

SYSTEME DE REFROIDISSEMENT

1. Rôle du refroidissement

Le rendement du moteur (le rapport entre l'énergie fournie par l'arbre moteur et l'énergie apportée par la combustion) ne dépasse généralement pas 30% dans les moteurs à allumage commandé.

La quantité d'énergie à évacuer par le refroidissement varie en fonction de la charge du moteur.

Au cours du cycle, la température des gaz au sein du cylindre varie de quelques degrés à 2000°C.

Les parois de la culasse et de la chemise suivent ces variations avec une amplitude beaucoup plus faible. Ces écarts (de 60 à 80°C autour d'une moyenne de 200°C pour la peau des parois de la culasse par exemple) suffisent parfois à provoquer des contraintes thermiques cycliques préjudiciables à la tenue des pièces (craques thermiques dans la culasse, déformations permanentes de la culasse entraînant des problèmes d'étanchéité au niveau du joint de culasse...).

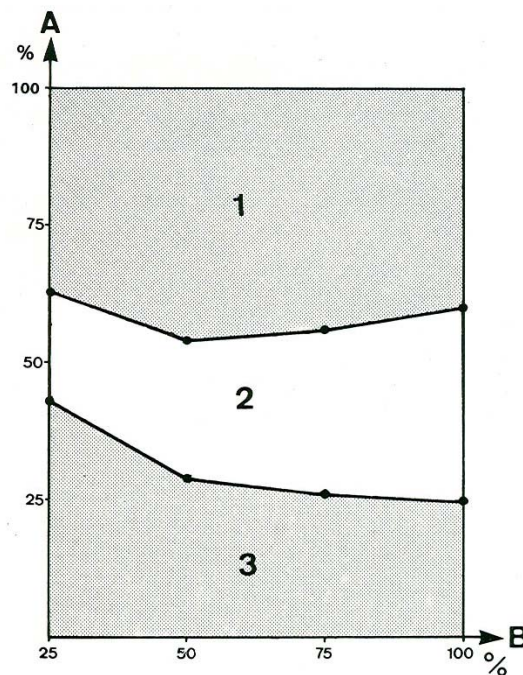


Fig. 8.1. Répartition de l'énergie contenue dans le carburant

1.1. Avantages du refroidissement

- Maintien de la température des éléments de la chambre de combustion en dessous de certaines limites pour assurer leur résistance mécanique.
- Diminution de la température de l'huile afin d'assurer une bonne lubrification du contact segment/cylindre et aussi de diminuer les risques de grippage des pistons ou de gommage des segments.
- Maintien d'un taux de remplissage correct (échauffement des gaz frais plus réduit).

- Eloignement des limites du cliquetis (combustion anormale).

1.2. Avantages des températures élevées

- Obtention de rendements plus élevés (diminution des pertes aux parois).
- Amélioration de la préparation du mélange air/carburant.
- Limitation de la production d'hydrocarbures imbrûlés et d'acides sulfureux au contact des parois.

En conclusion, il est donc rationnel de refroidir les parois du moteur à la condition de ne pas le faire trop énergiquement.

L'expérience montre qu'il est intéressant de maintenir la température des parois :

- autour de 120°C pour les chemises.
- autour de 180 à 240°C pour la culasse.

Remarque: Si l'on élève la température de régulation de l'eau de 10°C, on élève aussi de 10°C les températures des parois.

2. Différents systèmes de refroidissement

Les principaux systèmes de refroidissement sont :

- Le refroidissement par eau : une circulation d'eau interne refroidit le moteur, ensuite l'eau est refroidie dans un radiateur.
- Le refroidissement par air : un courant d'air frais passe sur le moteur et le refroidit.

En automobile, c'est le refroidissement par eau qui est le plus utilisé.

3. Refroidissement par eau

Dans ce système le moteur, en particulier la culasse et le bloc-cylindres, comporte des cavités (chambres d'eau) dans lesquelles circule l'eau de refroidissement.

La circulation de l'eau est assurée par une pompe centrifuge.

La figure ci-dessous représente un circuit de refroidissement d'eau :

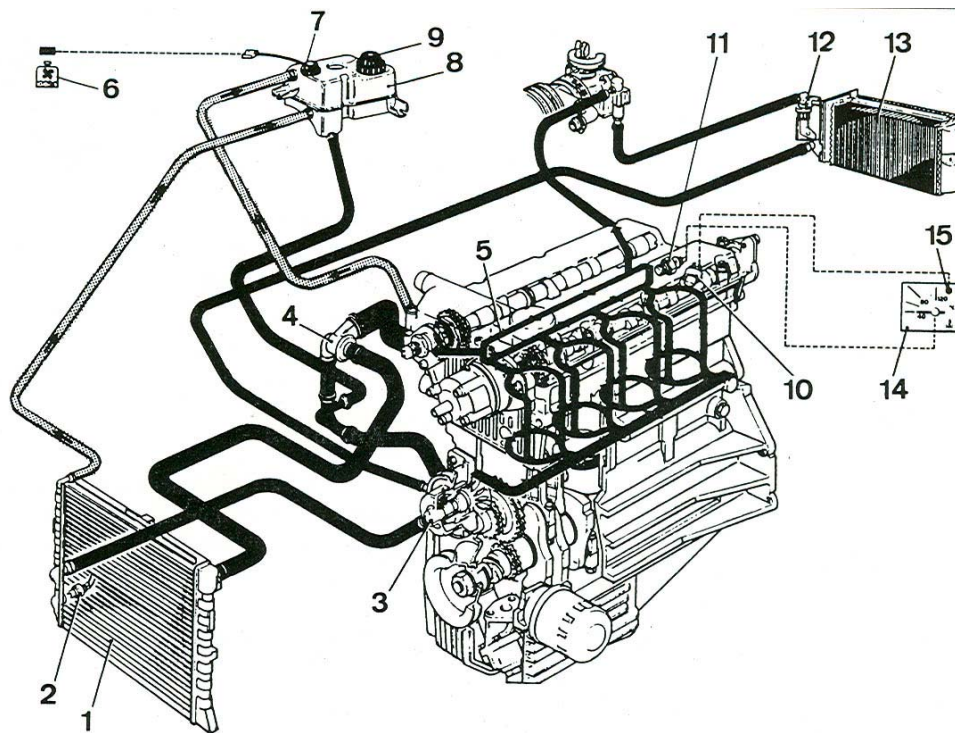


Fig. 8.2. Circuit de refroidissement d'un moteur

- | | |
|---|---|
| 1. Radiateur | 10. Sonde de température du liquide de refroidissement |
| 2. Sonde du ventilateur électrique | 11. Sonde pour lampe témoin de température maxi du liquide de refroidissement |
| 3. Pompe à eau | 12. Robinet de chauffage |
| 4. Soupape thermostatique | 13. Radiateur de chauffage |
| 5. Culasse | 14. Indicateur de température du liquide de refroidissement |
| 6. Lampe témoin de niveau mini du liquide | 15. Lampe témoin de température du liquide de refroidissement. |
| 7. Jauge à liquide | |
| 8. Réservoir d'expansion | |
| 9. Bouchon du réservoir d'expansion | |

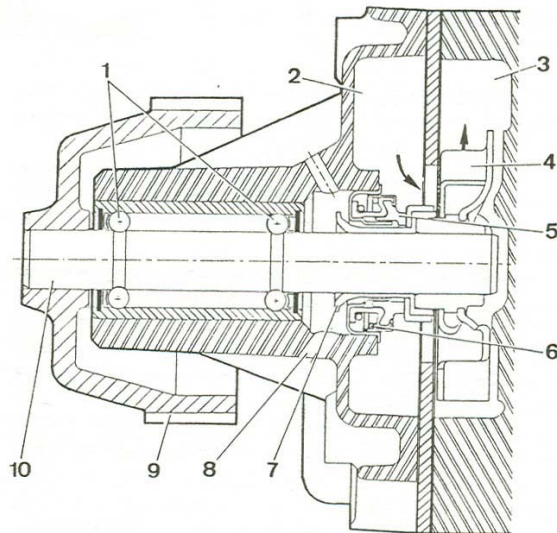
3.1. La pompe à eau

La fonction de la pompe à eau est de faire circuler le liquide de refroidissement dans le moteur et le radiateur, pour éliminer les calories.

La pompe est généralement entraînée par une poulie liée en rotation au vilebrequin par l'intermédiaire d'une courroie.

La pompe à eau comprend deux parties :

- a) Une partie "roulements" destinée à permettre la rotation de l'arbre et absorber l'effort de tension de la courroie.
- b) Une partie "turbine", immergée dans le circuit d'eau et assurant la circulation de cette dernière.
Cette deuxième partie doit être séparée de façon étanche de la première pour éviter une entrée d'air dans le circuit ou une fuite d'eau vers les roulements.



1. Roulement à billes
2. Zone d'arrivée d'eau
3. Zone de refoulement de l'eau
4. Turbine
5. Bague d'étanchéité
6. Ressort
7. Déflecteur
8. Trou d'évacuation
9. Poulie d'entraînement
10. Arbre

Fig. 8.3. Pompe à eau "Turbo-Joint"

3.2. La circulation de l'eau à l'intérieur du moteur

L'eau circule au travers du bloc-cylindres et remonte à la culasse par les trous pratiqués dans le joint de culasse.

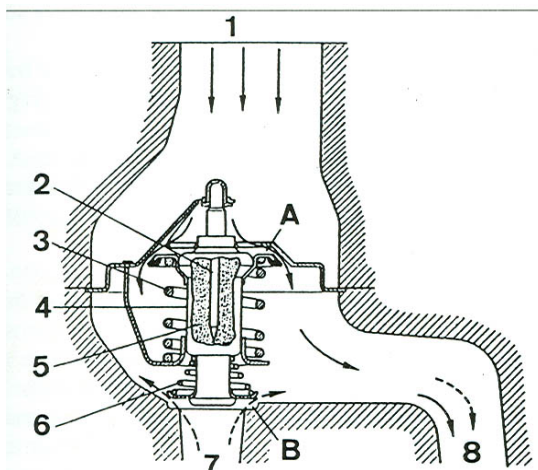
La mise au point du circuit d'eau consiste à faire une bonne répartition du débit d'eau et à augmenter la vitesse du liquide autour des zones chaudes des cylindres et de la culasse. Cette mise au point est réalisée en calibrant le diamètre des trous de passage d'eau dans le joint de culasse.

3.3. Le thermostat

Pour assurer une montée en température rapide du moteur, il faut éviter de faire circuler le liquide de refroidissement dans le radiateur en dessous d'une certaine température. Ce rôle est assuré par le thermostat.

Les intérêts d'une montée en température rapide du liquide de refroidissement sont les suivants :

- Amélioration des capacités de dégivrage des vitres.
- Diminution de la pollution.
- Réduction des pertes par frottement par diminution de la viscosité de l'huile.



1. Arrivée d'eau depuis le radiateur
2. Tige
3. Ressort
4. Capsule
5. Cire (cire de pétrole + poudre de cuivre)
6. Ressort
7. By-pass (l'eau vient du bloc culasse)
8. Départ d'eau vers la pompe à eau

Moteur froid : A fermé; B ouvert.

Moteur chaud : A ouvert; B fermé.

Fig. 8.4. Thermostat à double effet

Les thermostats utilisent des cires dilatables qui provoquent l'ouverture du circuit d'eau en direction du radiateur au-dessus d'une température limite fixée par le constructeur.

Pour augmenter le débit d'eau dans le moteur pendant la montée en température de ce dernier (thermostat fermé), on peut utiliser un thermostat à double effet :

- Moteur froid :
 - le passage vers le radiateur est fermé,
 - le passage vers un circuit de by-pass est ouvert.
- Moteur chaud :
 - le passage vers le circuit de by-pass est fermé et tout le débit passe par le radiateur.

On peut trouver le thermostat à l'entrée du moteur ou à la sortie de la culasse.

3.3.1. Thermostat en sortie culasse

Lorsque la température de l'eau atteint le seuil d'ouverture du thermostat (de l'ordre de 88°C), celui-ci commence à s'ouvrir. L'eau chaude pénètre dans le radiateur et de l'eau froide entre dans le moteur. Cette eau froide va devoir traverser tout le moteur avant d'atteindre à son tour le thermostat.

3.3.2. Thermostat en entrée moteur

Dans ce cas, le thermostat est implanté juste en amont de la pompe. L'information température culasse est apportée par un by-pass dont la présence est indispensable. Le bulbe du thermostat lit la température du mélange (eau retour radiateur + eau arrivée by-pass).

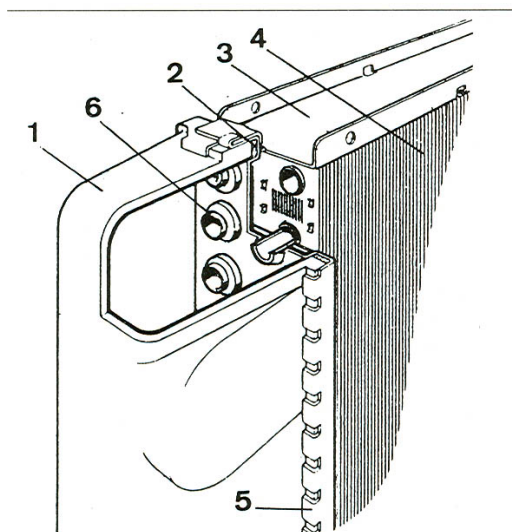
L'ouverture du circuit en provenance du radiateur aura lieu quand la température culasse atteindra l'indexation du thermostat (de l'ordre de 83°C).

3.4. Le radiateur

Le radiateur est un échangeur de chaleur eau/air utilisé pour abaisser la température du liquide de refroidissement.

les trois parties essentielles qui constituent le radiateur sont :

- Les tubes;
- Les ailettes;
- Les boîtes à eau.



1. Boîte à eau plastique
2. Joint caoutchouc d'étanchéité
3. Joue
4. Faisceau (ailettes)
5. Collecteur
6. Joint d'étanchéité de pied de tube

Fig. 8.5. Radiateur à tubes ronds et ailettes

3.5. Les ventilateurs

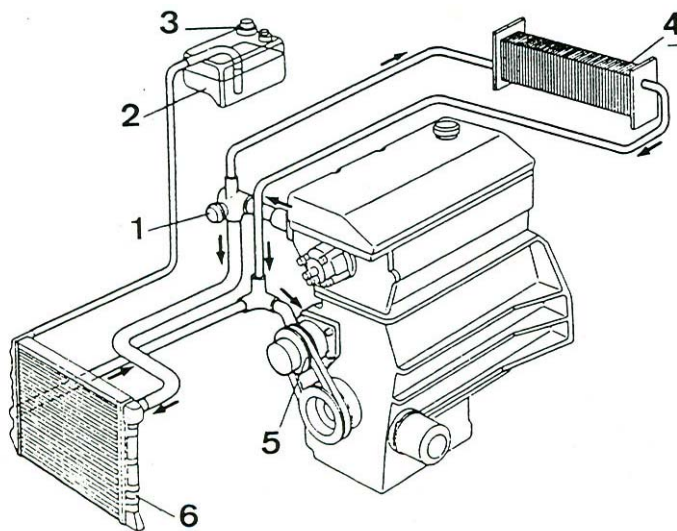
L'air refroidisseur est forcé à travers le radiateur :

- Par l'avancement du véhicule (effet dynamique).
- Par un ventilateur dans les cas où l'effet dynamique est insuffisant (véhicule à l'arrêt, moteur en fonctionnement; embouteillages; montagne; ...).

3.6. Le vase d'expansion

Lors de l'échauffement du moteur, le liquide de refroidissement se dilate et la pression monte dans le circuit. Les variations de volume entre moteur froid et moteur chaud sont absorbées par le volume d'air situé à la partie supérieure du vase d'expansion.

Comme le tube d'arrivée se trouve en dessous du niveau de liquide, il n'y aura pas d'introduction d'air dans le circuit quand le liquide va refroidir et repasser en direction du moteur.



1. Thermostat
2. Vase d'expansion
3. Bouchon avec clapet taré à une certaine pression
4. Aérotherme
5. Pompe à eau
6. Radiateur

Fig.8 6. Circuit du liquide de refroidissement avec dégazage par vase d'expansion

3.7. Le liquide de refroidissement

Le liquide de refroidissement également appelé liquide de caloporteur est constitué d'eau, d'éthylène-glycol (antigel) et d'inhibiteur de corrosion.

La présence d'éthylène-glycol augmente la température d'ébullition et abaisse celle de congélation.

4. Le refroidissement par air

Ce type de refroidissement encore beaucoup utilisé pour les motos est très rare en automobile.

Le coefficient de conductivité de l'air étant plus faible que celui de l'eau, les surfaces d'échange doivent être augmentées et le débit d'air être très important.

En pratique, cette surface est augmentée au moyen d'ailettes venues de fonderie au niveau des cylindres et de la culasse.

Pour les moteurs à poste fixe, le moteur est caréné avec des tôles et l'air est pulsé par une soufflante.

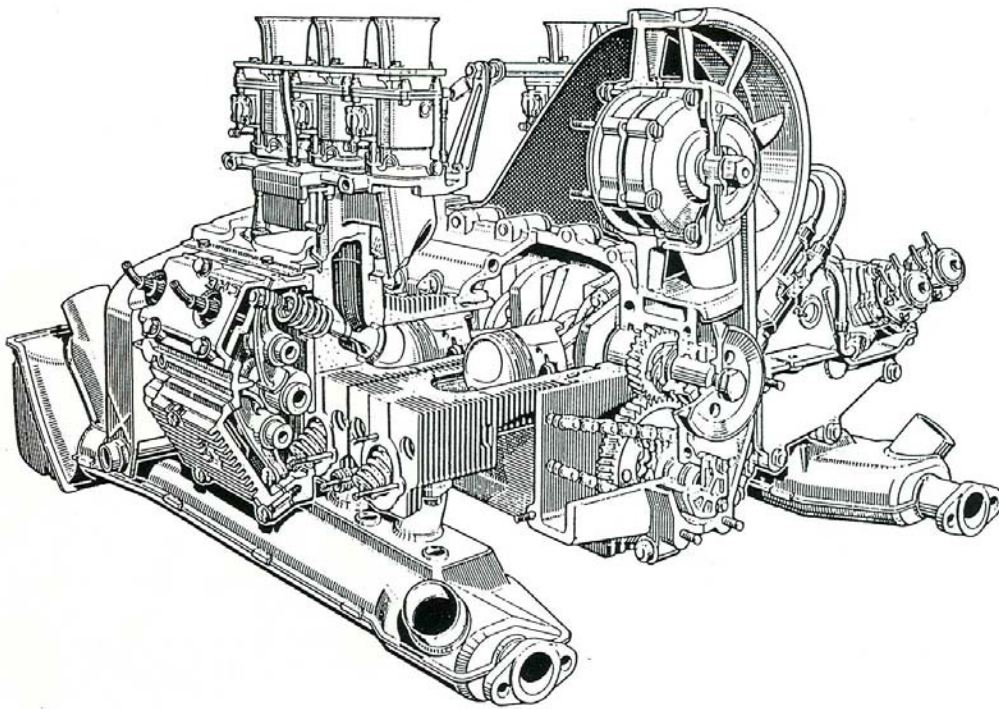


Fig.8.7. Moteur Porsche type 911 à refroidissement par air