



ASSOCIATION NATIONALE POUR LA FORMATION AUTOMOBILE

# Climatisation

## É Q U I P E M E N T D E C O N F O R T

Édité avec le concours de l'Éducation Nationale



Créé avec la collaboration du GAMA et du GNFA :

### G.A.M.A.

(Groupement Amical d'enseignants des Matériels Automobiles)

Son but est d'apporter aux enseignants des métiers de l'automobile :

- ✓ des aides pédagogiques et techniques ;
- ✓ de renforcer les liens entre collègues ;
- ✓ d'établir et faciliter les relations avec les professionnels ;
- ✓ d'être l'interlocuteur privilégié des responsables décisionnels.

Contact : Henri NOIREL ☎ : 03 83 26 31 73 ou 06 89 37 78 19

E.mail : HNoirel@ac-nancy-metz.fr ou h.noirel@infonie.fr





# Sommaire

Climatisation

1	Historique .....	page 3
2	Introduction .....	page 4
3	Environnement.....	page 6
4	La production du froid .....	page 8
5	Analyse fonctionnelle du système .....	page 11
6	La régulation .....	page 21
7	Évolution des systèmes .....	page 32
8	Un exemple de diagnostic.....	page 35
9	Hygiène et sécurité .....	page 38



Pour le rafraîchissement des boissons, les civilisations grecques et égyptiennes utilisaient l'effet d'évaporation de l'eau à travers les vases et les jarres poreux.

C'est au XIX<sup>ème</sup> siècle que sont apparues les premières machines frigorifiques à compression de fluide.

1834 : Jacob PERKINS, de Londres, construit la première machine de réfrigération à compression mécanique avec de l'éther comme réfrigérant ;

1859 : le Français Ferdinand CARRE réalise la première installation industrielle (machine à absorption d'eau + NH<sub>3</sub>) ;

1930 : grâce à l'étude théorique du chimiste belge Frédéric SWARTS, le grand essor de l'industrie du froid s'installe, avec la mise au point par une société américaine d'un nouveau fluide frigorigène « Le DICHLORODIFLUOROMETHANE (R12) » ;

1950 : Général Motors met en place des glaces teintées sur ses véhicules pour réduire la température intérieure engendrée par rayonnement.  
En France, le chauffage de l'habitacle des véhicules se généralise ;

1955 : les premiers systèmes de conditionnement d'air font leur apparition sur des véhicules américains type Chevrolet . L'ensemble du système était pré-assemblé par Frigidaire à l'usine de Dayton (Ohio) et mis en place sur environ 3500 véhicules durant la même année ;

1960 : les concepteurs aboutissent à combiner le système de réfrigération à celui de chauffage ;

1970 : les constructeurs européens adoptent la climatisation dans leurs véhicules ;

1980 : apparition des premiers systèmes de climatisation automatisés sur les véhicules.

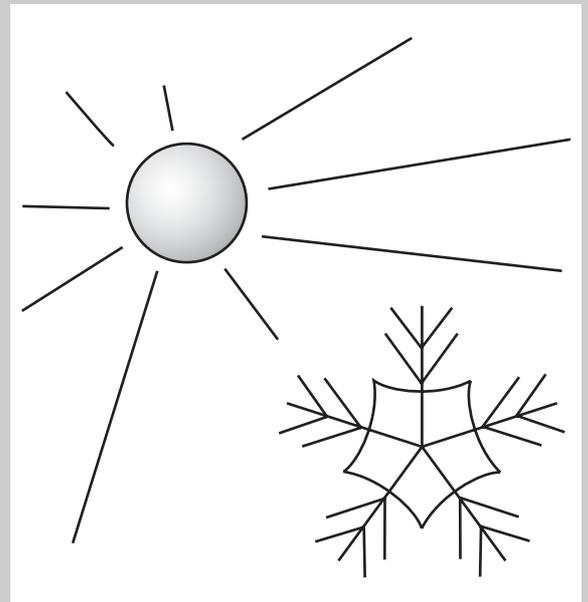
Au milieu des années 90, près de 90% des véhicules américains sont climatisés, contre seulement 20% en Europe.

1991 : la SAAB 9000 turbo est le premier véhicule à recevoir du fluide frigorigène R 134 sans chlore dans son installation de climatisation ;

1995 : certains pays, dont la France et l'Allemagne, interdisent les produits à base de chlore dans les systèmes de réfrigération ;

Actuellement, en 2002, plus de la moitié (≈ 60%) des véhicules, toutes gammes confondues, sont équipés de série d'un système de climatisation ou d'air conditionné.

Cette croissance ne peut que s'accroître dans les années futures, de part les qualités du bien-être apporté par le conditionnement de l'air de l'habitacle des véhicules automobiles.



Dans un appartement ou une maison d'habitation, pour notre confort, il nous faut :

- une certaine température ;
- un certain degré d'humidité.

Dans un véhicule automobile, nous disposons habituellement :

- du chauffage ;
- de l'aération.

Le but de l'air conditionné est de maintenir une température constante programmée, soit par un apport d'air froid ou d'air chaud, soit par un mixage de ces éléments. Simultanément le degré d'humidité sera abaissé.

La climatisation participe largement au confort, au comportement de conduite et à la sécurité des passagers par :

- une meilleure visibilité suite à l'assèchement de l'air réduisant les formations de buées ;
- une vigilance accrue du conducteur par une température contrôlée qui engendre une diminution de la fatigue ;
- une sensation de bien-être des occupants du véhicule occasionné par une ambiance d'air agréable.

La mesure climatique cumulative comprend : la température, l'humidité et le mouvement de l'air, ainsi que les radiations thermiques.

En conclusion, la zone de « bien-être » exige :

- une température comprise entre 21°C et 26°C ;
- une hygrométrie de l'air comprise entre 35 et 65% ;
- une vitesse de circulation de l'air comprise entre 0,07 et 0,25 m/s ;
- une pureté de l'air par un renouvellement de celui de l'habitacle avec de l'air extérieur filtré.

Une bonne connaissance théorique et pratique d'un système de climatisation est nécessaire pour pouvoir intervenir correctement, soit au cours de la première installation, soit à l'occasion de l'entretien périodique ou encore lors d'une intervention de maintenance suite à une anomalie constatée.

### A. DÉFINITION

La climatisation est un système permettant de maintenir l'atmosphère d'un milieu à une pression, un degré d'humidité et une température choisis.

L'air conditionné est un air auquel on a affecté une température et un degré d'humidité déterminés.

L'hygrométrie détermine le degré d'humidité dans l'air atmosphérique.

La réfrigération est un abaissement programmé de la température du milieu (production de froid).

### B. AVANT PROPOS

Plus de 70 états se sont engagés en signant le protocole de Montréal à prendre des dispositions pour protéger la santé des personnes et l'environnement, en instituant un programme de réduction de la production et l'utilisation des produits à base de chlore CFC (Chloro Fluoro Carbone), voir même de leur suppression totale.

En définitive, le protocole conduit à deux actions :

- éviter le rejet d'un produit à base de chlore dans l'atmosphère lors des interventions sur les circuits d'un système de réfrigération, ce qui impose aux services de maintenance de récupérer et de recycler ce type de gaz ;
- utiliser un fluide de réfrigération non chloré.

« La qualité de l'air : un objectif de santé public »

Le trou dans la couche d'ozone, le « SMOG », le réchauffement de la planète font partie des maux de cette décennie. La climatisation et en particulier les fluides frigorigènes sont montrés du doigt.

#### A. LES FLUIDES FRIGORIGÈNES

Dans les installations frigorifiques, on utilise des fluides dont la température d'ébullition est de l'ordre de - 25°C. Le fluide le plus utilisé a été le réfrigérant R 12 faisant partie de la famille des CFC (chlorofluorocarbone).

Le fluide R 12 est un hydrocarbure halogéné. Son appellation chimique véritable est le dichlorofluorométhane, de formule chimique  $Cl_2F_2C$ .

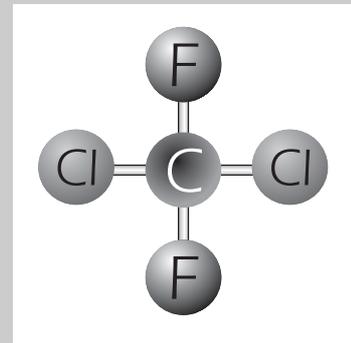
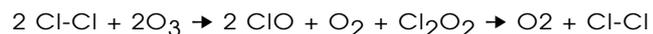
#### B. LES CFC ET LA COUCHE D'OZONE

La principale caractéristique est que les CFC contiennent du chlore. Par leur grande stabilité, les CFC migrent en altitude. Quand ils arrivent au sommet de la couche d'ozone, les UV activent leur décomposition chimique et libèrent du chlore.

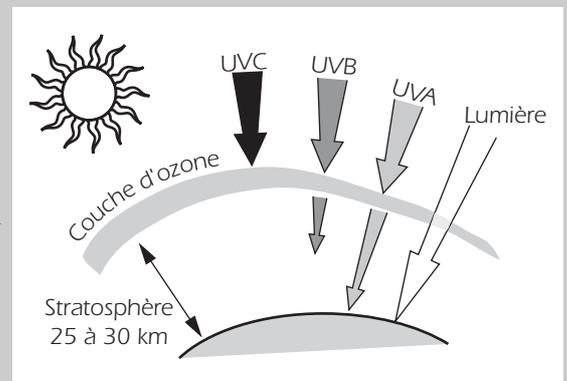
#### C. CHLORE PLUS OZONE

L'ozone est une molécule formée par 3 atomes d'oxygène. Entre 25 et 35 km au dessus de l'atmosphère, il existe une grande concentration d'ozone sous une fine épaisseur : c'est la fameuse couche d'ozone. Cette couche filtre une grande partie des rayons ultraviolets du soleil : sans cette protection, la vie ne serait pas possible.

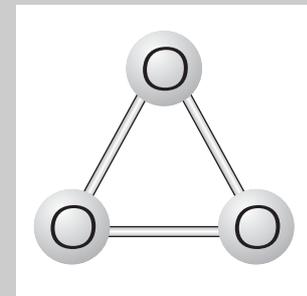
La réaction chlore-ozone est une réaction de type propagation de chaîne :



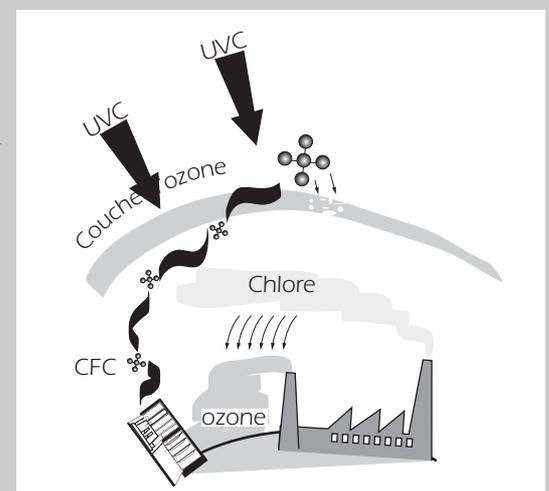
Molécule de fréon R12



La couche d'ozone



Molécule d'ozone



Pendant la réaction, une molécule d'ozone est détruite mais le chlore est régénéré et peut ainsi réagir avec une autre molécule d'ozone. Une molécule de chlore peut détruire 200 000 molécules d'ozone.

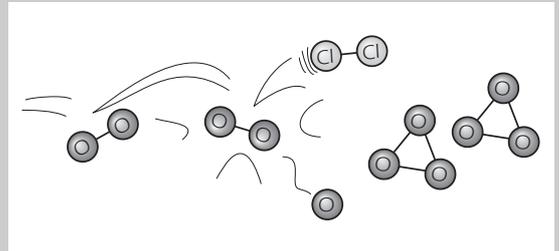
Remarque : les CFC ont une durée de vie de 120 ans le trou actuel est dû essentiellement aux CFC des années 40.

#### D. LA POLLUTION À L'OZONE

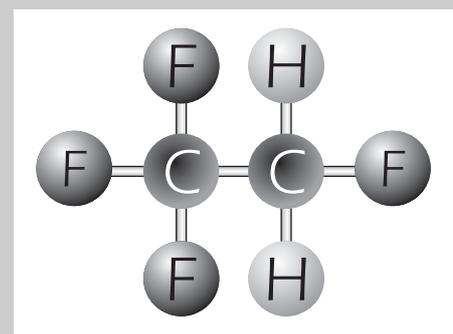
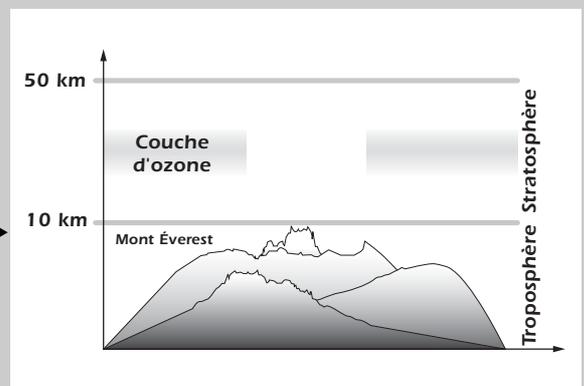
L'activité industrielle produit aussi de l'ozone. Cet ozone apparaît par beau temps, haute pression et journées ensoleillées. Les molécules restent au niveau du sol et ne peuvent monter vers les couches supérieures de l'atmosphère. Elles ne servent malheureusement qu'à irriter nos bronches.

#### E. LE R-134

En 1987 le sommet de Montréal a promulgué l'arrêt de la fabrication de CFC. Les HFC (hydro fluoro carbone) prennent place dès 1995 comme produit de substitution. Ne contenant pas de chlore, ils n'ont pas d'action sur la couche d'ozone mais vont bientôt faire place à des produits chimiquement plus propres.



Réaction du chlore avec l'ozone



Molécule de R 134

## A. LES DIFFÉRENTS MOYENS D'ABSORBER LA CHALEUR

### a. Principe physique

Le passage de l'état solide à l'état liquide s'effectue en utilisant la chaleur latente de fusion. Le changement d'état (de l'état liquide à l'état gazeux) absorbe de la chaleur. La détente d'un gaz absorbe de l'énergie calorifique.

### b. Principe physico-chimique

Ce principe est basé sur l'absorption de certains sels dans divers solvants. Des sels d'ammoniac dissous dans l'eau absorbent de la chaleur.

### c. Principe thermoélectrique

L'effet Peltier : lorsque deux métaux non identiques sont soumis à une tension continue entre les deux matériaux, l'un des métaux se réchauffe et l'autre se refroidit. Pour obtenir une différence de température importante, on doit utiliser des matériaux semi-conducteurs. L'effet Peltier est réversible en inversant les polarités.

La climatisation automobile utilise tous ces principes :

- l'effet Peltier pour les glacières intégrées (ex : petits bars des limousines, équipement de cabine des poids lourds) ;
- le changement d'état d'un fluide pour produire le froid dans l'habitacle.

## B. LE CYCLE FRIGORIFIQUE UTILISÉ

Le froid obtenu en climatisation automobile provient à 80% de la vaporisation du fluide frigorigène (R 12, R 134) et 10% de la détente de ce dernier.

Nota : fluide R 12 n'est plus utilisé en première monte depuis 1995.

En thermodynamique, on appelle cycle l'ensemble des évolutions que subit un fluide avant de revenir à son état initial. Le cycle frigorifique correspond à l'évolution d'un fluide frigorigène dans une installation de production de froid.

Explication du phénomène dans le cycle frigorifique : pour pouvoir s'évaporer, un réfrigérant doit absorber une quantité de chaleur. Si nous prenons une bouteille de fluide frigorigène contenant du liquide surmonté de vapeur, à une température donnée, correspond une pression.

Par exemple, une bouteille de R 134a dans une ambiance de  $+20^{\circ}\text{C}$  : les deux états liquide et vapeur sont sous une pression de 6,7 bars. Nous ouvrons la vanne liquide de cette bouteille, le réfrigérant s'écoule à travers le tube échangeur et se détend à la pression atmosphérique, soit à la température de  $-26,4^{\circ}\text{C}$ . Le réfrigérant absorbe la chaleur de l'air ambiant, celui-ci passant alors de l'état liquide à l'état de vapeur : saturée ou surchauffée suivant la quantité de chaleur échangée. Autrement dit, le fluide frigorigène a pris des calories à l'air ambiant en abaissant sa température de  $+20^{\circ}\text{C}$  à  $+10^{\circ}\text{C}$  (on a « fait du froid »).

L'échangeur de chaleur dans lequel ce changement d'état s'effectue où nous avons observé l'effet frigorifique s'appelle un évaporateur. Chaque fois qu'un kilogramme de R 134a passe de l'état liquide à l'état gazeux sous une pression absolue de 1 bar il absorbe environ 154 kJ et se transforme en  $0,19\text{ m}^3$  de vapeur, soit 190 l environ.

Une fois la vaporisation terminée, les vapeurs du fluide frigorigène sont aspirées par un compresseur qui les envoie dans un autre échangeur de chaleur appelé condenseur.

Dans celui-ci, on retire au fluide frigorigène gazeux la chaleur emmagasinée d'une part au cours de la vaporisation et d'autre part lors du travail mécanique nécessaire à la compression (qui s'est dégradé sous forme de chaleur).

### C. NOTIONS DE THERMODYNAMIQUE

Les principaux diagrammes utilisés pour l'étude des machines frigorifiques sont :

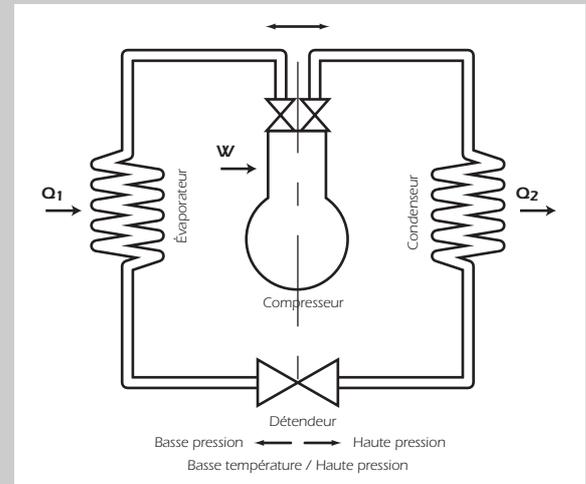
- le diagramme pression-volume d'Andrews représente les transformations thermodynamiques du fluide ;
- le diagramme entropique, l'entropie représente l'énergie nécessaire pour qu'une transformation de changement d'état puisse se réaliser pendant un temps donné. Ce diagramme permet de déterminer la quantité de chaleur nécessaire à partir d'une surface pour une transformation ;
- le diagramme enthalpique ou de Mollier, les diagrammes enthalpiques représentent les évolutions subies dans un système frigorifique en fonctionnement. Leur utilisation en diagnostic est appliquée par certains constructeurs. L'enthalpie (H) représente l'énergie calorifique et le travail mis en jeu en fonction de la température et de la pression d'un fluide.

Le diagramme donne 3 zones :

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

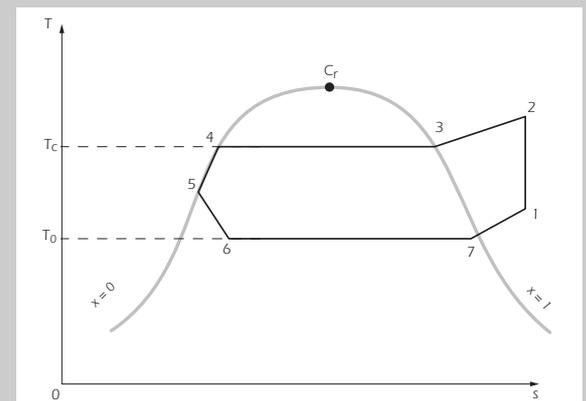
Dans la zone 2 : à une pression et température données, on peut « titrer le fluide », c'est à dire déterminer la proportion de gaz et de liquide.

### Analysons ce phénomène dans une installation frigorifique

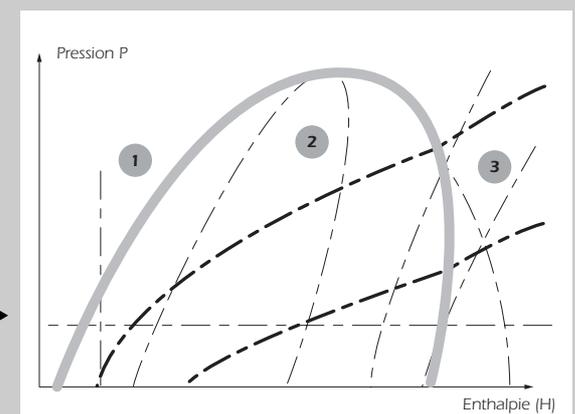


$Q_1$  : chaleur captée par le fluide

$Q_2$  : chaleur cédée par le fluide



- de 1 en 2 : compression adiabatique (isentropique).
- de 2 à 3 : désurchauffe des vapeurs.
- de 3 à 4 : condensation isotherme.
- de 4 en 5 : sous-refroidissement du liquide.
- de 5 à 6 : détente isenthalpique, le refroidissement du fluide frigorigène se faisant au détriment d'une chute de l'énergie interne.
- de 6 à 7 : vaporisation isotherme.
- de 7 à 1 : surchauffe des vapeurs.



## D. TRACÉ DU CYCLE FRIGORIFIQUE

Système climatisation équipé en fluide R 134a avec un compresseur Sanden SV :

- température sortie compresseur : + 62°C ;
- température entrée compresseur : + 10°C ;
- température sortie condenseur : + 41°C ;
- pression aspiration : 2 bars (absolue) ;
- pression refoulement : 16 bars (absolue).

## a. Compression

Le compresseur aspire les vapeurs saturées à 2 bars et à la température de 10°C. Ce point se situe à l'isobare 2 bars et isotherme 10°C.

La compression est une transformation isentropique : le point de sortie est situé sur l'isobare 16 bars et l'isentrope à 62°C. Pendant la compression, le fluide absorbe une quantité d'énergie équivalente au travail fourni par le compresseur :

$$W = H_2 - H_1 = 440 - 410 = 30 \text{ kJ/kg}$$

## b. Condensation

La condensation est une transformation isobare. A la sortie du condenseur, le fluide est juste saturé (100% liquide) et reste à la même température pendant cette transformation. Son rôle est d'évacuer la chaleur prise à l'évaporation et la chaleur due au travail de compression.

La quantité de chaleur évacuée est :

$$H_2 - H_3 = 440 - 240 = 200 \text{ kJ/kg de fluide}$$

## c. Détente

La détente se produit sans échange de chaleur. C'est une transformation isenthalpique. La pression passe de 16 bars à 2 bars. Une partie du fluide s'est vaporisée lors de cette transformation. Dans notre cas, on obtient un mélange 40% vapeur/60% liquide en sortie détenteur.

## d. Vaporisation

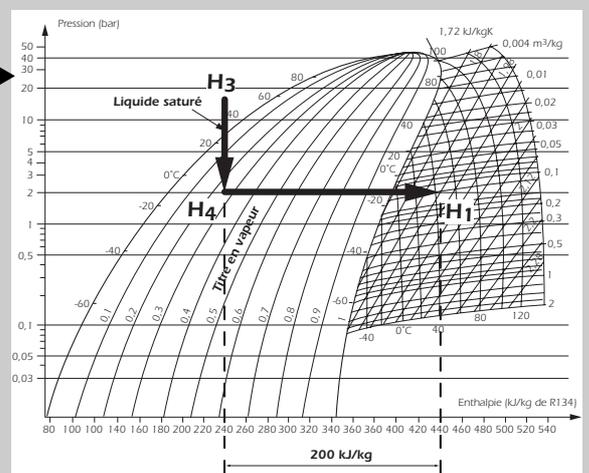
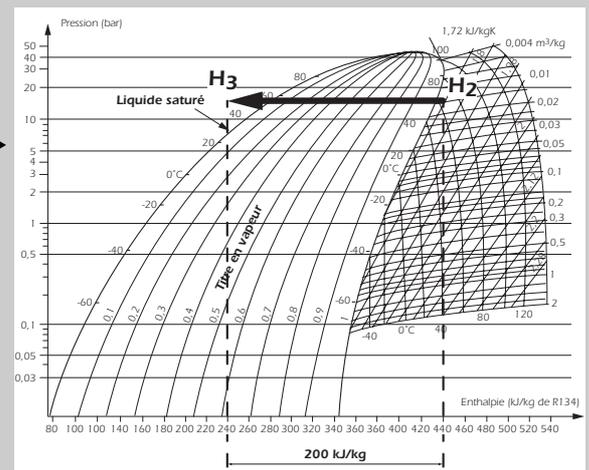
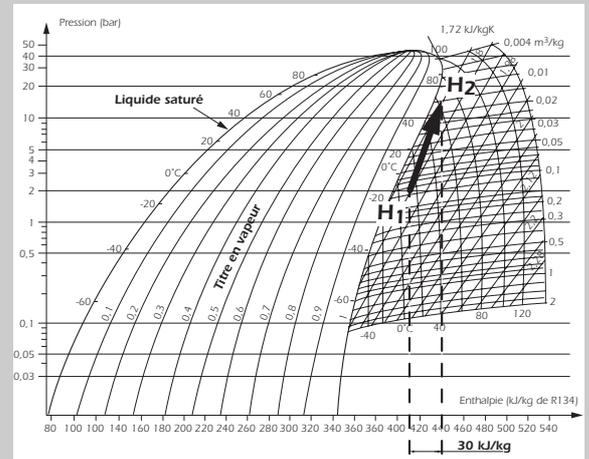
L'évaporation a pour rôle essentiel d'absorber la chaleur. Pour pouvoir réaliser l'évaporation, le fluide va capter l'énergie de l'air ambiant à l'habitacle véhicule. L'énergie ou chaleur absorbée est dans l'exemple :

$$H_1 - H_4 = 440 - 240 = 200 \text{ kJ/kg}$$

## e. Tracé réel du cycle

Dans le fonctionnement réel, le diagramme est légèrement différent car les éléments constituant le circuit génèrent des pertes de charge.

Diagramme enthalpie pression du fluide frigorigène R 134 A



# 5

## Analyse fonctionnelle du système

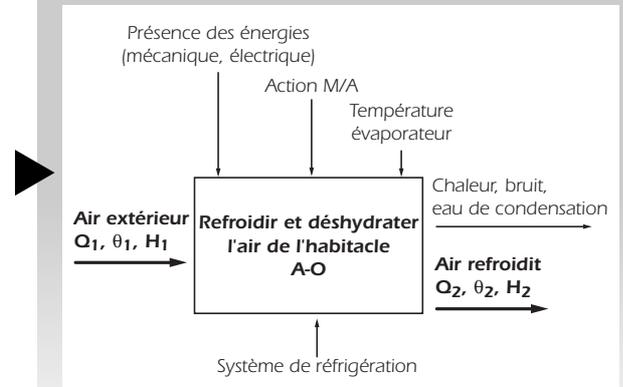
La climatisation

### A. OBJECTIF DE LA CLIMATISATION

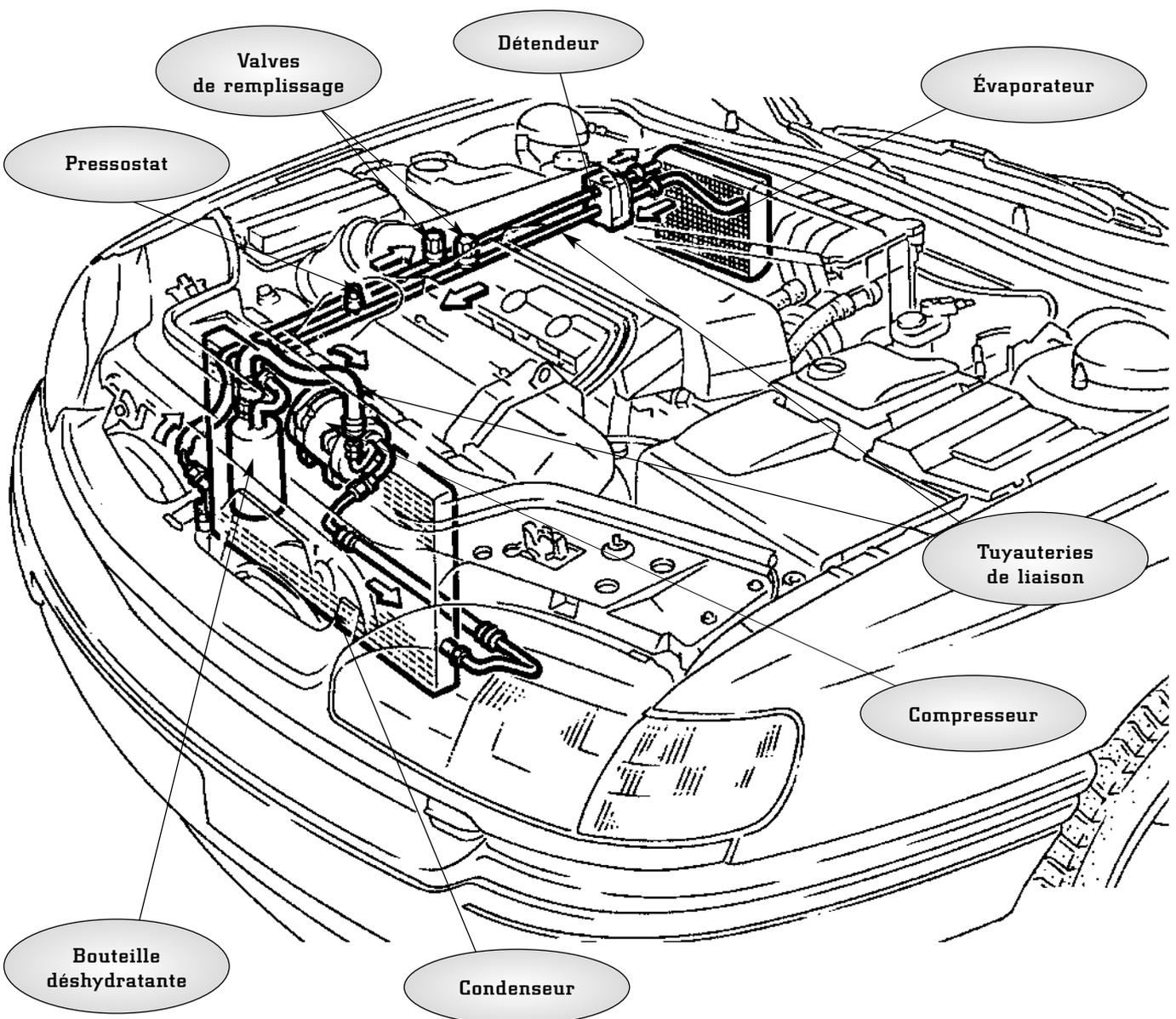
Maintenir les conditions climatiques internes d'un véhicule (température, hygrométrie, ventilation) selon le désir des occupants.

Apporter soit de la chaleur soit du froid, de filtrer et d'assécher l'air extérieur pour une sensation de confort optimal.

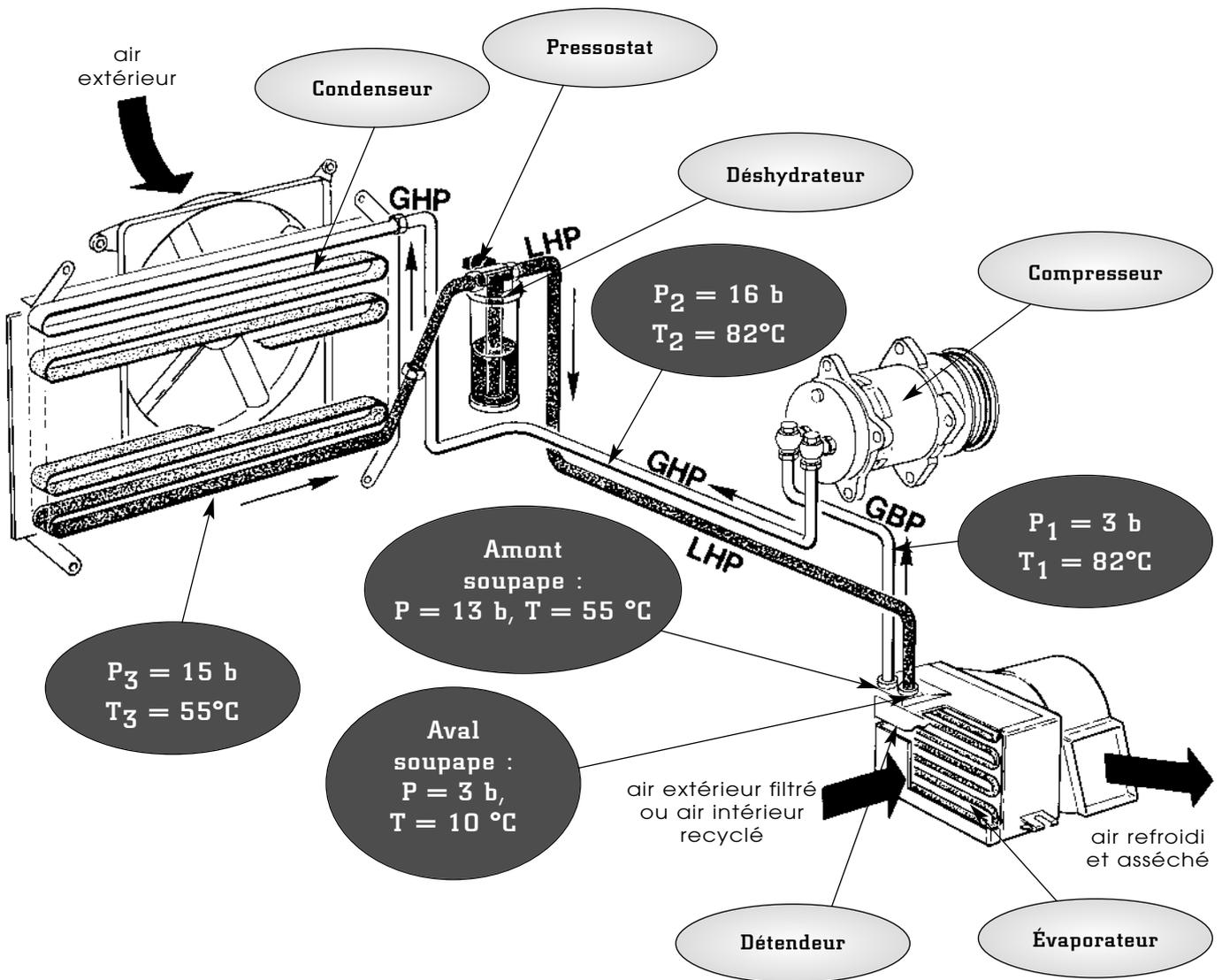
De plus si l'ensemble du système reçoit une gestion automatique du contrôle de la température, de l'hygrométrie et de la ventilation, on parlera de conditionnement de l'air.



### B. MISE EN SITUATION DU SYSTÈME DE CLIMATISATION



## C. PARTIE FLUIDIQUE



GHP → Gaz Haute Pression

LHP → Liquide Haute Pression

GBP → Gaz Haute Pression

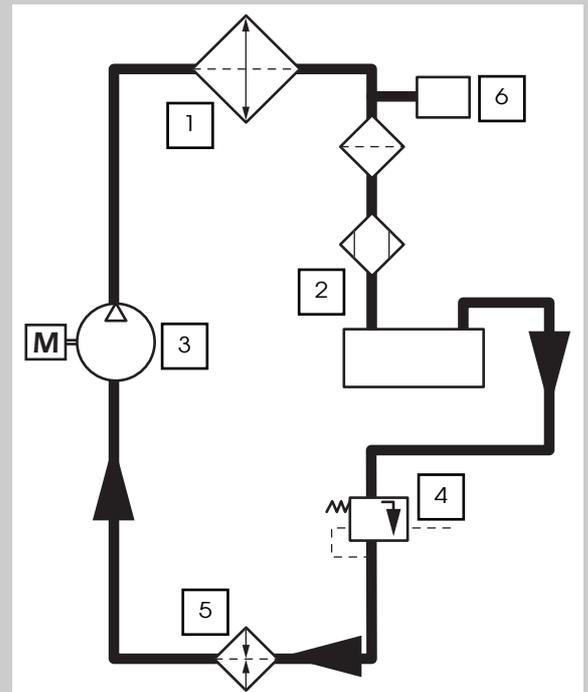
Les valeurs de pression et de températures, relevées sur véhicule, sont indiquées à titre d'exemple pour la bonne compréhension de fonctionnement du système lors du changement d'état du fluide frigorigène.

#### . Entretien périodique du système

Chaque année, un contrôle de la charge du fluide s'impose, ainsi que l'échange du filtre de l'habitacle.

Tous les deux ans, une visite générale sera effectuée (état des flexibles, courroies, ...) avec l'échange du filtre déshydrateur.

Schéma symbolisé de la partie fluidique



- 1 → condenseur ;
- 2 → déshydrateur ;
- 3 → compresseur ;
- 4 → détendeur ;
- 5 → évaporateur ;
- 6 → pressostat.

## A. LE COMPRESSEUR

## a. Fonction globale

Assurer un débit de gaz frigorigère sous haute pression.

## b. Organisation structurale

Les compresseurs couramment utilisés sur les véhicules sont du type axial alternatif à 5 ou 7 pistons. Le moteur du véhicule assure l'entraînement par poulie et courroie.

Un embrayage électromagnétique permet de désaccoupler l'arbre du compresseur.

## c. Principe de fonctionnement

Après l'alimentation du bobinage d'embrayage en énergie électrique, le plateau de commande (1) est entraîné par le rotor à cames (2). Durant cette rotation, les bielles fixées sur le plateau de commande au moyen de rotules serties, transmettent aux pistons (4) la translation engendrée par l'inclinaison du rotor à cames. Un mouvement axial alternatif de chaque piston est ainsi obtenu.

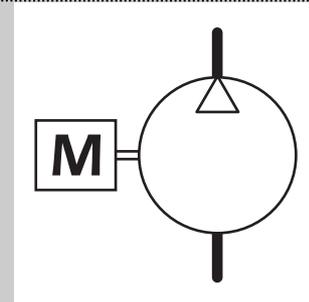
L'engrenage (5) assure le maintien en rotation du plateau de commande et assure la fonction rotation.

Un ensemble de clapets à lames (10), situé dans la culasse (7), assure le déroulement du cycle aspiration/refoulement du fluide frigorigère dans chacun des cylindres.

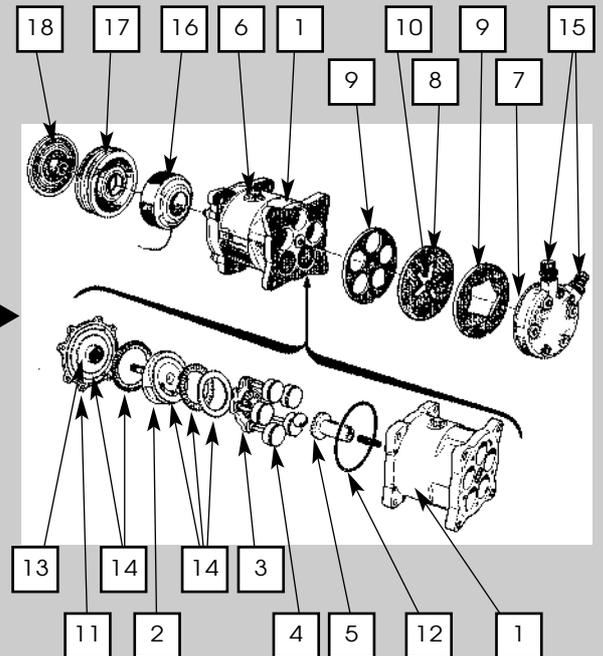
Le mécanisme du compresseur est lubrifié par une huile spéciale, d'un volume prescrit par le constructeur, introduit avant la mise en service du système.

## d. Exemple de caractéristiques d'un compresseur Sanden SD 506

Nombre de cylindres	5
Course des pistons	35 mm
Alésage	22,6 mm
Régime rotation	6000 tr/mn
Volume d'huile	207 ± 30 cm <sup>3</sup>
Poid avec embrayage	5,5 kg



Symbole



- 1 → corps de compresseur ;
- 2 → rotor à cames équilibrées ;
- 3 → plateau de commande des bielles et pistons ;
- 4 → pistons avec segments ;
- 5 → engrenage guide ;
- 6 → bouchons de remplissage et de contrôle du niveau d'huile ;
- 7 → culasse en alliage léger ;
- 8 → siège de clapets d'admission et de refoulement ;
- 9 → joint de culasse ;
- 10 → clapets d'admission et de refoulement ;
- 11 → couvercle porte palier d'arbre ;
- 12 → joint torique d'étanchéité ;
- 13 → bague d'étanchéité frontale ;
- 14 → chemins de roulement ;
- 15 → raccords d'entrée et de sortie du fluide ;
- 16 → bobinage de l'embrayage ;
- 17 → poulie d'entraînement ;
- 18 → plateau de liaison.

### B. LE CONDENSEUR

#### a. Fonction globale

Changer l'état physique du fluide frigorigène en permettant la condensation de la vapeur surchauffée et de sous refroidir le fluide pour faciliter son passage à l'état liquide.

#### b. Structure et implantation

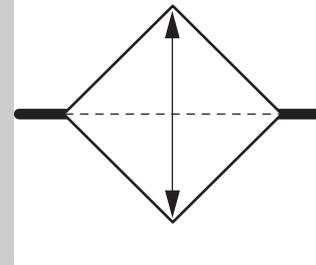
Le condenseur en aluminium (pour Gaz R 134a) est placé en avant du radiateur.

En arrière se trouve le GMV (Groupe Moto-Ventilateur) qui permet d'améliorer l'écoulement de l'air nécessaire à l'échange thermique.

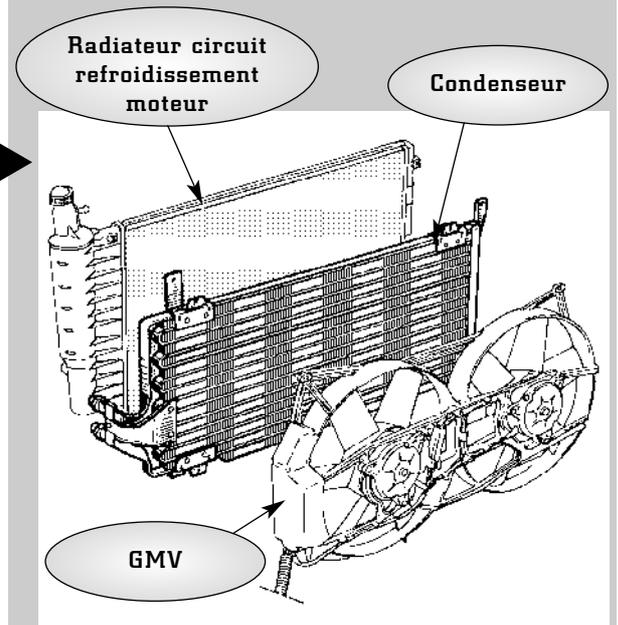
#### c. Principe de fonctionnement

Le fluide frigorigène, venant du compresseur, pénètre dans le condenseur à l'état de vapeur à haute température et haute pression.

En dirigeant l'air extérieur, soit par pénétration suite à la vitesse importante du véhicule, soit par circulation forcée du GMV sur les ailettes du condenseur, un échange thermique se produit qui a pour effet de refroidir le fluide et d'amorcer la phase de liquéfaction.



Symbole



### C. DÉSHYDRATEUR

#### a. Fonction globale

Assurer la réserve tampon du fluide.

Filter le fluide de ses impuretés.

Retenir l'humidité contenue dans le circuit.

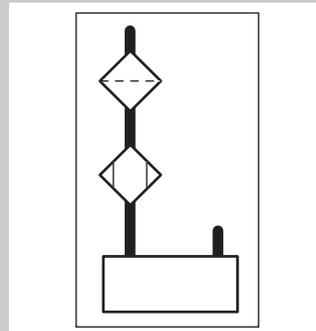
#### b. Structure et implantation

C'est une bouteille, placée entre le condenseur et la soupape de détente qui contient des filtres et un élément déshydratant.

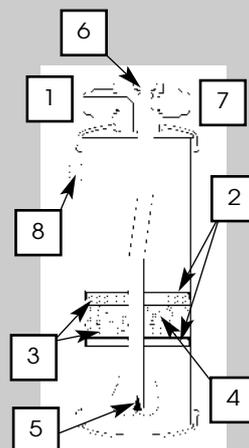
Un voyant, pouvant se trouver à sa partie supérieure, permet de constater la bonne circulation du fluide.

#### c. Principe de fonctionnement

Le fluide frigorigène, (liquide) à haute pression, entre dans la bouteille et traverse le filtre dans lequel se déposent les particules diverses en suspension. En traversant les sels de silice, il se décharge de l'humidité qu'il contient.



Symbole



- 1 → entrée du fluide ;
- 2 → écrans de maintien du filtre ;
- 3 → éléments filtrant ;
- 4 → élément déshydratant (sel de silice) ;
- 5 → tube plongeur ;
- 6 → voyant de contrôle ;
- 7 → raccord de sortie du fluide ;
- 8 → pressostat.

D. DÉTendeur (MONOBLOC AVEC THERMOSTAT  
INCORPORÉ)

## a. Fonction globale

Réduire la pression et, en fonction de sa température, contrôler le débit du fluide frigorigène.

## b. Structure et implantation

Cet élément se trouve implanté à l'entrée de l'évaporateur, raccordé sur les tuyauteries haute et basse pression.

## c. Nomenclature

- 1 - entrée du fluide liquide haute pression venant du déshydrateur ;
- 2 - sortie du fluide basse pression allant vers l'évaporateur ;
- 3 - sonde thermostatique ;
- 4 - diaphragme ;
- 5 - ressort taré ;
- 6 - corps du détendeur ;
- 7 - bille (clapet) ;
- 8 - fluide venant de l'évaporateur ;
- 9 - retour du fluide gazeux vers le compresseur.

## d. Principe de fonctionnement

Le fluide frigorigène entre à l'état liquide sous haute pression. A sa sortie, le fluide est détendu à basse pression et engendre un début de vaporisation avec production de froid.

La sonde thermostatique, par l'intermédiaire de son gaz interne, réagit par rapport à la température du fluide en sortie de l'évaporateur, qui est fonction des apports calorifiques extérieurs et du débit du fluide.

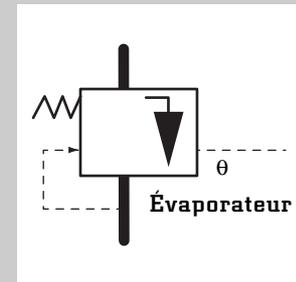
Le débit du fluide est fonction de la section de passage de l'orifice de détente, variable par le déplacement de l'ensemble diaphragme/tige\* de poussée agissant sur la bille.

\*Le diaphragme est soumis à trois forces :

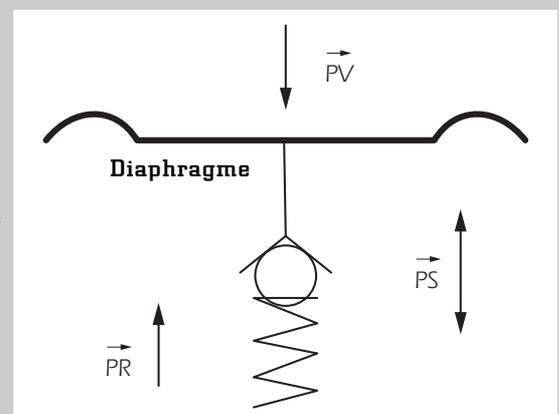
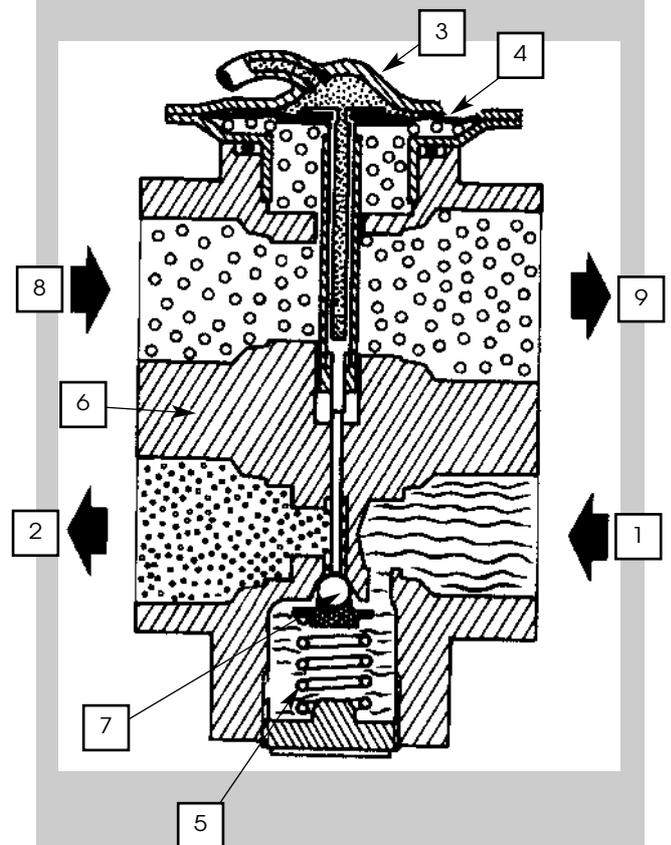
- PV : pression dans la sonde thermostatique ;
- PS : pression du fluide gazeux sortant de l'évaporateur ;
- PR : force constante exercée par le ressort taré.

Remarque :

en fonctionnement, pour des raisons de sécurité, le détendeur n'est jamais fermé complètement.



Symbole



Forces appliquées au diaphragme

## E. EVAPORATEUR

## a. Fonction globale

Refroidir et déshumidifier l'air qui pénètre dans l'habitacle du véhicule.

## b. Structure et implantation

C'est un échangeur thermique placé dans le boîtier de climatisation logé dans la partie interne de la planche de bord.

Une sonde, fixée proche des ailettes, informe le boîtier électronique de gestion de climatisation, de la température de l'air sortant de l'évaporateur. (seuil de température mini  $\cong 2^{\circ}\text{C}$ )

## c. Principe de fonctionnement

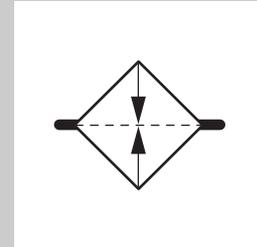
Le fluide entre dans l'évaporateur à l'état de début de transformation liquide/vapeur à basse pression.

L'air ambiant extérieur, qui pénètre dans l'habitacle en passant sur les ailettes de l'évaporateur perd une partie de ses calories, ce qui va permettre au fluide de se vaporiser. L'air est refroidi, le fluide sort de l'évaporateur à l'état gazeux sous faible pression.

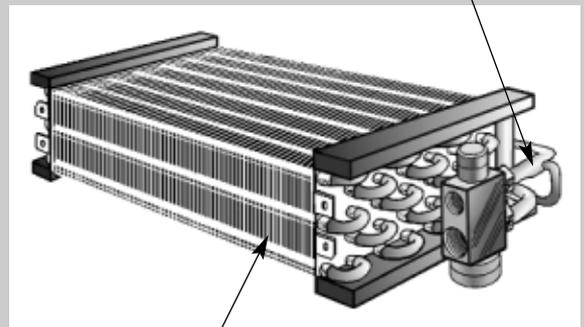
L'air, en passant sur les ailettes refroidies, perd de son humidité qui va se transformer en givre par condensation. Cet air se trouve ainsi déshumidifié et en partie dépoussiéré (les poussières adhèrent au givre).

## Remarque :

il est donc normal de trouver de l'eau qui s'écoule en dessous du véhicule lorsque le système de climatisation est en fonctionnement.



Symbole

Tuyauterie de  
circulation du fluideAilettes de  
refroidissement

## F. PRESSOSTAT

## a. Fonction globale

Piloter la commande de l'embrayage, du groupe moto-ventilateur (GMV) et assurer la sécurité du système.

## b. Structure et implantation

Placé sur le réservoir déshydrateur, il assure quatre fonctions de commutation électrique pour la sécurité du système de réfrigération, d'où l'appellation « pressostat à 4 niveaux ».

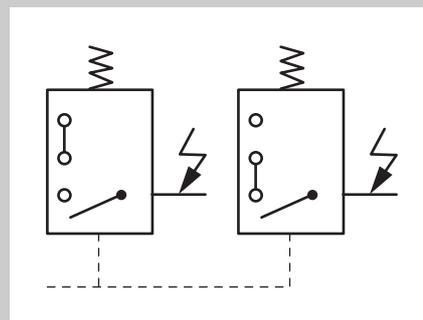
## c. Principe de fonctionnement

Par l'intermédiaire du calculateur de gestion moteur, le pressostat permet de :

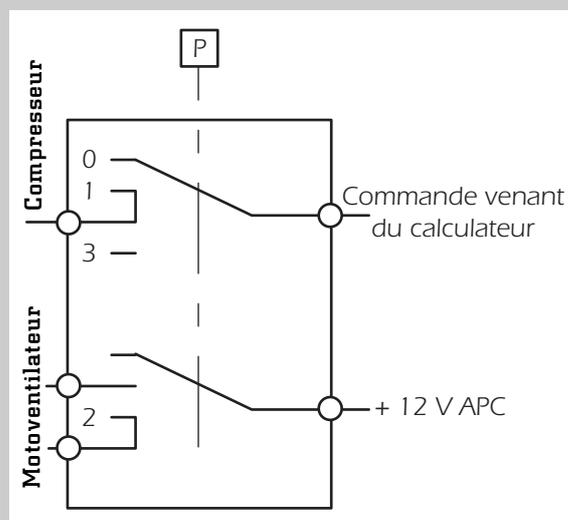
- désactiver le compresseur si la pression du gaz réfrigérant est inférieure à environ 2 bars → niveau 0, ou supérieure à 28 bars → niveau 3 ;
- enclencher la première vitesse du motoventilateur de refroidissement moteur si la pression du gaz réfrigérant est supérieure à environ 15 bars → niveau 1 ;
- enclencher la deuxième vitesse du motoventilateur de refroidissement moteur si la pression du gaz est supérieure à environ 20 bars → niveau 2.

Nota :

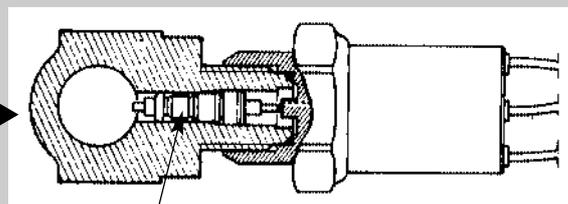
la dépose d'un pressostat peut s'effectuer sans vidanger le circuit de son gaz. Une valve de fermeture isole le circuit avec l'extérieur lors du démontage.



Symbole



Représentation graphique

Soupape de  
fermeture

## G. TUYAUTERIES ET RACCORDS

## a. Fonction globale

Véhiculer le fluide frigorigène aux divers organes de l'installation tout en étant résistant à la pression et à la température de ce fluide, ainsi qu'aux agents chimiques externes (huile moteur, acide batterie, produits de salage hivernal de la chaussée, etc.).

## b. Structure

Deux types de tuyauteries sont utilisés :

- tuyauterie souple, de refoulement et d'aspiration, permettant leur passage aisé dans les endroits restreints et de filtrer les vibrations et les déplacements de l'ensemble moteur par rapport à la carrosserie ;
- tuyauterie rigide, en acier cadmié ou en aluminium pour le gaz R 134a, permettant de minimiser l'encombrement par des rayons de courbure moins importants que pour la tuyauterie souple.

Les tuyauteries peuvent également être mixtes (acier et matière souple).

Les raccordements des tuyauteries aux différents composants du circuit sont réalisés par l'intermédiaire d'un choix spécifique de raccords.

Les raccords de service pour vidange et remplissage de l'installation au 134a, se situent sur les tuyauteries.

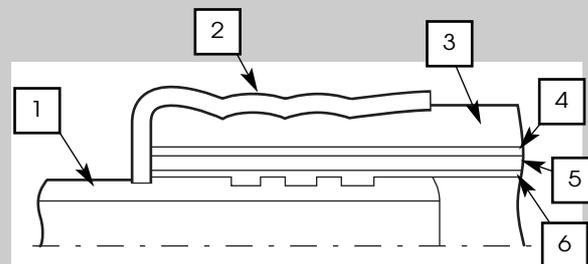
Ils sont du type encliquetable ; un obus est percuté après ou pendant l'encliquetage suivant le principe du raccord rapide femelle de l'appareil utilisé.

Le raccord HP (Haute Pression) est de diamètre plus important que celui de BP (Basse Pression).

## Nota :

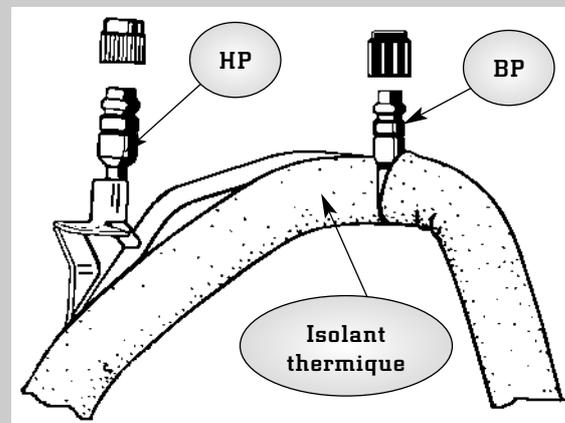
les tuyaux ainsi que les joints conçus pour le fluide R 134a peuvent être montés sur les installations au gaz Fréon R 12, mais l'inverse n'est pas autorisé. La molécule du fluide R 134a, étant plus petite que celle du CFC 12, a tendance à traverser la matière d'étanchéité.

Pour vaincre cet inconvénient une deuxième couche à base de nylon a été insérée.

**Composition des tuyaux souples pour circuit HFC 134a**

- 1 pipe de raccordement en aluminium ;
- 2 fourreau de sertissage ;
- 3 couche en caoutchouc EPDM ;
- 4 couche de recouvrement en coton ou polyester ;
- 5 couche de caoutchouc EPDM ;
- 6 couche d'étanchéité interne en polyamide.

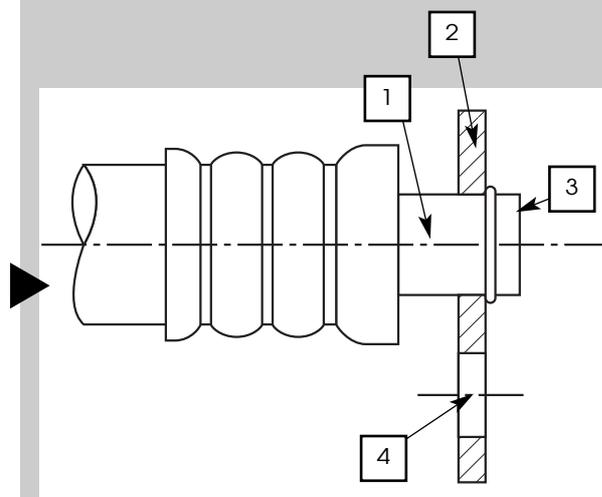
EPDM : Éthylène Propylène Diène Monomère



**Les diamètres des raccords HP et BP sont différents**

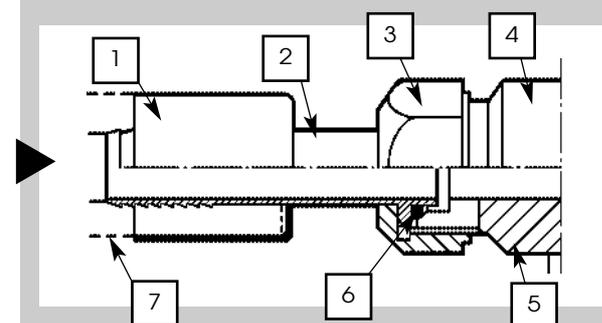
## . Raccord à bride

- 1 - pipe ;
- 2 - bride ;
- 3 - bout pilote court ;
- 4 - passage de la vis de fixation.



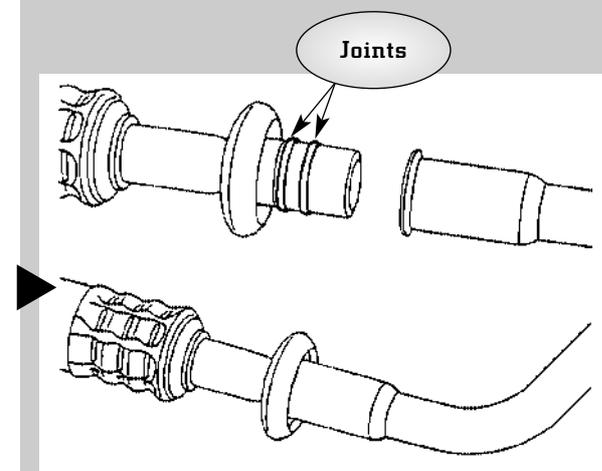
## . Raccord à visser

- 1 - fourrure de sertissage ;
- 2 - pipe de raccordement ;
- 3 - partie à serrer femelle ;
- 4 - partie fixe mâle ;
- 5 - composant (compresseur, condenseur, détendeur, évaporateur, bouteille-filtre-déshydrateur) ;
- 6 - joint torique ;
- 7 - tuyau.



## . Raccord encliquetable

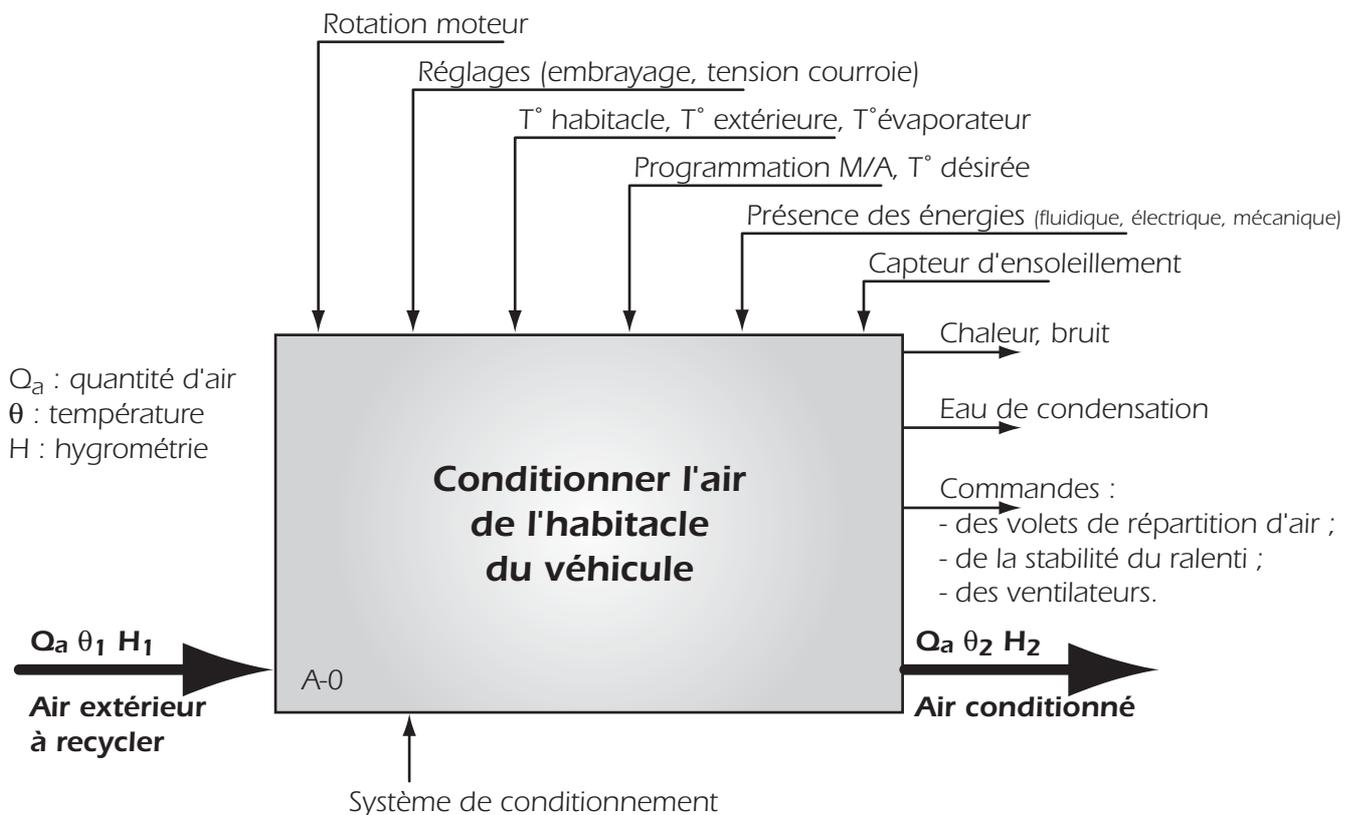
L'avantage de ce type de raccords est de faciliter les opérations de dépose et de repose des éléments.



## A. FONCTION

Offrir aux occupants du véhicule un confort thermique optimum, par une régulation électronique, prenant en compte les diverses perturbations climatiques que peut subir l'air de l'habitacle.

## B. ANALYSE FONCTIONNELLE



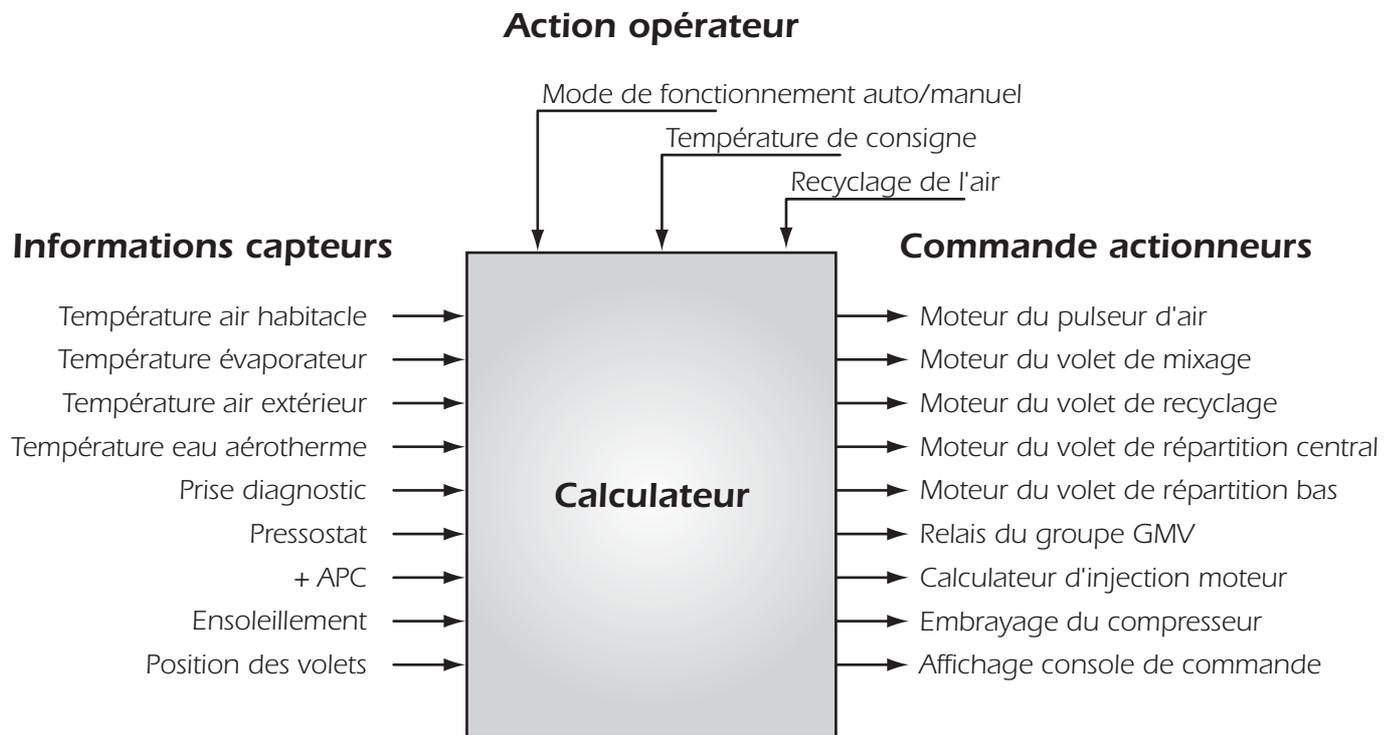
Le système d'air conditionné à régulation automatique permet d'ajuster automatiquement le point de fonctionnement désiré par l'utilisateur.

L'ensemble du système agit sur :

- le débit d'air ;
- la température de l'air ;
- le recyclage de l'air à l'intérieur du véhicule ;
- la répartition aéraulique au sein de l'habitacle.

La température désirée ainsi que le degré d'hygrométrie sont obtenus par mixage d'air froid et d'air chaud.

L'air froid est fourni par le système de réfrigération et l'air chaud par l'aérotherme du circuit de chauffage de l'habitacle monté sur le circuit de refroidissement du moteur.



### C. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DU MONTAGE SUR LA CITROËN C3

Le BSI (Boîtier Système Intelligent) commande le compresseur en prenant en compte :

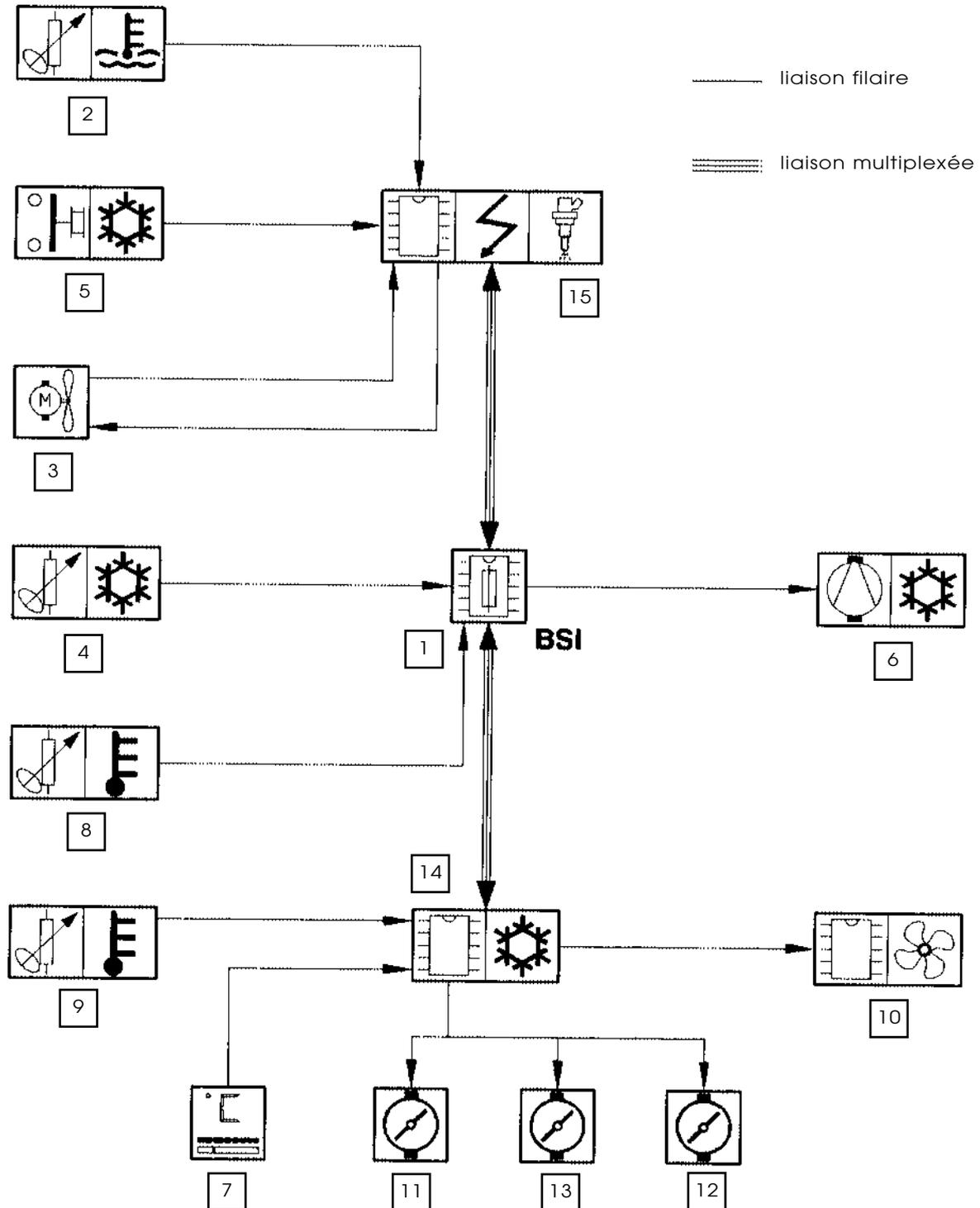
- la demande manuelle ou automatique d'enclenchement du compresseur ;
- la sécurité de givrage de l'évaporateur ;
- la pression du fluide de réfrigération ;
- la température d'eau moteur ;
- le régime de rotation moteur ;
- le dialogue avec le calculateur de gestion moteur (enclenchement ou non du compresseur), deux conditions de base étant nécessaires pour que l'enclenchement du compresseur se réalise :
  - a) moteur tournant,
  - b) pulseur d'air activé.

Pour sécuriser le système, le BSI coupe l'alimentation électrique de l'embrayage du compresseur, lorsque le régime de rotation atteint 6250 tr/min, ou si la température d'eau moteur est supérieure à 135°C.

Conditions de réenclenchement du compresseur :

- régime moteur en dessous de 5650 tr/min ;
- température d'eau moteur inférieure à 132°C ;
- pression du fluide frigorigène inférieure à 24 bars ;
- rapport de vitesse BVA engagée (transition de l'information par le réseau CAN au calculateur moteur qui renvoie au BSI).

. Synoptique de fonctionnement



- |  |                                       |
|--|---------------------------------------|
| 1 boîtier de servitude intelligent ;                   | 9 sonde de température extérieure ;   |
| 2 sonde de température eau moteur ;                    | 10 module commande pulseur ;          |
| 3 groupe motoventilateur ;                             | 11 motoréducteur volet mixage ;       |
| 4 sonde de température de l'évaporateur ;              | 12 motoréducteur volet entrée d'air ; |
| 5 capteur de pression linéaire du fluide réfrigérant ; | 13 motoréducteur volet de recyclage ; |
| 6 compresseur de réfrigération ;                       | 14 calculateur de climatisation ;     |
| 7 façade climatisation ;                               | 15 calculateur de moteur.             |
| 8 sonde de température intérieure ;                    |                                       |

## D . LE BLOC DE CONDITIONNEMENT D'AIR DE L'HABITACLE

## a. Les différents modes de fonctionnement

## Automatique :

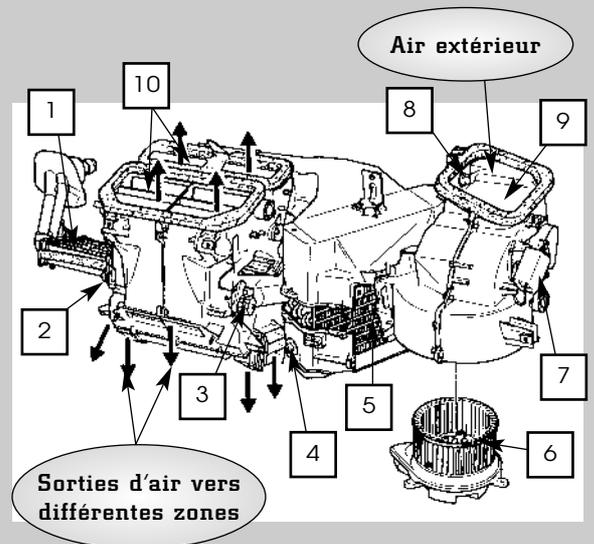
les réglages de fonctionnement sont effectués par le calculateur en fonction des consignes de l'utilisateur.

## Semi-automatique :

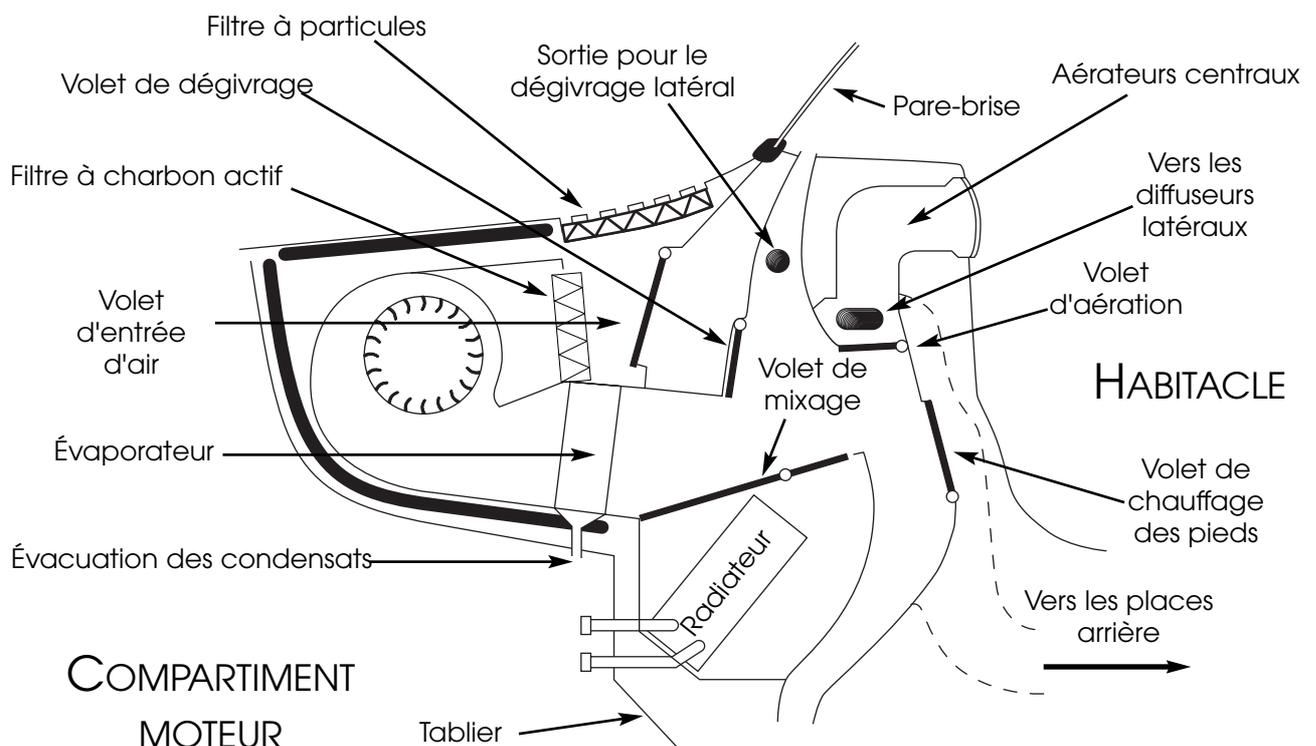
les réglages de fonctionnement sont effectués par l'utilisateur et par le calculateur de climatisation.

## Manuel :

les réglages de fonctionnement sont effectués par l'utilisateur.



- 1 radiateur de chauffage ;
- 2-3 moteurs de commande des volets de mixage ;
- 4 sonde de température évaporateur ;
- 5 évaporateur ;
- 6 turbine de ventilation ;
- 7 moteur de commande du volet de recyclage d'air ;
- 8 sonde de température extérieure ;
- 9 volet d'entrée d'air extérieur .
- 10 sortie de l'air traité vers l'habitacle.

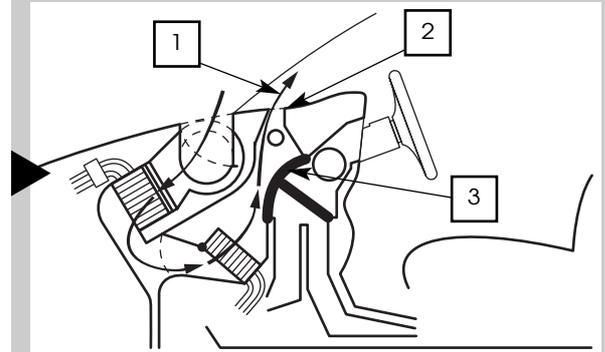


# 6

## La régulation (suite)

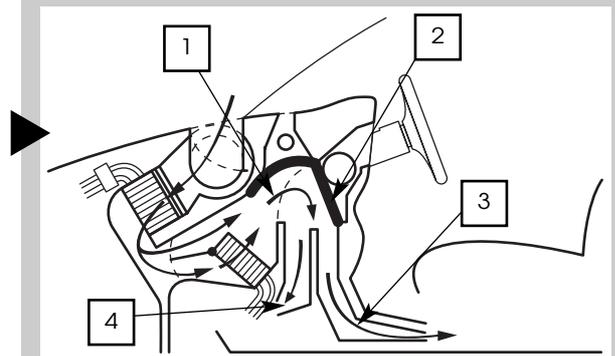
Selon le niveau d'équipement du système de conditionnement, les différents modes de distributions d'air dans l'habitacle sont orientés :

- vers l'avant et l'arrière ;



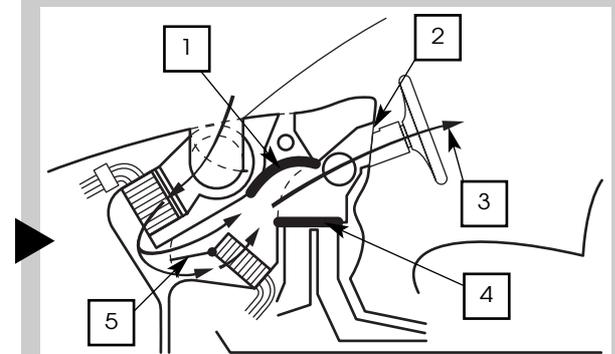
- 1 air pulsé ;
- 2 buses de dégivrage et désembuage du pare-brise ;
- 3 volet de dégivrage désembuage.

- vers le côté gauche et le côté droit ;



- 1 air pulsé ;
- 2 volet de répartition d'air ;
- 3 sortie d'air des places arrière ;
- 4 sortie d'air des places avant.

- vers le pare-brise, les aérateurs latéraux et les pieds.



- 1 volet de désembuage dégivrage ;
- 2 aérateurs orientables ;
- 3 air pulsé ;
- 4 volet de répartition d'air ;
- 5 volet de mixage d'air.

## E. ACTIONNEUR DES VOILETS D'AIR

Les volets d'air sont commandés par des moteurs pas à pas à courant continu.

## a. Fonction

Positionner les volets suivant l'ordre du calculateur.

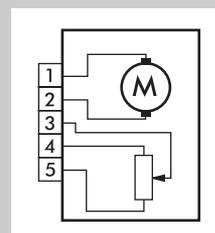
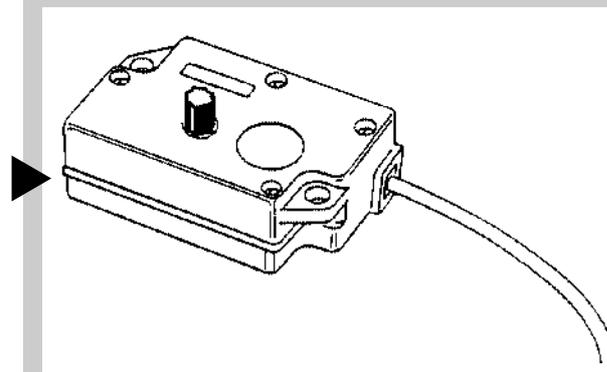
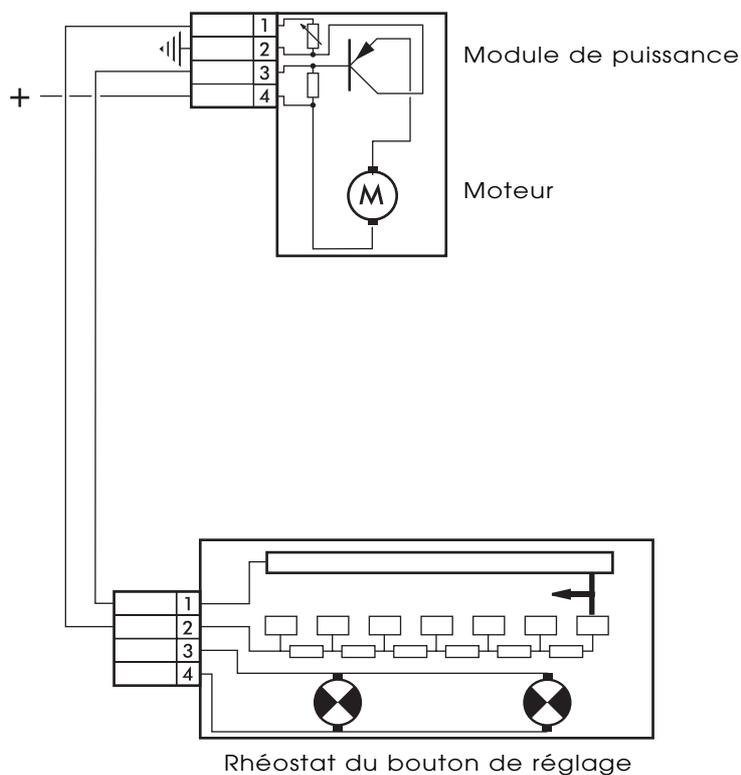
## b. Structure

Le moteur comporte un potentiomètre de position (ou de recopie) qui informe le calculateur de la position angulaire du volet.

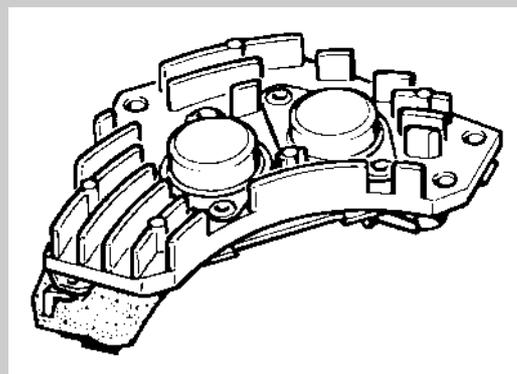
Pour le volet de recyclage d'air, le moteur est utilisé seul car le calculateur ne règle que deux positions ; un dispositif de protection contre les surintensités coupe l'alimentation du moteur lorsque le volet est en butée (ex : disjoncteur thermique).

Ces moteurs sont souvent associés à un réducteur afin d'augmenter leur couple de sortie.

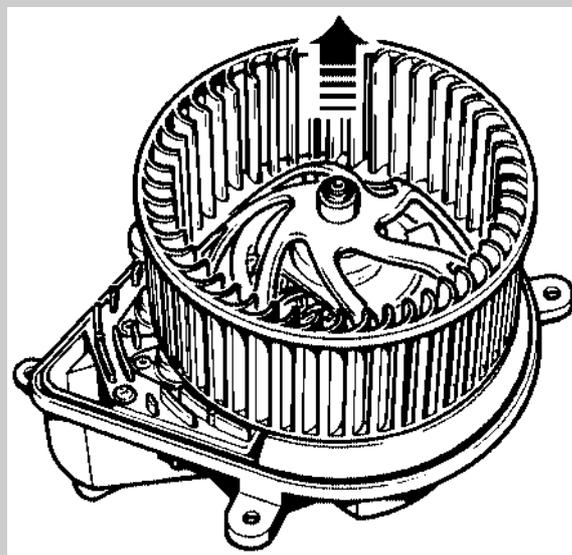
Dans cette configuration, la vitesse du pulseur d'air est pilotée en puissance d'après l'information reçue de l'opérateur par l'intermédiaire du rhéostat de commande.



Moteur à courant continu avec potentiomètre de position



Module de puissance



Turbine du pulseur d'air

## c. Principe de fonctionnement du moteur pas à pas

Unipolaire ou bipolaire, ce sont les variations de tensions aux bornes des bobinages du moteur qui engendrent une rotation. Ces tensions sont :

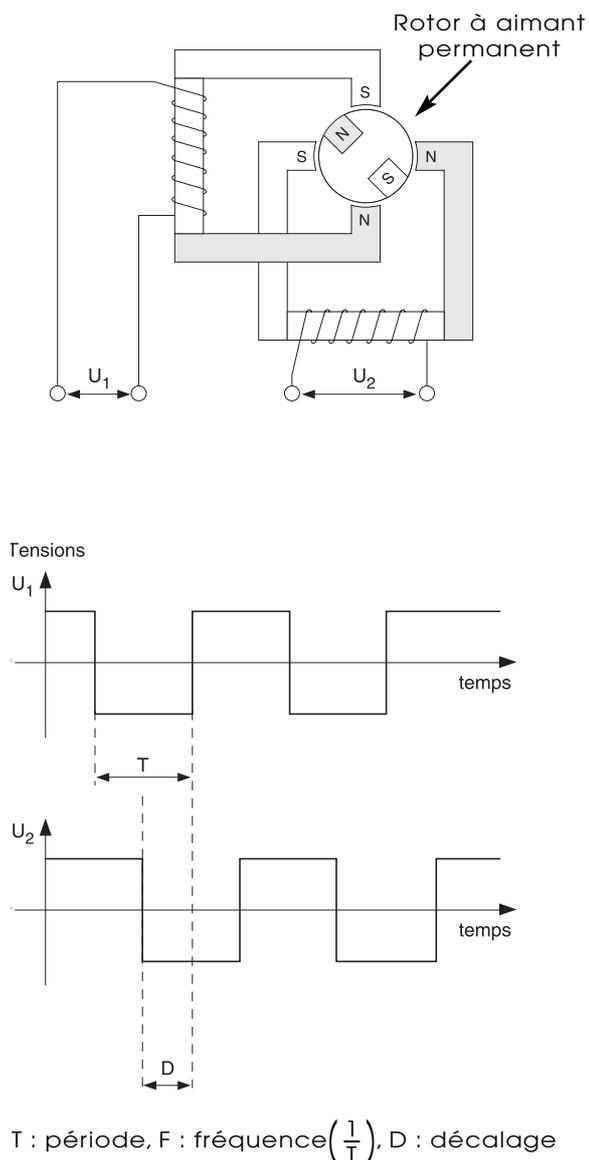
- alternatives carrées pour un moteur bipolaire ;
- hachées carrées pour un moteur unipolaire.

Ces variations de tensions sont générées directement par le calculateur ou par l'intermédiaire d'un module électronique intégré au moteur.

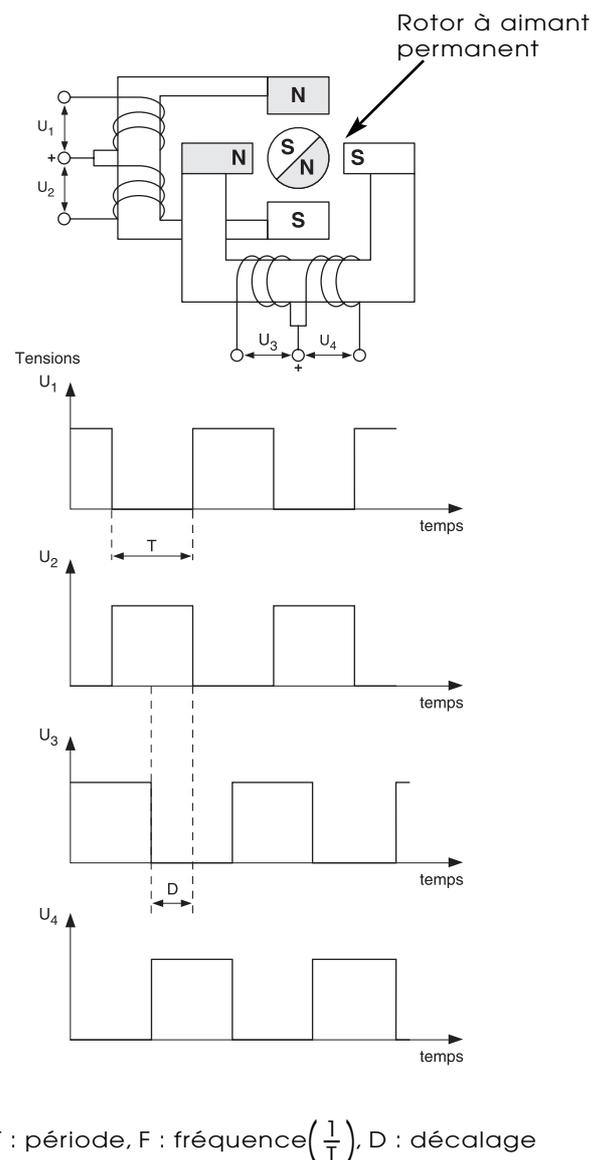
La vitesse de rotation dépend de la fréquence des variations de tensions aux bornes des bobinages.

Chaque variation de tension fait tourner le moteur d'un pas. Si l'alimentation des bobinages est maintenue sans variation, le moteur est arrêté ; il est maintenu dans sa position par les champs magnétiques des aimants. Le sens de rotation peut être inversé suivant un décalage de la variation de tension d'un bobinage avant l'autre, ou par inversion de polarité de commande (cas d'un moteur à courant continu).

Moteur pas à pas bipolaire



Moteur pas à pas unipolaire



## F. CAPTEUR D'ENSOLEILLEMENT

## a. Fonction

Informer le calculateur de l'ensoleillement de l'habitacle et de la direction de cet ensoleillement afin d'adapter la régulation climatique pour le bien être des occupants du véhicule.

## b. Structure et implantation

Composé de photodiodes, il est placé sur le tableau de bord.

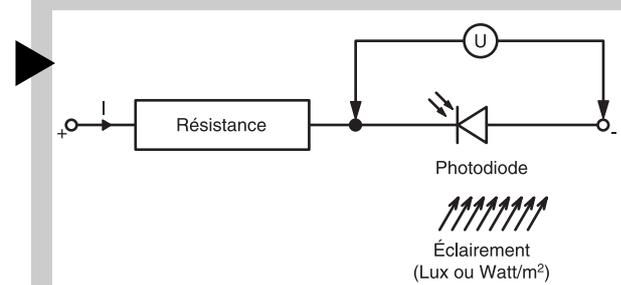
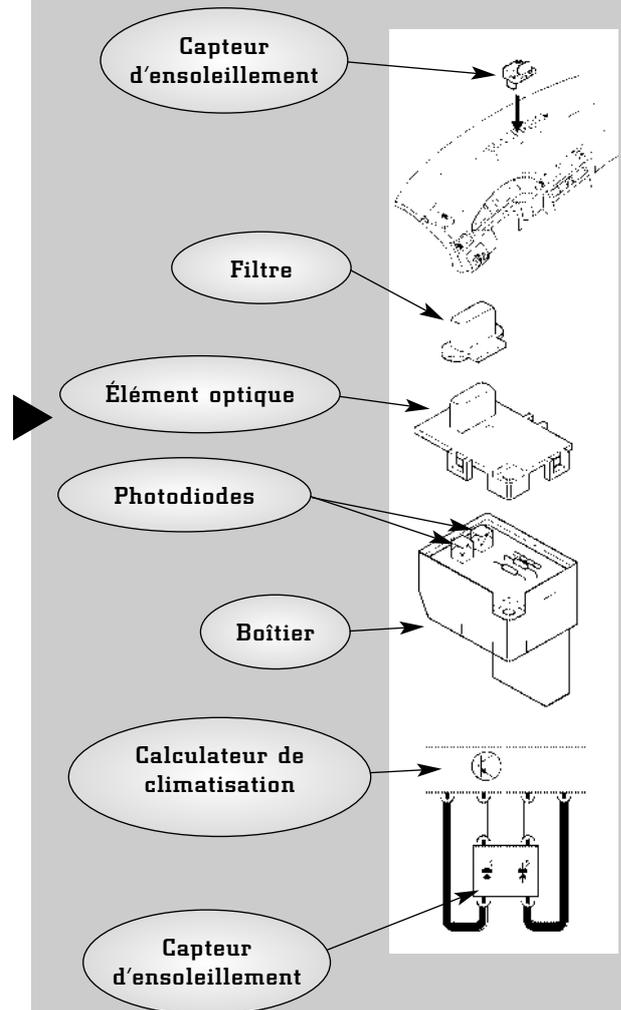
## c. Principe de la photodiode

Alimentée par l'intermédiaire d'une résistance, elle se laisse traverser par un courant plus ou moins important suivant l'éclairement qu'elle reçoit.

## d. Principe de fonctionnement du capteur

L'information courant délivrée par le capteur permet au calculateur de régler la température de l'air soufflé :

- si l'ensoleillement est important, l'air pulsé aux bouches est ajusté plus froid, la vitesse de ventilation est augmentée, la distribution d'air est dirigée davantage vers les aérateurs latéraux et frontaux ;
- si le capteur est conçu pour informer de la direction de l'ensoleillement, le calculateur adapte la régulation différemment entre le côté droit et le côté gauche de l'habitacle.



### G. GESTION DE LA TEMPÉRATURE DE L'AIR DE L'HABITACLE

La température de l'air de l'habitacle doit correspondre à celle programmée par les occupants du véhicule. Des capteurs mesurent la température réelle et en informent le calculateur qui compare avec des valeurs de consigne et pilote des actionneurs (ou actuateurs) pour effectuer les corrections nécessaires.

Ce principe de contrôle et de correction est nommé « asservissement ».

#### a. La boucle de régulation (ou chaîne de régulation)

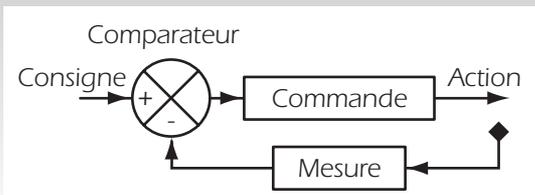
1 - Système non asservi → chaîne ouverte

La consigne pilote la commande pour assurer l'action.

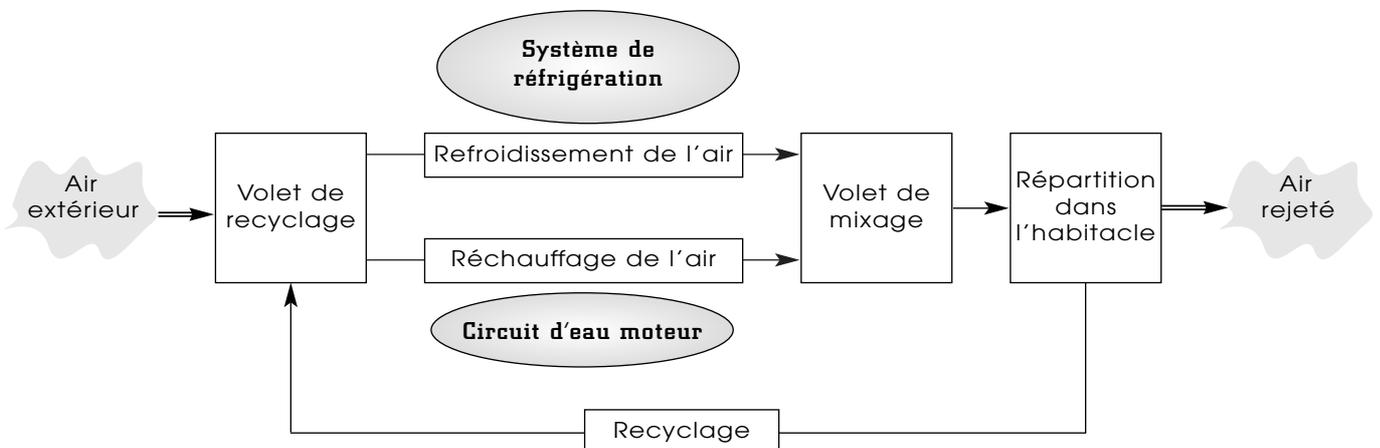


2 - Système asservi → chaîne fermée

Dans le système type « chaîne fermée », l'action est mesurée, comparée et de nouveau modifiée si les valeurs mesurées ne sont pas cohérentes avec les valeurs de consigne.



#### b. Organisation structurelle du système



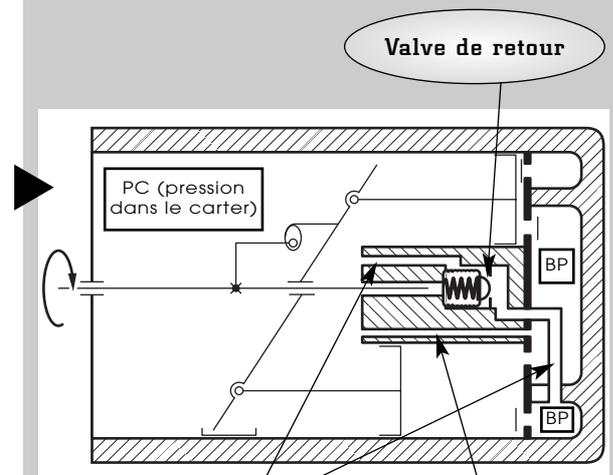
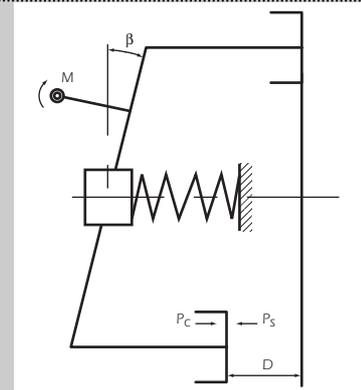
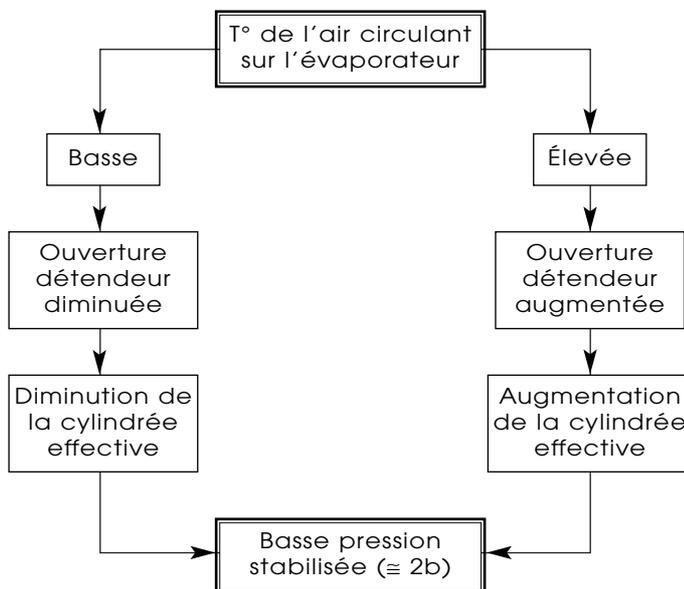
### H. COMPRESSEUR À PISTONS À CYLINDRÉE VARIABLE

Ce type de compresseur, comprime uniquement un volume de gaz frigorigène optimisé à chaque rotation.

#### a. Avantages

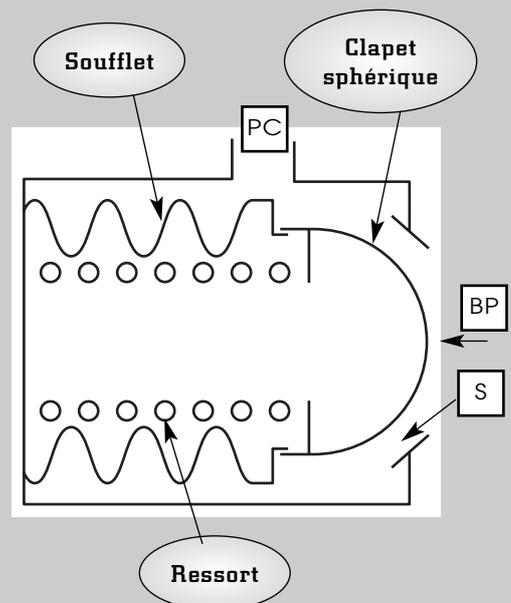
- éviter les à-coups moteurs (enclenchement et déclenchement du compresseur) ;
- diminuer les efforts mécaniques violents sur la courroie d'entraînement ;
- maintenir une température de soufflage d'air sensiblement constante ;
- maintenir la basse pression sensiblement constante dans l'évaporateur ;
- réduire la puissance mécanique absorbée au moteur ;
- accroître la durée de vie du compresseur.

#### b. Organigramme fonctionnel



Passages de retour

Passage calibré



S : section de passage

Le rôle de la valve est de réguler la pression dans le corps du compresseur (PC) et de contrôler ainsi le couple provoquant le déplacement du plateau oscillant et donc l'évolution de la cylindrée

## c. Principe de fonctionnement

La variation de la cylindrée est réalisée en agissant sur la course des pistons, par l'intermédiaire de la position du plateau oscillant qui se déplace en fonction de la valeur de la basse pression.

La variation de l'angle du plateau oscillant est engendrée par le contrôle permanent du différentiel de pression, entre la pression d'aspiration et la pression interne du compresseur.

La régulation de ce différentiel de pression est assurée par une valve tarée à environ 2 bars.

## Cylindrée maximum

Sur une demande de froid important, la pression d'aspiration devient supérieure à 2 bars, la valve s'ouvre.

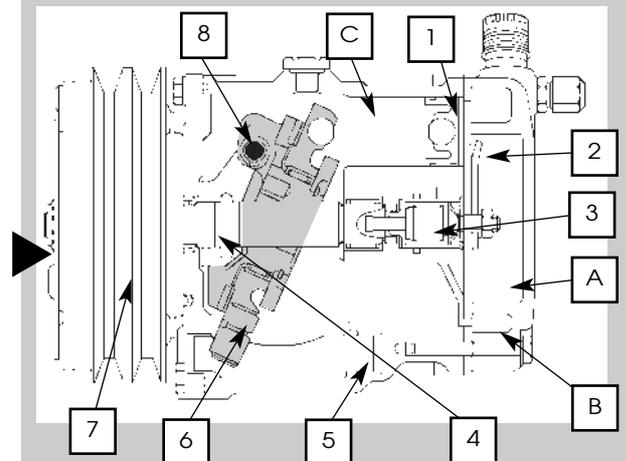
Le fluide « gazeux » entre dans la chambre d'aspiration, il n'y a pas de pression différentielle. La course des pistons est maximum.

## Cylindrée minimum

Pour une demande de froid faible, la pression d'aspiration devient inférieure à 2 bars, la valve se referme. La pression augmente dans le corps du compresseur.

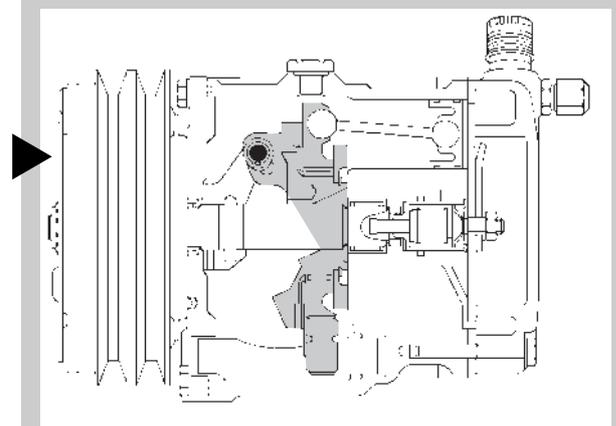
L'angle du plateau oscillant décroît et la course des pistons devient plus faible.

Remarque : La cylindrée minimale du compresseur n'atteint jamais 0 mais 10 cm<sup>3</sup> environ pour permettre une lubrification minimale par un léger maintien de la pression interne.



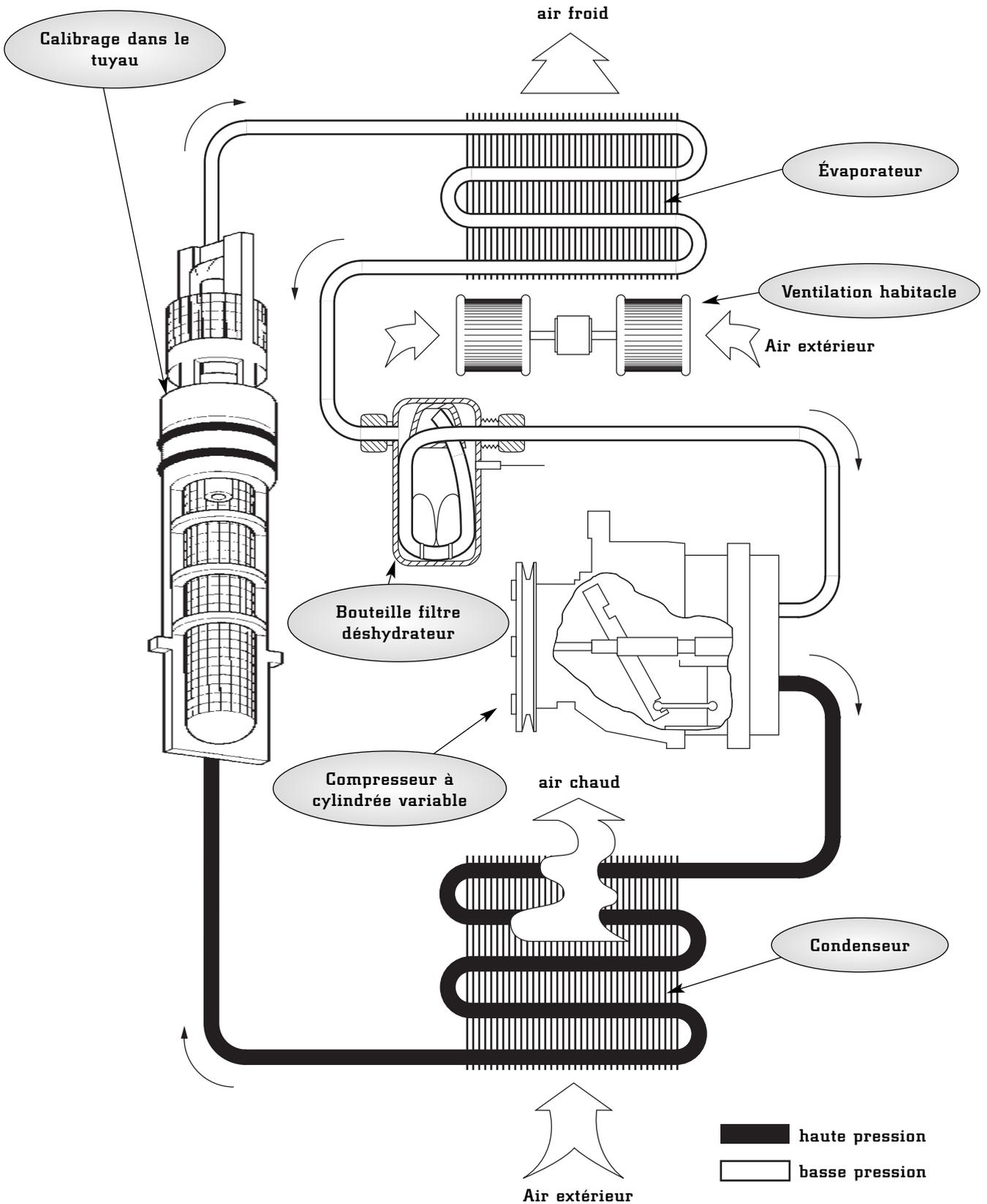
Compresseur position cylindrée maxi

1 piston ;	compresseur et embrayage électromagnétique ;
2 clapet ;	
3 soupape de régulation ;	8 axe de pivotement du plateau oscillant.
4 arbre d'entraînement ;	A chambre haute pression (HP) ;
5 rail de guidage ;	B chambre basse pression (BP) ;
6 plateau porte-pistons ;	C pression dans le carter (PC).
7 poulie d'entraînement du	



Compresseur position cylindrée mini

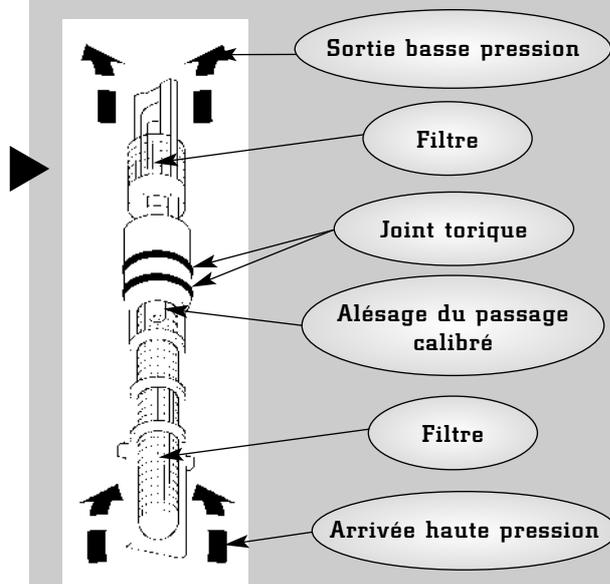
### A. LE MONTAGE HARRISSON



## . Le régleur de débit

Dans le système Harrison, le détendeur est remplacé par un régleur de débit constitué d'un calibreur ou étrangleur. La fonction du régleur de débit est de constituer une interface entre le côté haute pression et le côté basse pression et engendre un dosage du débit de réfrigérant par l'orifice calibré.

Le débit de réfrigérant a été calculé pour les conditions de fonctionnement maxi. → soit HP maxi., BP mini. → quantité de chaleur à absorber maximale.



Vue interne du régleur de débit

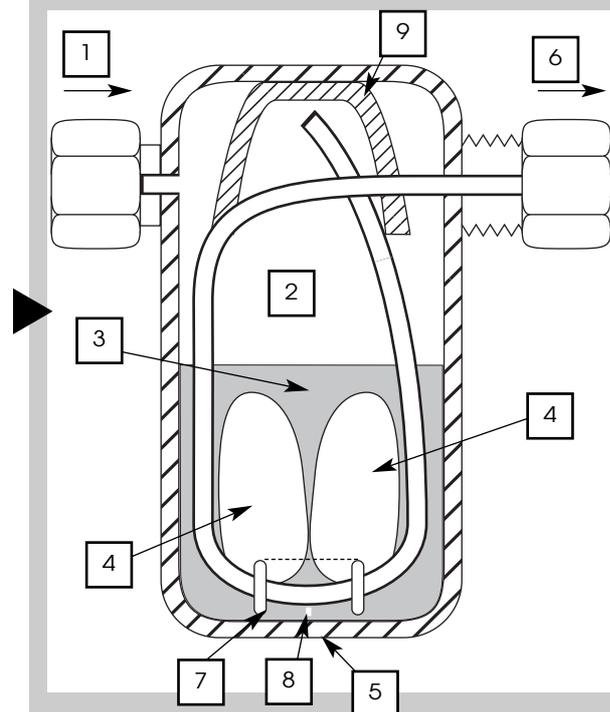
## . La bouteille-filtre-déshydrateur-anticoups de liquide

Sur les installations de type Harrison, il n'y a pas de détendeur thermostatique mais un régleur de débit avec calibrage. Il n'y a pas besoin de bouteille sur le circuit HP.

Par contre, sur le circuit BP, une bouteille sert de bouteille-filtre-déshydrateur et permet la vaporisation totale du fluide frigorigère liquide arrivant de l'évaporateur, afin que le compresseur n'aspire que des vapeurs.

L'huile frigorigère séparée du fluide est réaspirée par le compresseur au travers d'un petit orifice calibré (8) sur la tuyauterie interne en partie basse de la bouteille.

Pour obtenir une régulation plus souple, on utilise sur ce système un compresseur à cylindrée variable.



- 1 arrivée de l'évaporateur ;
- 2 fluide gazeux ;
- 3 fluide liquide et huile ;
- 4 déshydrateur ;
- 5 orifice d'aspiration de l'huile ;
- 6 sortie vers le compresseur ;
- 7 tamis-filtre ;
- 8 orifice calibré d'aspiration de l'huile ;
- 9 obturateur plastique.

### B. LE COMPRESSEUR ÉLECTRIQUE

Prochainement, les compresseurs seront à entraînement électrique et à vitesse variable.

Le principal avantage est de rendre le système de climatisation indépendant du moteur. Ce montage ne pourra être réalisé qu'à l'apparition de la nouvelle tension de 42 volts prévue sur les prochains véhicules, limitant l'intensité nécessaire pour le fonctionnement du compresseur.

### C. L'ENVIRONNEMENT

Par respect de l'environnement, des études sont actuellement en cours sur l'utilisation du CO<sub>2</sub> comme fluide réfrigérant naturel et économique ; l'impact sur l'effet de serre est ainsi minimisé.

Pour un bon rendement frigorifique, ce gaz nécessite d'être comprimé à fortes pressions de l'ordre de 40 à 140 bars

### D. LA RÉGULATION PHYSIOLOGIQUE AVANCÉE

Le but principal est d'améliorer le confort des passagers par un contrôle permanent, à l'aide de sondes, de l'humidité, de la température et des vitesses de sortie de l'air, de l'incidence du rayonnement solaire par zones spécifiques dans l'habitacle (avant, arrière, droite, gauche, bas et haut).

Le confort se trouve ainsi amélioré par une suppression du dessèchement de l'air, des températures trop élevées au niveau de la tête des passagers et des courants d'air protégeant les personnes sensibles aux irritations.

La sécurité est améliorée par une diminution de la fatigue et un embuage inexistant des vitres.

Une odorisation de l'air pulsé à des degrés divers pourra être sélectionnée par le conducteur.

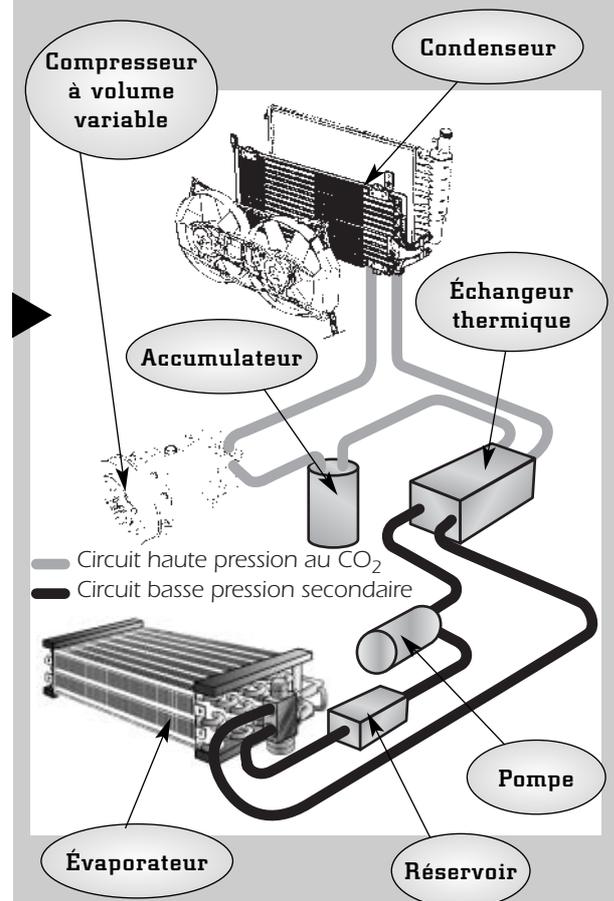


Schéma de principe d'un circuit de climatisation au CO<sub>2</sub>

## A. SYMPTÔME PERÇU PAR LE CLIENT

« manque de production de froid »

## B. DONNÉES CONSTRUCTEUR

Compresseur : SD 6 V 12 (cylindrée variable)

Condenseur : équipé d'une Modine de 16 cm<sup>3</sup> avec cartouche filtrante intégrée.

Fluide : R134 a : 680 grs.

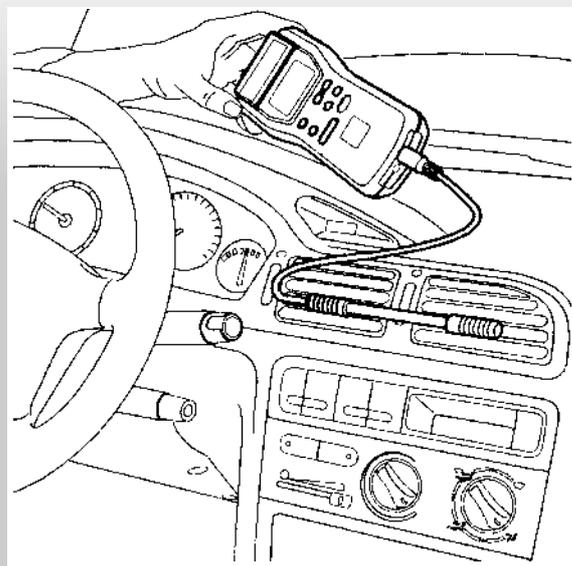
Climatisation R134 a (HFC)						
Véhicule	Motorisation	Date	Charge frigorigène	Compresseur		
				Cylindrée variable	Quantité d'huile cm <sup>3</sup>	Référence d'huile
C3	Tous types	11 - 2001 →	625 + 0 - 50 gr	SD 6 V 12	135	SP 10

## C. CONTRÔLES PRÉLIMINAIRES

- charge du fluide frigorigène ;
- état du filtre habitacle (entrée d'air) ;
- enclenchement du compresseur ;
- fonctionnement du pulseur d'air.

Conditions de mesure :

- régime moteur à 2000 tr/min ;
- pulseur vitesse maxi ;
- commande de froid maxi ;
- volet d'admission sur recyclage ;
- vitre ouverte, capot baissé ;
- manomètre de pression branché sur BP et HP ;
- thermomètre hydromètre en place ;
- moteur chaud, climatisation enclenchée.



Position de la sonde de mesure

## D. TEST D'EFFICACITÉ

On relève la température extérieure, la température de l'air soufflé et l'hygrométrie.

$T_{\text{ext}} = 26^{\circ}\text{C}$ , température air soufflé :  $10^{\circ}\text{C}$ , hygrométrie : 25%.

Constatation : la valeur en température soufflée ne correspond pas aux valeurs attendues dans l'abaque.

. Relevé des pressions de fonctionnement

BP : 2,6 bars HP : 20 bars.

A l'analyse des pressions lues, on se situe dans une zone de fonctionnement dite normale : les pressions lues sont correctes.

## E. CONTRÔLE DE LA VARIATION DE CYLINDRÉE DU COMPRESSEUR

Ce contrôle va permettre de vérifier que le compresseur n'est pas grippé en position cylindrée « mini ».

Méthode : le moteur chaud, compresseur en fonction, capot fermé, volet en position recyclage et froid maxi.

. On relève les valeurs de pression

HP : 18 bars BP 2,1 bars.

Après comparaison des valeurs relevées avec celles de l'abaque, on constate que le débit du compresseur est maximal et devrait fournir le froid maximum.

Si on obture partiellement la face avant du véhicule : le fait d'augmenter la pression HP, le compresseur doit passer en cylindrée maxi. Par ce test cette pression s'élève à 24 bars.

## Conclusion :

le plateau oscillant fonctionne correctement.

> 90						
80→89						
70→79						
60→69						
50→59						
40→49						
30→39						
20→29						
10→19						
0→9						
A %	15→19	20→24	25→29	30→34	35→39	40→44
B °C						> 45

Tableau d'hygrométrie

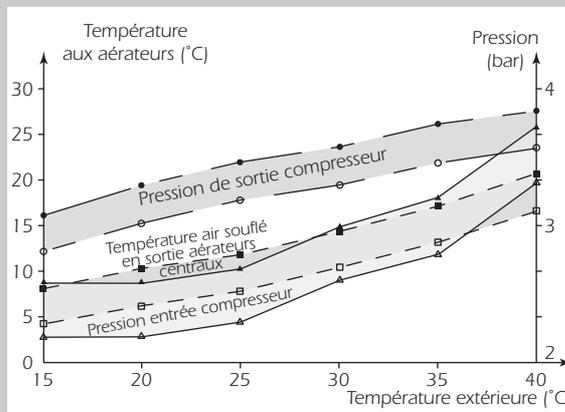
A hygrométrie relative

B température externe

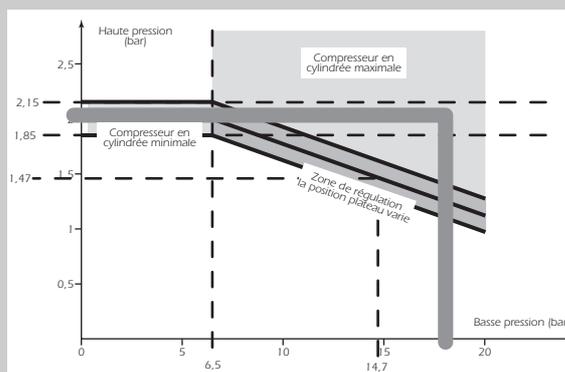
C température air soufflé

Comparer les valeurs (A), (B) et (C) relevées avec les valeurs données dans le tableau ci-dessus.

Si les valeurs ne correspondent pas, mesurer les pressions de fonctionnement.



Graphique pression - températures



Graphique haute et basse pression

La condensation se réalise à une température constante : c'est une transformation isochore. On remarque que cette transformation n'est pas réalisée correctement, donc pas entièrement liquéfiée.

Conclusion :

la condensation est insuffisante.

La détente s'effectue sans variation d'énergie. Il s'agit bien sur le véhicule d'une transformation isenthalpique. Une partie du réfrigérant s'est vaporisée. On n'obtient donc à l'entrée de l'évaporateur que 50% de fluide sous forme liquide.

Conclusion :

le changement d'état du fluide est insuffisant.

Au niveau de l'évaporateur, l'échange thermique est très faible car peu de fluide sous forme liquide est disponible. La production de froid en terme d'efficacité est donc réduite. Le symptôme perçu par le client se vérifie.

. Efficacité frigorifique

b - a

$400 - 280 = 120 \text{ kJ/kg}$  de Fréon,  
soit pour le véhicule contenant 680 gr de fréon

$120 \times 0,68 = 81,60 \text{ kJ}$  ce qui est bien insuffisant.

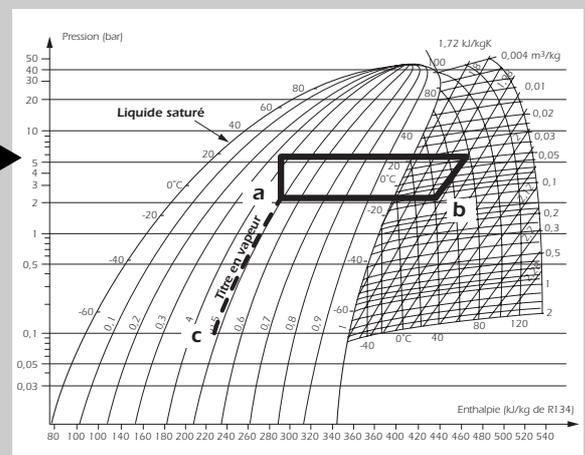
Conclusion :

Le filtre déshydratant intégré au condenseur est colmaté. Le débit du fluide est réduit, ce qui provoque au niveau de l'évaporateur un manque énorme.

Seulement 50 % du fluide sous forme liquide est disponible pour être « évaporé ». Le titre lu sur le graphique de Mollier correspondant est de 52 % (c) en phase liquide alors que la valeur souhaitée doit être proche de 80 %. La technique de diagnostic par méthode de « touché » est évidemment impossible car le filtre est intégré au condenseur.

Le filtre intégré dans le condenseur étant colmaté, on doit procéder à son remplacement.

Diagramme de Mollier



BP = 2,1 bars

T° entrée compresseur = 20 °C

T° sortie compresseur = 71 °C

T° sortie condenseur = 64 °C

## A. MESURES DE PROTECTION INDIVIDUELLE

Pour les yeux, porter des lunettes de protection intégrale.

Pour les mains, utiliser des gants stérilisés et des gants de protection en caoutchouc.

Travailler dans un local ventilé.

## B. STOCKAGE DU FLUIDE FRIGORIGÈNE

A conserver hermétiquement dans son emballage de conditionnement d'origine, dans un endroit sec frais et bien ventilé.

Ne pas exposer les fluides à la chaleur, car ils peuvent se transformer en gaz toxiques.

## C. PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

## a. Élimination des déchets

Le gaz peut être récupéré, filtré et réutilisé à l'aide d'un appareil autonome. Dans le cas contraire, le fluide sera récupéré dans une bouteille spécifique à déposer dans un centre de recyclage agréé.

Avant la mise au rebut du compresseur, son contenu d'huile sera retiré et récupéré.

## b. Soins de première urgence en cas d'accident

## . Inhalation du gaz

- placer la victime à l'air libre ;
- lui fournir de l'oxygène ou pratiquer la respiration artificielle si nécessaire ;
- ne pas lui administrer de médicaments et en particulier du type adrénaline ou similaire.

## . Contact avec les yeux

Rincer abondamment à grande eau pendant quinze minutes et consulter un médecin.

## . Contact avec la peau

Laver à grande eau la zone contaminée et retirer les vêtements souillés.

## . Incendie

Aucune contre-indication de moyen d'extinction. Toutefois, le feu peut provoquer un dégagement de halogénure d'hydrogène, il est donc conseillé de se munir d'un appareil respiratoire autonome.

## Remarque :

Le fluide Fluocarbone R134a utilisé actuellement n'est pas miscible avec le Dichlorodifluorométhane R 12 contenu dans des installations anciennes ainsi qu'avec les différents matériaux utilisés dans la conception de ces deux types de système de production de froid.

## Nota :

pour améliorer l'hygiène de l'habitacle la désinfection d'un évaporateur avec un produit spécifique une fois tous les deux ans est conseillée.  
Les filtres seront éliminés selon les consignes de recyclage des déchets en vigueur.