



# CONDITIONNEMENT D'AIR AUTOMOBILE

« QQQOCCP » de la Clim-Auto

Olusegun O. BENEDICT  
Consultant Ingénieur Conseil  
Ingénierie Climatique et Énergétique

**Tél.** :+33 (0) 8 71 20 44 77

**e-Mail:** [hvac-energy-consultants@orange.fr](mailto:hvac-energy-consultants@orange.fr)  
**SiteWeb:** [www.hvac-energy-consultants.com](http://www.hvac-energy-consultants.com)

Membre *TEAM-AUTO*  
[www.team-auto.org](http://www.team-auto.org)



# «QQQOCCP» de la Clim-Auto

## **SOMMAIRE**

### *Introduction*

- 1.1. La Notion de Confort et ses Exigences
- 1.2. Qu'est-ce que la Climatisation ?
- 1.3. Le Système de "Chauffage, Ventilation et Air Conditionné"  
Emplacements des Principaux Composants
- 1.4. Principes et Modes de Fonctionnement
- 1.5. Composants et Circuit Frigorifique
- 1.6. A quel Coût ?
- 1.7. Amovibilité de la Clim-Auto
- 1.8. Bien Choisir son Climatiseur-Automobile

### *Conclusion*

## ***INTRODUCTION***

Cet article apporte des renseignements et réponses aux questions, « *QQQOCCP* » souvent posées au sujet de la climatisation automobile.

Les objectifs visés sont les suivants :

- Expliquer le '*QQQOCCP*' de la Clim-Auto, Le conditionnement d'air,
  - C'est **Quoi** ?,
  - **Qui** s'en sert ?,
  - **Quand** s'en sert-on ?,
  - **Où** s'en sert-on ?,
  - **Comment** s'en sert-on ?,
  - **Combien** cela coûte-il ?
  - et **Pourquoi** s'en sert-on ?
  
- Connaître et acquérir une connaissance sur les rôles, le fonctionnement et l'environnement des différents composants principaux fluidiques et thermiques d'un système de conditionnement d'air automobile.

Pour tous renseignements complémentaires, n'hésitez pas à contacter :

***Olusegun O. BENEDICT***

*Tél. : +33 (0) 8 71 20 44 77*

*e-Mail : [hvac-energy-consultants@orange.fr](mailto:hvac-energy-consultants@orange.fr)*

Les autres articles sont consultables sur le *Site Web* :  
*[www.hvac-energy-consultants.com](http://www.hvac-energy-consultants.com)*

## 1.1. La Notion de Confort et ses Exigences

Le système de climatisation automobile n'est plus considéré comme une option de luxe lors d'achat d'un véhicule. En effet, en 2004, 50 % des véhicules particuliers français étaient équipé de la climatisation.

La climatisation contribue tant au confort qu'à la sécurité des occupants.

En contre partie, son exploitation peut être :

- financièrement coûteuse (énergivore)
- source de nuisances environnementales et climatiques.

En matière de consommation d'énergie, le compresseur du système de conditionnement d'air automobile consomme à lui seul plus de 7 % (2500 W) de la production d'énergie fournie par le moteur thermique d'une petite voiture.

Aussi, il vaut mieux adopter et pratiquer une démarche de climatisation «*efficace – économique et écologique*».

Lors de la prise en main d'un véhicule, la plupart des usagers n'ont jamais été informé convenablement de toutes les possibilités ainsi que des limites d'utilisation d'un climatiseur-auto.

La notion de confort dans l'automobile est une notion subjective : elle est définie comme le bien-être d'un individu et est étroitement liée aux quatre sens traditionnels :

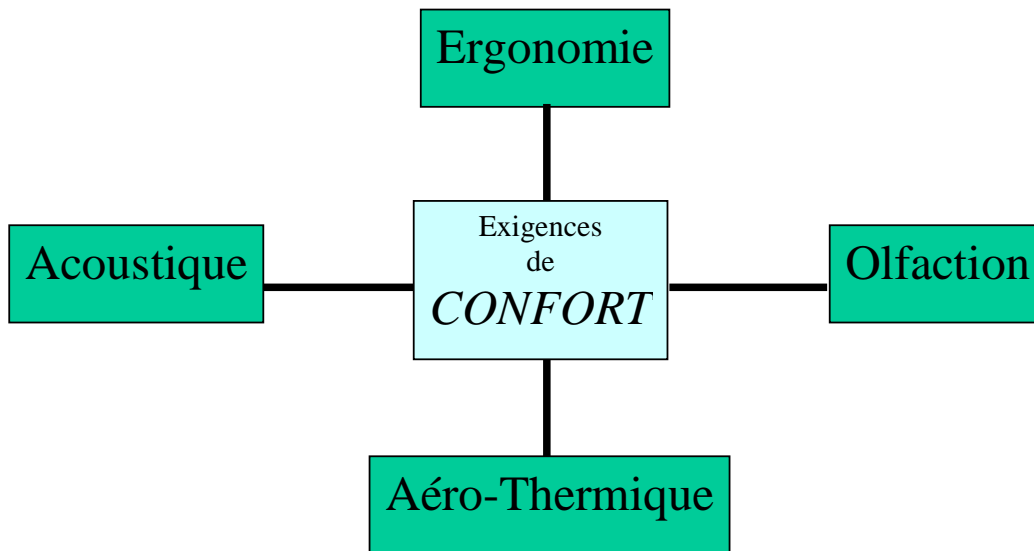
- l'ouïe (acoustique),
- l'odorat (olfaction),
- la vue (ergonomie, luminosité)
- et le toucher (ergonomie).

Le cinquième sens, le goût, est remplacé par la sensation de "froid et chaud" (aéraulique et thermique).

Pour un automobiliste, ces quatre premiers aspects du confort sont indissociables car le défaut de l'un portera tort aux autres.

Cf. le schéma 1, ci-après.

## ASPECTS DE CONFORT



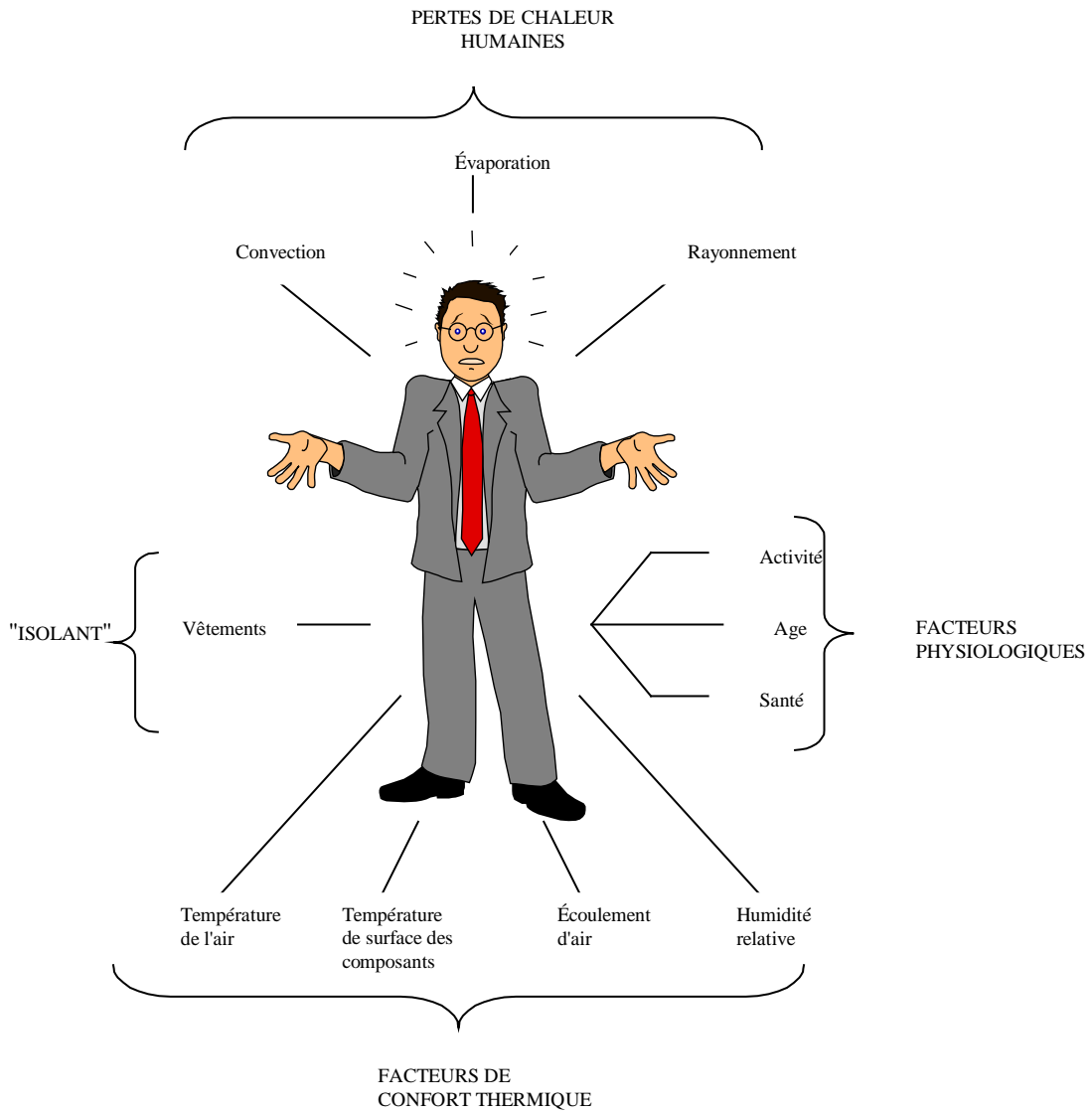
[Schéma 1 : Aspects de Confort]

La sensation de confort dépend de **conditions physiologiques** dont l'essentiel des facteurs sont les suivants :

- la température résultante de l'habitable,
- l'humidité de l'air,
- la ventilation de l'habitable, ...
- la vêtue et l'activité des passagers,
- le niveau sonore,
- la pureté de l'air dans l'habitable,
- la couleur, l'habillage intérieur, ... etc.

Elle dépend aussi de **conditions psychologiques**, comme l'irritabilité ou encore l'autosuggestion par suite de certaines idées reçues ou préconçues concernant la climatisation et de **conditions biologiques** qui concernent essentiellement le contrôle de la pureté de l'air, l'élimination des bactéries et la lutte contre les odeurs.

Cf. la figure 1, ci-après.



[Figure 1 : Conditions de Confort]

## Conditions de Confort

(ordre de grandeur)

### Contraintes Climatiques Extérieures

Ensoleillement	700 à 1000 W/m <sup>2</sup>
Température sèche	35 à 45 °C
Humidité Relative	40 à 85 %
Vitesse relative véhicule-air	35 à 90 km/h

### Conditions de Confort dans l'Habitacle

	<i>usuelles</i>	<i>optimales</i>
Température sèche	20 à 30 °C	24 à 25 °C
Humidité Relative	35 à 70 %	40 à 60 %
Vitesse d'écoulement d'air	0,1 à 0,15 m/s	
Débit d'air	20 à 30 m <sup>3</sup> /h/personne	
Filtration d'air	50 µm	
Niveau sonore	58 à 65 dB(A)	

*Cf. "Exigences de confort recommandées – Annexe A de la norme NF ISO 7730"*

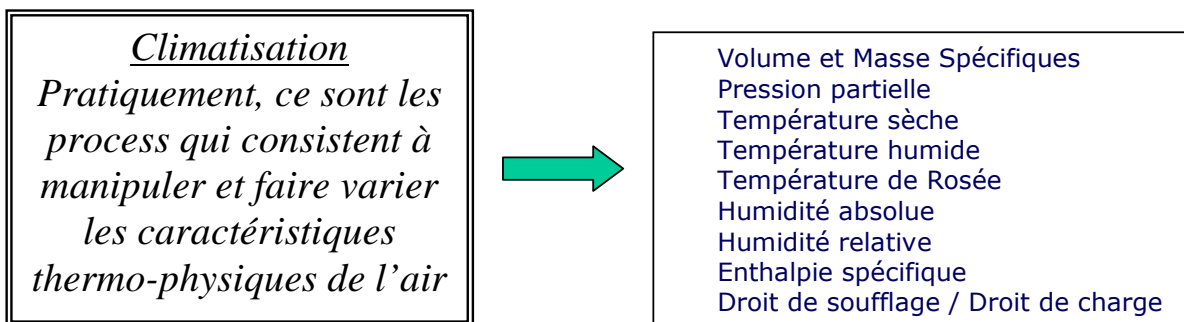
[Tableau 1 : Conditions de Confort]

## 1.2. Qu'est-ce que la Climatisation ?

Le Conditionnement d'air ou la Climatisation pour le confort a pour objectif de créer et maintenir des conditions ambiantes assurant le bien-être des occupants.

Le « *Refroidissement d'une ambiance* » n'est pas le seul attribut de la climatisation.

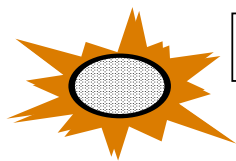
En effet, le simple acte de brasser et mettre l'air en mouvement, c'est-à-dire « la *ventilation* » constitue aussi un principe de « Climatisation » ; le « *Chauffage* » en est un autre aspect.



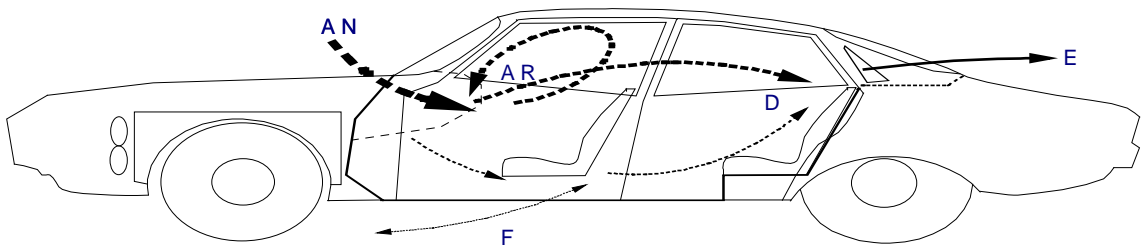
L'air est un mélange gazeux, constituant de l'atmosphère, que respire les êtres vivants.

L'air est l'un des vecteurs principaux du confort dans lequel baigne l'homme.

On fait subir à l'air une ou plusieurs actions sur ses caractéristiques : la température, l'humidité, la pureté, la vitesse d'écoulement, la pression, ... etc., afin d'obtenir de nouvelles conditions ambiantes souhaitées.



circulation de l'air au sein de l'habitacle



- AN: Air Neuf
- AR: Air Recirculé
- D: Distribution d'air
- E: Extraction d'air dans les ailes gauche et droite
- F: Fuite d'air

[Figure 2 : Circulation d'air]

### **1.3. Le Système de "Chauffage, Ventilation et Air Conditionné"**

Les automobiles sont, aujourd'hui, conçues pour apporter un maximum de confort et de sécurité dans l'habitacle. Dans une démarche de climatisation, l'objectif premier est d'assurer et de maintenir un bon niveau de confort aérothermodynamique pour les occupants dans l'habitacle sous des conditions climatiques extérieures diverses. En effet, ce maintien à un niveau convenable est primordiale pour la sécurité routière. La mission de climatisation ou conditionnement d'air est, en général, confiée selon les saisons aux processus suivants :

- chauffage (en hiver),
- refroidissement (en été),
- ventilation (toute l'année),
- désembuage (principalement hors été)
- et filtration d'air (toute l'année)

qui sont regroupés sous la dénomination "Chauffage, Ventilation et Conditionnement d'Air", CVAC (dont l'équivalent en anglais est "Heating, Ventilating and Air Conditioning", HVAC)

Dans le domaine automobile, le système CVAC fait intervenir, dans l'absolu, trois flux fluidiques :

- l'air,
- le frigorigène
- et l'eau glycolée

au niveau des échangeurs de chaleur.

Les différents fluides, malgré des interactions existantes entre eux, ne se rencontrent jamais.

Généralement, le vecteur qui véhicule la chaleur ou le froid dans l'habitacle est le flux d'air.

## Emplacements des Principaux Composants

	<b>AIR</b>	
<b>FRIGORIGENE</b>	EVAPORATEUR	CONDENSEUR
<b>EAU GLYCOLLEE</b>	RADIATEUR DE CHAUFFAGE	RADIATEUR DE REFROIDISSEMENT MOTEUR

<b>EMPLACEMENT</b>	<b>ÉCHANGEUR</b>	<b>FRIGOporteur</b>	<b>CALOporteur</b>	<b>EFFETS UTILES</b>
<i>Appareil de Froid – Chauffage et de Ventilation (AFV-ACV) Habitable</i>	ÉVAPORATEUR	FRIGORIGÈNE	AIR	Refroidissement de l'habitacle / désembuage par air.
	RADIATEUR DE CHAUFFAGE	AIR	EAU GLYCOLÉE	Chauffage de l'habitacle par air
<i>Capot-Moteur</i>	CONDENSEUR	AIR	FRIGORIGÈNE	Au choix / besoin, par air, refroidissement du caloporteur ou chauffage du frigoporteur
	RADIATEUR DE REFROIDISSEMENT MOTEUR THERMIQUE	EAU GLYCOLÉE	AIR	Par air, refroidissement du moteur thermique

[Tableau 2 : Emplacement des Composants]

### **Nota :**

Le radiateur de chauffage, l'évaporateur ainsi que l'unique ventilateur sont logés ensemble dans un boîtier.

Selon la fonctionnalité et la destination, l'ensemble constitue soit

- « l'Appareil de Chauffage et de Ventilation, ACV » ou
- « l'Appareil de reFroidissement et de Ventilation, AFV ».

Le circuit d'air qui alimente le ACV – AFV et qui débouche dans l'habitacle sera équipé d'un filtre à particule, FAP, adéquat (cf. filtre à air - moteur).

## 1.4. Principes et modes de fonctionnement

### Chauffage de l'habitacle

(circuit de refroidissement moteur : eau glycolée – air / *pompe - ventilateur*)

A l'aide d'une pompe, le liquide caloporteur, l'eau glycolée de refroidissement est transféré du radiateur de refroidissement sous le capot moteur vers le radiateur de chauffage dans l'habitacle. C'est à l'aide d'un ventilateur au niveau du radiateur de chauffage, que l'excédent de chaleur provenant du moteur sera évacuée par l'intermédiaire de l'air pour chauffer l'habitacle.

### Refroidissement de l'habitacle

(circuit frigorifique : frigorigène – air / *compresseur – ventilateur*)

L'air et le frigorigène sont les deux fluides qui interviennent dans un système d'Air Conditionné, A/C.

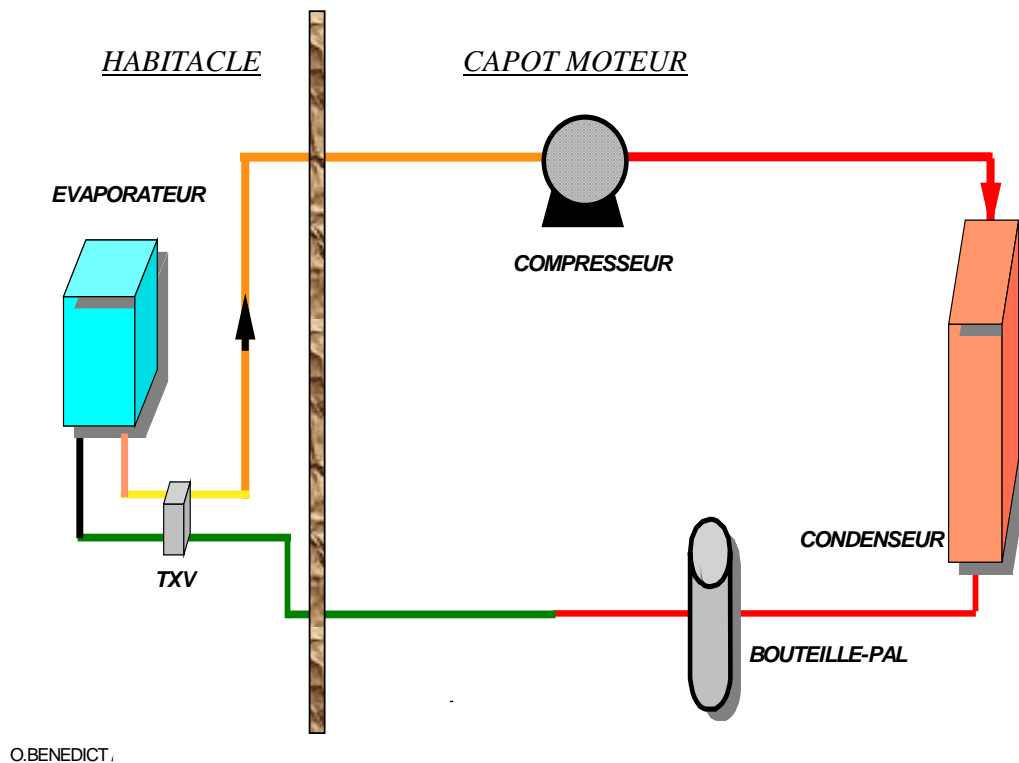
Un système A/C fonctionnant suivant un cycle à compression classique (frigorigène) est constitué de cinq composants principaux :

- ❖ un compresseur (*sous le capot moteur*),
- ❖ deux échangeurs thermiques (air – frigorigène)
  - un condenseur (chauffe l'air - *sous le capot moteur*),
  - un évaporateur (refroidit l'air – *dans un boîtier entre l'habitacle et le tablier*)
- ❖ une bouteille accumulatrice / réservoir de frigorigène (*sous le capot moteur*),
- ❖ un détendeur, TXV (*sous le capot moteur*),

Ces composants sont liés entre eux par des conduits dans lesquels circule cycliquement le frigorigène.

L'ensemble de ces composants, y compris les mécanismes appropriés de ventilation d'air à travers les deux échangeurs forment un système fluide A/C.

## 1.5. Composants et Circuit Frigorifique



[Figure 3 : Circuit frigorifique d'un système d'air conditionné automobile]

*TXV : Détendeur Thermostatique*

*PAL : Piège à liquide*

Un courant d'air à refroidir, relativement chaud par rapport au frigorigène dans l'évaporateur, est véhiculé par un ventilateur type centrifuge (pulseur).

Un autre courant d'air de refroidissement du condenseur est véhiculé par un autre ventilateur de type hélicoïde (Groupe Moteur Ventilateur, GMV). Les deux courants d'air ne se mélangent pas.

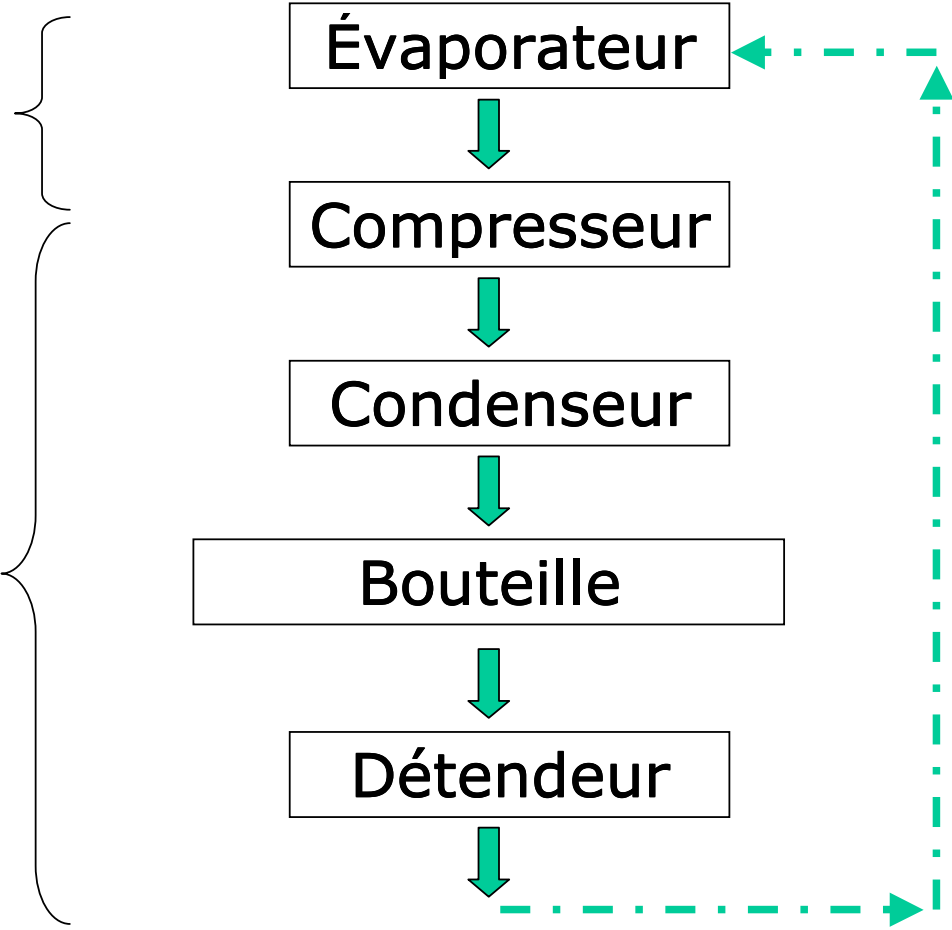
Le principe de fonctionnement d'un système fluide A/C est fondé sur les étapes indiquées ci-dessous :

1. Le fluide frigorigène provenant du détendeur est introduit dans l'évaporateur essentiellement à l'état liquide, sous basses température et pression. En absorbant de la chaleur,  $Q_f$ , de l'air à refroidir (en l'occurrence l'air neuf provenant de l'extérieur et/ou l'air recirculé de l'habitacle) le frigorigène se vaporise. L'évaporateur est la source froide du système. Au moyen d'un ventilateur centrifuge (pulseur), un flux d'air chaud à refroidir est véhiculé à l'évaporateur.
2. Le moteur à essence/diesel du véhicule fournit intégralement l'énergie mécanique (appelée "travail W") nécessaire pour faire tourner le compresseur. Le frigorigène à l'état gazeux provenant de l'évaporateur est aspiré par le compresseur qui le comprime et le refoule ensuite à hautes température et pression dans un second échange thermique.
3. Cet échangeur thermique le condenseur, est la source chaude du système. Le frigorigène à l'état gazeux se liquéfie en cédant sa chaleur  $Q_c$  à l'air ambiant extérieur de refroidissement.
4. Une certaine réserve en frigorigène à l'état liquide provenant du condenseur est constituée dans une bouteille réservoir de liquide qui a pour rôle majeur d'alimenter correctement le détendeur en frigorigène en phase liquide ainsi que de piéger la vapeur du frigorigène ; en général, une cartouche filtre des impuretés, un déshydrateur, qui retient la vapeur d'eau, un voyant liquide et un pressostat sont incorporés dans la bouteille.

Cf. le schéma 2 du cycle de fonctionnement ci-après.

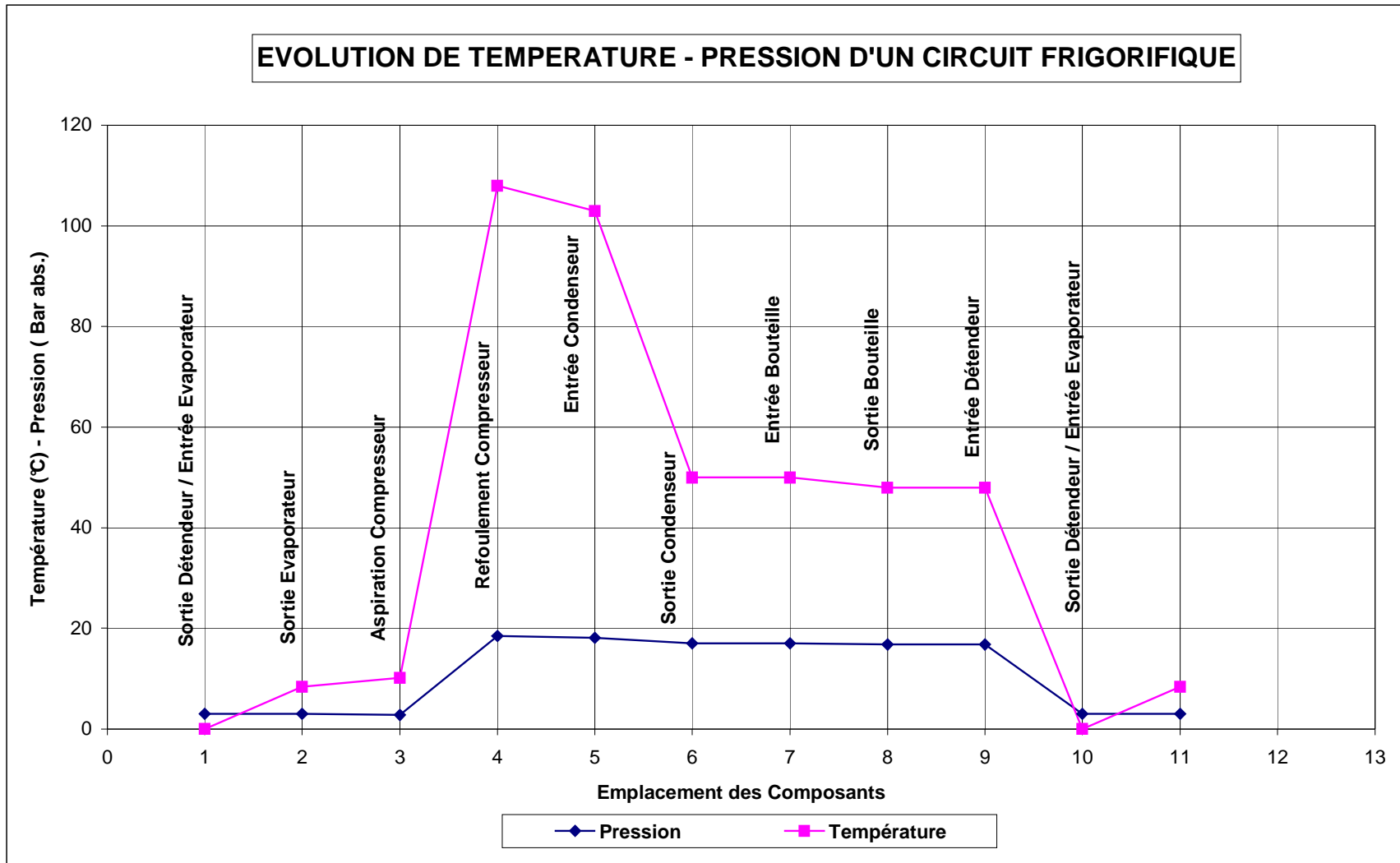
*Circuit Basses Température et Pression*

*Circuit Hautes Température et Pression*

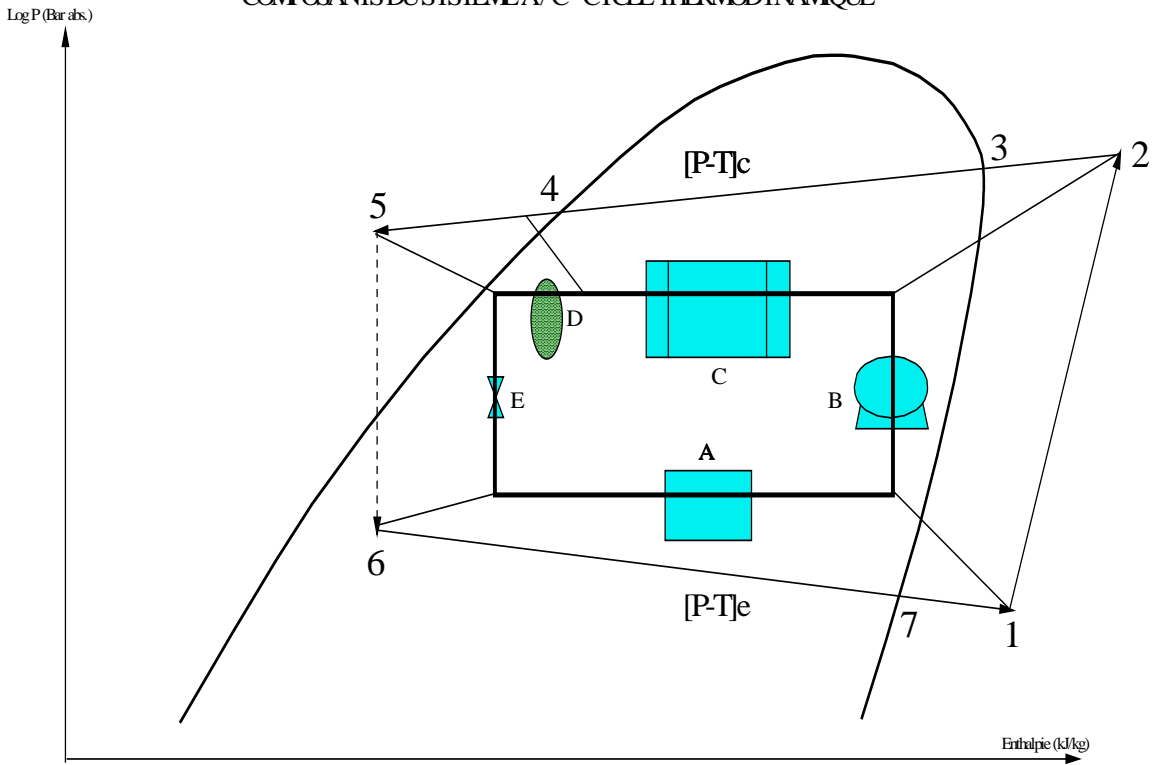


[Schéma 2 : Cycle de Fonctionnement]

[Schéma 3 : Evolution de Température-Pression]



## COMPOSANTS DU SYSTEME A / C - CYCLE THERMODYNAMIQUE



- A: EVAPORATEUR
- B: COMPRESSEUR
- C: CONDENSEUR
- D: BOUTEILLE PAV
- E: DETENDEUR

- [P-T]e : Pression-Température de Condensation/Evaporateur
- 1 ⇒ 2 : Compression
- 3 ⇒ 4 : Condensation
- 4 ⇒ 5 : Sous-refroidissement
- 5 ⇒ 6 : Détente
- 6 ⇒ 7 : Evaporation
- 7 ⇒ 1 : Surchauffe

[Diagramme Thermodynamique : Evolution de Température-Pression / Composants]

## 1.6. A quel coût ?

Le confort aérothermique des occupants de l'habitacle a un coût. En effet, il faut intégrer les contraintes qui incombent au véhicule et à son système de climatisation ainsi que ses coûts annuels de fonctionnements :

- soit l'exploitation (carburant et énergie électrique),
- soit l'entretien (consommables divers, recharge en frigorigène, remplacement du filtre, de la bouteille, ...) et
- soit la réparation (dépose et pose des pièces défectueuses : compresseur, échangeurs et conduits percés, ...).

### Que Choisir ? : Première ou Deuxième Monte ?

Un climatiseur automobile coûte environ 10 % du prix d'achat à la 1<sup>o</sup> Monte. Pour une 2<sup>o</sup> Monte, un climatiseur coûte entre 200 à 300 % par rapport à la 1<sup>o</sup> monte. Hormis pour les besoins de véhicules de collection et véhicules produits en série limitée non équipés à l'origine, tels que les engins agricoles, les ambulances, ... il n'est pas conseillé d'équiper en deuxième monte (cf. fiabilité, maintenance, coût d'achat et d'exploitation, ...)

### Exploitation et Etats de Roulement Energivores / Econergétiques ? :

Le fonctionnement d'un système de climatisation, c'est à dire sa consommation en énergie et résultante en carburant est lié au roulage du véhicule. Les climatiseurs consomment de l'énergie de deux manières :

- mécaniquement, au niveau du compresseur
- et électriquement, au niveau des organes électriques telles que les moto-ventilateur, les organes de régulation et contrôles

Plus de 7 % (2500 W de la puissance thermique du moteur sera nécessaire pour entraîné le compresseur d'où la nature énergivore du système de conditionnement d'air.

### Consommations en litres de Carburant pour 100 km

	En Ville		Sur Route	
	<i>Sans Climatisation</i>	<i>Avec Climatisation</i>	<i>Sans Climatisation</i>	<i>Avec Climatisation</i>
Essence	9	11.8	5.5	6.4
Gasoil	7	9.5	4	4.8

Lorsque le système de climatisation est en fonctionnement, les surconsommations moyennes du carburant sont :

- *en ville* : 35 % pour les véhicules Diesel  
31 % pour les véhicules à essence
- *sur route* : 20 % pour les véhicules Diesel  
16 % pour les véhicules à essence

Les véhicules climatisés consomment dans l'année, pour un climat tempéré comme en France, en moyenne 3 à 5 % de carburant en plus que les véhicules non climatisés, ce qui engendre une pollution atmosphérique accrue.

Plus la cylindrée du moteur est faible, plus les impacts sur la surconsommation de carburant seront le plus importants, car le climatiseur fonctionnera au détriment du moteur.

## **Nuisances Environnementales et Climatiques**

Impacts environnementaux:

La destruction de la couche d'ozone et la production de Gaz à Effet de Serre, GES ainsi que l'échauffement climatique peuvent être attribués à l'utilisation du frigorigène et la consommation du carburant d'origine fossile.

## **Entretien Périodique par des Garages Spécialisés**

Un bon entretien général ainsi que de bons réglages des organes fonctionnels du véhicule peuvent concourir pour contribuer à une diminution de la consommation en carburant.

De surcroît, un véhicule mal entretenu, peut exiger, à la longue, des réparations plus immobilisantes et coûteuses : d'où l'importance et la qualité de l'entretien.

Confiez votre véhicule aux établissements spécialisés ayant des professionnels capables de faire une révision générale, ces diagnostics, entretenir et réparer votre véhicule.

Il est préconisé de mettre en marche le système de conditionnement d'air en toutes saisons durant 10 à 15 minutes tous les 15 jours : En effet, cela permet de lubrifier les joints et, ainsi, d'éviter leur dessèchement.

Cf. ci-après, les types d'entretiens courants au service de la climatisation automobile :

- Révision Périodique ou Générale, Bilan et Diagnostic,
- Charge, recharge et compléments de charge en frigorigène et lubrifiant,
- Localisation de fuite avec traceur ou scanner,
- Contrôle de filtre à poussières/pollens, FAP,
- Remplacement du filtre à pollens,
- Traitement microbiens et olfactif,
- ...

Lors de la révision périodique ou générale, les poulies moto-compresseur ainsi que la courroie d'entraînement doivent faire l'objet d'un contrôle.

Ci-après, une fourchette de prix des pièces détachées (en fonction de la marque du véhicule):

- compresseur (400-800€ HT);
- Détendeur TXV (30 - 80 € HT);
- Évaporateur (200 -450 € HT);
- condenseur (130-800€ HT),
- Bouteille Réservoir (30 - 200€ HT);
- filtre à particules, fap (habitacle) (15 - 60€ HT)
- Rechargé en frigorigène (60 - 100€)

## 1.7. Amovibilité de la Clim-Auto

Peut-on révoquer les fonctionnalités d'un système AC classique à compression mécanique ?

La réponse est oui car plupart de ses fonctionnalités ayant des caractéristiques amovibles peuvent être attribués à d'autres moyens, procédés ainsi que des astuces de climatisation :

- Meilleure utilisation d'une simple Ventilation mécanique,
- Moyen d'aération par l'ouverture totale ou partielle de vitres,
- Rafraîchisseur d'air,
- Mise en application des bonnes pratiques et gestes éconergétiques.

Un véhicule peut rouler parfaitement sans être équipé d'un compresseur ou d'un climatiseur.

## 1.8. Bien Choisir son Climatiseur-Automobile

En vue de la réussite d'une politique de maîtrise énergétique et environnementale, il est très important lors de l'acquisition et la livraison d'un véhicule équipé d'un climatiseur-auto, de préparer et former les usagers à bien utiliser leur équipement pour une exploitation efficace, économique et écologique.

Les usagers doivent être bien informés des recommandations, consignes, les bonnes pratiques et gestes à respecter pour assurer un bon état de marche de la clim.

Il faut bien lire le manuel ou la notice d'utilisation de la climatisation avant la prise en main afin de se familiariser avec le tableau de commandes, les pictogrammes et les principes de fonctionnement.

La climatisation apporte sécurité et confort ; en revanche, son exploitation peut être coûteuse financièrement.

A l'achat d'un véhicule équipé d'un système de climatisation, il faut tenir compte de contraintes d'ordre architecturales et climatiques dont les effets sont plus prononcés en été.

Par exemple, la matière d'une couleur sombre et de nature mat, emmagasine plus de chaleur que la matière de couleur très claire et réfléchissante.

Par temps de fort ensoleillement, un véhicule sans système de climatisation mais équipé de vitrages (pare-brise, fenêtre de toit et latéraux) de type athermique, teinté, contrairement au pare-brise clair sera bien plus efficace pour faire face à ensoleillement direct et la surconsommation de carburant.

Plus la surface vitrée est importante, plus la charge thermique due à l'ensoleillement sera aussi importante. En été, la surface vitrée représente environ 30 % de l'apport calorifique entrant dans l'habitacle à vaincre.

Un très faible angle d'inclinaison de la surface vitrée (du pare-brise, du vitre latéral et de la lunette arrière) favorise aussi la pénétration du soleil.

En matière de la consommation d'énergie, le compresseur du système de conditionnement d'air automobile consomme à lui seul plus de 7 % (2500 W) de la production d'énergie fournie par le moteur thermique d'une petite voiture.

Il faut mieux adopter la climatisation « efficace – économique et écologique ».

Lors de la prise en main d'un véhicule, plupart des usagers de la clim-auto n'ont jamais été informés convenablement de toutes les possibilités ainsi que les limites d'utilisation d'un climatiseur-auto.

## CONCLUSION

Bien choisir votre équipement

Optimiser l'exploitation de votre Clim-Auto

Avoir les bons gestes d'un éco-citoyen

Adopter et Appliquer les Démarches 3E

« **Efficacité-Économie-Écologie** »



Réunion -Team du 09 janvier 2007 à St. Jean, Paris

**Intitule de l'exposé:** Conditionnement d'Air Automobile / La Clim-Auto (Niveau 1 : Initiation)

**Objectifs :**

- Expliquer le QQOCCP de la Clim-Auto [C'est **Quoi** le conditionnement d'air, **Qui** s'en sert ?, ... ]
- Connaître et acquérir une connaissance sur les rôles, le fonctionnement et l'environnement des différents composants principaux fluidiques et thermiques d'un système de conditionnement d'air automobile.

**Pré requis** : Aucune. Connaissances générales ainsi que techniques de base peuvent être avantageuses.

**Public concerné:**

Auditoire tout public débutant, technique ou non-technique (administration, promoteurs, gestionnaire, commerciaux..), Ingénieurs, cadres, personnels techniques & commerciaux.

**Programme (30 minutes d'exposé)**

Confort Aérothermique et la Climatisation  
Rapport avec la réalité (Réfrigérateur ménager)  
Composants principaux fluidiques et thermiques et leurs environnements  
Principes de fonctionnement du système d'air conditionné automobile  
Combien ça coûte ?

**Foire aux Questions,FAQ - Réponses (15 minutes)**

Pour tous renseignements complémentaires, n'hésitez pas à contacter :

***Olusegun O. BENEDICT***

*Tél. : +33 (0) 8 71 20 44 77*

*e-Mail : [hvac-energy-consultants@orange.fr](mailto:hvac-energy-consultants@orange.fr)*

Les autres articles sont consultables sur le *Site Web* :  
*[www.hvac-energy-consultants.com](http://www.hvac-energy-consultants.com)*