

# Formation de Technicien de Maintenance en Equipements Thermiques

Tome 10

- Principe Frigorifique
- Eléments d'un Circuit Frigorifique
- Diagramme Enthalpique
- Surchauffe et Sous-Refroidissement
- Les Fluides à Glissement
- Mesure d'un COP
- Diagnostic des Pannes Courantes



Sept. 2010 - Sept. 2011

Arnaud. W

# PRINCIPE FRIGORIFIQUE

## Evaporation et Condensation

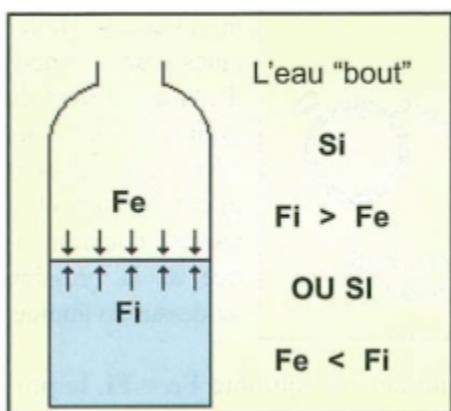
Tous les fluides peuvent s'évaporer (état liquide → état vapeur) ou se condenser (état vapeur → état liquide).

Tout le monde connaît la température de vaporisation de l'eau (100°C).

Par contre, beaucoup de gens oublient que cette température de 100°C n'est valable qu'à la pression atmosphérique de 1013 mbar (au niveau de la mer).

Si on cherche à faire bouillir de l'eau en haut du Mont Blanc (lieu où la pression atmosphérique est plus faible), la température de vaporisation sera alors plus proche de 80°C que de 100°C.

Cela veut dire qu'il y a une **relation** entre la température de vaporisation d'un fluide et la pression à laquelle il est soumis. Explication:



La surface de l'eau est soumise à 2 forces qui s'opposent:

- une force interne  $Fi$  (*liée à la température*)
- une force externe  $Fe$  (*liée à la pression*)

Pour qu'il y ait ébullition, il faut que  $Fi$  deviennent  $>$  à  $Fe$  (ou bien que  $Fe$  deviennent  $<$  à  $Fi$ ).

En augmentant la  $T^\circ$  du fluide, on augmente  $Fi$ . En baissant la pression, on diminue  $Fe$ .

Si  $Fi$  est  $<$  à  $Fe$  alors si il y a de la vapeur, celle-ci va se condenser jusqu'à ce qu'il n'y ait plus une seule molécule de vapeur. (**condensation**)

Si  $Fi$  est  $>$  à  $Fe$ , alors l'eau va se transformer en vapeur jusqu'à la dernière molécule. (**Evaporation**)

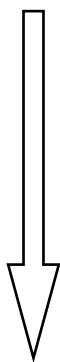
Si  $Fi = Fe$ , alors un équilibre va se créer et plus rien ne va se passer. De l'eau sous forme liquide va côtoyer de la vapeur saturée. **La pression existante va correspondre à la température du fluide. (Relation Pression-Température)**

# **PRINCIPE FRIGORIFIQUE**

Lors de l'évaporation ou de la condensation d'un fluide, il y a **transfert d'énergie**:

## **Principe de l'évaporation**

L'eau récupère la chaleur du brûleur . Elle se transforme en vapeur.

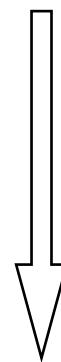


Le fluide absorbe de l'énergie (les calories) de l'extérieur pour s'évaporer.

**L'évaporation crée donc du froid.**

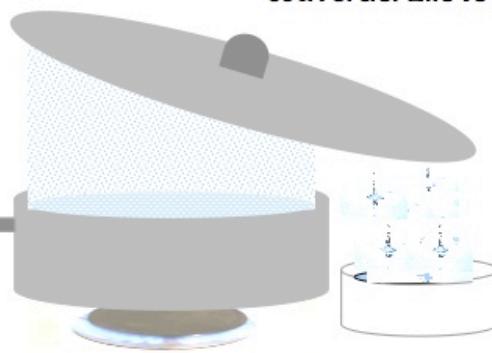
## **Principe du condenseur**

La vapeur d'eau se refroidit sur le couvercle. Elle se transforme en liquide.



Le fluide restitue de l'énergie (les calories) vers l'extérieur pour se condenser.

**La condensation crée donc du chaud.**



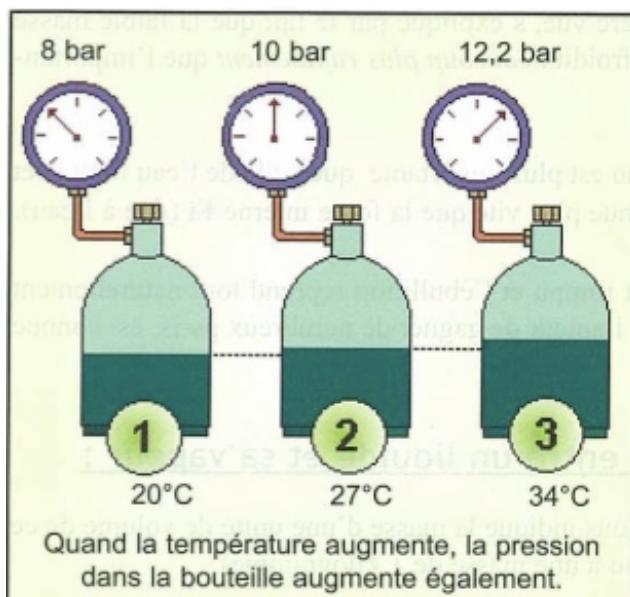
# PRINCIPE FRIGORIFIQUE

## Relation “Pression-Température”

Les fluides frigorigènes sont stockés dans des bouteilles. Ces fluides ont la particularité d'avoir des températures d'évaporation-condensation très basses (ex: autour de -40°C (en fonction de la pression bien sûr)) par rapport aux températures auxquelles nous sommes amenés à travailler (-10°C à +40°C).

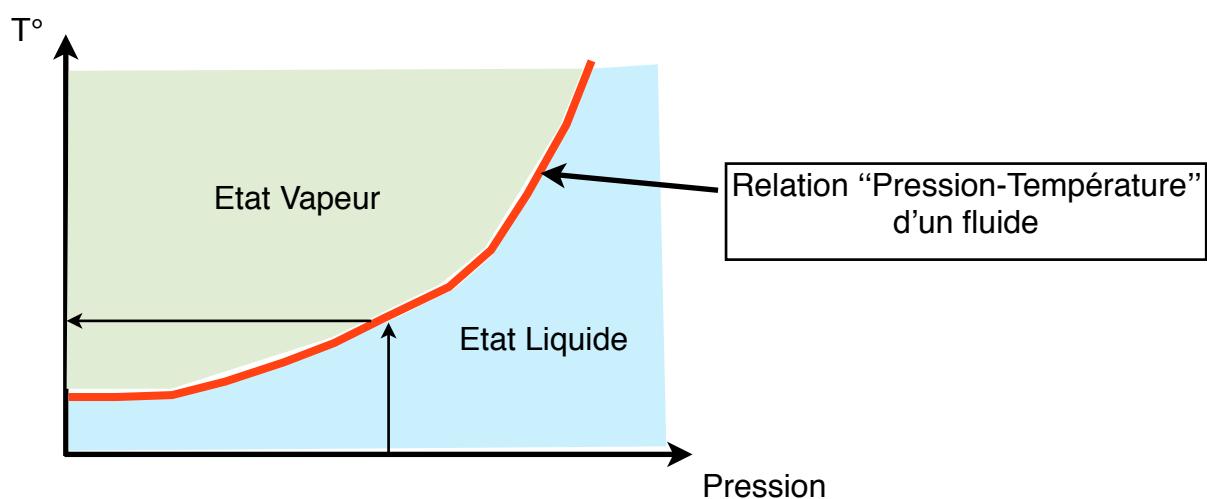
Cela veut dire que lorsqu'on stocke un tel fluide dans une bouteille, la relation “Pression-Température” va s'appliquer:

- du fluide liquide va côtoyer du fluide sous forme vapeur
- la pression qui va se créer dans la bouteille va correspondre à la T° ambiante



Soit un fluide (R22) contenu dans la bouteille ci-contre. Quand la T° ambiante augmente, il se passe 2 phénomènes:  
- le liquide se dilate (phénomène mineur)  
- la force  $F_l$  du fluide augmente ce qui se traduit par l'évaporation d'une partie du fluide. On retrouve donc plus de vapeur dans un volume sensiblement constant. Donc la pression ( $F_e$ ) augmente jusqu'à retrouver l'équilibre  $F_e = F_l$ .

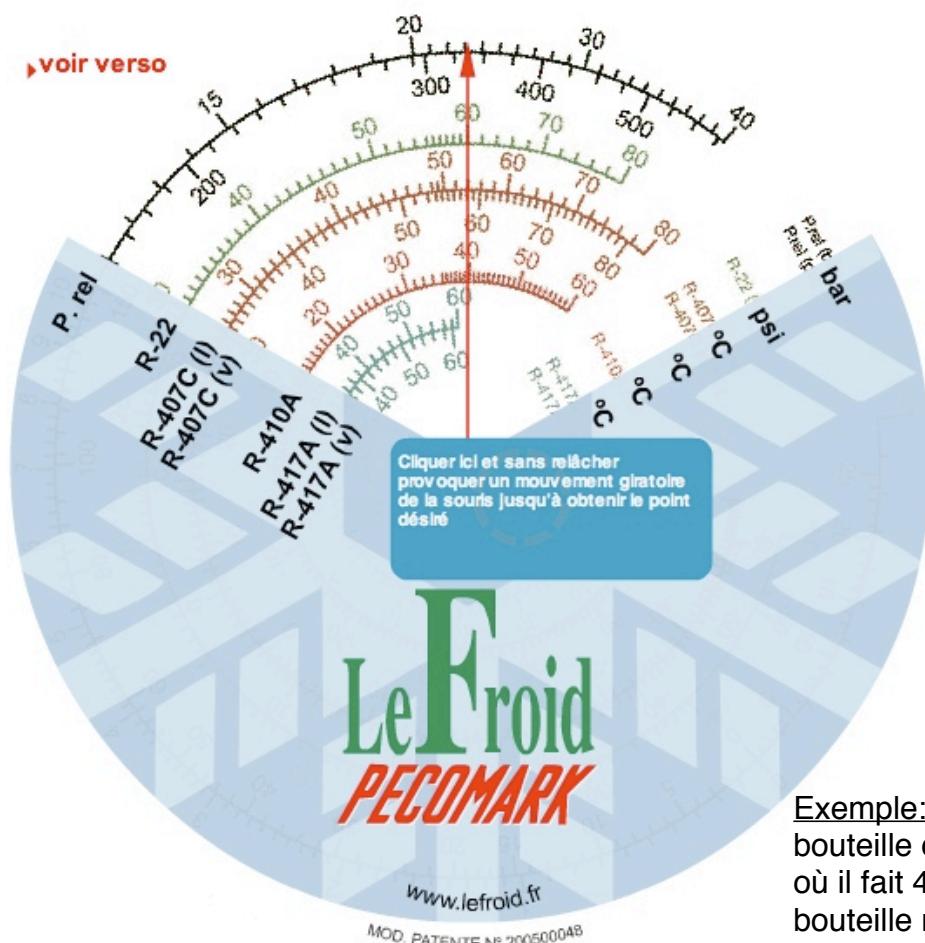
A une T° ambiante correspond donc une pression dans la bouteille.



# PRINCIPE FRIGORIFIQUE

Chaque fluide possède sa propre relation “Pression-Température”.

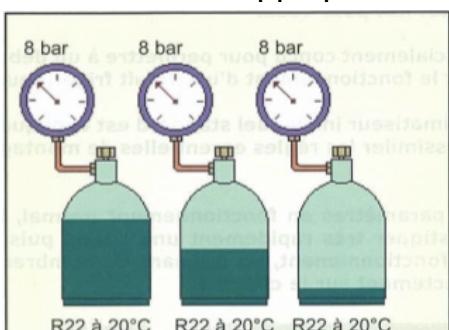
Des logiciels ou bien des réglettes permettent d’obtenir facilement cette relation pour un grand nombre de fluides. Exemple:



Exemple: Si on stocke une bouteille de R-410A dans un local où il fait 40°C, la pression dans la bouteille montera à 23 bar (relatif).

## Conclusion:

- Un mélange de vapeurs (appelées saturée ou saturantes) avec le liquide **qui leur a donné naissance** obéit à une relation très précise qu’on appelle “relation Pression-Température”.
- Il suffit qu’une seule molécule de liquide soit en contact avec la vapeur pour que cette relation s’applique:



La force interne du liquide dépend uniquement de sa nature (R22, R134A, R407C, R410A, etc.) et de sa température. Elle est complètement indépendante du niveau du liquide.

# PRINCIPE FRIGORIFIQUE

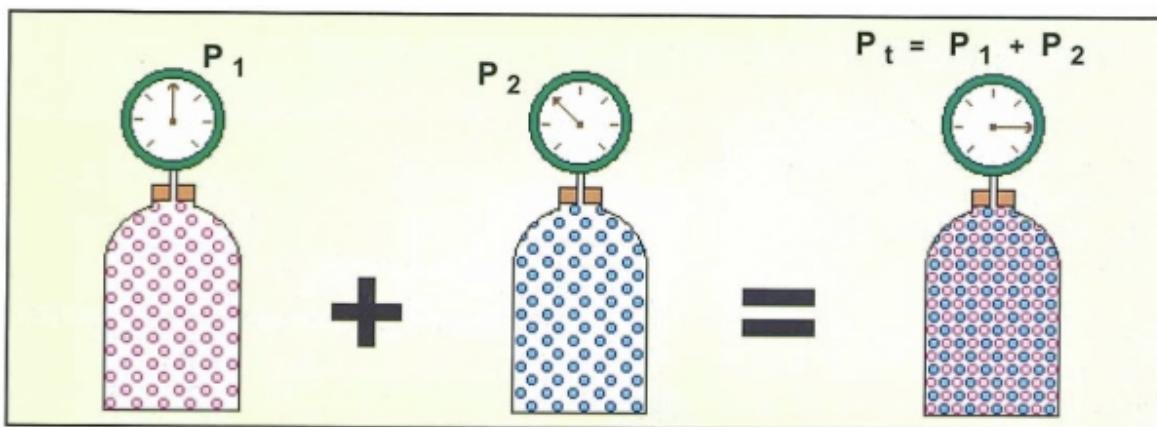
## Remarque:

Voilà pourquoi si on met de l'eau dans une bonbonne et que l'on mesure la pression existante, on ne peut pas en déduire sa  $T^\circ$  si on est à des  $T^\circ$  "classiques" (-10°C à +40°C). En effet, à ces  $T^\circ$ , l'eau ne s'évapore pas. L'eau liquide n'engendre donc pas de vapeur et il n'y a donc pas de relation "Pression-Température" possible.

## Influence des Incondensables

Dans un circuit frigorifique, les "incondensables" sont en fait de l'air ou de l'azote. Pour comprendre le symptôme des "incondensables", il faut connaître la **loi de Dalton**:

- *La pression totale d'un mélange de gaz est égale à la somme de leur pression partielle. (La pression partielle est la pression du gaz si il était seul dans le même volume):*



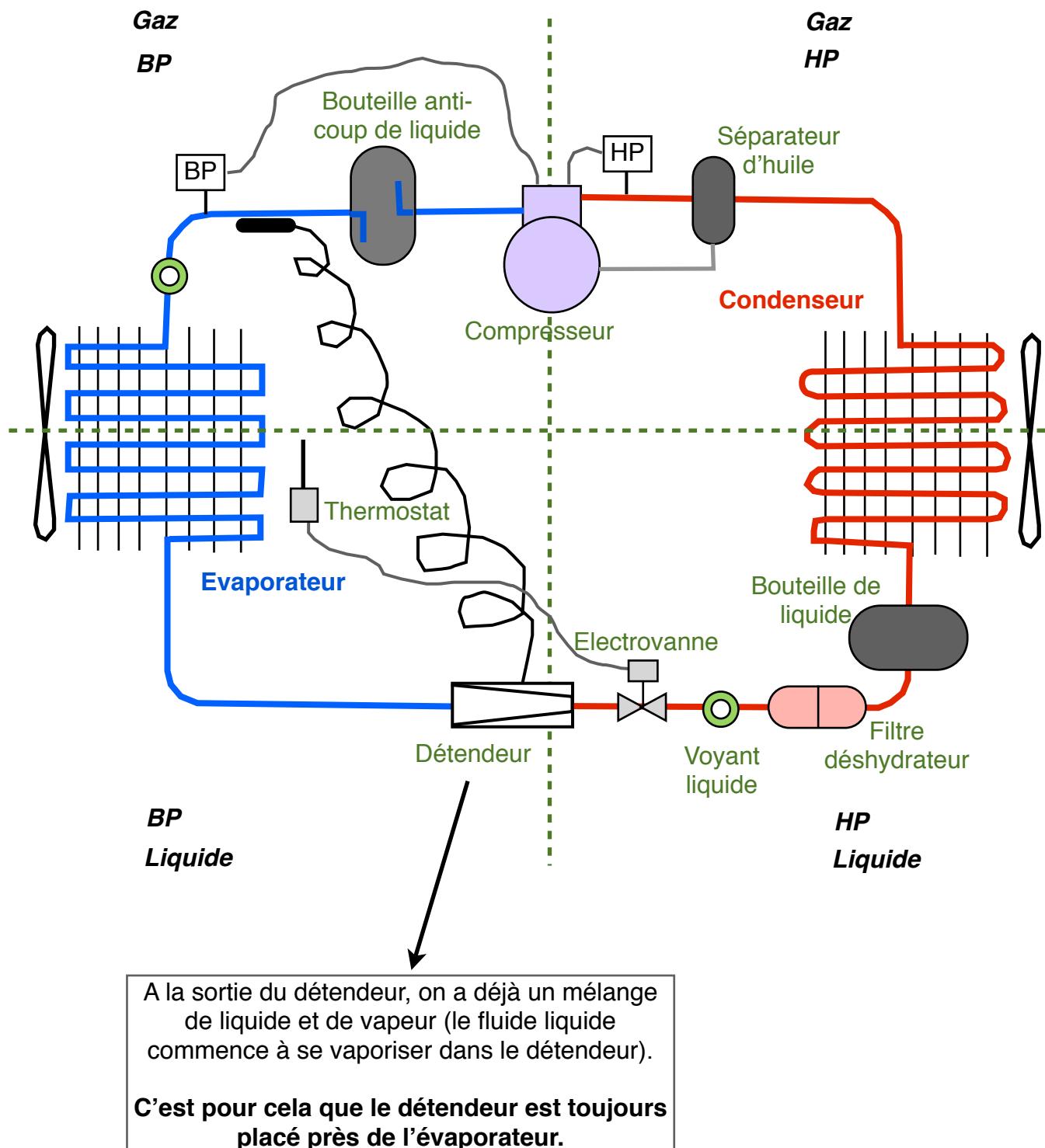
Si de l'air s'est introduit dans la bouteille, alors sa pression partielle va venir s'ajouter à celle du fluide. En conséquence, la pression totale lire au manomètre sera plus élevée qu'à la normale.

Une pression de bouteille de fluide plus élevée que la normale compte tenu de la  $T^\circ$  est obligatoirement le signe de la présence d'incondensables dans la bouteille.

Dans un circuit frigorifique, les **incondensables se stockent dans la partie HP en haut du condenseur** (forcément). C'est pourquoi une pression HP anormalement élevée est la première conséquence de la présence importante d'incondensables dans le circuit.

# PRINCIPE FRIGORIFIQUE

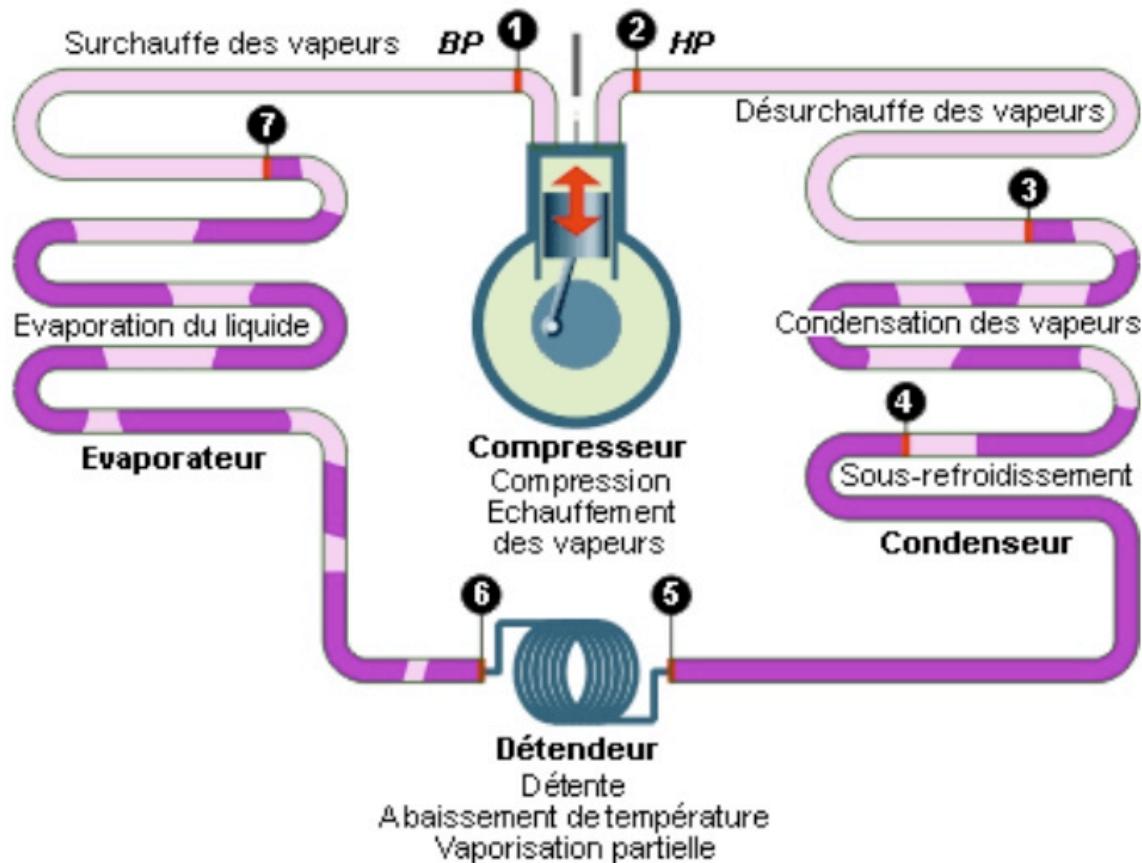
## Schéma de Base d'un Circuit Frigorifique



**Vocabulaire:** On appelle "**ligne liquide**" d'un circuit frigorifique la tuyauterie située entre la sortie du condenseur et l'entrée du détendeur. On ne doit y trouver que du liquide.

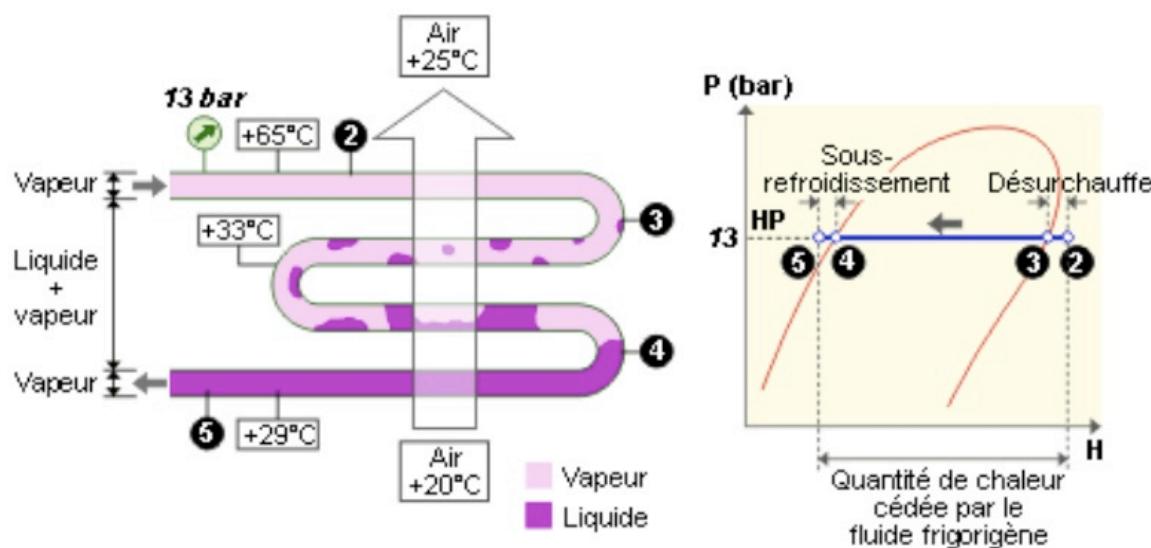
# PRINCIPE FRIGORIFIQUE

## Cycle Frigorifique



- (1 à 2): Le compresseur aspire la vapeur BP et refoule une vapeur HP.  
La compression de la vapeur provoque une forte augmentation de sa température.  
**(Quand on comprime un fluide, on le réchauffe)**

- Les vapeurs de fluide HP migrent vers le condenseur:



# PRINCIPE FRIGORIFIQUE

Le fonctionnement du condenseur est le suivant:

- (2 à 3):

La vapeur commence d'abord à se **désurchauffer**. On diminue en **chaleur sensible**.

- (3 à 4):

La première goutte de liquide se forme. La condensation de la vapeur se poursuit jusqu'à ce que la dernière molécule de vapeur se transforme en liquide. C'est le **palier de condensation**. Pendant ce palier, la chaleur sensible ne change pas. Par contre, beaucoup de **chaleur latente est expulsée** par le condenseur.

- (4 à 5):

On a 100% de liquide. Ce liquide continue son chemin vers la sortie du condenseur. Sur ce chemin, il va voir sa **chaleur sensible diminuer**. C'est le **sous-refroidissement**. Le fait d'avoir un sous-refroidissement permet d'avoir l'assurance que l'on a 100% de liquide avant d'attaquer le détendeur.

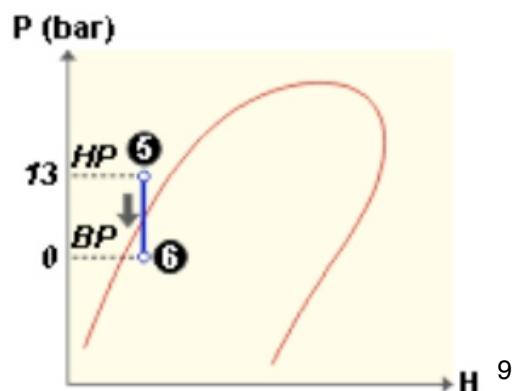
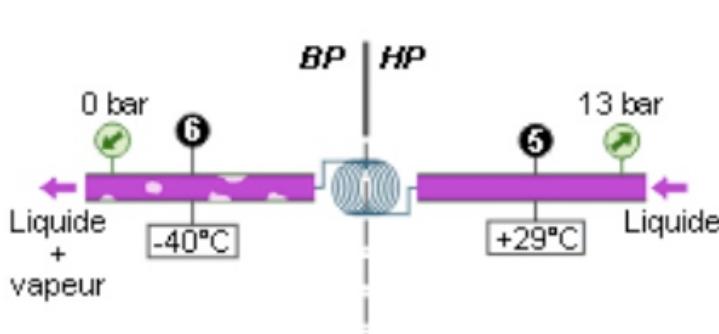
On voit donc que dans le condenseur, il y a évolution de la chaleur sensible et changement d'état (chaleur latente expulsée).

**TRES IMPORTANT:** Par contre, **la pression reste constante** pendant tout le trajet du fluide dans le condenseur.

**La mesure de cette pression au manomètre permet de connaître exactement la température à laquelle le palier de condensation se fait.**

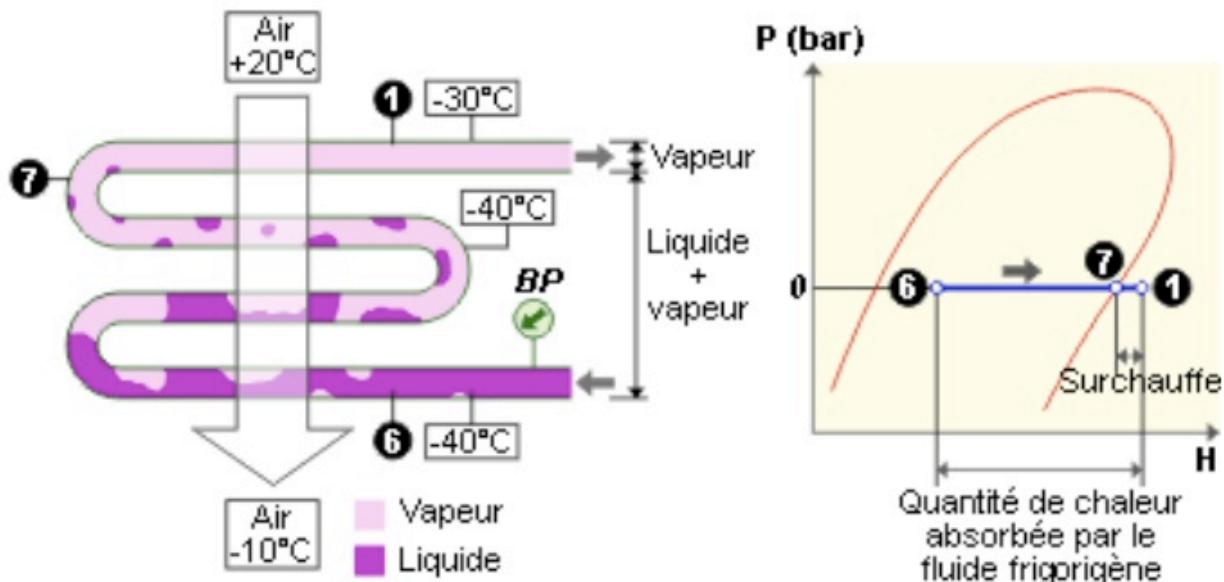
- (5 à 6): Le fluide liquide arrive au détendeur:

Un détendeur, comme son nom l'indique, provoque une détente du fluide c'est à dire une **brusque baisse de pression**. Cette détente va provoquer un début de vaporisation (*qui dit vaporisation dit captation de calories c'est à dire production de froid. On le constate en mettant la main sur la sortie du détendeur*). C'est la raison pour laquelle le détendeur est toujours placé proche de l'évaporateur dans la chambre froide.



# PRINCIPE FRIGORIFIQUE

- (6 à 1): Le mélange liquide-vapeur traverse l'évaporateur:



Le fonctionnement de l'évaporateur est le suivant:

(6 à 7):

Le liquide va s'évaporer jusqu'à la dernière molécule. C'est le **palier d'évaporation**. Pendant ce palier, la chaleur sensible ne change pas. Par contre, beaucoup de **chaleur latente est absorbée** par l'évaporateur (production de froid).

(7 à 1):

Il y a 100% de vapeur. Cette vapeur va continuer son chemin vers la sortie de l'évaporateur. Sur ce chemin, elle va voir sa **chaleur sensible augmenter**. C'est la **surchauffe**. La surchauffe est très importante. Elle permet d'avoir l'assurance que l'on a 100% de vapeur avant d'attaquer le compresseur. (*En effet, les compresseurs ne supportent pas les "coups de liquide". Cela peut les détruire.*)

On voit donc que dans l'évaporateur, il y a évolution de la chaleur sensible et changement d'état (chaleur latente absorbée).

**TRES IMPORTANT:** Par contre, **la pression reste constante** pendant tout le trajet du fluide dans l'évaporateur.

**La mesure de cette pression au manomètre permet de connaître exactement la température à laquelle le palier d'évaporation se fait.**

Puis le cycle recommence au début.

# ELEMENTS D'UN CIRCUIT FRIGORIFIQUE

## Le Comresseur

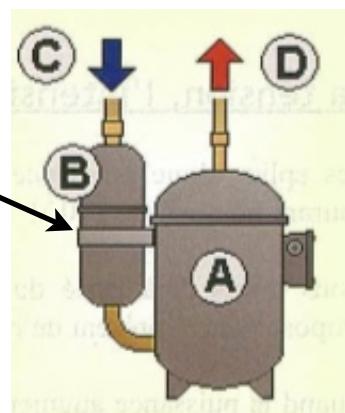
Il existe différents types de compresseurs selon leur fabrication et leur principe de fonctionnement:

**Compresseurs hermétiques:** Le moteur électrique et le bloc de compression sont enfermés dans la même enceinte. Le compresseur n'est pas démontable.

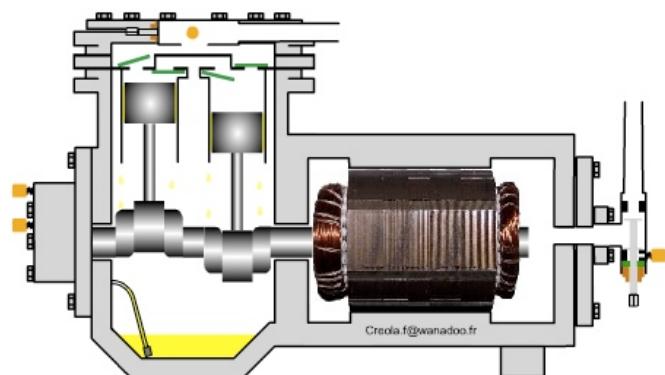


Bouteille anti-coups  
de liquide

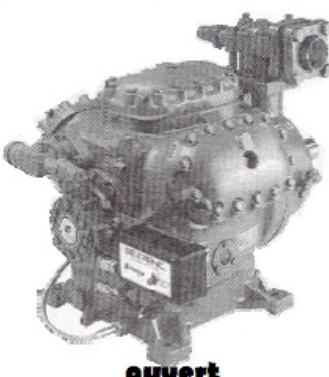
(Rien n'empêche  
d'avoir une seconde  
bouteille en amont)



**Compresseurs semi-hermétiques:** A la différence du compresseur hermétique, l'enceinte du compresseur est démontable.

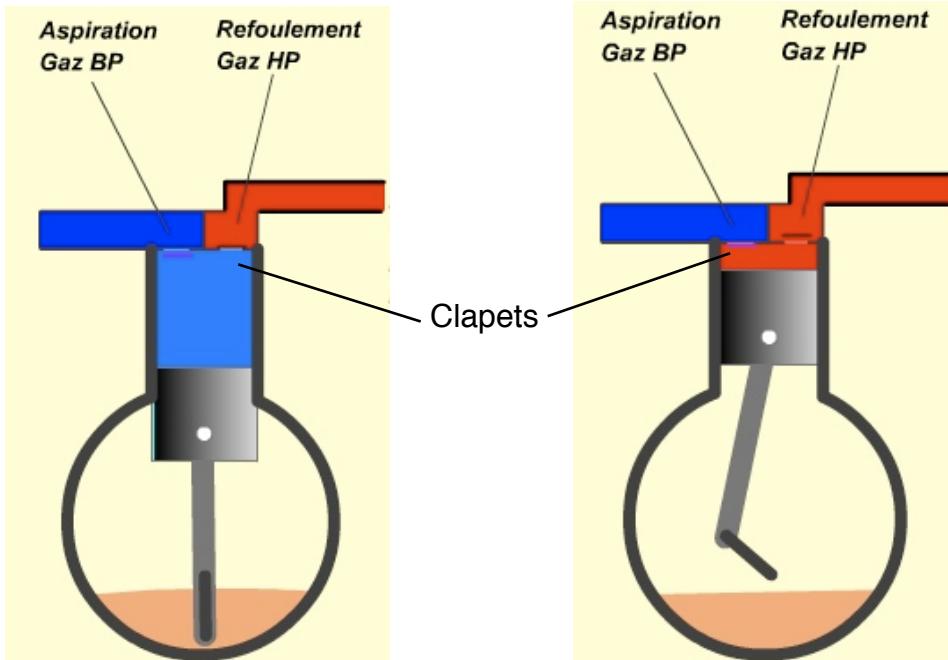


**Compresseurs ouverts:** le compresseur est entraîné par un moteur extérieur. La transmission est assurée soit par accouplement, soit par courroie et poulies.

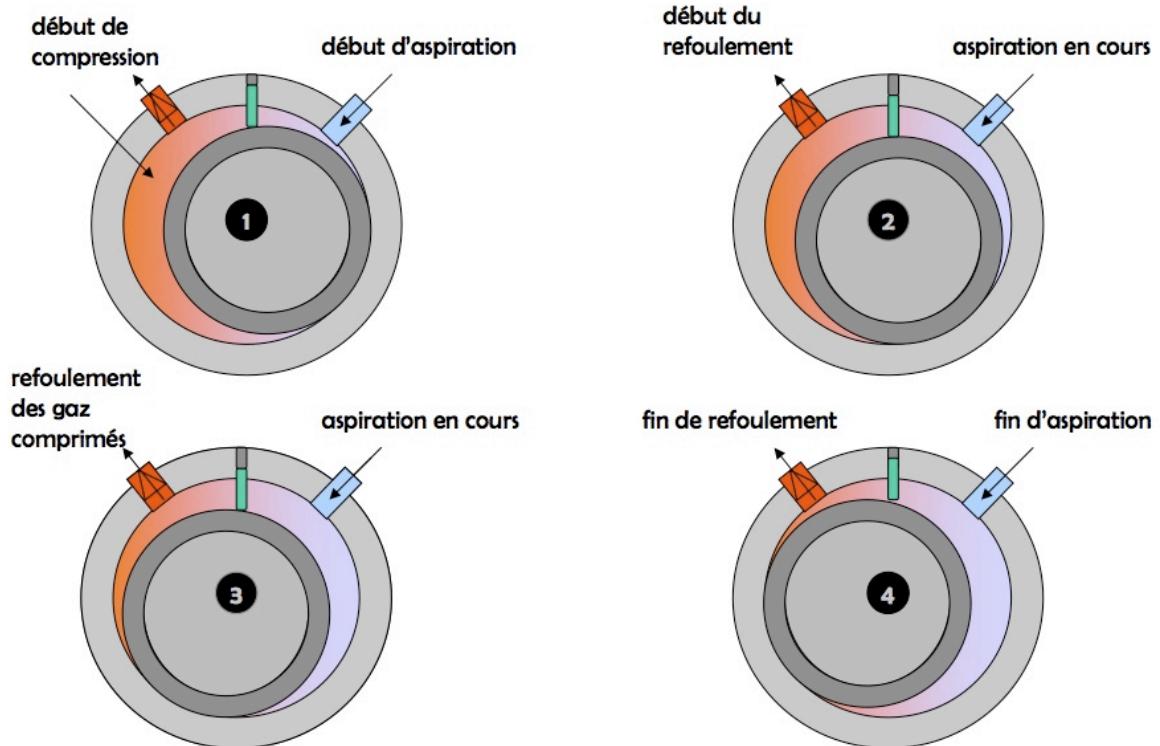


# ELEMENTS D'UN CIRCUIT FRIGORIFIQUE

## Compresseur à piston:

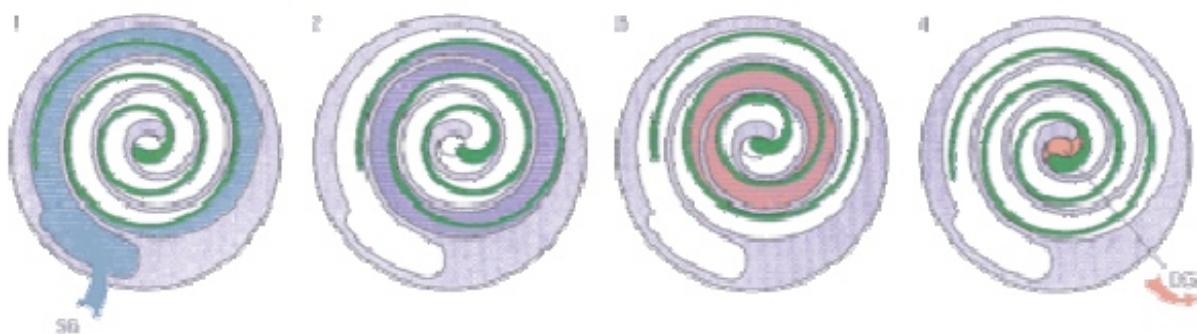


## Compresseur rotatif à palettes:

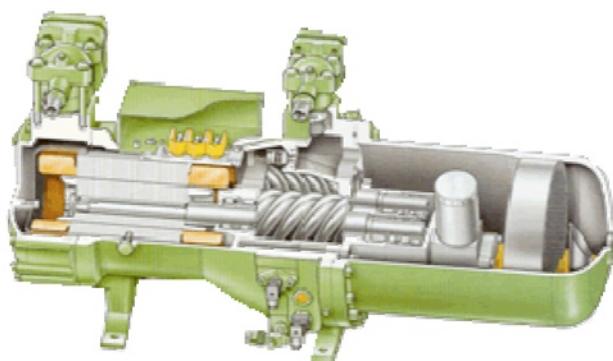
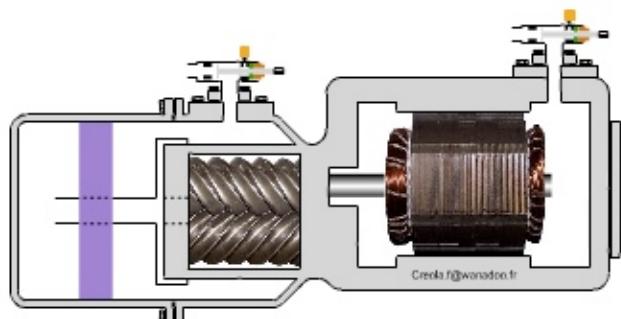


## ELEMENTS D'UN CIRCUIT FRIGORIFIQUE

Compresseur Scroll:



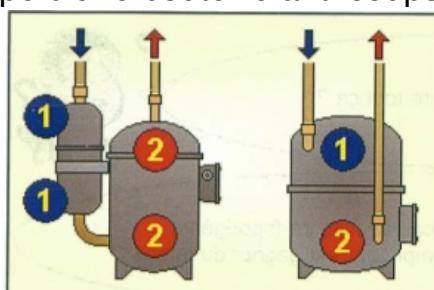
Compresseur à vis:



**Définitions visuelles entre compresseurs à piston et compresseurs rotatifs:**

- 1) Le diamètre du compresseur rotatif est plus faible que celui à piston.
- 2) Le compresseur rotatif étant plus sensible par construction au "coup de liquide", celui-ci est souvent équipé d'une bouteille anti-coups de liquide.

Compresseur rotatif:  
Toute la cloche est très chaude.



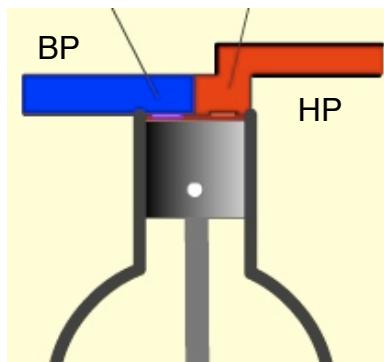
Compresseur à piston:  
Le haut de la cloche est tiède alors que le bas est très chaud.

# ELEMENTS D'UN CIRCUIT FRIGORIFIQUE

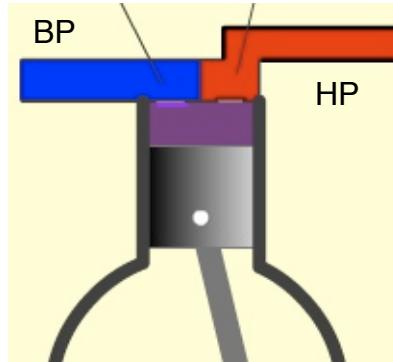
## Remarque sur les compresseurs à pistons:

A la différence des autres types de compresseurs, les compresseurs à piston ont un volume de gaz aspiré qui **dépend de l'écart entre la BP et la HP.**  
*(C'est aussi le cas pour les compresseurs rotatifs mais dans une moindre mesure)*

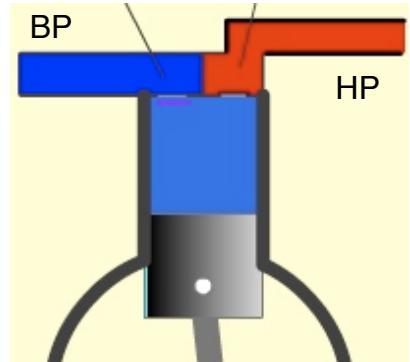
En effet:



Le piston est au point mort haut. La pression qui règne dans le haut du cylindre est **égale à la HP.**



En descendant, le piston fait diminuer la pression dans le cylindre.  
Le clapet de l'aspiration ne va s'ouvrir que lorsque **pression cylindre < à la BP.**



Le piston est au point mort bas. L'aspiration est terminée.  
En remontant, il va comprimer les vapeurs aspirées.

**Plus l'écart entre la HP et la BP est grand et plus il faudra que le piston descende loin avant que le clapet ne s'ouvre et commence à aspirer les vapeurs.**

En résumé, plus l'écart entre HP et BP est grand et plus le volume de vapeur aspiré diminue.

L'écart HP-BP augmente lorsque:

- la BP diminue
- ou bien la HP augmente.

C'est la raison pour laquelle dans un circuit frigorifique avec un compresseur à piston, il est important de conserver des pressions BP et HP à leurs valeurs théoriques.

# ELEMENTS D'UN CIRCUIT FRIGORIFIQUE

## Le Réservoir de Liquide (ou Bouteille de Liquide)

Il est placé à la **sortie du condenseur** et sert à stocker le fluide frigorigène liquide à l'arrêt de l'installation. Sa capacité doit donc pouvoir contenir la totalité du fluide de l'installation (à moins que l'on utilise le condenseur pour stocker une partie du liquide)



Réservoir horizontal



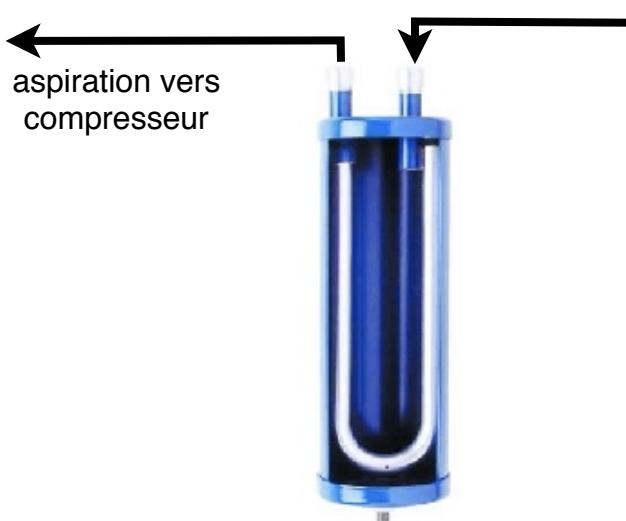
Réservoir vertical

Le réservoir de liquide joue également un rôle important dans la régulation du système frigorifique lorsque les variations de charges thermiques sont importantes.

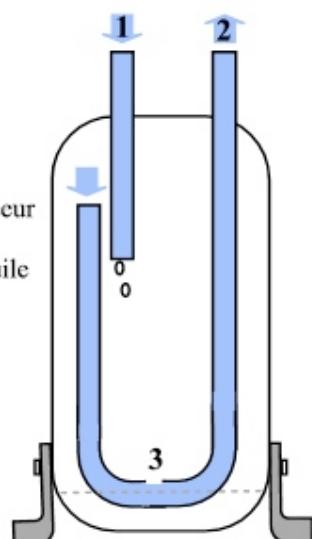
## La Bouteille Anti-Coups de Liquide

Elle est placée **entre l'évaporateur et le compresseur** (à proximité du compresseur). Son rôle est d'éviter l'aspiration éventuelle de fluide frigorigène liquide par le compresseur.

Le liquide se sépare de la vapeur par une brusque réduction de la vitesse du fluide consécutive à l'augmentation de la section de passage de la vapeur. Le fluide liquide est recueilli au fond de la bouteille et la vapeur est aspirée par le compresseur par la partie supérieure de la bouteille.



- 1: Entrée liquide,gaz,huile
- 2: Sortie compresseur vapeur,huile
- 3: Orifice retour huile

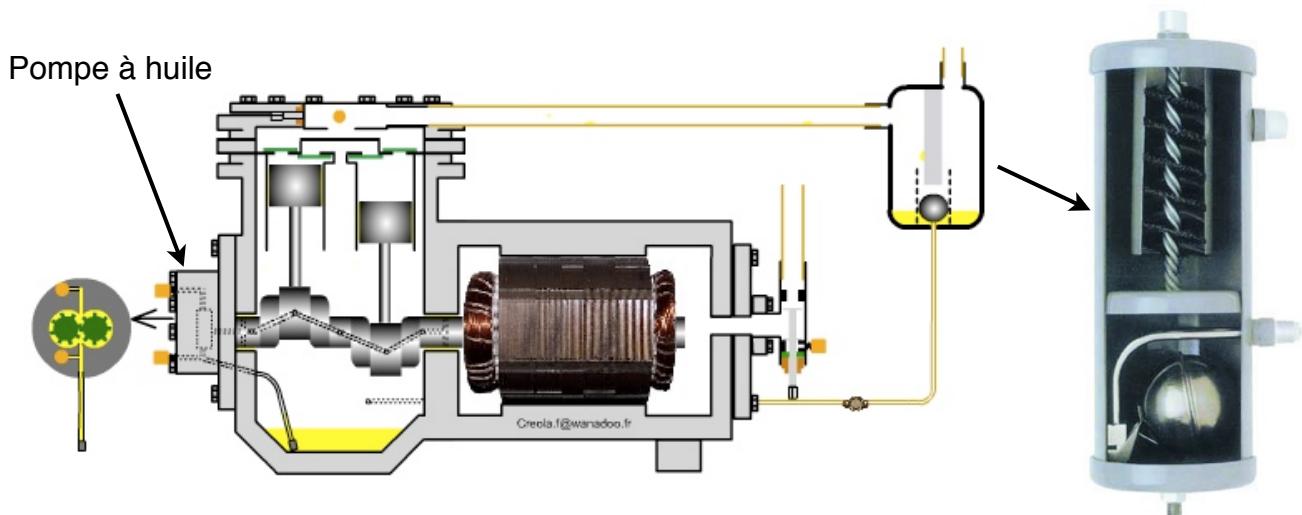


# **ELEMENTS D'UN CIRCUIT FRIGORIFIQUE**

## **Le Séparateur d'Huile**

Il est placé juste **après le compresseur**. Il permet de recueillir les gouttelettes d'huile entraînées par les vapeurs de fluides comprimés et de renvoyer l'huile au niveau du carter du compresseur.

Son principe de fonctionnement est identique à la bouteille anti-coups de liquide.



## **Les Echangeurs (Evaporateur ou condenseur)**

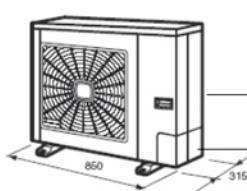
Echangeurs à air



Echangeurs à eau



**Unité extérieure**



Liaisons électriques

Liaisons frigorifiques

**Unité Intérieure**



# ELEMENTS D'UN CIRCUIT FRIGORIFIQUE

## Le Filtre Déshydrateur

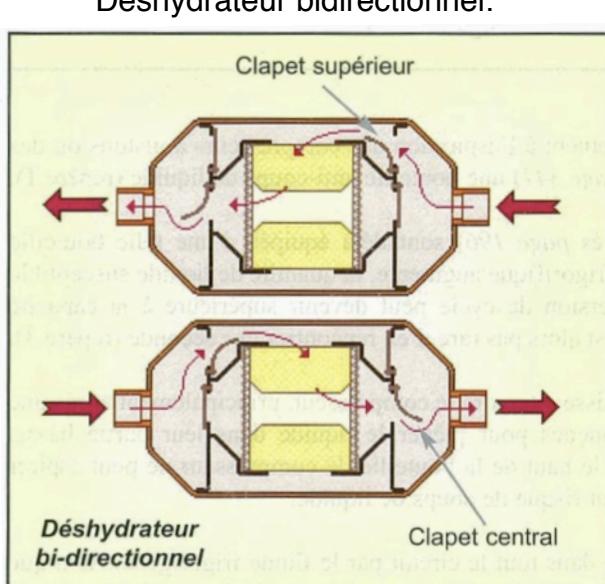
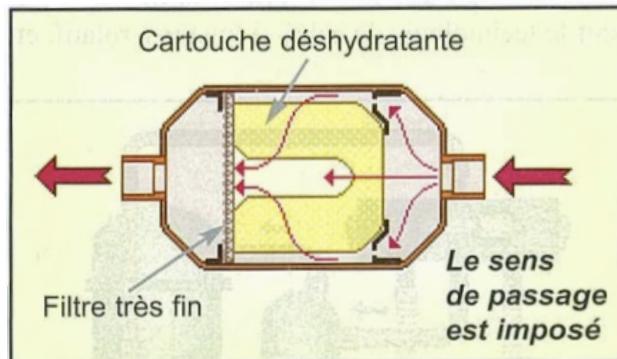
Il convient de distinguer:

- le filtre qui sert à piéger les impuretés contenues dans le circuit frigorifique
- le déshydrateur qui permet l'élimination de l'humidité contenue dans le circuit
- le filtre déshydrateur qui rassemble dans le même appareil les fonctions de filtre et de déshydrateur

Le déshydrateur maintient à un niveau acceptable la teneur en eau du fluide frigorigène dans le circuit. Un déshydrateur se sature avec le temps.

Le déshydrateur se monte sur la ligne liquide **après le condenseur** (ou après la bouteille liquide si elle existe).

Les déshydrateurs peuvent être à cartouches remplaçables ou non remplaçables. **Les déshydrateurs ont généralement un sens de montage sauf ceux qui sont à double sens (bidirectionnel).**



# ELEMENTS D'UN CIRCUIT FRIGORIFIQUE

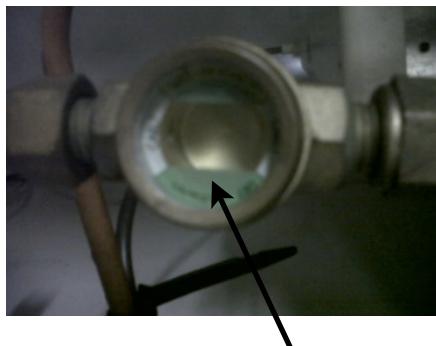
## Les Voyants

Il faut distinguer:

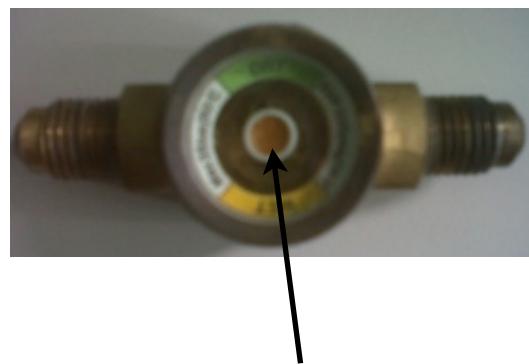
- les voyants simple
- les voyants indicateurs d'humidité

Le voyant simple est juste doté d'un verre épais permettant de voir si le fluide liquide contient un peu de vapeur (présence de **bulles**).

Le voyant indicateur d'humidité est un voyant simple avec une fonction supplémentaire, celle de l'indication de **l'état d'humidité** du circuit frigorifique. Il s'agit d'un voyant avec une couronne indicatrice (sel chimique) qui change de couleur en fonction de la quantité d'eau dans le circuit. (Vert = pas d'eau; Jaune = présence excessive d'eau). Le vert clair indique que le filtre déshydrateur est en train de se saturé.



Couronne réactive



Point réactif



Une échelle de couleur est présente sur le pourtour du voyant afin de pouvoir y comparer la couleur du réactif.

(**Remarque:** Pour débarrasser un circuit de son humidité, il faut le **tirer au vide** pendant plusieurs heures)

## **ELEMENTS D'UN CIRCUIT FRIGORIFIQUE**

---

### **L'Electrovanne**

Elle permet d'ouvrir et de fermer le circuit frigorifique. Elle est généralement commandée par le thermostat d'ambiance.

Lorsque la température atteint la consigne du thermostat, l'électrovanne ferme le circuit frigorifique:

- Le compresseur continue de fonctionner. Il continue donc d'aspirer le fluide de la partie BP pour le refouler dans la partie HP.
- Le circuit étant fermé, le fluide liquide se stocke dans la bouteille liquide en sortie de condenseur.
- Dans le même temps, la BP chute jusqu'à atteindre la consigne du pressostat BP. Celui-ci arrête alors le compresseur.
- A l'arrêt, presque tout le fluide est stocké dans la bouteille de liquide côté HP. Cela permettra de redémarrer le circuit sans craindre de coup de liquide au démarrage dans le compresseur.

L'électrovanne se place généralement sur **la ligne liquide juste avant le détendeur**.



**Remarque:** On ne trouve une électrovanne que sur les machines frigorifiques professionnelles. Cela permet d'arrêter l'installation proprement en "Pump Down". Les machines "grand public" (Climatiseurs, certaines pompes à chaleur,...) n'en possèdent pas. Le thermostat d'ambiance coupe directement le compresseur.

# ELEMENTS D'UN CIRCUIT FRIGORIFIQUE

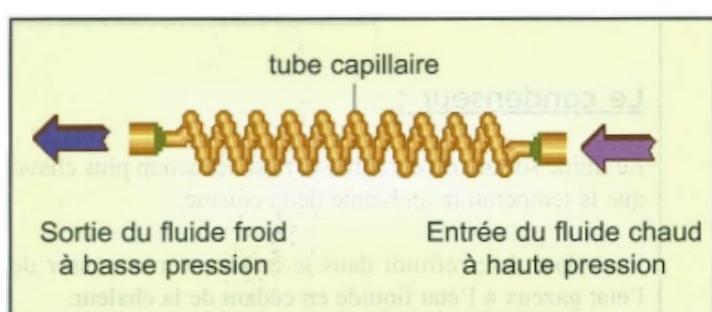
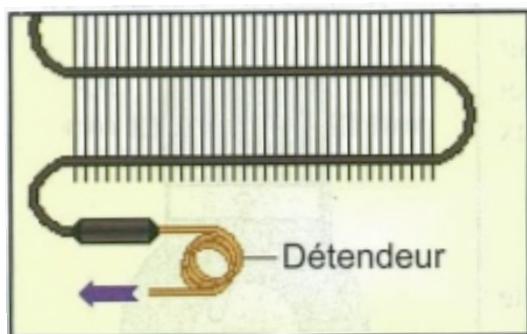
## Le Défendeur

Il existe 3 types de défendeurs:

- le défendeur capillaire
- le défendeur thermostatique
- le défendeur électronique

### 1) Défendeur capillaire:

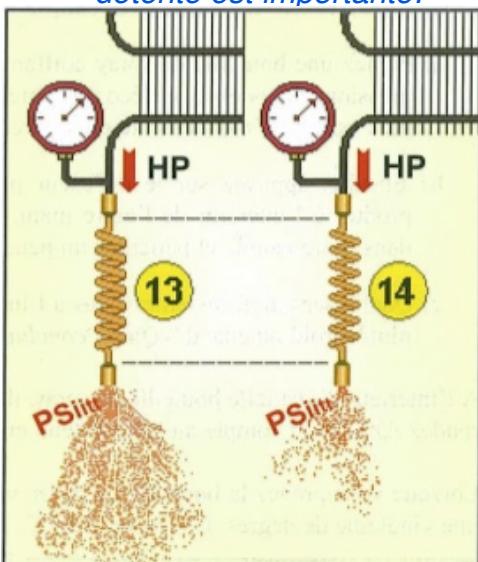
Le défendeur capillaire est constitué d'un simple tube de cuivre long et fin.



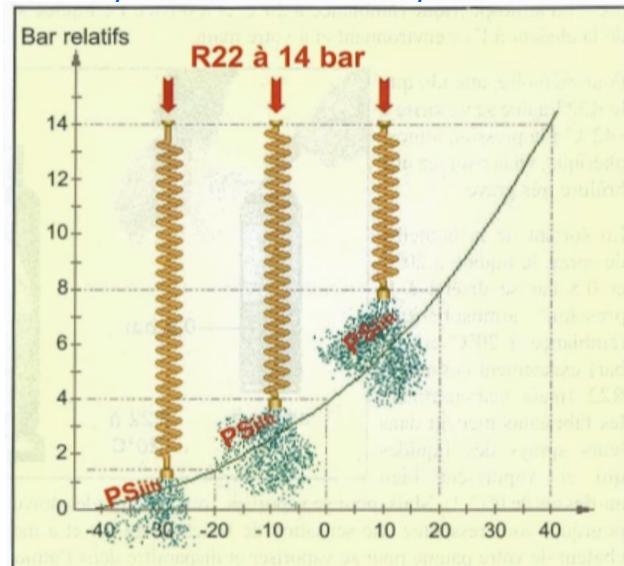
Il n'a pas de sens de passage mais son diamètre intérieur et sa longueur ne doivent en aucun cas être modifiés. Ils ont été calculés précisément pour l'installation et le fluide utilisé. Essayer de refaire soi-même un capillaire est pratiquement impossible. Mieux vaut en racheter un chez le fournisseur.

Comme il est très fin, il est très sensible aux impuretés potentiellement présentes dans le circuit et peut se boucher. C'est pour cela qu'avec un défendeur capillaire, on rajoute un filtre dans le circuit en amont.

*Plus le diamètre en fin plus la détente est importante:*



*Plus le défendeur est long plus la détente est importante:*



# ELEMENTS D'UN CIRCUIT FRIGORIFIQUE

On trouve des détendeurs capillaires généralement sur des machines de **petites puissances**. Il n'y a généralement pas non plus d'électrovanne sur le circuit. A l'arrêt, le fluide se retrouve donc des 2 côtés (HP et BP) et les pressions s'égalisent à travers le capillaire.

A ce propos, si le circuit a été trop chargé en fluide, beaucoup de fluide se retrouve donc dans l'évaporateur à l'arrêt. Lorsqu'on va remettre le circuit en marche, il est possible d'avoir un coup de liquide dans le compresseur car le liquide peut ne pas avoir le temps de s'évaporer au démarrage.

C'est pourquoi avec un détendeur capillaire, il faut faire très attention à la charge que l'on met dans l'installation (ne pas en mettre trop).

## 2) Détendeur Thermostatique

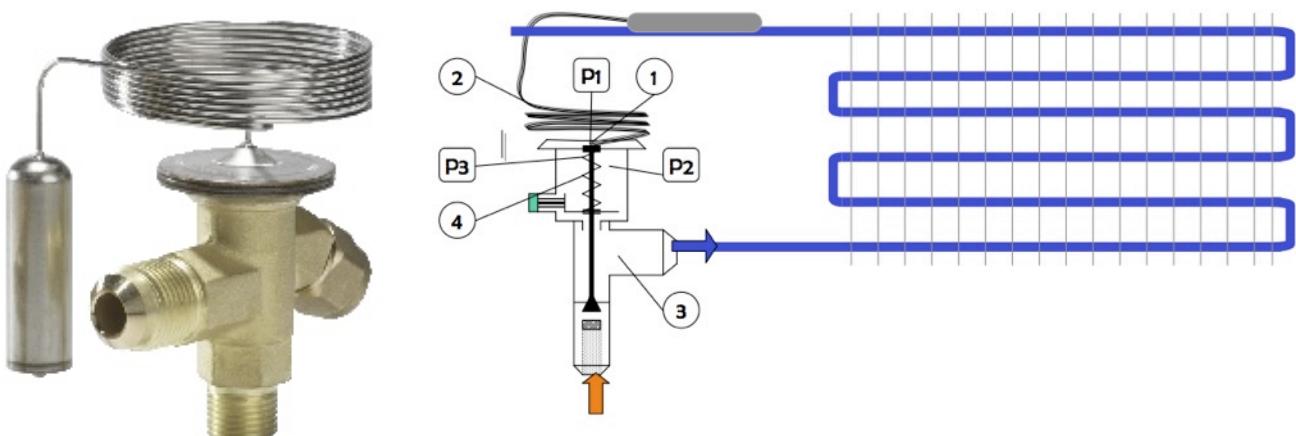
On distingue 2 montages de détendeur thermostatique:

- montage à égalisation interne
- montage à égalisation externe

Quelque soit le montage, le détendeur thermostatique possède un **bulbe** qui prend la température en **sortie d'évaporateur** (*car la surchauffe reflète le niveau de fluide liquide dans l'évaporateur*).

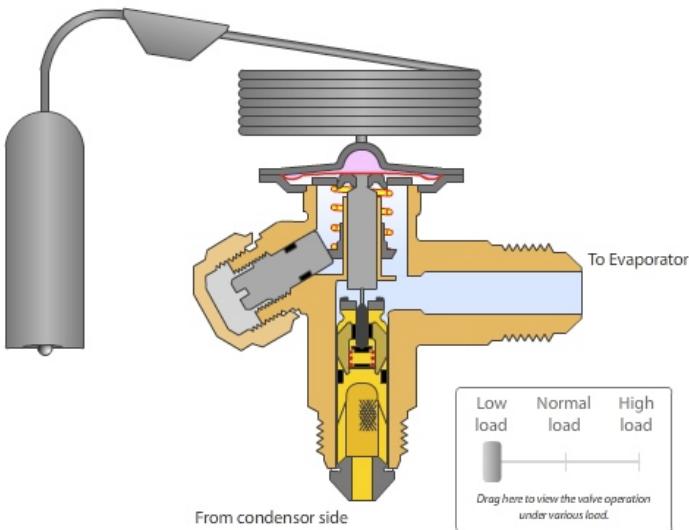
Ce bulbe va agir sur une membrane dans le détendeur qui va alors s'ouvrir ou bien se fermer un peu plus assurant une **stabilité de la surchauffe malgré les variations de la charge thermique** (c.a.d que pour maintenir une  $T^\circ$  donnée, il ne faut pas toujours la même puissance frigorifique).

Bien qu'il agisse dessus, le détendeur ne doit pas servir à régler la surchauffe. Moins on touche à sa vis de réglage et mieux c'est.



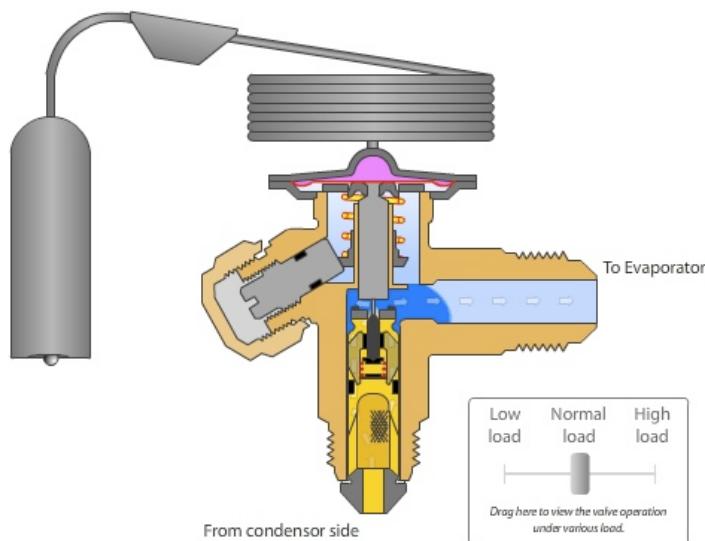
# ELEMENTS D'UN CIRCUIT FRIGORIFIQUE

Fonctionnement:



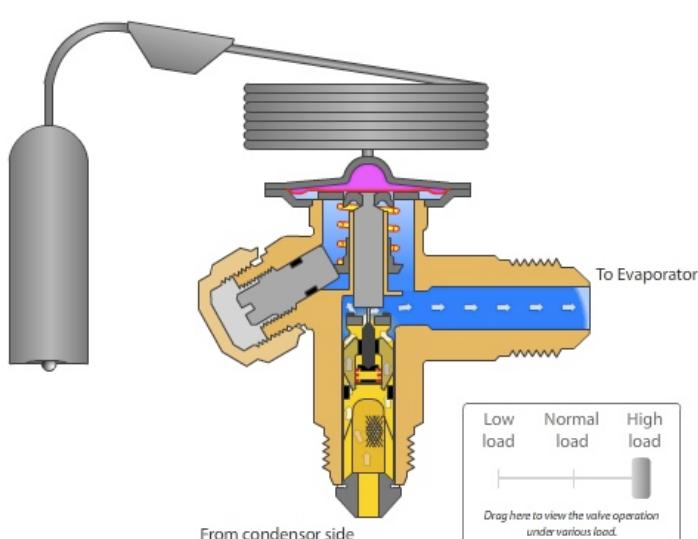
## Charge thermique faible:

- Besoin de peu de fluide à évaporer.
- La Surchauffe devient plus faible.
- Le Détendeur se ferme pour laisser passer moins de fluide et augmenter la surchauffe.



## Charge thermique moyenne:

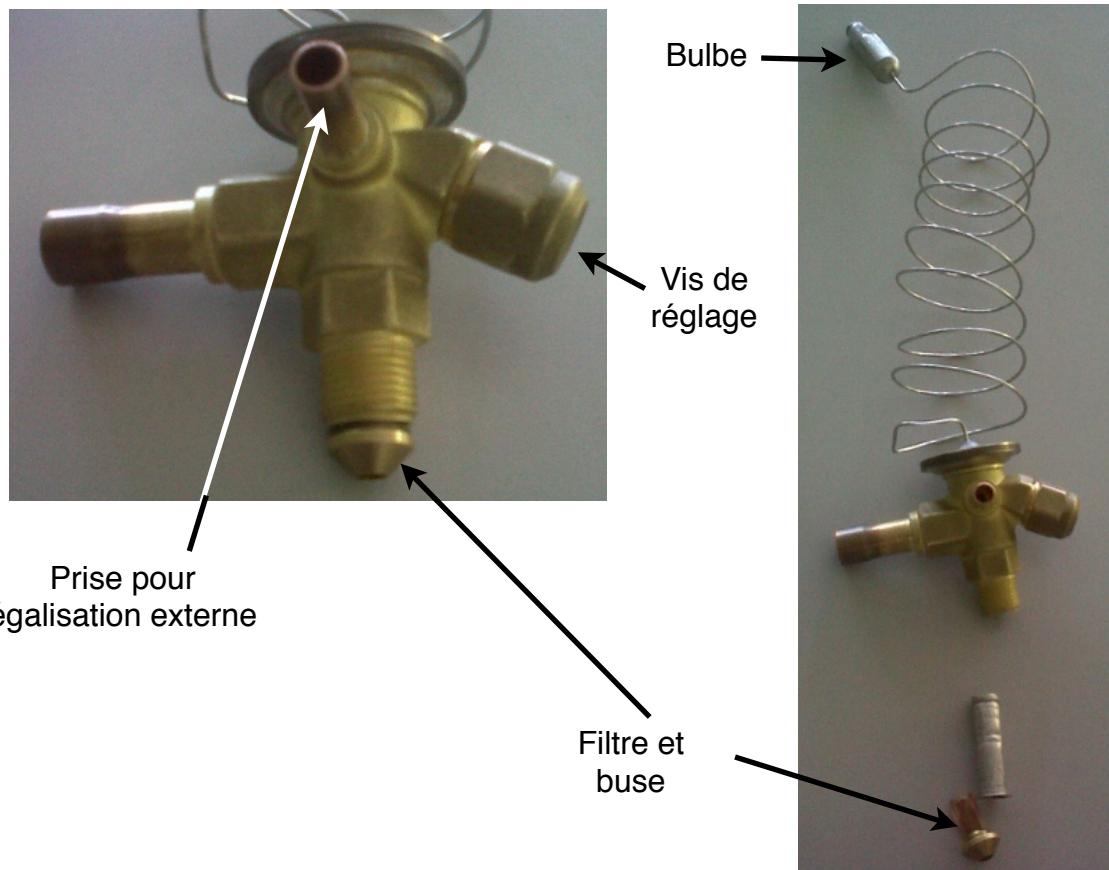
- Besoin de plus de fluide à évaporer.
- La Surchauffe devient plus forte.
- Le Détendeur s'ouvre pour laisser passer plus de fluide et abaisser la surchauffe.



## Charge thermique forte:

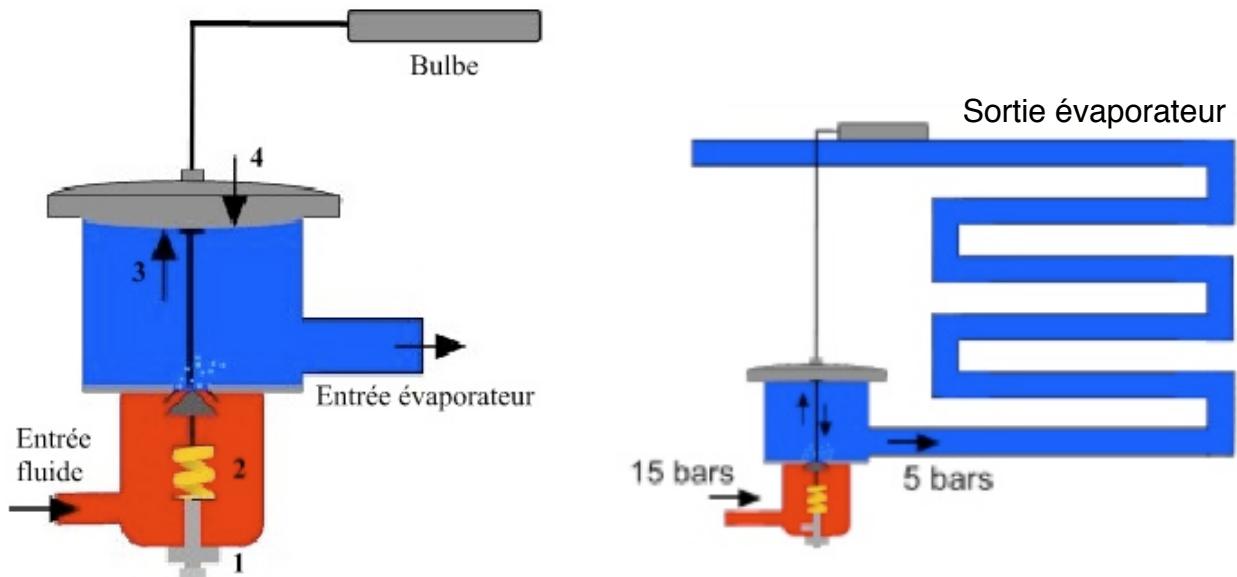
- Besoin de beaucoup de fluide à évaporer.
- La Surchauffe devient très forte.
- Le Détendeur s'ouvre encore plus pour laisser passer plus de fluide et abaisser la surchauffe.

## ELEMENTS D'UN CIRCUIT FRIGORIFIQUE



### Détendeur à égalisation interne:

Le détendeur permet d'alimenter correctement l'évaporateur en fluide frigorigène en optimisant son remplissage en fonction des apports externes.

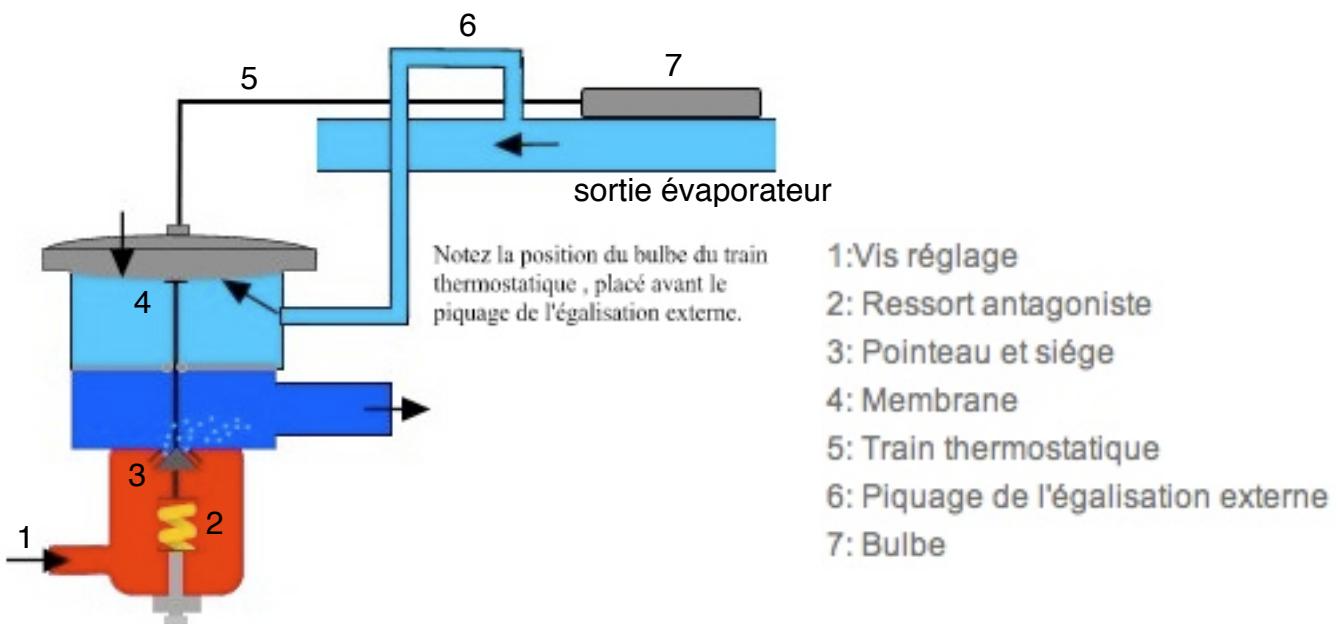


# ELEMENTS D'UN CIRCUIT FRIGORIFIQUE

## Détendeur à égalisation externe:

Le détendeur à égalisation externe est préconisé en cas d'utilisation d'un évaporateur à forte pertes de charge: évaporateur à plusieurs rangs, évaporateur muni de distributeur de liquide, etc...

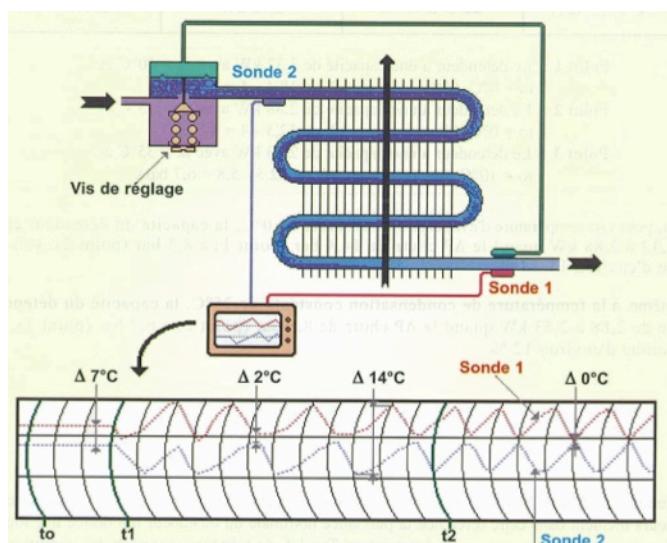
La différence importante par rapport au détendeur à égalisation interne est la présence d'un raccordement relié par un tube de petite dimension à la fin de l'évaporateur.



Force d'ouverture : pression régnant dans le train thermostatique

Force de fermeture : pression en fin d'évaporateur + la pression de poussée du ressort réglée par une vis.

## Réflexions sur le “pompage” des détendeurs:



t0: Détendeur bien réglé

t1: On ouvre volontairement le détendeur de 1 tour: le détendeur se met à pomper avec une surchauffe oscillant entre  $2^\circ\text{C}$  et  $14^\circ\text{C}$ .

t2: on ouvre davantage le détendeur. le pompage s'accentue

**Pompage = détendeur plus puissant que l'évaporateur**

### Précautions de réglage:

- Ne jamais manipuler la vis de réglage de plus d'un tour à la fois.
- Attendre 15 minutes pour constater l'effet d'un réglage.

# ELEMENTS D'UN CIRCUIT FRIGORIFIQUE

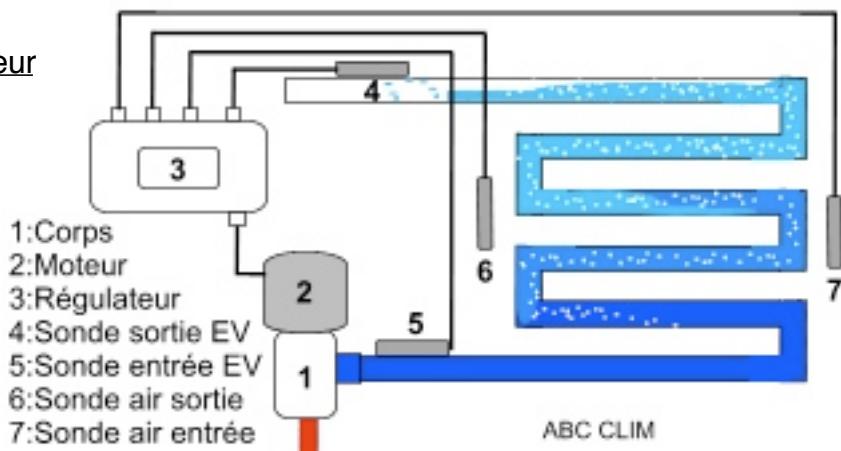
## 3) Détendeur Electronique

Ce type de détendeur est très précis. Il est utilisé dans les systèmes le débit masse de fluide réfrigérant est variable: Climatiseur Inverter avec vitesse de compresseur variable, Multi-Split, pompes à chaleur, ...).

Il existe 2 types de détendeur électronique:

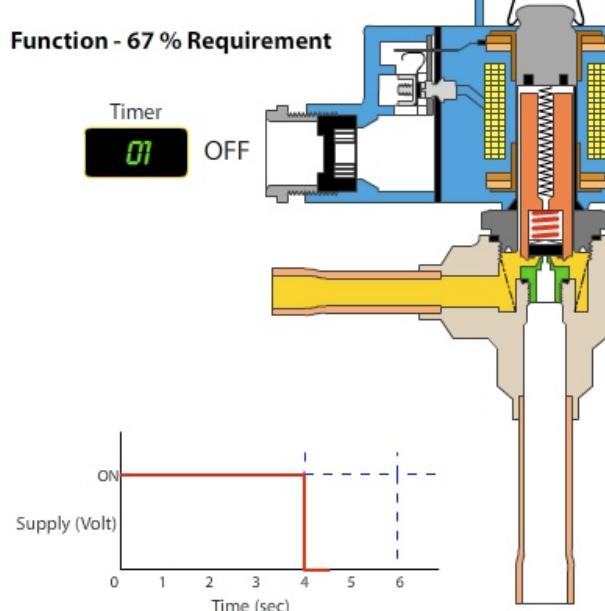
- **détendeur à impulsion:** c'est le temps d'ouverture qui déterminera la surchauffe. Un train d'impulsions commande l'ouverture/fermeture du détendeur. Une quantité moyenne de fluide passe donc dans le détendeur.
- **détendeur pas à pas:** c'est le degré d'ouverture du détendeur qui déterminera la surchauffe. Le régulateur qui pilote le moteur "pas à pas" est de type **PID** ce qui garantie un positionnement rapide de la vanne.

Principe du détendeur électronique:



Détendeur à impulsion:

AKV 10

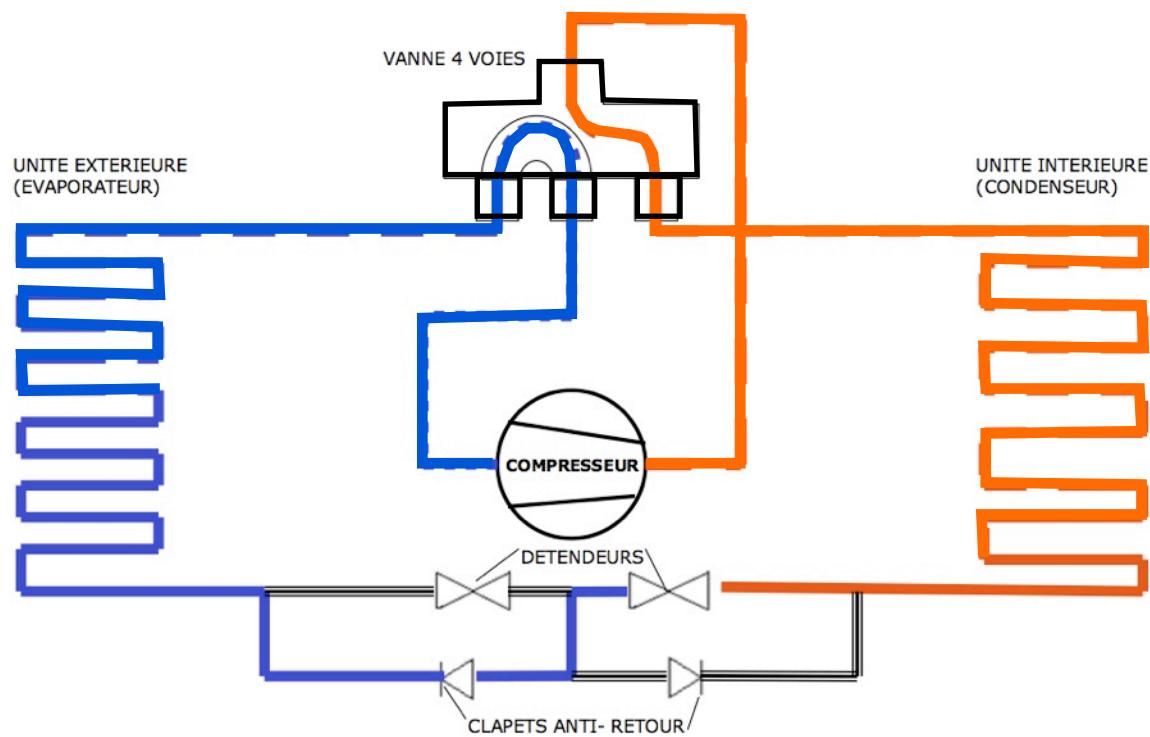
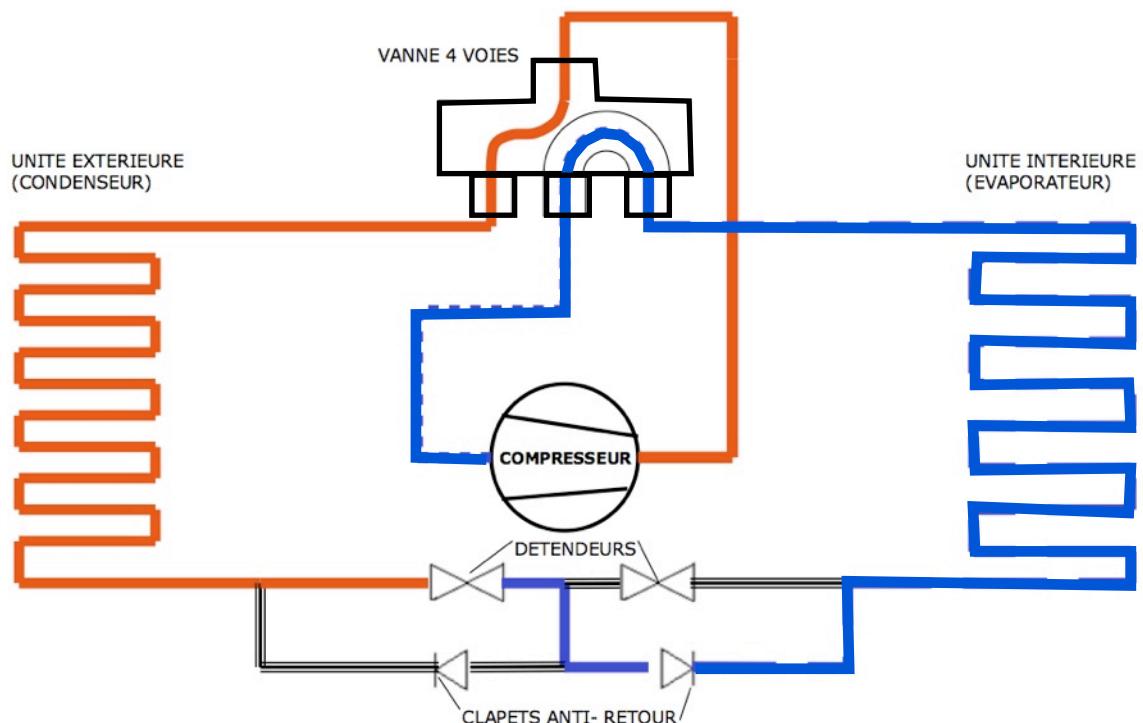


# ELEMENTS D'UN CIRCUIT FRIGORIFIQUE

## Vanne 4 Voies = Inversion de Cycle

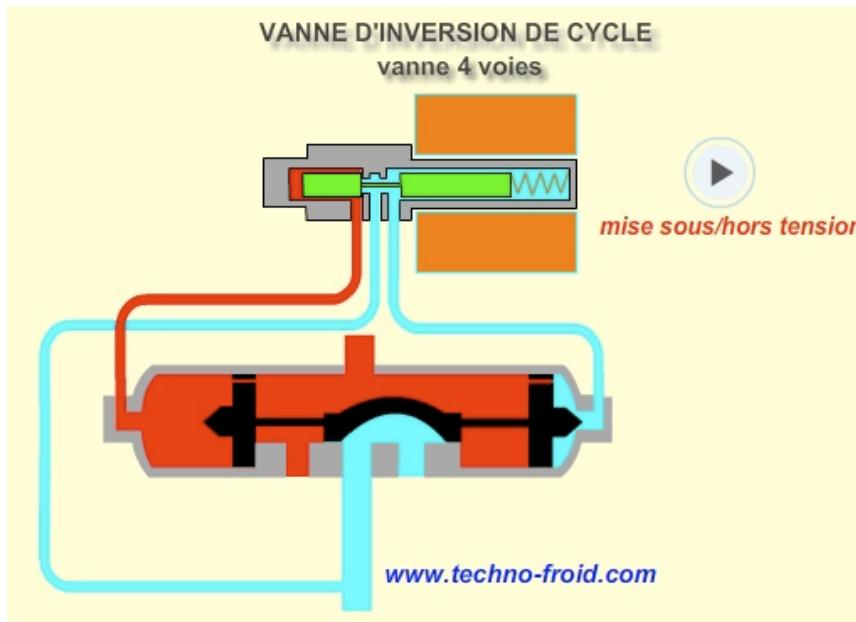
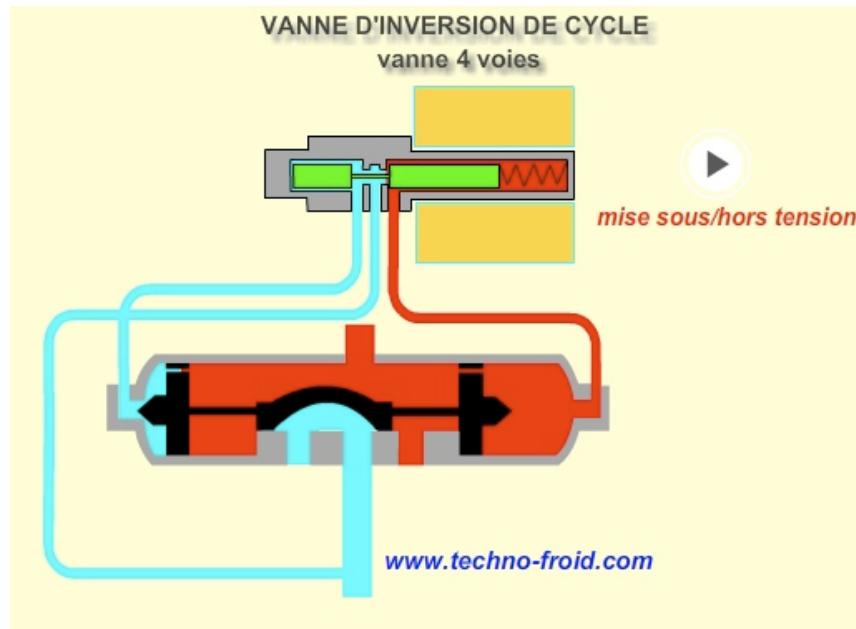
Les vannes 4 voies sont principalement utilisées dans les systèmes de climatisation **réversibles**: production de froid ou de chaud. Elle est également utilisée pour passer en mode “dégivrage” en hivers.

Avant de voir en détails la constitution d'une vanne 4 voies, voyons comment elle intervient dans le circuit frigorifique:



# ELEMENTS D'UN CIRCUIT FRIGORIFIQUE

Constitution d'une vanne 4 voies:



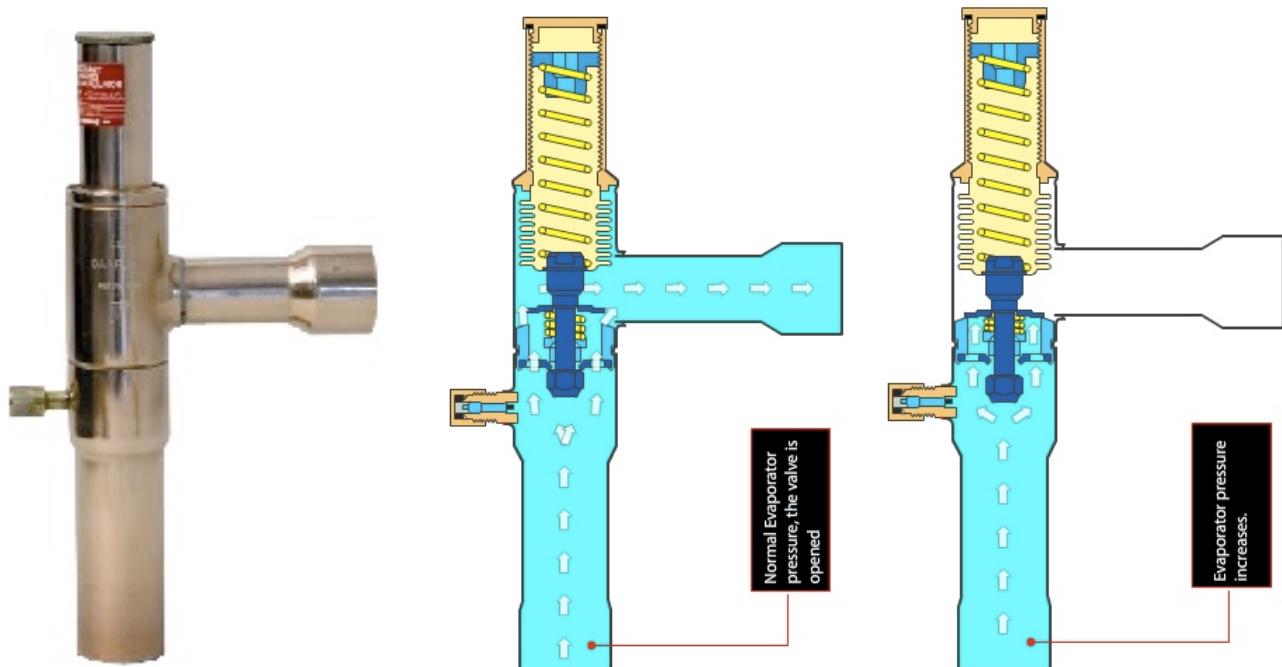
- L'aspiration et le refoulement du compresseur sont toujours raccordés aux mêmes endroits sur la vanne 4 voies.
- Un tiroir interne se déplace pour mettre en relation différentes prises.
- La vanne 4 voies utilise la différence de pression entre BP et HP pour fonctionner (= **fonctionnement pneumatique**). Même si on alimente électriquement la vanne 4 voies sans qu'elle soit installée dans un circuit frigorifique, il ne se passera rien. Le tiroir interne ne bougera pas. On entendra juste le "clic" du noyau de la bobine électrique qui se déplace.

# ELEMENTS D'UN CIRCUIT FRIGORIFIQUE

## Régulateur d'Evaporation

Il maintient constant la pression d'évaporation dans les circuits avec plusieurs évaporateurs et un seul compresseur.

Le régulateur d'évaporation se monte à la sortie de l'évaporateur.



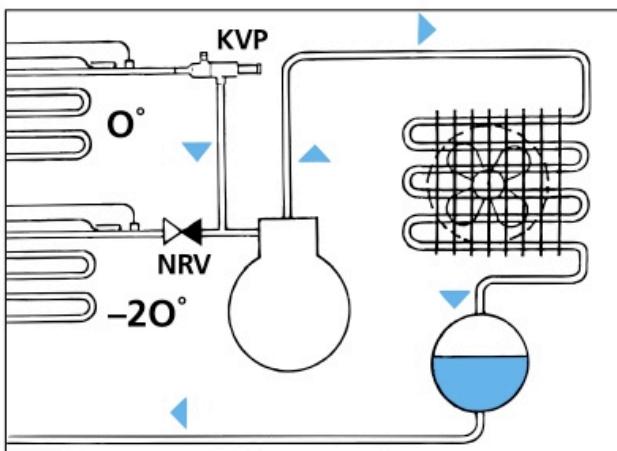
La vanne s'ouvre à pression d'évaporation **croissante** (ce qui fait chuter la pression et la stabilise)

### Régulateur de pression d'évaporation KVP

Ce régulateur se monte sur la conduite d'aspiration en aval de l'évaporateur pour réguler la pression d'évaporation.

Dans les installations fonctionnant à différentes pressions d'évaporation, le KVP est installé en aval de l'évaporateur dont la pression est la plus élevée.

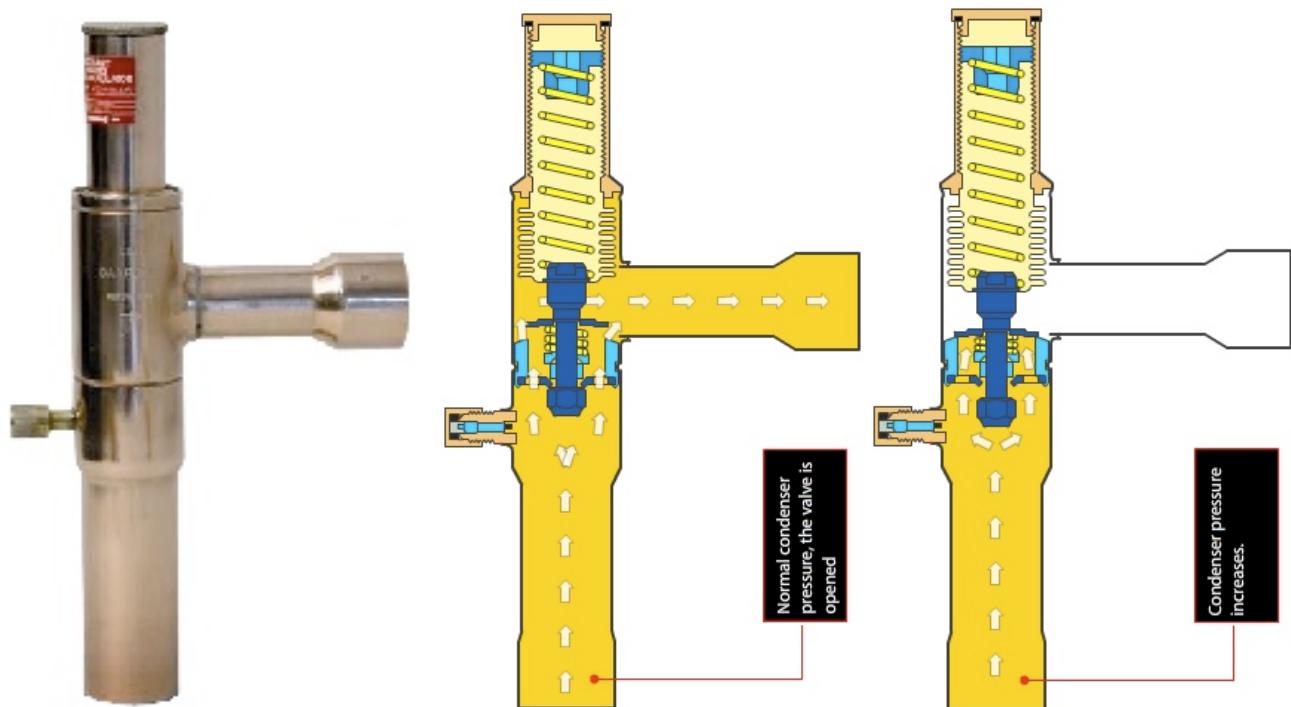
Pour éviter la condensation de fluide pendant les arrêts, ne pas oublier d'installer un clapet anti-retour NRV sur la conduite d'aspiration en aval de l'évaporateur dont la pression est la plus basse.



# ELEMENTS D'UN CIRCUIT FRIGORIFIQUE

## Régulateur de Condensation

Il maintient constante la pression de condensation dans les condenseurs à air. Il se monte en général entre la sortie du condenseur et la bouteille de liquide.



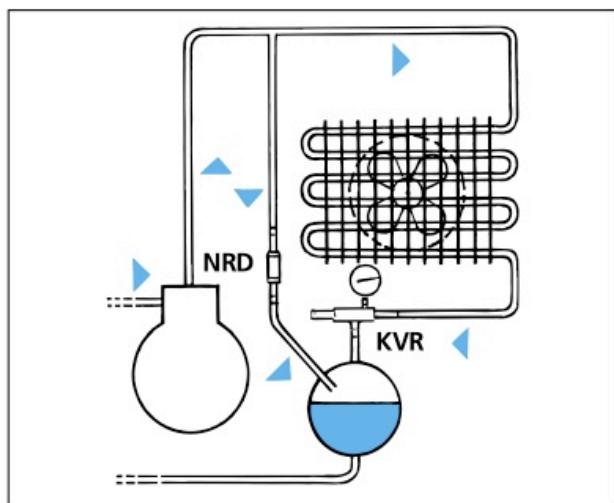
La vanne s'ouvre à la pression de condensation **croissante**.

### Régulateur de pression de condensation KVR

La KVR se monte, en général, entre le condenseur à air et la bouteille accumulatrice. La KVR maintient la pression constante dans les condenseurs à air. Elle s'ouvre à pression d'entrée (de condensation) croissante.

Avec une KVD ou une NRD, la KVR assure une pression de liquide suffisante dans la bouteille quelles que soient les variations des conditions. Le régulateur de pression de condensation KVR dispose d'une prise manométrique servant au réglage de la pression de condensation.

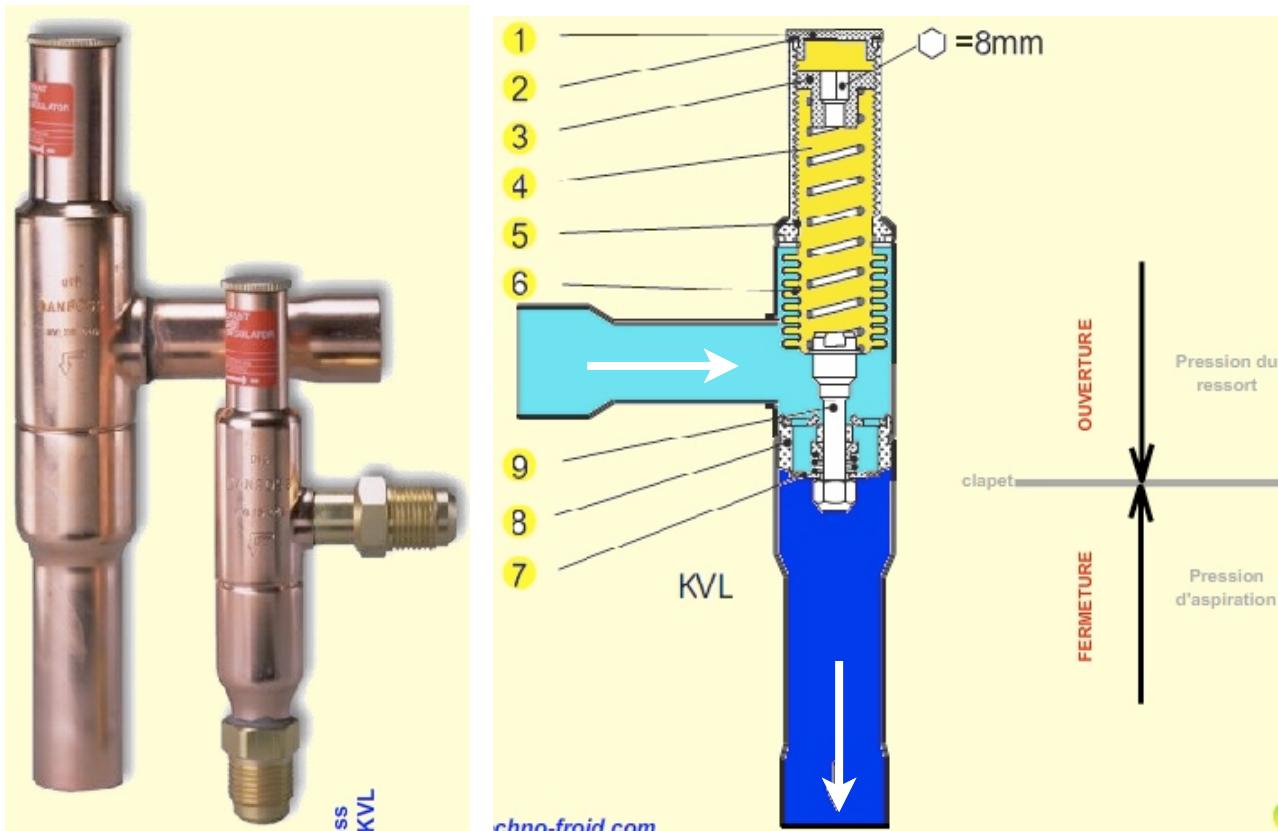
*NRD = vanne à pression différentielle*



# ELEMENTS D'UN CIRCUIT FRIGORIFIQUE

## Régulateur de Démarrage

Le régulateur a pour but d'éviter le fonctionnement et le démarrage du compresseur avec des pressions d'aspirations trop élevées (après un arrêt ou une période de dégivrage) = surcharge au démarrage et risque de disjoncter



Le régulateur se monte sur la conduite d'aspiration immédiatement avant le compresseur.

La vanne s'ouvre à pression de sortie (d'aspiration) **décroissante**.

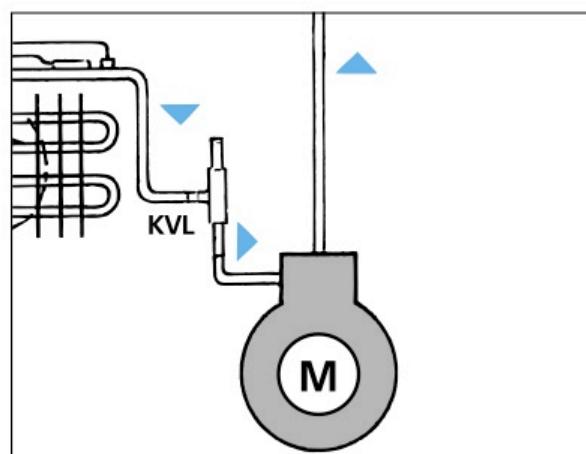
### Régulateur de démarrage KVL

Le régulateur de démarrage KVL a pour but d'éviter le fonctionnement et le démarrage du compresseur lors de pressions d'aspiration trop élevées.

Il se monte sur la conduite d'aspiration immédiatement en amont du compresseur.

La KVL est souvent utilisé dans les installations frigorifiques avec compresseurs hermétiques ou semi-hermétiques conçus pour les plages de température basses.

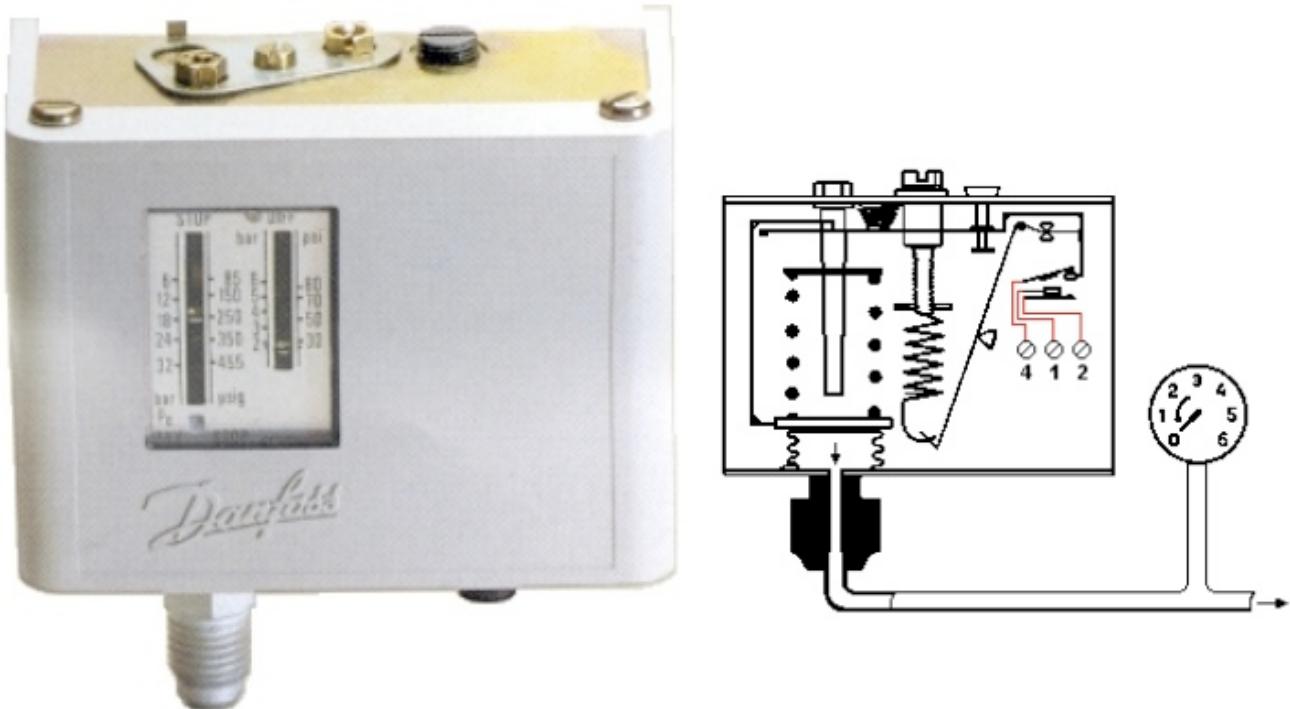
Elle s'ouvre à pression de sortie (d'aspiration) décroissante.



# ELEMENTS D'UN CIRCUIT FRIGORIFIQUE

## Pressostat BP (Basse Pression)

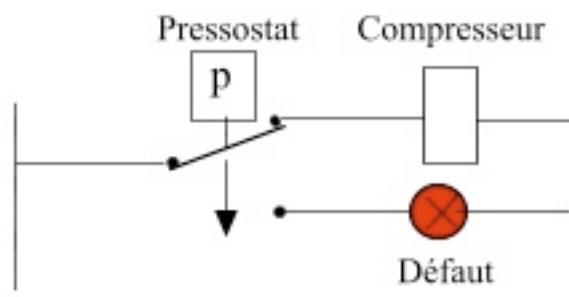
Le pressostat BP est un organe important du circuit frigorifique.  
Il peut être utilisé en sécurité ou en “pump down”.



### Pressostat BP en sécurité:

Le pressostat BP arrêtera le **compresseur** si la pression BP descend en dessous de la consigne réglée. De cette façon, le pressostat évite que la pression ne descende trop bas ce qui pourrait **provoquer des entrées d'air** dans le circuit en cas de dysfonctionnement d'un organe (par exemple le détendeur):

### Schema simple

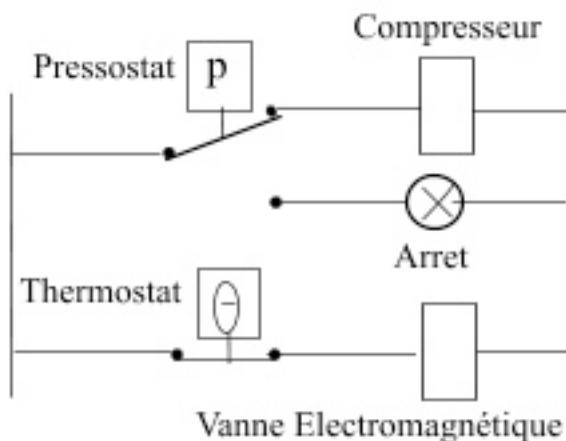


## ELEMENTS D'UN CIRCUIT FRIGORIFIQUE

### Pressostat BP en “Pump Down”:

- Le circuit frigorifique est en fonctionnement
  - La température d'ambiance (réglée au thermostat) est atteinte
  - Le **thermostat** coupe l'alimentation de l'**électrovanne** située sur la ligne liquide
  - Le fluide ne peut plus circuler tandis que le compresseur continue de fonctionner.
  - L'aspiration du compresseur fait donc chuter la BP
  - Le **pressostat** détecte la baisse de pression et **coupe le compresseur**.
  - A l'arrêt, le fluide se trouve donc côté HP (dans le condenseur ou la bouteille liquide si il y en a une).
- 
- La température d'ambiance remonte.
  - Le thermostat détecte cette hausse de température et alimente l'électrovanne qui s'ouvre.
  - Le fluide migre vers l'évaporateur.
  - La BP augmente.
  - Le pressostat BP détecte la hausse de pression et **alimente le compresseur**.
  - L'installation est à nouveau en fonctionnement.

Ce type de fonctionnement garantie un démarrage compresseur plus souple et évite une migration du fluide vers le compresseur à l'arrêt (risque de coups de liquide au redémarrage).



# **ELEMENTS D'UN CIRCUIT FRIGORIFIQUE**

## **Pressostat HP (Haute Pression)**

Le pressostat HP est un **organe de protection** qui permet de protéger l'installation en cas de hautes pressions causées par un **encrassement** du condenseur ou un **défaut de ventilation**. Il peut également être utilisé pour **réguler la pression** de condensation d'un condenseur à air (en agissant sur la vitesse de soufflage).

## Pressostat mixte



## Pressostat BP

Pressostat HP

#### **Pressostat HP en sécurité:**

On le règle pour qu'il déclenche pour une pression correspondant à:  
(température extérieure la plus chaude prévue en été) + (différence entre  $t^\circ$  condensation et  $t^\circ$  d'entrée d'air du condenseur).

La pression de coupure est réglée ainsi:  
(température d'enclenchement + température de sécurité (10°C))

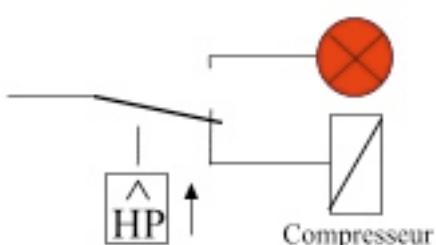
Le réglage différentiel ne doit pas dépasser 6 bars.

**Exemple:**

Enclenchement =  $30^{\circ}\text{C} + 12^{\circ}\text{C} = 42^{\circ}\text{C}$  (soit 15 bars pour du R22)

Coupure =  $42^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C} = 52^{\circ}\text{C}$  (soit 20 bars)

Donc  $20 - 15 = 5$  bars de différentiel.

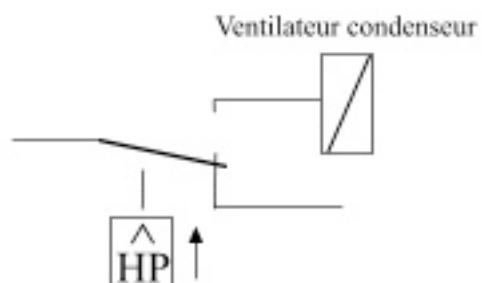


# ELEMENTS D'UN CIRCUIT FRIGORIFIQUE

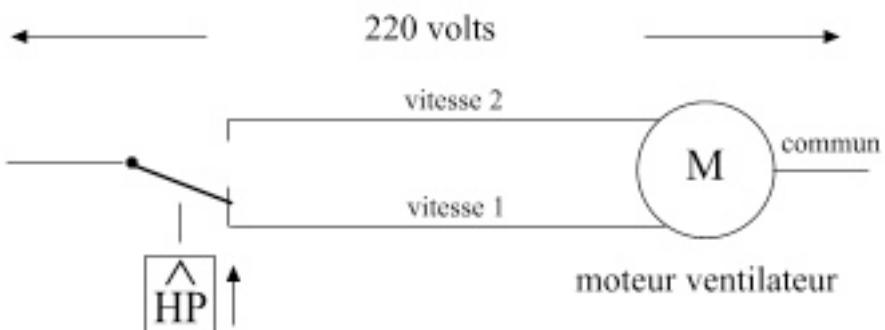
## Pressostat HP en régulation:

Le pressostat est utilisé pour enclencher le ou les ventilateurs du condenseur faisant ainsi varier la pression HP.

### Pressostat régulant un ventilateur 0 ou 100 % (arrêt ,marche)

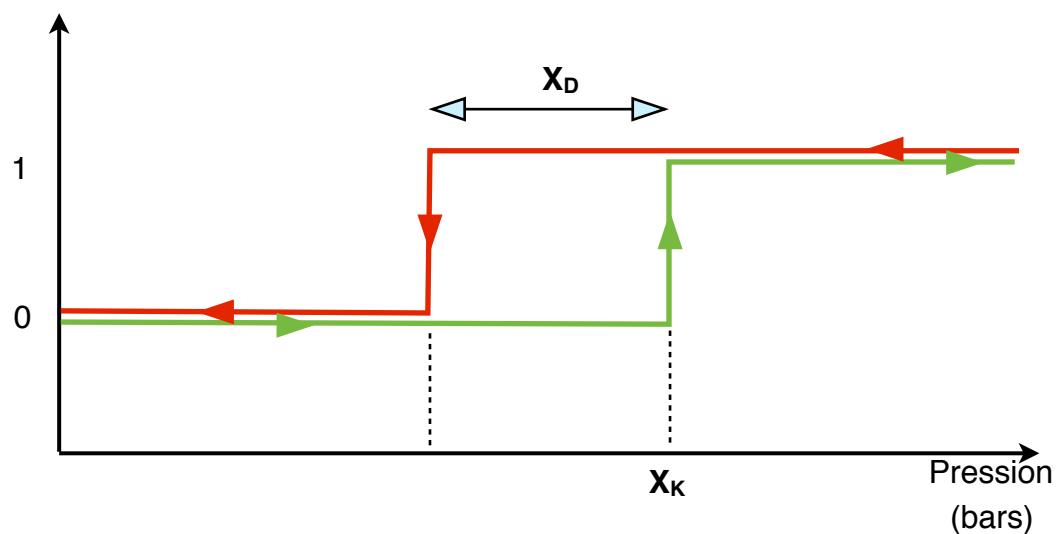
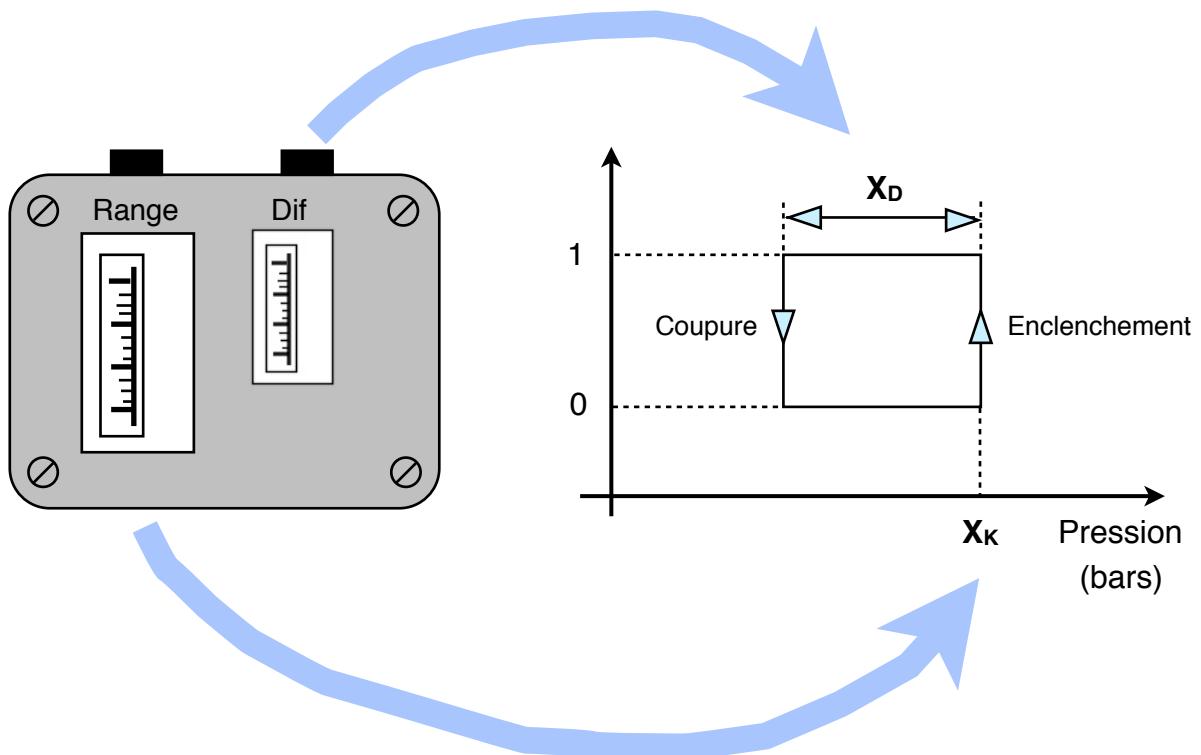


### Pressostat régulant un ventilateur 2 vitesses 50 ou 100 %



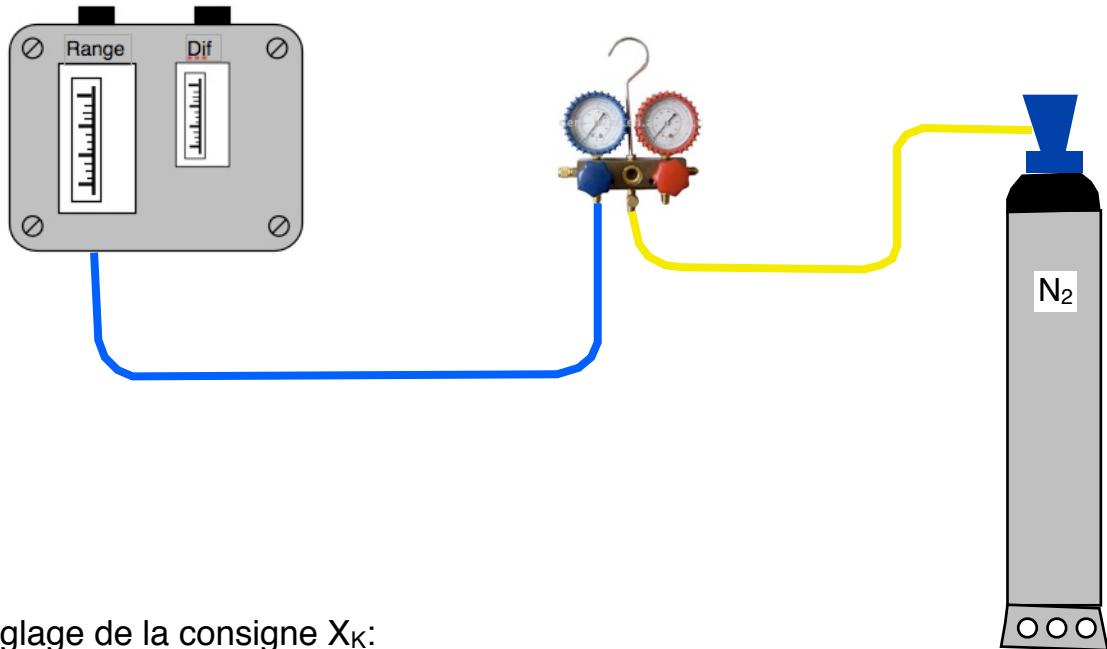
# ELEMENTS D'UN CIRCUIT FRIGORIFIQUE

## Méthode de Réglage d'un Pressostat BP

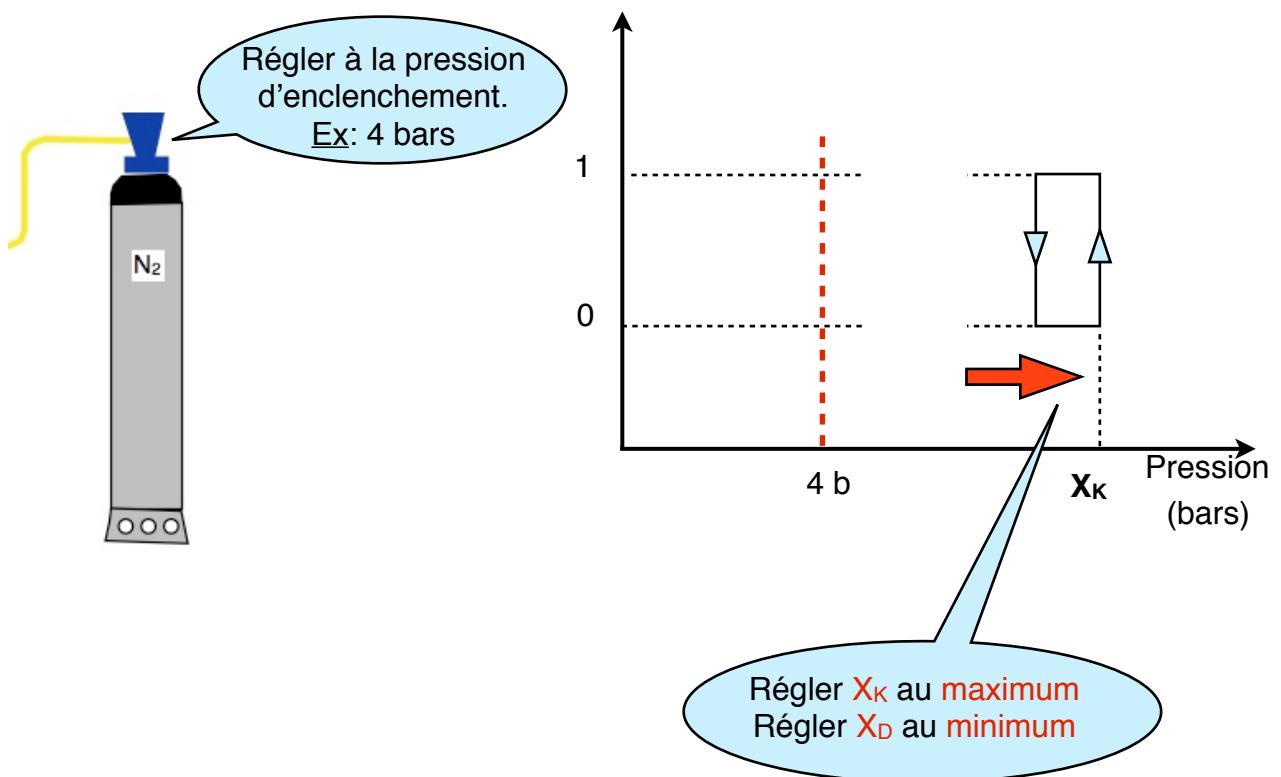


# ELEMENTS D'UN CIRCUIT FRIGORIFIQUE

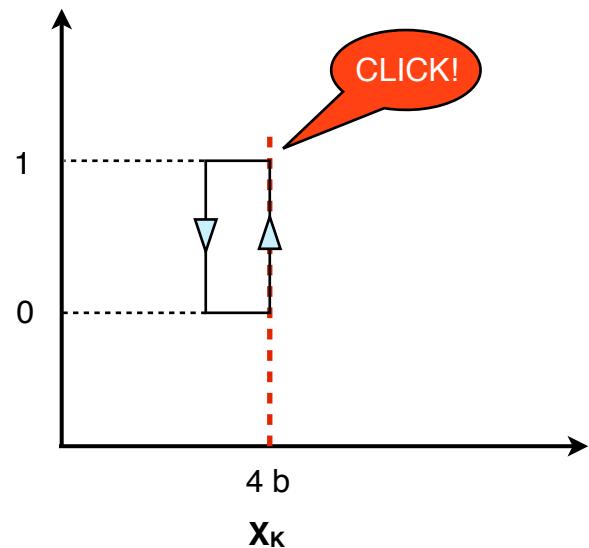
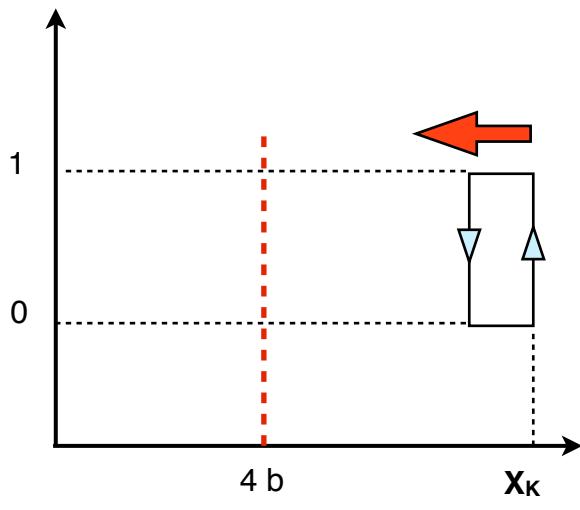
Montage:



Réglage de la consigne  $X_K$ :

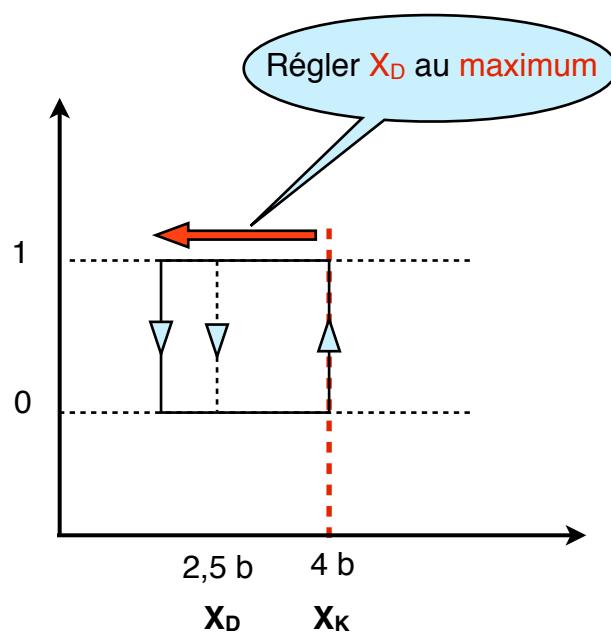
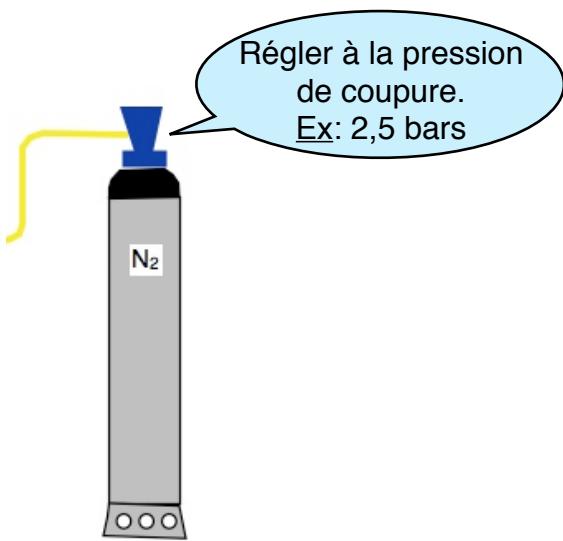


## ELEMENTS D'UN CIRCUIT FRIGORIFIQUE

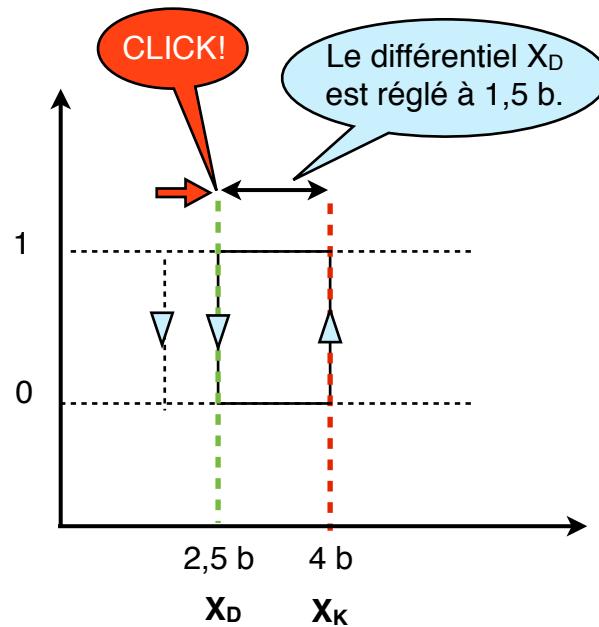
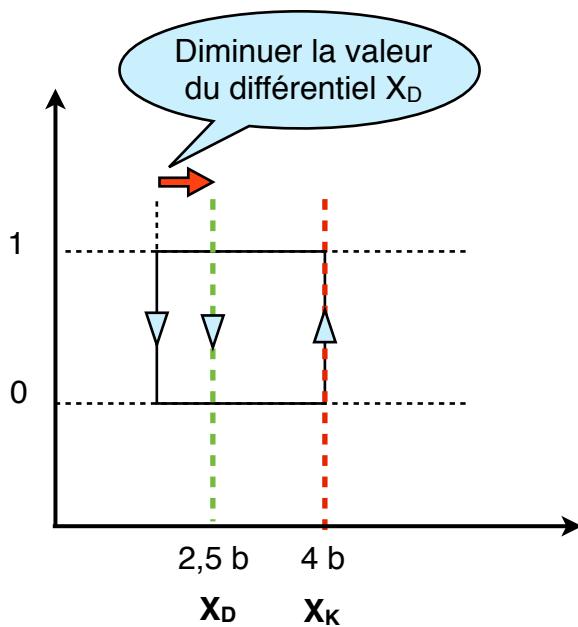


Diminuer le point de consigne  $X_K$

### réglage du différentiel $X_D$ :

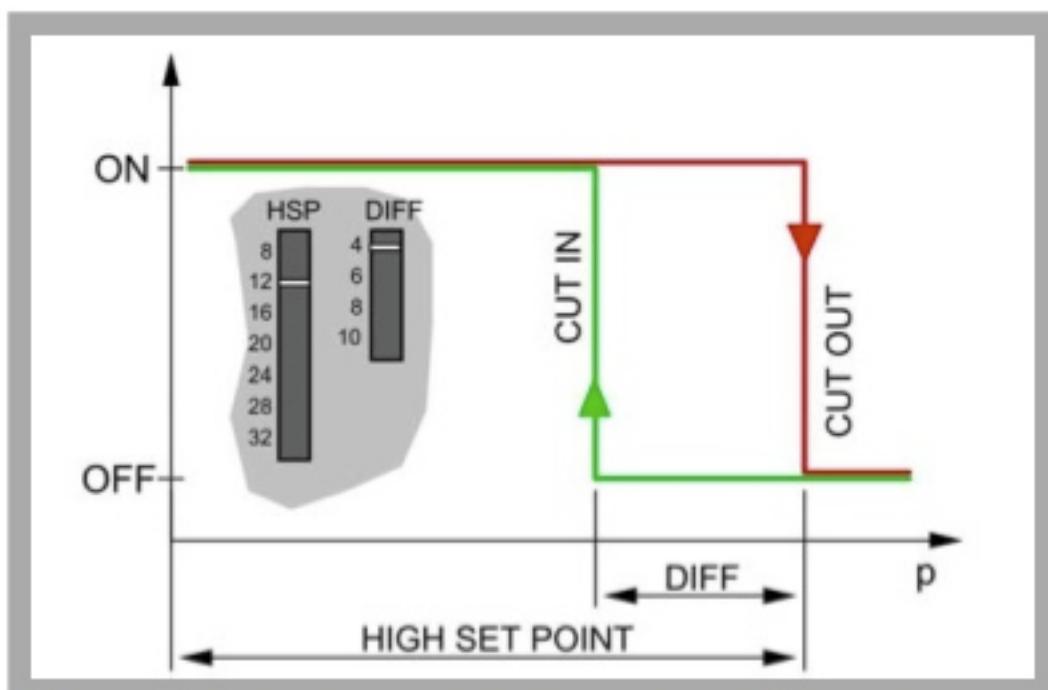


# ELEMENTS D'UN CIRCUIT FRIGORIFIQUE



## Méthode de Réglage d'un Pressostat HP

Le réglage d'un pressostat HP suit la même logique que celle vue pour le pressostat BP. Néanmoins, les rôles de la consigne et de la valeur du différentiel sont inversés:



Ajustage et fonction d'un pressostat haute pression: HSP pression de déclenchement, DIFF différence de commutation, CUT IN enclencher, CUT OUT déclencher

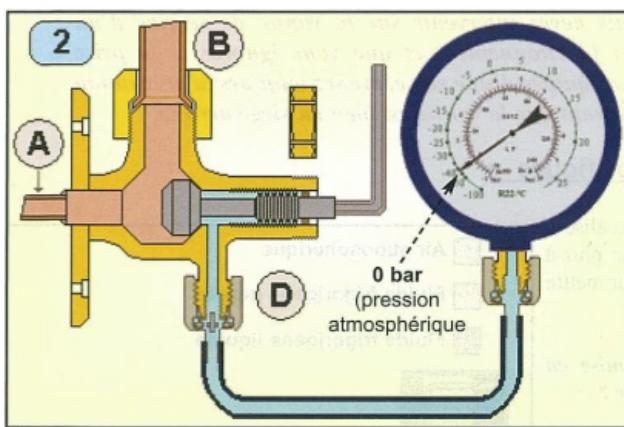
# ELEMENTS D'UN CIRCUIT FRIGORIFIQUE

## Les Vannes de Service

Les vannes de services permettent de raccorder le manifold sur le circuit et de le démonter sans perdre de fluide.

Il existe principalement 2 types de vannes de service:

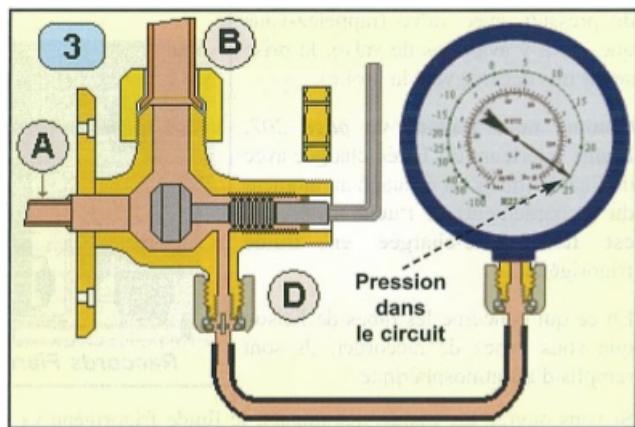
### 1) Vanne de service avec prise de pression sans valve



**Vanne en siège arrière:**

La prise de pression (D) est complètement isolée du circuit.

*On reconnaît visuellement ce type de vanne par le fait que la prise de pression est décalée contrairement à l'autre type de vanne).*

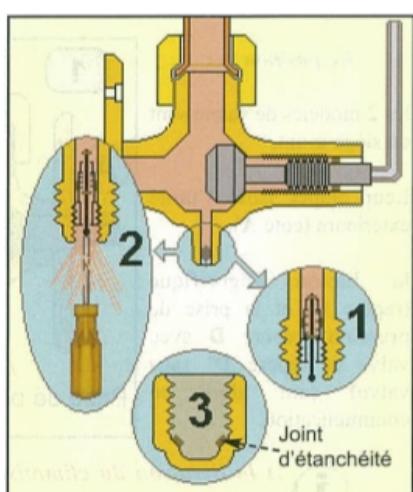


**Vanne en position intermédiaire:**

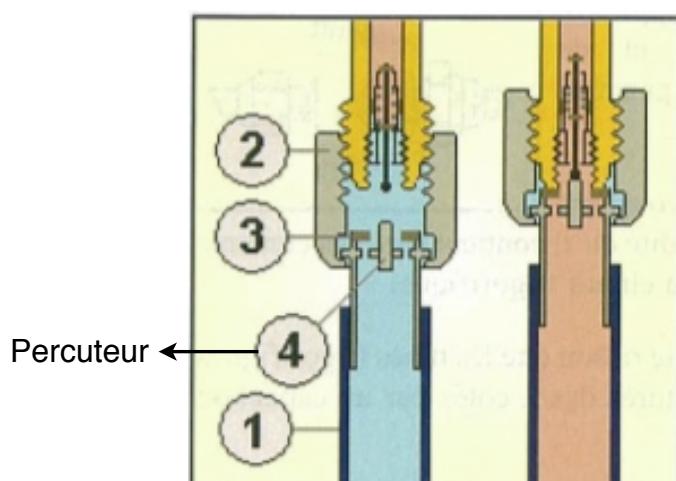
La prise de pression (D) est en communication avec le circuit.

*Attention à ne pas mettre la vanne trop en siège avant au risque de créer une pré-détente.*

### 2) Vanne de service avec prise de pression à valve



Quelle que soit la position de la vanne, il est impossible d'isoler la prise de pression.



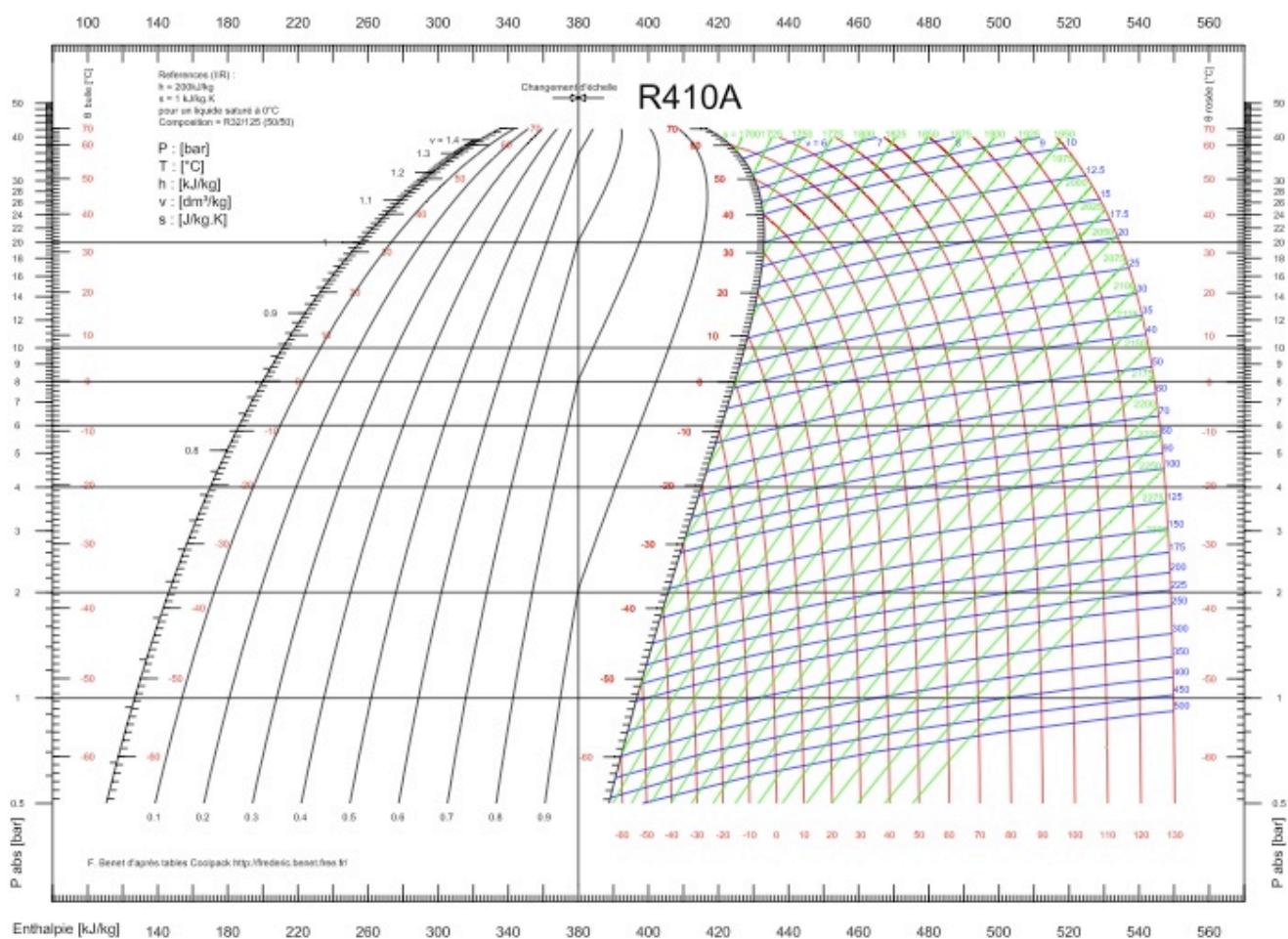
C'est pourquoi la prise de pression est équipée d'une prise à valve (aussi appelée **prise Schrader**) similaire à celle d'une chambre à air.

# DIAGRAMME ENTHALPIQUE

## Diagramme Enthalpique

Toutes les caractéristiques thermodynamiques d'un fluide (*pression, enthalpie,  $T^\circ$ , etc...*) ainsi que ces différents états (*liquide, vapeur*) sont représentés **GRAPHIQUEMENT** sur le diagramme enthalpique.

Ce diagramme permet de représenter de manière **simple et graphique** l'évolution d'un fluide au cours de chaque transformation. C'est donc un outil pratique pour suivre l'évolution d'un fluide au cours du cycle frigorifique.



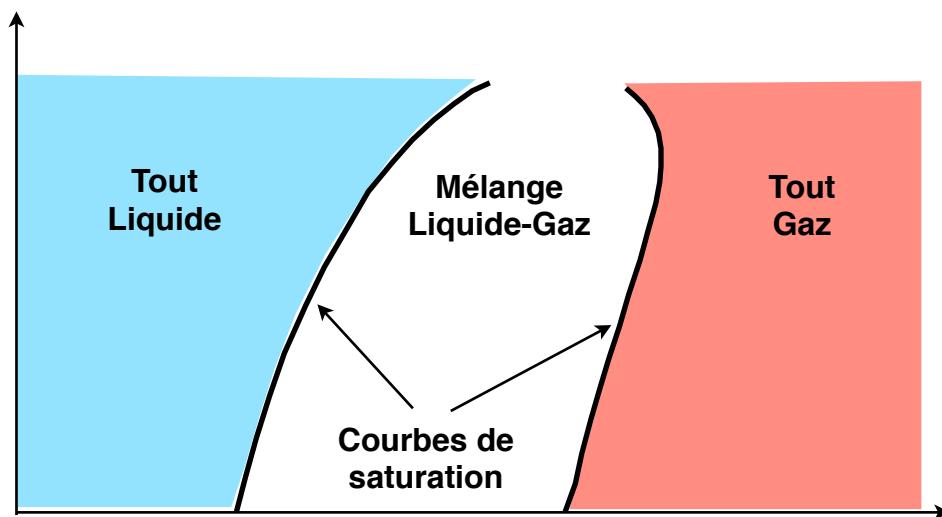
Chaque fluide possède son propre diagramme enthalpique. C'est en quelque sorte sa **carte d'identité**.

# DIAGRAMME ENTHALPIQUE

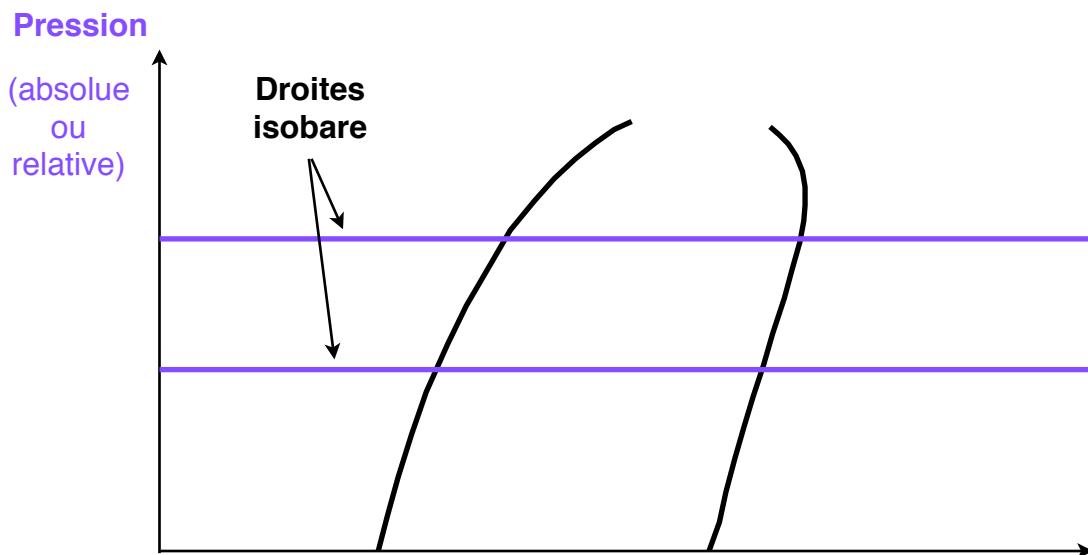
## Lecture du Diagramme Enthalpique

Tous les paramètres thermodynamiques ainsi que les différents états du fluide sont représentés sur le diagramme. Il convient de savoir les repérer sur le diagramme pour pouvoir l'exploiter.

**1) Etats Liquide - Vapeur:** on distingue 3 zones



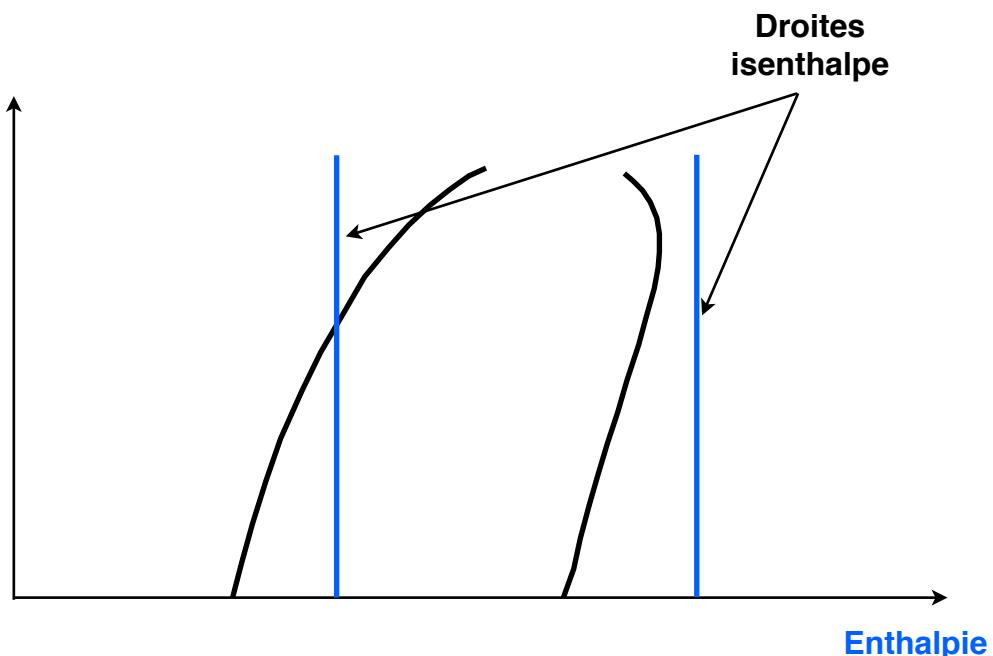
**2) Isobare:** droites de pressions constantes (**bar**)



## DIAGRAMME ENTHALPIQUE

---

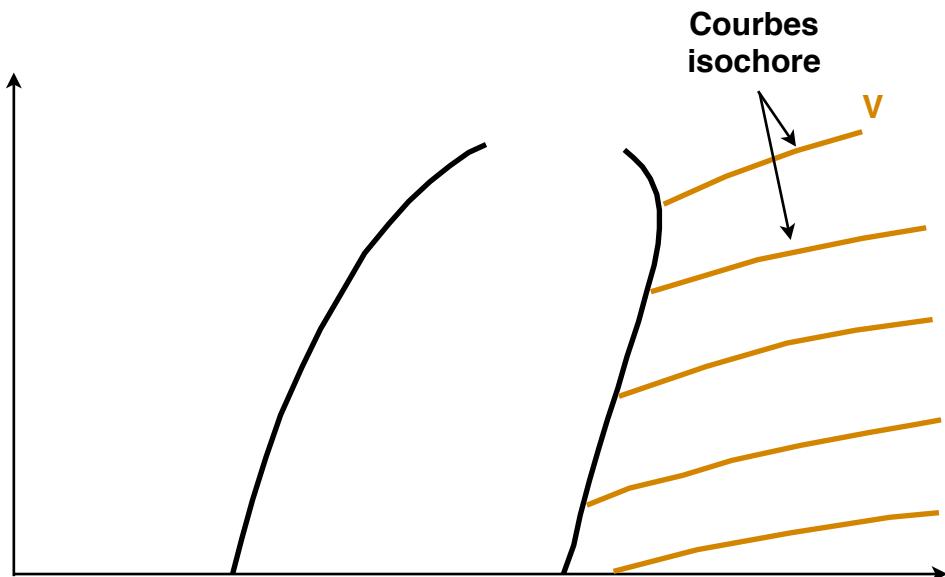
3) **Isenthalpe:** droite d'enthalpie constante (**KJ/kg**)



4) **Isochore:** courbe de volume massique constant (**dm<sup>3</sup>/kg**)

Ces courbes sont repérées avec un "V".

Les isochores sont très utiles pour calculer le débit masse traversant le compresseur. Elles permettent de déterminer la vitesse de circulation du fluide dans les tuyauteries d'aspiration et de refoulement.

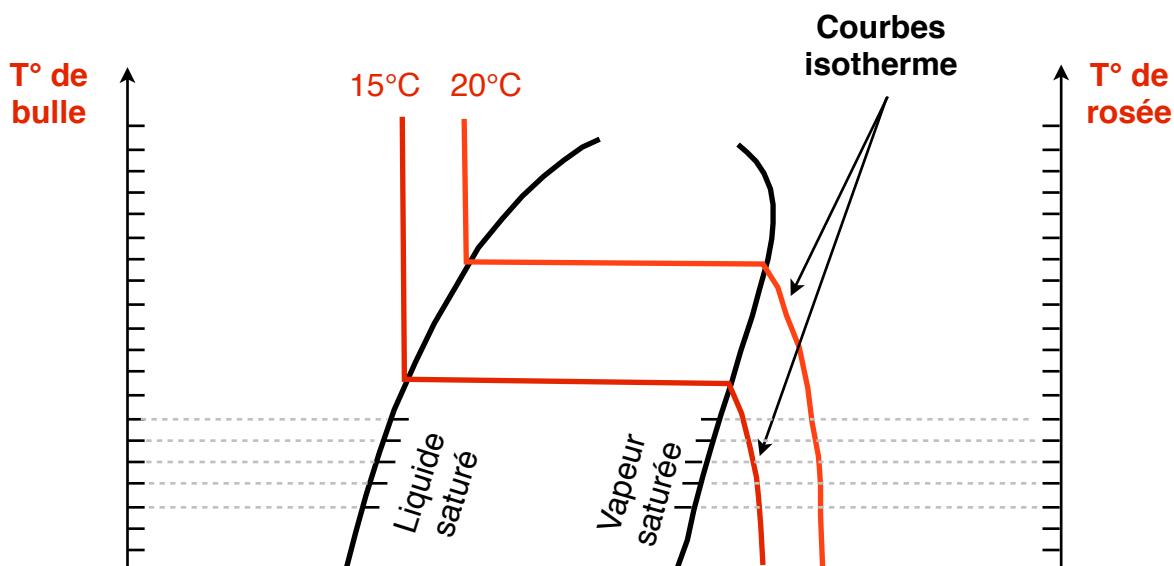


# DIAGRAMME ENTHALPIQUE

## 5) Isotherme: Courbe de température sensible constante ( $^{\circ}\text{C}$ )

Les courbes d'isotherme sont très particulières.

- Dans la partie liquide, l'isotherme est isenthalpe.
- Dans la partie mélange, l'isotherme est isobare.
- Dans la partie vapeur, l'isotherme est courbe.



Sur la gauche (partie liquide), on trouve une échelle de température appelée "**T° de bulle**". C'est la  $\text{T}^{\circ}$  à laquelle la première bulle de vapeur se forme (si on va vers la vapeur) ou bien la dernière bulle de vapeur disparaît (si on va vers la condensation).

Cette échelle de  $\text{T}^{\circ}$  de bulle est projetée sur la courbe de **saturation liquide** pour faciliter la lecture du diagramme.

Sur la partie droite (partie vapeur), on trouve une échelle de température appelée "**T° de rosée**". C'est la  $\text{T}^{\circ}$  à laquelle la dernière goutte de liquide disparaît (si on va vers la vapeur) ou bien la première goutte de liquide se forme (si on va vers la condensation).

Cette échelle de  $\text{T}^{\circ}$  de rosée est projetée sur la courbe de **saturation vapeur** pour faciliter la lecture du diagramme.

Pour les fluides **azéotropiques** (sans glissement), ces 2 échelles sont alignées.

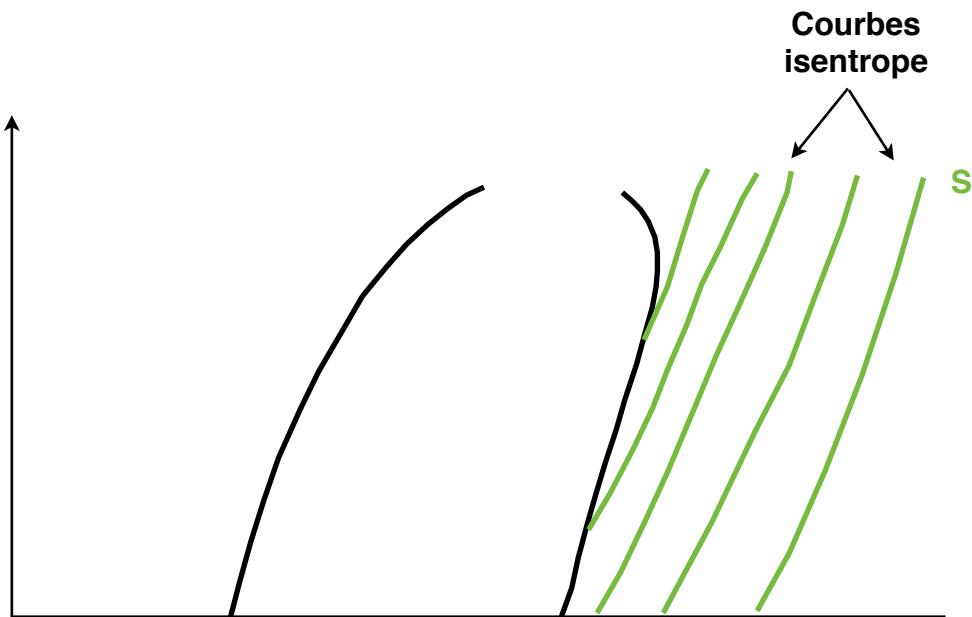
Pour les fluides **zéotropiques** (avec glissement), ces 2 échelles sont décalées (voir chapitre sur les fluides à glissement).

# DIAGRAMME ENTHALPIQUE

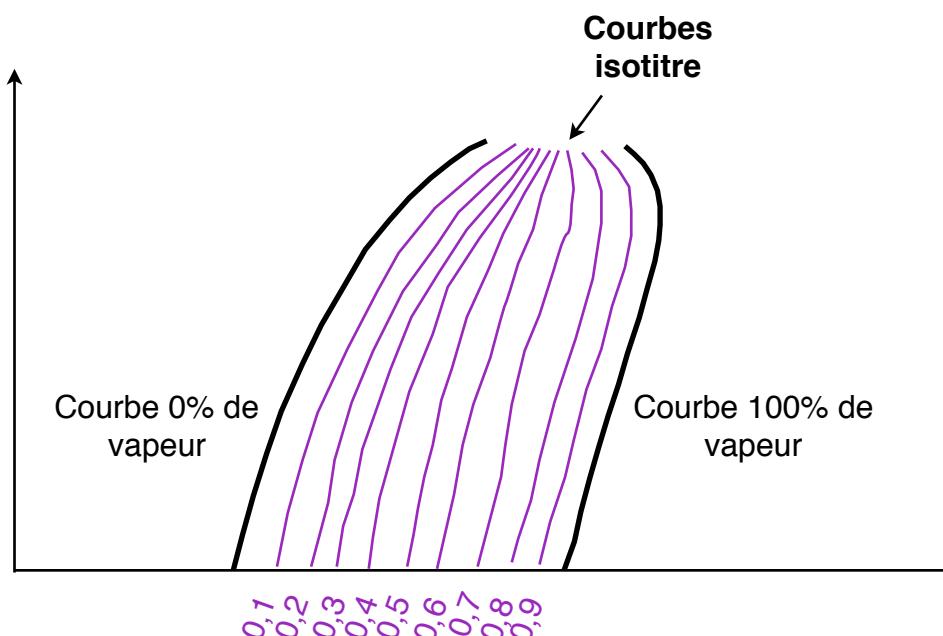
**6) Isentrope:** Courbe adiabatique (J/kg.K)

Ces courbes sont repérées avec un "S".

Ces courbes sont aussi appelées courbes de compressions théoriques car lors de la compression des vapeurs sans échange thermique avec le compresseur (ce qui n'arrive jamais), la vapeur monte en pression et en température suivant le tracé de la courbe S.



**7) Isotitre:** Courbe de proportion constante de la masse de vapeur dans le mélange (%)



# **SURCHAUFFE ET SOUS-REFROIDISSEMENT**

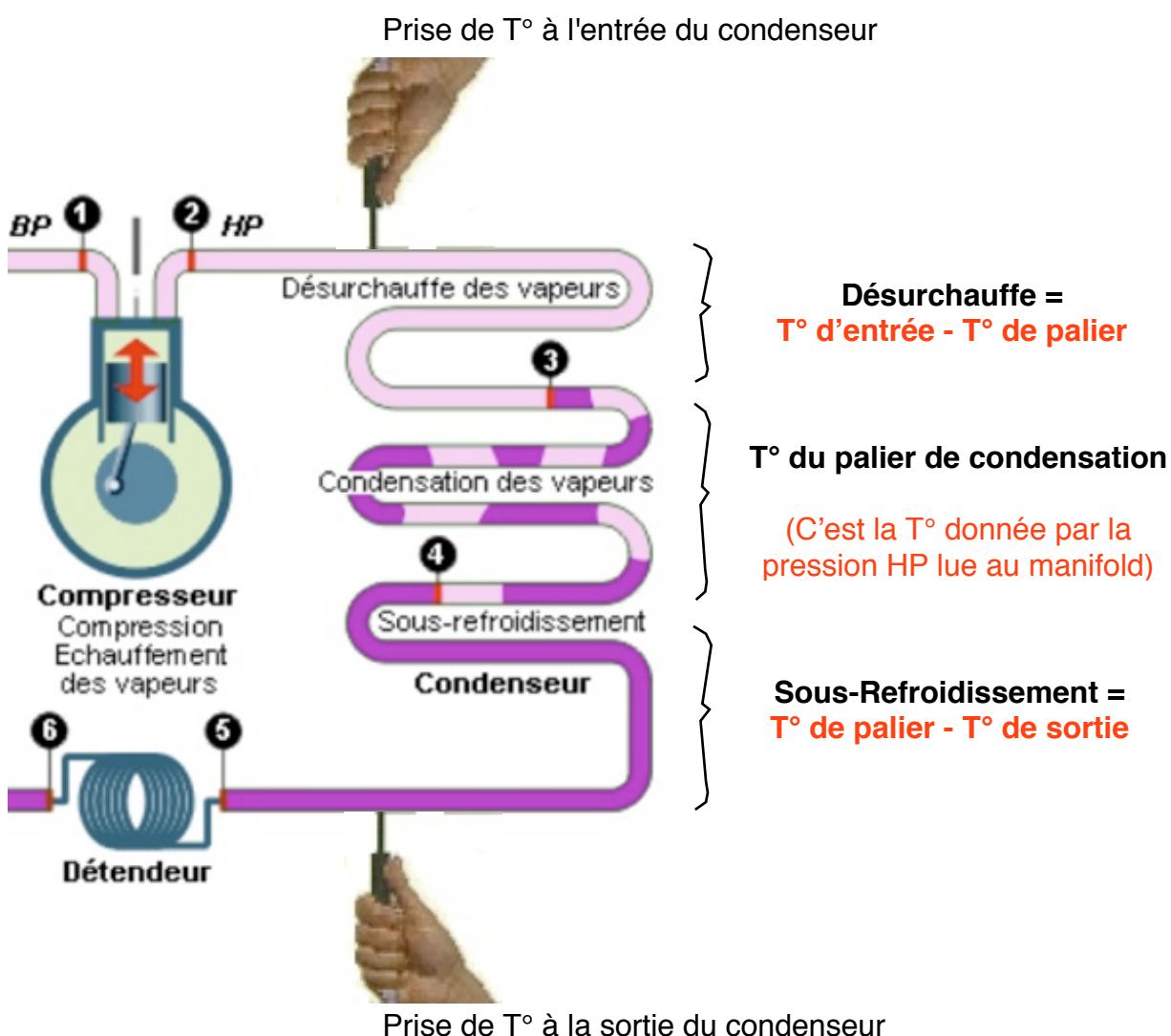
## **Rôles de la Surchauffe et du Sous-Refroidissement**

La “surchauffe” et le “sous-refroidissement” sont des mesures de  $T^\circ$  que l'on fait à des endroits précis de l'installation frigorifique. Leurs valeurs donnent de précieuses informations sur le fonctionnement de l'installation.

Le frigoriste est capable à partir de ces relevés de  $T^\circ$  d'en déduire quelle est la panne ou le problème de l'installation.

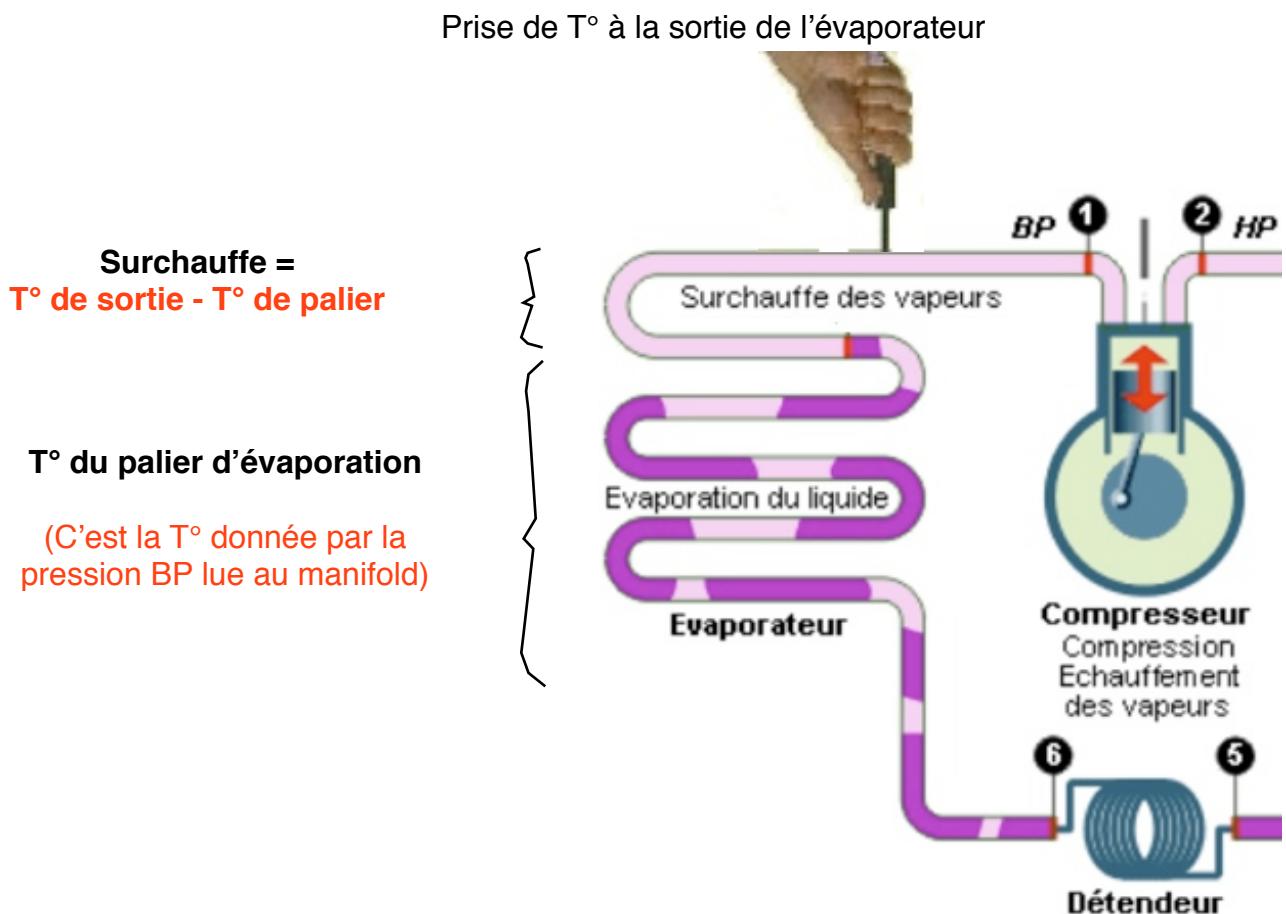
## **Mesure du Sous-Refroidissement**

Pour pouvoir dessiner le cycle de l'installation frigorifique sur le diagramme enthalpique, on a besoin de mesurer, en plus du **sous-refroidissement**, la mesure de la **désurchauffe**.



# **SURCHAUFFE ET SOUS-REFROIDISSEMENT**

## **Mesure de la Surchauffe**



## **Importance du Sous-Refroidissement et de la Surchauffe**

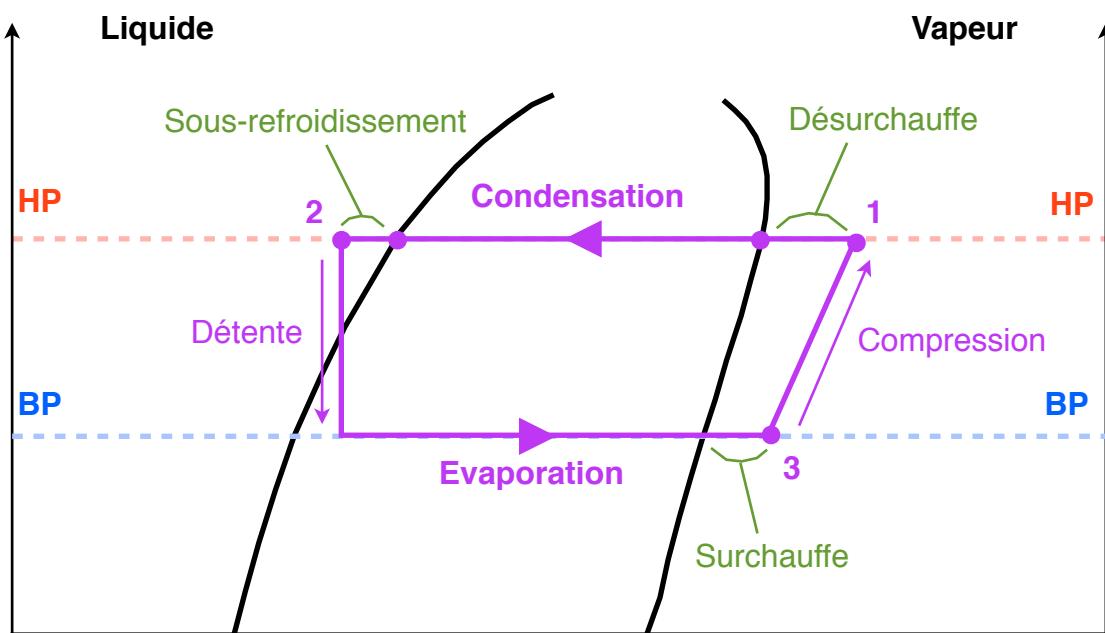
L'existence d'un sous-refroidissement et d'une surchauffe est très importante pour le bon fonctionnement du circuit frigorifique:

- **Sous-Refroidissement**: il garantie que le fluide est **100% liquide** en sortie de condenseur. C'est très important d'arriver en "tout-liquide" au détendeur pour son bon fonctionnement.
- **Surchauffe**: elle garantie que l'on est en **100% gaz** en sortie d'évaporateur avant d'arriver au compresseur. Cela permet de ne pas avoir de "coup de liquide" au compresseur.

# **SURCHAUFFE ET SOUS-REFROIDISSEMENT**

## **Le diagramme de Mollier**

Ce diagramme permet de suivre sur le diagramme enthalpique le cycle complet des transformations du fluide dans une machine frigorifique.



Tracer le diagramme de Mollier est très simple:

- Tracer les 2 droites horizontales correspondant chacune à la HP et à la BP lues sur le manifold.
- Relever la  $T^\circ$  aux 3 points du circuits
  - en entrée de condenseur (donnera la désurchauffe)
  - en sortie de condenseur (donnera le sous-refroidissement)
  - en sortie d'évaporateur (donnera la surchauffe)
- Placer ces 3 points sur les droites HP et BP
  - lire les valeurs de surchauffe, désurchauffe, sous-refroidissement

# **SURCHAUFFE ET SOUS-REFROIDISSEMENT**

## **Remarques**

Nous venons de voir que le sous-refroidissement (ainsi que la désurchauffe) se calcule par rapport à la  $T^\circ$  de palier de condensation.

De même, la surchauffe se calcule par rapport à la  $T^\circ$  de palier d'évaporation.

Pour les fluides sans glissement, la  $T^\circ$  est constante pendant tout le palier de condensation ou d'évaporation. Il n'y a donc pas de confusion possible et la surchauffe et sous-refroidissement se calculent facilement.

Pour les fluides à glissement, **la  $T^\circ$  sensible évolue** pendant les paliers de condensation et d'évaporation. Se pose alors la question de savoir quelle  $T^\circ$  doit être utilisée pour en déduire surchauffe et sous-refroidissement?

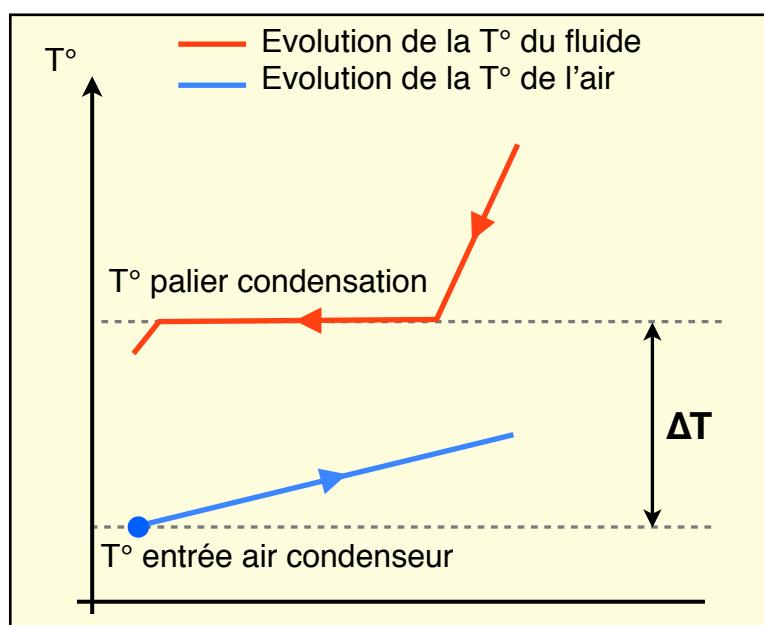
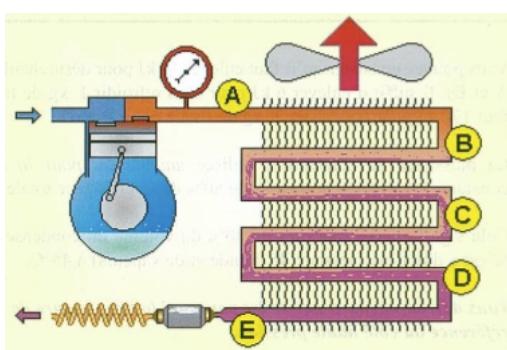
C'est ce que nous allons voir dans le chapitre suivant.

## **Pressions HP et BP et " $\Delta T$ "**

Les pressions HP et BP qui s'établissent dans le circuit frigorifique **ne dépendent que de la température ambiante** autour du condenseur et de l'évaporateur.

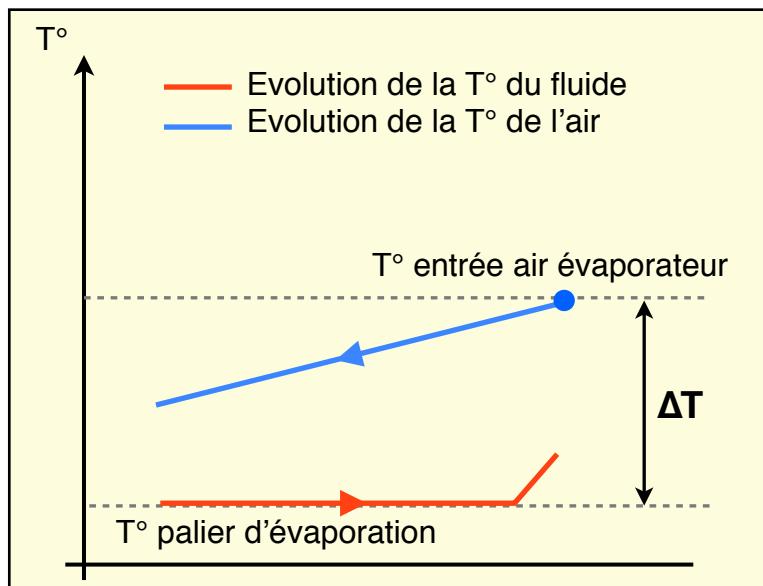
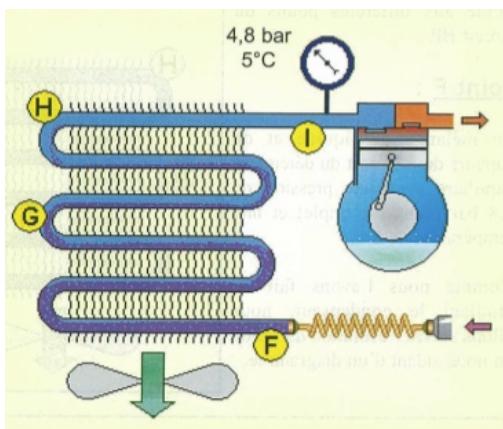
En mesurant cette température ambiante, il est donc possible **de prédire** la valeur des pressions HP et BP. Si on trouve des valeurs différentes, c'est qu'il y a un problème quelque part.

### **$\Delta T$ au condenseur:**



# SURCHAUFFE ET SOUS-REFROIDISSEMENT

$\Delta T$  à l'évaporateur:



Valeurs Normales de  $\Delta T$ , Surchauffe et SR

$T^{\circ}$ condensation ( $T_k$ ) =	$T_{\text{entrée d'air}} + \Delta T$	avec $\Delta T =$	10 à 20°C
$T^{\circ}$ évaporation ( $T_o$ ) =	$T_{\text{entrée d'air}} - \Delta T$	avec $\Delta T =$	15 à 20°C (en Clim)
		avec $\Delta T =$	10 à 12°C (en Froid +5°C)
		avec $\Delta T =$	5°C (en Froid -20°C)
$T^{\circ}$ de surchauffe =	5 à 8 K		
$T^{\circ}$ de sous-refroidissement =	4 à 6 K		

Ces valeurs sont données pour des condenseurs et évaporateurs à air.

# LES FLUIDES A GLISSEMENT

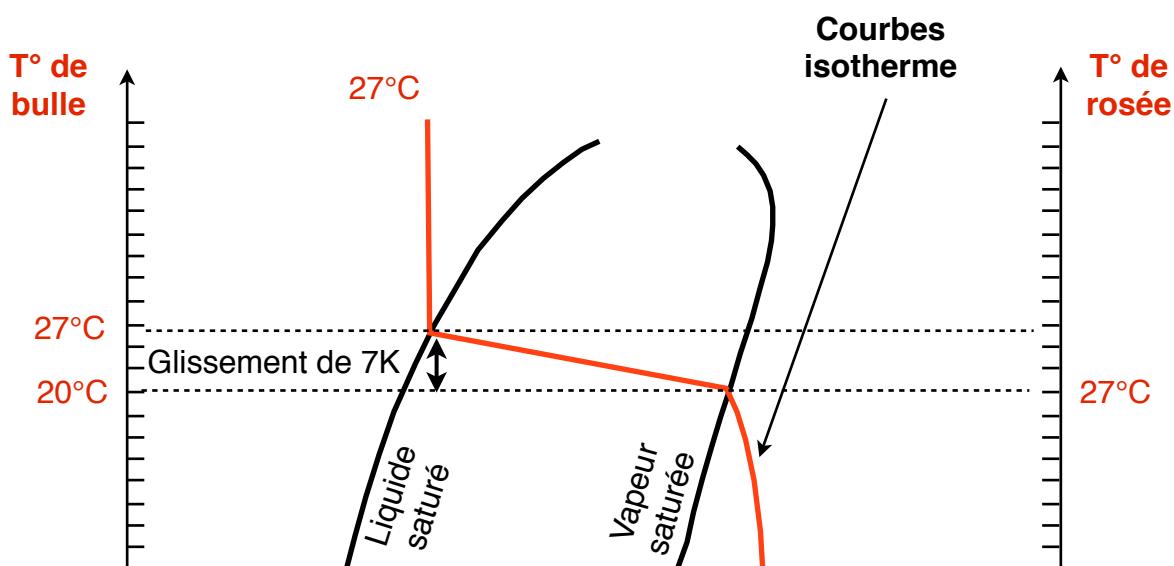
## Qu'est ce qu'un Fluide à Glissement?

Un fluide à glissement est un fluide **composé de différents fluides** ayant des T° d'évaporation/condensation différentes entre eux.

Ainsi, lorsque le 1er fluide va commencer à se condenser, les autres fluides vont continuer à voir leur température sensible diminuer.

Cela veut dire que entre le moment où le fluide à glissement commence par exemple à se condenser, et lorsqu'il a fini de se condenser, la température a bougé.

Sur un **diagramme enthalpique**, cela se traduit ainsi:



Pour un fluide à glissement, les échelles de T° de bulle et T° de rosée ne sont plus alignées. Il y a un décalage (glissement) qui dépend du fluide.

Pour le R407, le glissement est d'environ 7K. (voir graphique ci-dessus)  
Cette valeur varie un peu avec la pression.

# LES FLUIDES A GLISSEMENT

## Surchauffe et Sous-Refroidissement avec un Fluide à Glissement

Avec un fluide à glissement, on ne peut plus parler de  $T^\circ$  de palier d'évaporation (ou de condensation) car la  $T^\circ$  évolue pendant le palier.

Les valeurs de désurchauffe, sous-refroidissement et de surchauffe se calculent par rapport à la  $T^\circ$  de rosée ou de bulle:

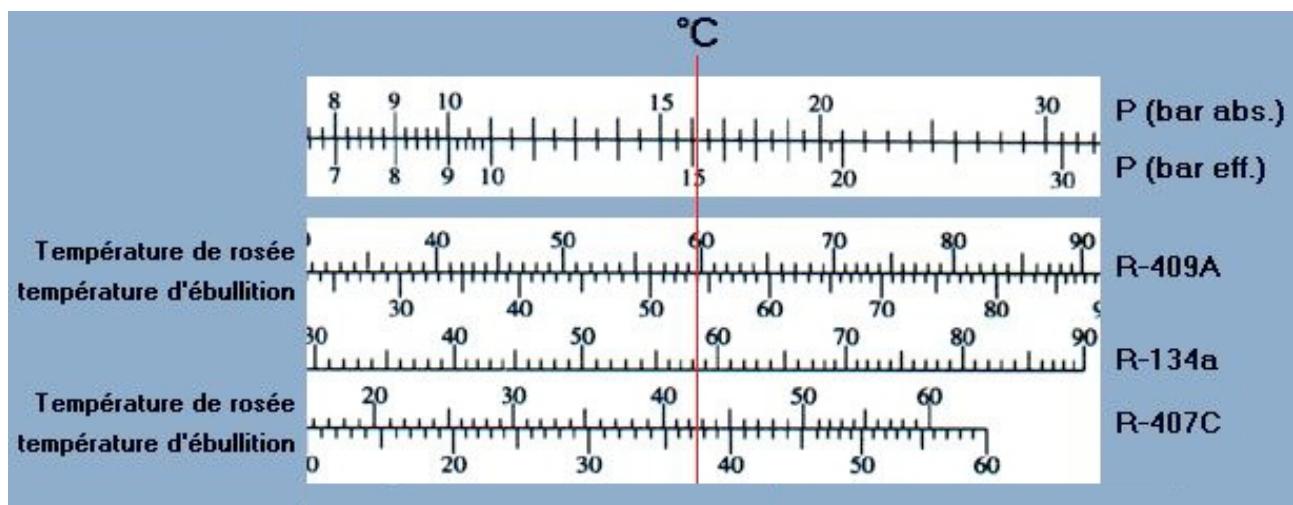
- **Désurchauffe:** écart de  $T^\circ$  entre l'entrée du condenseur et la  $T^\circ$  de rosée (à la pression HP)
- **Sous-refroidissement:** écart de  $T^\circ$  entre la  $T^\circ$  de bulle (à la pression HP) et la  $T^\circ$  de sortie du condenseur.
- **Surchauffe:** écart de  $T^\circ$  entre la  $T^\circ$  de sortie d'évaporateur et la  $T^\circ$  de rosée (à la pression BP).

Sur les manifolds, on trouve généralement l'échelle de  $T^\circ$  de bulle sur le mano HP (pour en déduire le SR) et celle de  $T^\circ$  de rosée sur le mano BP (pour en déduire la Surchauffe).

## Connaître le Glissement d'un Fluide ( $T^\circ$ de bulle et $T^\circ$ de rosée)

Sur les diagrammes enthalpiques, les échelles de  $T^\circ$  de bulles et de  $T^\circ$  de rosée sont déjà décalées. Il suffit de lire ce décalage pour une pression donnée.

Il existe également des régllettes:



## Fluides à Glissement et Fuites

Lorsqu'on détecte une fuite dans un circuit contenant un fluide à glissement, le fluide récupéré **NE PEUT PLUS ÊTRE UTILISE**. En effet, le fluide étant composé de plusieurs fluides, il s'avère que c'est le même fluide qui va s'échapper, laissant les autres à l'intérieur. Les proportions chimiques du mélange sont donc modifiées. Les propriétés du fluide à glissement sont alors fortement modifiées.

# MESURER UN COP

## Définition du COP

“COP” signifie: Coefficient de Performance.

Les machines frigorifiques ont un principe de fonctionnement très intéressant du point de vue énergétique car une faible quantité d'énergie fournie au compresseur permet de transférer une grande quantité de chaleur de l'évaporateur vers le condenseur.

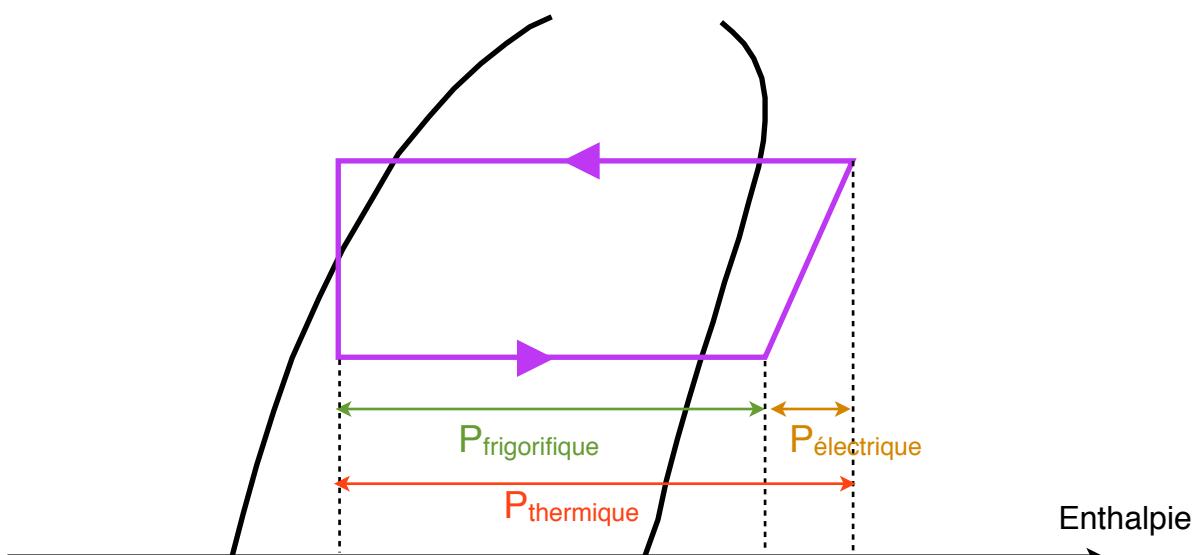
L'utilisateur paie donc l'énergie nécessaire au fonctionnement du compresseur et la récupère intégralement (*lorsqu'il fait du “chaud”*) additionnée de celle prélevée “gratuitement” à la source froide.

Le Coefficient de Performance est le rapport entre l'énergie totale obtenue sur l'énergie dépensée:

$$\text{COP} = \frac{\text{Puissance Thermique}}{\text{Puissance Electrique dépensée}}$$

## COP et Diagramme de Mollier

Le COP se visualise facilement sur le diagramme de Mollier:



# MESURER UN COP

## COP “Froid” et COP “Chaud”

Une pompe à chaleur réversible aura toujours un COP “Froid” moins bon que le COP “Chaud”.

On le voit bien graphiquement sur le diagramme de Mollier.

La raison est simple: en mode “Chaud”, on récupère la chaleur produite par le compresseur.

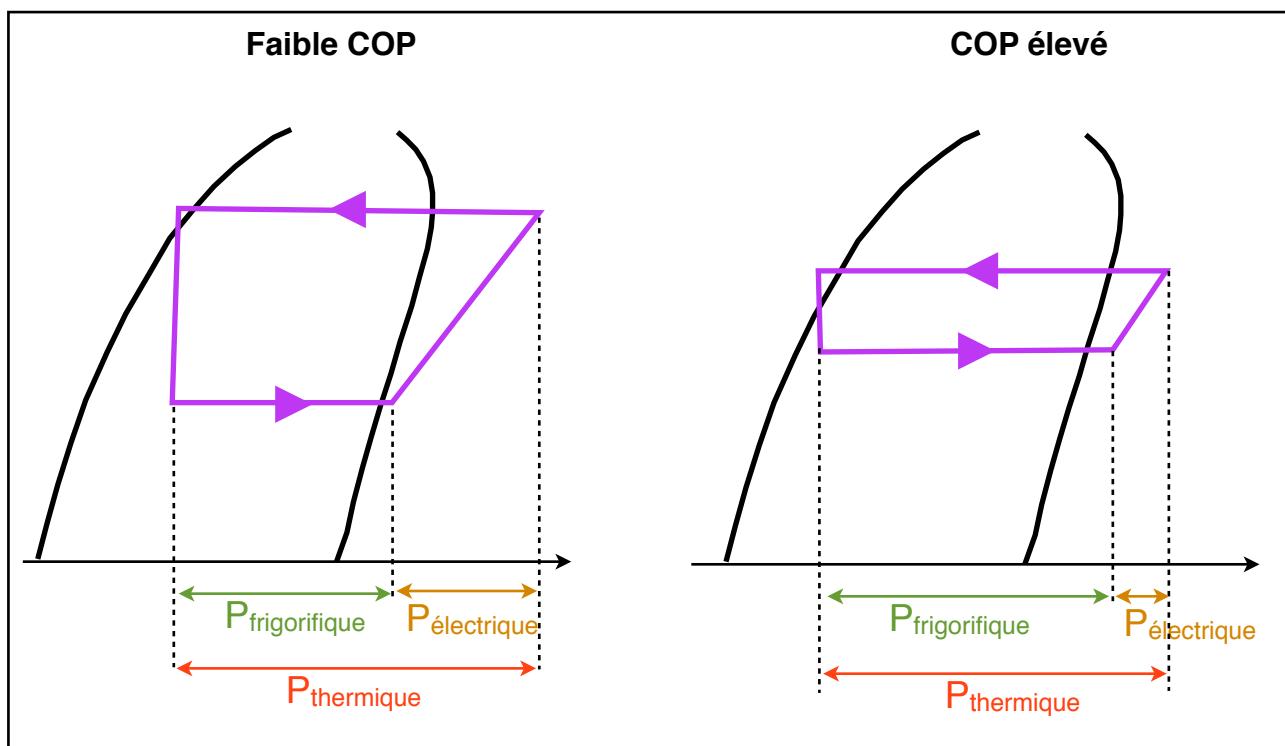
(*Remarque: le COP est un rendement. Cependant, comme le COP est supérieur à 1, cela gênait les scientifiques car un rendement ne peut être supérieur à 1. Ils lui ont donc donné le nom de “Coefficient de Performance”.*)

## Evolution du COP

Le COP évolue en fonction de l'écart de  $T^\circ$  entre la source froide et la source chaude. Un grand écart de  $T^\circ$  implique un grand écart entre la BP et la HP.

Plus l'écart est grand, moins bon est le COP.

Cela se démontre facilement sur le diagramme de Mollier:



# MESURER UN COP

Les pompes à chaleurs sont principalement utilisées en mode “Chaud” pour avoir du chauffage l'hivers. Les fabricants donnent généralement le COP à 7°C de température extérieure. Mais en plein hivers, lorsque la température chute par exemple à -5°C ou -8°C, l'écart de T° avec l'intérieur est plus grand et donc le COP diminue.

De plus, les pompes à chaleur Air-Eau donne un sur  $\Delta T$  l'eau qui n'est pas grand (moins qu'en chauffage traditionnel). Si on installe alors une pompe à chaleur sur une installation de chauffage ancienne qui n'est pas prévue pour fonctionner dans ce régime, on risque de ne pas chauffer suffisamment.

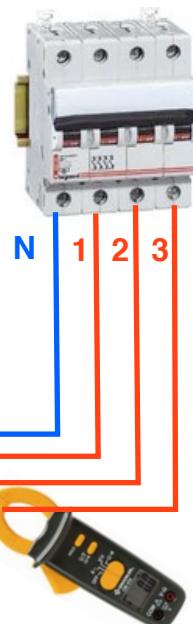
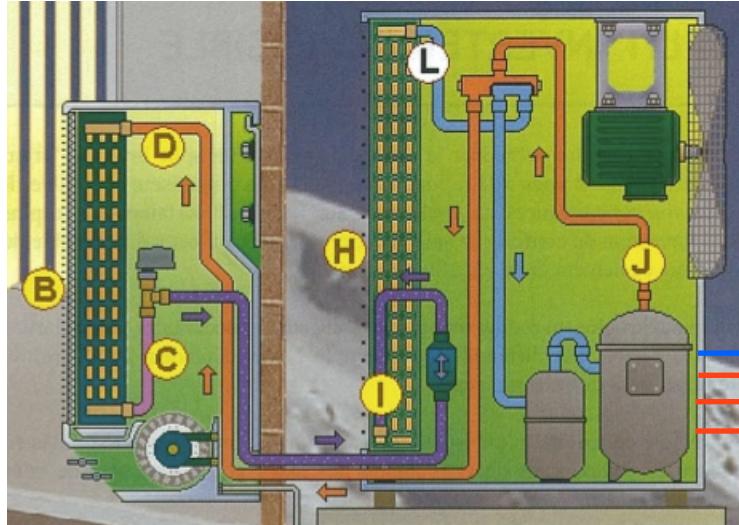
L'idéal est d'installer une pompe à chaleur dans une maison nouvelle dont l'installation de chauffage a été prévue pour de la basse température (ex: plancher chauffant, etc...).

## Mesure Pratique d'un COP

En pratique, on fait 2 mesures:

- une mesure de **consommation électrique** dans l'armoire électrique (pince ampèremétrique)
- une mesure de **puissance thermique** sur le circuit de chauffage (avec le débit et le  $\Delta T$  sur l'eau)

### 1) Mesure de la puissance électrique consommée:



# MESURER UN COP

Dans une installation de climatisation ou une installation frigorifique, on trouve des appareils électriques pouvant fonctionner en **triphasé** et en **monophasé**.

Appareil triphasé:

- moteur compresseur

Appareils monophasés:

- Boîtier de contrôle
- moteurs ventilateurs d'évaporateur et de condenseur

Principe de mesure:

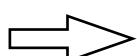
On mesure à la **pince ampèremétrique** l'intensité sur les phases Ph1, Ph2 et Ph3.

Comme les équipements monophasés sont alimentés par l'une des phases, on trouvera une phase avec une intensité supérieure aux 2 autres (qui auront une intensité identique).

On en déduit donc l'intensité triphasée et l'intensité monophasée.

Exemple:

$$\begin{aligned} \text{Ph1} &= 8 \text{ A} \\ \text{Ph2} &= 5 \text{ A} \\ \text{Ph3} &= 5 \text{ A} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{Intensité monophasé} &= 8 - 5 = 5 \text{ A} \\ \text{Intensité triphasée} &= 5 \text{ A} \end{aligned}$$

Il suffit ensuite d'appliquer la formule correspondante à chaque type d'intensité pour obtenir la puissance électrique totale consommée:

$$\text{Puissance monophasée} = U \times I_{\text{mono}}$$

$$\text{Puissance triphasée} = U \times I_{\text{triphasé}} \times \sqrt{3} \times \cos \phi$$

$$\text{Puissance électrique totale} = \text{Puissance mono} + \text{Puissance tri}$$

**2) Mesure de la puissance thermique récupérée:**

$$\text{Puissance thermique} = \text{Débit} \times 1,16 \times \Delta T \text{ sur l'eau}$$

**3) Calcul du COP (*instantané*):**

$$\text{COP} = \frac{\text{Puissance Thermique}}{\text{Puissance Electrique dépensée}}$$

# **DIAGNOSTIC DES PANNEES COURANTES**

---

## **Méthode de diagnostic**

Diagnostiquer une panne sur une installation frigorifique nécessite d'appliquer une méthode rigoureuse.

Lorsqu'une installation fonctionne correctement, les valeurs de HP, BP, SR et surchauffe sont connues. Des valeurs anormales sont la "signature" d'un problème particulier. Chaque type de panne possède sa propre "signature". C'est grâce à cela que le frigoriste est capable de déterminer le type de panne.

Il est important de connaître la signification de chaque paramètre:

<b>BP Trop Faible</b>	Indique obligatoirement que le compresseur <b>aspire d'avantage</b> de vapeur que l'évaporateur n'en produit.
<b>HP trop Elevée</b>	Indique soit: - <b>Mauvais échange thermique</b> au condenseur (la condensation du fluide se fait mal) - la présence d' <b>incondensables</b>
<b>Surchauffe</b>	Indique le <b>niveau de remplissage de l'évaporateur</b> en fluide liquide (comme si on voyait à travers les tubes!) - Faible surchauffe = trop de liquide dans l'évaporateur - Forte surchauffe = pas assez de liquide dans l'évaporateur
<b>Sous-Refroidissement</b>	Indique le <b>niveau de remplissage du condenseur</b> en fluide liquide (comme si on voyait à travers les tubes!) - Faible SR: pas assez de liquide dans le condenseur - Fort SR: trop de liquide dans le condenseur

### **Remarques importantes sur le symptôme "HP élevée":**

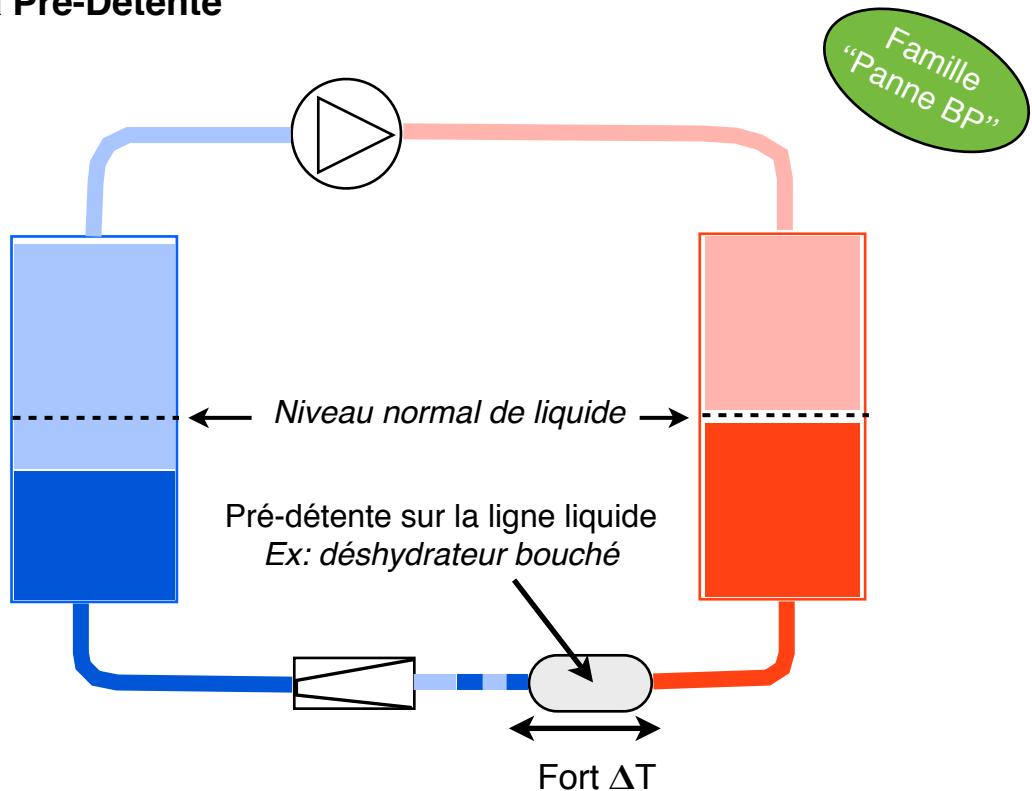
Une HP qui augmente fait "peiner" de plus en plus le compresseur.

Il en découle plusieurs conséquences:

- l'**intensité** absorbée par le compresseur **augmente** (avec le risque de faire déclencher les protection électriques)
- sa capacité d'aspiration **diminue**
- la masse de fluide en circulation **diminue** donc, ainsi que la puissance frigorifique

# DIAGNOSTIC DES PANNES COURANTES

## Panne de la Pré-Détente

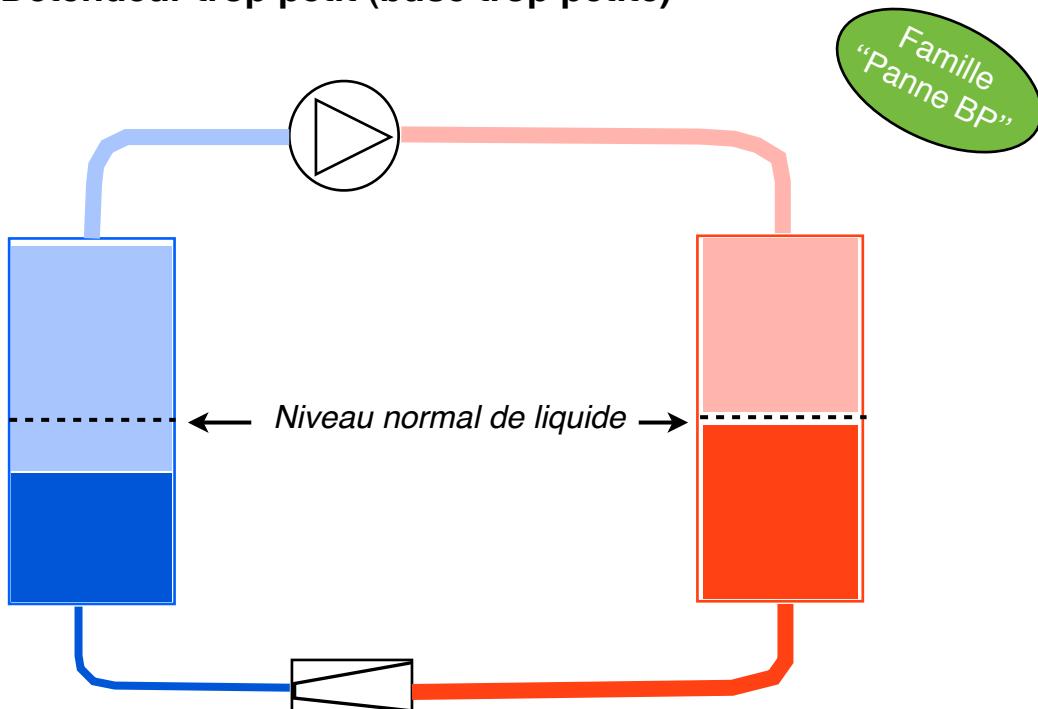


Symptômes	
Un étranglement existe sur la ligne liquide. Il se comporte comme un détendeur.	Présence d'un fort $\Delta T$ sur la ligne liquide
L'évaporateur est mal alimenté en fluide.	Surchauffe trop élevée
Moins de fluide dans l'évaporateur implique aussi moins de vapeur produite.	BP trop faible
Le condenseur reçoit moins de puissance frigorifique à évacuer. Il devient surpuissant. La condensation se fait avec facilité.	HP normale voire un peu faible. SR très correct.

(**Remarque:** sur un climatiseur en fonctionnement normal, la  $T^\circ$  d'évaporation est toujours légèrement supérieure à  $0^\circ C$ . Puisque la panne de la pré-détente fait chuter la BP, la  $T^\circ$  d'évaporation devient inférieure à  $0^\circ C$  et les ailettes de l'évaporateur commencent à givrer)

# DIAGNOSTIC DES PANNES COURANTES

## Panne du Détendeur trop petit (buse trop petite)

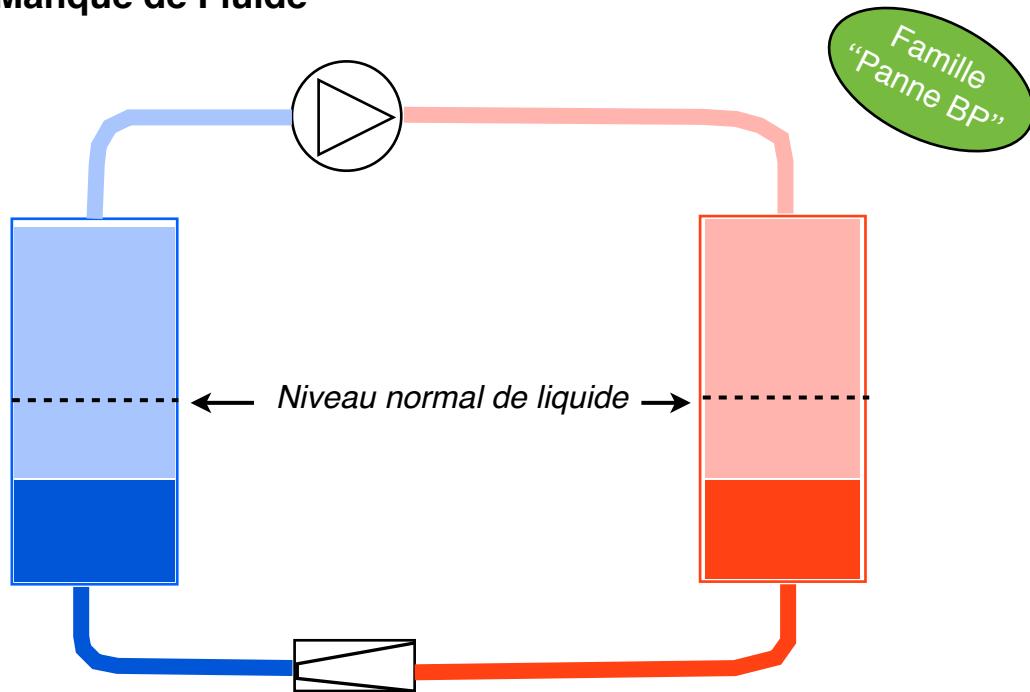


Symptômes	
Pas de pré-détente sur la ligne liquide.	Pas de $\Delta T$ sur la ligne liquide
L'évaporateur est mal alimenté en fluide.	Surchauffe trop élevée
Moins de fluide dans l'évaporateur implique aussi moins de vapeur produite.	BP trop faible
Le condenseur reçoit moins de puissance frigorifique à évacuer. Il devient surpuissant. La condensation se fait avec facilité.	HP normale voire un peu faible. SR très correct.

(**Remarque:** Le  $\Delta T$  anormal sur la ligne liquide est le seul paramètre qui différencie la panne du détendeur trop petit de la panne de la pré-détente. Il faut être très vigilant pour ne pas se faire piéger.)

# DIAGNOSTIC DES PANNES COURANTES

## Panne du Manque de Fluide



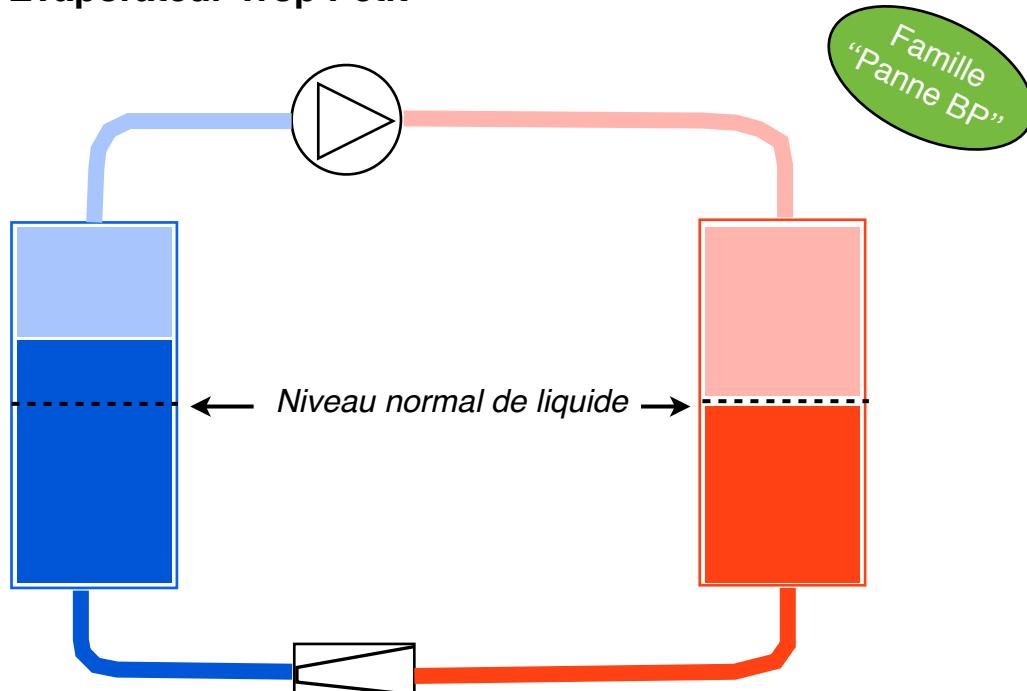
	Symptômes
Puisqu'il manque du fluide dans l'installation, il en manque partout, y compris dans l'évaporateur.	Surchauffe trop élevée
Puisqu'il manque du fluide dans l'installation, il en manque partout, y compris dans le condenseur	Sous-Refroidissement trop faible
Moins de fluide dans l'évaporateur implique aussi moins de vapeur produite.	BP trop faible
Le condenseur reçoit moins de puissance frigorifique à évacuer. Il devient surpuissant. La condensation se fait avec facilité.	HP normale voire un peu faible.

**(Remarque:** Comme toutes les pannes provoquant une chute de la BP, un givrage de l'évaporateur est possible. Le givre étant un très bon isolant, on se retrouve alors avec un autre type de panne: celle de l'évaporateur trop petit.

Donc pour éviter de partir sur une mauvaise piste, il faut toujours laisser l'évaporateur se dégivrer avant d'établir le diagnostic.)

# DIAGNOSTIC DES PANNES COURANTES

## Panne de l'Evaporateur Trop Petit



	Symptômes
A cause du mauvais échange de chaleur à l'évaporateur, le fluide liquide a du mal à se vaporiser. Il avance donc vers la sortie de l'évaporateur.	<b>Surchauffe trop faible</b>
L'évaporateur produit moins de vapeur que prévu.	<b>BP trop faible</b>
Le condenseur reçoit moins de puissance frigorifique à évacuer. Il devient surpuissant. La condensation se fait avec facilité.	<b>HP normale voire un peu faible.</b> <b>SR très correct</b>

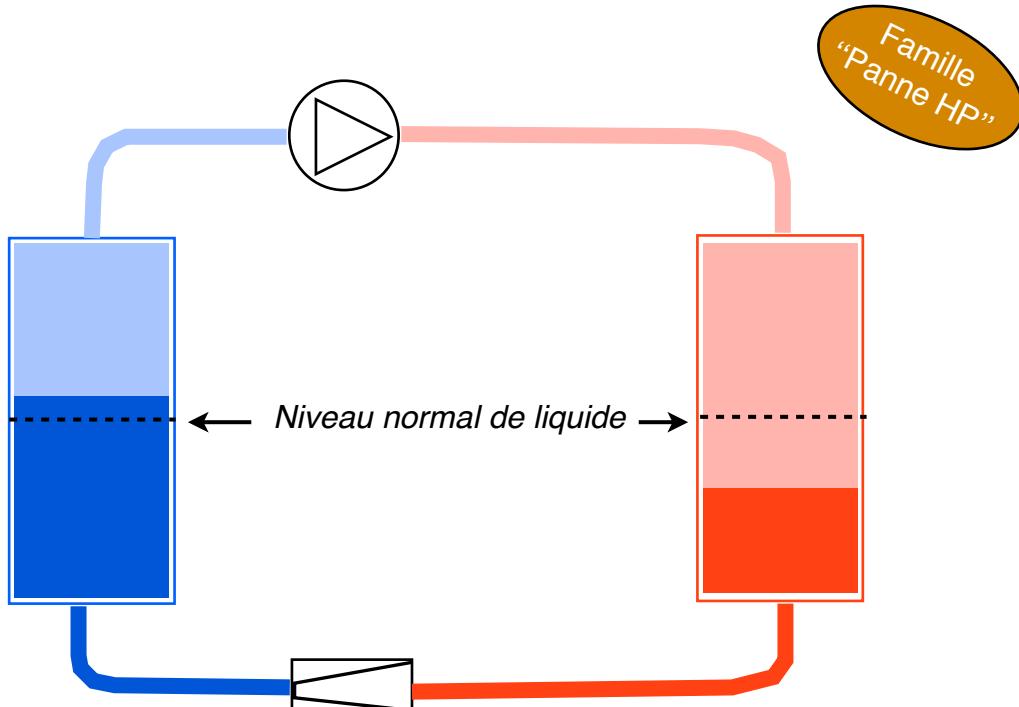
(**Remarque:** Une fois la panne de "l'évaporateur trop petit" diagnostiquée, il faut en trouver la cause:

- soit l'évaporateur est **encrassé**
- soit le débit d'air traversant l'évaporateur est trop faible (**manque de débit d'air**)

C'est la mesure du **ΔT sur l'air** à l'évaporateur qui permettra de différencier les 2 pannes: un grand  $\Delta T$  indique un manque de débit, alors qu'un faible  $\Delta T$  indique un mauvais échange thermique dû à l'encrassement de l'échangeur.)

# DIAGNOSTIC DES PANNES COURANTES

## Panne du Condenseur Trop Petit

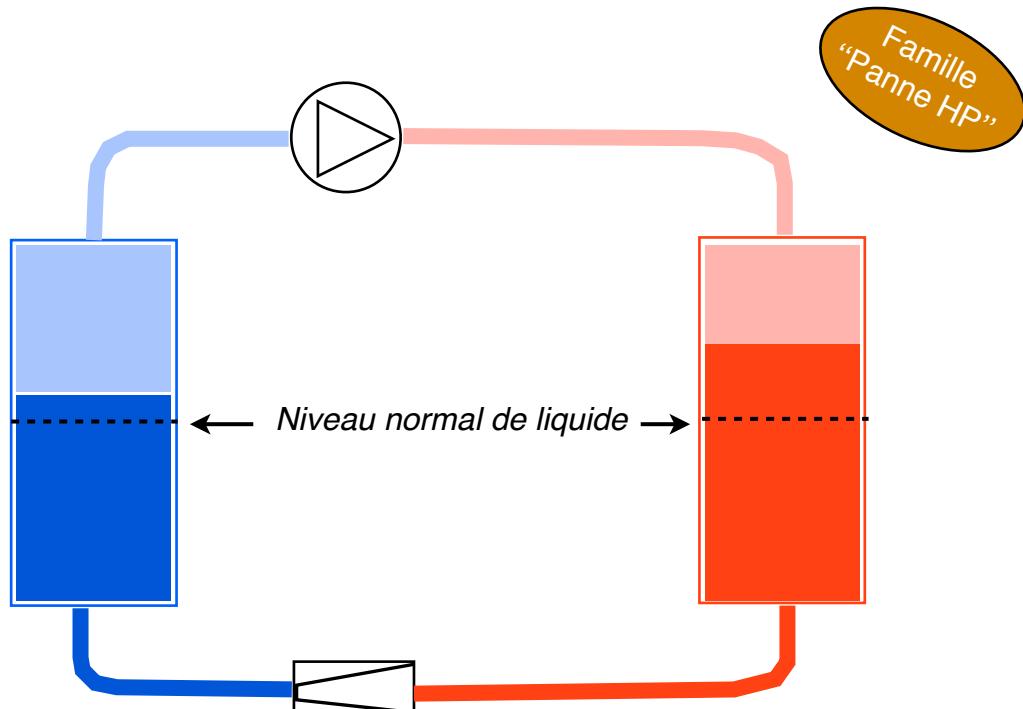


	Symptômes
Comme il y a un mauvais échange thermique au condenseur, le fluide est moins bien refroidi. Sa T° augmente et donc sa pression également.	HP trop élevée
A cause du mauvais échange de chaleur au condenseur, le fluide vapeur a du mal à se condenser. La dernière molécule de vapeur se condense très tardivement.	Sous-Refroidissement trop faible
La HP étant plus élevée, le compresseur peine et sa capacité d'aspiration diminue.	- BP un peu élevé - Intensité consommée augmente (attention aux sécurités électriques: klixon, disjoncteur, etc...)
La HP étant plus élevée, le détendeur a tendance à injecter plus de liquide dans l'évaporateur.	Surchauffe plutôt faible

(**Remarque:** le condenseur est soit **encrassé**, soit **mal alimenté en air**. Le plus simple est de regarder visuellement l'état de l'échangeur. Si il n'est pas encrassé, c'est qu'il y a un manque de débit d'air.)

# DIAGNOSTIC DES PANNES COURANTES

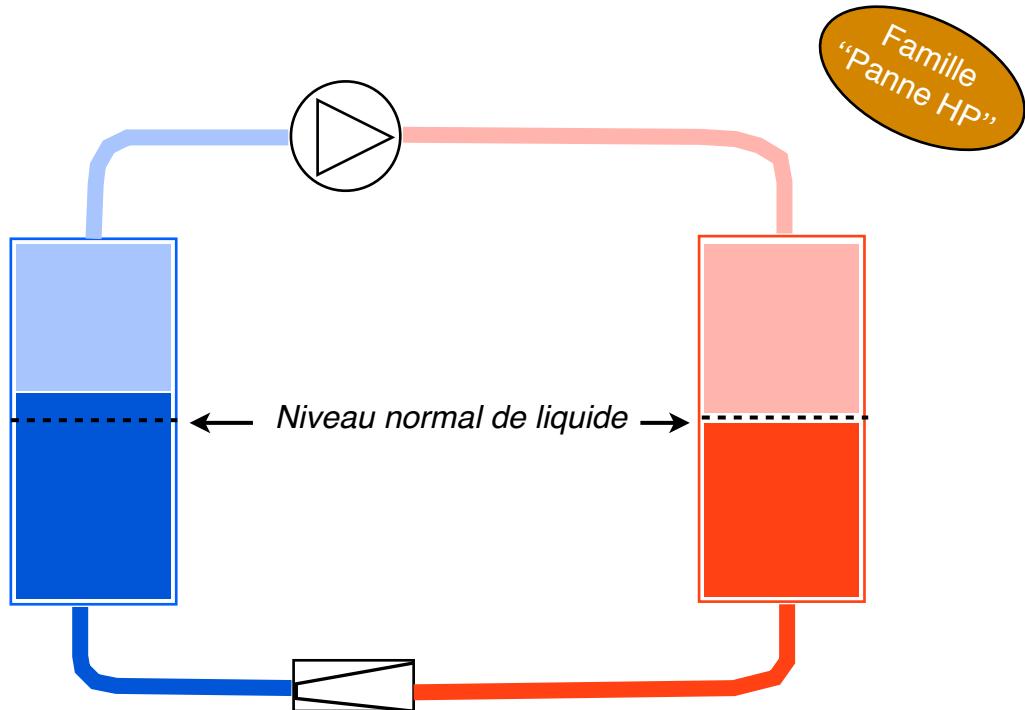
## La Panne de l'Excès de Charge



	Symptômes
Comme il y a trop de fluide, il y a beaucoup de liquide en bas du condenseur. La condensation se fait dans une zone restreinte, donc moins facilement. Le fluide étant moins bien refroidi, sa T° augmente.	HP trop élevée
Comme il y a trop de fluide, il y a beaucoup de liquide dans le bas du condenseur.	Sous-Refroidissement trop élevé
La HP étant plus élevée, le compresseur peine et sa capacité d'aspiration diminue.	- BP un peu élevée - Intensité consommée augmente (attention aux sécurités électriques: klixon, disjoncteur, etc...)
La HP étant plus élevée, le détendeur a tendance à injecter plus de liquide dans l'évaporateur.	Surchauffe plutôt faible

# DIAGNOSTIC DES PANNES COURANTES

## La Panne des Incondensables

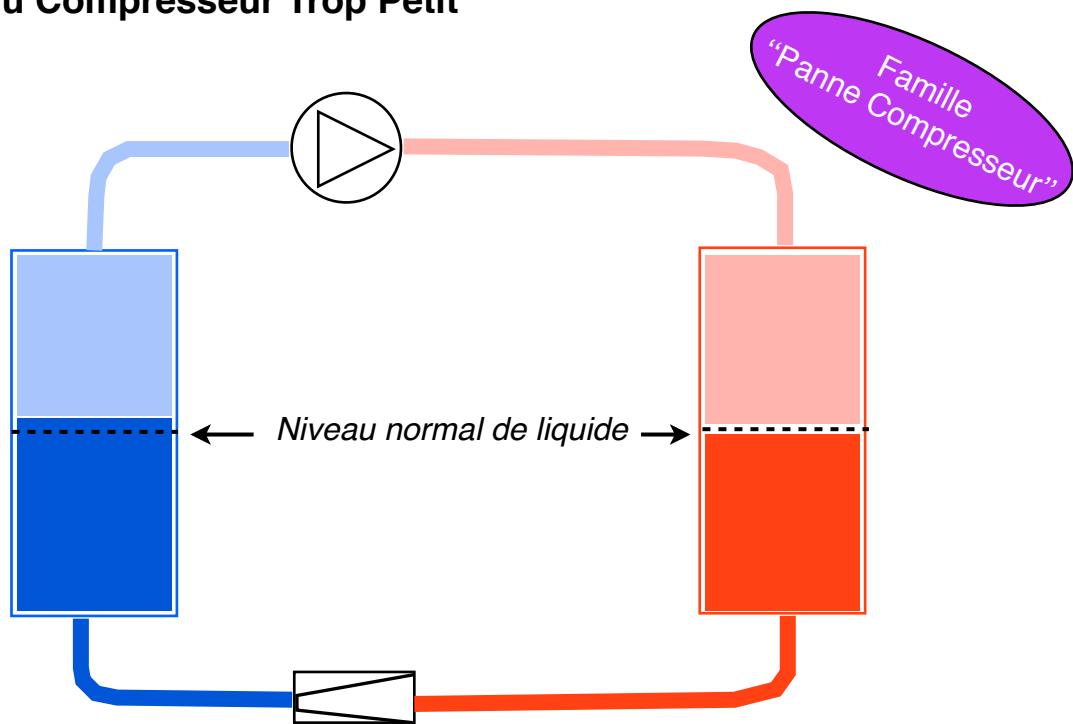


	Symptômes
Il y a présence d'incondensables dans le condenseur. La HP est donc élevée.	HP trop élevée
Le niveau de fluide liquide est normal dans le condenseur, mais comme la HP est élevée, le SR est " <i>en apparence</i> " élevé.	Sous-Refroidissement plutôt bon voire trop élevé
La HP étant plus élevée, le compresseur peine et sa capacité d'aspiration diminue.	- BP un peu élevée - Intensité consommée augmente (attention aux sécurités électriques: klixon, disjoncteur, etc...)
La HP étant plus élevée, le détendeur a tendance à injecter plus de liquide dans l'évaporateur.	Surchauffe plutôt faible

(**Remarque:** la panne des incondensables présente exactement les mêmes symptômes que la panne de l'excès de charge. Pour les différencier, il faudrait faire le "test des incondensables". Mais dans la pratique, les 2 pannes impliquent de vider l'installation et de la recharger avec la quantité exacte de fluide prévue par le constructeur.)

# DIAGNOSTIC DES PANNES COURANTES

## La Panne du Compresseur Trop Petit



L'expression "compresseur trop petit" signifie que le volume de fluide mis en circulation par le compresseur est trop faible. Par exemple, un "coup de liquide" a cassé un clapet d'aspiration sur un compresseur à piston, ou la palette mobile d'un compresseur rotatif n'est plus étanche.

	Symptômes
La masse de fluide en mouvement est faible	Manque de puissance frigorifique
Le compresseur étant "trop petit", il aspire moins de vapeur que l'évaporateur n'en produit.	BP trop élevée
La puissance frigorifique à évacuer est plus faible. Le condenseur devient "surpuissant". La condensation se fait facilement et le fluide est mieux refroidi. Sa $T^\circ$ diminue.	HP trop faible
A part le débit de fluide en circulation trop faible, les niveaux de fluides à l'évaporateur et au condenseur sont corrects.	Surchauffe correcte Sous-refroidissement correct

(**Remarque:** la panne du compresseur trop petit est la seule où l'on trouve en même temps une BP élevée et une HP faible.)