [m/s]	5,51	3,62	2,50	1,47	0,95
Velocity, out [m/s]	5,53	3,62	2,50	1,47	0,95

Figure : fenêtre de résultat de tuyauterie de refoulement

Remarque : on peut aussi travailler avec les données techniques du compresseur.

➤ **La sélection de la conduite liquide :**

C'est la conduite entre le condenseur et l'évaporateur, l'état de fluide frigorigène varie de mélange (vapeur+liquide) vers l'état 100% liquide après le réservoir de liquide.

Remarque : Dans la réalisation du circuit on a installé une réduction au niveau de tuyauterie de liquide, car le diamètre de sortie condenseur égale à 2''1/8 et il faut installer une conduite liquide de diamètre 1''1/8.

Operating conditions			
Refrigerant:	R404A	Cooling capacity:	21,00 kW
Mass flow in line:	914,2 kg/h	Heating capacity:	42,26 kW
Evaporating temperature:	-40,0 °C	Condensing bubble point temperature:	46,0 °C
Evaporating pressure:	1,327 bar	Condensing pressure:	21,11 bar
Useful superheat:	8,0 K	Subcooling:	2,0 K
Additional superheat:	0 K	Additional subcooling:	0 K
Discharge temperature:	85,8 °C		
System and line:	<i>Dry expansion system. Liquid line</i>		
Selection criteria:	<i>Saturation temperature drop: 0,020 K/m. Length: 10,00 m</i>		

Selection: Copper pipe ANSI 1 1/8

Type	ANSI 3/4	ANSI 7/8	ANSI 1 1/8	ANSI 1 3/8	ANSI 1 5/8
NS	19,05	22,23	28,58	34,93	41,28
DP [bar]	0,066	0,030	0,008	0,003	0,001
DT_sat [K]	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0
DP [K/m]	0,013	0,008	0,002	0,001	0,000
Velocity, in [m/s]	1,20	0,87	0,51	0,33	0,23
Velocity, out [m/s]	1,20	0,87	0,51	0,33	0,23

Figure : fenêtre de résultat de choix du conduite liquide

- La sélection de vanne de détente électronique :

C'est le détendeur de l'installation frigorifique qui est installé dans la ligne liquide avant

l'évaporateur.

Electronic expansion valve: Electronic expansion valve 1

Operating conditions

Refrigerant:	R404A	Cooling capacity:	15,50 kW
Mass flow in line:	416,5 kg/h	Heating capacity:	25,18 kW
Evaporating temperature:	-40,0 °C	Condensing bubble point temperature:	46,0 °C
Evaporating pressure:	1,327 bar	Condensing pressure:	21,11 bar
Useful superheat:	8,0 K	Subcooling:	35,0 K
Additional superheat:	0 K	Additional subcooling:	0 K
Discharge temperature:	85,8 °C		
System and line:	<i>Dry expansion system. Liquid line</i>		
Selection criteria:	<i>Load: 80 %. Distributor pressure drop: 0 bar</i>		

Selection: AKV 15-1



Type	AKV 10-6	AKV 10-7	AKV 15-1	AKV 15-2	AKV 15-3
NS	10	12	18	18	22
Max. capacity [kW]	13,56	19,01	31,23	49,76	77,89
Min. capacity [kW]	1,356	1,901	3,123	4,976	7,789
Load [%]	114	82	50	31	20
DP [bar]	19,78	19,78	19,78	19,78	19,78
Velocity, in [m/s]	2,08	1,64	0,59	0,59	0,37

Figure : Fenêtre de résultat de choix de la vanne de détente électronique

Chapitre IV :

Description des composants

du circuit frigorifique

1. Un compresseur à vis semi hermétique de marque Bitzer (HSN.53) :

➤ **Données techniques :**

Modèle de compresseur :	HSN5353-25-40P
Tension d'alimentation :	380-415V PW-3-50Hz
Intensité de fonctionnement maximale :	52 A
Puissance absorbée :	33 kW
Volume déplacé (2900t/min 50Hz) :	100 m ³ /h
Fluide frigorigène :	R404A
Pression maximale (BP/HP) :	19 / 28 bar

➤ **Dimension et raccord :**

Raccord d'aspiration :	54 mm - 2''1/8
Raccord de refoulement :	42 mm - 1''5/8
Raccord d'économiseur :	22 mm - 7/8

HS.53

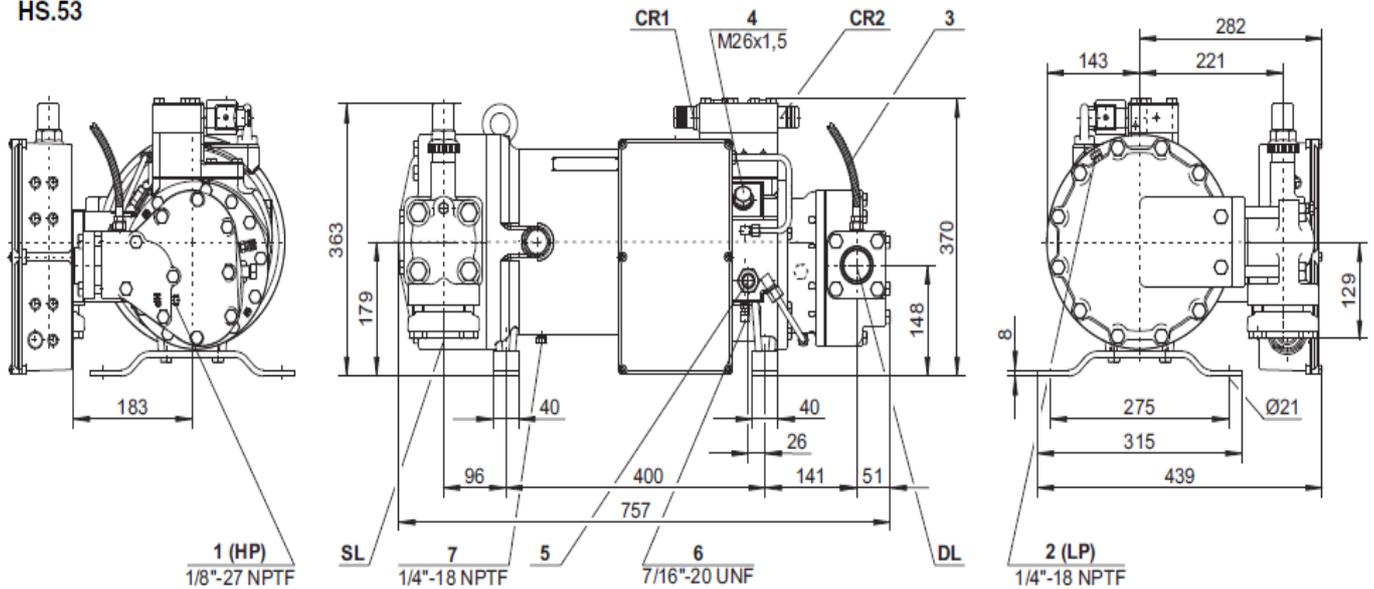


Figure : Position des raccords sur le compresseur

- 1 : Raccord de haute pression (HP)
- 2 : Raccord de basse pression (LP)
- 3 : Raccord de sonde de température de gaz de refoulement (HP)
- 4 : Raccord d'économiseur
- 5 : Raccord d'injection d'huile
- 6 : Raccord de pression d'huile
- 7 : Vidange d'huile (carter de moteur)

2. Séparateur d'huile :

➤ Rôle :

Empêcher au maximum la circulation d'huile dans le circuit frigorifique, la piéger et la renvoyer vers la carter du compresseur. Il est installé dans le circuit d'huile avec un interrupteur de débit d'huile, un filtre et une électrovanne pour permet la sécurité de compresseur et un bon retour de lubrifiant.

➤ Caractéristiques techniques :

Marque : BITZER
Type : OA 1954

Volume : 40L

Température maximal : -10/120 °C

Pression maximal : 28 bar



Figure : Le séparateur d'huile OA 1954



Accessoires de
séparateur d'huile :
d'huile

Contrôleur de niveau

Thermostat d'huile

Resistance d'huile



➤ Dimension et raccord :

OA1954

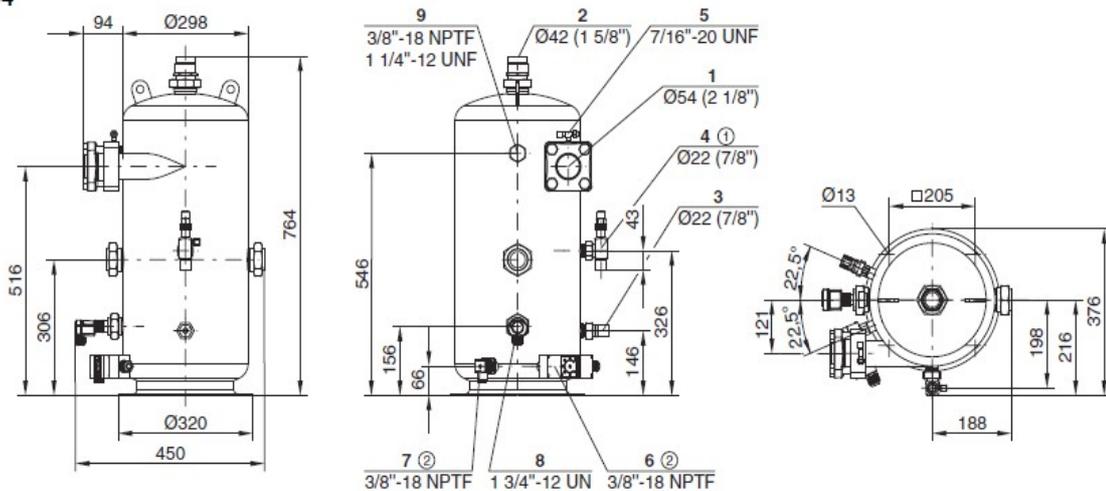


Figure : Position des raccords

- 1 : Entrée de fluide frigorigène
- 2 : Sortie de fluide frigorigène
- 3 : Sortie d'huile
- 4 : Raccord pour remplissage d'huile
- 5 : Raccord pour service
- 6 : Raccord de thermostat d'huile
- 7 : Raccord de chauffage d'huile
- 8 : Raccord de contrôleur de niveau d'huile
- 9 : Raccord pour soupape de décharge

3. Le condenseur :



Figure : Condenseur de type Guntner

▪ **Les avantages :**

- Condenseur avec échangeur de chaleur à micro-canaux
- Haute densité de puissance
- Faible poids
- Faible quantité de remplissage du frigorigène
- Faible consommation énergétique
- Échangeur de chaleur efficace à faible Δt
- Facile à installer et à entretenir
- Ventilateurs hautement efficaces

➤ **Données techniques :**

Modèle de condenseur :	GVH 065.1B/2-ND.E
Puissance:	56.1 kW
Débit volumique d'air:	28490 m ³ /h
Température du gaz chaud:	76.0 °C
Sortie condensats:	44.5 °C
Ventilateurs:	2 Pièces 3~400V 50-60Hz
Vitesse de rotation:	1300 min ⁻¹
Puissance (mécanique/électrique):	1.57 kW/1.83 kW
Ampérage:	2.80 A
Caisson:	Acier galvanisé. RAL 7035
Tubes:	Cuivre
Surface d'échange:	166.2 m ²
Ailettes:	Aluminium
Volume des tubes:	27.6 L

➤ Dimension et raccord :

Tubulure d'entrée: 35.0 * 1.50 mm
Tubulure de sortie: 35.0 * 1.50 mm

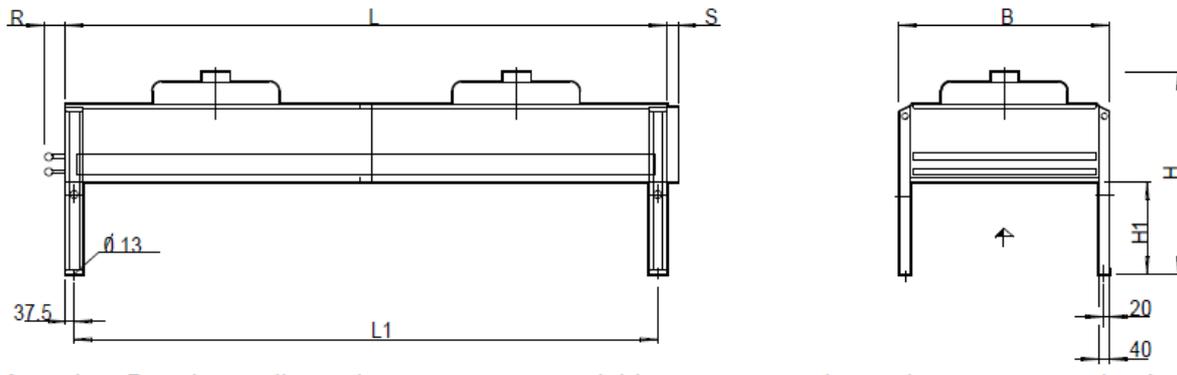


Figure : dimensionnement techniques de condenseur

L (longueurs) = 2250 mm
B = 1145 mm
H (hauteurs) = 950 mm
R (rayon) = 110 mm
L1 = 2175 mm
H1 = 400 mm
S = 50 m

4. L'évaporateur :

➤ Définition :

Le congélateur rapide GFN de Günter est un refroidisseur d'air à ventilateur sur pieds avec soufflage horizontal de l'air destiné à être utilisé dans des appareils de congélation rapide. Il est idéal là où la congélation rapide doit permettre d'obtenir de grandes performances dans un espace très réduit. Dans les secteurs de la viande, du poisson et des produits laitiers etc., bref, partout où une conservation rigoureuse de denrées alimentaires est nécessaire. Des ventilateurs montés en amont de la batterie avec un soufflage horizontal permettent de réaliser un débit d'air homogène à une vitesse élevée et avec une pression externe élevée, ce qui permet :

Une congélation rapide garantit la sauvegarde de la teneur d'origine en substances nutritives et des propriétés sensorielles (gout, odeur, apparence...).

La vitesse de congélation élevée due à la basse température et à la forte circulation d'air entraîne la formation de cristaux microscopiques, empêchant ainsi des pertes dues à l'égouttage du jus lors de la congélation.

De plus, la congélation rapide à une vitesse de congélation élevée permet à l'exploitant d'obtenir des rendements élevés de produits congelés.



Figure : Evaporateur GFN 050C/412-E de marque guntner

➤ **Les avantages :**

Ventilateurs à forte sortie d'air et à forte pression externe

Ventilateurs à tirage forcé pour une distribution homogène de l'air sur les marchandises réfrigérées ou congelées

Facile à installer

Tube vide pour capteur de dégivrage

Valve schrader à la sortie

Portes d'accès au ventilateur avec charnières sur demande

Fort rendement grâce au routage optimal du courant d'air

Excellente fiabilité grâce à une construction simple

- Dimension et caractéristiques techniques :

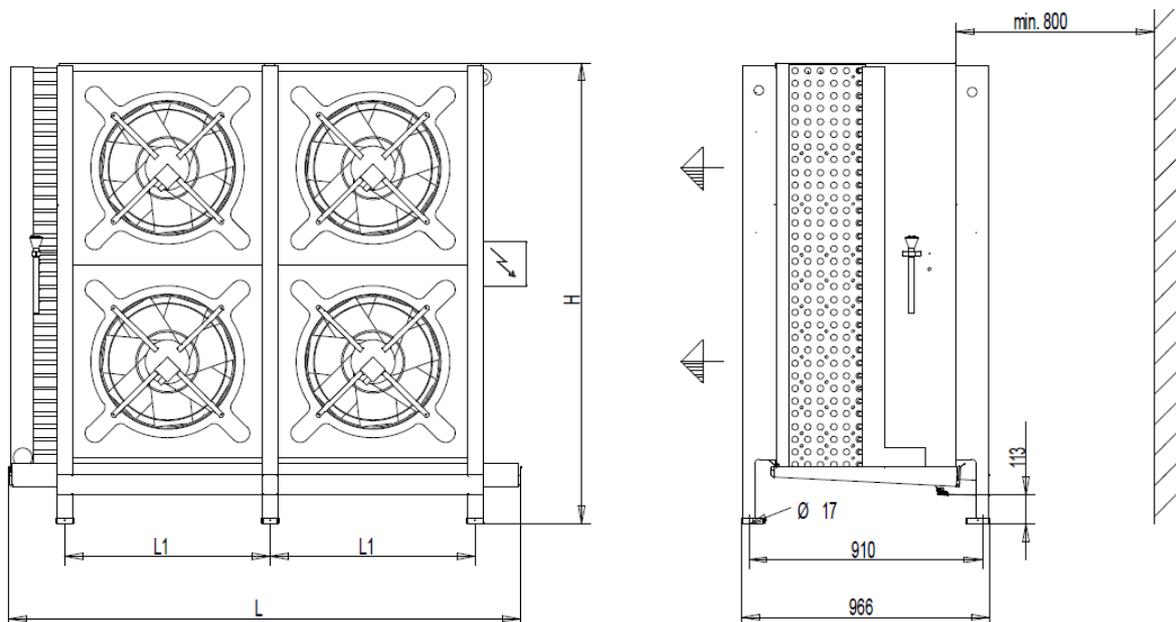


Figure : Dimension de l'évaporateur

Longueur de l'appareil (L) :	1996 mm
Largeur de l'appareil:	966 mm
Hauteur de l'appareil (H) :	1814 mm
L1 =	800 mm
Puissance:	15.5 kW
Température d'évaporation:	-40.0 °C
Température de condensation:	48.0 °C
Température de sous-refroidissement:	42.7 °C
Vitesse de l'air:	3.0 m/s
Air à l'entrée:	-35.0 °C
Air à la sortie:	-36.4 °C
Ventilateurs:	4 Pièces 3~400V 50HzE/(Y)
Vitesse de rotation:	1340 min ⁻¹ / (1120 min ⁻¹)
Puissance sonore:	89 dB(A)
Puissance (méc./el.):	0.52 kW/0.75 kW Portée de l'air: --
Ampérage:	1.50 A(5)
Givre:	1.4 mm

5. L'échangeur à plaque et le mode de travail avec économiseur :

➤ Echangeur de chaleur à plaque :



Figure : Echangeur de chaleur à microplaque de type D62

L'échangeur de chaleur D62 de type Danfoss permet de réduire sa consommation d'énergie. Il est doté d'une puissance frigorifique comprise entre 20 et 90 kW.

Les canaux d'écoulement formés entre les plaques et les orifices sont disposés de façon à permettre une circulation alternée des fluides de chaque circuit. Le transfert de chaleur s'effectue au travers des plaques d'échange et la circulation à contre-courant des fluides dans les différents canaux permet d'obtenir une efficacité optimale. La corrugation des plaques assure la circulation des fluides entre les plaques ainsi que la rigidité de ces dernières, et favorise la turbulence des fluides afin d'augmenter l'efficacité de l'échange thermique. L'échangeur à plaque assure le fonctionnement d'ECONOMISEUR, il permet le refroidissement de fluide frigorigène liquide issu de condenseur injecter par un organe de détente. Le fluide sous-refroidi s'écouler vers l'évaporateur pour atteindre une température de -10°C avant l'évaporation.

➤ **Le détendeur thermostatique :**



Figure : Le détendeur thermostatique TES 5

Le détendeur thermostatique TE 5 est de marque danfoss utilisé pour injecter du liquide dans l'évaporateur ou dans l'échangeur à plaque. Les détendeurs TE 5 sont commercialisés en éléments séparés avec un grand nombre de corps

➤ **Principe de fonctionnement de L'économiseur :**

Les compresseurs à vis BITZER peuvent être équipés d'un raccord d'aspiration supplémentaire pour fonctionnement avec ECONOMISEUR. Ce raccord d'aspiration est installé sur le carter des rotors. La position est choisie de telle sorte que la phase d'aspiration soit achevée et qu'une légère élévation de pression est déjà eu lieu. Cette procédure permet de transporter une quantité de vapeur supplémentaire sans affecter notablement le flux volumétrique de l'aspiration. La pression au raccord d'aspiration supplémentaire se situe à un niveau comparable à la pression intermédiaire des systèmes bi étagés. De ce fait, un compresseur à vis conçu de cette façon peut être combiné à un circuit de sous-refroidissement supplémentaire pour détente bi étagée. Le résultat est une augmentation sensible de la puissance frigorifique par sous refroidissement supplémentaire de liquide, en particulier pour des rapports de pression élevés. Par contre, la puissance absorbée du compresseur n'augmente finalement que légèrement car le travail supplémentaire résultant d'une pression d'aspiration plus élevée se situe à un niveau de rendement plus avantageux.

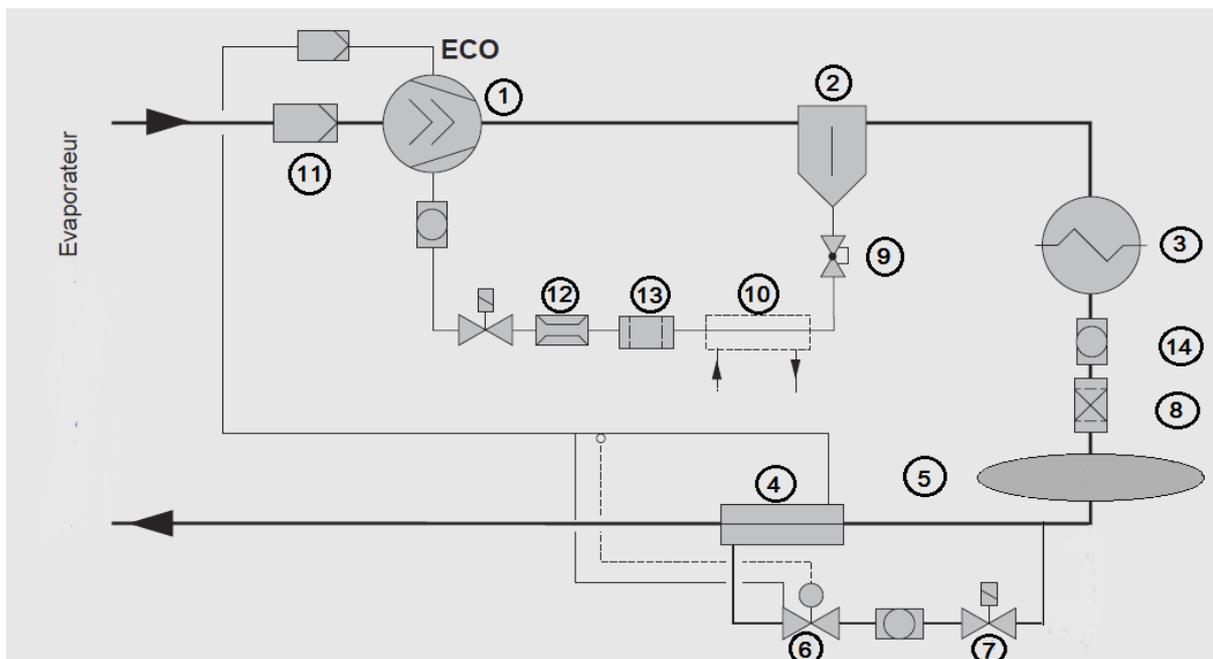


Figure : Système économiseur avec circuit de sous refroidissement

1. Le compresseur ; **2.** Le séparateur d'huile ; **3.** Le condenseur ; **4.** Echangeur à plaque ; **5.** Réservoir de liquide ; **6.** Détendeur thermostatique ; **7.** Electrovanne ; **8.** Filtre déshydrateur ; **9.** Vanne d'isolement ; **10.** Système de refroidisseur d'huile ; **11.** Bouteille anti coup liquide ; **12.** Contrôleur de débit d'huile ; **13.** Filtre d'huile ; **14.** Voyant

Ce type de fonctionnement fait appel à un échangeur de chaleur à plaque (sous-refroidisseur de fluide frigorigène) et un détendeur thermostatique pour sous-refroidir le liquide. Le sous-refroidissement est obtenu en captant une partie du fluide frigorigène issu du condenseur et en injectant celui-ci par un organe de détente, à contre-courant dans le sous-refroidisseur, où il va s'évaporer par absorption de chaleur.

La vapeur surchauffée est aspirée au raccord ECO du compresseur et mélangée à la vapeur déjà pré comprimée issue de l'évaporateur.

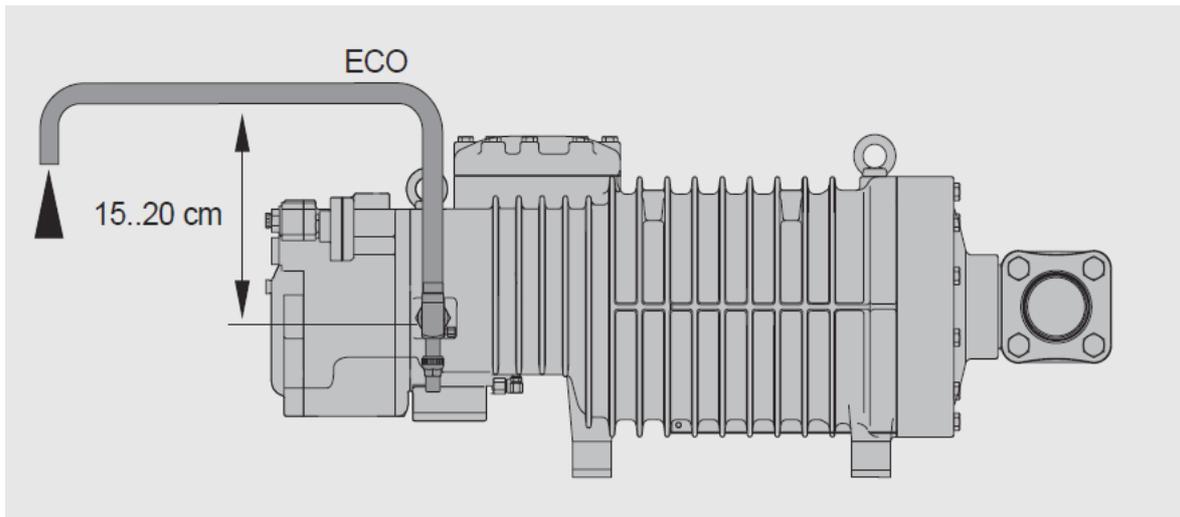


Figure : Disposition de la conduite d'aspiration économiseur

➤ **Les avantages de l'économiseur :**

Avec ce mode de fonctionnement nous permet d'obtenir :

- L'augmentation de la puissance et de l'efficacité pour des rapports de pression et élevés moyens
- Un processus de compression pratiquement idéal
- Aussi des accroissements de puissance dans le domaine de climatisation et de réfrigération à moyenne température
- L'élévation sensible de la densité de puissance et du rendement de l'installation

6. Le refroidisseur d'huile :



Figure : Refroidisseur d'huile de type Lloydcoils

Le refroidisseur d'huile refroidie par air est utilisé pour éviter l'élévation de la température d'huile injecté dans le compresseur pour la lubrification des rotors. Cette augmentation de la température est la cause de risque de dilution d'huile. On installe le refroidisseur sur la tuyauterie de sortie de séparateur d'huile, il est commandé par un régulateur de température d'huile ORV.



Figure : Vanne 3 voies ORV de marque Danfoss

➤ **Régulateur de température d'huile ORV**

L'ORV est une vanne 3 voies industrielle permettant de maintenir la température d'huile constante par mélange d'huile chaude et froide pour les compresseurs à vis.

C'est une vanne compacte avec peu de pièces en mouvement pour assurer une mise en place et un service aisé.

L'élément thermostatique est réglé à 49°C.

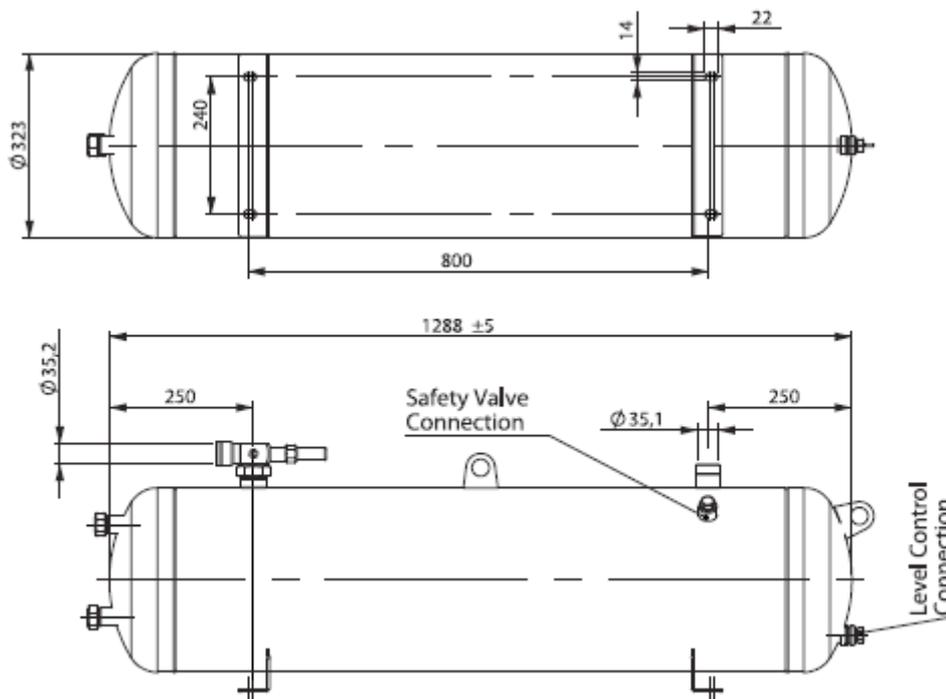
7. Le réservoir de liquide :



Figure : Réservoir de liquide de la marque Refricomp

Le réservoir de liquide est de type RCYG et de capacité 90L. Son rôle est de stocker la totalité de fluide frigorigène de circuit frigorifique et permet la distribution du liquide vers l'échangeur à plaque.

➤ **Données techniques :**



Longueur :	1288 mm
Diamètre :	323 mm
Diamètre de raccord d'entrer liquide :	35.2 mm
Diamètre de raccord de sortie liquide :	35.2 mm
Nombre de voyant :	2
Pression de travail :	33 bar
Température de travail :	-10 / 120 °C

e) L'électrovanne (EV R 40) :

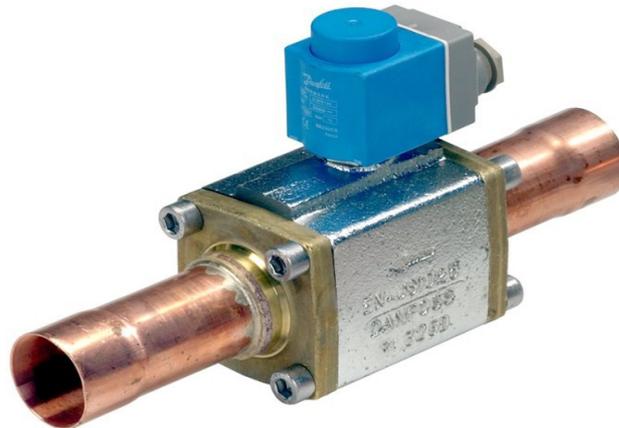


Figure : L'électrovanne

L'EVR est une électrovanne de marque danfoss normalement ouverte à servocommande installé sur la conduite de refoulement. Elle coupe le passage de fluide frigorigène à l'arrêt du compresseur pour éviter la perte de pression au niveau de tuyauterie de refoulement et aussi elle permet d'éviter le retour de fluide frigorigène liquide au compresseur issu de condenseur.

f) Le pressostat HP :

Le pressostat haut pression est un organe de protection qui permet de protéger l'installation en cas de haute pression trop élevée souvent causée par un encrassement du condenseur ou un défaut du ventilateur condenseur, mais il est aussi employé pour réguler la pression de condensation d'un condenseur à air.



Figure : pressostat de régulation

g) Le pressostat combiné HP-BP :

Le pressostat combiné réunit toutes les possibilités des pressostats BP et HP. Il permet d'assurer la régulation ou la sécurité en haute ou basse pression.



Figure : pressostat combiné HP-BP

Chapitre V :

Les étapes de réalisation de la centrale frigorifique :

1. Première étape : Le câblage de l'armoire électrique :



Figure : l'atelier électrique

➤ **L'armoire électrique :**

C'est le tableau qui rassemble l'ensemble de l'appareillage qui sert à la commande et à l'alimentation d'une installation frigorifique.

Le schéma électrique est composé de lignes, de symboles, de numéros et de lettres. Il traduit le fonctionnement électrique d'une installation. Ce schéma décrit le circuit de puissance et celle de commande.

On réalise le schéma électrique d'après le fonctionnement déterminé de l'installation. Ensuite, on détermine l'équipement et son implantation et on le monte. Après, on câble l'appareillage suivant le schéma réalisé, on câble éventuellement la porte de l'armoire électrique, on la raccorde au récepteurs extérieurs et à l'alimentation et en fin, on règle les protections thermiques l'horloge et les temporisations.

Les câbles utilisés, pour la connexion entre les différents composants électriques jusqu'au le bornier, sont reparties en section en fonction du courant absorbé par les moteurs commandés

On doit amener tous les câbles du compresseur, de kriwan, ventilateurs condenseur, la résistance de carter, et les pressostats vers l'armoire pour câbler chacune à leur emplacement sur le bornier en respectant bien sur les repères indiqués sur le plan électrique.

Une fois l'opération de câblage se termine, on doit tester l'armoire électrique pour vérifier le bon fonctionnement de tous les composants électrique et de leur efficacité avant la mis en service de l'installation, et de corriger un éventuel défaut.

On utilise pour cette vérification un multimètre pour contrôler le bon fonctionnement du RCP, des disjoncteurs et des contacteurs ...et de constater l'absence d'un court-circuit.

Tout le câblage du circuit de puissance et du circuit de commande, doit être repère après des numéros près des bornes de raccordement et de l'appareillage.

➤ **Les appareils de commande, de signalisation et de protection :**

C'est l'ensemble des appareils qui doivent assurer la protection électrique, le sectionnement et la commande des circuits.

Les différents appareils utilisés principalement sont :

- Le sectionneur ou le commutateur rotatif 2 position
- Le sectionneur à fusible
- Les disjoncteurs moteurs magnétothermiques
- Les contacteurs principaux et auxiliaires
- Le relais contrôleur de phase
- OFC
- Bouton d'arrêt d'urgence
- Le bornier
- Les voyants de signalisation

▪ **Le sectionneur à fusible :**

Le sectionneur enclenche l'ouverture du circuit en cas d'intensité trop élevée dans le circuit ou en cas de court-circuit, indépendamment de la commande manuelle qui permet l'ouverture du circuit et assure ainsi la sécurité en aval de l'installation, grâce la fonte d'un fusible.

Il est aussi installer dans le circuit de dégivrage.



Figure : Le sectionneur à fusible

En effet, le fusible est un élément comportant un fil conducteur, grâce à sa fusion, il interrompt le circuit électrique lorsqu'il est soumis à une intensité du courant qui dépasse la valeur maximale supportée par le fil.

▪ **Le disjoncteur magnétothermique :**



Figure : Le disjoncteur magnétothermique

C'est un appareil de protection qui comporte deux relais, relais magnétique qui protège contre les courts-circuits et un relais thermique qui protège contre les surcharges. Ainsi qu'il assure le sectionnement.

▪ **Le contacteur :**

C'est un interrupteur qui ouvert ou ferme un circuit de courant important et qui se commande automatiquement, ou manuellement à distance. Le choix de contacteur dépend de la puissance

de l'appareil à contrôler, de la tension du réseau, de la température ambiante, de la durée et de la fréquence d'enclenchement et finalement de caractéristique de la charge.

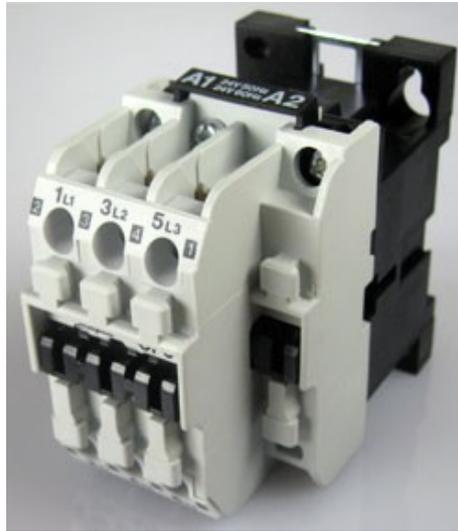


Figure : Le contacteur

- Relais contrôle de phase :



Figure : Relais contrôle de phase

Le relais surveille sa propre tension d'alimentation. Le relais contrôle : - l'ordre directe des trois phases, - l'absence totale d'une des trois phases. Lorsque l'ordre des phases et les tensions sont corrects, le relais de sortie est fermé et la LED jaune est allumée. En cas de défaut d'ordre ou d'absence totale de phase le relais s'ouvre instantanément et la LED s'éteint.

- Bloc auxiliaire temporisé :



Figure :Bloc auxiliaire temporisé

Les blocs auxiliaires temporisés servent à retarder l'action d'un contacteur (lors de sa mise sous tension ou lors de son arrêt). Ils agissent sur le démarrage part winding du compresseur frigorifique.

▪ **Bloc de contacts auxiliaires :**

Le bloc de contact auxiliaire est un appareil mécanique de connexion qui s'adapte sur les contacteurs. Il permet d'ajouter de 2 à 4 contacts supplémentaires au contacteur. Les contacts sont prévus pour être utilisés dans la partie commande des circuits. Ils ont la même désignation et repérage dans les schémas que le contacteur sur lequel ils sont installés (KA, KM...).



Figure : Bloc de contacts auxiliaires

▪ **Le commutateur rotatif 2 position :**

Il n'a que deux positions, ouvert ou fermé. La commande manuelle permet la mise en marche ou hors tension du circuit.



Figure : Le commutateur rotatif 2 position

▪ **L'OFC :**



Figure : L'OFC (OIL FLOW CONTROL)

Il contrôle principalement le débit d'huile, son capteur est placé sur la tuyauterie de retour d'huile.

▪ **Le bornier :**

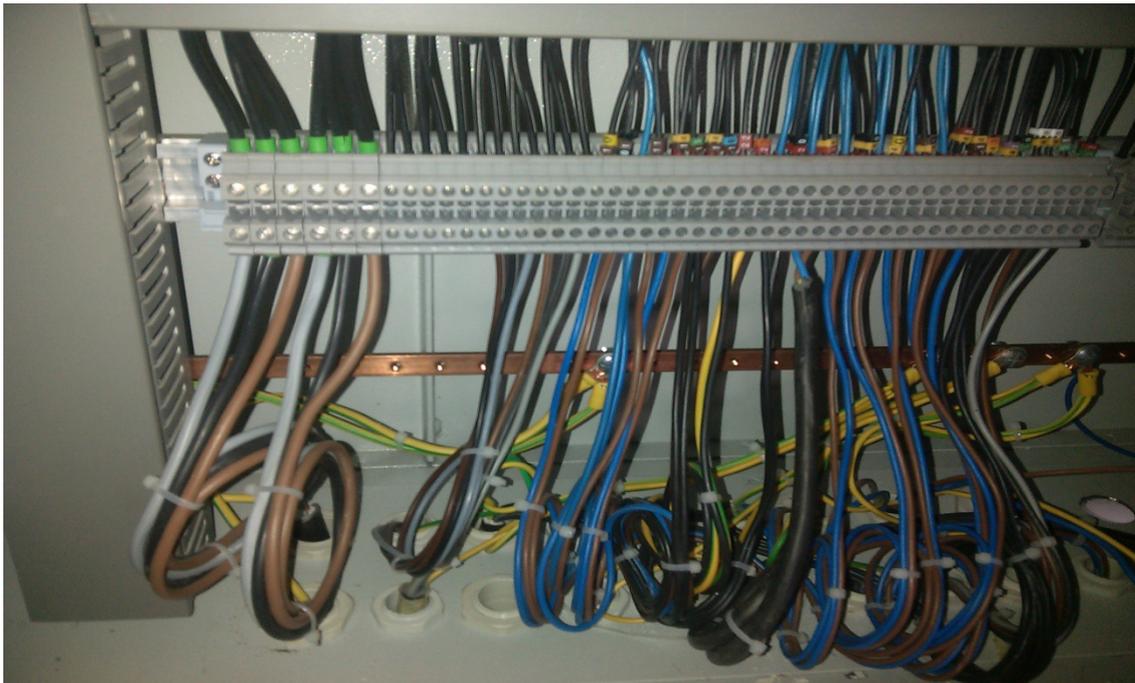


Figure : Le bornier

Le bornier est un dispositif permettant d'assurer la continuité électrique entre les câbles des capteurs (par exemple les électrovannes et les sondes) et les appareils de l'installation électrique.

▪ **Les synoptique de signalisation :**

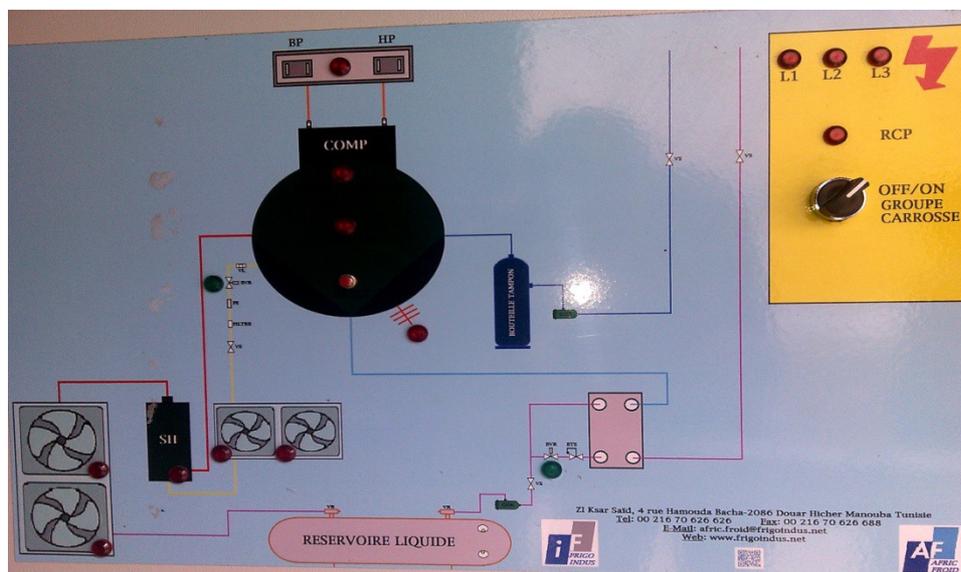


Figure :Synoptique de signalisation

C'est une synoptique du centrale frigorifique qui contient des voyant de signalisation sur chaque composant. Elle affiche la signalisation visuelle du fonctionnement normal du machine frigorifique (voyants vert) et ou les défauts (voyant rouge).

Exemple :

Défaut ventilateur condenseur

Défaut ventilateur refroidisseur

Défaut niveau d'huile

Electrovanne en service

▪ **Le régulateur :**



Figure : Le régulateur AKCC550 de type danfoss

Utilisation :

Commande complète du groupe frigorifique (Compresseur), d'évaporateur, du détendeur et du tunnel.

Principe:

La température du tunnel est enregistrée par une ou deux sondes de température que l'on place respectivement dans le courant d'air en amont de l'évaporateur S3 et en aval de l'évaporateur S4. Un réglage du thermostat, du thermostat d'alarme et de l'affichage de l'écran détermine l'influence qu'auront ces deux valeurs sur chacune des fonctions. Par ailleurs, il est possible d'utiliser une sonde de produit S6 que l'on peut placer librement dans le tunnel et qui peut être utilisée pour enregistrer la température de la marchandise souhaitée stockée dans le meuble. La température de l'évaporateur est enregistrée à l'aide de la sonde S5, qui peut être utilisée comme sonde de fin de dégivrage. Outre la sortie à la soupape d'injection électronique du modèle AKV, le régulateur dispose de 5 sorties relais définies par le choix d'utilisation.

DI1, DI2 et DI3 sont des entrées on/off à utiliser pour l'une des fonctions suivantes, par exemple : Fonction porte, fonction alarme, top de dégivrage, interrupteur principal externe,

régime de nuit, changement de référence de thermostat, nettoyage du meuble, refroidissement forcé ou dégivrage coordonné. DI3 est une entrée 230 V.

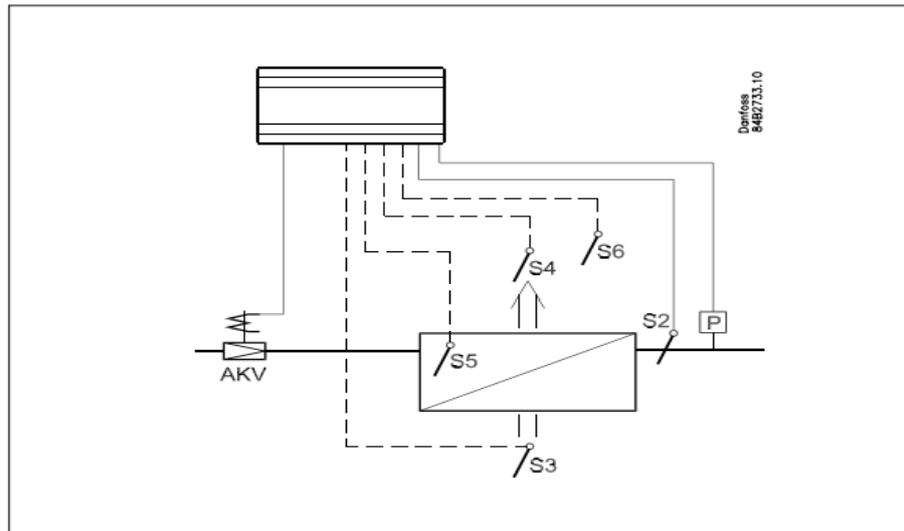


Figure : L'emplacement des sondes sur l'évaporateur

Fonctionnement:

➤ Commande de compresseur et ventilateur :

Lorsque le régulateur demande le refroidissement, il enclenche le compresseur avec fonctionnement PW.

Le régulateur alimente la bobine **KA1** de compresseur (folio10 de schéma électrique) qui change la position de son contacte **KA1** 10/6 (folio 5 de schéma électrique). Lorsque le **KA1** 10/6 se ferme il enclenche les bobine de :

K1 et K2 contacteurs moteurs compresseur

K3 et K4 contacteurs moteurs ventilateurs condenseur

K5 et K6 contacteurs moteurs refroidisseur d'huile

➤ Injection liquide :

L'injection liquide dans l'évaporateur est commandée par une soupape d'injection électronique de type AKV. La soupape fait à la fois office de détendeur et de vanne magnétique. La soupape s'ouvre et se ferme en fonction des signaux émis par les régulateurs. La surchauffe peut être mesurée par la sonde de pression Pe et la sonde de température S2 .

➤ Régulation de température :

La température du meuble est enregistrée par une ou deux sondes de température que l'on place respectivement dans le courant d'air en amont de l'évaporateur S3 et en aval de l'évaporateur S4. Un réglage du thermostat, du thermostat d'alarme et de l'affichage à l'écran détermine l'influence qu'auront ces deux valeurs sur chacune des fonctions, par exemple 50 % donneront une valeur égale des deux sondes

➤ **Dégivrage :**

Un dégivrage électrique : Les résistances sont alimentées

Séquence du dégivrage Tout dégivrage suit la séquence suivante :

- 1) Mise au vide de l'évaporateur (« Pump down »)
- 2) Dégivrage
- 3) Position d'attente (en cas de dégivrage coordonné)
- 4) Vidange (temporisation de drainage. Uniquement avec gaz chauds)
- 5) Egouttage
- 6) Temporisation du ou des ventilateurs

Programme :

Permet de démarrer les dégivrages à des heures fixes, jour et nuit. Au maximum 6 dégivrages par 24 heures. Fin de dégivrage en fonction de température.

➤ **Autres :**

- Fonction d'éclairage
- Contrôle de porte
- Rideau de nuit ecc...

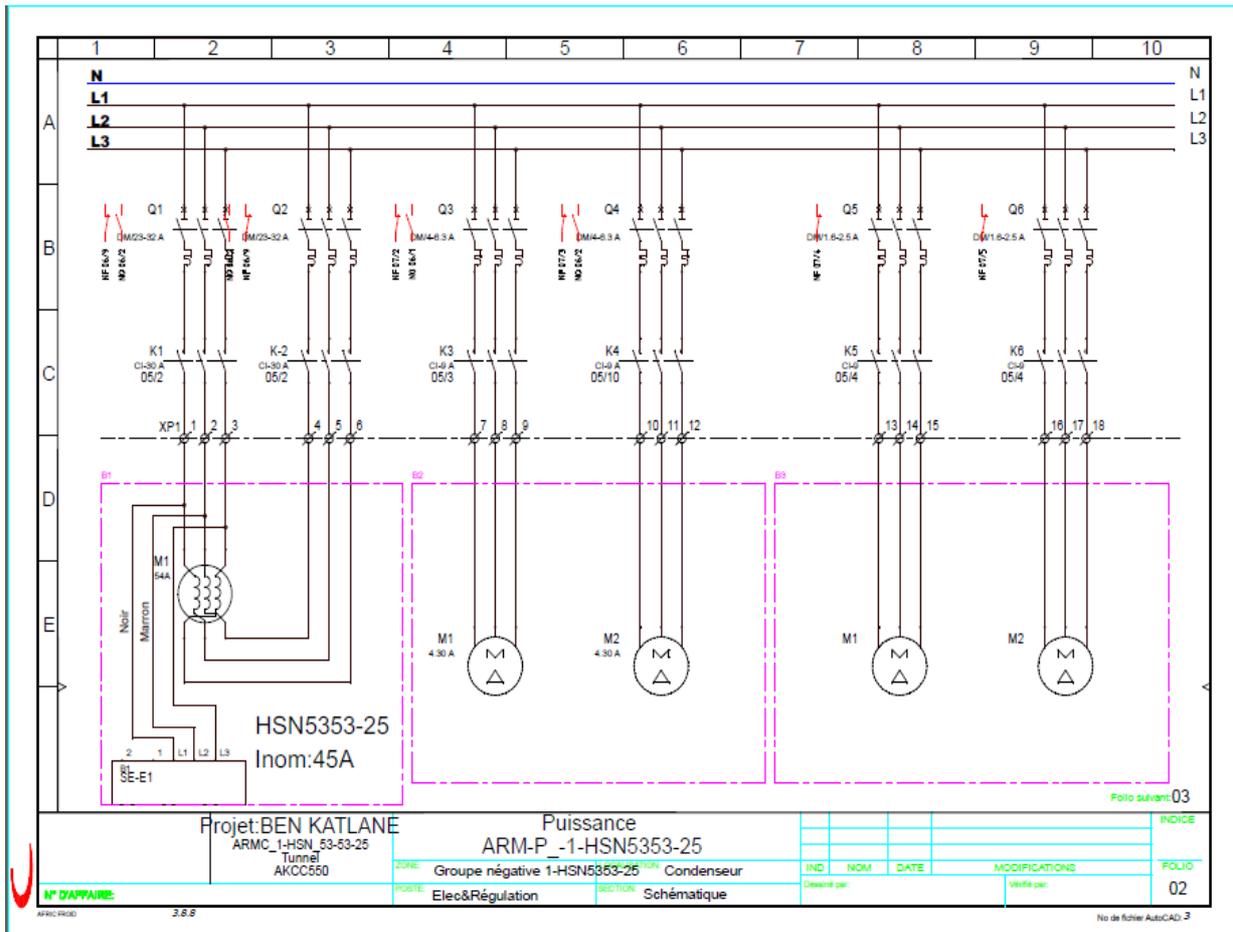


Figure : circuit de puissance de l'installation

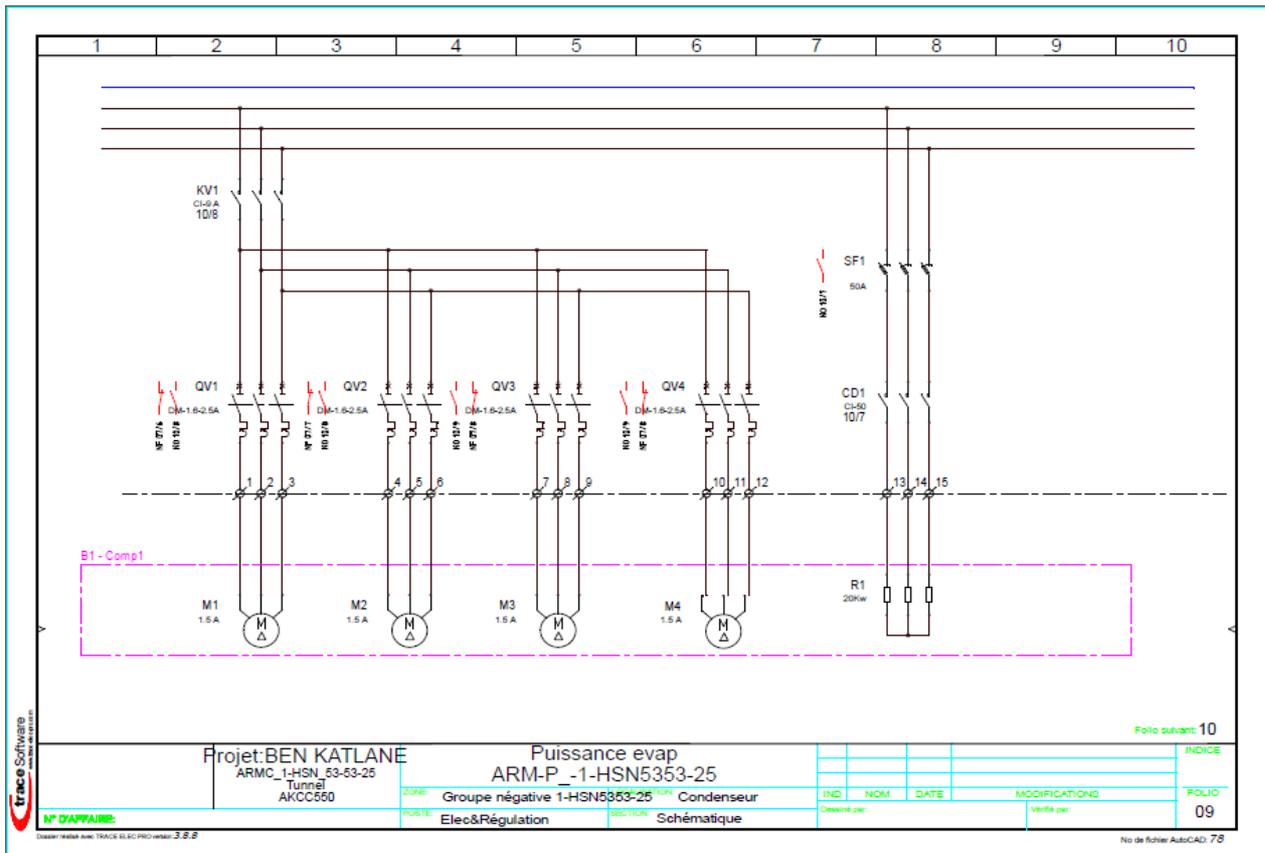
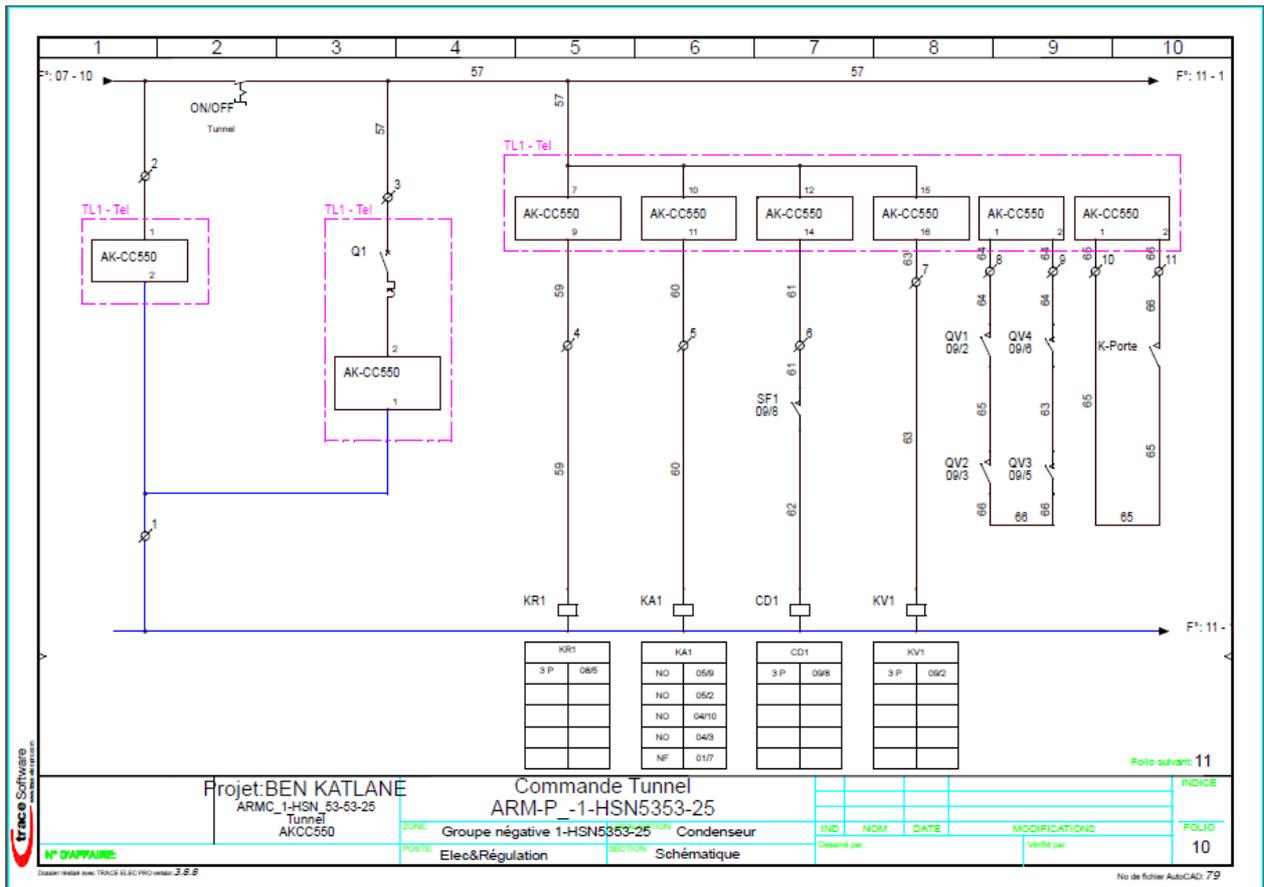


Figure :Circuit de puissance d'évaporateur



2. Deuxième partie : La préparation de châssis

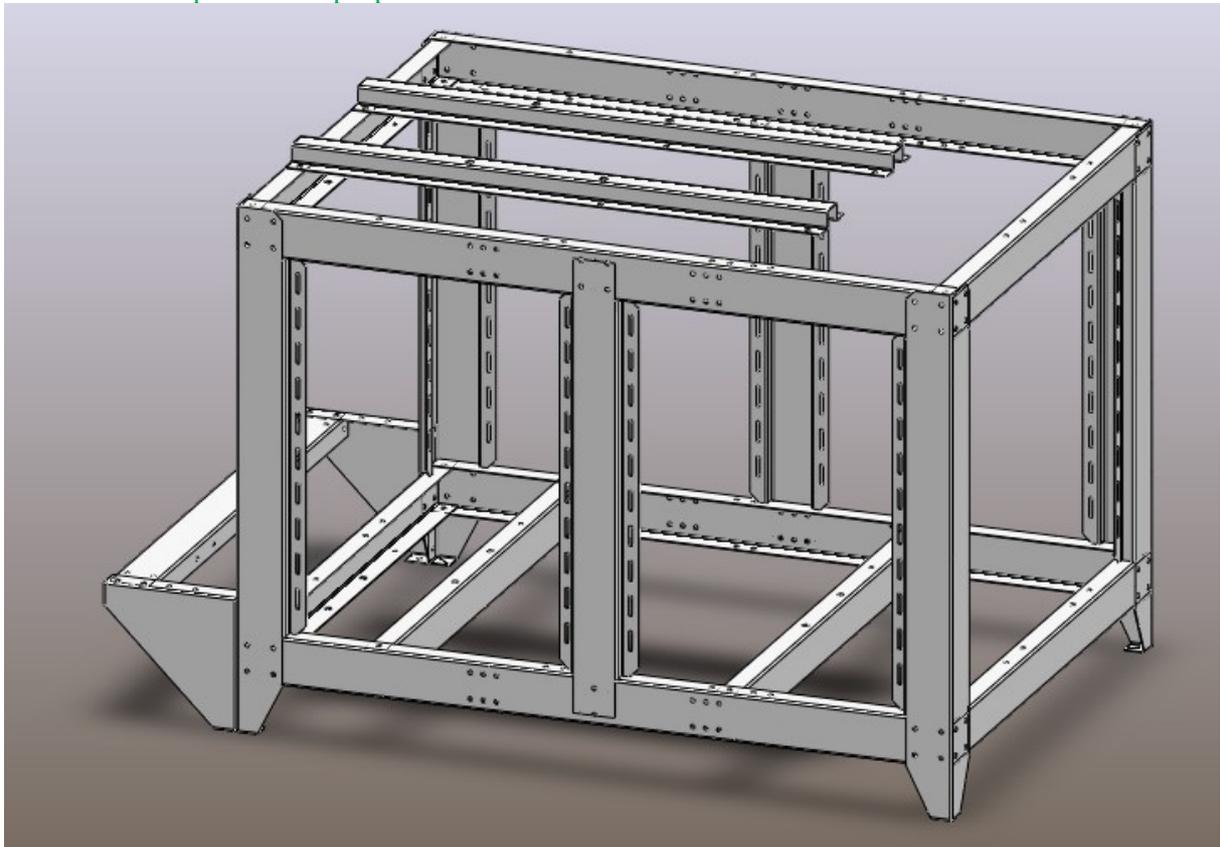


Figure : Le montage de châssis

- Dessiner le plan de châssis par le logiciel de conception **SolidWorks**
- L'envoyer à l'usine de pliage, découpage par laser et peinture..
- Le montage du châssis se fait par l'assemblage de différentes pièces en acier (à l'aide des boulons M10 et M8 , des écrous et des rondelles frein et avec deux clés à fourche et à pipe 13 ou bien à l'aide d'une boulonneuse pour assurer le serrage afin de faire installer tous les composants frigorifique et l'armoire électrique .



Figure : La boulonneuse

3. Troisième partie : La mise en place des composants frigorifique et des tuyauteries

Dans la mise en place des composants frigorifique, il faut d'abord installer le réservoir de liquide et le séparateur d'huile car ils sont généralement sur la partie basse du châssis. Puis on installe le compresseur et tous les autres accessoires.



Figure : La mise en place de réservoir de liquide et de séparateur d'huile dans la centrale

Puis on fait la mise en place de l'armoire électrique sur le châssis



Figure : Le montage de l'armoire électrique

- Pour raccorder les différents composants de l'installation qui sont déjà exprimées précédemment, on doit utiliser :
 - Un tube cuivre frigorifique de diamètre 2 1/8 pour la conduite d'aspiration.
 - Un tube cuivre frigorifique de diamètre 1"5/8 pour la conduite de refoulement.
 - Un tube cuivre frigorifique de diamètre 7/8 pour la conduite d'économiseur
 - Deux tubes cuivres frigorifique de diamètres 1"1/8 et 1"3/8 pour la ligne liquide.
 - Un tube cuivre frigorifique de diamètre 5/8 pour la conduite de retour d'huile

Le succès de toute installation frigorifique dépend largement de la bonne conception de la tuyauterie et du montage et raccordement correcte des composants frigorifique.

Dans l'ensemble de réseau, les pertes de charge doivent être réduites le maximum possible, car elles ont une influence non seulement sur le fonctionnement de l'installation, mais aussi sur sa puissance.

- ✓ Il est impératif de couper les tubes de cuivre lors de connexion entre les composants avec un coup-tube ou une cintreuse et non avec une scie à métaux car la coupe serait inégale et avec un maximum de bavures. Puis on doit ébavurer le tube en supprimant les bavures (intérieur, extérieur) faites par la coupe, de manière à ne pas introduire de morceaux de cuivre à l'intérieur du circuit frigorifique.



Figure : La cintreuse et le coup-tube

- ✓ Pendant l'opération de soudage, il faut souder précisément sur le point à vouloir, afin de refroidir la pièce.
 - Pour le soudage, on utilise :
 - Une bouteille d'oxygène
 - Une bouteille d'acétylène
 - Des baquettes argent et Castelain
 - Poudre décapant

 - ✓ Les coudes et les tés devront être éloignés suffisamment de tout obstacle pour permettre le mouvement engendrés par la dilatation.
- Les tuyauteries d'aspiration et d'économiseur devras être isolées pour éviter le phénomène de condensation. Entre la tuyauterie et l'isolant il ne doit pas y avoir d'espace afin d'éviter que le tube condense à l'intérieur de l'isolation
- L'isolant utilisé est : Arma Flex pour le calorifugeage.



Figure : l'isolation de tuyauterie d'économiseur

4. Quatrième partie : Teste d'étanchéité de l'installation

Une fois que le montage est terminé, il est nécessaire de procéder à des essais de mise en pression pour vérifier l'étanchéité de notre groupe et de l'absence de fuite sur les tuyauteries et le différent composant frigorifique de l'installation. On doit raccorder la bouteille d'azote à la vanne d'aspiration compresseur.

On met l'installation sous pression jusqu'à avoir une pression de 15 à 16 bar lue sur les deux manomètres HP et BP.

Si cette pression reste au bout d'un jour presque constant, on démarre l'installation normalement et sans risque.

Sinon, et si la pression descend de sa valeur de façon anormale (2 ou 3 bars et plus), on doit utiliser une solution savonneuse en la localisant sur tous les points de soudure, et sur tous les joints des vannes d'aspiration et refoulement compresseur, le réservoir liquide, le filtre déshydrater, les raccords des flexibles

Si une partie de circuit présente des boules ou un son de fuite, (Foch), on doit alors procéder à la corriger très vite (soit une vanne n'est pas fermée correctement ou bien soudage non parfait) afin de la recharger en plus d'azote.



Figure : mise sous pression de l'installation

Finalement on fait l'emballage de la centrale et la préparation pour l'export.

Conclusion générale

Ce travail a été réalisé dans le cadre de notre projet de fin d'études. Il a pour but l'étude et la réalisation d'une centrale frigorifique destinée à la distribution du froid pour un tunnel de congélation rapide des fruits en $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Tout d'abord, nous avons commencé par la présentation et la conception de la centrale frigorifique et le tunnel par le logiciel Autocad 2D qui est une étape importante dans l'étude des machines frigorifiques.

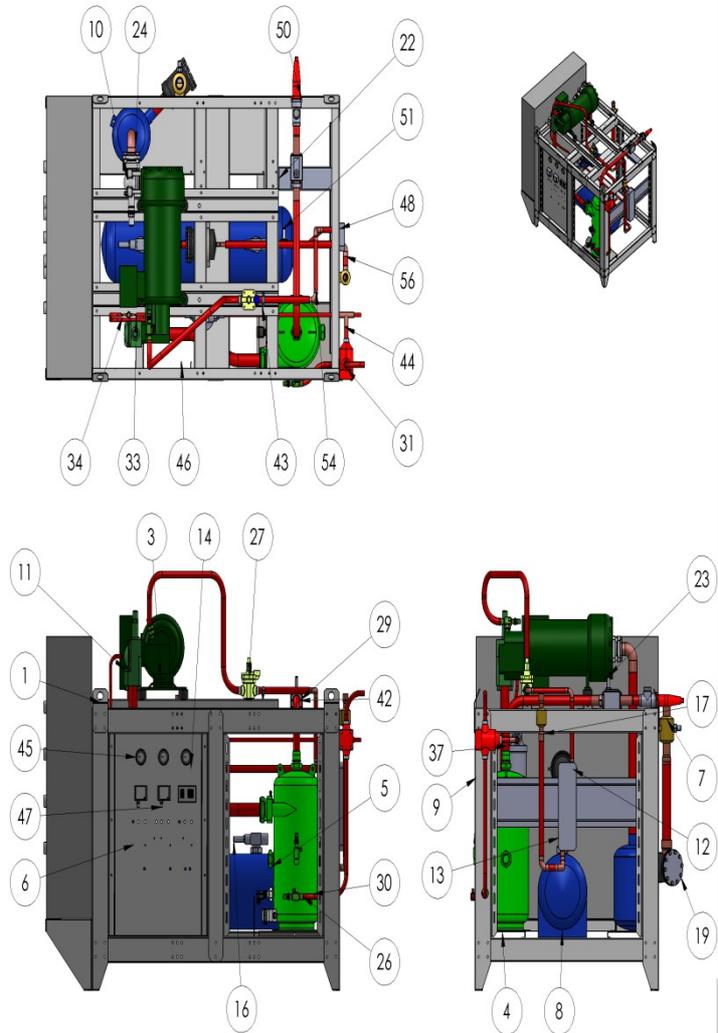
Ensuite, on a fait une étude bibliographique sur la technologie des compresseurs à vis et exactement le compresseur à vis semi hermétique de type bitzer, après avoir présenté les avantages, le mode de fonctionnement, le raccordement et la protection électrique etc.

Dans une troisième étape, on a fait le calcul de bilan thermique par le logiciel frilog et manuellement pour faciliter le choix de tous les composants de circuit frigorifiques. Puis, nous avons réalisés le choix de compresseur à vis, l'évaporateur, le condenseur et les tuyauteries selon les différents logiciels des constructeurs comme Bitzer software, Guntner et le logiciel cool selector de danfoss.

Finalement, dans notre stage au sein de la société AFRIC FROID, nous avons eu l'occasion de travailler sur les groupes carrossés, aussi bien sur les machines de fabrication de glace en écaïlle, les centrales Et de participer à leur montage, réalisation et maintenance.

Annexe :

No. ARTICLE	NUMERO DE PIECE	QTE
1	chassis 1 compresseur bitzer	1
3	compressor a vis HSN 5353-25	1
4	CENT4CB-pièce -16	1
5	OA1954 Séparateur d'huile	1
6	LTG 15 54	1
7	VS218 (2)	1
8	reservoir de liquide 90L	1
9	ARMOIRE120X30X120	1
10	Vanne aspiration du Comp	1
11	Vanne refoulement du comp	1
12	couli core	1
13	vanne rotalock	1
14	KP15	1
16	vanne rotalock	1
17	VS138	1
19	Filtre déshydrateur	1
22	support vanne	1
23	EVR 1'58	1
24	COC218	1
26	Vanne rotalock	2
27	Vanne economiseur	1
29	vanne électrique séparateur	1
30	tube séparateur vanne	1
31	ORV	1
33	chute voyant compresseur	1
34	User Library-SIGHT GLASS	1
37	FILTRE A HUILE	1
42	cojo40	1
43	cojo28	1
44	Té 78	1
45	Manomètre	3
46	indicateur	1
47	User Library-Pressostato KP-35 - Pressure Control	2
48	Echangeur à plaque	1
50	Clapet anti-retour	1
51	EVR1'58	1
54	COC78	3
56	COC118	4



Société:FRIGO INDUS
 Zi: Ksar Said 4, rue Hamouda
 Pacha 2086 Manouba Tunisie
 Tel :00216 70 626 626 // Fax: 00216 70 626 688
 E-mail: afric.froid@planet.tn

SAUF INDICATION CONTRAIRE:
 LES COTES SONT EN MILLIMETRES
 ETAT DE SURFACE:
 TOLERANCES:
 LINEAIRES:
 ANGULAIRES:

NOM	DATE
	22/112014

CASSER LES ANGES VIFS
 TITRE:
 Central de tunnel de congélation
 -40C

MATERIAU:	NO. DE PLAN	A0
MASSE:	ECHELLE: 20	FEUILLE 1 SUR 1