

#### 1.4 Machine de réfrigération

Dans une installation de réfrigération à compression de vapeur, on cherche à maintenir une enceinte froide à une température inférieure à l'ambiante.

Pour y arriver, on évapore un fluide frigorigène à basse pression (et donc basse température) dans un échangeur placé dans l'enceinte froide. Pour cela, il faut que la température  $T_{\text{evap}}$  du fluide frigorigène soit inférieure à celle de l'enceinte froide  $T_{\text{ef}}$ .

Le fluide est ensuite comprimé à une pression telle que sa température de condensation  $T_{\text{cond}}$  soit supérieure à la température ambiante  $T_a$ . Il est alors possible de refroidir le fluide par échange thermique avec l'air ambiant ou avec un fluide de refroidissement, jusqu'à ce qu'il devienne liquide. Le liquide est ensuite détendu à la basse pression dans une vanne, sans production de travail, et dirigé dans l'évaporateur. Le cycle est ainsi refermé.

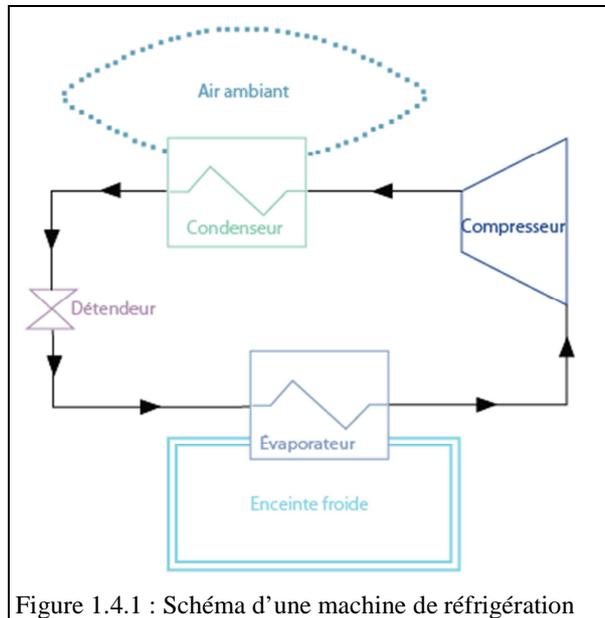


Figure 1.4.1 : Schéma d'une machine de réfrigération

Ce schéma montre qu'une machine de réfrigération met en jeu quatre composants :

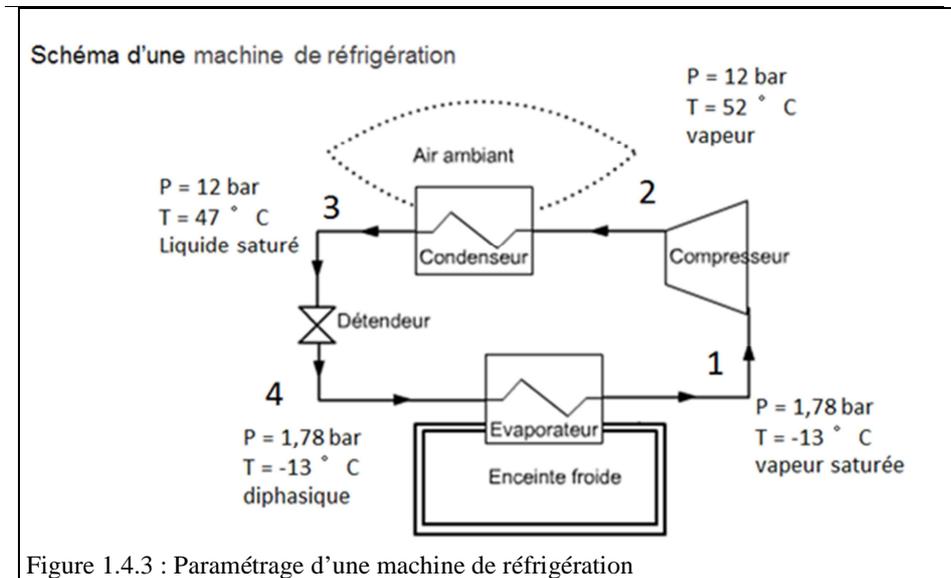
- un évaporateur
- un compresseur
- un condenseur
- un détendeur

Ce cycle permet de convertir le travail sur l'arbre du compresseur en production de froid à basse température. On parle de **cycle récepteur**.

Comme pour la centrale à vapeur, on parle ici à juste titre de cycle parce que, parcourant successivement les quatre composants de la machine, le fluide de travail subit une série de transformations qui l'amènent à se retrouver dans son état initial.

##### 1.4.1 Cycle de la machine de réfrigération

Étudions comment fonctionne un cycle de réfrigération et quelles valeurs peuvent prendre ses paramètres.



Au point 1, un fluide frigorigène, le R134a, entre dans le compresseur à l'état de vapeur saturée : pression de 1,78 bar et température  $T = -13\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Il y est comprimé et en sort au point 2 à une pression de 12 bar et à  $52\text{ }^{\circ}\text{C}$ , à l'état de vapeur.

La pression de 1,78 bar a été choisie pour que la température de vaporisation du R134a à cette pression soit inférieure à celle de l'enceinte froide qui est de  $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

La pression de 12 bar a été choisie pour que la température de vaporisation du R134a à cette pression soit supérieure à celle de l'air ambiant qui est de  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Le refroidissement du fluide dans le condenseur par échange avec l'air extérieur comporte deux étapes : une désurchauffe dans la zone vapeur suivie d'une condensation jusqu'au point 3 à l'état liquide saturé à 12 bar et  $47\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Le fluide de travail est ensuite détendu sans production de travail jusqu'au point 4 à l'état diphase à 1,78 bar et  $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$ , avant d'être dirigé vers l'évaporateur.

Tout comme pour la centrale à vapeur et la turbine à gaz, le cycle opère entre **deux niveaux de pressions** : la BP à l'évaporateur, et la HP au condenseur, le compresseur et le détendeur faisant passer le fluide de travail d'un niveau à l'autre.

#### 1.4.2 Aspects technologiques

Dans un réfrigérateur domestique, l'évaporateur est généralement formé de deux plaques planes ondulées soudées l'une contre l'autre, le fluide frigorigène circulant dans les canaux formés par les corrugations.

Modéliser et simuler les technologies énergétiques (extraits résumés)

Il tapisse le plus souvent le compartiment « congélation » du réfrigérateur (c'est sur lui que se forme la couche de givre). La plaque entre les canaux de passage du fluide sert d'ailette pour augmenter le contact thermique entre le fluide frigorigène et le compartiment froid.

Cet évaporateur est relié au reste de la machine par deux canalisations qui traversent la paroi isolante. L'une d'entre elles est reliée à la sortie du détendeur, l'autre à l'aspiration du compresseur.

Généralement, le compresseur n'est pas directement visible car il est contenu dans un bloc métallique monté sur des coussins en caoutchouc, pour éviter les vibrations, et d'où sortent un fil électrique et deux tuyaux d'entrée et sortie du fluide. Il s'agit d'un compresseur dit hermétique, à piston, qui présente l'avantage que le moteur est directement refroidi et lubrifié par le fluide thermodynamique.

D'autres types de compresseurs existent aussi, comme les compresseurs à piston dits ouverts ou semi-ouverts, les compresseurs scroll, les compresseurs à vis ou les compresseurs centrifuges.

Le condenseur est la grille noire située sur la face postérieure du réfrigérateur, constituée d'un tuyau enroulé en serpentins et étayé par des tubes métalliques qui d'une part augmentent les échanges thermiques avec l'air, et d'autre part renforcent la rigidité mécanique. Il est relié à la sortie du compresseur et à l'entrée du détendeur.

Le détendeur est généralement constitué d'un simple tube capillaire, c'est-à-dire de très petit diamètre, et quelquefois il s'agit d'un détendeur thermostatique.

Ce premier aperçu du fonctionnement d'une machine de réfrigération nous a permis de voir que ce cycle fait appel à deux des types de composants déjà rencontrés dans les cycles que nous avons étudiés :

- 1) un compresseur
- 2) des échangeurs

Il met en jeu un composant d'un type nouveau : le détendeur.

On notera que le cycle de la machine de réfrigération peut être décomposé en **quatre fonctions** successives :

- 1) comprimer le fluide de travail
- 2) le refroidir à haute pression
- 3) détendre le fluide de travail
- 4) le chauffer jusqu'à l'état initial

Dans tous les cycles récepteurs, on retrouve ces trois premières fonctions, se succédant dans cet ordre : on comprime, on refroidit et on détend.