

## Chapitre 3 : Composants d'une machine à compression de vapeur

### 3.1 Introduction

Une machine frigorifique à compression de vapeur est composée de quatre éléments essentiels, elle décrit un cycle avec une transformation importante au niveau de chaque élément, les composants d'une installation sont :

Le compresseur aspire le fluide frigorigène à la sortie de l'évaporateur avec une pression et température basses, le comprime et le refoule vers le condenseur avec un température et pressions hautes.

Le condenseur va extraire de la chaleur du fluide frigorigène et l'évacuer vers le milieu extérieur ; le fluide sortant du compresseur pénètre dans le condenseur après une désurchauffe de la vapeur saturée, commence la formation de gouttelettes jusqu'à condensation de la vapeur et sous-refroidissement du liquide, ces trois opérations sont accompagnées de dégagement de la chaleur, le deuxième fluide utilisé dans l'échangeur peut de l'air ou de l'eau.

Le détendeur est alimenté en fluide frigorigène à l'état liquide va réduire la pression pour obtenir à la sortie un mélange de liquide et de vapeur, il permet aussi de réguler le débit du fluide entrant dans l'évaporateur en fonction de la charge.

L'évaporateur va permettre au fluide frigorigène d'absorber de la chaleur et de passer de l'état de mélange à l'état de vapeur saturée et ensuite de vapeur surchauffée, l'absorption de la chaleur par le fluide va induire le transfert d'une quantité de chaleur du milieu où est installer l'évaporateur et delà la production de froid.

Le fluide frigorigène sort de l'évaporateur à l'état vapeur surchauffée et sera aspiré par le compresseur, et le cycle reprend.

### 3.2 Les compresseurs frigorifiques

Les compresseurs frigorifiques étant entraînés par des moteurs sont regroupés en trois grandes familles selon l'association entre le moteur et le compresseur, nous avons les compresseurs hermétiques, les compresseurs semi-hermétiques et les compresseurs ouverts.

Les compresseurs hermétiques, voir la figure 16, ont leurs organes entièrement couverts par une enveloppe soudée sans accès à la réparation ou au changement et posés sur des ressorts pour éviter la transmission des vibrations, la liaison avec le circuit se fait au travers d'une orifice d'aspiration et un orifice de refoulement, la liaison avec le réseau électrique se fait par des fils électriques, les orifices et le câblage passe par des ouvertures étanches.

Le compresseur aspire les vapeurs à l'intérieur de l'enceinte et le refoule par l'orifice de sortie, ce type de compresseur est utilisé pour les petites et moyennes puissances comme les réfrigérateurs, les congélateurs et les refroidisseurs de liquides.



Figure 16 – Vue d'un compresseur hermétique [04]

Les compresseurs semi-hermétiques de la figure 17, englobent les équipements dont le moteur et le compresseur sont montés sur le même châssis et ayant l'arbre d'entraînement en commun, il y a possibilité d'accès au moteur ou au compresseur séparément pour une intervention de réparation ou de changement.



Figure 17 – Vue d'un compresseur semi-hermétique [04]

Les compresseurs ouverts, vu sur la figure 18, ont leurs organes dissociés, et liés par un accouplement ou courroie, l'accès au moteur ou au compresseur est aisé, l'étanchéité du carter du compresseur est assurée par un joint tournant au niveau de l'arbre de transmission.



Figure 18– Vue d'un compresseur ouvert [04]

Les compresseurs peuvent être classés par type de construction ou de compression, on y trouve quatre types :

Les compresseurs à piston, figure 19, sont des compresseurs volumétriques, très répandus sur le marché ils équipent les réfrigérateurs et les congélateurs domestiques, fonctionnant sur le même principe d'un moteur à explosion, le fluide frigorigène est aspiré dans le cylindre, il sera comprimé puis évacué vers le circuit.

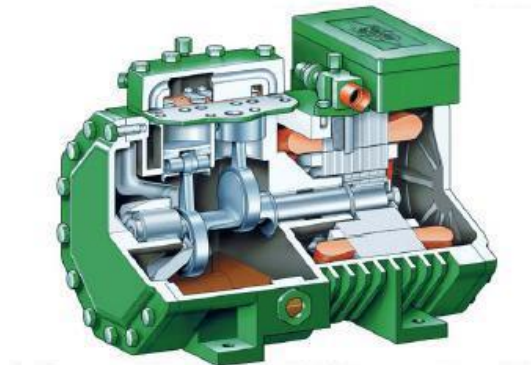


Figure 19– Vue d'un compresseur à piston [05]

Les compresseurs à spirale, appelés aussi Scroll, montrés sur la figure 20, sont basés sur le principe de deux spirales l'une fixe et l'autre décrivant un mouvement orbital, et fluide est alors emprisonné et son volume se réduit puis évacué, ils sont utilisés dans la climatisation des véhicules pour la discrétion sonore.

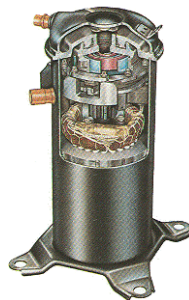


Figure 20– Vue d'un compresseur Scroll [05]

Les compresseurs à vis comme dans la figure 21, sont constitués de deux vis tournant dans le sens inverse, l'une male et l'autre femelle, le fluide à l'entrée est entraîné le long des vis ou la chambre diminue et se comprime jusqu'à sa sortie de l'autre côté.

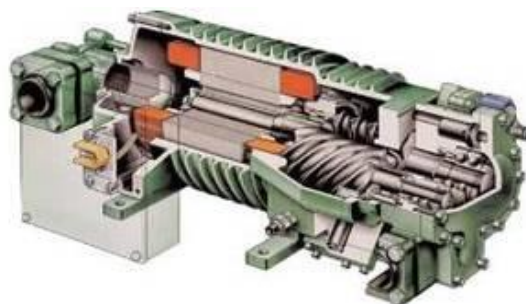


Figure 21– Vue d'un compresseur à vis [05]

Les compresseurs centrifuges où le fluide est entraîné par une ou plusieurs roues centrifuges dans un carter fermé, l'énergie cinétique résultante est transformée en pression statique dans la volute dont la section est croissante jusqu'à sa sortie vers le réseau, voir la figure 22.

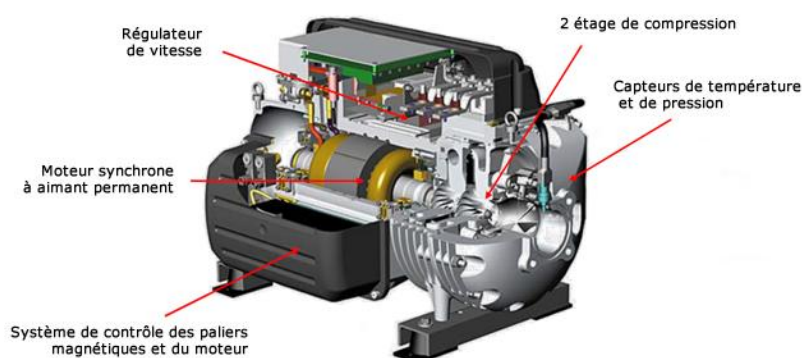


Figure 22– Vue d'un compresseur centrifuge [06]

### 3.3 Comparaison des compresseurs

Le tableau 3 dresse une comparaison entre les différents type de compresseurs, leurs avantages et inconvénients, ainsi que la gamme de puissance utilisée

Tableau 3 : Comparaison des compresseurs

Type de compresseur	Avantage(s)	Inconvénient(s)	Modes de raccordement	Gamme de puissance
Volumétrique à pistons	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gamme de puissance étendue</li> <li>- Tous les modes de raccordements sont possibles</li> <li>- Bon marché</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Non réversibles</li> <li>- Bruyant</li> <li>- Performances et longévité réduites</li> </ul>	Hermétique, semi-hermétique, ouvert	Quelques KW à plus de 1000 KW
Volumétrique spiro-orbital/ scroll	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vitesse variable</li> <li>- Faible risque de fuite</li> <li>- Silencieux</li> <li>- Très performant</li> <li>- Endurant</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Relativement cher</li> <li>- Puissances limitées</li> </ul>	Hermétique	Jusqu'à 100 KW maximum
Volumétrique à vis	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conception simple</li> <li>- Très performant</li> <li>- Très robuste</li> <li>- Silencieux</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Très énergivore</li> <li>- Uniquement grandes installation</li> <li>- Cher</li> </ul>	Semi-hermétique ou ouvert	100 à 1200 KW
Centrifuge	Très puissant	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uniquement grandes installation</li> <li>- Performances réduites</li> <li>- Fonctionnement complexe</li> </ul>	Semi-hermétique ou ouvert	1000 à 4000 KW

### 3.4 Les condenseurs

Les condenseurs sont des échangeurs thermiques permettant d'extraire de la chaleur pendant la condensation du fluide frigorigène, le fluide caloporteur peut de l'air ou de l'eau, le tableau 3 montre la comparaison entre ces deux modes de refroidissement.

Tableau 4 : Comparaison des modes de refroidissement des condenseurs

Condenseurs	Avantages	Inconvénients
Air	Disponibilité de l'air Construction simple	Coefficient de transfert faible Bruyant Température de condensation élevée en été
Eau	Coefficient de transfert Construction compacte Température de condensation stable Moins bruyant Récupération d'énergie	Boucle ouverte : Consommation d'eau Boucle fermée : Refroidissement eau

Il existe une grande variété d'échangeurs qui peuvent être utilisés comme condenseurs, pour les échangeurs dont le fluide caloporteur utilisé est l'air, nous avons les échangeurs à convection naturelle et ceux à convection forcée ; lorsque le fluide caloporteur utilisé est l'eau, on utilise les condenseurs à immersion, condenseurs à double tube, et les condenseurs à calandre, parfois on utilise l'eau et l'air dans les tours de refroidissement, voir la figure 23 montrant un type de condenseur à air.



Figure 23 – Vue de condenseur à air [07]

### 3.5 Les détendeurs

Les détendeurs sont des dispositifs insérés entre le condenseur et l'évaporateur dont le rôle principal est d'abaisser la pression en alimentant l'évaporateur, à l'entrée le fluide frigorigène est à l'état liquide et il en sort à l'état de mélange, il existe plusieurs types de détendeurs.

Les détendeurs capillaires sont montés sur les installations simples tels les réfrigérateurs et les congélateurs, ils sont constitués d'un tube en cuivre fin enroulé de diamètre 0,2 à 1 mm, la chute de pression est dû à la perte de charge dans le tube capillaire, comme à la figure 24.

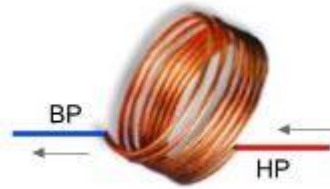


Figure 24– Vue d'un détendeur capillaire [08]

Les détendeurs thermostatiques, figure 25, sont utilisés dans les installations de moyenne puissance, un thermostat est placé sur l'évaporateur permet de réguler l'ouverture d'un orifice au niveau du détendeur



Figure 25– Vue d'un détendeur thermostatique [09]

### 3.6 Les évaporateurs

Les évaporateurs sont des échangeurs thermiques où le fluide frigorigène absorbe de la chaleur et se vaporise, cette chaleur est récupérée de l'enceinte où l'évaporateur est installé et c'est le lieu de production du froid, il existe des évaporateurs à air et des évaporateurs à eau.

Les évaporateurs à air de la figure 26, sont échangeurs avec tubes à ailettes installés dans les comptoirs frigorifiques par exemple en convection naturelle, ou dans des canalisations de soufflage pour la convection forcée, il y a aussi des plaquettes soudées aux tubes montés sur les réfrigérateurs et les congélateurs.



Figure 26– vue d'un évaporateur à air [10]

Les évaporateurs à eau sont utilisés pour le refroidissement des fluides de process, il existe une multitude de produits comme les échangeurs à calandre, les évaporateurs à double tube

ou à plaques, on trouve leurs applications dans les installations industrielles et dans la climatisation et le conditionnement d'air, vue d'un évaporateur à tubes dans la figure 27.



Figure 27– Vue d'un évaporateur à eau [11]

### 3.7 Autres accessoires

En plus des quatre composants précédemment cités, on installe dans le circuit frigorifique d'autres appareils annexes comme une bouteille de liquide, un déshydrateur, un voyant liquide, et une électrovanne, des appareils de sécurité et de régulation le pressostat, le thermostat et le disjoncteur, voir le schéma type d'une installation frigorifique de la figure 28.

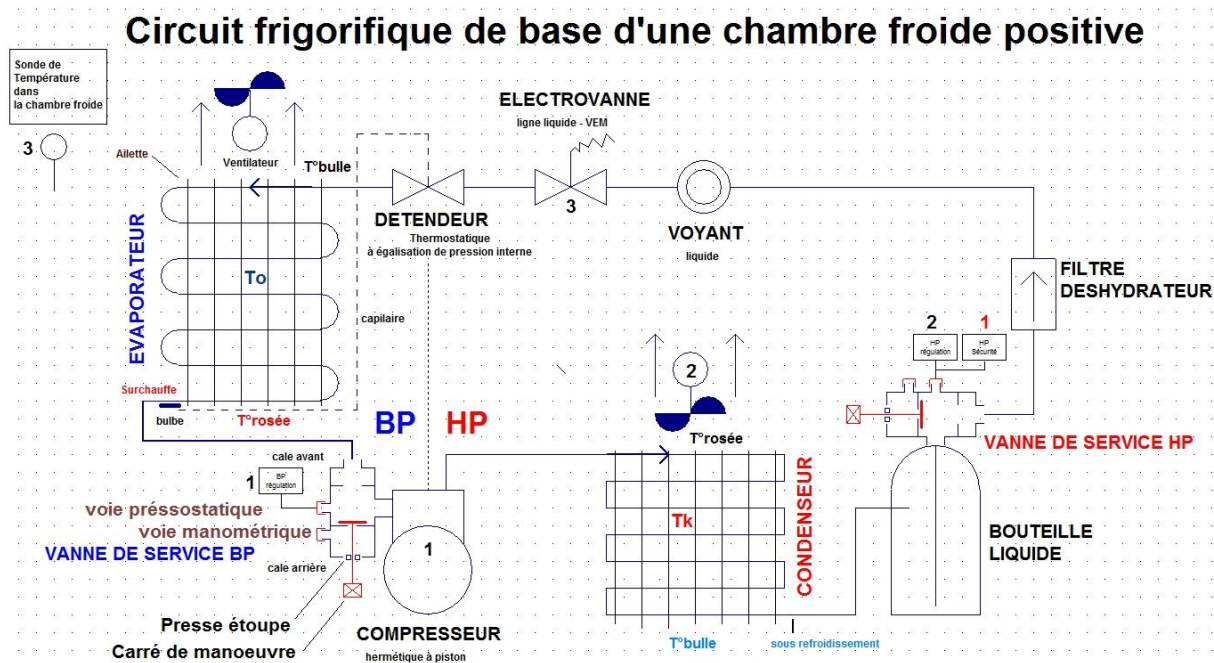


Figure 28– Schéma d'une installation frigorifique [12]

### 3.8 Exercices

#### Exercice 1

On veut déterminer la chute de pression admissible dans un détendeur sachant que la pression dans le condenseur est de 16 et celle de l'évaporateur vaut 6 bar, les pertes de charge dans la