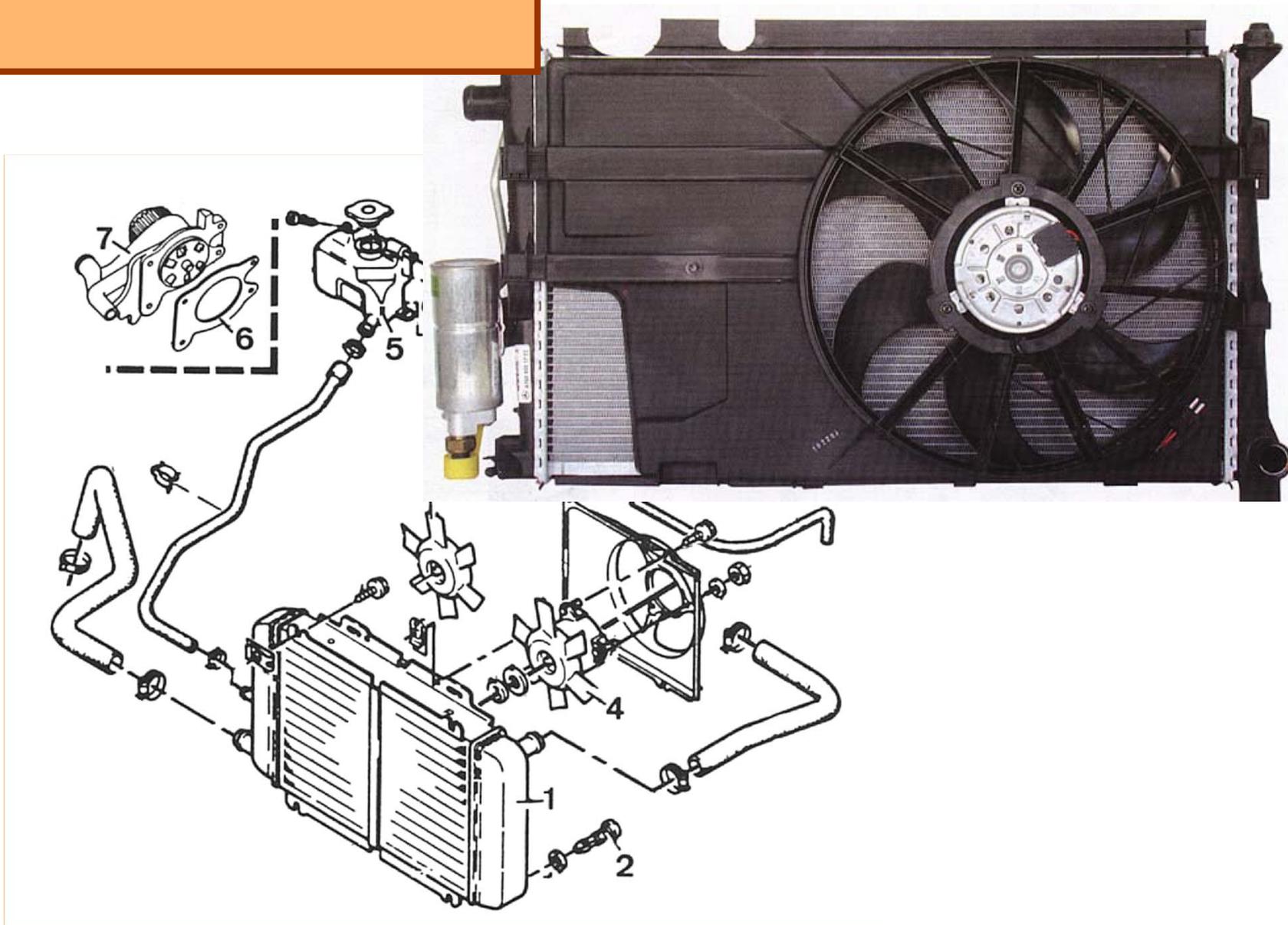


REFROIDISSEMENT



FONCTION D'USAGE

Permettre d'évacuer la chaleur due :

- aux frottements des pièces mobiles du moteur;
- à la combustion des gaz.



INFLUENCE DE LA TEMPERATURE

Une température trop élevée entraîne:

- une dilatation des pièces (risque de grippage)
- une diminution du taux de remplissage
- une auto-inflammation du mélange
- la décomposition du lubrifiant

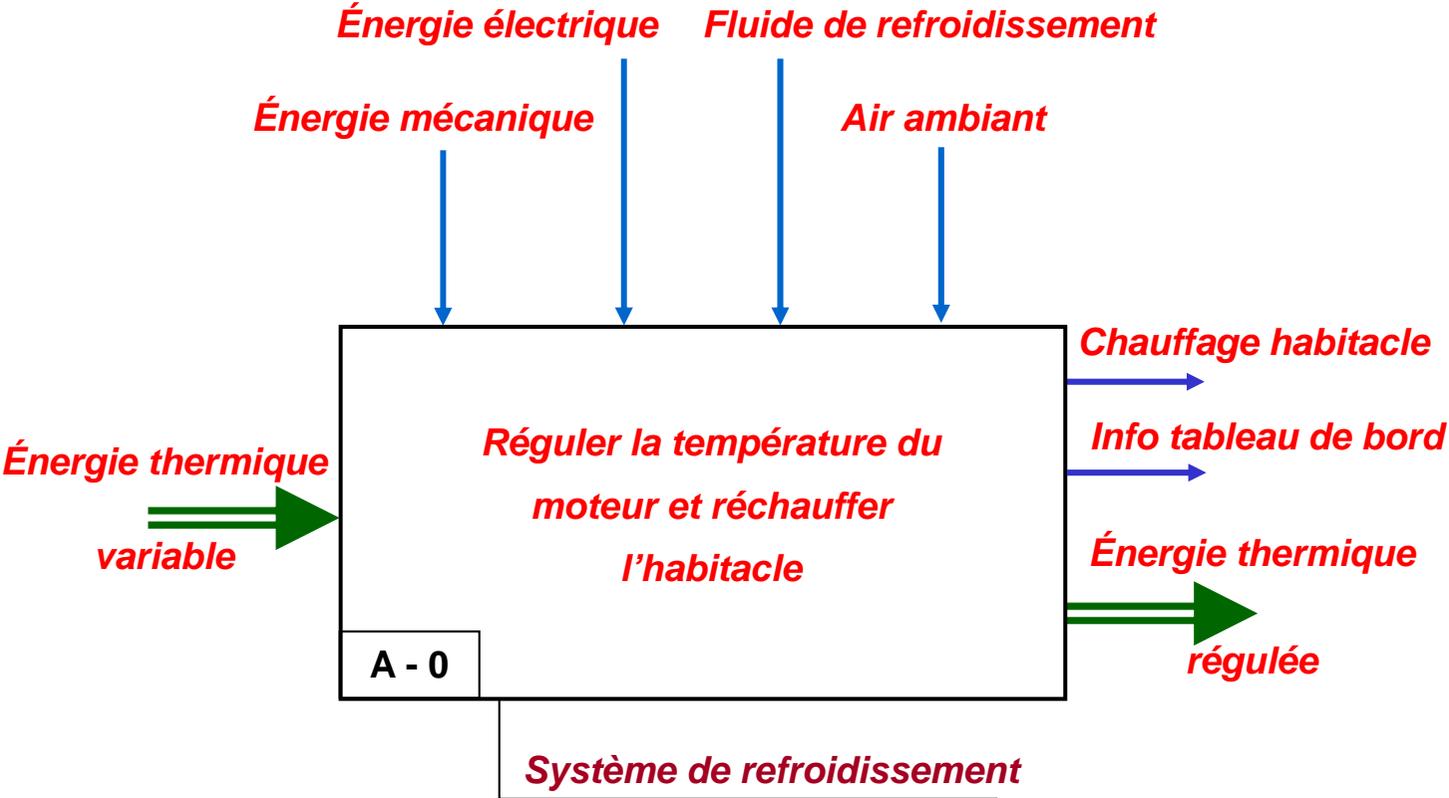
Une température trop faible entraîne

- une mauvaise combustion
- le lavage des cylindres

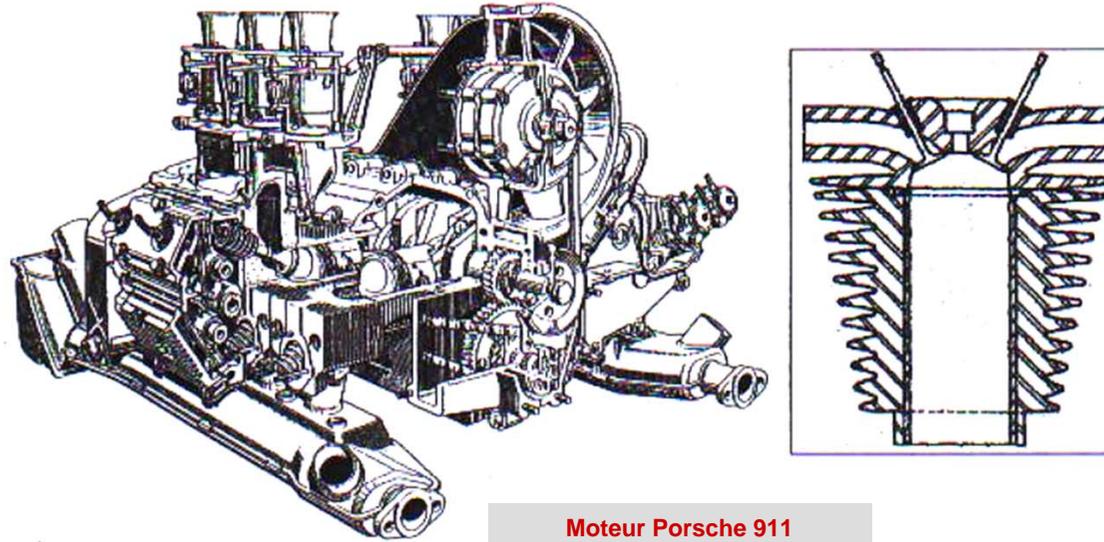
Il faut maintenir le moteur à une température régulière (~ 120°C) afin de ne pas affecter son rendement thermique.

C'est le rôle du circuit de refroidissement.

FONCTION GLOBALE



REFROIDISSEMENT A AIR



Moteur Porsche 911

- La culasse et les cylindres sont équipés d'ailettes obtenues par moulage, qui viennent augmenter la surface de contact avec l'air.
- La vitesse de passage de l'air est fonction de la vitesse d'avancement du véhicule. Une turbine et des tôles déфлекtrices améliorent le refroidissement.

REFROIDISSEMENT A AIR

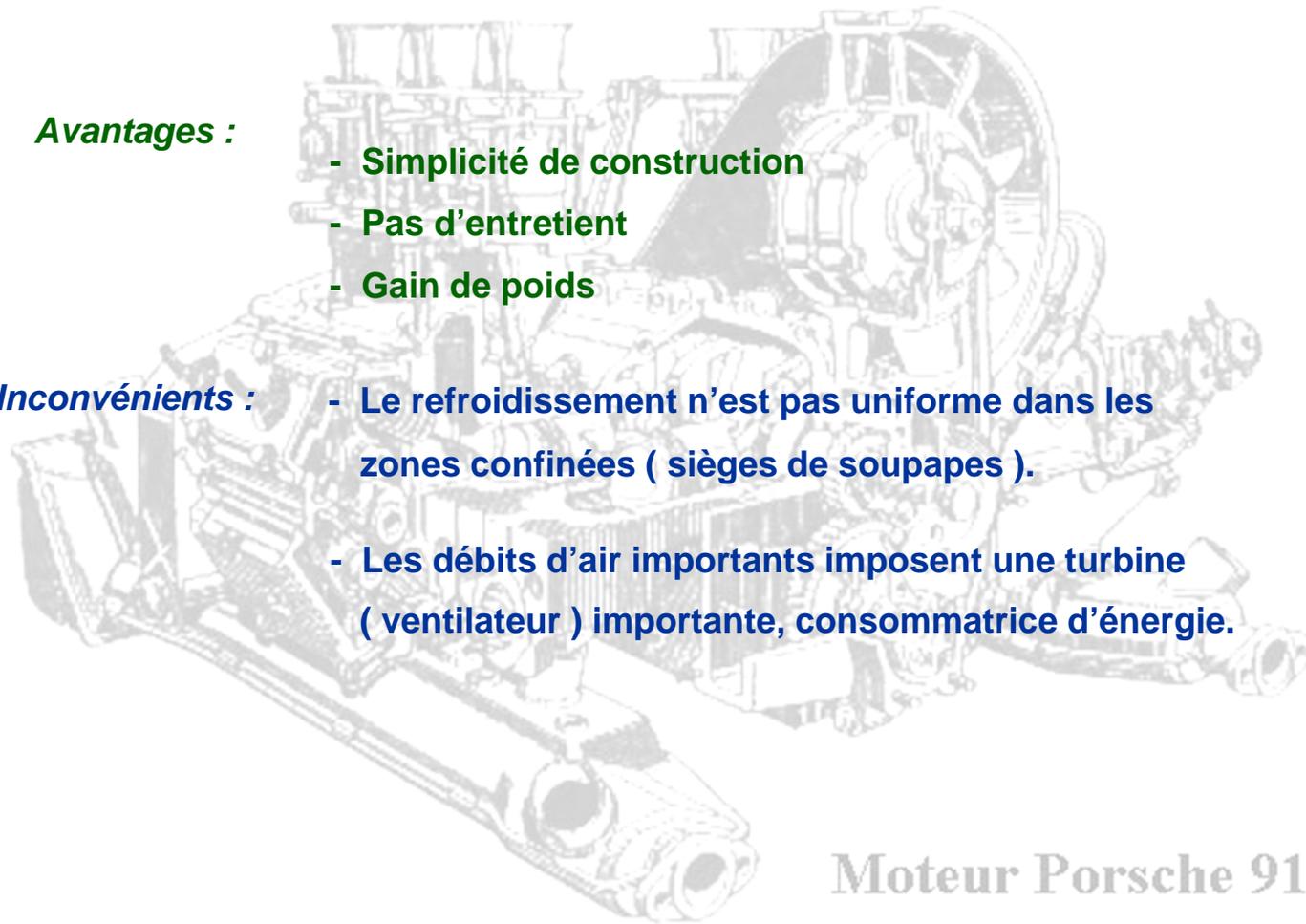
Critique du système

Avantages :

- Simplicité de construction
- Pas d'entretien
- Gain de poids

Inconvénients :

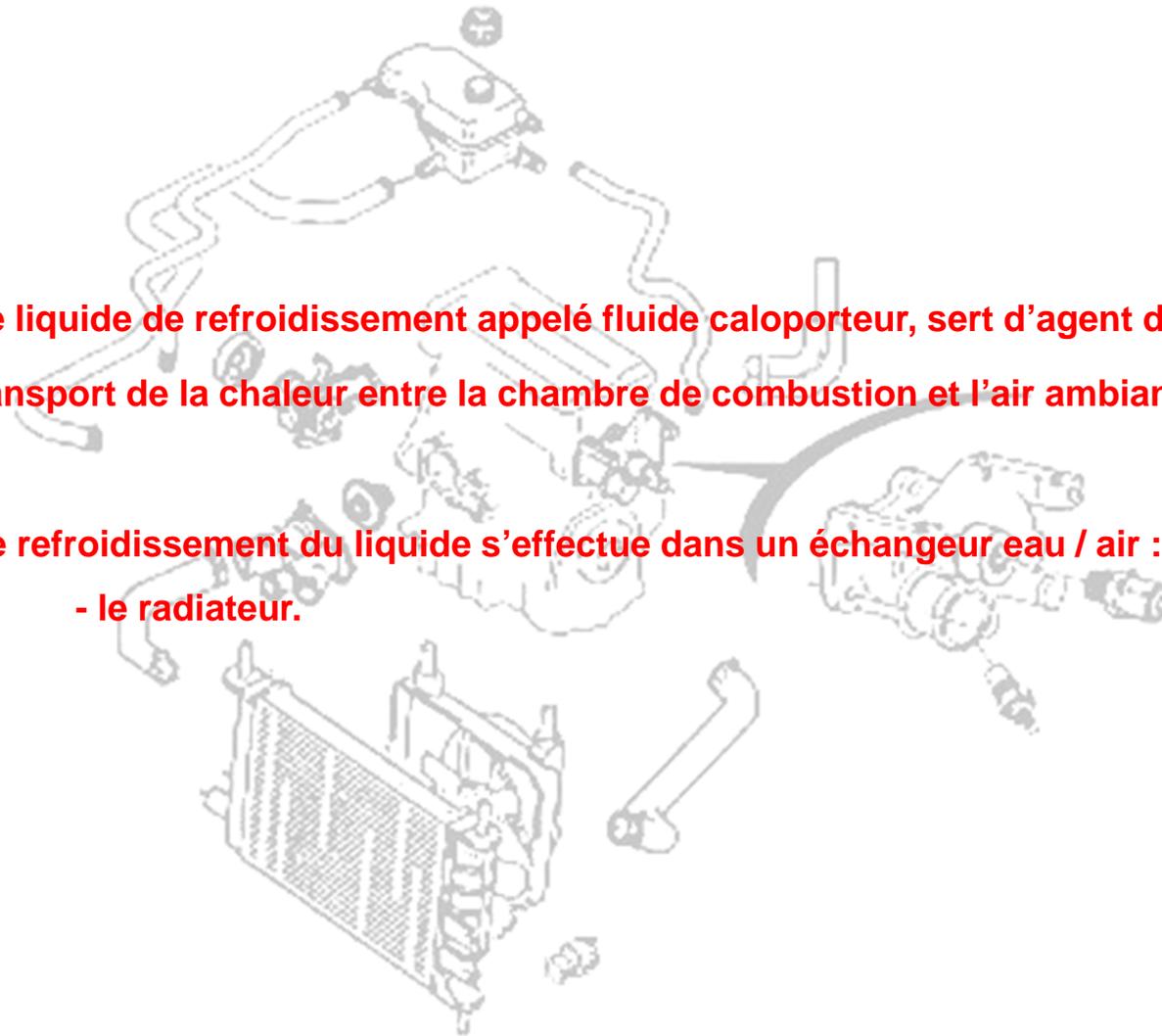
- Le refroidissement n'est pas uniforme dans les zones confinées (sièges de soupapes).
- Les débits d'air importants imposent une turbine (ventilateur) importante, consommatrice d'énergie.



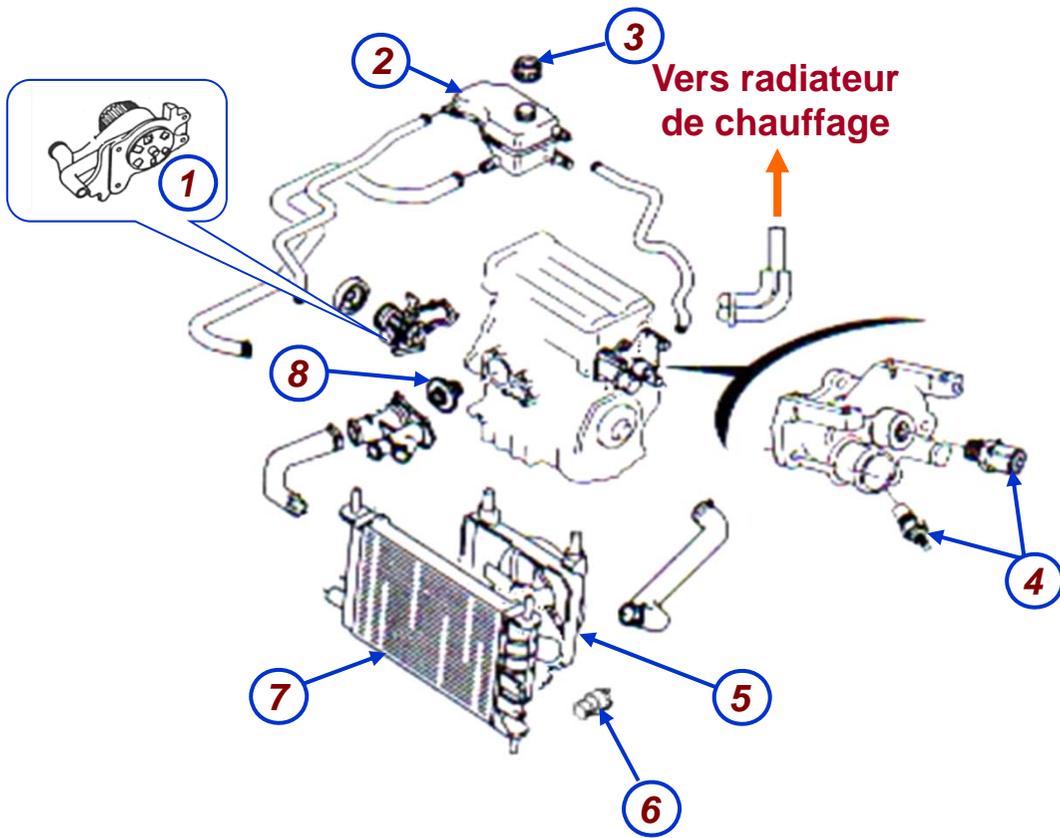
Moteur Porsche 911

REFROIDISSEMENT A EAU

- **Le liquide de refroidissement appelé fluide caloporteur, sert d'agent de transport de la chaleur entre la chambre de combustion et l'air ambiant.**
- **Le refroidissement du liquide s'effectue dans un échangeur eau / air :
- le radiateur.**



REFROIDISSEMENT A EAU



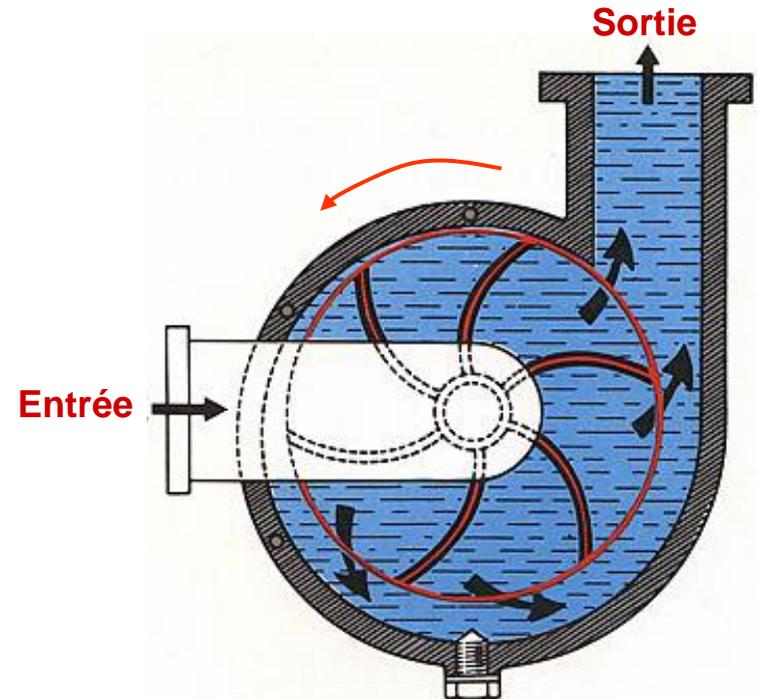
1	Pompe à eau
2	Vase d'expansion
3	Bouchon
4	Sondes de température
5	Moto-ventilateur
6	Thermocontact
7	Radiateur
8	Calorstat (thermostat)

CARACTERISTIQUES FONCTIONNELLES

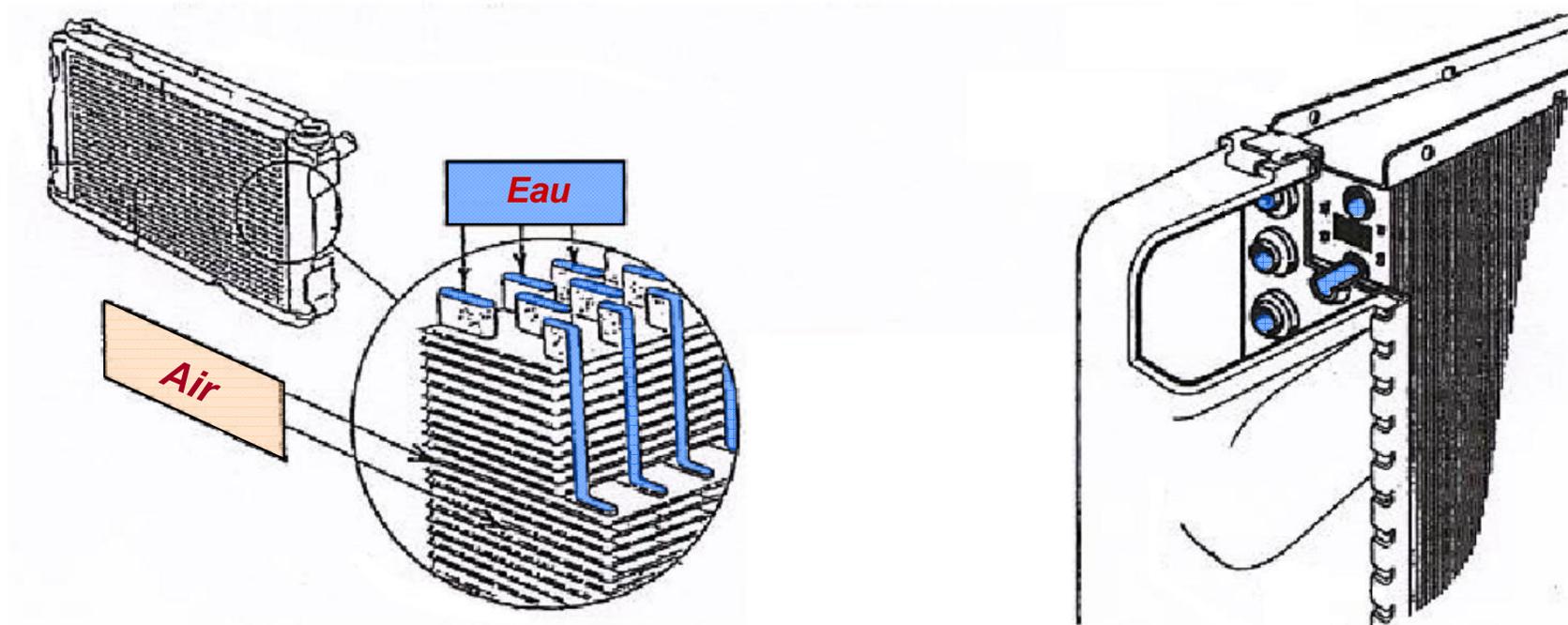
- Le liquide chaud est dirigé vers la partie supérieure du radiateur. Le liquide de refroidissement se déplace du bas vers le haut dans le moteur.
- Le mouvement du fluide est accéléré par une "pompe à eau" entraînée par une courroie.
- Le liquide traverse le radiateur qui présente une grande surface de contact avec l'air ambiant.
- Un ventilateur accélère le passage de l'air à travers le radiateur.
- Afin d'éviter l'ébullition du liquide, le circuit est maintenu sous pression (~ 0,7b) grâce à un bouchon possédant un clapet taré.
- Un système thermostatique « calorstat ou thermostat » permet une montée en température rapide à froid en interdisant la circulation du liquide vers le radiateur tant que sa température est inférieure à ~80°C .

LA POMPE A EAU

- Augmente la circulation "d'eau" créée par l'effet thermosiphon dans le radiateur de refroidissement.
- Les pompes à eau sont de type centrifuge à entraînement par courroie.
- Sous l'effet de la force centrifuge, le liquide est chassé à la périphérie des aubes créant une aspiration à l'entrée.



LE RADIATEUR



- Le radiateur est un échangeur de chaleur eau / air fabriqué à partir de tubes plats ou ronds formant un faisceau dans lequel circule le liquide de refroidissement.
- Des ailettes serties sur les tubes augmentent la surface de contact avec l'air et permettent ainsi d'amplifier l'échange thermique eau / air.

LE LIQUIDE DE REFROIDISSEMENT

Il est constitué d'un mélange d'eau déminéralisée et de mono éthylène glycol dont la concentration permet d'abaisser la température de congélation et d'augmenter la température d'ébullition.

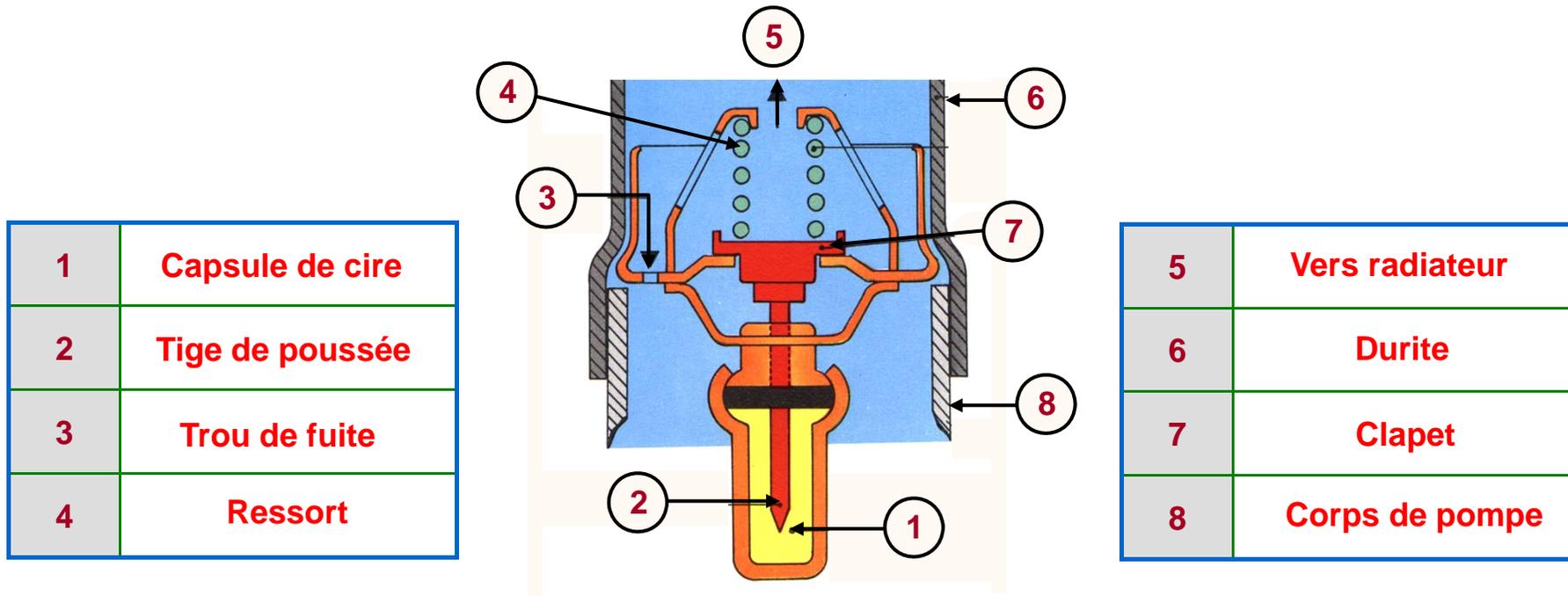
Ces liquides répondent à des exigences particulières :

- protéger les différents matériaux utilisés (aluminium, fonte...) contre les risques d'oxydation
- ne pas altérer les composants non métalliques
- protéger le circuit de la formation de dépôts



Tous les liquides ne sont pas miscibles entre eux.
C'est pourquoi il est impératif de se conformer aux
spécifications du constructeur.

LE THERMOSTAT (CALORSTAT)

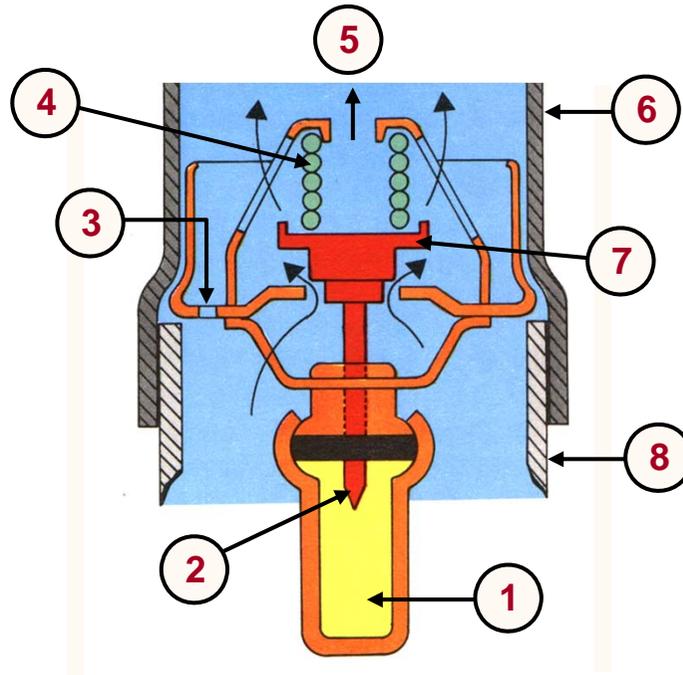


À froid

- Tant que la température du liquide est faible, la cire est rétractée. Le ressort repousse le clapet qui est maintenu fermé.
- Il n'y a pas de circulation de liquide vers le radiateur de refroidissement.

LE THERMOSTAT (CALORSTAT)

1	Capsule de cire
2	Tige de poussée
3	Trou de fuite
4	Ressort



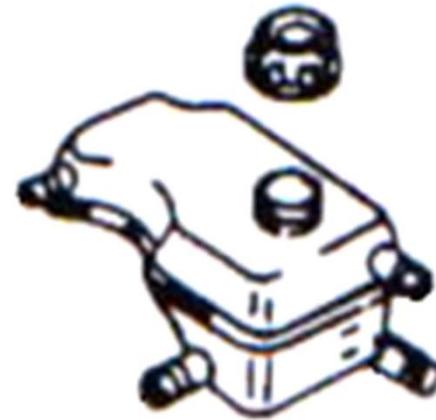
5	Vers radiateur
6	Durite
7	Clapet
8	Corps de pompe

À chaud

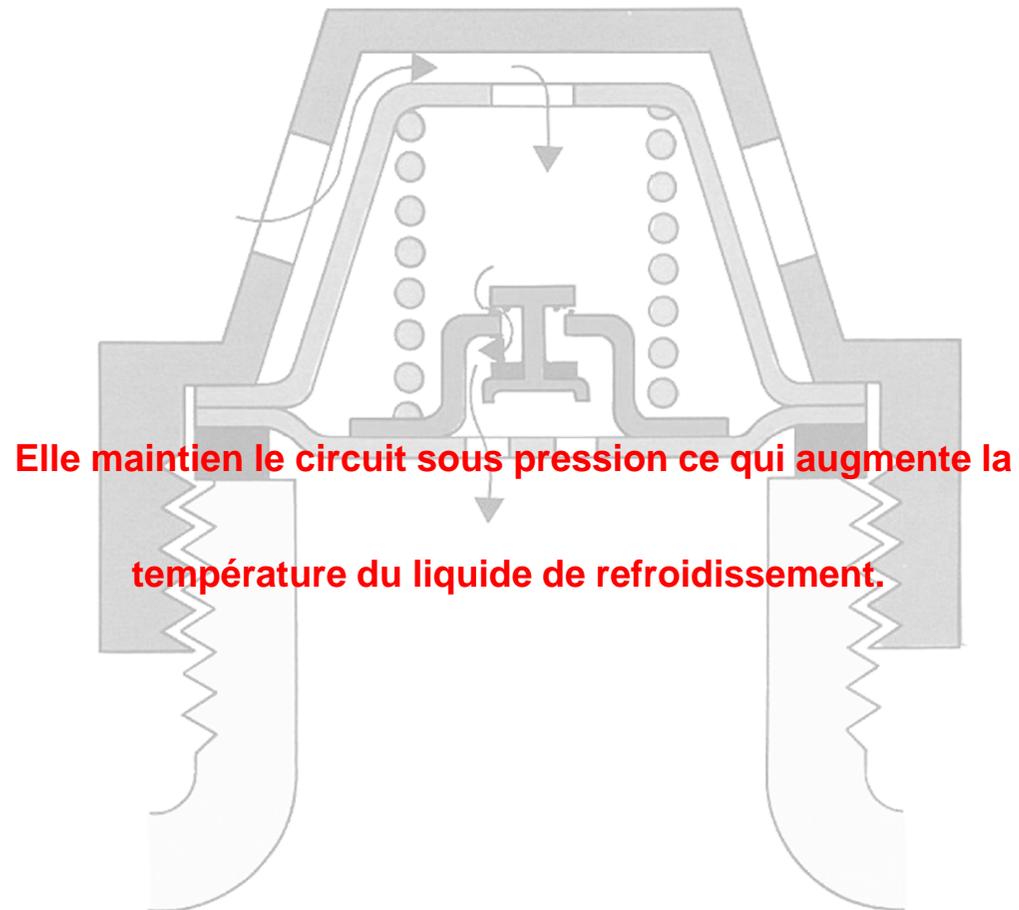
- Lorsque le liquide atteint une température $>$ à $\sim 80^{\circ}\text{C}$, la cire de la capsule se dilate.
- La tige de poussée se déplace ouvrant le clapet. Le liquide peut circuler vers le radiateur.

LE VASE D'EXPANSION

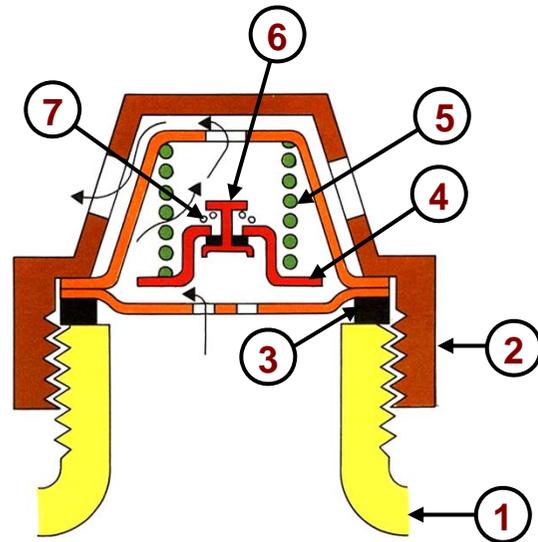
Placé en parallèle du circuit, il sert à compenser les variations de volumes entre liquide froid et chaud.



LA SOUPE DE SECURITE



LA SOUPAPE DE SECURITE

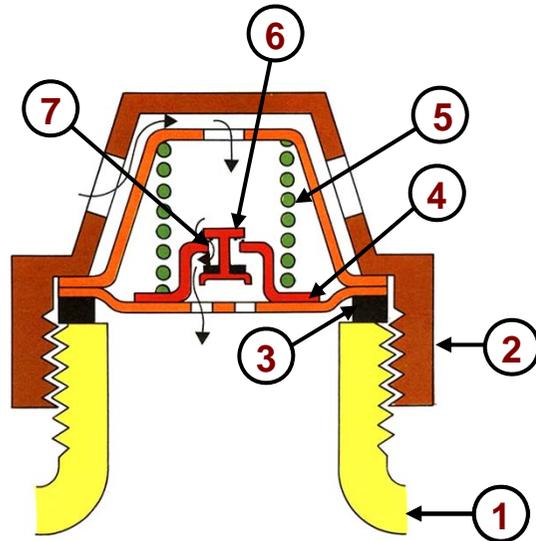


Échauffement du liquide

1	Vase d'expansion
2	Bouchon
3	Joint d'étanchéité
4	Clapet de pression
5	Ressort du clapet de pression
6	Clapet de dépression
7	Ressort du clapet de dépression

- Le volume du liquide augmente; une partie de "l'eau" du radiateur vient remplir le vase d'expansion.
- La pression de l'air contenu dans le vase augmente ($P.V = \text{constante}$)
- A partir d'une certaine pression (0,8 à 1,2b) le clapet de pression (4) s'ouvre afin de stabiliser la pression.

LA SOUPE DE SECURITE



Refroidissement du liquide

1	Vase d'expansion
2	Bouchon
3	Joint d'étanchéité
4	Clapet de pression
5	Ressort du clapet de pression
6	Clapet de dépression
7	Ressort du clapet de dépression

- Le volume du liquide diminue; une partie quitte le vase pour retourner dans le radiateur.
- La pression chute dans le vase. Si elle devient trop faible, le clapet de dépression (6) s'ouvre et laisse entrer de l'air.

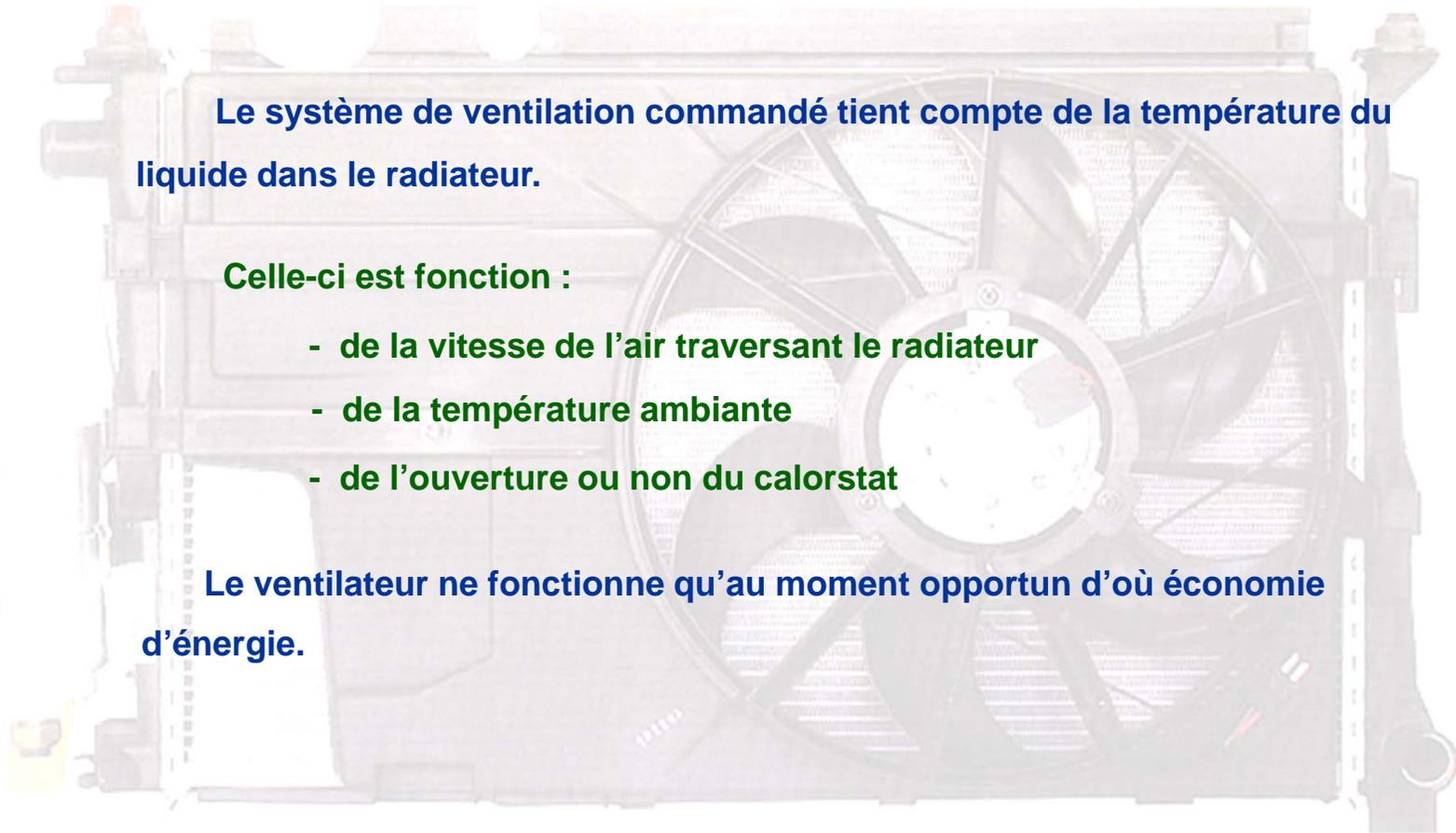
LA VENTILATION

Le système de ventilation commandé tient compte de la température du liquide dans le radiateur.

Celle-ci est fonction :

- de la vitesse de l'air traversant le radiateur**
- de la température ambiante**
- de l'ouverture ou non du calorstat**

Le ventilateur ne fonctionne qu'au moment opportun d'où économie d'énergie.



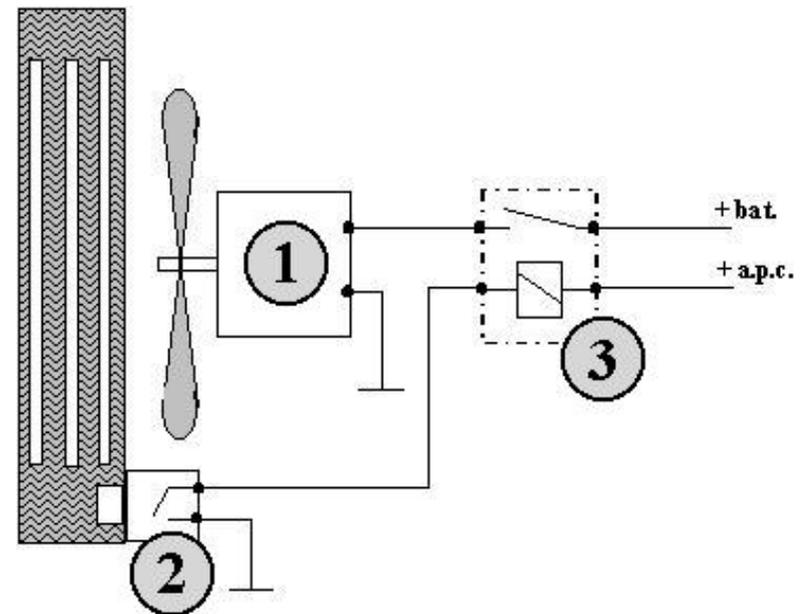
LA VENTILATION

Le moto-ventilateur

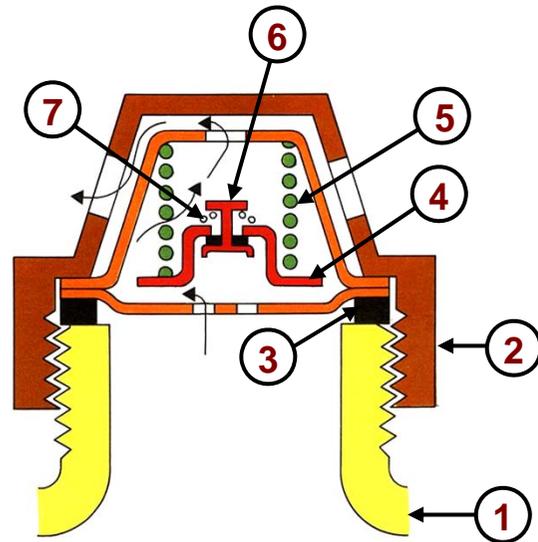
Il s'agit d'un ventilateur électrique tournant à grande vitesse. Sa vitesse de rotation est indépendante de la vitesse de rotation du moteur.

La commande est effectuée par un thermo-contact placé sur le radiateur.

1	Moto-ventilateur
2	Thermocontact
3	Relais



LA SOUPAPE DE SECURITE



Échauffement du liquide

1	Vase d'expansion
2	Bouchon
3	Joint d'étanchéité
4	Clapet de pression
5	Ressort du clapet de pression
6	Clapet de dépression
7	Ressort du clapet de dépression

- Le volume du liquide augmente; une partie de "l'eau" du radiateur vient remplir le vase d'expansion.
- La pression de l'air contenu dans le vase augmente ($P.V = \text{constante}$)
- A partir d'une certaine pression (0,8 à 1,2b) le clapet de pression (4) s'ouvre afin de stabiliser la pression.