

LES BASES DU FROID

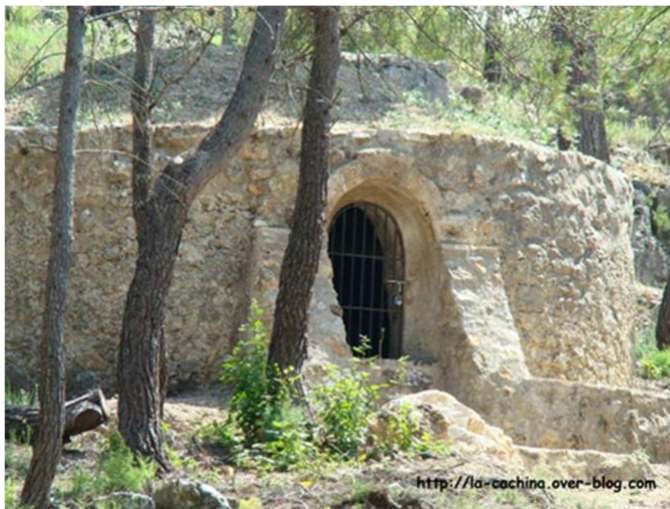
PREAMBULE

Aujourd'hui nous connaissons tous l'utilisation de « machines frigorifiques » pour notre confort : le réfrigérateur/congélateur ménager, la pompe à chaleur ou la climatisation, le ballon thermodynamique... Toutes ces applications ont une histoire commune.

PETIT RETOUR HISTORIQUE

Concernant le froid, dès l'Antiquité, la glace et la neige sont utilisées pour parfois conserver des viandes autrement que par la salaison, le fumage ou la saumure (en annexe les différents moyens de conservation des denrées) mais aussi, et déjà, pour le maintien au frais de boissons.

Au XVIème siècle, le commerce de la glace prend un grand essor. La glace est entreposée dans des édifices spécialement conçus qui sont appelés glacières. La glace des glaciers a été, également, longtemps exploitée comme matière première. A la fin du XIXème siècle, l'invention de machines pour la production artificielle de la glace provoquera la faillite de cette activité industrielle et la fin de l'exploitation de la glace naturelle.



Pour produire de la glace, il faut obtenir du froid. Mais **ON NE FABRIQUE PAS VRAIMENT DU FROID** : en fait, **ON RETIRE DE LA CHALEUR**. Ainsi, le principe d'une machine de réfrigération est de prendre de la chaleur à l'endroit où l'on veut créer du froid, de transporter cette chaleur à l'extérieur et de la rejeter. *La pompe à chaleur ou le ballon thermodynamique font l'inverse en prenant la chaleur à l'extérieur, transportent cette chaleur à l'intérieur pour chauffer/l'accumuler.*

1859 : Ferdinand Carré (1824-1900) construit la première machine frigorifique à absorption, utilisant l'ammoniac comme réfrigérant et l'eau comme absorbant.

1874 : Développement d'une machine frigorifique à compression de vapeur pour conserver la viande et la transporter par Charles Tellier (1828-1913).

1876 : le français Charles TELLIER, surnommé « Le Père du froid » effectuait, à bord de son navire « Le Frigorifique » une démonstration de l'efficacité du froid en organisant le premier transport de viande, aller / retour de Rouen à Buenos Aires.

L'installation fonctionnait à l'éther méthylique et avait une puissance frigorifique de 4000 fg/h.



Sachant qu'une frigorie vaut - 4,18 kJ, donner la puissance en kW.

Concernant la climatisation Le souci de maîtriser les températures intérieures est né dans la Rome antique, époque à laquelle les citoyens aisés tiraient parti du remarquable système d'aqueducs pour faire circuler de l'eau fraîche dans les murs de leurs foyers.

Les Romains utilisaient aussi un tunnel souterrain d'apport d'air extérieur qui était un vrai climatiseur puisque l'air entrant dans la maison était assez invariablement autour de 10-12 °C hiver comme été.

Dès le 16^{ème} siècle, on utilise des systèmes naturels de rafraîchissement, obtenus par ruissellement d'eau, provoquant ainsi par évaporation une diminution de la température d'air. Le changement s'amorce avec le XX^e siècle et l'électricité, qui voit se diffuser le ventilateur électrique dans les foyers.

En 1902, Willis Carrier invente le premier dispositif de climatisation moderne. Ce système mécanique, qui fait circuler de l'air par des bobines refroidies par eau, n'est toutefois au départ pas destiné au confort humain : il était conçu pour contrôler le taux d'humidité dans l'imprimerie où il travaillait.

En 1922, il enchaîne avec l'invention du premier système de réfrigération centrifuge, doté d'un compresseur central permettant de réduire la taille de l'appareil. Il l'installe dans un cinéma. Dans les années trente, l'air conditionné a conquis les grands magasins, les trains et les bureaux, faisant grimper en flèche la productivité des travailleurs en été. Jusqu'alors, cours centrales et fenêtres ouvertes en grand constituaient la seule façon de se rafraîchir. La climatisation résidentielle met plus de temps à se généraliser.

1937 : première climatisation dans un bus

La Deuxième Guerre mondiale ralentit la progression de la commercialisation de la climatisation, mais dès le début des années 50, elle fait son entrée dans les résidences privées et les commerces. L'industrie automobile introduit également à la même époque les systèmes de climatisation à certains véhicules.

1959 voit le premier avion transatlantique climatisé.

En 1965, elle n'équipe encore que 10 % des foyers américains, selon la Carrier Corporation. En 2007, toutefois, le chiffre était passé à 86 pour cent.

Les Européens ont été plus longs à adopter la climatisation.

La climatisation se développe dans l'industrie vers les années 60. Plus tard pour le tertiaire et le commerce.

1970 : la climatisation intègre les véhicules en Europe. En 1995, seulement 15% des voitures neuves vendues en France en étaient équipées. Quinze ans plus tard, le taux atteignait 90%. Aujourd'hui, c'est quasiment 100% des voitures neuves qui ont la clim.
La canicule de 2003 a accéléré le développement de la climatisation dans le secteur résidentiel. Ainsi, elle équipait 961 000 logements en 2007, soit trois fois plus qu'en 2001.

LES DIFFERENTES APPLICATIONS

Le froid a de nombreuses applications dont les principales sont les suivantes.

Le conditionnement d'air qui vise à créer les conditions satisfaisantes pour le confort des habitants en jouant sur les paramètres suivants : la température, l'hygrométrie... Les lieux potentiellement concernés sont les habitats, les bureaux, les commerces, les usines, les transports, les voitures...

Le froid alimentaire qui vise à la conservation des produits alimentaires, nécessite des équipements pour :

- la production de produits surgelés ou congelés, la production de glaces
- le stockage des produits : entrepôts et chambres frigorifiques, tanks à lait
- le transport des produits : camions, trains, bateaux frigorifiques
- la mise à la vente de ces produits : vitrines frigorifiques de vente

Le froid alimentaire concerne également les procédés de conditionnement de produits : refroidissement des moûts de bière et retardement des processus de fermentation (vins).

Les applications industrielles du froid sont extrêmement variées :

- le traitement thermique des pièces métalliques, l'ébarbage de pièces en caoutchouc ...
- la liquéfaction du gaz de pétrole liquéfié (GPL)
- la liquéfaction des gaz industriels sont des gaz séparés de l'air (N₂, O₂, Argon) et autres (hélium, acétylène)

À quoi s'ajoutent les applications diverses telles que la production d'eau chaude sanitaire, les patinoires, la production de neige artificielle, le désembuage des aéroports..., et les applications relatives à la protection de l'environnement telles que le piégeage par le froid des solvants (composé organique volatil) contenus dans les effluents gazeux.



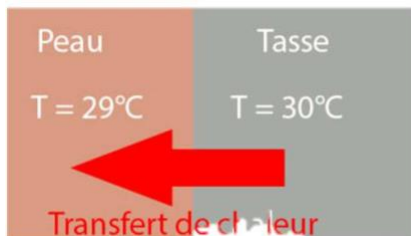
PREREQUIS DE THERMODYNAMIQUE

PRODUIRE DU FROID C'EST ENLEVER DE LA CHALEUR

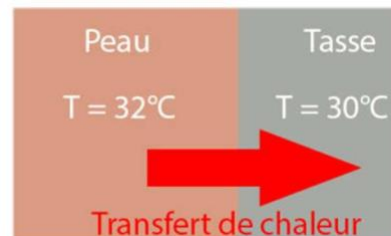
La chaleur est une forme d'énergie.

Si on ajoute de la chaleur à un corps, on obtient une augmentation de son énergie, qui se traduit par une augmentation de sa température. Et vice-versa : si on enlève de la chaleur à un corps, on provoque un abaissement de température.

Cet ajout ou retrait de chaleur peut se faire par échange de chaleur avec un autre corps. L'échange de chaleur entre deux corps se fait toujours du corps le plus chaud vers le corps le plus froid. L'échange de chaleur s'arrête dès que la différence de température entre les deux corps est nulle.



Sensation de



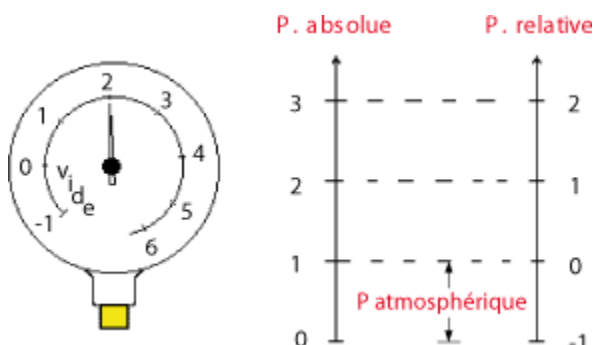
Sensation de

PRESSION RELATIVE, PRESSION ABSOLUE...

La pression relative se mesure à partir de la pression atmosphérique. C'est celle qu'on lit sur un manomètre. Le 0 du manomètre correspond donc à la pression atmosphérique.

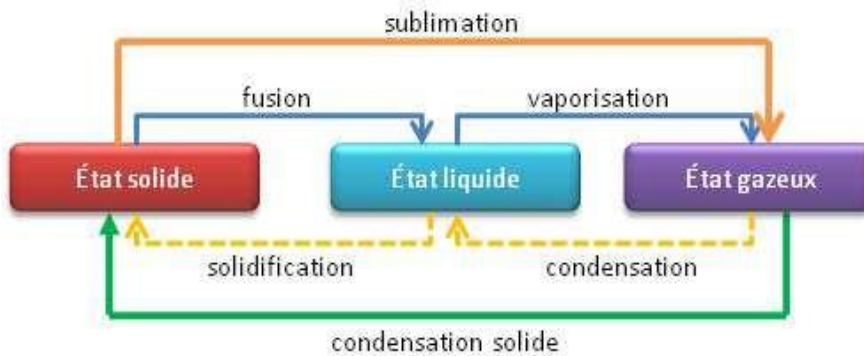
La pression absolue se mesure à partir du vide absolu. C'est celle qui est utilisée dans le diagramme enthalpique.

$$P_{\text{absolue}} = P_{\text{relative}} + 1,013 \text{ bar}$$



Exemple : Le manomètre indique 2 bar ; cette pression relative correspond à 3,013 bar absolus (dans la pratique, on arrondit à 3 bars).

CHANGEMENT D'ETAT D'UN CORPS PUR

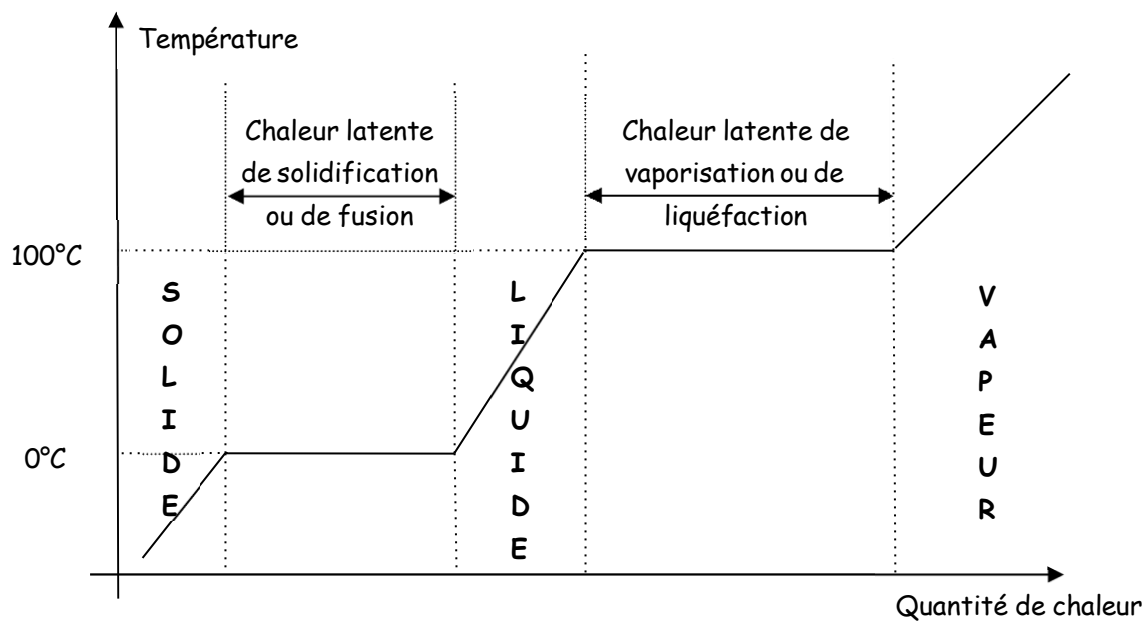


La chaleur **sensible** modifie la température mesurable.

La chaleur **latente** implique un changement d'état sans variation de la température.

Exemple de l'eau sous pression atmosphérique :

- 1 kg d'eau à 0°C en glace à 0°C, il faut 335 kJ : chaleur latente de solidification.
- 1kg d'eau de 0 à 100 °C, il faut 418 kJ de chaleur sensible.
- 1 kg d'eau à 100°C en 1 kg de vapeur à 100°C, il faut 2248 kJ de chaleur latente de vaporisation.

Exercice :

Une machine à glace fournit en 6 heures 50 kg de glace à - 5 °C avec de l'eau à 293 K.

Connaissant $C_{\text{eau}} = 4,185 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$, $C_{\text{glace}} = 2,092 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$, $L_{\text{eau/glace}} = - 335 \text{ kJ/Kg}$

Quelle est la puissance frigorifique nécessaire ?

La machine précédente a finalement une puissance de 1,5 kW, combien de temps faut-il pour la même production ?

RELATION PRESSION - TEMPERATURE DE CHANGEMENT D'ETAT

La température de changement d'état est fonction de la pression.

On trouvera des tables indiquant l'évolution de la température d'ébullition en fonction de la pression.

On peut déduire de ces tables qu'on peut condenser un fluide à une température supérieure à la température d'évaporation en faisant varier les pressions. Dans ce cas, la pression de condensation sera supérieure à la pression d'évaporation.

Par exemple pour l'eau :

Pression	0,02 bar	0,2 bar	1,013 bars	3 bars	100 bars
Température	20°C	60 °C	100°C	133°C	310°c

Les **fluides frigorigènes** ont la particularité d'avoir sous la pression atmosphérique une température d'ébullition très faible. Cette propriété est utilisée pour maintenir l'évaporateur à une température inférieure à celui du milieu à refroidir.

Exemples de températures d'ébullition de fluides frigorigènes sous pression atmosphérique :

Si l'on verse du R134a dans un récipient, il entre immédiatement en ébullition. Si on mesure sa température, on constate : -26,4°C. C'est le point d'ébullition du R134a sous pression atmosphérique.

La même expérience donne -47,1°C avec du R507 et -33,3°C avec du R717 (NH3).

Sur un manomètre de circuit frigorifique, la relation pression-température est affichée directement sur le cadran pour le type de fluide frigorigène utilisé.



CREATION D'UNE MACHINE FRIGORIFIQUE

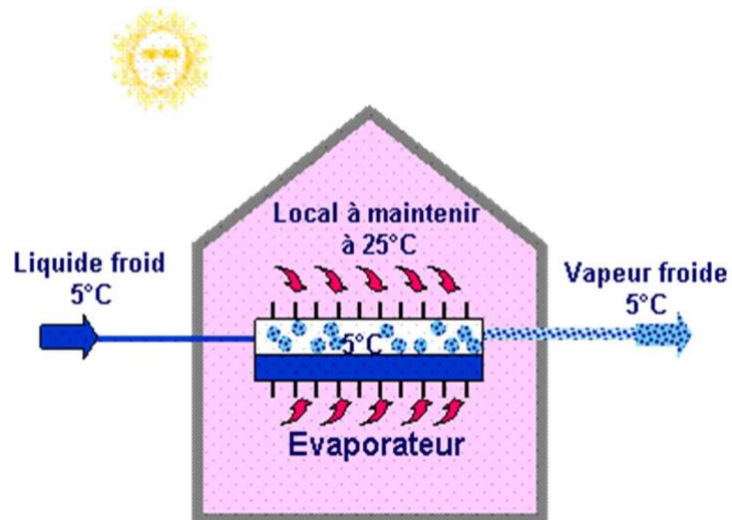
La machine frigorifique comporte 4 composants principaux dans lesquels le fluide frigorigène passe successivement.

Composant 1 : L'évaporateur (c'est la partie froide de la machine).

Ce composant permet de refroidir le local en y prélevant de la chaleur. Le fluide frigorigène s'y évapore. On l'appelle donc évaporateur.

Notons que sur le schéma, la température du fluide frigorigène est la même en entrée et en sortie de l'évaporateur. Comme l'eau dont l'ébullition s'effectue dans la cuisine à la température constante de 100°C , le fluide frigorigène s'évapore sans changer de température.

En réalité, on verra qu'en pratique, on veille à ce que le frigorigène sorte légèrement « surchauffé » de l'évaporateur, mais ce n'est pas pour le moment le sujet.



La puissance prélevée dans le local sera appelée **puissance frigorifique** ou **puissance de l'évaporateur**.

A ce stade, le refroidissement du local étant effectué, il reste à évacuer l'énergie prélevée. Cette énergie est maintenant contenue dans le fluide frigorigène.

Composant 2 : Le compresseur

Il faut trouver un moyen d'évacuer l'énergie contenue dans les vapeurs froides qui sortent de l'évaporateur. On souhaite la rejeter dans un milieu extérieur tel que la rue. Or, celle-ci généralement se trouve à une température beaucoup plus élevée que celle de la vapeur à refroidir... Ce n'est donc pas évident.

Une astuce va consister à comprimer le gaz jusqu'à ce que sa température devienne plus élevée que celle du milieu extérieur.

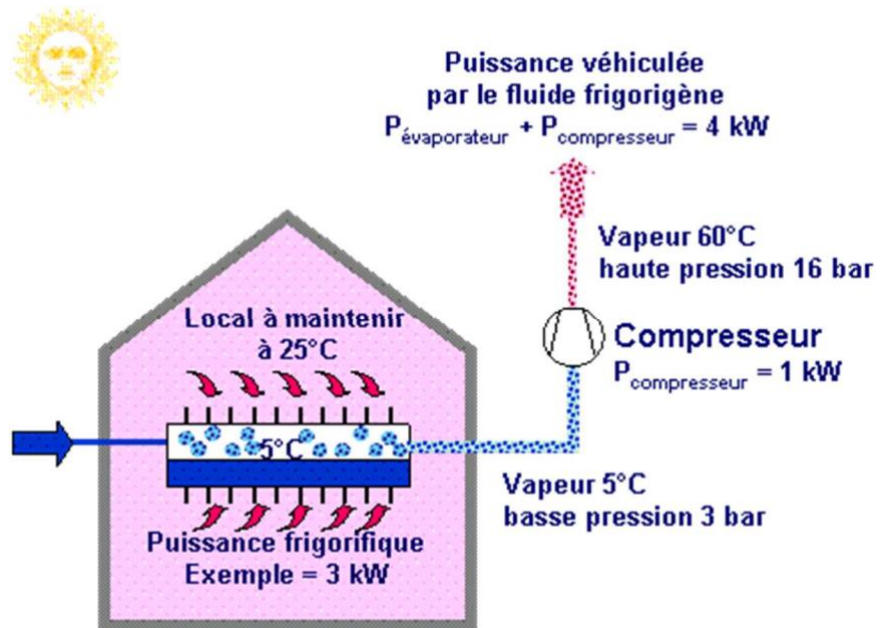
Nous avons tous un jour gonflé le pneu d'une bicyclette et noté que la compression de l'air s'accompagnait d'une montée en température. C'est ce phénomène que l'on utilise.

Cette compression nécessitera un apport supplémentaire d'énergie. L'énergie nécessaire sera de l'ordre du tiers de celle prélevée. Si la puissance de l'évaporateur est de 3 kW, il faudra consommer environ 1 kW pour effectuer la compression.

Pour 3 kW prélevés dans le local à refroidir (puissance frigorifique),

une compression correspondant à un apport énergétique de 1 kW sera nécessaire.

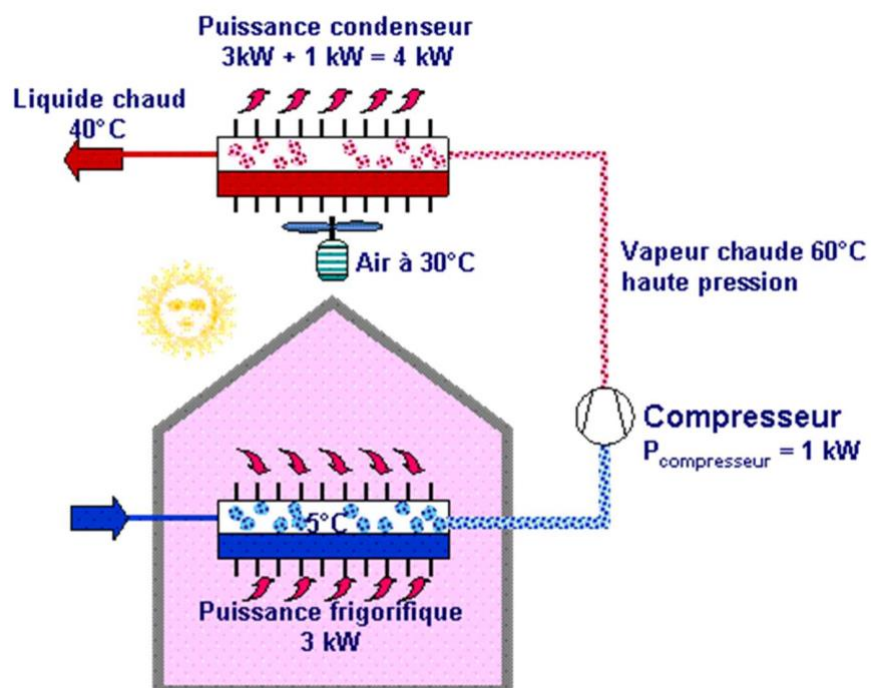
On dira alors que **le coefficient de performance** (ou d'effet) **frigorifique** est de 3, rapport entre la puissance de l'évaporateur et celle du compresseur.



En sortie du compresseur, la vapeur est à haute pression. Elle contient la puissance prélevée à l'évaporateur, augmentée de celle apportée par la compression, soit 4 kW pour notre exemple.

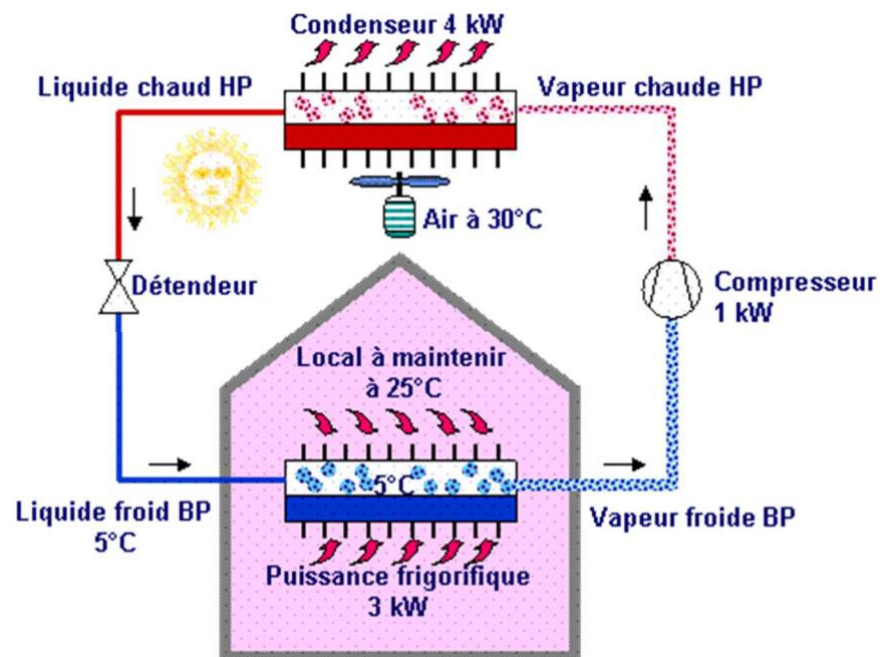
Composant 3 : Le condenseur (c'est la partie chaude de la machine frigorifique)

Ce composant permet d'évacuer l'énergie contenue dans le fluide frigorigène. Le fluide s'y condensera en restituant l'énergie qu'il véhicule.



Composant 4 : Le détendeur

Il reste à trouver le moyen de renvoyer le fluide frigorigène dans l'évaporateur pour qu'il permette à nouveau de refroidir le local. Il faut pour cela qu'il soit froid. Or, en sortie du condenseur, le fluide frigorigène est un liquide chaud. Pour le faire chuter en température, on effectue l'inverse d'une compression : une détente.



Le phénomène est moins connu que celui de la compression, mais nous l'avons tous rencontré. Lorsque nous utilisons un spray désodorisant. Ceci est dû à la chute de pression du déodorant qui se retrouve brusquement à la pression atmosphérique de la salle de bain.

Dans le circuit frigorifique, la chute de pression nécessaire au refroidissement du fluide frigorigène est obtenue par la création d'une forte perte de charge dans le détendeur. Il s'agit en général d'une sorte de robinet de petite taille.

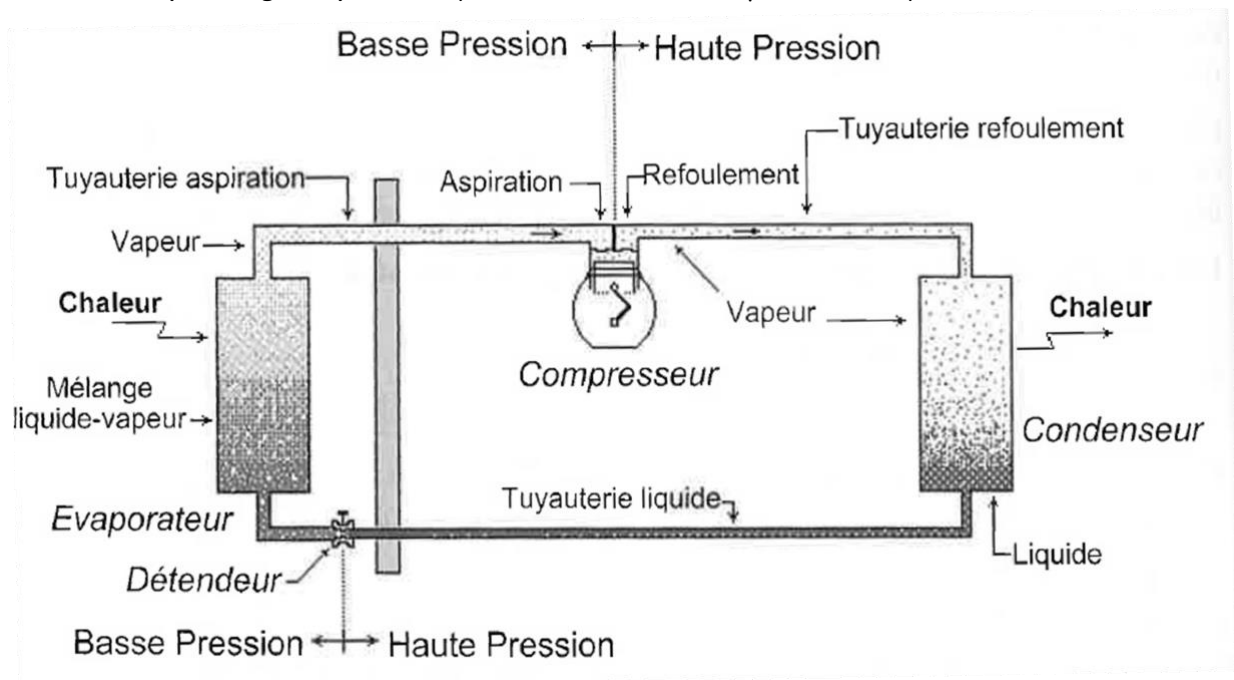
Le cheminement complet du fluide frigorigène s'appelle **le cycle frigorifique**.

LE CYCLE FRIGORIFIQUE

Nous avons maintenant obtenu le cycle frigorifique complet, comprenant :

- **L'évaporateur** : échangeur thermique qui absorbe la chaleur dans le milieu à refroidir.
- **Le compresseur** : chargé de la circulation du FF et de sa montée en pression et en température.
- **Le condenseur** : échangeur thermique qui évacue la chaleur prise par l'évaporateur.
- **Le détendeur** : qui permet d'ajuster le débit de FF. Son petit orifice entraîne la chute de pression (PdC) qui provoque l'abaissement de la température.

Schéma du cycle frigorifique : (indiquer en couleur l'état vapeur et/ou liquide du fluide)



Remarque : Nous aurions pu imaginer un cycle frigorifique en utilisant de l'eau mais dans ce cas 2 problèmes apparaissent :

- Pour des températures négatives : impossibilité car l'eau se transforme en glace.
- Pour des températures positives : par exemple la pression de condensation ou d'évaporation est de 0,012 bar pour 10°C ce qui est très difficilement maîtrisable.
- On utilise donc des FF plus adaptés aux températures traitées.

Par exemple pour le R134a :

à +20°C p =

à -10°C p =

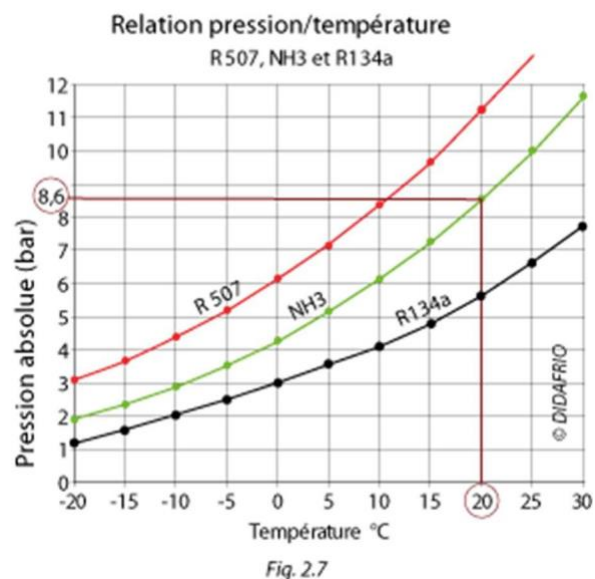


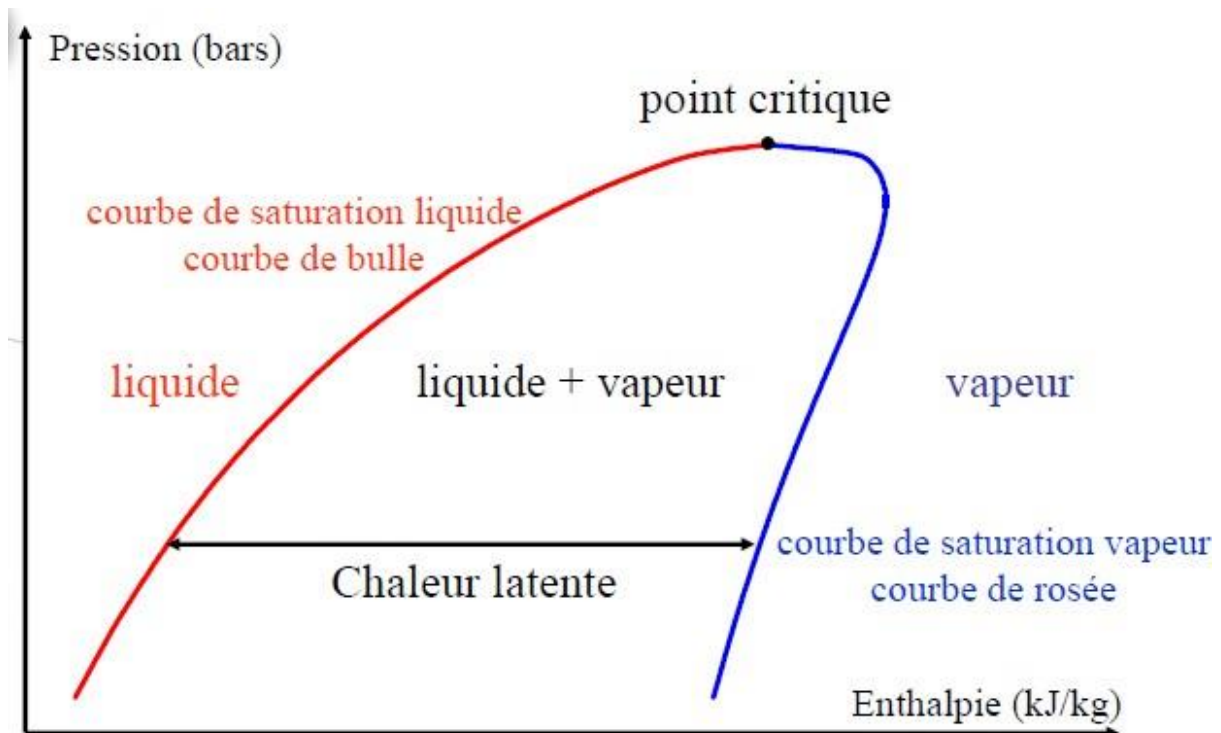
DIAGRAMME PRESSION / ENTHALPIE

LE DIAGRAMME

Le diagramme enthalpique permet de suivre l'évolution de la pression, de la température, de l'enthalpie, de l'entropie, du volume massique, du mélange liquide-vapeur d'un fluide frigorigène dans un système frigorifique.

Il existe un diagramme enthalpique pour chaque fluide frigorigène.

Sur le diagramme enthalpique, on peut suivre les différents changements d'état du fluide.



Compléter avec une isobare, une isenthalpe (L'isochore, l'isentrope, l'isotitre et l'isotherme seront traitées dans les vues suivantes).

Le diagramme est délimité en abscisse par l'échelle des enthalpies et en ordonnée par l'échelle des pressions.



La pression est présentée sur une échelle logarithmique

Les courbes de saturation se rejoignent au point critique et divisent le diagramme en trois parties :

- zone de liquide sous-refroidi
- zone de mélange liquide +vapeur
- zone de vapeur surchauffée

Ces trois zones correspondent aux différents états du fluide frigorigène dans un système frigorifique.

Au-dessus, du point critique un changement d'état n'est plus possible.

EVOLUTION DES DIFFERENTS PARAMETRES :

La pression :

L'échelle des pressions évolue parallèlement à l'axe des enthalpies. Une transformation qui s'effectue à pression constante est une transformation ISOBARE.

Symbole de la pression : P

Unité de la pression : bar

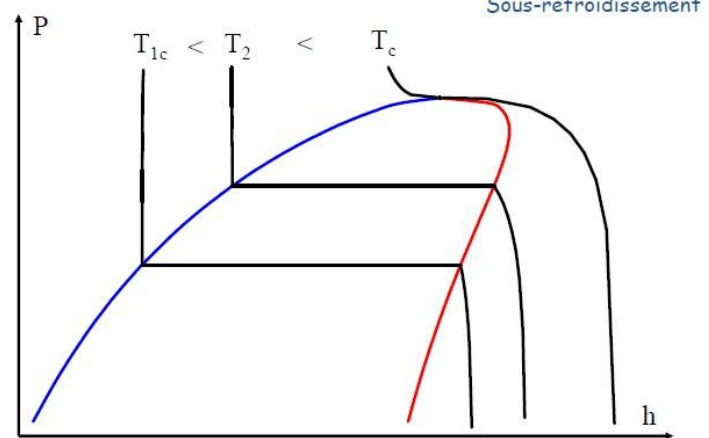
La température :

Dans la zone de mélange liquide + vapeur, la température et la pression sont liées (relation Pression / Température). Dans les autres zones la température et la pression ne sont pas liées. Une transformation qui s'effectue à température constante est une transformation ISOTHERME.

Symbole de la température : θ

Unité de température : $^{\circ}\text{C}$

 Courbes isothermes

**Le volume massique :**

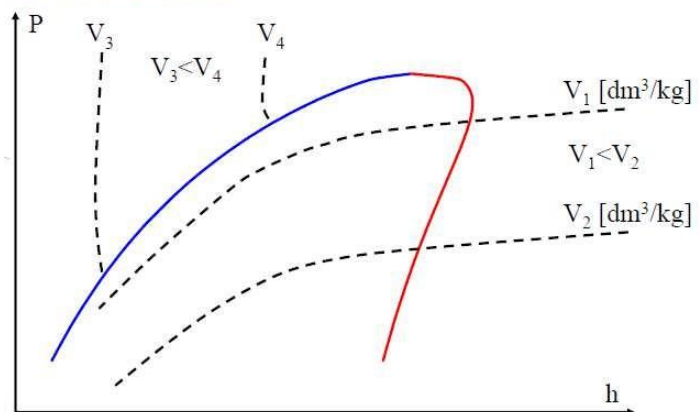
Le volume massique représente le volume occupé par 1 kilogramme de fluide frigorigène. Une transformation qui s'effectue à volume massique constant est une transformation ISOCHORE.

Symbole du volume massique : v

Unité du volume massique : m^3 / kg

Les isochores permettent de calculer le débit masse du fluide dans le compresseur ainsi que la vitesse de circulation de la vapeur dans les tuyauteries d'aspiration et de refoulement.

 Courbes isochores



L'enthalpie :

L'échelle des enthalpies évolue parallèlement à l'axe des pressions. L'enthalpie représente l'énergie totale emmagasinée par 1 kg de fluide frigorigène pour une pression et une température donnée. Une transformation qui s'effectue à enthalpie constante est une transformation ISENTHALPE.

Symbole de l'enthalpie : h

Unité de l'enthalpie : kJ / kg

L'entropie :

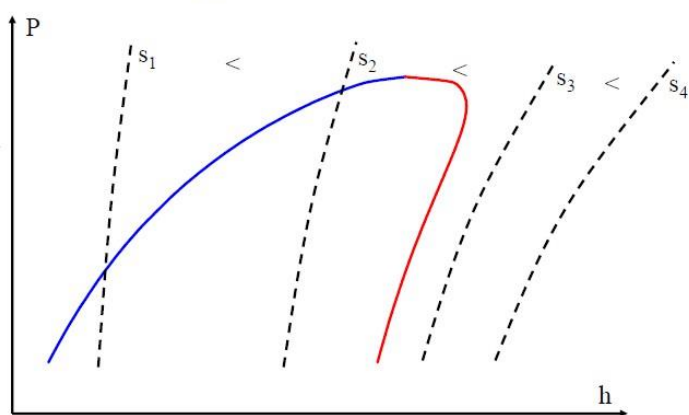
L'entropie représente l'énergie interne emmagasinée par 1 kg de fluide frigorigène et par Kelvin. Une transformation qui s'effectue à entropie constante est une transformation ISENTROPE.

Symbole de l'entropie : s

Unité de l'entropie : $\text{kJ} / \text{kg.K}$

Les isentropes sont utilisées comme courbe de référence pour la compression.

 Courbes isentropiques

**Le titre :**

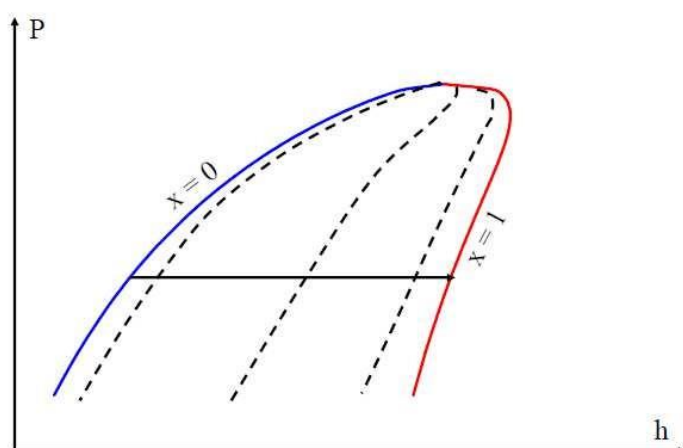
Le titre représente le pourcentage de vapeur par rapport au liquide. Si le titre reste constant, on parle d'ISOTITRE.

Symbole du titre : x

Unité : %

$$x = \frac{\text{masse vapeur}}{\text{masse vapeur} + \text{masse liquide}}$$

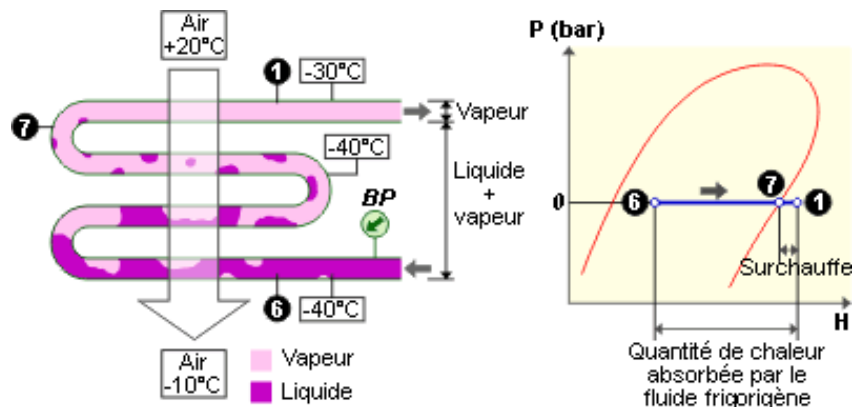
 Courbes isotitres en vapeur



ÉVOLUTION DU FLUIDE DANS LES DIFFÉRENTS ORGANES DU CIRCUIT FRIGORIFIQUE

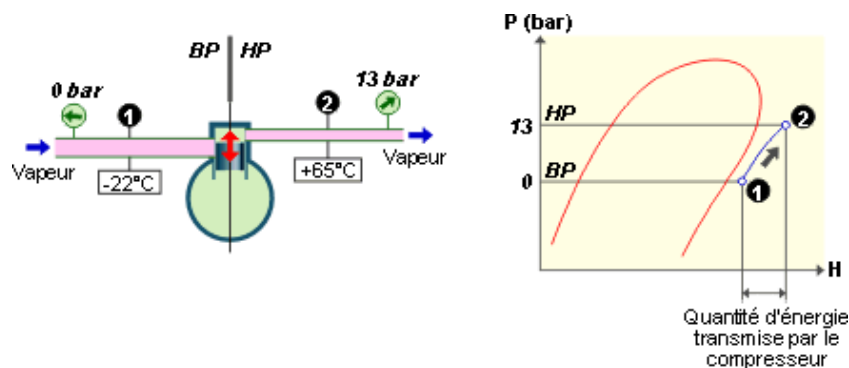
Dans l'évaporateur :

Le fluide frigorigène liquide entre en ébullition et s'évapore en absorbant la chaleur du fluide extérieur. Dans un deuxième temps, le gaz formé est encore légèrement réchauffé par le fluide extérieur, c'est ce qu'on appelle la phase de surchauffe (entre 7 et 1).



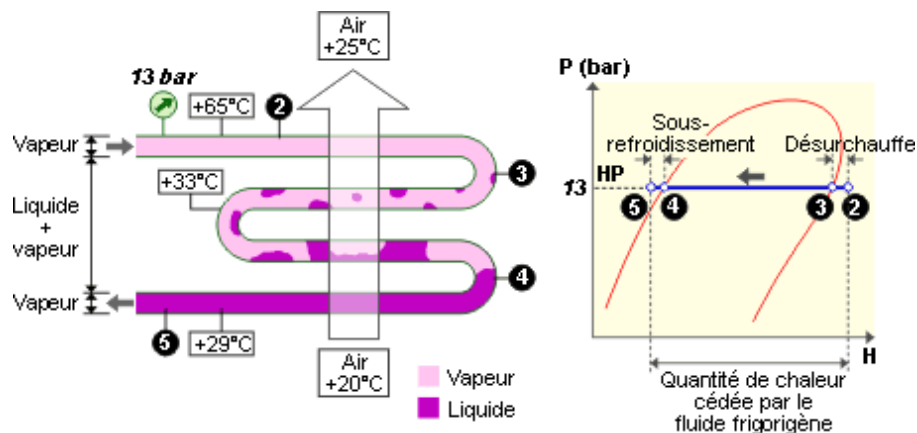
Dans le compresseur :

Le compresseur va tout d'abord aspirer le gaz frigorigène à basse pression et à basse température (1). L'énergie mécanique apportée par le compresseur va permettre d'augmenter la pression ce qui fera augmenter la température du gaz frigorigène. Une augmentation d'enthalpie en résultera. Cette quantité d'énergie se nomme W_{th} .

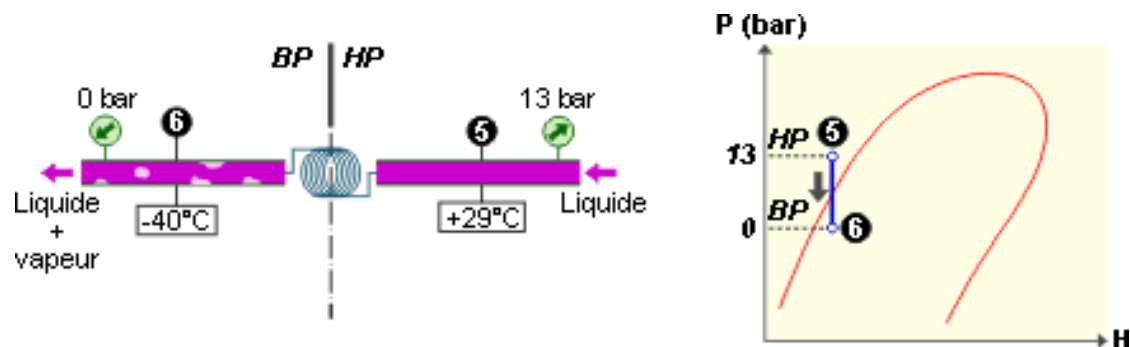


Dans le condenseur :

Le gaz chaud provenant du compresseur va céder sa chaleur au fluide extérieur. Les vapeurs de fluide frigorigène se refroidissent (« désurchauffe »), avant l'apparition de la première goutte de liquide (point 3). Puis la condensation s'effectue jusqu'à la disparition de la dernière bulle de vapeur (point 4). Le fluide liquide peut alors se refroidir de quelques degrés (sous-refroidissement) avant de quitter le condenseur.

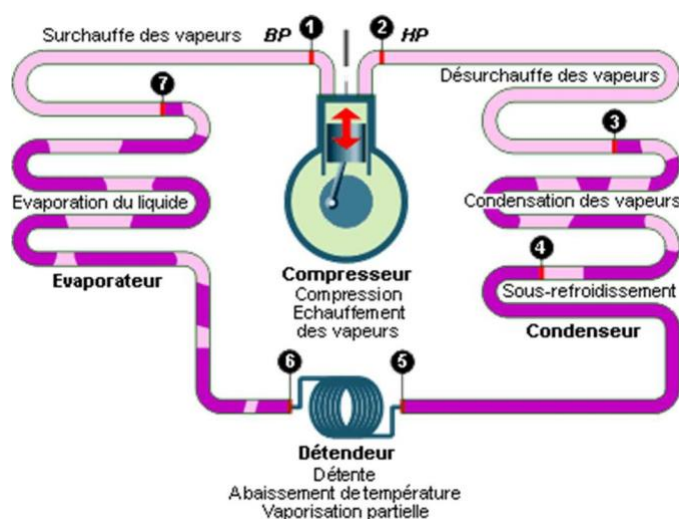
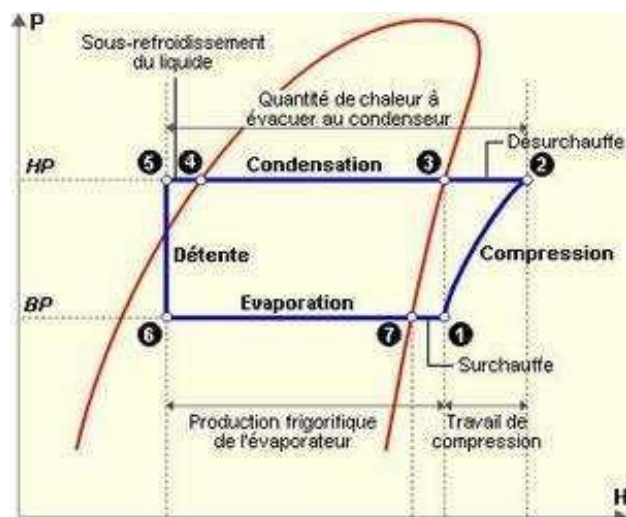
**Dans le détendeur :**

La différence de pression entre le condenseur et l'évaporateur nécessite d'insérer un dispositif « abaisseur de pression » dans le circuit. C'est le rôle du détendeur. Le fluide frigorigène se vaporise partiellement dans le détendeur. La chute de pression entraîne un abaissement de la température.



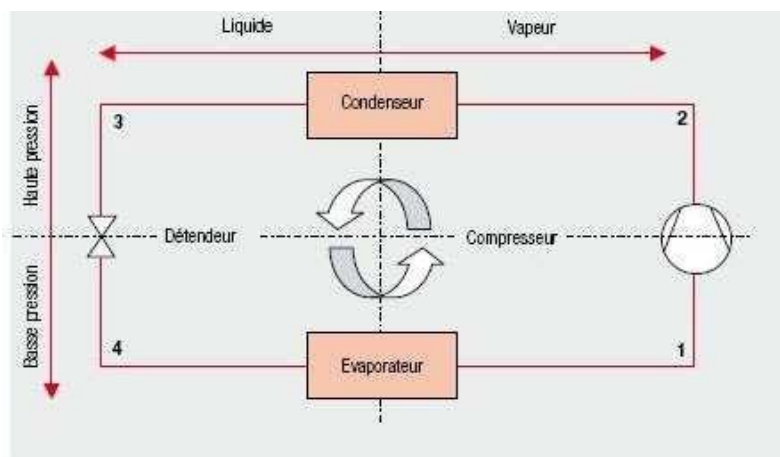
FONCTIONNEMENT COMPLET :

Le cycle est fermé, le fluide frigorigène évolue sous l'action du compresseur dans les quatre éléments constituant la machine frigorifique.

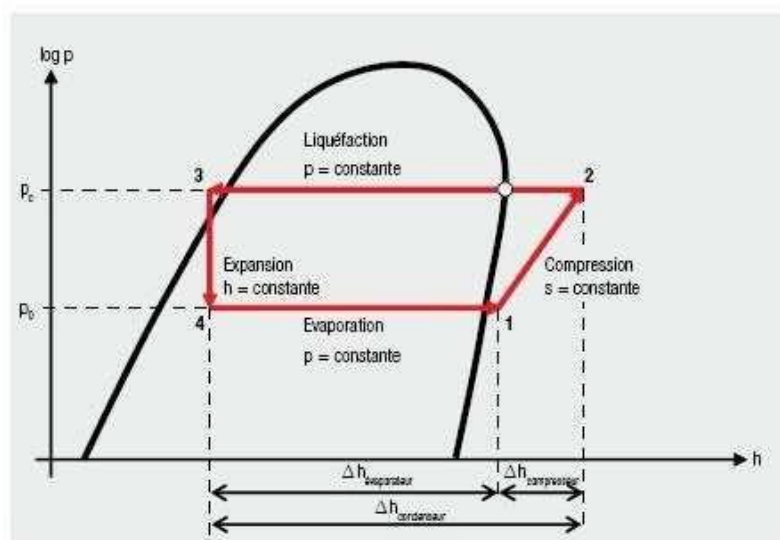


L'ensemble du cycle peut être représenté dans le diagramme enthalpie-pression. Sous la courbe en cloche se situent les états de mélange liquide-vapeur ; à gauche de la cloche, le fluide est à l'état liquide (il se « sous-refroidi »), à droite, le fluide est à l'état vapeur (il « surchauffe »).

REPRESENTATION DU CIRCUIT FRIGORIFIQUE COMPLET SUR LE DIAGRAMME



Principe du procédé de compression de vapeur froide

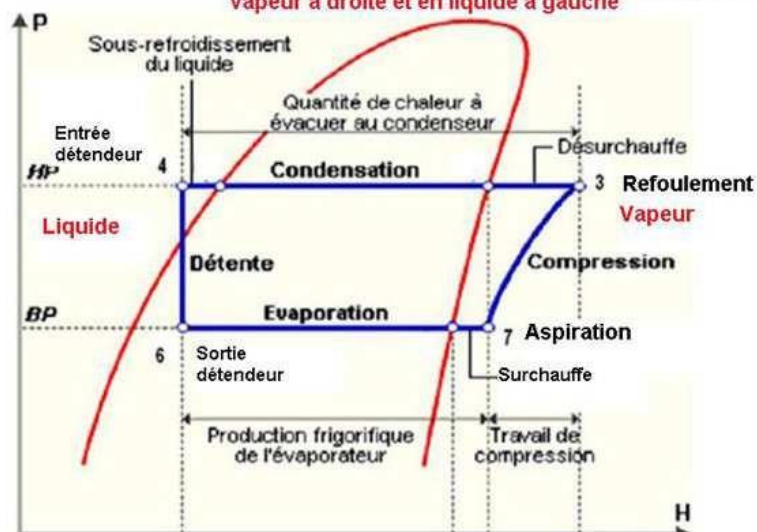


Le processus sans perte dans le diagramme $\log p, h$

Diagramme enthalpique du cycle frigorifique : diagramme de Mollier

Sous la courbe « en cloche » se situe le mélange liquide-vapeur. A gauche de la cloche, le fluide est à l'état *liquide* (il se "sous-refroidit"). A droite, le fluide est à l'état *vapeur* (il "surchauffe").

Courbe de saturation, changement d'état du fluide en vapeur à droite et en liquide à gauche



ANNEXE

MODES DE CONSERVATION	Procédés	Avantages	Inconvénients
PROCÉDES DE STÉRILISATION : PAR L'ACTION DE LA CHALEUR OU PAR ONDES			
Pasteurisation	Chauffage jusqu'à 72°C	Allonge la durée de conservation en détruisant la plupart des microbes	Usage limité du procédé à certains aliments
Stérilisation	Chauffage à 120°C pendant quelques minutes	Détruit les microbes et permet la conservation à température ambiante pendant plusieurs mois, selon l'emballage	Cuisson excessive de l'aliment pouvant modifier son goût et donc usage limité ; destruction de vitamines
UHT (Ultra Haute Température)	Chauffage à 140°C pendant quelques secondes	Détruit les microbes et permet la conservation à température ambiante pendant plusieurs semaines	Usage limité à certains aliments ; le goût modifié, les vitamines sont en partie détruites
Ionisation	Passage de l'aliment dans un rayonnement ionisant	Détruit les microbes	Peut accélérer certaines réactions chimiques (oxydation)
PROCÉDES DE STABILISATION			
REDUCTION DU LIQUIDE			
Séchage déshydratation	Réduction de l'eau par évaporation	Ces procédés modifient le goût. Les aliments ainsi transformés sont appréciés dans cet état	Adapté à certains aliments
Salage, saumure	En milieu hypersalé, la pression osmotique change et entraîne des pertes en eau		
Lyophilisation	Déshydratation sous vide de l'aliment préalablement surgelé	Facilités de conservation à température ambiante	Cout de transformation élevé. Goût transformé
MODIFICATION DU MILIEU			
Acidification	Suit un traitement de salage, le vinaigre remplace l'eau et inhibe les évolutions	La faible teneur en eau empêche le développement de la plupart des microbes	Modifie le goût et l'aspect, sale ou sucre l'aliment au-delà de son goût naturel
Confire dans la graisse	Réduction de l'eau libre (en général par salage), et remplacement par de la graisse qui inhibe les évolutions		
Confire dans le sucre	Réduction de l'eau libre et création d'un milieu très sucré	Conservation à température ambiante	
ACTION DU FROID QUI RALENTIT LES ÉVOLUTIONS			
Réfrigération	Refroidissement de l'aliment et son maintien entre 0°C et 8°C selon les produits, des plages de 0/4°C ou de 0/2°C (glace fondante) sont nécessaires	Conserve texture des aliments ; bloque la prolifération de la plupart des microbes	Certains microbes peuvent se développer La dégradation chimique n'est pas stoppée, elle est seulement ralentie
Atmosphère contrôlée	Ajout de gaz neutres dans l'emballage d'un produit réfrigéré (voir ci-dessus)	Améliore la réfrigération en empêchant les évolutions chimiques	
Sous vide	Forte réduction de l'oxygène de l'air : procédé lié à l'emballage, en général associé à la réfrigération	Empêche le développement de la plupart des microbes et l'oxydation des denrées	Les microbes anaérobies qui peuvent être nuisibles peuvent continuer de se développer
Congélation	Refroidissement de l'aliment à -18°C et maintien à cette température	Bloque la prolifération des microbes	Peut modifier la structure des aliments. Comme pour la surgélation
Surgélation	Refroidissement très rapide de l'aliment dans sa fraîcheur optimale à -18°C ou moins et maintien à cette température	Bloque la prolifération des microbes Préserve la valeur nutritive et le goût des aliments pour un temps assez long	Nécessité de maintien à la température de -18°C Modification de l'aspect avant décongélation et du mode de cuisson