

BTS MV	1 <sup>ère</sup> ANNEE	TECHNOLOGIE ET INTERVENTIONS SUR VEHICULE
<b>CONFORT</b>		
TECHNOLOGIE	ANALYSER DIAGNOSTIQUER	

# ETUDE DU CONDITIONNEMENT D'AIR EN AUTOMOBILE

## 1. NOTIONS DE CONFORT THERMIQUE

Le confort thermique est l'état dans lequel les métabolismes thermiques se produisent dans le corps sans fatiguer l'organisme.

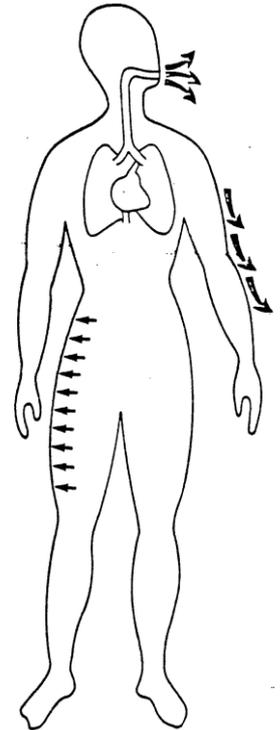
Les métabolismes thermiques sont caractérisés par les échanges de chaleur dans le corps humain (digestion des aliments à caractère exothermique), ceci afin de maintenir la température du corps à +37°C. La chaleur produite est cédée par :

- la respiration : échange thermique au niveau des poumons.
- La conduction : la température de la peau étant située aux alentours de 31 à 33°C.
- La convection : due aux mouvements de l'air (température et vitesse de l'air).
- Les échanges de masse : gouttelettes de sueur permettant par évaporation de refroidir la peau du corps.
- Le rayonnement : les passagers sont à proximité des parois du véhicule et sont sensibles aux températures de celles-ci (effet de parois froides l'hiver).

Ces différents modes d'échanges sont régis par le corps qui joue le rôle d'un régulateur thermique. Lorsque la température ambiante est supérieure ou égale à 31°C, le corps ne peut plus céder de calories par convection, la respiration assure alors cette fonction jusqu'à la température de +37°C. Ensuite la transpiration permettra d'assurer les échanges thermiques.

En conséquence, l'état de confort thermique à l'intérieur d'un véhicule n'est pas seulement lié aux apports et retraits de calories. Il faut également maîtriser la forme des échanges, leur répartition et leur distribution.

- L'hiver : il faut créer autour des passagers une enveloppe d'air chaud avec une température décroissante des pieds à la tête. Une faible partie de l'air sera utilisée pour le pare-brise et les vitres latérales pour assurer la visibilité.
- L'été : Il faut faciliter les échanges par convection et évaporation. En dessous de 25°C avec un ensoleillement modéré, une simple ventilation vers le haut du corps et le visage suffit. Lorsque la température extérieure dépasse 25°, avec un ensoleillement moyen, il est nécessaire d'abaisser la température de l'air ainsi que l'humidité (qui pénalise les échanges).



Les solutions technologiques actuelles consistent à abaisser suffisamment la température de l'air pour le déshumidifier et ensuite le réchauffer à la valeur souhaitée par les occupants.

En conclusion, une bonne climatisation, nécessite des composants performants (compresseur, échangeurs,...) mais aussi une distribution d'air judicieuse.

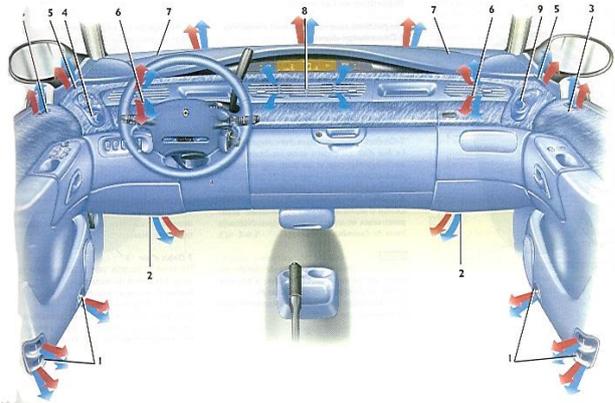
BTS MV	1 <sup>ère</sup> ANNEE	TECHNOLOGIE ET INTERVENTIONS SUR VEHICULE
<b>CONFORT</b>		
TECHNOLOGIE	ANALYSER DIAGNOSTIQUER	

## 2. ORGANISATION DU SYSTEME DE CONDITIONNEMENT D'AIR

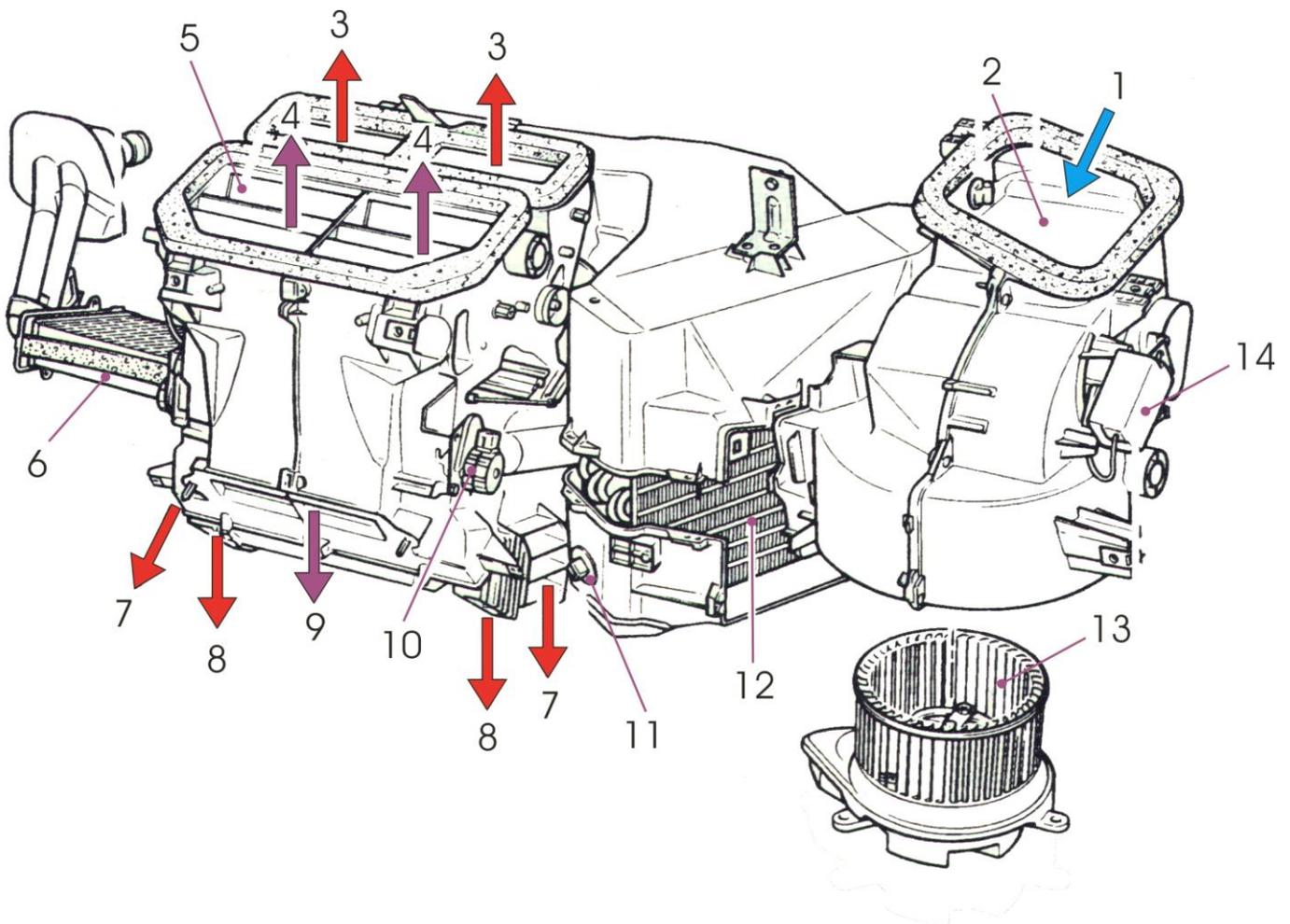
### 2.1. Circulation de l'air dans l'habitacle

	<p>L'entrée d'air se situe souvent au niveau de la baie de pare-brise.</p> <p>La sortie se fait au niveau du coffre par un clapet dont il faut veiller au bon fonctionnement (libre circulation de l'air).</p>
---	--

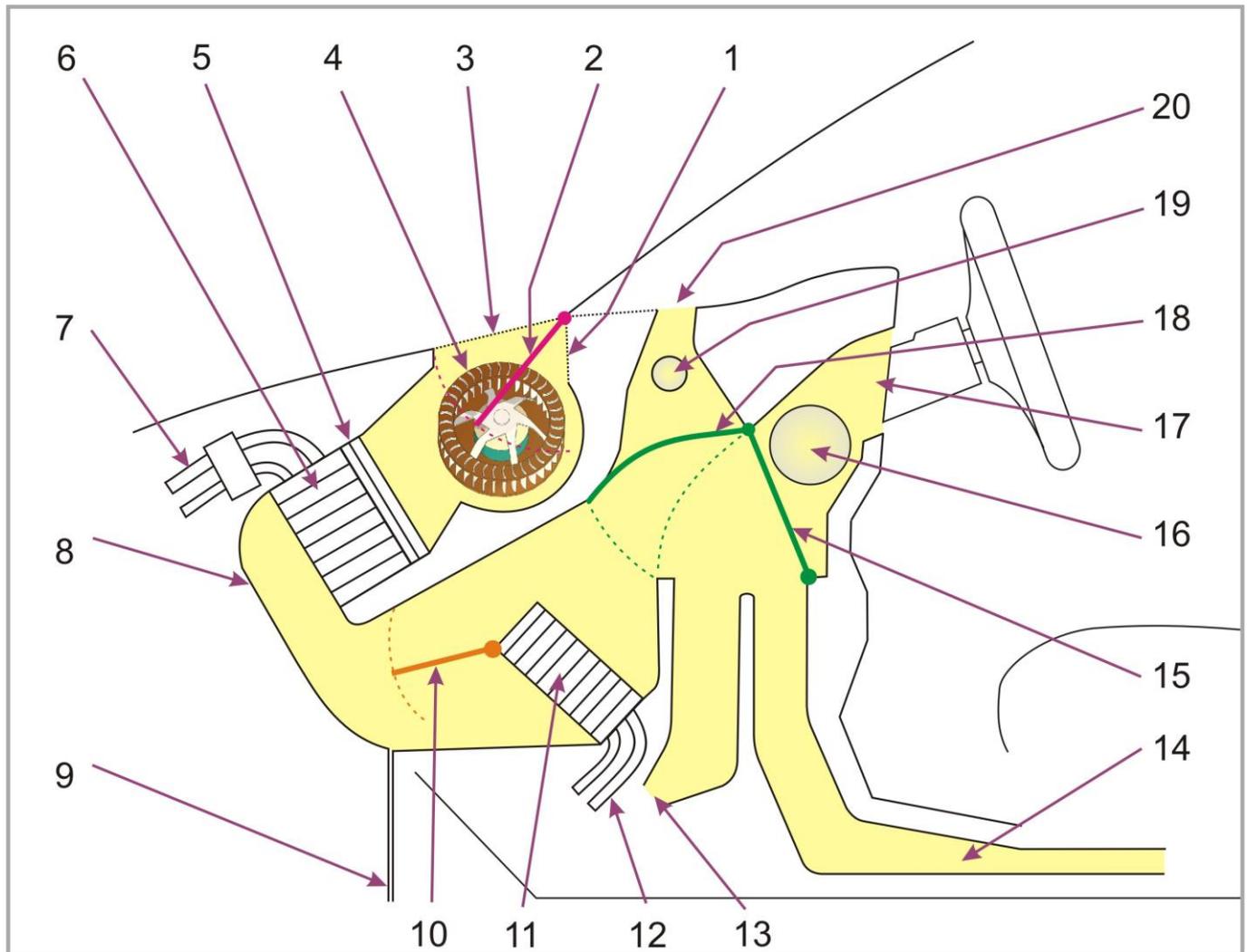
### 2.2. Distribution de l'air dans l'habitacle

	
---	--

### 2.3. Organisation du bloc « chauffage »



1 : Entrée d'air extérieur	6 : Radiateur de chauffage	11 : Sonde de T° évaporateur
2 : Volet d'entrée d'air / recyclage	7 : Chauffage places AV	12 : Evaporateur
3 : Dégivrage désembuage	8 : Chauffage places AR	13 : Pulseur d'air
4 : Vers planche de bord	9 : Ventilation places AR	14 : Moteur volet de recyclage
5 : Volets de distribution	10 : Moteur volet de mixage	



- |                             |   |
|-----------------------------|---|
| 1- Entrée d'air recyclé     | 11- Radiateur de chauffage  |
| 2- Volet de recyclage       | 12- Circuit de refroidissement du moteur                          |
| 3- Entrée d'air extérieur   | 13- Bouches de sortie basse avant (chauffage avant)               |
| 4- Ventilateur centrifuge   | 14- Bouches de sortie basse arrière (chauffage arrière)           |
| 5- Filtre à pollen          | 15- Volet de répartition d'air                                    |
| 6- Evaporateur              | 16- Vers les bouches latérales orientables (ventilation)          |
| 7- Circuit de réfrigération | 17- Bouches centrales orientables (ventilation)                   |
| 8- Carter du climatiseur    | 18- Volet de désembuage-dégivrage                                 |
| 9- Evacuation des condensas | 19- Vers les bouches de désembuage-dégivrage des vitres latérales |
| 10- Volet de mixage         | 20- Bouche de désembuage du pare-brise.                           |

BTS MV	1 <sup>ère</sup> ANNEE	TECHNOLOGIE ET INTERVENTIONS SUR VEHICULE
<b>CONFORT</b>		
TECHNOLOGIE	ANALYSER DIAGNOSTIQUER	

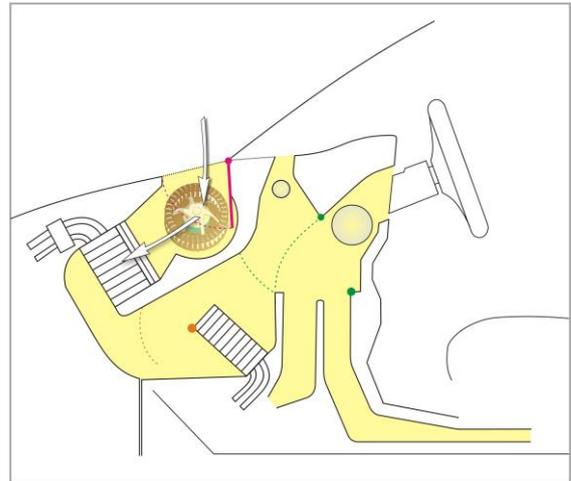
## 2.4. Entrées d'air

Elles permettent de faire pénétrer l'air dans le véhicule en le débarrassant des impuretés pouvant gêner le fonctionnement du système et incommoder les occupants, d'où la présence d'un filtre à « pollen ».

### Entrée d'air extérieur

Il est admis à l'aide d'un boîtier d'entrée qui permet :

- de décanter l'eau de pluie en suspension et de l'évacuer,
- d'empêcher l'entrée de feuilles, brindilles, papiers, neige, ...

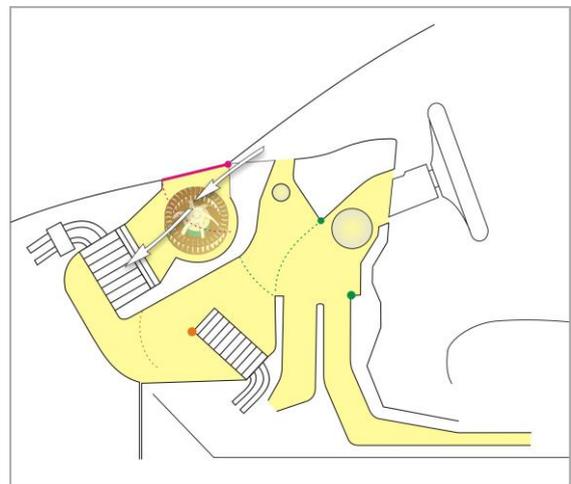


### Entrée d'air recyclé

Dans ce cas l'air est prélevé à l'intérieur de l'habitacle et circule à nouveau dans le climatiseur. Dans ce mode de fonctionnement, l'habitacle est isolé de l'extérieur.

Le recyclage permet :

- d'isoler les occupants d'un environnement pollué (trafic intense, tunnel, ...)
- d'accélérer la baisse de température de l'habitacle puisque l'air refroidi repasse par l'évaporateur.



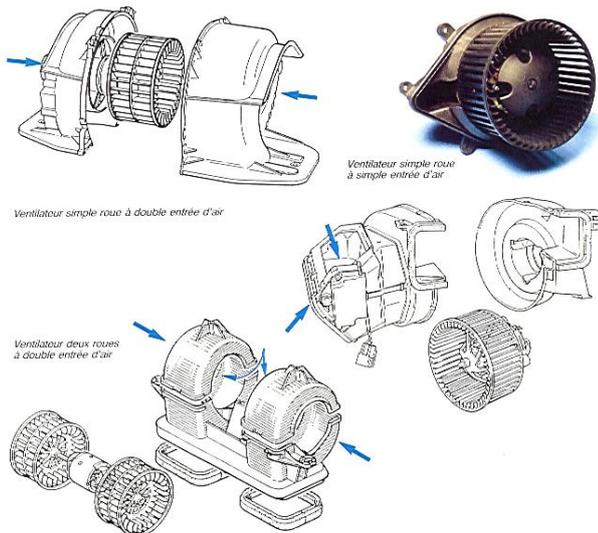
Lors de la mise en fonction du recyclage, la climatisation est actionnée pour maintenir une bonne visibilité (la vapeur d'eau dégagée par les occupants est condensée sur l'évaporateur et non sur les vitres). L'utilisation du recyclage doit être temporaire car l'air n'étant pas renouvelé, il devient progressivement irrespirable.

BTS MV	1 <sup>ère</sup> ANNEE	TECHNOLOGIE ET INTERVENTIONS SUR VEHICULE
<b>CONFORT</b>		
TECHNOLOGIE	ANALYSER DIAGNOSTIQUER	

## 2.5. Débit d'air

Les ventilateurs centrifuges transforment l'énergie électrique en énergie de pression (en effet c'est la différence de pression qui permet de générer les débits d'air).

Plusieurs types de ventilateurs sont utilisés :



Pour les climatisations automatiques, le moteur électrique est piloté par un calculateur (hacheur) et permet d'obtenir des débits fonctions d'un grand nombre de paramètres mesurées par le calculateur.

## 2.6. Réglage de la température

Une des solutions largement utilisée, pour régler la température de l'air soufflé et donc de l'habitacle, consiste à mélanger des flux d'air chaud et des flux d'air froid en ajustant leurs proportions. Le volume total de l'air passe à travers l'évaporateur dans lequel il est refroidi et déshumidifié, il est ensuite divisé en deux parties:

- une partie est dirigée vers le radiateur de chauffage afin d'augmenter sa température,
- l'autre partie est envoyée directement en aval du radiateur de chauffage qui est parcouru en permanence par le liquide de refroidissement du moteur.

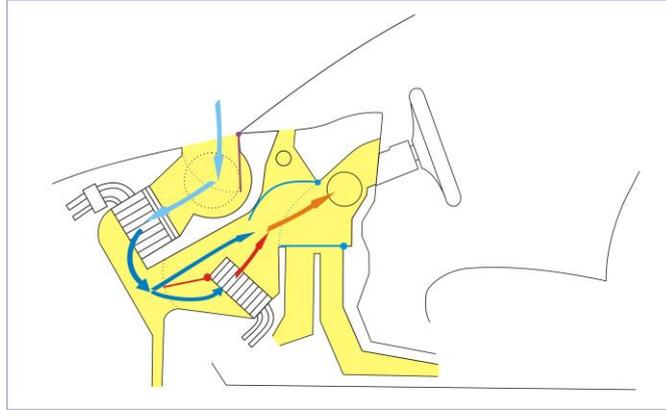
**Les deux volumes sont alors mélangés pour un obtenir une température homogène avant d'être dirigés vers les bouches de distribution. La température obtenue sera fonction de la proportion entre l'air réchauffé et l'air passant directement.**

Sur la plupart des véhicules de gammes élevées, le climatiseur est partagé en deux et permet de régler différemment les températures droites et gauches. Les places possèdent également leur propre réglage de température.

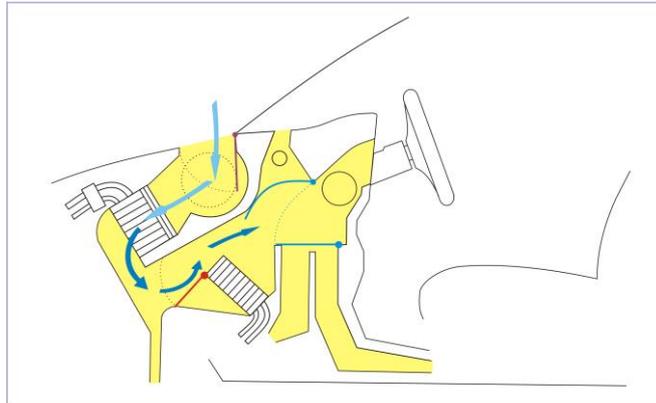
BTS MV	1 <sup>ère</sup> ANNEE	TECHNOLOGIE ET INTERVENTIONS SUR VEHICULE
<b>CONFORT</b>		
TECHNOLOGIE	ANALYSER DIAGNOSTIQUER	

Exemples de positions du volet de mixage d'air :

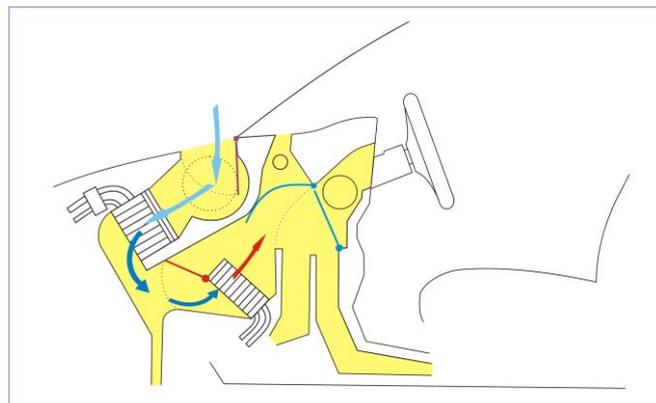
**Position Air  
mixé :**



**Position Air  
« tout » froid :**

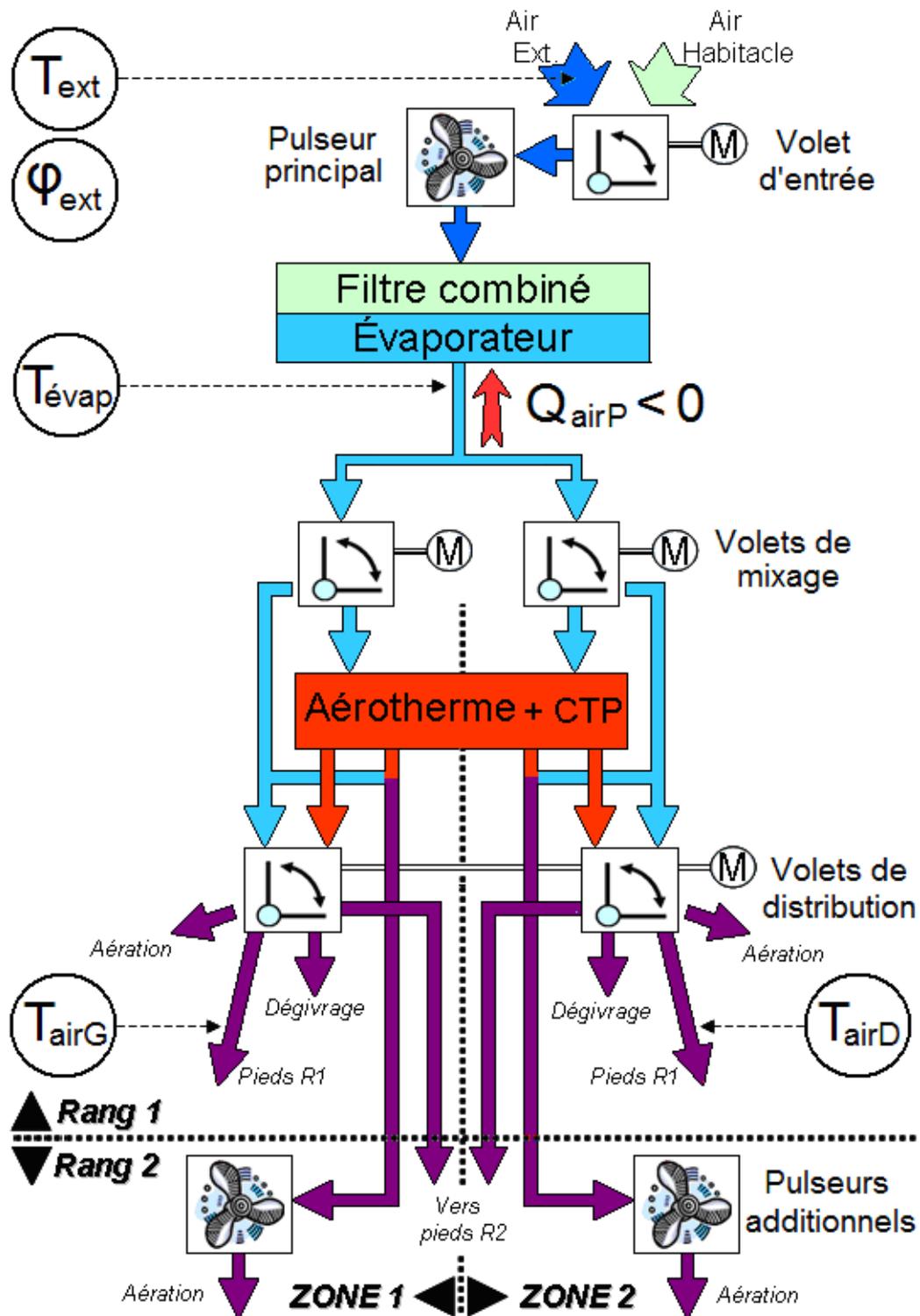


**Position Air  
« tout » chaud :**



BTS MV	1 <sup>ère</sup> ANNEE	TECHNOLOGIE ET INTERVENTIONS SUR VEHICULE
<b>CONFORT</b>		
TECHNOLOGIE	ANALYSER DIAGNOSTIQUER	

## 2.7. Exemple de synoptique de circuit d'air (véhicule type monospace).



BTS MV	1 <sup>ère</sup> ANNEE	TECHNOLOGIE ET INTERVENTIONS SUR VEHICULE
<b>CONFORT</b>		
TECHNOLOGIE	ANALYSER DIAGNOSTIQUER	

## 6) LA REPARTITION DE L'AIR.

### 2.8. Répartition de l'air dans l'habitacle

Le réseau de distribution de l'air dans l'habitacle assure les fonctions de visibilité et de confort thermique.

La répartition de l'air, à la sortie de la chambre de mélange, est réalisée par un boîtier muni de volets qui commandent les modes chauffage, dégivrage-désembuage et ventilation.

#### Par temps froid :

Il faut maintenir une température moyenne dans l'habitacle agréable, mais aussi il faut réduire le plus possible l'effet de rayonnement des parois froides en créant une enveloppe d'air chaud autour des passagers. Le soufflage de l'air s'effectue en partie basse de l'habitacle, aussi bien à l'avant qu'à l'arrière.

Il est à noter que le mode dégivrage-désembuage fait l'objet de normes qu'il est bien sûr nécessaire de respecter.

#### Par temps chaud :

Contrairement à l'enveloppe d'air chaud nécessaire en hiver, l'air rafraîchi et déshumidifié est soufflé directement sur les occupants. Ceci évite à l'air de se réchauffer sur les parois et permet d'avoir une vitesse d'air suffisante pour assurer l'évaporation de l'eau à la surface de la peau. Le soufflage est réalisé en partie haute de l'habitacle.

#### En demi saison :

Les deux méthodes sont utilisées, il est agréable d'avoir de l'air frais sur le visage tout en ayant de l'air tiède au niveau des pieds, c'est la position BI LEVEL.

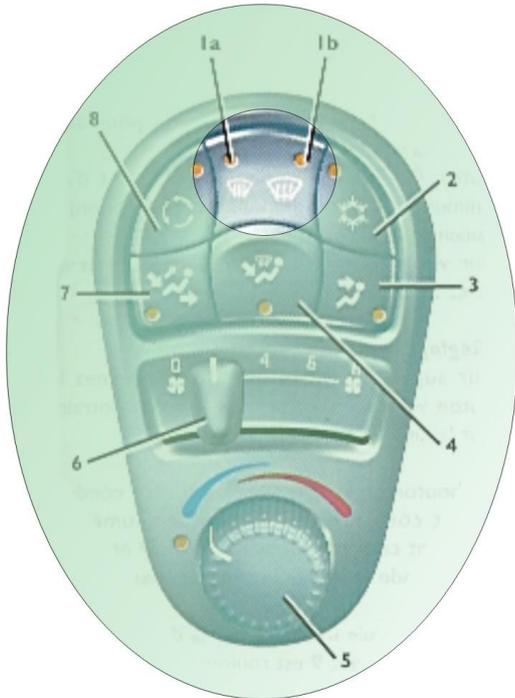
#### Exemple de commandes au tableau de bord :

	1a dégivrage désembuage.
	1b dégivrage désembuage avec climatisation activée et dégivrage vitre AR et rétroviseur.
	2 climatisation
	3 ventilation
	4 chauffage désembuage
	5 réglage température
	6 réglage pulseur d'air
	7 ventilation chauffage
8 recyclage	

BTS MV	1 <sup>ère</sup> ANNEE	TECHNOLOGIE ET INTERVENTIONS SUR VEHICULE
<b>CONFORT</b>		
TECHNOLOGIE	ANALYSER DIAGNOSTIQUER	

NB : pour ce véhicule, le mode chauffage seul n'existe pas.

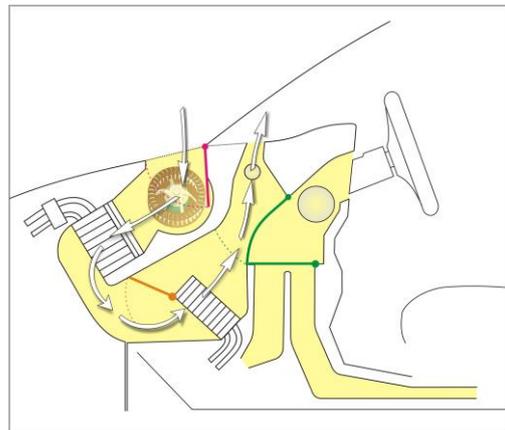
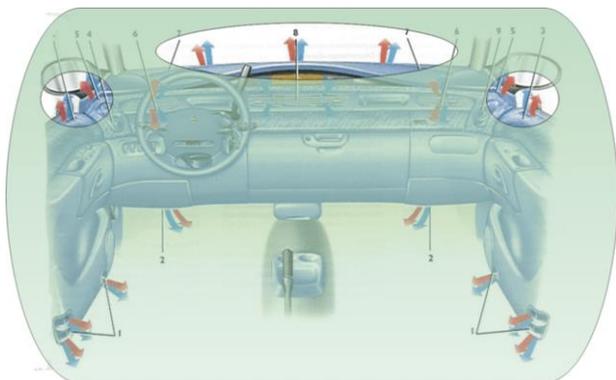
## Le mode dégivrage-désembuage



Il s'agit de souffler de l'air sec et chaud vers le pare-brise et les vitres latérales des portes avant. L'efficacité est liée à la température et à la vitesse de l'air soufflé. Le pulseur d'air doit être à sa vitesse de rotation maximale.

- Lorsqu'il s'agit de désembuer le véhicule (température positive), l'efficacité est accrue en ajoutant le fonctionnement du circuit frigorifique. L'air est ainsi déshumidifié lorsqu'il passe à travers l'évaporateur.
- Lors du dégivrage (température négative), l'air extérieur est plus sec que celui de l'intérieur de l'habitacle, le circuit de froid n'est pas utilisé. L'efficacité de dégivrage est liée à la puissance calorifique du système de chauffage.

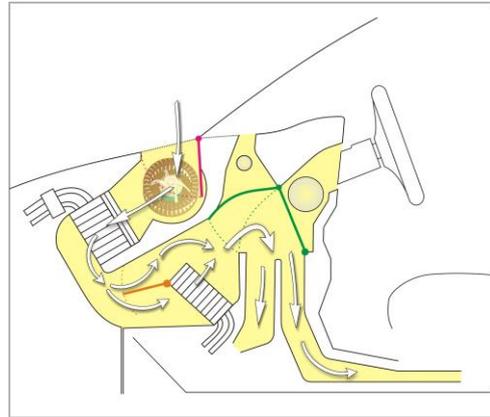
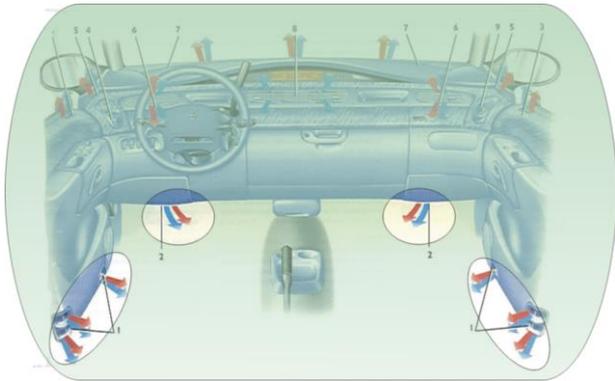
Le mode dégivrage-désembuage monopolise la totalité de la puissance calorifique du système de climatisation. Le confort est alors pénalisé tant que ce mode est utilisé.



BTS MV	1 <sup>ère</sup> ANNEE	TECHNOLOGIE ET INTERVENTIONS SUR VEHICULE
<b>CONFORT</b>		
TECHNOLOGIE	ANALYSER DIAGNOSTIQUER	

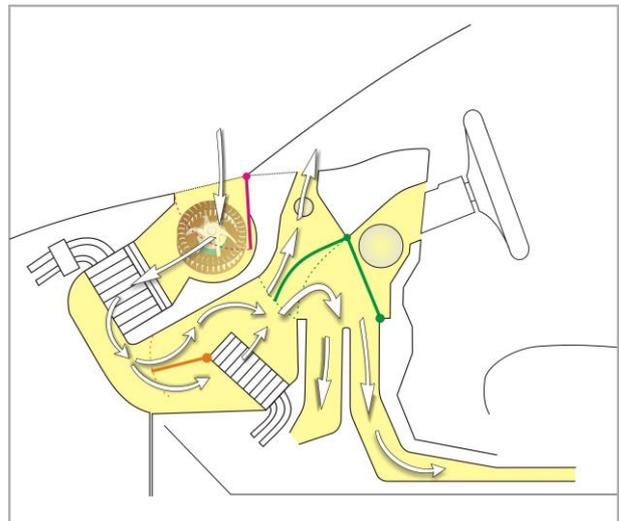
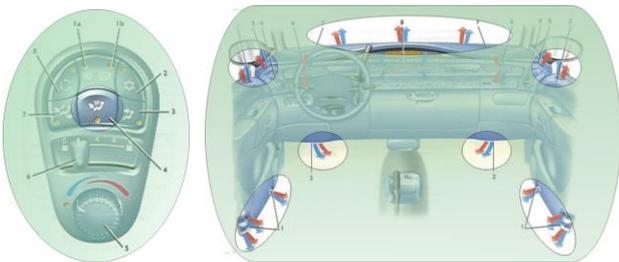
## Le mode chauffage

Les bouches sont dirigées vers le plancher du véhicule et permet de respecter ainsi les critères de confort généralement admis par les occupants.



## Le mode ventilation chauffage

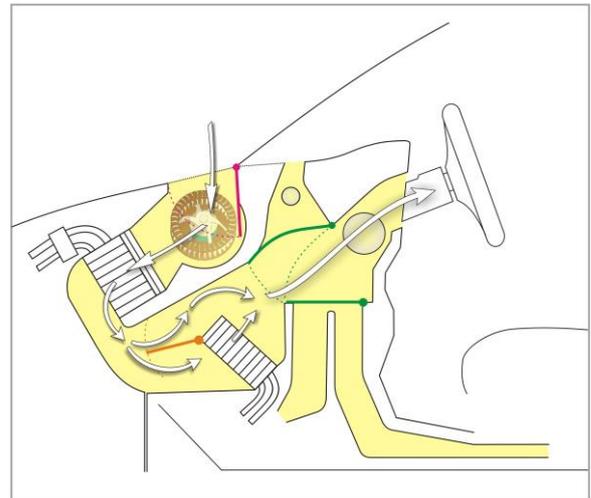
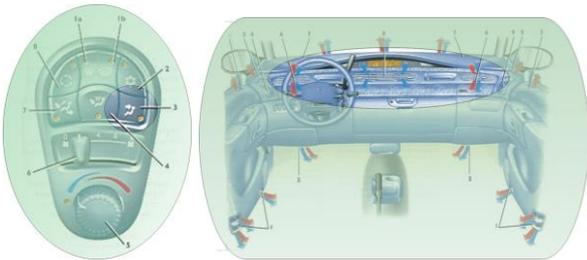
Ce mode est souvent préféré au précédent car il permet d'assurer en plus le dégivrage ou désembuage du pare-brise tout en assurant un bon niveau de confort. En effet, 25% du débit est dirigé vers le pare-brise et le reste vers le chauffage. Sur certains systèmes le pourcentage de répartition est ajustable à l'aide des commandes.



BTS MV	1 <sup>ère</sup> ANNEE	TECHNOLOGIE ET INTERVENTIONS SUR VEHICULE
<b>CONFORT</b>		
TECHNOLOGIE	ANALYSER DIAGNOSTIQUER	

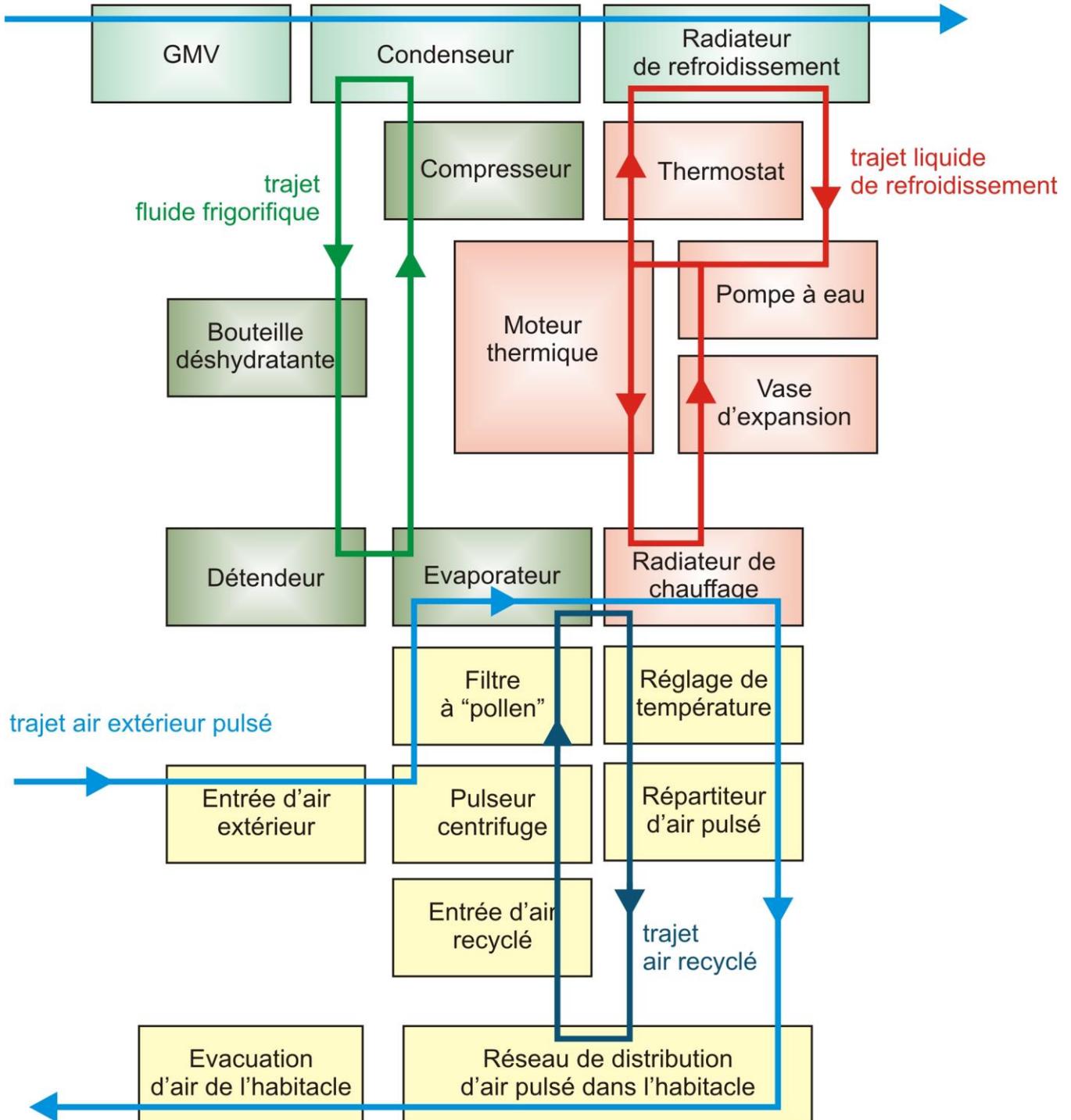
## Le mode ventilation

L'air est distribué par des bouches situées à mi-hauteur, en général sur la planche de bord. Les bouches de soufflage sont réglables en orientation et débit de façon individuelle. Sur la plupart des véhicules, les aérateurs centraux sont prévus pour envoyer de l'air extérieur.



## 2.9. Synthèse des composants mis en œuvre dans le système

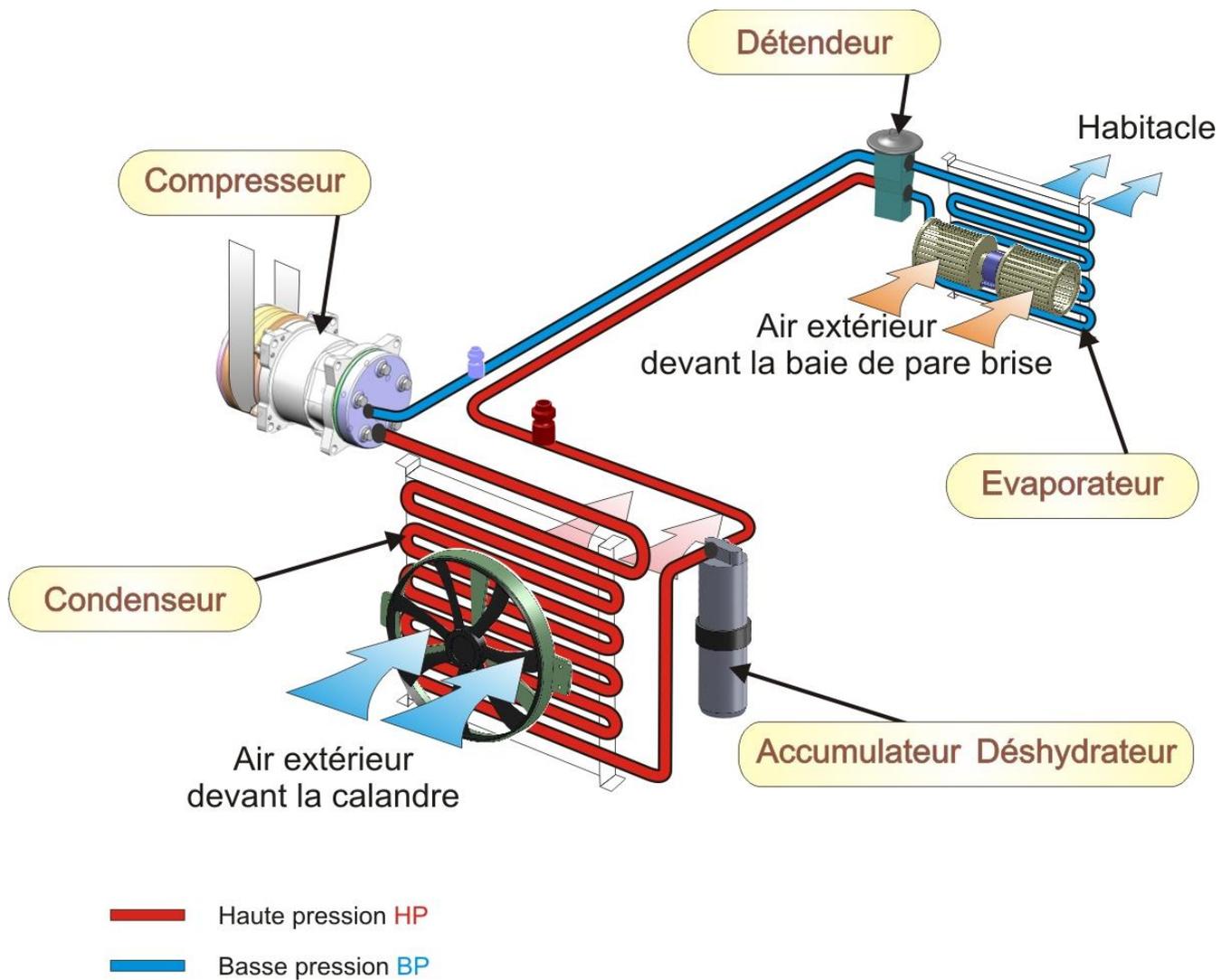
trajet air de refroidissement



BTS MV	1 <sup>ère</sup> ANNEE	TECHNOLOGIE ET INTERVENTIONS SUR VEHICULE
<b>CONFORT</b>		
TECHNOLOGIE	ANALYSER DIAGNOSTIQUER	

### 3. ETUDE DE LA « BOUCLE FROIDE »

#### 3.1. Constitution du circuit : montage avec détendeur



BTS MV	1 <sup>ère</sup> ANNEE	TECHNOLOGIE ET INTERVENTIONS SUR VEHICULE
<b>CONFORT</b>		
TECHNOLOGIE	ANALYSER DIAGNOSTIQUER	

### 3.2. Principes physiques mis en œuvre

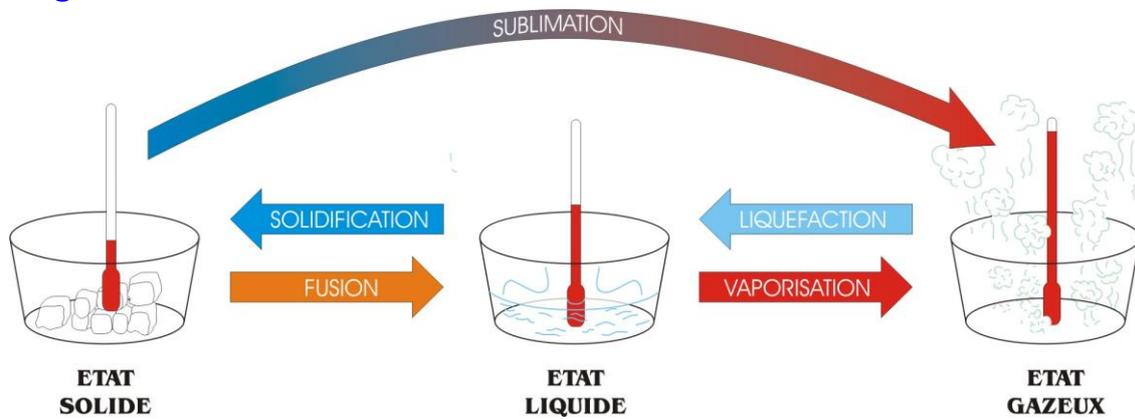
#### Les états de la matière.

En fonction de la température, la matière peut connaître trois états distincts.

Prenons l'eau par exemple :

- état solide = glace
- état liquide = eau
- état gazeux = vapeur d'eau

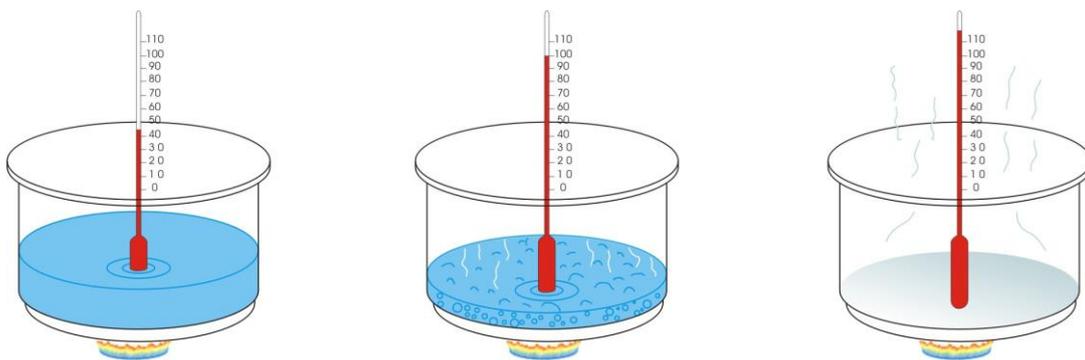
#### Les changements d'état.



#### Chaleur et changement d'état.

Réalisons une expérience :

Chauffons de l'eau et examinons ce qu'il se passe !



**Etat liquide** : l'apport de chaleur fait augmenter la température.

**Etat liquide + vapeur** : l'apport de chaleur entraîne le changement d'état, la température est fixe.

**Etat vapeur** : l'apport de chaleur fait à nouveau augmenter la température.

BTS MV	1 <sup>ère</sup> ANNEE	TECHNOLOGIE ET INTERVENTIONS SUR VEHICULE
<b>CONFORT</b>		
TECHNOLOGIE	ANALYSER DIAGNOSTIQUER	

## Comment produire du « froid » ?

### La détente.

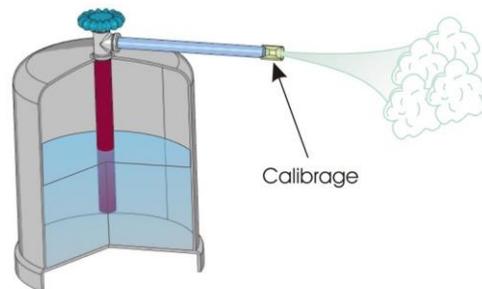
Après avoir fortement gonflé ce pneumatique, humectons sa valve, puis démontons le clapet.

Le pneu se dégonfle rapidement, et, une collerette de givre se forme autour de la valve.



La détente brutale de l'air contenu dans le pneu a provoqué un abaissement de la température en aval de la valve.

Mais d'autres exemples peuvent illustrer ce phénomène, comme l'usage prolongé d'une bombe aérosol refroidit la main, ou encore l'extincteur à CO<sub>2</sub> qui, de par l'importante chute de pression (de 50 bars à 1 bar), crée un givrage appelé neige carbonique.



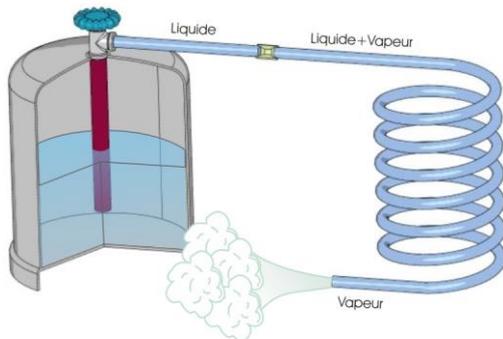
**La détente brutale d'un fluide engendre une absorption de chaleur du milieu extérieur. La quantité de chaleur absorbée est d'autant plus grande que la différence de pression est importante.**



### L'évaporation.

Nous constatons que, suivant le liquide utilisé, la sensation de froid est très différente ; ceci est lié à la volatilité des fluides.

BTS MV	1 <sup>ère</sup> ANNEE	TECHNOLOGIE ET INTERVENTIONS SUR VEHICULE
<b>CONFORT</b>		
TECHNOLOGIE	ANALYSER DIAGNOSTIQUER	



***L'évaporation se définit par le passage de l'état liquide à l'état gazeux. La vitesse d'évaporation définit sa volatilité, aussi, plus il s'évapore rapidement, plus la sensation de froid est grande.***

### En résumé.

Détente et évaporation sont deux phénomènes physiques qui permettent la création de « froid ».

C'est donc sur ces deux principes que va reposer le fonctionnement du conditionnement d'air.

Mais attention, pour qu'il y ait évaporation, il faut que le fluide soit en phase liquide, et pour détendre ce fluide, il faut qu'il soit déjà sous pression.

***Or, si la détente d'un fluide :***

- diminue sa pression,
- diminue sa température,
- entraîne une absorption de chaleur du milieu extérieur...

***... la compression du fluide :***

- augmente sa pression,
- augmente sa température,
- entraîne une cession de chaleur vers le milieu extérieur.

Il faut tenir compte de ces deux phénomènes dans la réalisation du circuit frigorigène.

BTS MV	1 <sup>ère</sup> ANNEE	TECHNOLOGIE ET INTERVENTIONS SUR VEHICULE
<b>CONFORT</b>		
TECHNOLOGIE	ANALYSER DIAGNOSTIQUER	

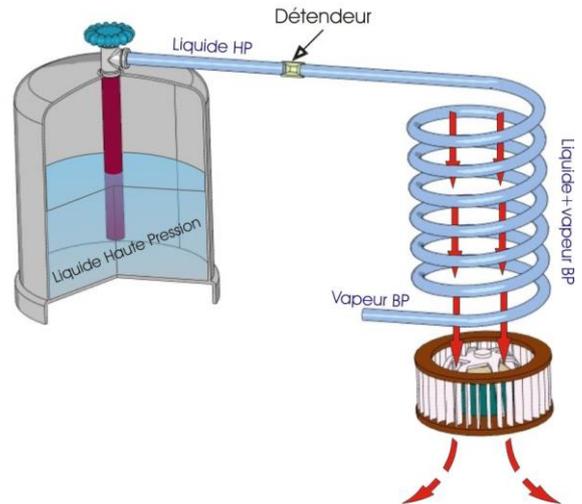
## Le circuit frigorigène.

D'après ce qui a été vu précédemment, pour la mise en application des principes physiques permettant d'abaisser la température, nous pouvons partir d'un réservoir de liquide sous pression (HP).

Nous faisons chuter cette pression au travers d'un calibrage nommé : **LE DETENDEUR**.

La surface d'échange avec le milieu extérieur est augmentée à l'aide de : **L'EVAPORATEUR**.

Ajoutons à ce dernier un élément activant le passage de l'air au travers de l'évaporateur, afin d'améliorer l'échange thermique, c'est le rôle du **VENTILATEUR D'HABITACLE**.



Le circuit « part » du réservoir sous forme liquide à haute pression et à température ambiante. Le détendeur abaisse brutalement la pression, puis, le liquide s'évapore progressivement au contact des parois de l'évaporateur.

A la sortie de celui-ci, le fluide se trouve sous forme gazeuse à basse pression et à faible température.

**Nous avons produit du « froid ».**

Cependant, ce système présente un inconvénient ... **la bouteille se vide !!!**

Il faut donc fonctionner en circuit fermé. Pour ce faire, il faut transformer la vapeur basse pression en vapeur haute pression, puis faire passer cette vapeur de l'état gazeux à l'état liquide.

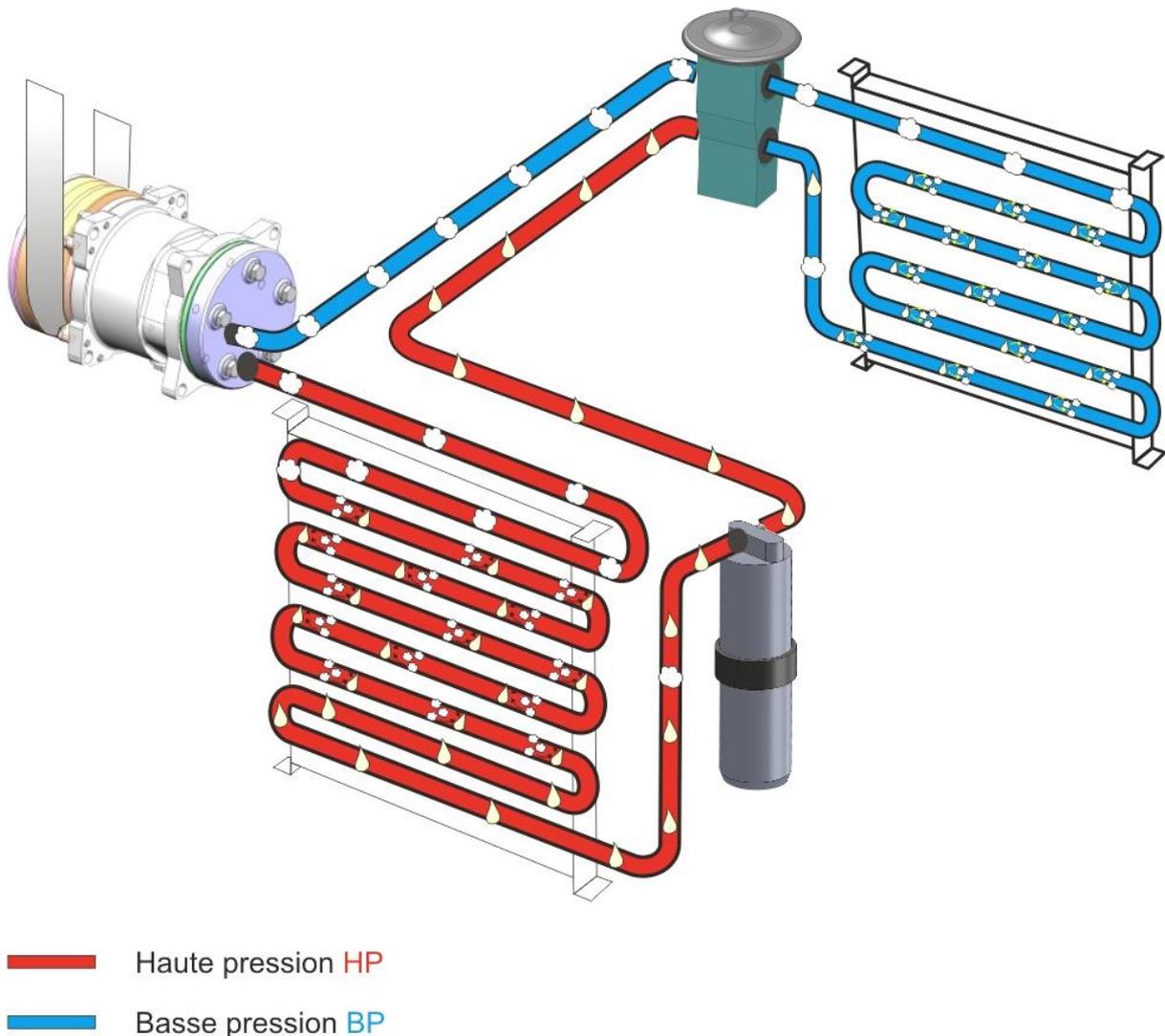
- Pour transformer la vapeur basse pression en vapeur haute pression, il faut inclure un nouvel élément : **LE COMPRESSEUR**.
- Au contact des parois froides, la vapeur d'eau tend à se condenser ... Ce même principe est utilisé pour transformer la vapeur haute pression en liquide haute pression. Pour ce faire, il faut inclure dans le circuit un nouvel échangeur de chaleur :

**LE CONDENSEUR**.

Son action est optimisée par l'adjonction d'un ou deux ventilateurs.

BTS MV	1 <sup>ère</sup> ANNEE	TECHNOLOGIE ET INTERVENTIONS SUR VEHICULE
<b>CONFORT</b>		
TECHNOLOGIE	ANALYSER DIAGNOSTIQUER	

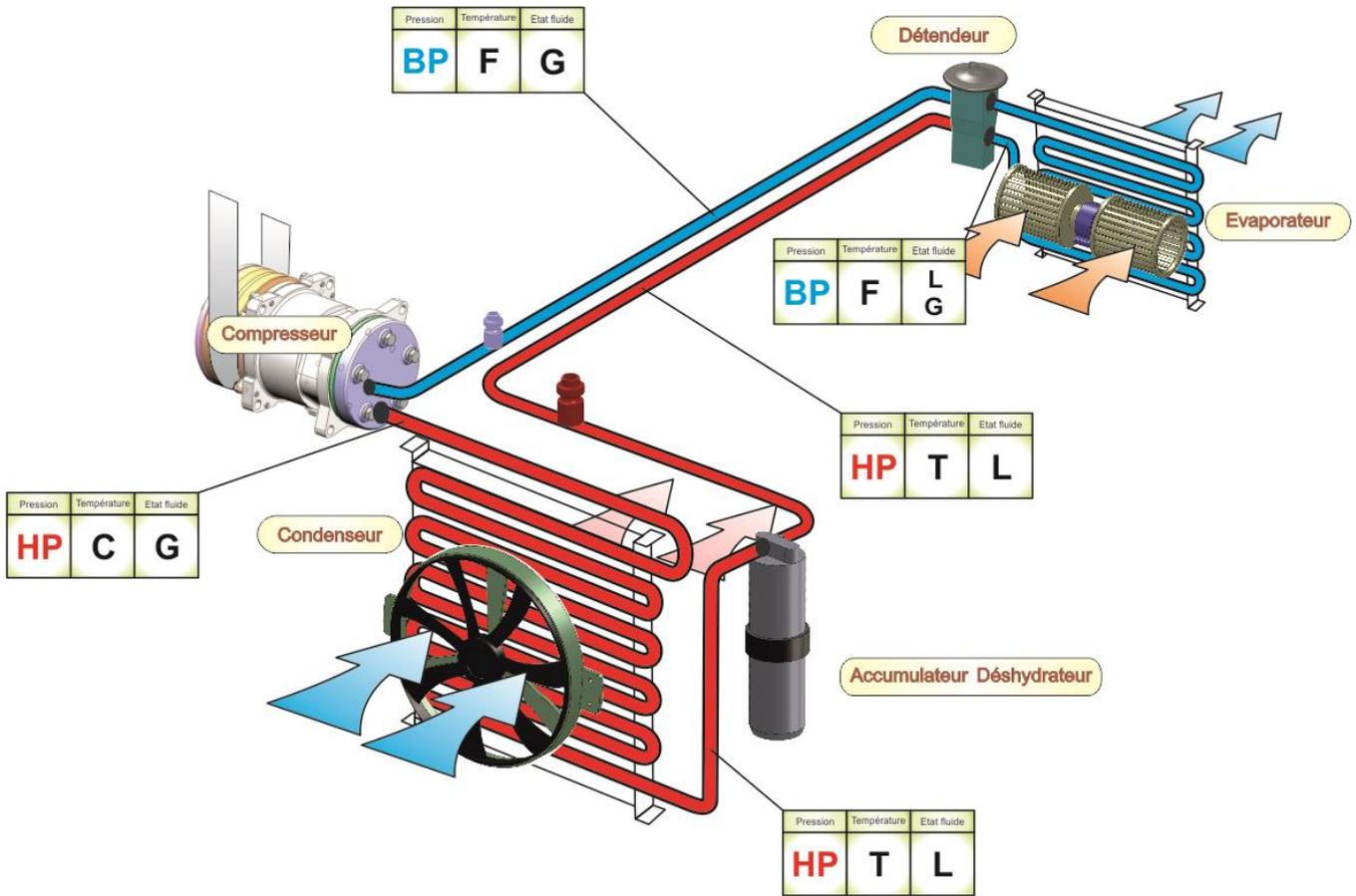
### Bilan des échanges de chaleur :



Au niveau du circuit basse pression, l'évaporateur permet au fluide d'absorber de la chaleur à l'air entrant dans l'habitacle en passant de l'état liquide à l'état gazeux. La température de l'air entrant dans l'habitacle est ainsi abaissée assurant le confort des occupants.

Au niveau du circuit haute pression, l'air extérieur « pulsé » à travers le condenseur, par le GMV, permet de faire passer le fluide de l'état gazeux à l'état liquide.

**Bilan des états, des pressions et des températures :**

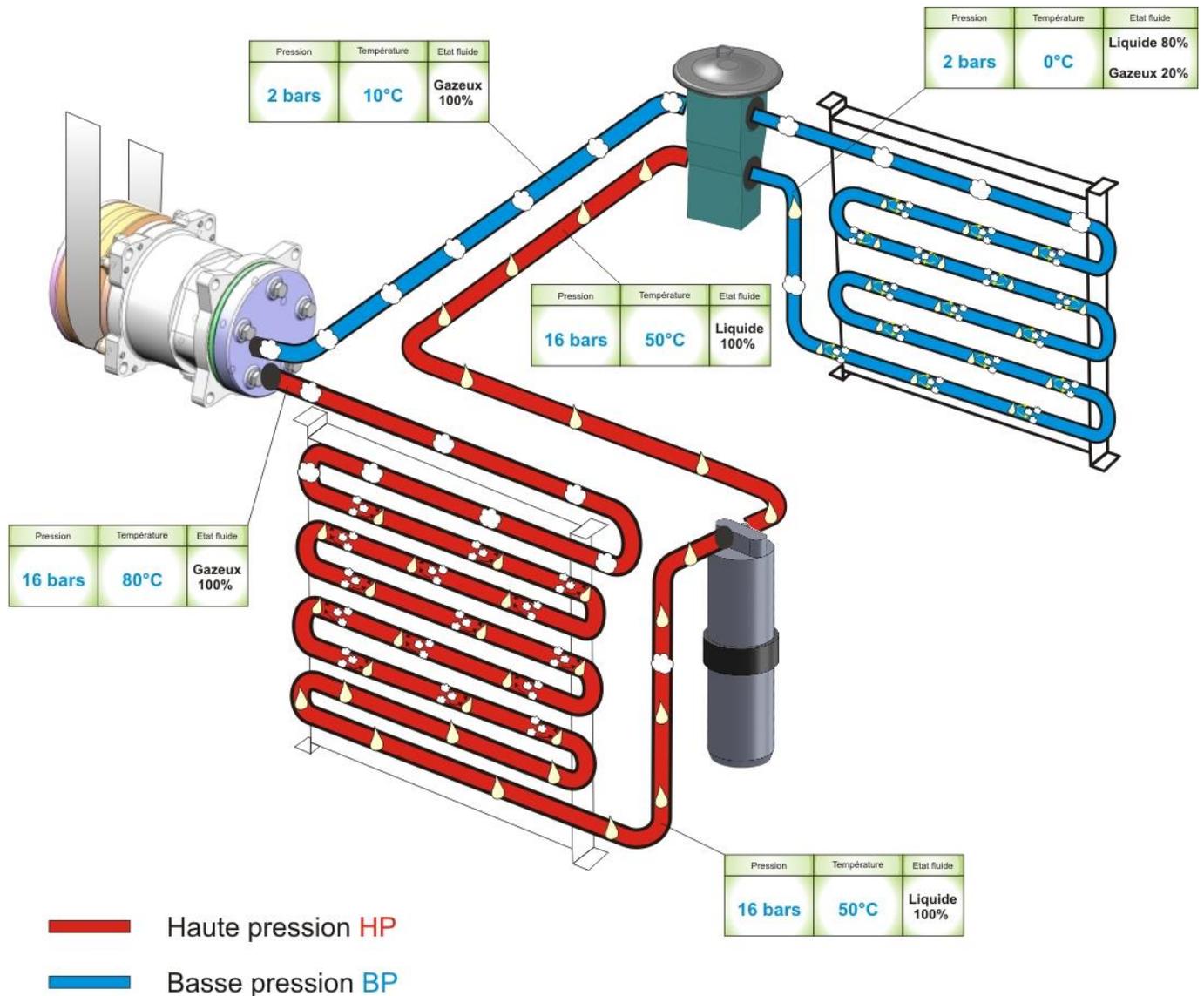


— Haute pression **HP**  
— Basse pression **BP**

Fluide à l'état :  
 Liquide : L  
 gazeux : G

Température  
 du Fluide :  
 Chaud : C  
 Tiède : T  
 Froid : F

**Ordre de grandeur des pressions et des températures :**



**NB : BP = 2 bar pour un compresseur à cylindrée variable.**

BTS MV	1 <sup>ère</sup> ANNEE	TECHNOLOGIE ET INTERVENTIONS SUR VEHICULE
<b>CONFORT</b>		
TECHNOLOGIE	ANALYSER DIAGNOSTIQUER	

### 3.3. Analyse des températures du circuit

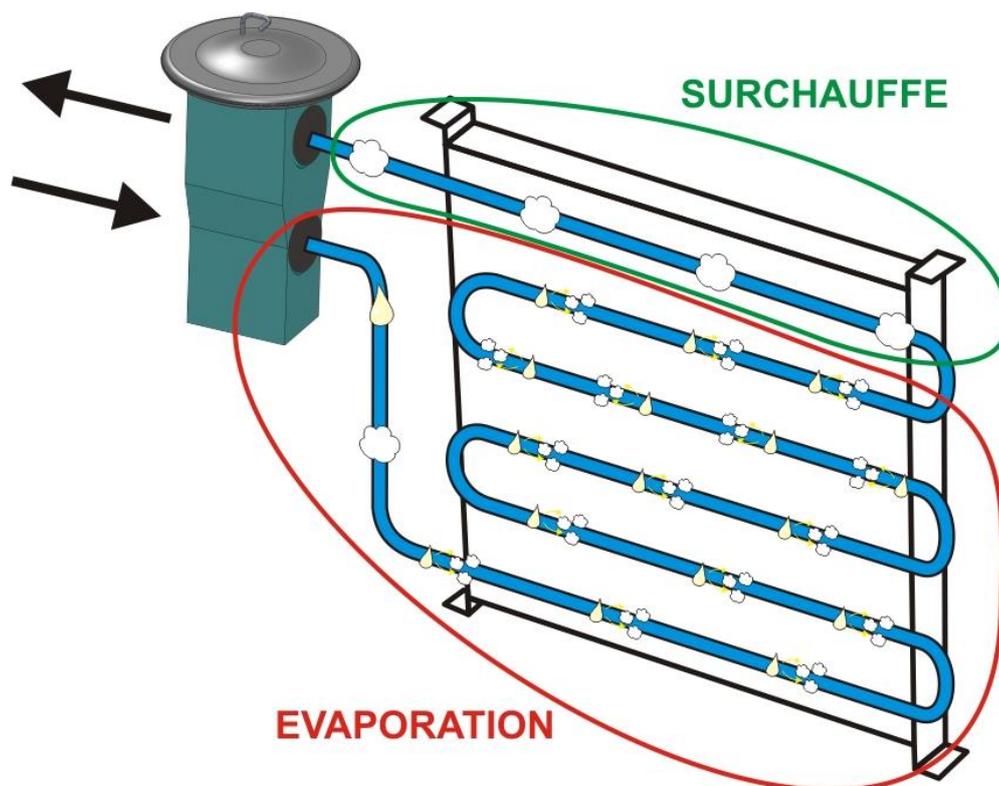
Au niveau de l'évaporateur, on distingue 2 zones :

- une zone de changement d'état pendant laquelle la chaleur apportée par l'air entrant dans l'habitacle permet l'**EVAPORATION**: la température reste **constante**. Cette température est la température à laquelle le fluide se vaporise (chaleur latente de vaporisation).
- Une zone où le changement d'état est terminé, la chaleur apportée par l'air augmente la température du fluide qui se réchauffe alors de quelques degrés (chaleur sensible). On appelle cette augmentation de température : **SURCHAUFFE**.

**Important :**

Cette **surchauffe** garantit que le fluide aspiré par le compresseur est à l'**état gazeux**. En effet, si du liquide rejoint le compresseur il y a un risque de destruction de ce dernier.

La température de surchauffe lorsque le système fonctionne correctement est comprise entre **3 et 10°C**. Cette valeur sera utile en diagnostic.



BTS MV	1 <sup>ère</sup> ANNEE	TECHNOLOGIE ET INTERVENTIONS SUR VEHICULE
<b>CONFORT</b>		
TECHNOLOGIE	ANALYSER DIAGNOSTIQUER	

Au niveau du condenseur, on distingue 3 zones :

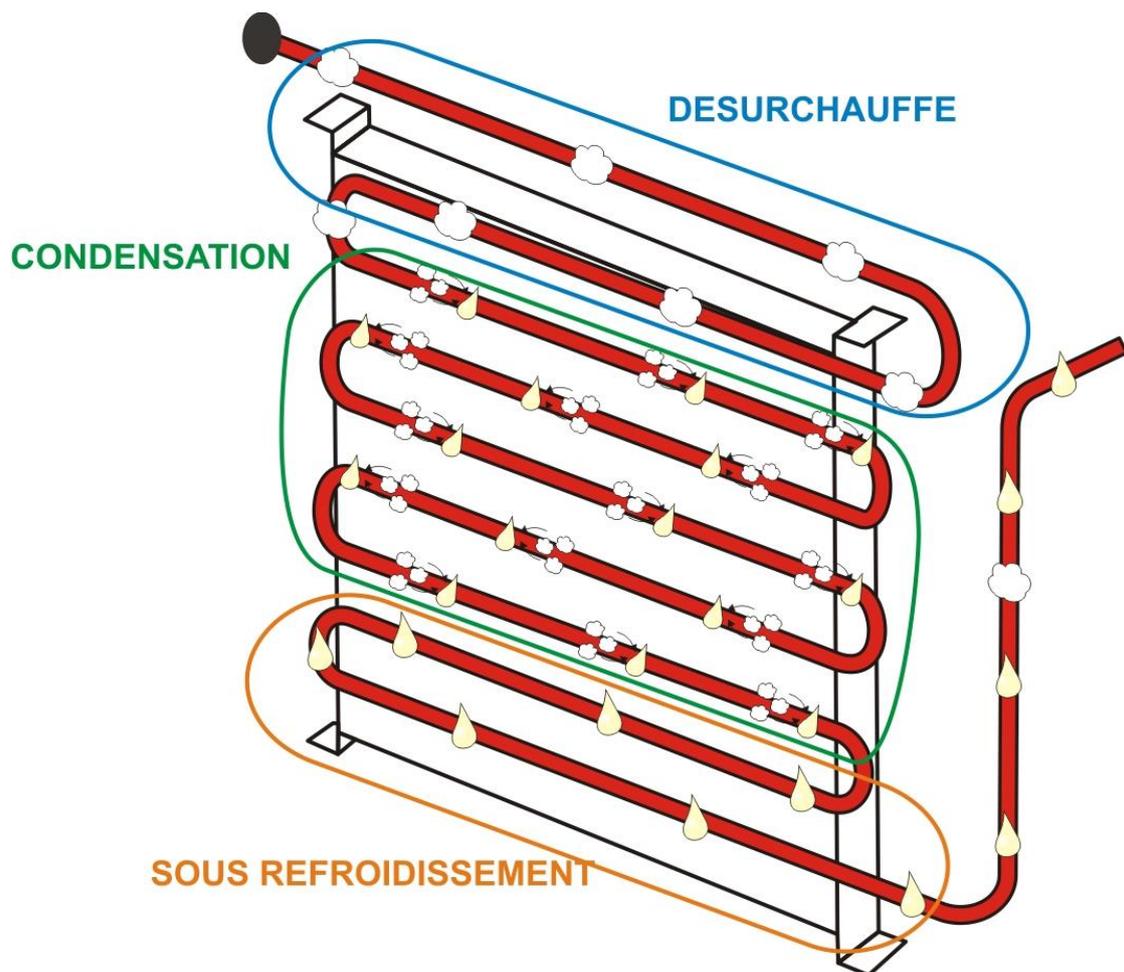
- une zone dans laquelle la chaleur cédée par le fluide à l'air traversant le condenseur abaisse la température. Cette zone est appelée la **DESURCHAUFFE**.
- une zone de changement d'état pendant laquelle la chaleur apportée par l'air entrant dans l'habitacle permet la **CONDENSATION** : la température reste **constante**. Cette température est la température à laquelle le fluide se condense (chaleur latente de condensation).
- Une zone où le changement d'état est terminé, la chaleur fournie par le fluide est absorbée par l'air traversant le condenseur et abaisse à nouveau la température. On appelle **SOUS-REFROIDISSEMENT** cette diminution de température.

**Important :**

Le sous-refroidissement garantit que le fluide est bien « revenu » à l'état liquide.

**La température de sous-refroidissement est comprise entre 5 et 10°C.**

**Cette valeur sera utile en diagnostic.**



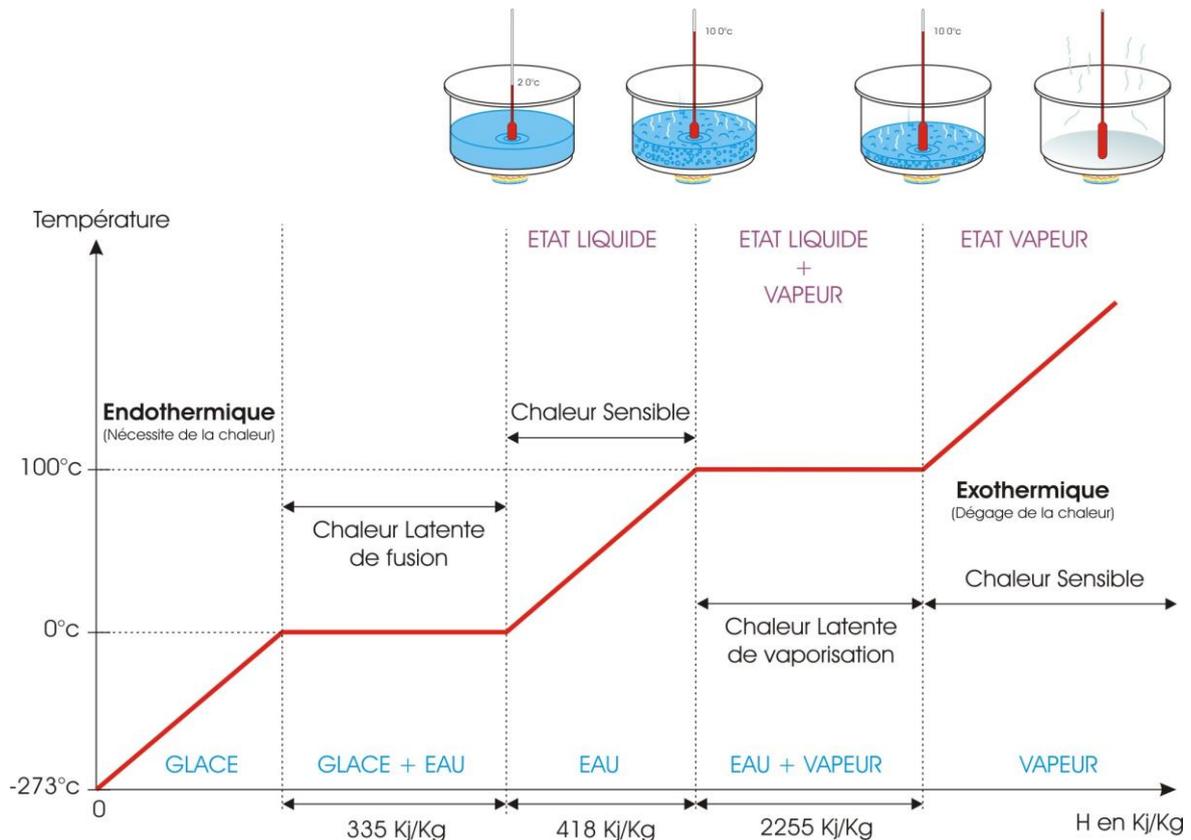
BTS MV	1 <sup>ère</sup> ANNEE	TECHNOLOGIE ET INTERVENTIONS SUR VEHICULE
<b>CONFORT</b>		
TECHNOLOGIE	ANALYSER DIAGNOSTIQUER	

### 3.4. Application du diagramme de Mollier à la climatisation

#### Relation pression/température de changement d'état

##### Exemple pour l'eau :

Pour faire passer l'eau de l'état liquide à l'état de vapeur, à la température constante de 100°C et à la pression atmosphérique de 1013 mbars, il faut lui fournir une énergie de 2255 Kj/Kg.



Sur le schéma suivant, on s'aperçoit que pendant tout le temps de son ébullition, l'eau reste à une chaleur latente stabilisée de 100°C. Aussitôt qu'il n'y a plus d'eau dans le récipient, la température de la vapeur augmente, c'est la chaleur sensible.

L'enthalpie caractérise la quantité de chaleur contenue par le fluide, cette échelle trouve un point zéro quand la température atteint le zéro absolu.

Sa variation exprimée par les doubles flèches quantifie l'énergie à apporter au fluide pour faire changer sa température ou son état.

La variation d'enthalpie intervient dans les deux phases de transformation suivantes :

- La *chaleur sensible* ( variation de température du fluide par apport de chaleur )
- La *chaleur latente* (changement d'état du fluide par apport de chaleur )

BTS MV	1 <sup>ère</sup> ANNEE	TECHNOLOGIE ET INTERVENTIONS SUR VEHICULE
<b>CONFORT</b>		
TECHNOLOGIE	ANALYSER DIAGNOSTIQUER	

En vase clos, ces variations d'enthalpie vont se traduire par des changements d'état du fluide par un segment horizontal (pression constante).

Une série de mesures expérimentales vont alors permettre de tracer une caractéristique du fluide considéré, où il est possible de retrouver sa *courbe de saturation* (définie par les segments horizontaux), et un réseau de courbes de températures, définissant ainsi l'état du fluide à une pression et une température donnée.

En effet, la température de vaporisation (on dit d'ébullition) de l'eau augmente avec la pression. Ainsi lorsque la pression (absolue), est de 2 bars la température de vaporisation est de 120°C.

Ainsi, lorsque le fluide est à l'**état liquide et gazeux** (on dit **diphase**), il y a une relation directe entre la pression du fluide et sa température.

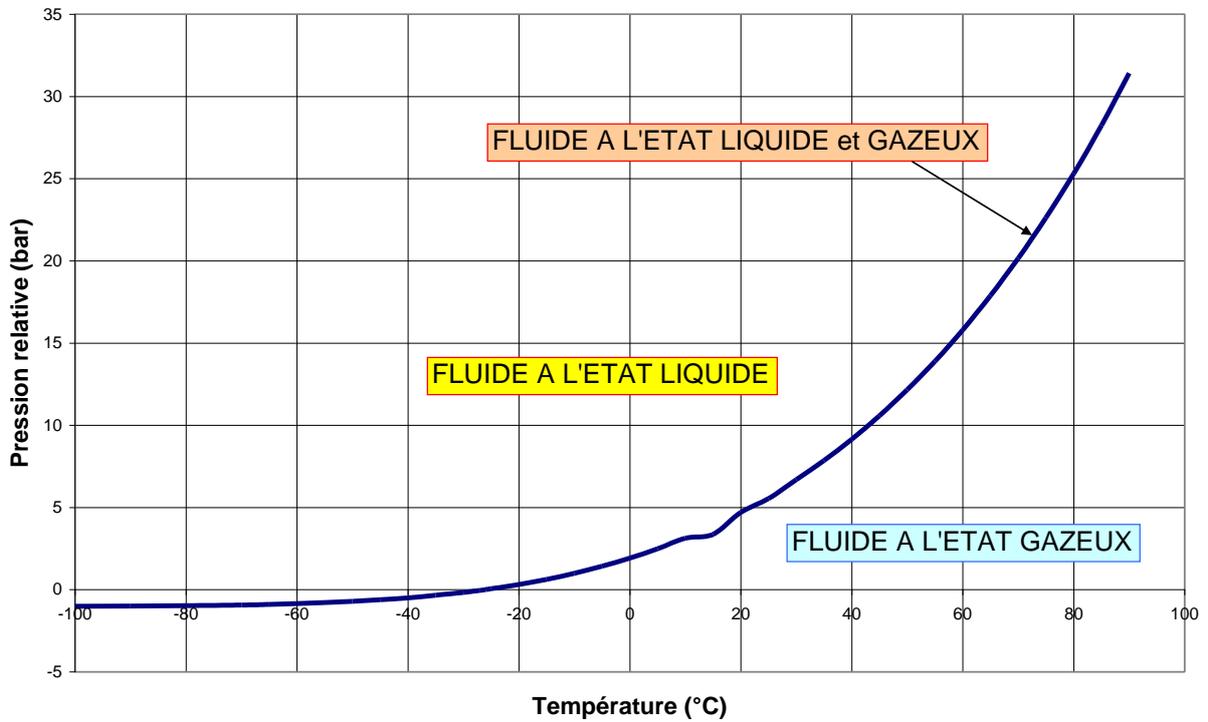
**Si l'on connaît une des deux valeurs alors on connaît, en regardant le tableau de changement d'état ou le diagramme de Mollier, l'autre valeur.**

**Pour le fluide frigorigère R134A :**

**Tableau du fluide R134A ci-contre**

Température °C	Pression relative en bar
-100	-1.007
-90	-0.996
-80	-0.974
-70	-0.93
-65	-0.895
-60	-0.85
-55	-0.79
-50	-0.714
-45	-0.617
-40	-0.497
-35	-0.347
-30	-0.166
-27	-0.039
-26	0.007
-25	0.054
-20	0.317
-15	0.628
-10	0.994
-5	1.421
0	1.915
5	2.483
10	3.132
15	3.37
20	4.703
25	5.54
30	6.688
35	7.855
40	9.151
45	10.583
50	12.163
55	13.899
60	15.8
65	17.88
70	20.149
75	22.621
80	25.311
85	28.237
90	31.422

**Courbe de saturation du R134A :**

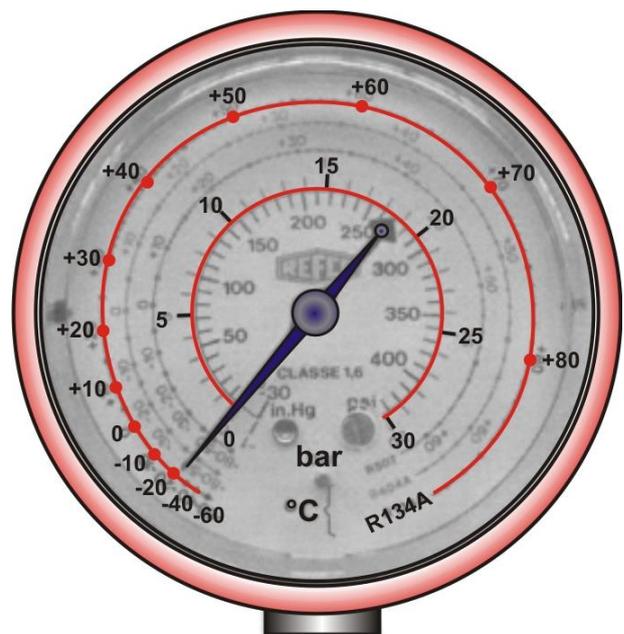


En pratique ces valeurs sont indiquées sur les manomètres des appareils de charge ou de diagnostic :

**Manomètre B.P.**



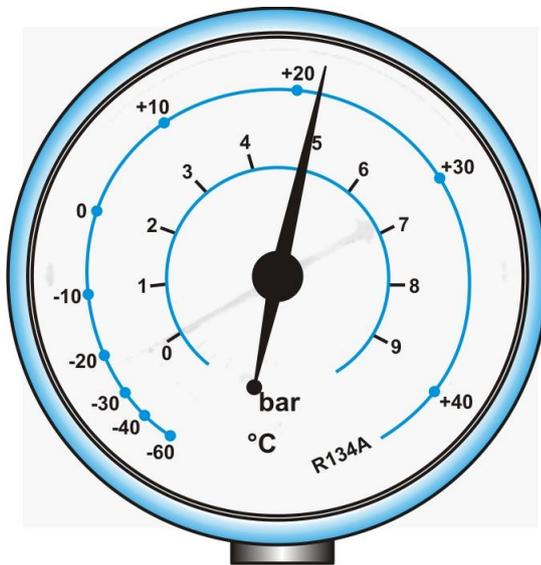
**Manomètre H.P.**



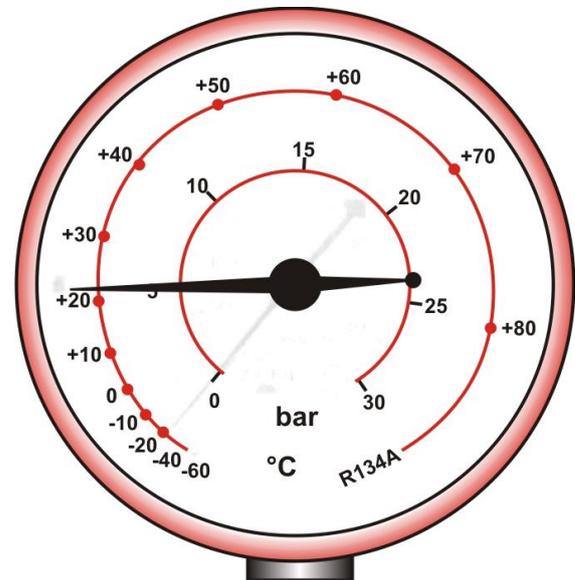
BTS MV	1 <sup>ère</sup> ANNEE	TECHNOLOGIE ET INTERVENTIONS SUR VEHICULE
<b>CONFORT</b>		
TECHNOLOGIE	ANALYSER DIAGNOSTIQUER	

Exemple de lectures pression / température : (moteur à l'arrêt)

**Manomètre B.P.**



**Manomètre H.P.**



Si la pression est de 5 bar

la température est de 22°C

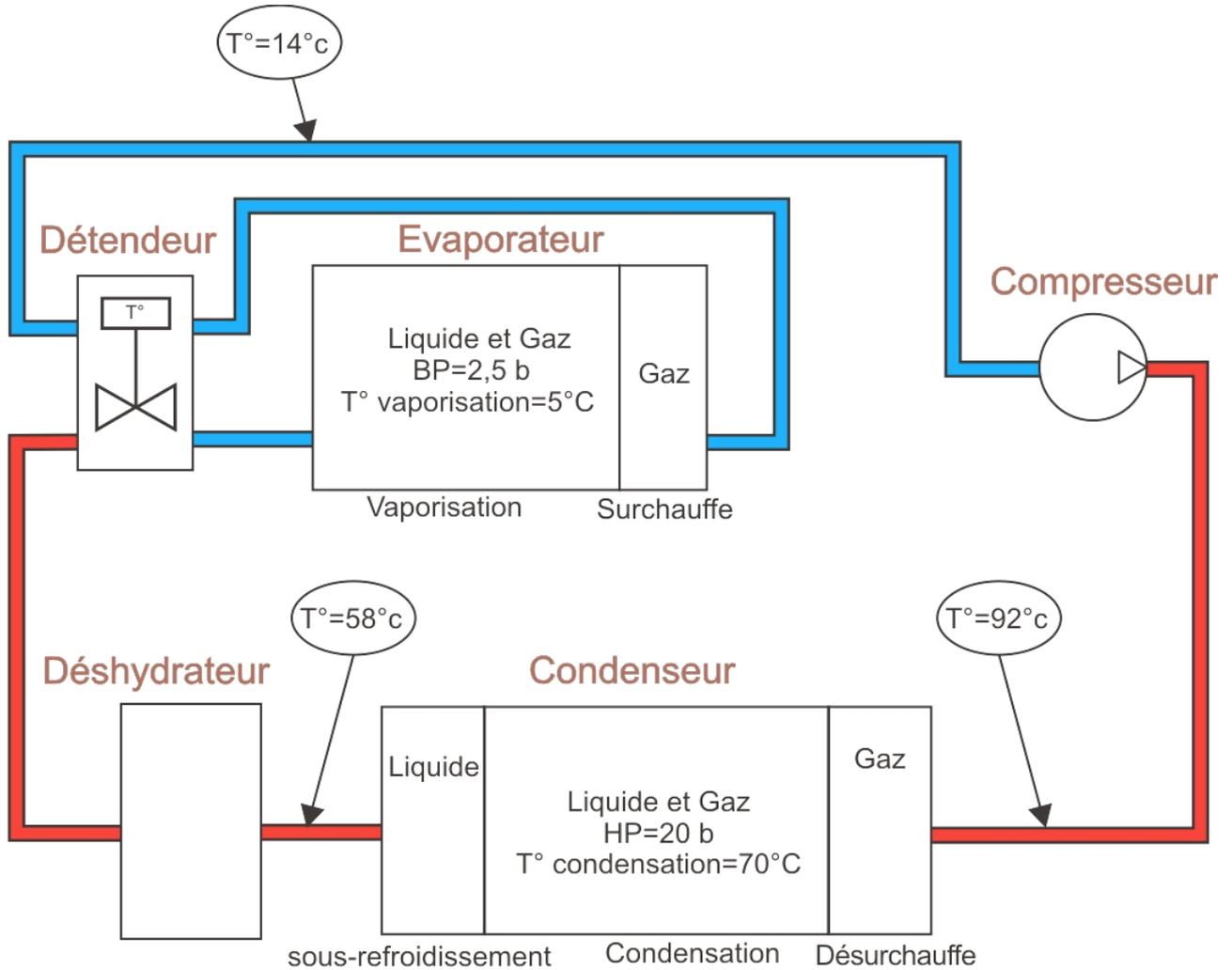
NB : En « statique » les manomètres indiquent la même pression.

**En conclusion :**

Si l'on mesure la pression du circuit haute pression, nous pouvons connaître par lecture sur le manomètre, la valeur de la température de condensation (pendant le changement d'état).

Si l'on mesure la pression du circuit basse pression, nous pouvons connaître par lecture sur le manomètre, la valeur de la température d'évaporation (pendant le changement d'état).

## Synthèse des températures / pressions et calculs des températures



### Calculs :

**Surchauffe = T° relevée entre détendeur et compresseur - T° d'évaporation**

$$\text{Surchauffe} = 14 - 5 = 9^{\circ}\text{C}$$

**Désurchauffe = T° relevée sortie compresseur - T° de condensation**

$$\text{Désurchauffe} = 92 - 70 = 22^{\circ}\text{C}$$

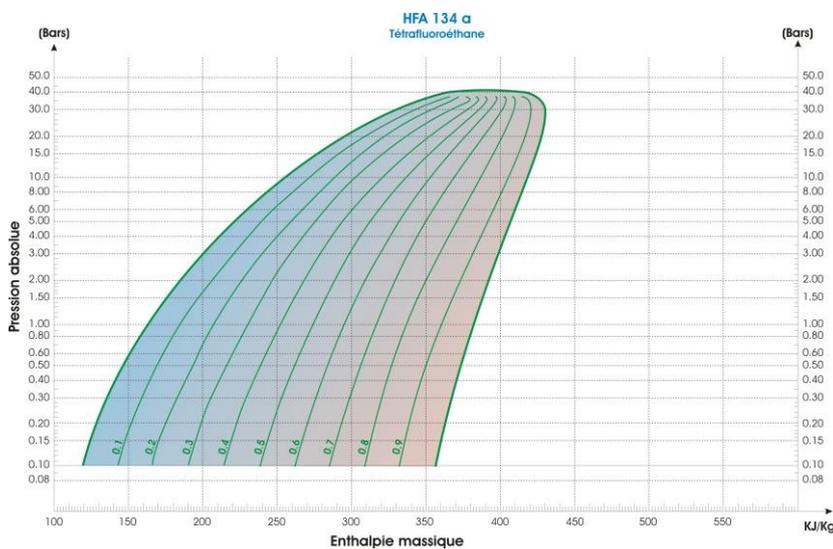
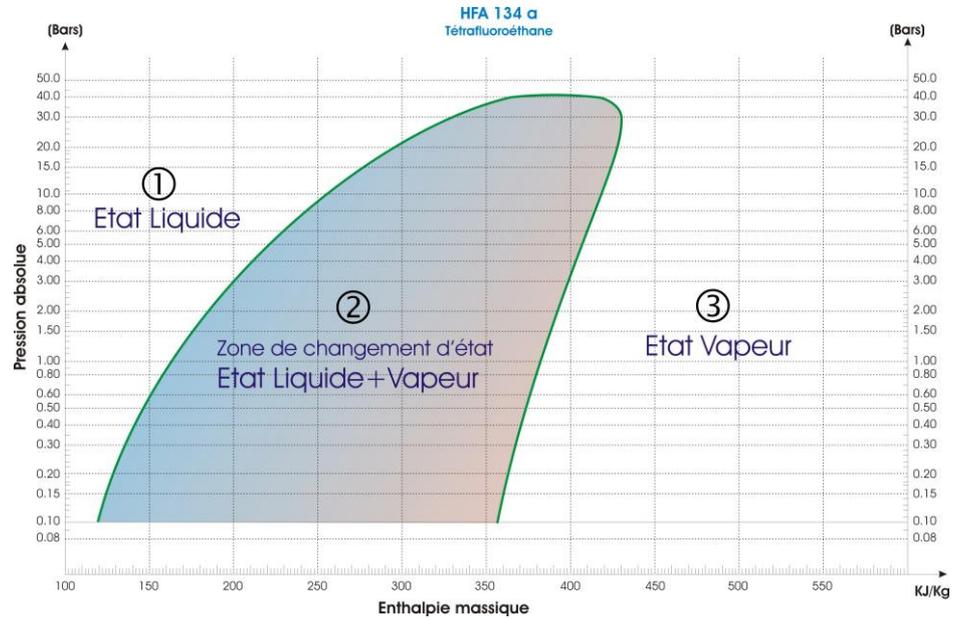
**Sous-refroidissement = T° de condensation - T° relevée entre le condenseur et le déshydrateur**

$$\text{Sous-refroidissement} = 70 - 58 = 12^{\circ}\text{C}$$

## Tracé des relevés sur le diagramme de Mollier

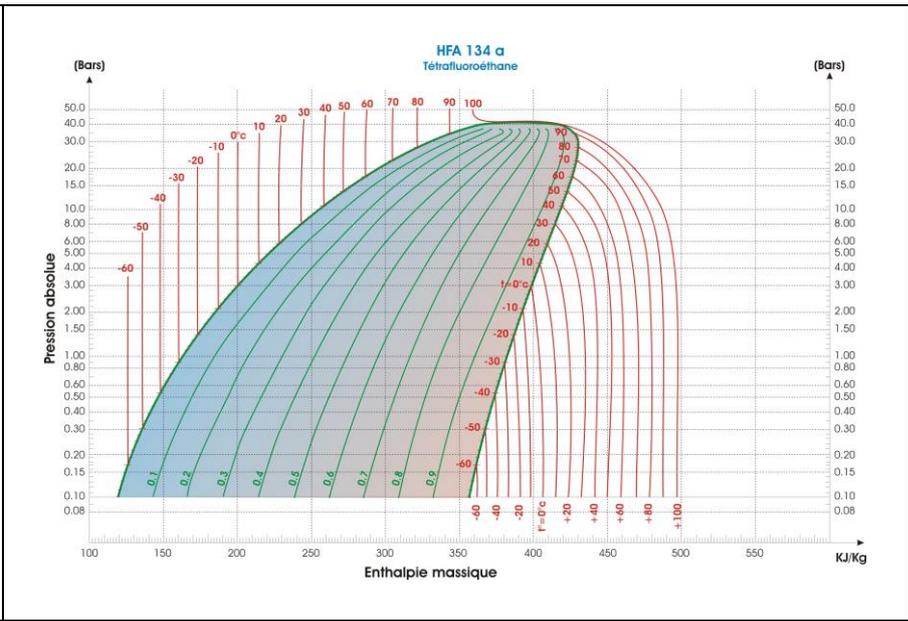
Le diagramme comprend trois zones :

- zone 1 : le fluide est 100% liquide.
- zone 2 : le fluide est liquide et vapeur.
- zone 3 : le fluide est 100% vapeur



Dans la zone 2, à une pression et température données, on peut « titrer le fluide », c'est à dire déterminer la proportion de gaz et de liquide.

Sur le diagramme, on peut faire apparaître les courbes isothermes (°C).



NB : Les volumes massiques et les entropies ne sont pas tracés.

Sur le diagramme de la page suivante, nous allons reporter les différents relevés et tracer ainsi les différentes phases de fonctionnement :

**Rappel des valeurs :**

- T° entrée compresseur = 14°C
- T° sortie compresseur = 92°C
- T° sortie condenseur = 58°C

- Basse pression = 2.5 bar (relatif)
- Haute pression = 20 bar (relatif)

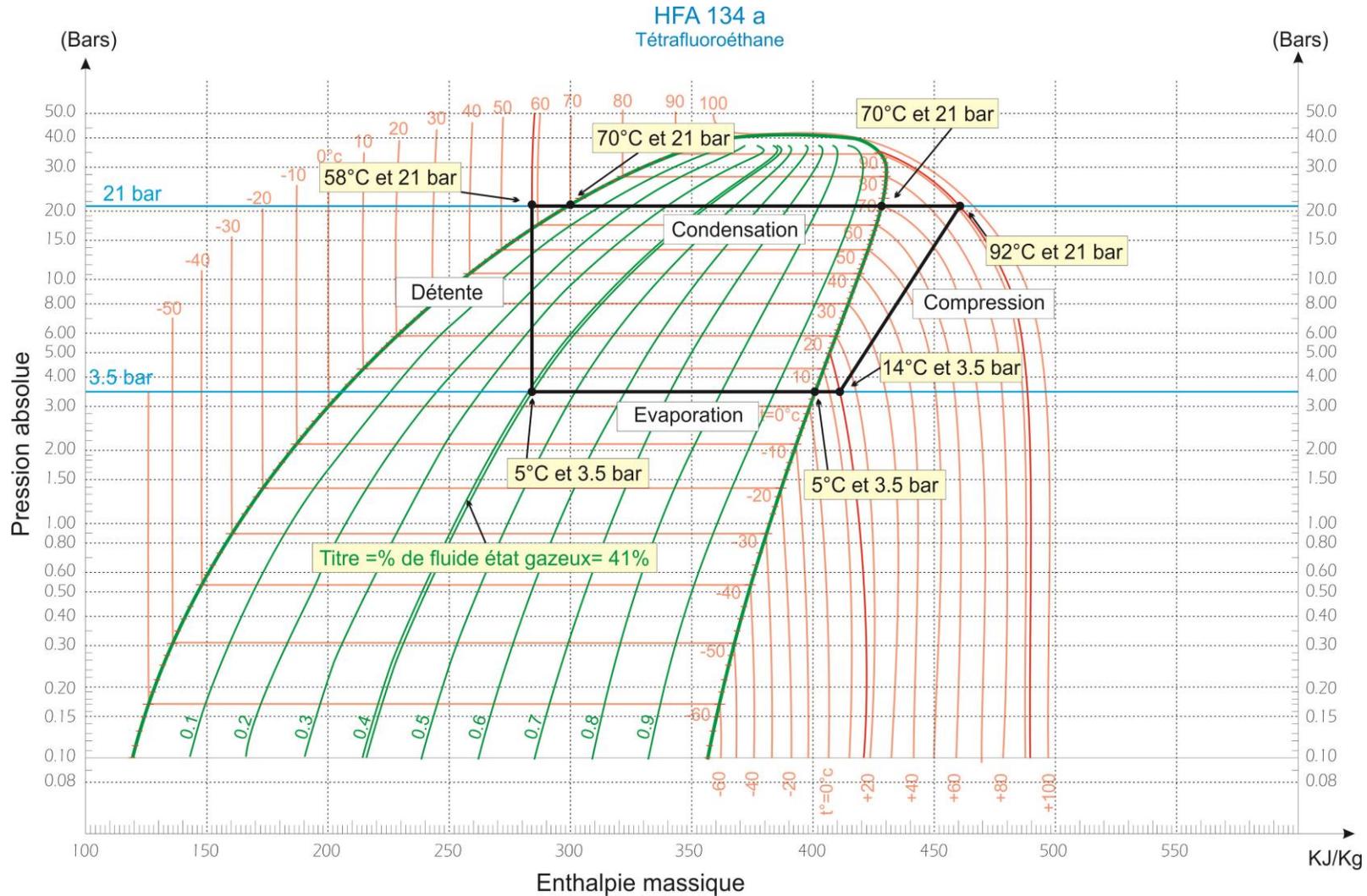
Tracer :

- la compression
- la condensation
- la détente
- l'évaporation

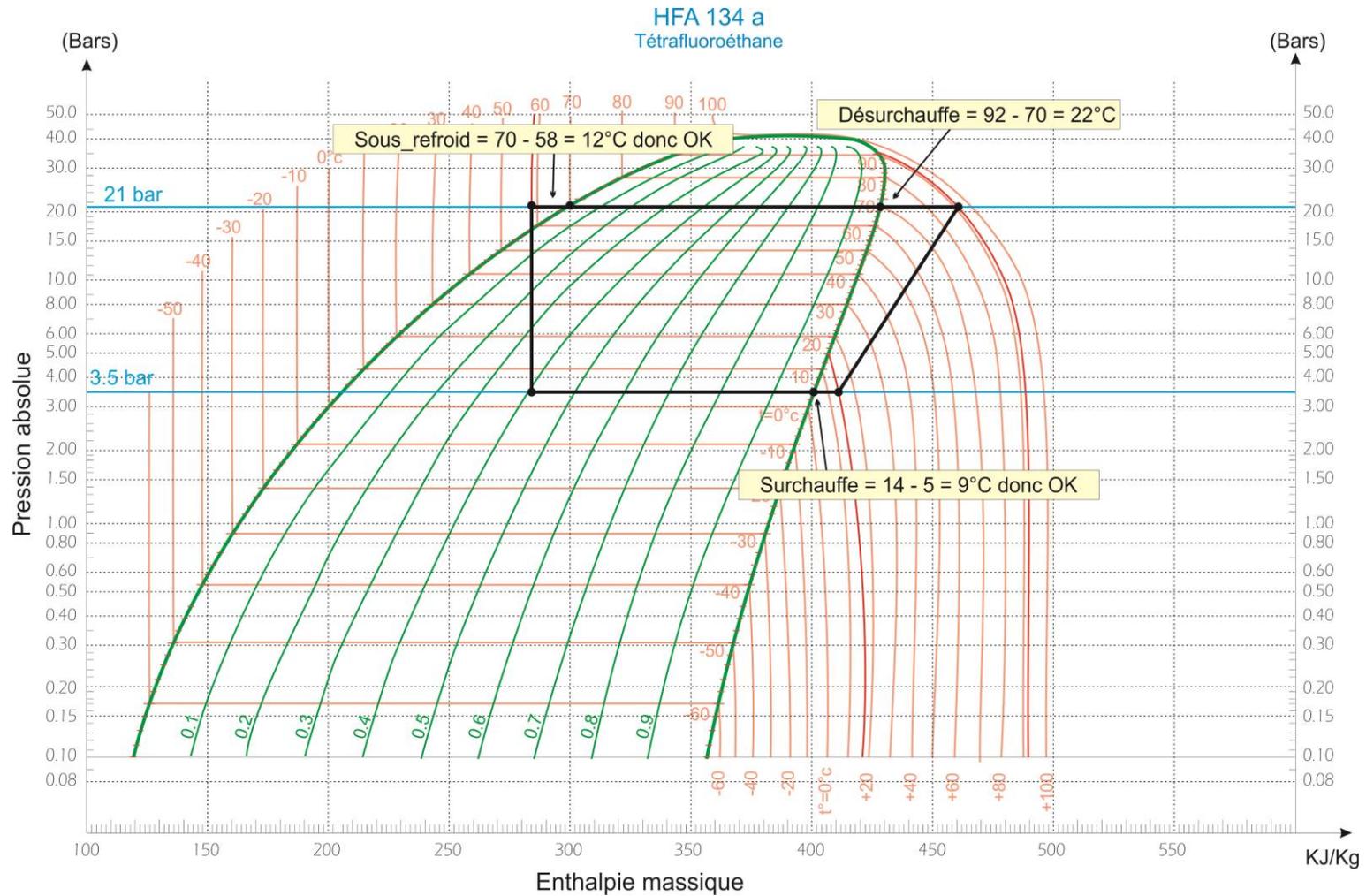
Mettre en évidence :

- la désurchauffe
- le sous-refroidissement
- la surchauffe

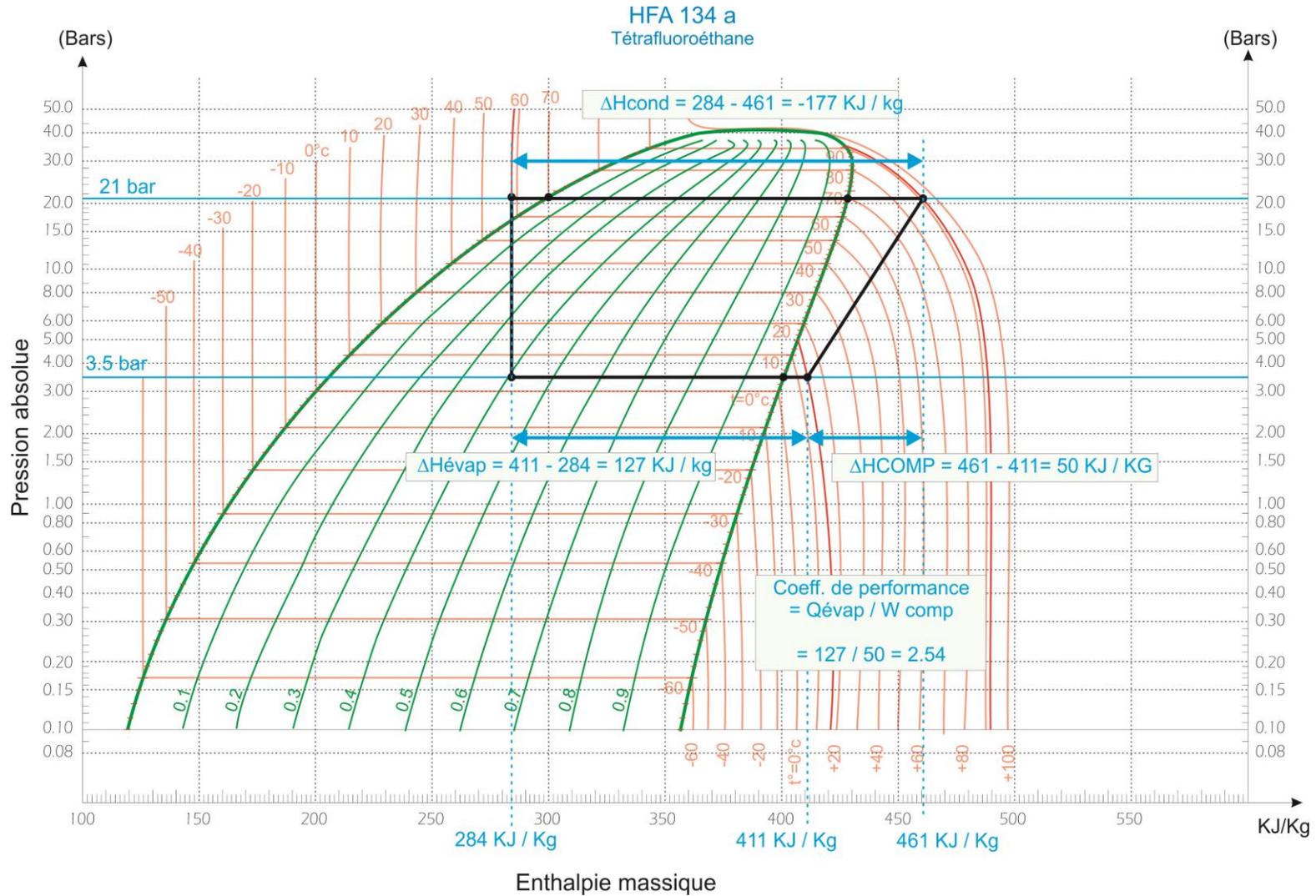
**Températures et des pressions :**



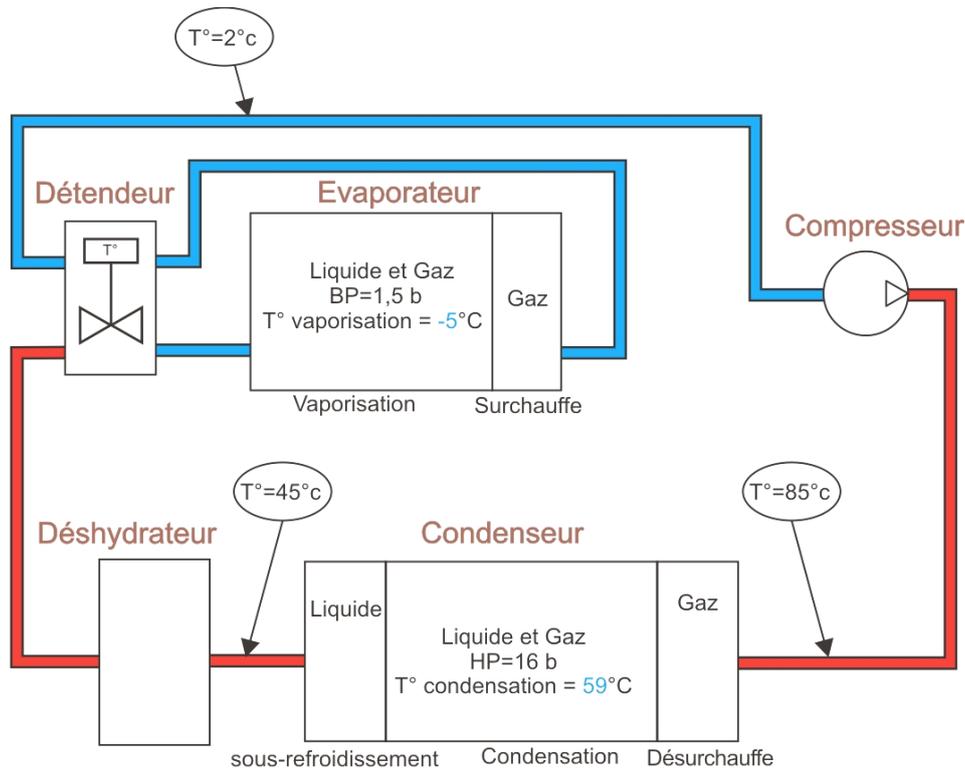
### Désurchauffe, sous-refroidissement et surchauffe



**Variations d'enthalpie, de travail et de chaleur**



## Exemple 2



**Surchauffe = T° relevée entre détendeur et compresseur - T° d'évaporation**  
 Surchauffe = 2 - (-5) = 7°C

**Désurchauffe = T° relevée sortie compresseur - T° de condensation**  
 Désurchauffe = 85 - 59 = 26°C

**Sous-refroidissement = T° de condensation - T° relevée entre le condenseur et le déshydrateur**  
 Sous-refroidissement = 59 - 45 = 14°C

**Titre entrée évaporateur = % fluide état gazeux**  
 Titre = 37%

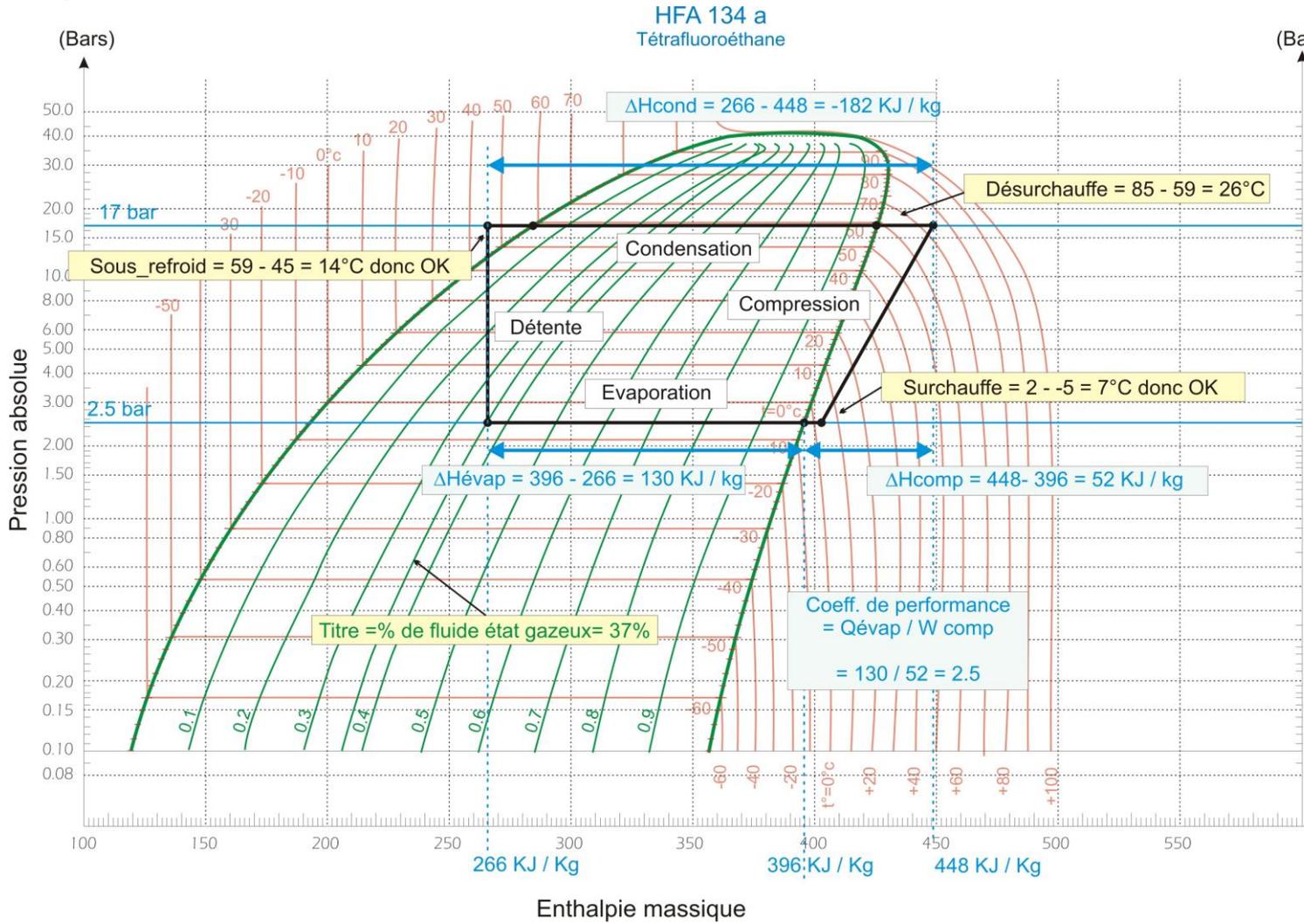
**W compression = H fin compression - H début compression**  
 W compression = 448 - 396 = 52 KJ / kg

**Q évaporation = H fin évaporation - H début évaporation**  
 Q évaporation = 396 - 266 = 130 KJ / kg

**Coefficient de performance = H évaporation / W compression**  
 COP = 130 / 52 = 2.5

NB : voir cours de thermodynamique pour les signes et les relations enthalpie, travail chaleur !

### Diagramme Exemple 2



BTS MV	1 <sup>ère</sup> ANNEE	TECHNOLOGIE ET INTERVENTIONS SUR VEHICULE
		<b>CONFORT</b>
TECHNOLOGIE		ANALYSER DIAGNOSTIQUER

## 4. ETUDE DES COMPOSANTS

### 4.1. Le compresseur

#### Mise en situation

Il est entraîné par la courroie d'accessoire du moteur.

Le rapport des vitesses est de l'ordre de 1.

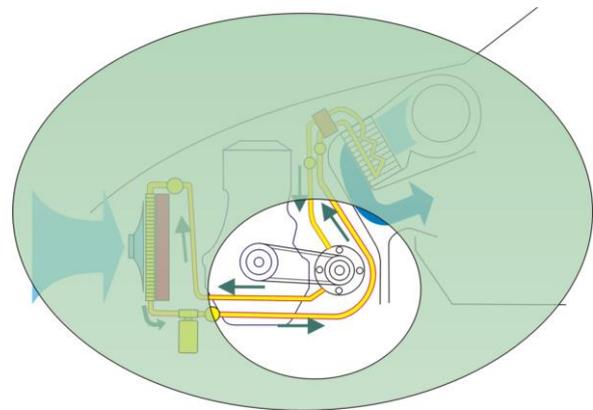
La puissance maximum pour un véhicule de tourisme de gamme moyenne est de l'ordre de 4 kW. Ce qui est loin d'être anodin pour les performances et les consommations.

Les compresseurs les plus utilisés sont à came rotative et plateau oscillant à cylindrée fixe ou variable.

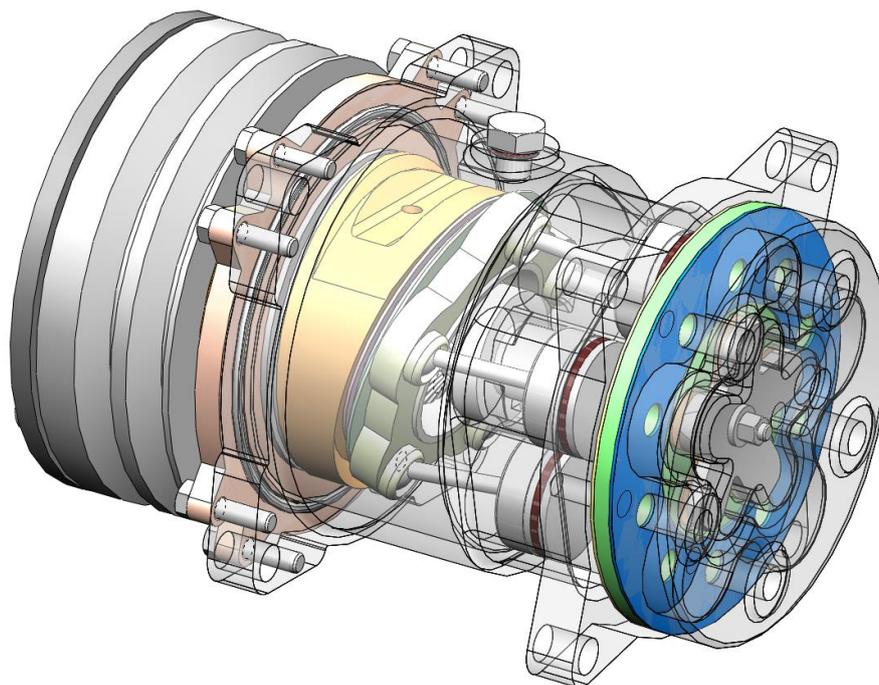
Le compresseur est une pompe qui met le fluide en circulation et permet d'élever sa pression.

Il transforme l'énergie mécanique prélevée au moteur en énergie de pression.

Il agit sur le fluide à l'état **gazeux**.



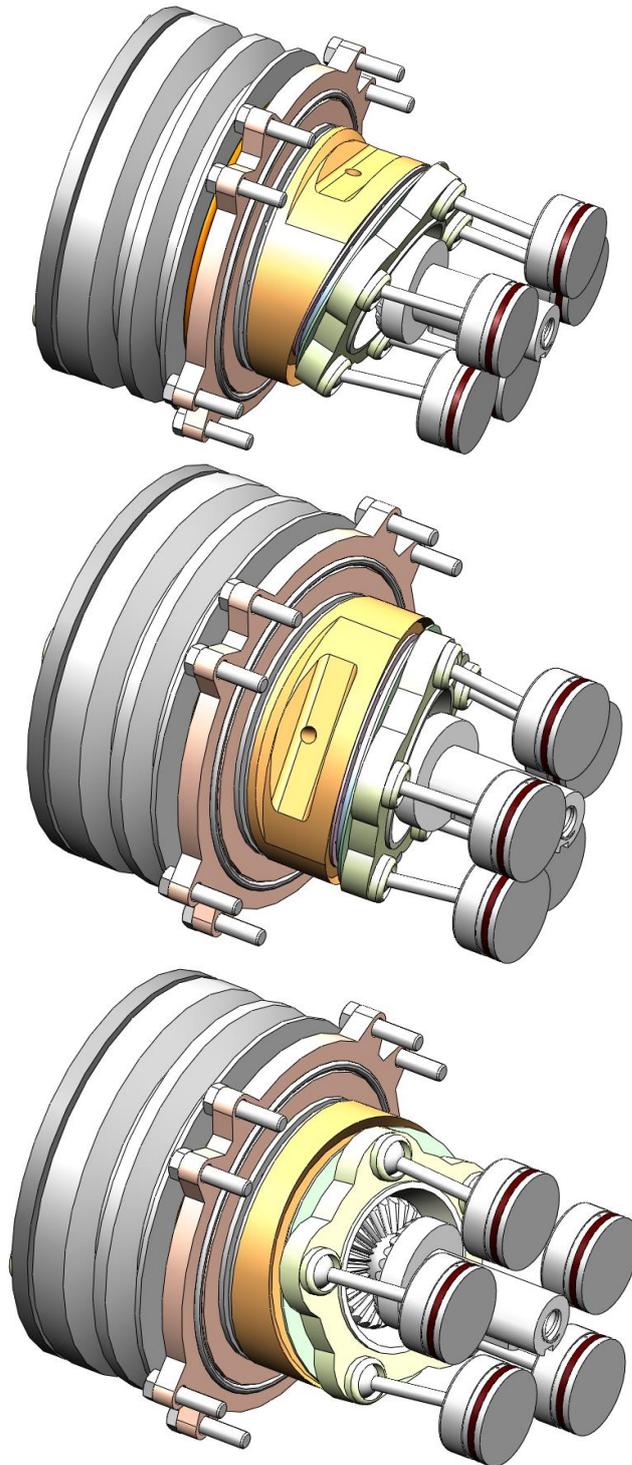
#### Constitution



BTS MV	1 <sup>ère</sup> ANNEE	TECHNOLOGIE ET INTERVENTIONS SUR VEHICULE
		<b>CONFORT</b>
TECHNOLOGIE		ANALYSER DIAGNOSTIQUER

### Principe de fonctionnement compresseur à cylindrée fixe

Ce compresseur est donc une pompe de type volumétrique. Son fonctionnement est basé sur une variation de volume entre les phases d'aspiration et de refoulement. Cinq à sept pistons (suivant les compresseurs) aspirent et refoulent le gaz à chaque rotation.

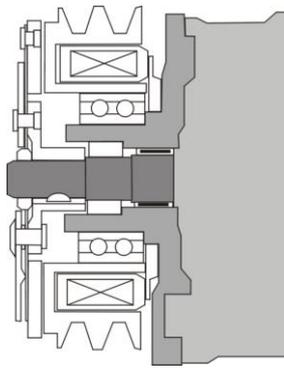


BTS MV	1 <sup>ère</sup> ANNEE	TECHNOLOGIE ET INTERVENTIONS SUR VEHICULE
<b>CONFORT</b>		
TECHNOLOGIE		ANALYSER DIAGNOSTIQUER

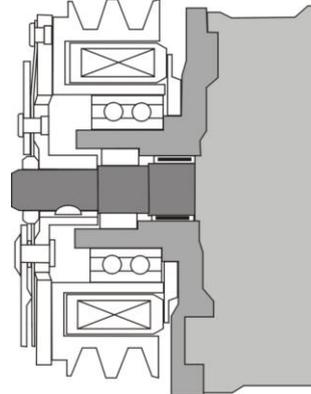
## Embrayage électromagnétique

Il permet d'assurer le couplage du compresseur avec le moteur selon les besoins de production de froid. La commande du compresseur est assurée par le calculateur de gestion de l'air conditionné.

EMBAYAGE AU REPOS



EMBAYAGE COMMANDE



## Compresseur à cylindrée variable

Sur les climatisations équipées d'un compresseurs à cylindrée fixe la régulation flux thermique est réalisée en alternant l'arrêt et l'entraînement du compresseur : le « **cyclage** », commandé par la mesure de la température évaporateur (un capteur est placé sur l'évaporateur et informe le calculateur).

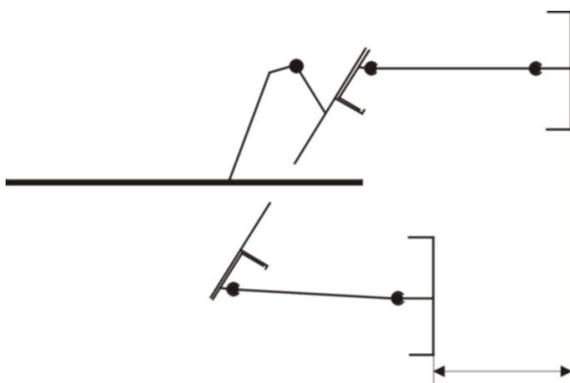
Afin de limiter le « cyclage », les compresseurs actuels sont à cylindrée variable et permettent de réguler la puissance frigorifique.

La variation de cylindrée est réalisée à l'aide:

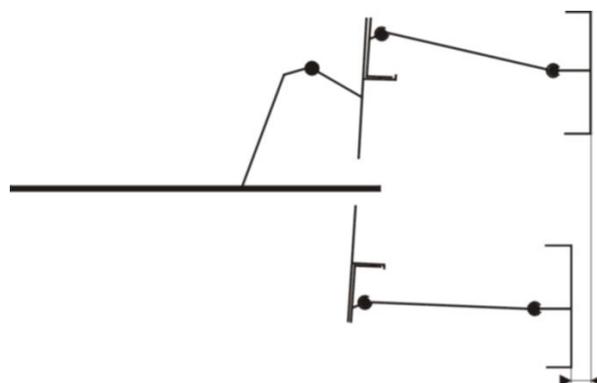
- d'un clapet interne piloté par les pressions de carter et d'aspiration (compresseur « auto piloté »).
- d'une électrovanne commandée en RCO par le calculateur.

**PRINCIPE : IL S'AGIT D'OBTENIR LA VARIATION DE LA CYLINDREE EN MODULANT LA COURSE DES PISTONS PAR VARIATION DE L'ANGLE DU PLATEAU OSCILLANT (DE 1,5° A 24°).**

Cylindrée maxi

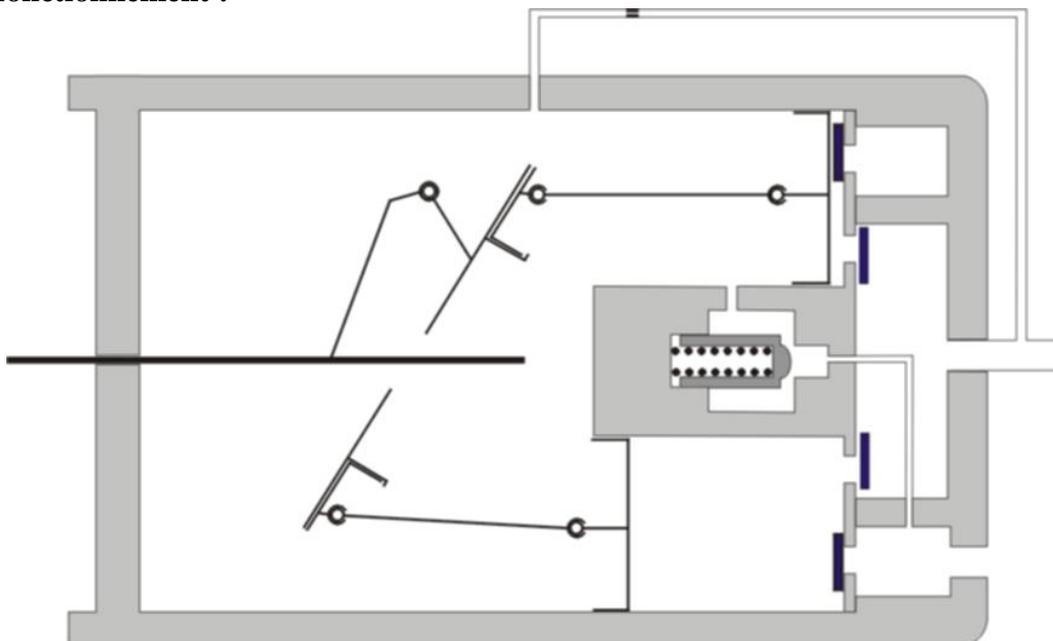


Cylindrée mini



BTS MV	1 <sup>ère</sup> ANNEE	TECHNOLOGIE ET INTERVENTIONS SUR VEHICULE
<b>CONFORT</b>		
TECHNOLOGIE	ANALYSER DIAGNOSTIQUER	

**Phases de fonctionnement :**



#### **Embrayage du compresseur :**

Au repos les pressions haute, basse et carter sont équilibrées (environ 5 bar pour 20°C de température extérieure), le clapet interne est donc ouvert.

Lors de l'embrayage la basse pression et celle du carter chutent tandis que la haute pression augmente. L'action de la pression du carter sur les pistons est plus faible que celle de la basse pression. Le moment résultant sur le plateau oscillant l'entraîne vers la cylindrée maxi. Le débit du compresseur est important. La production de froid est importante.

#### **Fermeture du clapet :**

Lorsque la production de froid devient trop grande, le détendeur se ferme et la basse pression chute. Lorsque l'action des pressions sur le piston du clapet devient inférieure à l'action du ressort, le clapet se ferme. La liaison carter/aspiration est donc interrompue. La pression du carter augmente. L'action de la pression du carter sur les pistons est plus grande que celle de la basse pression. Le moment résultant sur le plateau oscillant l'entraîne vers la cylindrée mini. Le débit du compresseur diminue et permet de diminuer la production de froid sans avoir à débrayer le compresseur.

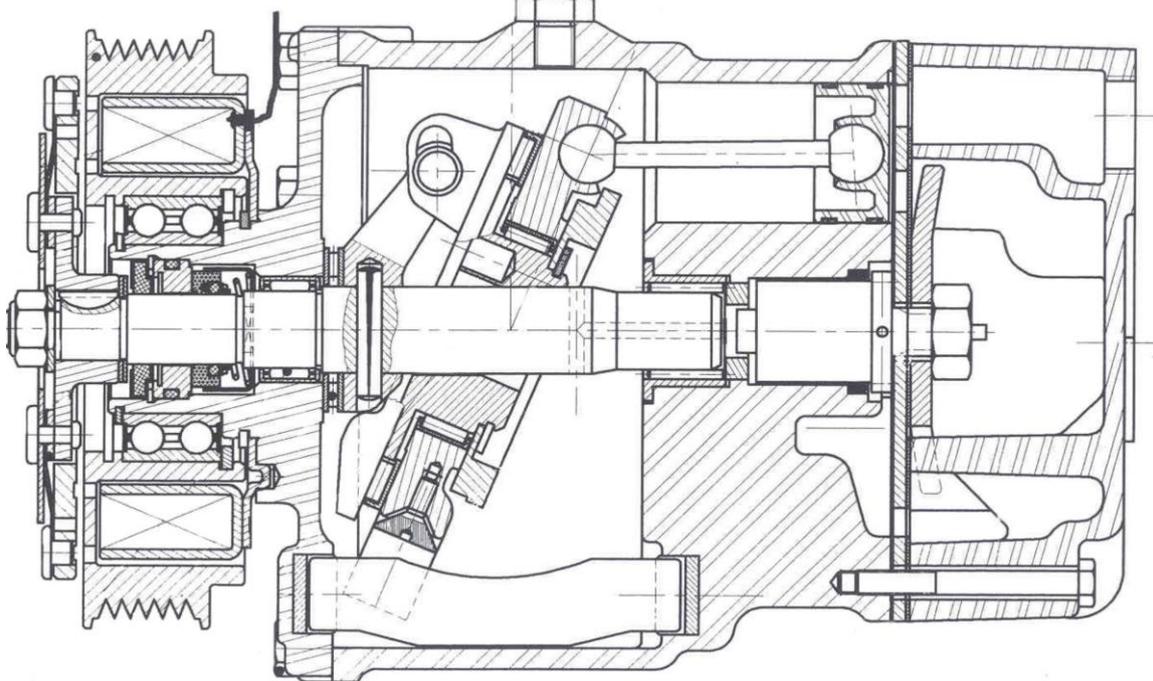
#### **Ouverture du clapet :**

Si les besoins de production de froid augmentent (le véhicule traverse une ambiance extérieure plus chaude) ou bien encore, si la production de froid diminue (le régime moteur baisse), le détendeur s'ouvre et la basse pression augmente. L'action des pressions (carter et basse) sur le clapet devient supérieure à l'action du ressort ainsi le clapet s'ouvre. Le moment résultant sur le plateau oscillant l'entraîne vers la cylindrée maxi. Le débit du compresseur est important. La production de froid correspond à nouveau aux besoins.

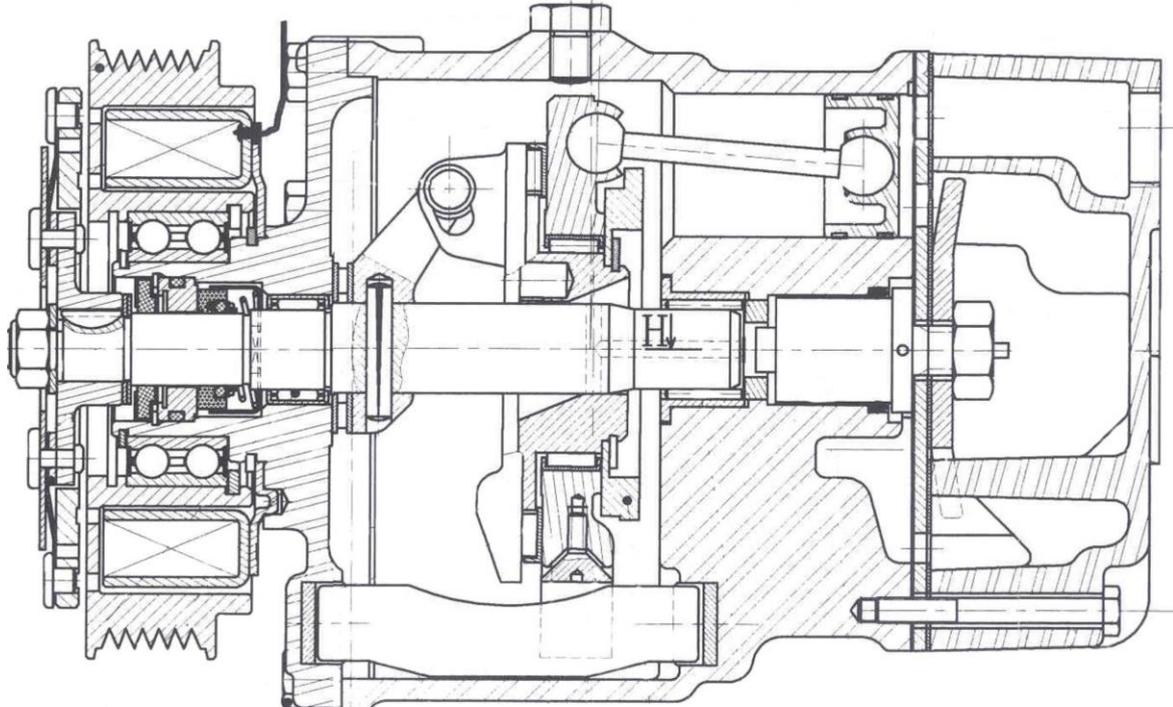
Le compresseur va donc régler seul la cylindrée optimale. Ce dispositif évite le cyclage du compresseur.

BTS MV	1 <sup>ère</sup> ANNEE	TECHNOLOGIE ET INTERVENTIONS SUR VEHICULE
<b>CONFORT</b>		
TECHNOLOGIE	ANALYSER DIAGNOSTIQUER	

**Position débit Maxi**



**Position débit Mini**

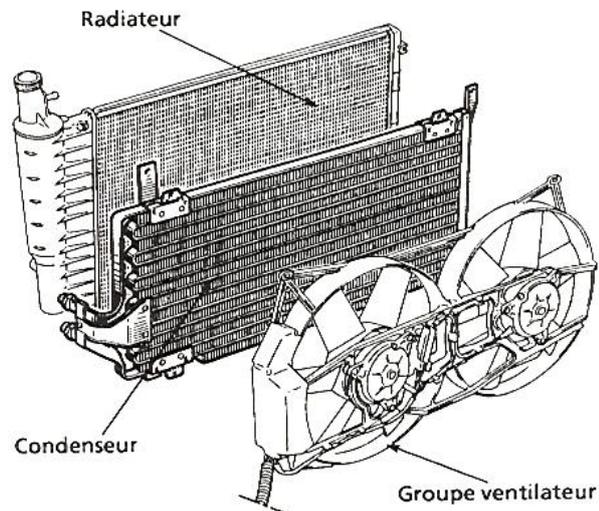


BTS MV	1 <sup>ère</sup> ANNEE	TECHNOLOGIE ET INTERVENTIONS SUR VEHICULE
<b>CONFORT</b>		
TECHNOLOGIE	ANALYSER DIAGNOSTIQUER	

## 4.2. Le condenseur

Il permet la condensation du fluide frigorigène après que celui-ci ait absorbé de la chaleur lors des phases évaporation et compression. Le fluide échange de la chaleur avec l'air extérieur.

Il est situé sur la face avant du véhicule et placé devant le radiateur de refroidissement.



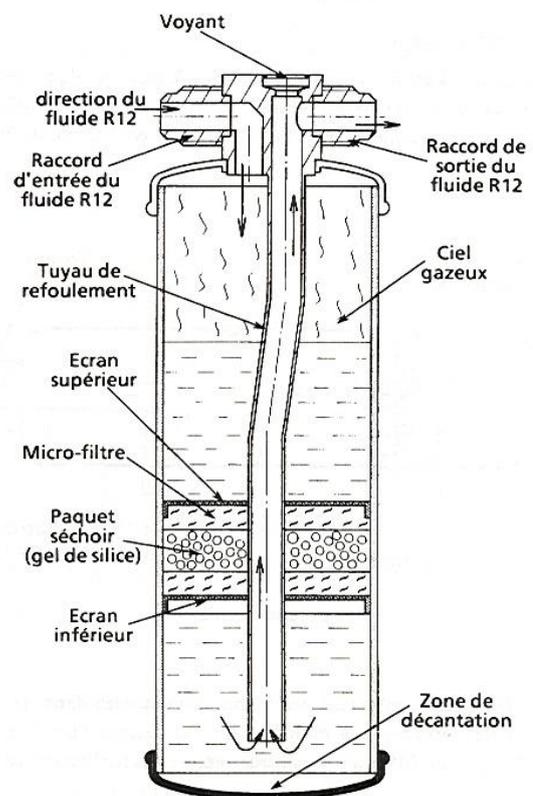
## 4.3. Le déshydrateur (bouteille déshydratante)

Il assure le stockage du fluide et absorbe les à-coups provoqués par le cyclage du compresseur.

Il assure également la filtration des particules solides.

Il permet d'absorber l'humidité contenue dans le fluide à l'aide de sels dessiccants.

Il assure une alimentation à l'état liquide du détendeur car son tuyau de sortie « plonge » dans la zone inférieure de la bouteille : la zone où le fluide est à l'état liquide.



BTS MV	1 <sup>ère</sup> ANNEE	TECHNOLOGIE ET INTERVENTIONS SUR VEHICULE
<b>CONFORT</b>		
TECHNOLOGIE	ANALYSER DIAGNOSTIQUER	

#### 4.4. Le détendeur

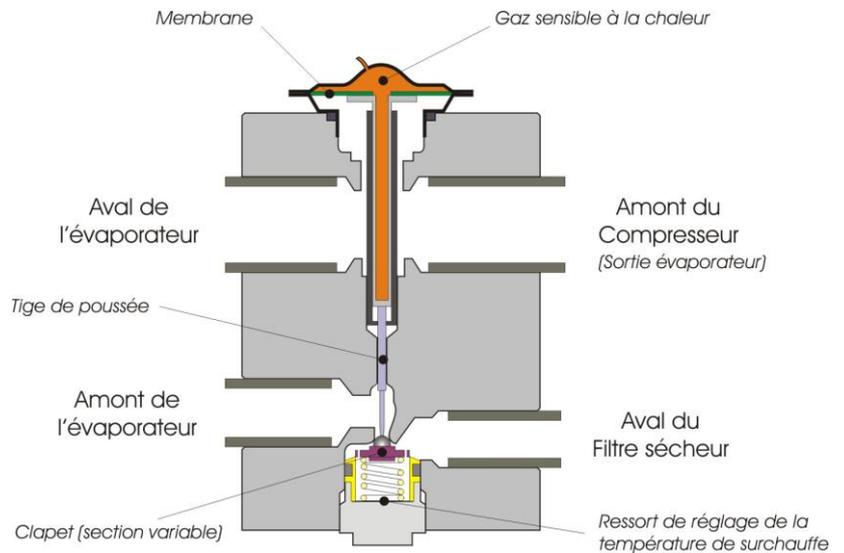
Il est constitué :

- d'un dispositif à section variable
- d'un dispositif de mesure de la température de surchauffe

La membrane agit sur le clapet par l'intermédiaire d'une tige de poussée.

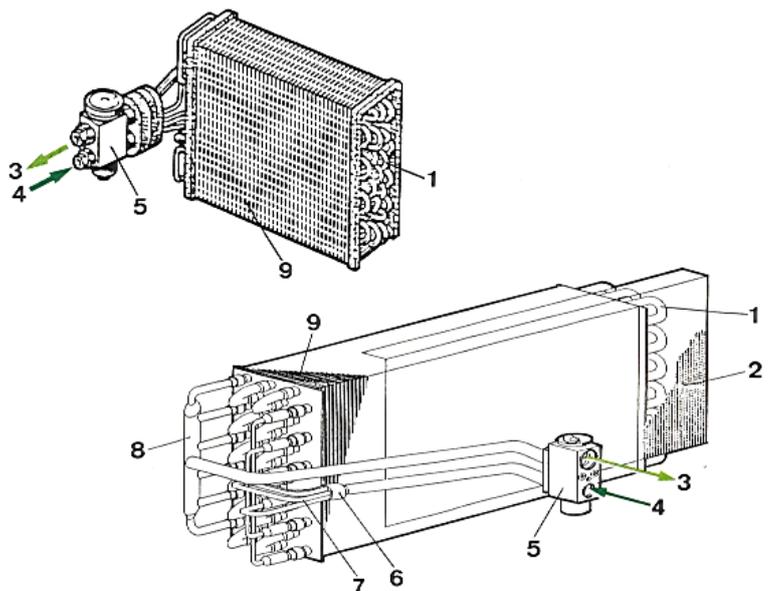
Les actions sur la membrane sont dues aux actions :

- de la pression du gaz sensible à la température enfermée au dessus de la membrane
- de la pression du gaz en sortie de l'évaporateur.
- du ressort de rappel situé sous le clapet.



#### 4.5. L'évaporateur

- 1 : Tube en épingle
- 2 : Grille pare gouttelettes
- 3 : vers l'aspiration du compresseur sous forme de vapeur
- 4 : Arrivée du fluide sous forme de liquide
- 5 : Détendeur
- 6 : Distributeur
- 7 : Tubes capillaires d'alimentation
- 8 : Tube de sortie
- 9 : faisceau d'ailettes.



BTS MV	1 <sup>ère</sup> ANNEE	TECHNOLOGIE ET INTERVENTIONS SUR VEHICULE
		<b>CONFORT</b>
TECHNOLOGIE		ANALYSER DIAGNOSTIQUER

## 4.6. Principe de la régulation de la température d'air soufflé

### Remarque importante :

La variation de température de l'habitacle n'est pas obtenue en faisant varier la température de l'évaporateur mais en faisant varier le débit d'air soufflé et/ou le temps de fonctionnement du compresseur.

La température de surchauffe dépend essentiellement de :

- du flux thermique (débit, température) de l'air extérieur traversant l'évaporateur
- de l'état et du débit de fluide frigorigène qui circule dans l'évaporateur.

En ajustant le **débit du fluide frigorigène** l'on pourra régler la température de l'air pulsé vers l'habitacle. Pour cela les constructeurs utilisent :

- un détendeur + un compresseur à cylindrée fixe + une sonde évaporateur (en sécurité). **R12**
- Un détendeur + compresseur à cylindrée variable autopilotée + sonde évaporateur (en sécurité). **R134A**
- Une restriction fixe + compresseur à cylindrée variable pilotée par EV + capteurs de températures (évaporateur, condenseur, air soufflé). **R134A et du R1234YF**

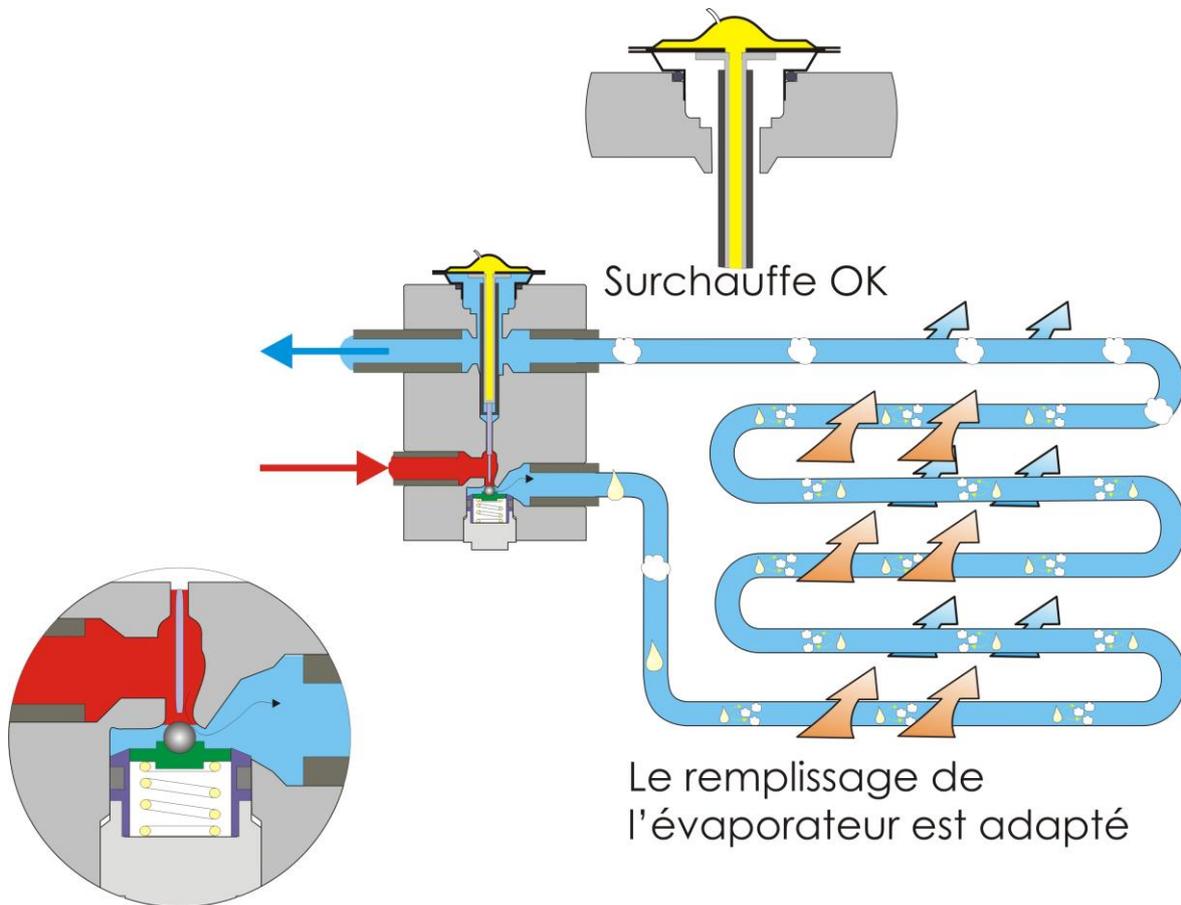
**Un excès de débit de fluide dans l'évaporateur entraîne un refroidissement trop important et surtout le risque d'une quantité de fluide non vaporisée à la sortie de l'évaporateur.**

**Un manque de débit de fluide entraîne une baisse de l'efficacité du système de refroidissement.**

L'ensemble des éléments devra donc assurer le fonctionnement entre les deux limites citées ci-dessus.

BTS MV	1 <sup>ère</sup> ANNEE	TECHNOLOGIE ET INTERVENTIONS SUR VEHICULE
<b>CONFORT</b>		
TECHNOLOGIE	ANALYSER DIAGNOSTIQUER	

### Cas d'un compresseur à cylindrée fixe



### Phases de fonctionnement :

#### Cas n°1 : Augmentation du flux thermique de l'air traversant l'évaporateur :

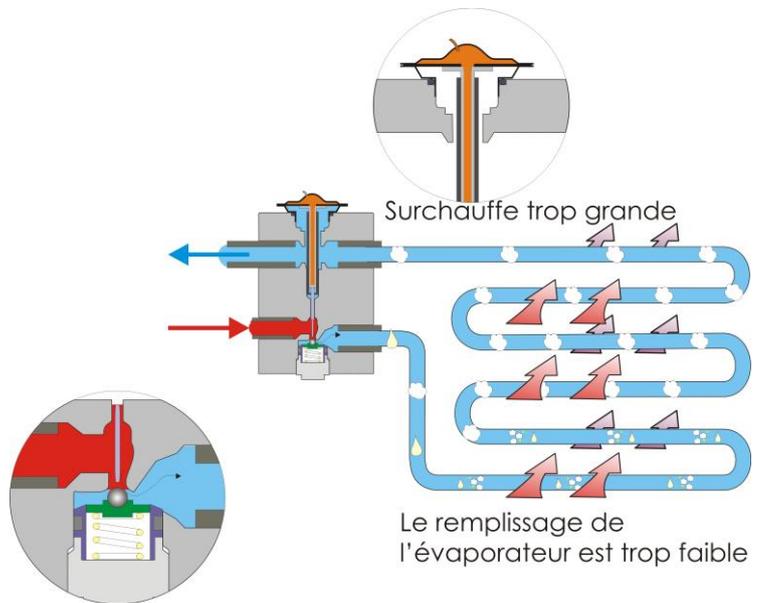
- par augmentation de la température extérieure (zone plus chaude)
- par augmentation du débit d'air traversant l'évaporateur (la vitesse du pulseur d'air augmente ou la vitesse du véhicule augmente)
- par diminution du débit de fluide dans l'évaporateur (le régime de rotation du compresseur diminue).

BTS MV	1 <sup>ère</sup> ANNEE	TECHNOLOGIE ET INTERVENTIONS SUR VEHICULE
<b>CONFORT</b>		
TECHNOLOGIE	ANALYSER DIAGNOSTIQUER	

Le flux thermique apporté par l'air extérieur étant plus important, le changement d'état du fluide est obtenu plus « tôt ».

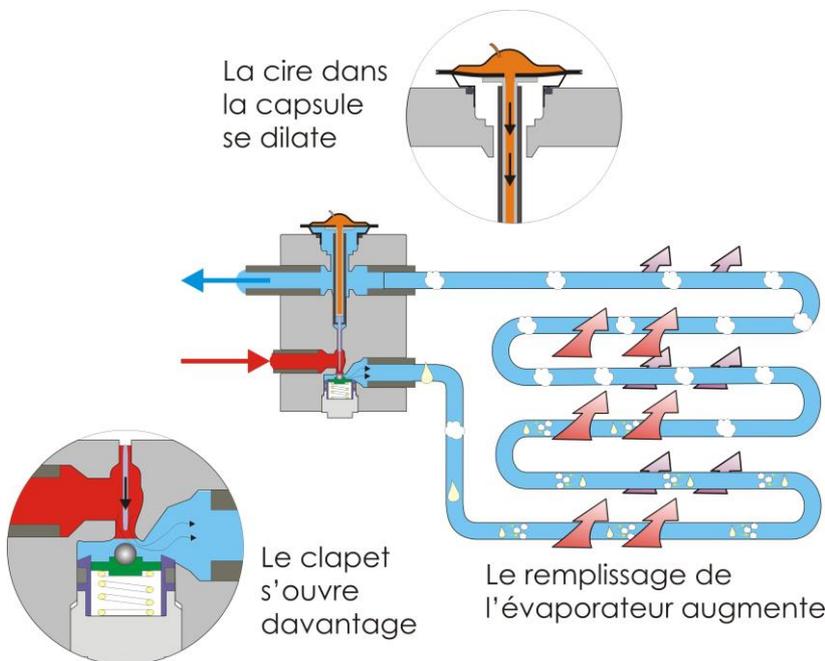
Ainsi le fluide est déjà vaporisé alors que le fluide doit encore circuler dans l'évaporateur.

Le fluide est alors réchauffé (chaleur sensible) et sort de l'évaporateur à une température plus élevée.



L'air n'est pas suffisamment refroidi car la chaleur absorbée par le fluide n'a pas été suffisante (la chaleur absorbée par le fluide à l'état de vapeur est plus faible que celle absorbée pendant l'évaporation).

La quantité de fluide « injectée » par le détendeur (on dit le « remplissage ») n'est pas suffisante.

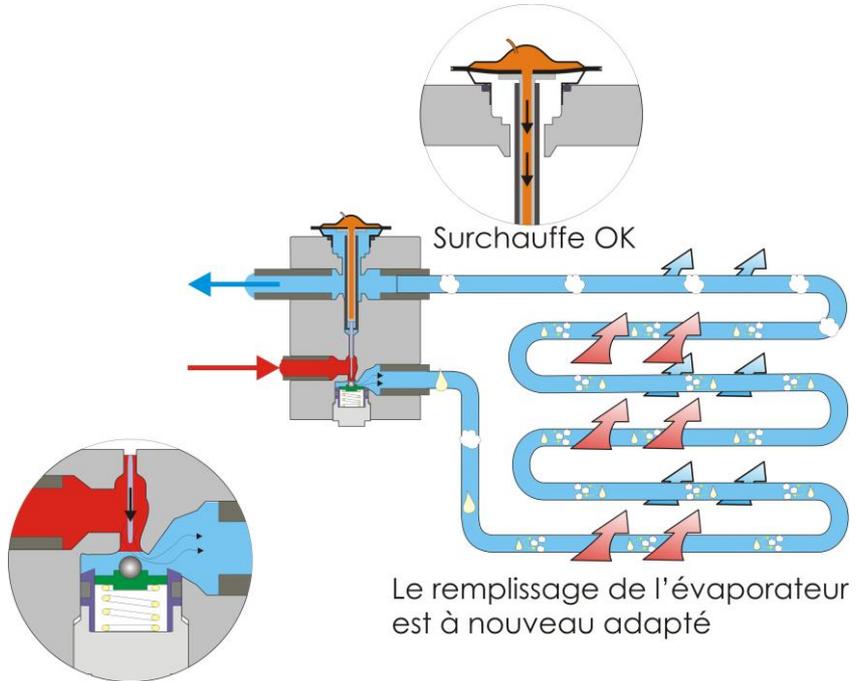


La température de sortie est « captée » par la capsule thermostatique du détendeur. La température de sortie ayant augmentée, la pression dans la capsule augmente et déplace la tige de poussée qui ouvre davantage la section de passage du fluide au niveau du clapet.

BTS MV	1 <sup>ère</sup> ANNEE	TECHNOLOGIE ET INTERVENTIONS SUR VEHICULE
<b>CONFORT</b>		
TECHNOLOGIE	ANALYSER DIAGNOSTIQUER	

Le remplissage de l'évaporateur augmente et rétablit les températures.

Le confort est rétabli !



BTS MV	1 <sup>ère</sup> ANNEE	TECHNOLOGIE ET INTERVENTIONS SUR VEHICULE
		<b>CONFORT</b>
TECHNOLOGIE		ANALYSER DIAGNOSTIQUER

**Cas n°2 : Diminution du flux thermique de l'air traversant l'évaporateur :**

- par diminution de la température extérieure (zone plus froide)
- par diminution du débit d'air traversant l'évaporateur
- par augmentation du débit de fluide traversant l'évaporateur (le régime de rotation du compresseur diminue).

Le flux thermique apporté par l'air extérieur étant plus faible, le changement d'état du fluide n'est pas complètement réalisé.

Le fluide a absorbé une grande quantité de chaleur et a diminué fortement la température de l'air pulsé dans l'habitacle.

Une partie du fluide rejoignant le compresseur est resté à l'état liquide, il y a un risque de destruction du compresseur.

La quantité de fluide « injectée » par le détendeur (on dit le « remplissage ») est trop élevée.

La température de sortie mesurée par la capsule thermostatique du détendeur est faible, la pression dans la capsule diminue et le ressort referme le clapet.

Le remplissage de l'évaporateur diminue et rétablit les températures.

**NB :** dans ce type de montage, la fermeture du détendeur ne peut jamais être complète.

Il se produit des situations thermiques où le débit de fluide dans l'évaporateur est trop important en regard de la chaleur apportée par l'air traversant l'évaporateur.

Une sonde évaporateur placée contre ce dernier mesure en permanence la température.

Lorsque la température est proche de 0°C, le compresseur est débrayé pour éviter un risque de givrage (et donc de colmatage par le givre) de la surface d'échange de l'évaporateur.

Le compresseur est donc régulièrement embrayé puis débrayé (cyclage) et cela entraîne des désagréments de conduite et des contraintes mécaniques supplémentaires (courroie d'entraînement notamment).

BTS MV	1 <sup>ère</sup> ANNEE	TECHNOLOGIE ET INTERVENTIONS SUR VEHICULE
<b>CONFORT</b>		
TECHNOLOGIE		ANALYSER DIAGNOSTIQUER

### Cas d'un compresseur à cylindrée variable auto piloté

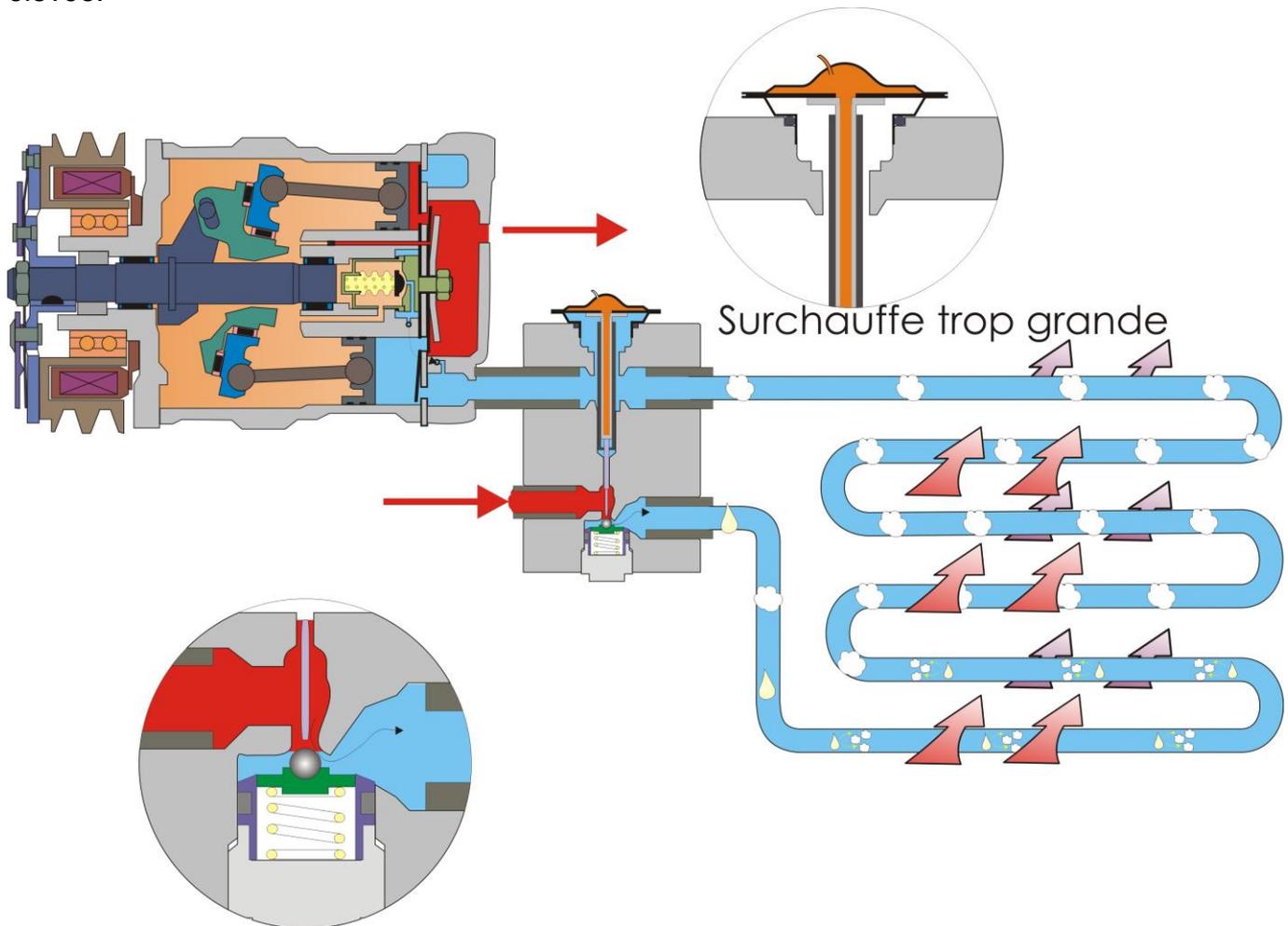
#### Cas n°1 : Augmentation du flux thermique de l'air traversant l'évaporateur :

Idem cas n°1 pour le compresseur à cylindrée fixe :

Le flux thermique apporté par l'air extérieur étant plus important, le changement d'état du fluide est obtenu plus « tôt ».

Ainsi le fluide est déjà vaporisé alors que le fluide doit encore circuler dans l'évaporateur.

Le fluide est alors réchauffé (chaleur sensible) et sort de l'évaporateur à une température plus élevée.



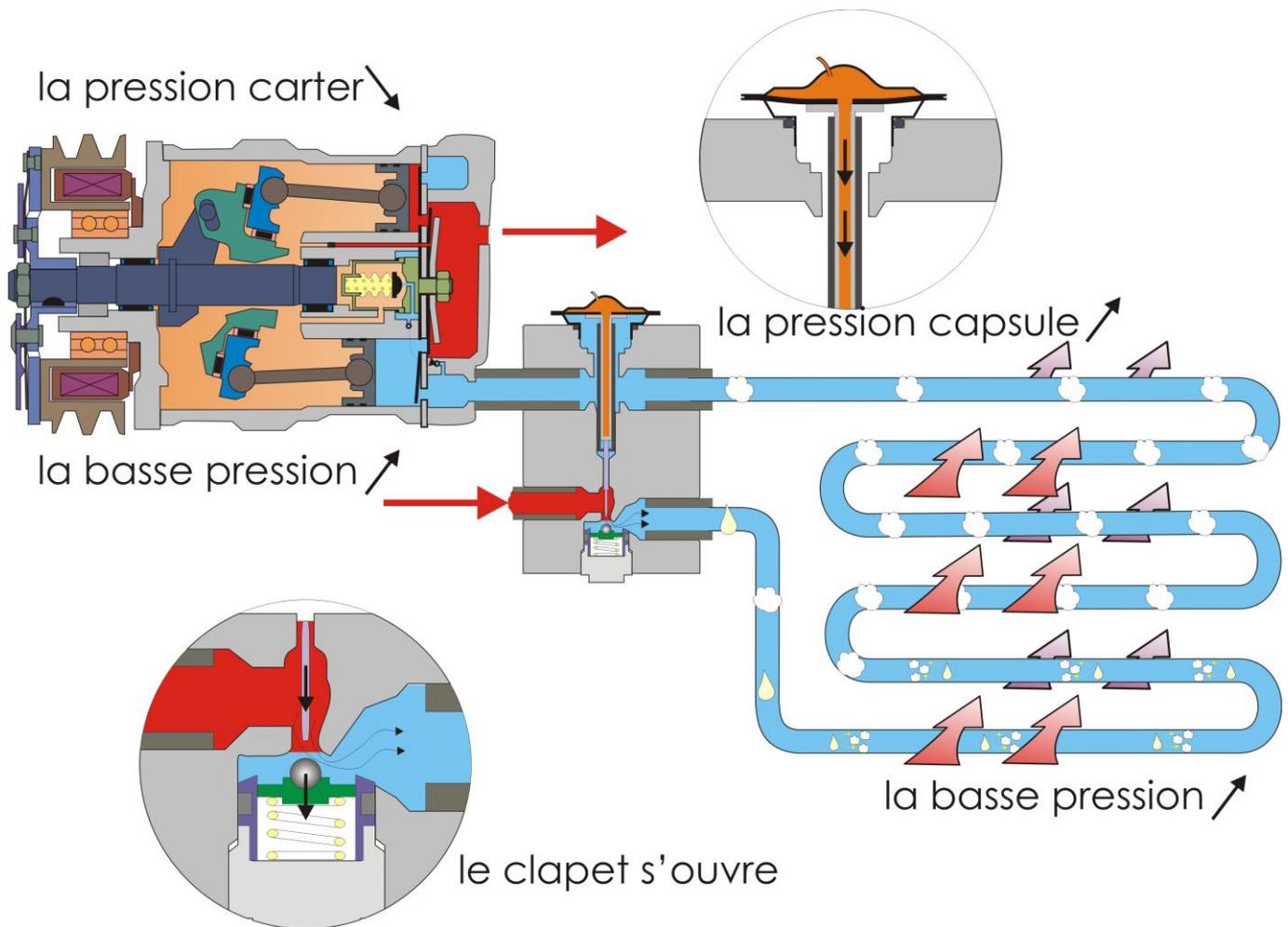
L'air n'est pas suffisamment refroidi car la chaleur absorbée par le fluide n'a pas été suffisante (la chaleur absorbée par le fluide à l'état de vapeur est plus faible que celle absorbée pendant l'évaporation).

La quantité de fluide « injectée » par le détendeur (on dit le « remplissage ») n'est pas suffisante : le débit de fluide fourni par l'ensemble détendeur compresseur est insuffisant.

BTS MV	1 <sup>ère</sup> ANNEE	TECHNOLOGIE ET INTERVENTIONS SUR VEHICULE
<b>CONFORT</b>		
TECHNOLOGIE	ANALYSER DIAGNOSTIQUER	

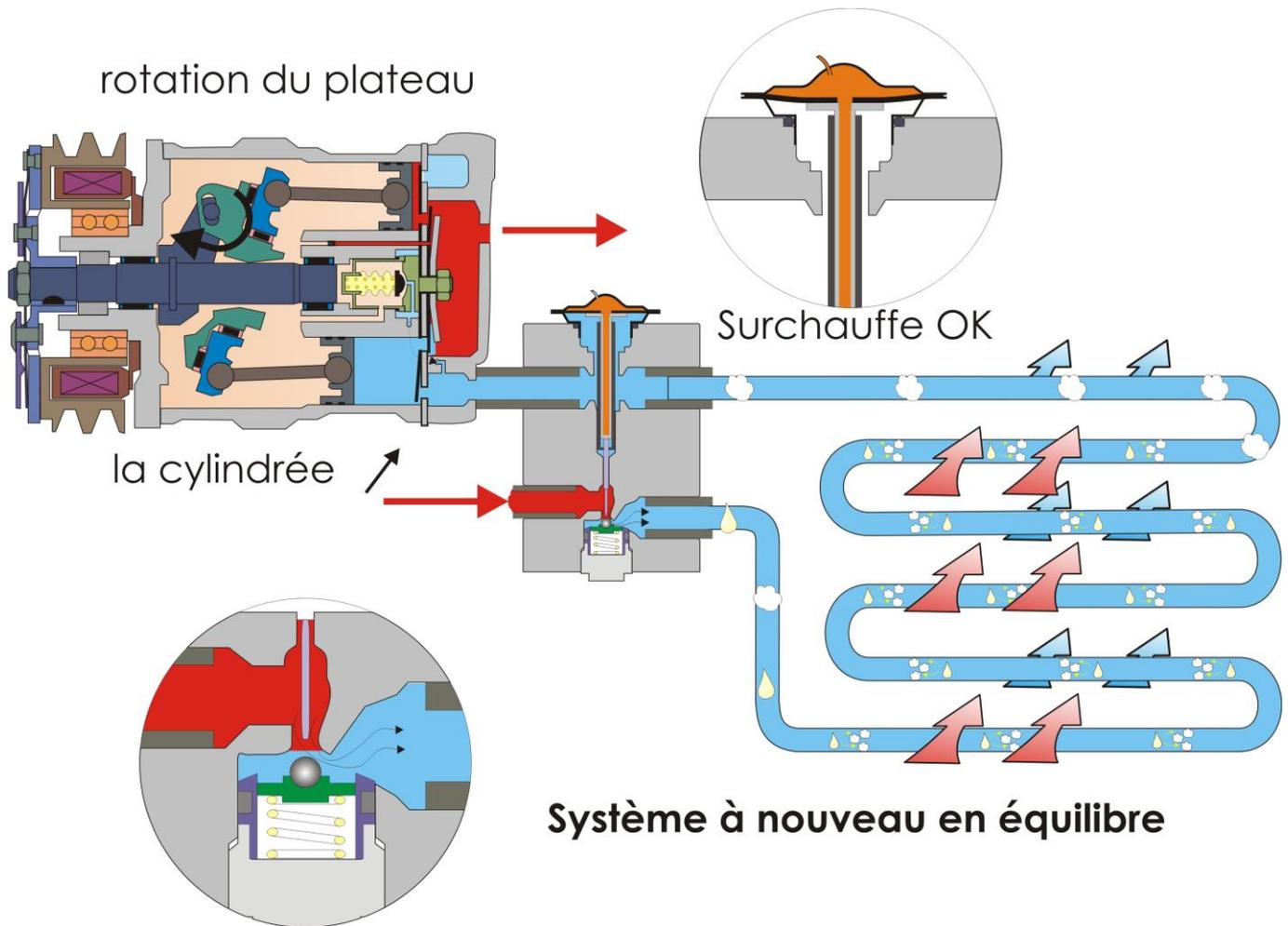
La température de sortie est « captée » par la capsule thermostatique du détendeur.  
 La température de sortie ayant augmentée, la pression dans la capsule et déplace la tige de poussée qui ouvre davantage la section de passage du fluide au niveau du clapet.

La basse pression augmente : l'action sur les pistons (dans la phase aspiration) et sur la valve de commande est plus importante. D'une part la résultante de l'action du fluide sur le piston crée un moment d'entraînement du plateau vers la cylindrée maxi.  
 D'autre part la pression carter diminue (la valve s'ouvre) et renforce le mouvement vers la cylindrée maxi.



BTS MV	1 <sup>ère</sup> ANNEE	TECHNOLOGIE ET INTERVENTIONS SUR VEHICULE
<b>CONFORT</b>		
TECHNOLOGIE		ANALYSER DIAGNOSTIQUER

Le débit fourni par le compresseur et donc le remplissage de l'évaporateur augmentent et rétablissent les températures.  
L'aspiration du compresseur ayant augmentée, la basse pression retrouve une valeur initiale aux alentours de 2 bar.



**Cas n°2 : Diminution du flux thermique de l'air traversant l'évaporateur :**

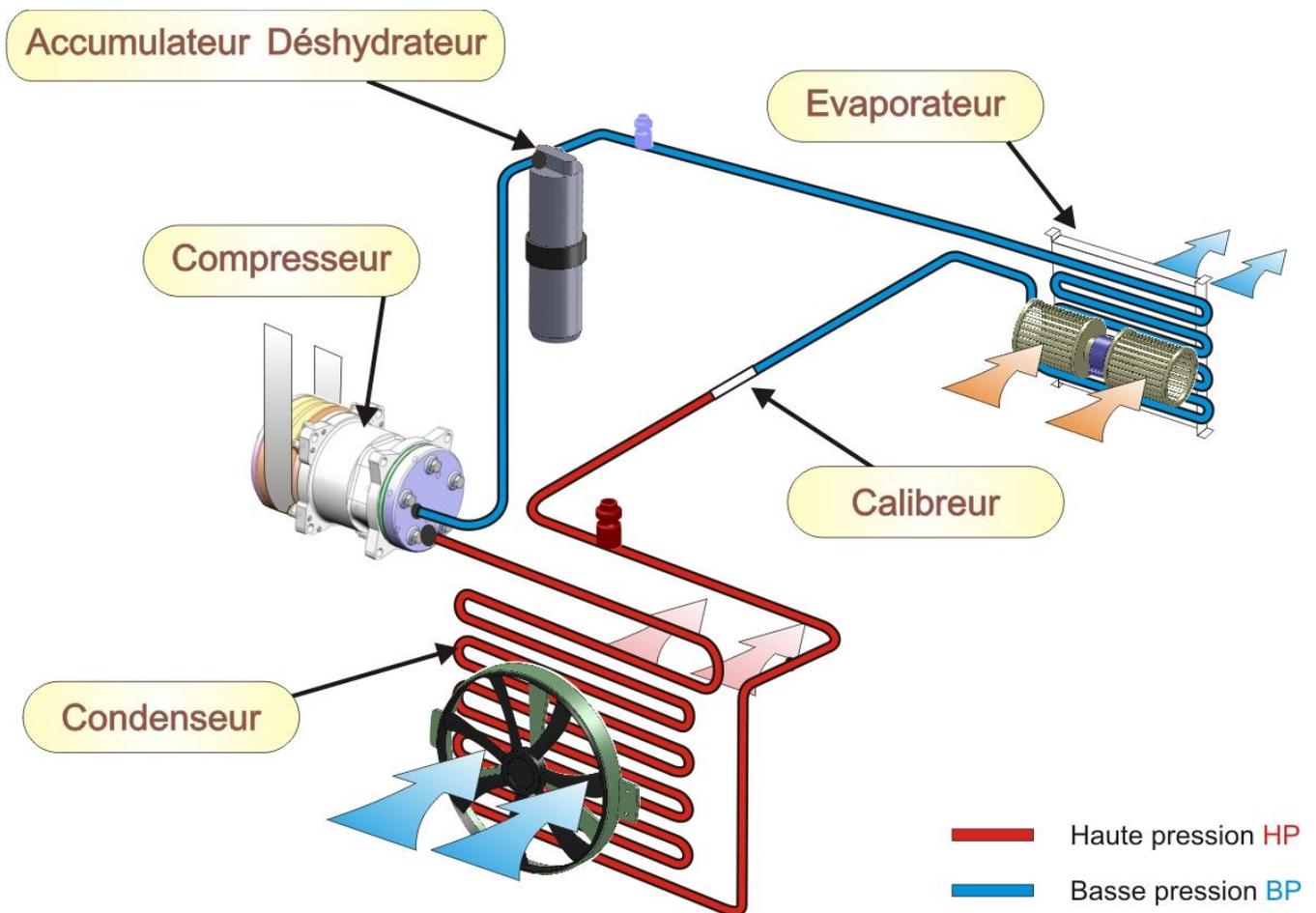
Le phénomène est l'inverse de celui précédemment.

BTS MV	1 <sup>ère</sup> ANNEE	TECHNOLOGIE ET INTERVENTIONS SUR VEHICULE
<b>CONFORT</b>		
TECHNOLOGIE	ANALYSER DIAGNOSTIQUER	

## 5. ETUDE DU MONTAGE AVEC CALIBREUR

### 5.1. Constitution du circuit : montage avec calibreur

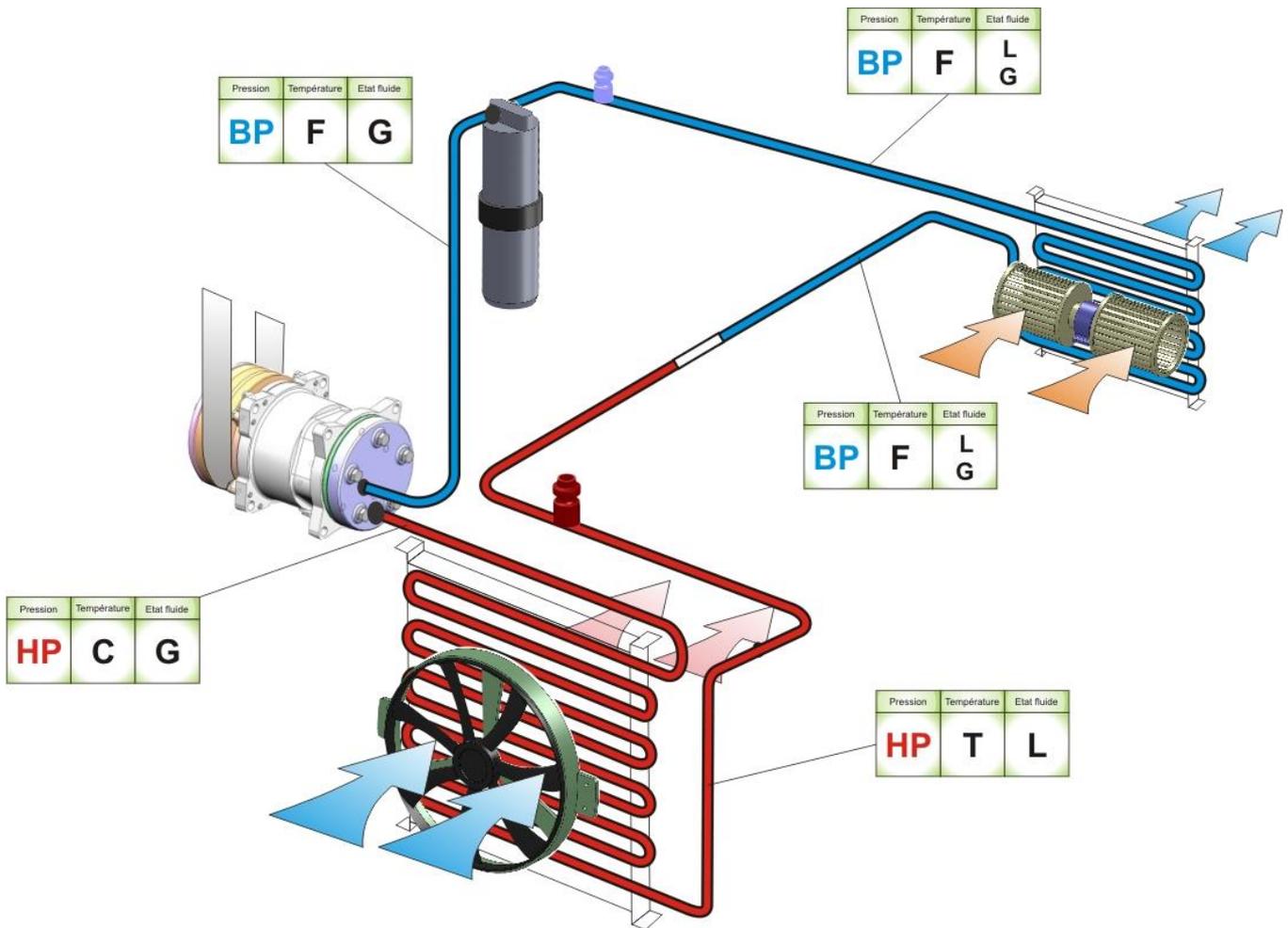
Ce système équipe un grand nombre de véhicule chez des constructeurs tels que Renault, Ford, Opel, VAG,....



Le détendeur qui se trouvait en amont de l'évaporateur a été remplacé par un calibreur (dont la section est fixe).

La bouteille déshydratante se situe après l'évaporateur juste avant l'aspiration du compresseur.

**Bilan des états, des pressions et des températures :**



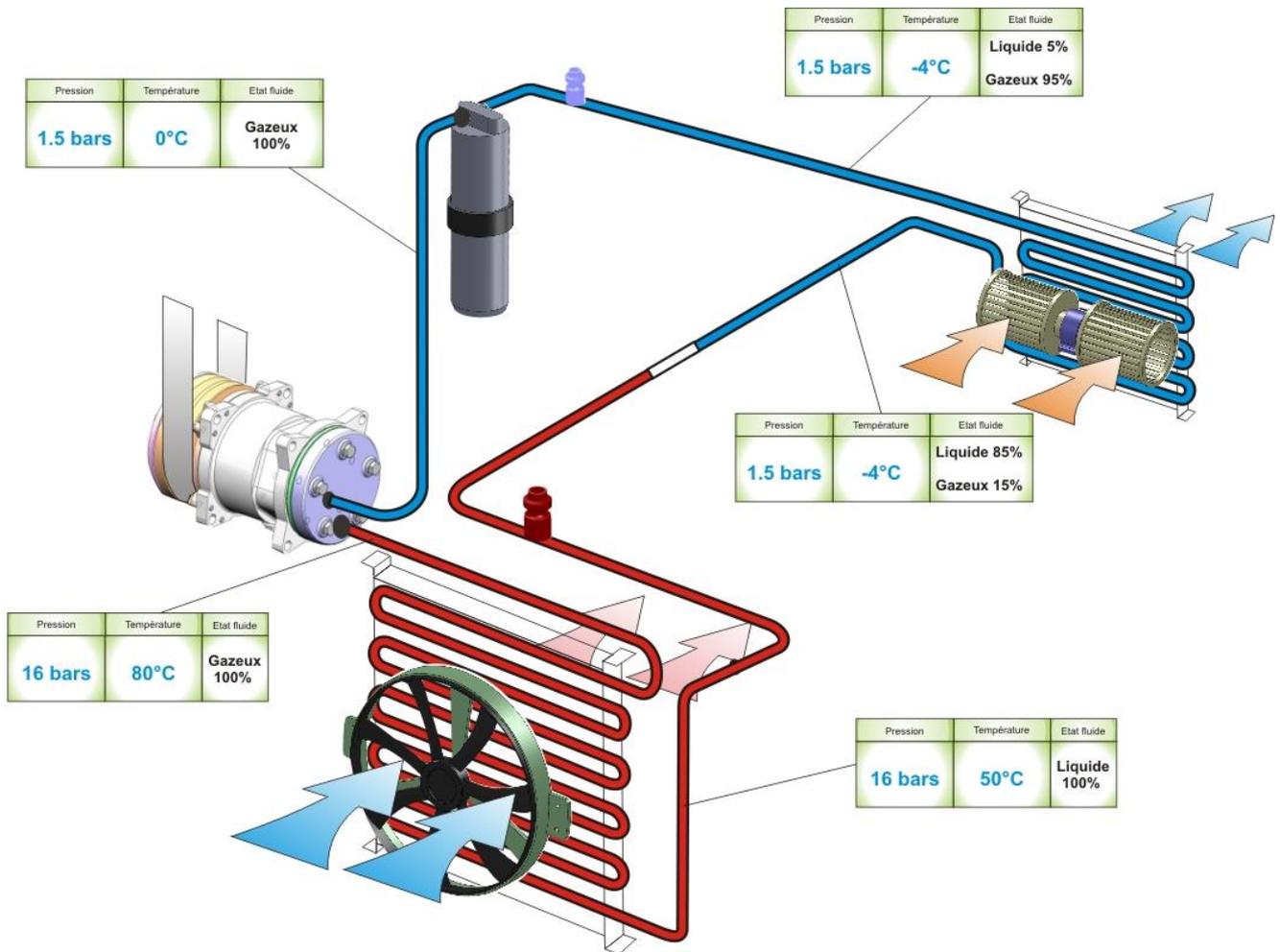
— Haute pression **HP**  
— Basse pression **BP**

Fluide à l'état :  
 Liquide : L  
 gazeux : G

Température du Fluide :  
 Chaud : C  
 Tiède : T  
 Froid : F

**NB :** comme la température sortie évaporateur n'est pas réglée, il peut y avoir du fluide à l'état liquide en sortie évaporateur. (Voir bouteille déshydratante plus loin).

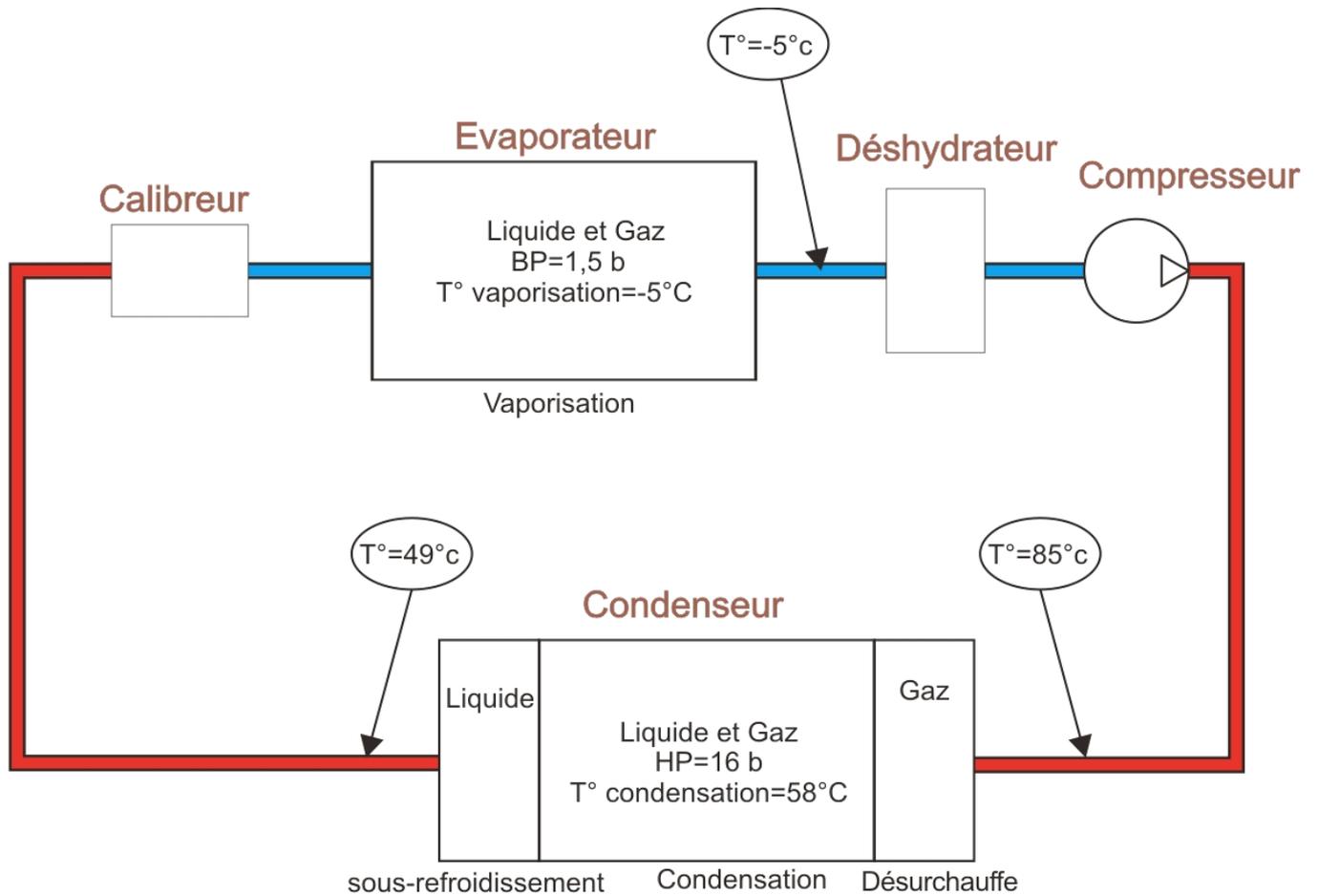
### Ordre de grandeur des pressions et des températures :



- Haute pression **HP**
- Basse pression **BP**

BTS MV	1 <sup>ère</sup> ANNEE	TECHNOLOGIE ET INTERVENTIONS SUR VEHICULE
<b>CONFORT</b>		
TECHNOLOGIE	ANALYSER DIAGNOSTIQUER	

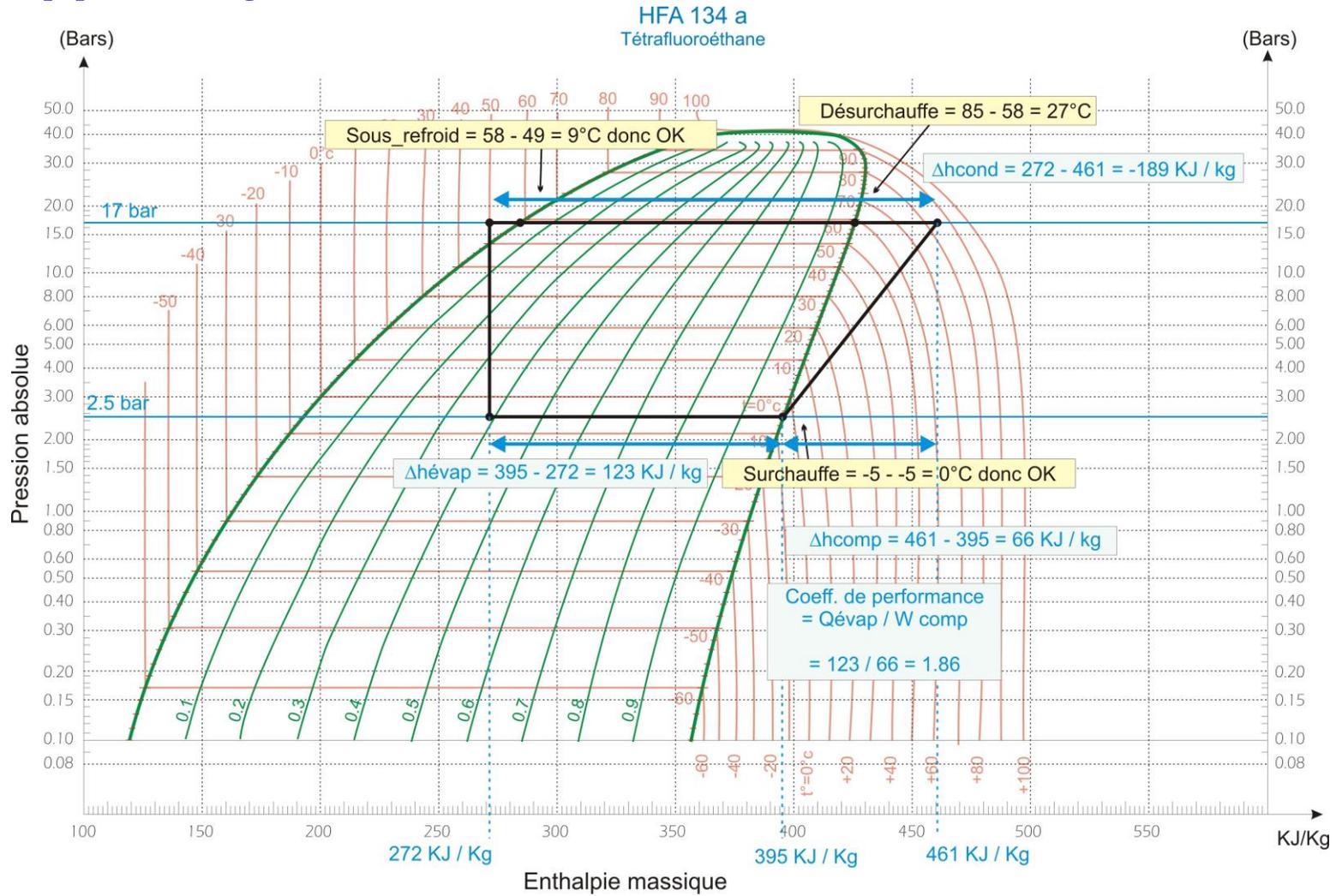
### Synthèse du montage avec calibre :



### Remarque importante :

Dans un montage avec calibre, il n'y a pas de surchauffe (autour de  $0^\circ\text{C}$ ).

Diagramme enthalpique du montage avec calibre :

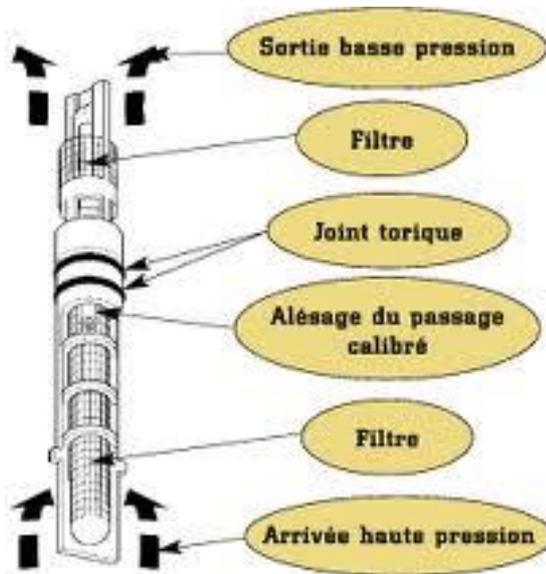


!

BTS MV	2ème ANNEE	TECHNOLOGIE ET INTERVENTIONS SUR VEHICULE
<b>CONFORT</b>		
TECHNOLOGIE	ANALYSER DIAGNOSTIQUER	

## 5.2. Les composants du montage calibreur

### Le calibreur :



La couleur du calibreur détermine sa section de passage qui est spécifique pour chaque véhicule.

### Le compresseur à cylindrée variable pilotée par EV :

Dans ce montage, le compresseur est systématiquement à cylindrée variable pilotée par une électrovanne interne, elle-même commandée par le calculateur de gestion.

Le principe de fonctionnement reste identique à celui des compresseurs autopilotés : c'est la pression du carter qui détermine l'inclinaison du plateau et donc sa cylindrée.

L'électrovanne établit (ou non) la liaison avec la HP ou la BP.

En fonction des marques, au repos l'électrovanne établit la liaison :

- entre BP et carter et la HP est ferme : le compresseur est en cylindrée maxi. (Delphi)
- entre la HP et le carter (BP isolée) : le compresseur est en cylindrée mini (Sanden, Denso).

Un pilotage en MLI de l'électrovanne (RCO) permet d'obtenir une infinité de valeur de la cylindrée.

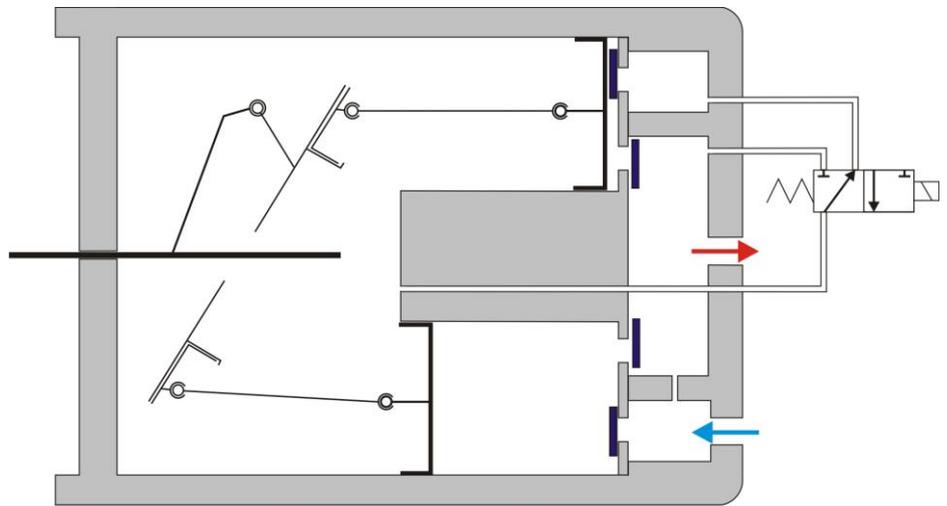
BTS MV	2ème ANNEE	TECHNOLOGIE ET INTERVENTIONS SUR VEHICULE
<b>CONFORT</b>		
TECHNOLOGIE	ANALYSER DIAGNOSTIQUER	

### Schéma de principe (montage Harrison : compresseur Delphi) :

Au repos :

L'électrovanne met en communication la BP avec le carter.

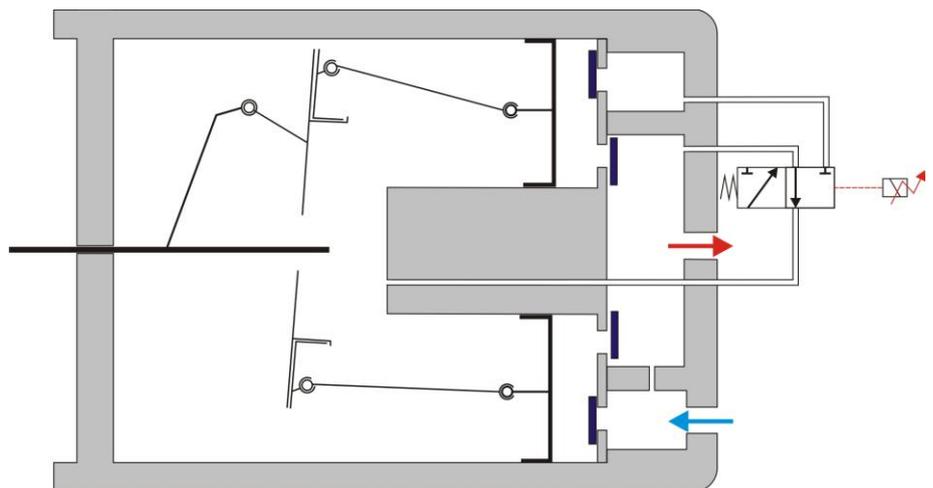
L'action sur les pistons crée un moment qui entraîne le plateau en cylindrée maxi.



EV pilotée :

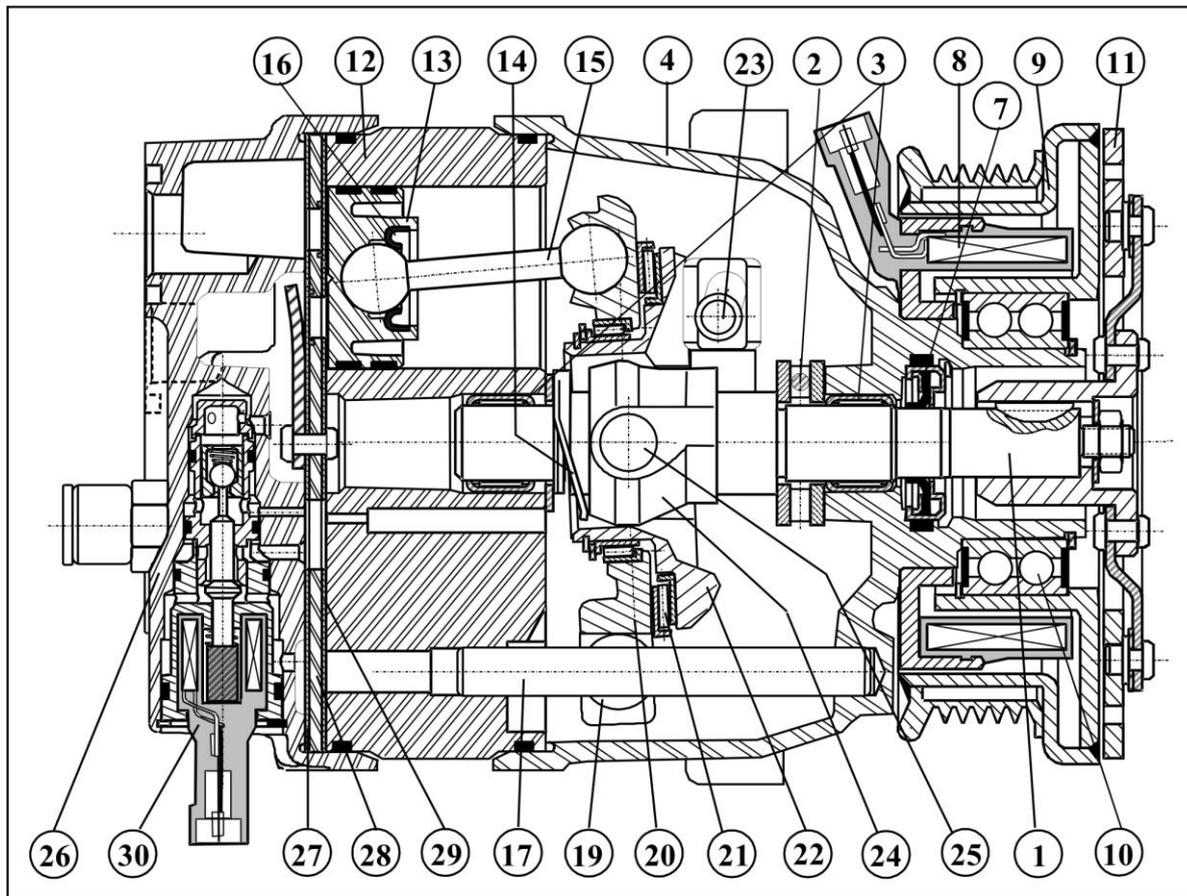
L'électrovanne met en communication la HP avec le carter.

L'action sur les pistons crée un moment qui entraîne le plateau en cylindrée mini.





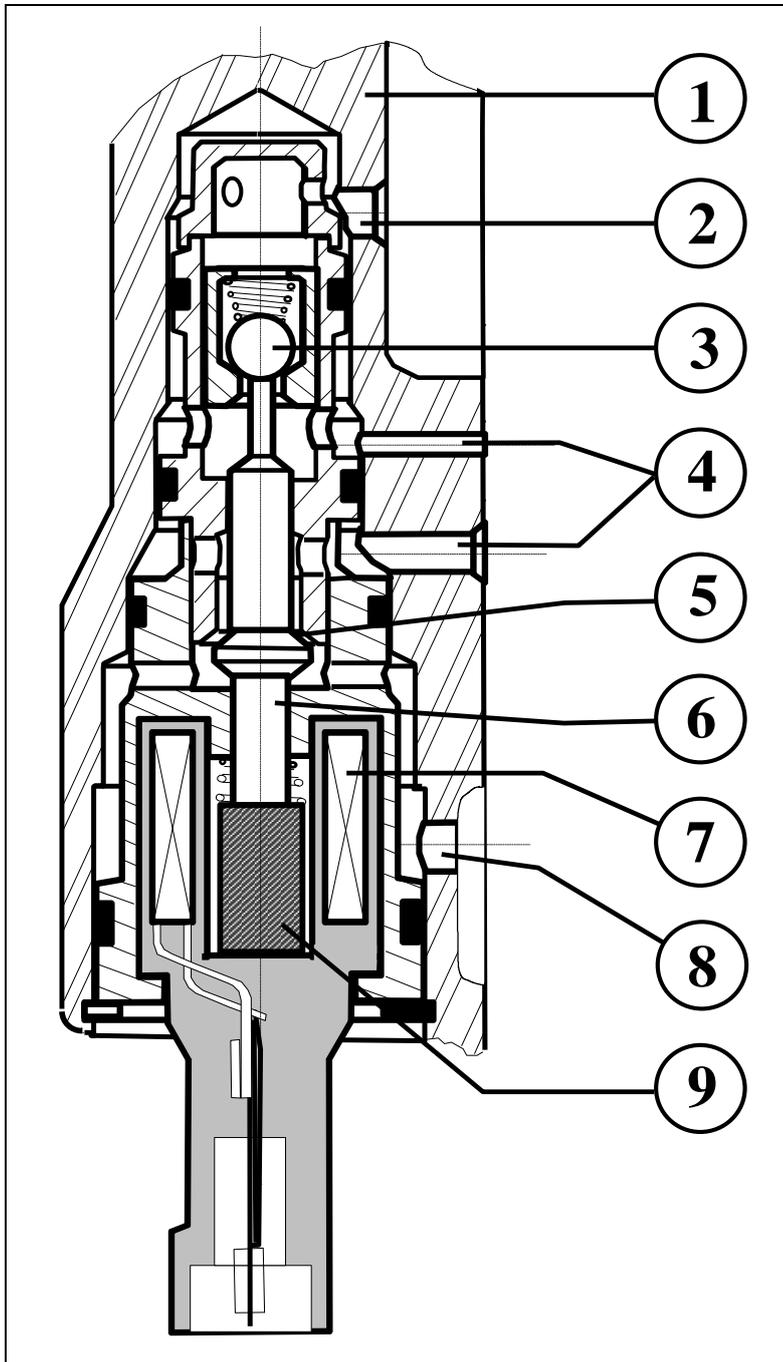
## Compresseur Delphi



1. Axe et maneton d'entraînement assemblés.	16. Clip de retenue de la bielle (10).
2. Butée à billes.	17. Axe de guidage du plateau oscillant.
3. Palier principal (2).	18. Sabot de guidage.
4. Tête de fermeture avant.	19. Bague de guidage.
5. Bouchon d'huile.	20. Plateau oscillant.
6. Boulon (5).	21. Palier de came variable.
7. Joint d'axe.	22. Came variable.
8. Electro-aimant d'embrayage.	23. Pivot de came variable.
9. Poulie.	24. Fourrure.
10. Roulement de poulie.	25. Pivot (2).
11. Plateau d'embrayage.	26. Culasse.
12. Bloc cylindre.	27. Joint de culasse.
13. Piston (5).	28. Plaque porte-clapets.
14. Ressort de renvoi du plateau oscillant.	29. Clapets.
15. Bielle de piston (5).	30. Electrovanne de contrôle de la cylindrée.



### EV de pilotage de la cylindrée du compresseur Delphi



1 Culasse

2 Communication avec chambre de  
refoulement (HP)

3 Clapet à bille

4 Communications avec le carter  
(PC)

5 Clapet

6 Tige de poussée

7 Bobine

8 Communication avec chambre de  
d'aspiration (BP)

9 noyau

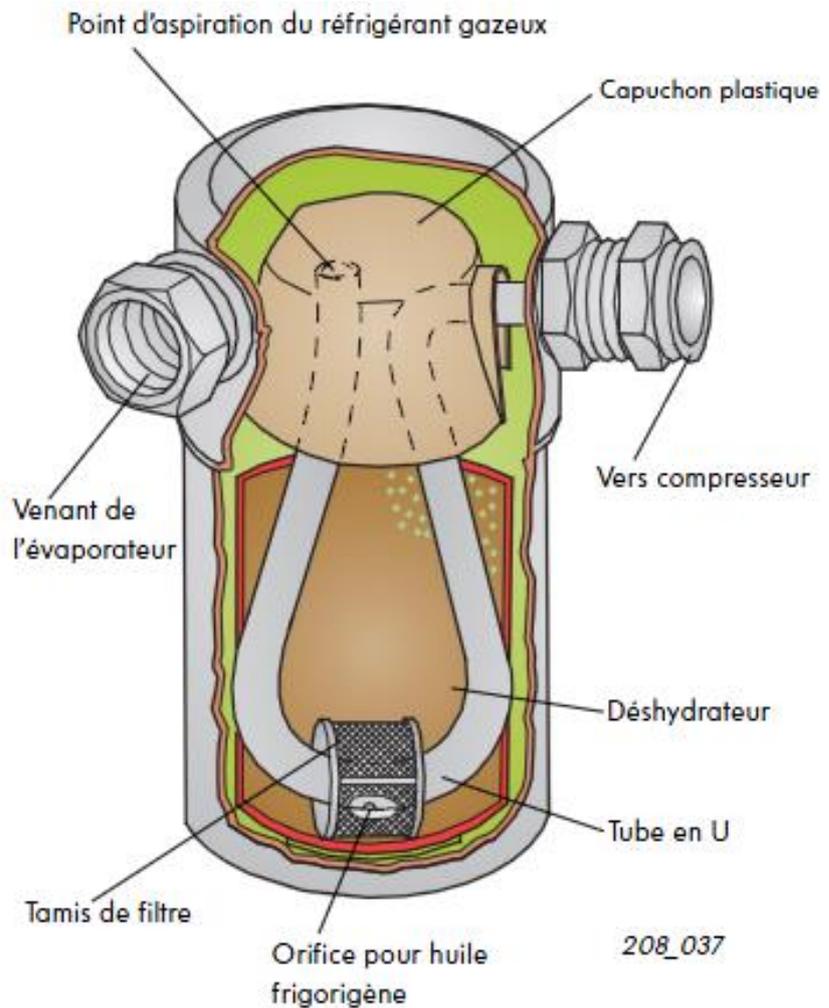
BTS MV	2ème ANNEE	TECHNOLOGIE ET INTERVENTIONS SUR VEHICULE
<b>CONFORT</b>		
TECHNOLOGIE	ANALYSER DIAGNOSTIQUER	

## La bouteille déshydratante :

Dans ce montage sans détenteur, il n'y a pas de contrôle de la température de fin d'évaporation. L'évaporateur assure la vaporisation du fluide mais pas sa surchauffe.

La bouteille de part sa constitution permet au compresseur d'aspirer le fluide dans la partie supérieure de la bouteille : là où le fluide est à l'état gazeux.

Ainsi le compresseur est protégé.



BTS MV	2ème ANNEE	TECHNOLOGIE ET INTERVENTIONS SUR VEHICULE
<b>CONFORT</b>		
TECHNOLOGIE	ANALYSER DIAGNOSTIQUER	

## 6. INTERVENTION ET DIAGNOSTIC DE LA BOUCLE FROIDE

### 6.1. Consignes d'intervention

Il est nécessaire de respecter un certain nombre de règles de sécurité pour intervenir sur un circuit :

- il faut porter des gants et des lunettes de protection pour éviter tout risque de gelure.
- Il faut éviter toute source de chaleur (cigarette, soudure, etc...) qui peut entraîner un dégagement de vapeurs toxiques.
- Il faut éviter de manipuler de l'huile de compresseur usagée qui peut être toxique.
- **Il faut être possesseur de l'attestation de capacité (à vie).**

Afin de limiter les risques de pannes, il faut :

- obturer les conduits immédiatement après l'ouverture du circuit pour limiter l'introduction d'humidité.
- les pièces neuves stockées à température ambiante (condensation) sont déballées au dernier moment avant le montage.
- Le réservoir déshydrateur se sature très vite d'humidité, il faut donc le remplacer si le circuit est resté ouvert trop longtemps.
- Observer la quantité d'huile prélevée avec la station de récupération lors d'une vidange du circuit et réintroduire la même quantité d'huile neuve au remplissage + 30 cm<sup>3</sup> par élément remplacé.

### 6.2. Contrôles

Pour vérifier complètement du système de climatisation, il est nécessaire de :

- contrôler l'efficacité du circuit de réfrigération
- contrôler les pressions
- contrôler l'absence de fuite
- contrôler visuellement le système

#### Contrôle de l'efficacité :

Il s'agit essentiellement de vérifier les températures d'air soufflé au niveau des aérateurs avec des conditions de fonctionnement qui sont généralement :

- régime moteur aux alentours de 2500 tr/min,
- demande de froid maximum
- vitesse pulseur d'air maxi
- climatisation active depuis au moins 5 minutes
- capot baissé.



BTS MV	2ème ANNEE	TECHNOLOGIE ET INTERVENTIONS SUR VEHICULE
<b>CONFORT</b>		
TECHNOLOGIE	ANALYSER DIAGNOSTIQUER	

Selon les systèmes (compresseur à cylindrée fixe ou variable), les constructeurs fournissent un tableau de valeurs, exemple CITROEN (valeurs représentatives):

Compresseur à cylindrée variable (tolérance + ou - 3°C)

Température ext.	40°C	35°C	30°C	25°C	20°C	15°C
<b>Véhicules</b>	Température moyenne de l'air soufflé en sortie des aérateurs centraux					
C3	17°C	13°C	11°C	9°C	8°C	8°C
C4	21°C	17°C	15°C	12°C	10°C	10°C
3008	20°C	16°C	13°C	11°C	9°C	8°C
C5	24°C	18°C	15°C	13°C	10°C	8°C

### Contrôle des pressions :

En branchant la station de récupération, il est possible de contrôler la HP et la BP.

**BP** : En climatisation, la température d'évaporation du fluide est maintenue constante et légèrement au dessus de 0°C pour éviter le givrage.

- Avec un compresseur à cylindrée variable la pression est très stable et égale à 2 bars (+/- 0,2).
- Avec un compresseur à cylindrée fixe, des phases d'embrayage et de débrayage se succèdent, la pression doit se stabiliser à environ 2 bars lorsque le compresseur est embrayé depuis quelques secondes.

**HP** : La pression de condensation est directement fonction de la température autour du condenseur. Celle-ci varie avec la température ambiante et la température du moteur (radiateur à proximité).

La valeur de la pression doit correspondre à la température ambiante + 20°C environ.

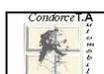
Exemple : Ambiance à 20°C => température de condensation = 40°C soit 12 bars avec du R134a.

NB : il faut se référer au manuel constructeur pour les valeurs exactes attendues.

### Contrôle des fuites :

Le fluide très volatile et constitué de molécules relativement fines favorise les fuites vers l'atmosphère. Trois moyens de contrôles assez complémentaires permettent de les localiser le cas échéant.

**Contrôleur auditif** : Celui-ci émet des « bip » répétés et de plus en plus rapides en fonction de la quantité de fluide contenu dans l'espace contrôlé. Il convient bien aux fuites importantes et aux endroits difficiles d'accès.



BTS MV	2ème ANNEE	TECHNOLOGIE ET INTERVENTIONS SUR VEHICULE
<b>CONFORT</b>		
TECHNOLOGIE	ANALYSER DIAGNOSTIQUER	

**Fluide fluorescent** : Introduit dans le circuit avec le fluide il apporte une teinte fluorescente visible grâce à une lampe UV et des lunettes spéciales. Convient aux fuites très faibles (raccords par exemple) mais nécessite un contact visuel qui n'est pas toujours facile sans démontage.

**Solution savonneuse** : mettre le circuit sous pression avec de l'azote (20 bar) et projeter la solution sur les parties suspectes. Des bulles se forment au niveau des fuites. Convient bien pour confirmer l'emplacement d'une fuite.

### Contrôles visuels :

Il s'agit de vérifier l'état des différents éléments :

- tuyaux : fissurés, déformés, mal fixés.
- courroie d'entraînement : détendue, craquelée.
- condenseur : abîmé, encrassé.
- Présence des capuchons sur les prises de pression.

Remarque : certaines installations peuvent être équipées d'un voyant au niveau de la bouteille permettant d'identifier un manque de fluide (présence de bulles en fonctionnement) et une présence d'humidité (pastille verte : normale ; Pastille jaune ou rose : présence d'humidité).

### Recherche de dysfonctionnements :

Lorsque l'installation ne produit plus ou pas assez de froid, c'est à dire lorsque la température de l'air soufflé dans l'habitacle est trop élevée, un contrôle simple est à effectuer avant toute investigation :

Vérifier le claquement de l'embrayage compresseur lors de la mise en marche de la climatisation.

#### Si l'embrayage ne claqué pas :

Vérifier la présence de fluide dans l'installation en branchant les manomètres.

Contrôler le circuit de commande du compresseur.

Si l'embrayage claqué :

Vérifier que le compresseur est entraîné : Une différence entre HP et BP doit s'établir dès le claquement de l'embrayage.

#### Rappels :

**La mesure de la surchauffe permet de vérifier d'une part le remplissage de l'évaporateur et d'autre part que le compresseur aspire du fluide à l'état gazeux.**

**La mesure du sous-refroidissement indique que la condensation du fluide est totale.**

NB : La recharge du circuit est très souvent nécessaire pour éliminer la panne due à une charge incomplète.



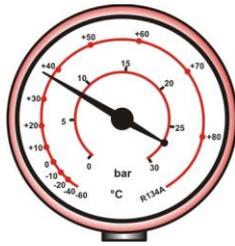
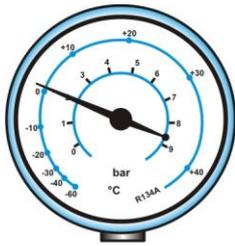
### 6.3. Etude de cas

#### Cas n°1 : montage avec détendeur et compresseur à cylindrée variable

Le véhicule ne fait l'objet d'aucune d'anomalie électrique (capteurs, actionneurs, calculateur).

**Relevés :**

**Calculs :**



Surchauffe =  $15 - 1 = 14^{\circ}\text{C}$

Désurchauffe =  $50 - 37 = 13^{\circ}\text{C}$

Sous-refroidissement =  $37 - 35 = 2^{\circ}\text{C}$



Temp. extérieure



Temp. air soufflé



Temp. sortie évapo.



Temp. sortie cond.



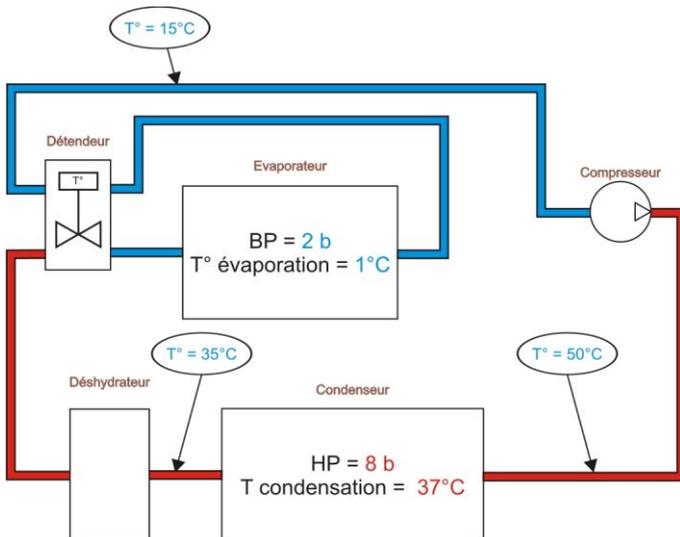
Temp. sortie comp.



Temp. sortie bouteille

**Schéma de principe :**

**Analyse des valeurs :**



L'évaporateur est mal rempli donc manque de froid.  
Le détendeur est grand ouvert donc la HP est faible.

Le sous-refroidissement est très insuffisant, le fluide n'est pas repassé à l'état liquide.  
La charge est insuffisante.

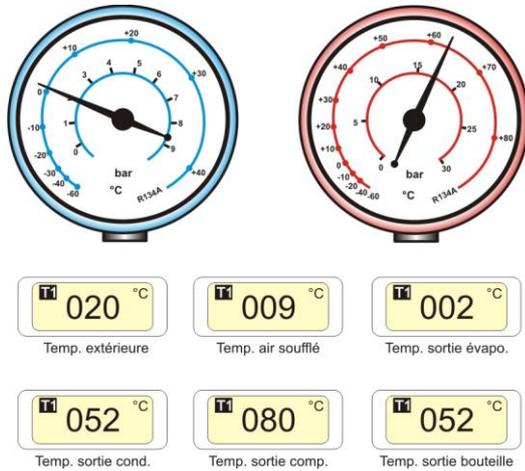
NB : Le sous-refroidissement est l'image de la charge du circuit (si GMV OK).

**Hypothèses de panne :** Il faut recharger le circuit (en recherchant les fuites éventuelles).

### Cas n°2 : montage avec détendeur et compresseur à cylindrée variable

Le véhicule ne fait l'objet d'aucune d'anomalie électrique (capteurs, actionneurs, calculateur).

**Relevés :**



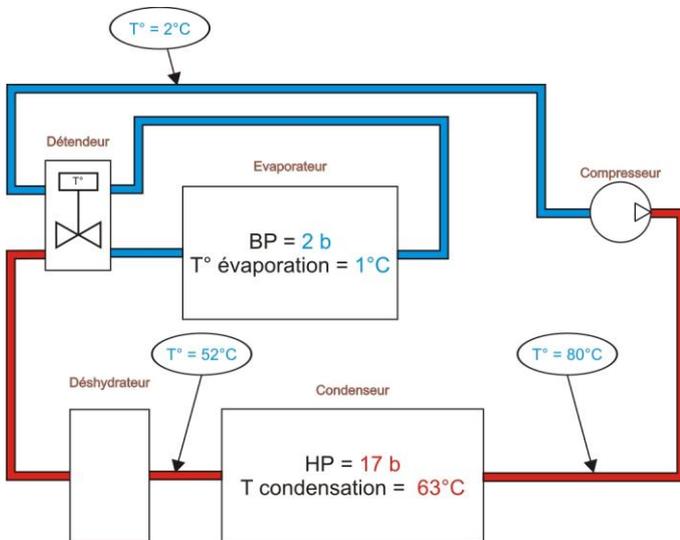
**Calculs :**

Surchauffe = 2 – 1 = 1°C

Désurchauffe = 80 – 63 = 17 °C

Sous-refroidissement = 63 – 52 = 11°C

**Schéma de principe :**



**Analyse des valeurs :**

La surchauffe est insuffisante, risque de destruction du compresseur.  
Le détendeur aurait dû se fermer pour diminuer le remplissage de l'évaporateur.

Le sous-refroidissement correct.  
La charge est correcte.

**Hypothèses de panne :** Il faut tester le détendeur (s'il est accessible) en le chauffant ou en le refroidissant pour voir s'il y a une variation de pression / température. Il paraît grippé, donc à remplacer au plus vite car le compresseur va finir par être détruit (clapets notamment).