

OFPPT

ROYAUME DU MAROC

مكتب التكوين المهني وإنعاش الشغل

Office de la Formation Professionnelle et de la Promotion du Travail

DIRECTION RECHERCHE ET INGENIERIE DE FORMATION

**RESUME THEORIQUE
&
GUIDE DE TRAVAUX PRATIQUES**

**MODULE N°:11 REPARATION DU CIRCUIT DE
REFROIDISSEMENT DU MOTEUR**

SECTEUR : REPARATION DES ENGIN A MOTEUR

SPECIALITE : MMEEA

NIVEAU : TECHNICIEN SPECIALISE

2005

Document élaboré par :

Nom et prénom	EFP	DR
GARCU MIHAI DORIT	CREA	GC

SOMMAIRE

	Page
Présentation du module	9
Résumé de théorie	10
I. LE BILAN ENERGETIQUE DU MOTEUR A COMBUSTION INTERNE	11
I.1 Généralités	11
I.2 Rendements partiels	11
II. NECESSITE DU REFROIDISSEMENT DU MOTEUR	12
II.1 Origine de la chaleur	12
II.2 Conséquences d'un manque de refroidissement	12
II.3 Conséquences d'un refroidissement trop important	12
II.4 Solution technique	12
II.5 Avantages du refroidissement du moteur	13
II.6 Avantages des températures élevées	13
II.7 Conclusion	13
II.8 Condition à accomplir par le système de refroidissement	13
II.9 Les organes du moteur à refroidir	13
III. SYSTEMES DE REFROIDISSEMENT	14
IV. LE SYSTEME DE REFROIDISSEMENT PAR AIR	15
IV.1 Description	15
IV.2 Avantages	16
IV.3 Inconvénients	16
V. LES SYSTEMES DE REFROIDISSEMENT PAR EAU	17
V.1 Généralités	17
V.2 Avantages du système de refroidissement par eau	17
V.3 Inconvénients	17
V.4 Types de systèmes de refroidissement par eau	18
V.4.1 Par thermo siphon	18
V.4.2 Par pompe	18
V.4.3 Par thermosiphon accéléré par pompe	19
VI. LES ELEMENTS DU CIRCUIT DE REFROIDISSEMENT PAR EAU	20
VI.1. Les chambres d'eau	20
VI.2. La pompe à eau	21
VI.2.1 Fonctions	21
VI.2.2 Description	21
VI.2.3 Fonctionnement de la pompe à eau	22
VI.2.4 Le débit de la pompe à eau	22
VI.2.5 Diagrammes des débits d'une pompe à eau	22
VI.2.6 La puissance absorbée par la pompe à eau	22

Résumé de Théorie et Guide de travaux pratique	Module : Réparation du circuit de refroidissement du moteur
VI.2.7 Déposer et reposer la pompe à eau	23
Dépose	23
Repose	25
VI.3 Le thermostat	26
VI.3.1 Nécessité	26
VI.3.2 Rôle	26
VI.3.3 Principe de fonctionnement	27
VI.3.4 Types de thermostats	27
VI.3.5 Types de circuits de refroidissement selon le type de thermostat utilisé	27
VI.4 Le radiateur	29
VI.4.1 Rôle	29
VI.4.2 Description	29
VI.4.2.a Les réservoirs ou les boîtes à eau du radiateur	29
VI.4.2.b Le faisceau du radiateur	30
VI.4.2.c Types de radiateurs	31
VI.5 Ventilateurs	32
VI.5.1 Nécessité	32
VI.5.2 Rôle	32
VI.5.3 Types de ventilateurs	33
VI.5.3.1 Ventilateurs entraînés en permanence	33
VI.5.3.2 Ventilateurs commandés	34
VI.5.3.2.a Nécessité	34
VI.5.3.2.b Conclusion	34
VI.5.3.2.c Avantages du système	34
VI.5.3.2.d Types de ventilateurs commandés	35
VI.5.3.2.d.1 Ventilateur à commande électro magnétique	35
VI.5.3.2.d.2 Ventilateur à commande à viscocoupleur	35
VI.5.3.2.d.3 Ventilateur indépendant de moteur à commande électrique	36
VI.6 Vase d'expansion	37
VI.6.1 Rôle	37
VI.6.2 Description	37
VI.7 Le bouchon du radiateur	38
VI.8 Les bouchons de vidange	38
VI.8.1 Le bouchon de vidange du radiateur	38
VI.8.2 Le bouchon de vidange du bloc cylindres	38
VI.9 Les durites du radiateur	38
VI.10 Les colliers de serrage	39
VI.11 Les courroies d'entraînement	39
VII. CIRCUITS DE REFROIDISSEMENT PRESSURISES	40
VII.1 Nécessité	40
VII.2 Types de circuits de refroidissement pressurisés	40
VII.2.1 Circuit de refroidissement à la pression atmosphérique	40
VII.2.2 Circuit de refroidissement non scellé	41
VII.2.3 Circuit de refroidissement scellé	41

VIII.	DEGAZAGE DU CIRCUIT DE REFROIDISSEMENT	43
VIII.1	Circuit de refroidissement avec vase d'expansion sans circulation d'eau	43
VIII.2	Circuit de refroidissement avec vase d'expansion avec circulation d'eau	43
VIII.3	Comparaison entre les deux circuits de dégazage	43
IX.	LIQUIDE DE REFROIDISSEMENT	44
IX.1	Nécessité	44
IX.2	Solutions techniques	44
IX.3	Constitution de l'antigel	44
IX.4	Avantages de l'utilisation de l'antigel dans le circuit de refroidissement	44
IX.5	La quantité d'antigel utilisée pour la préparation du mélange	45
X.	SCHEMAS DE LA CIRCULATION DU LIQUIDE REFRIGERANT	46
X.1	Moteur froid	46
X.2	Moteur chaud	46
XI.	REFROIDISSEMENT DE L'HUILE	47
XI.1	Par échangeur air / huile	47
XI.2	Par échangeur eau / huile	47
XI.2.1	L'échangeur eau / huile placé dans une boîte à eau du radiateur	47
XI.2.2	L'échangeur eau / huile placé sous le cartouche du filtre à huile	47
XII.	FONCTIONS ANNEXES DU CIRCUIT DE REFROIDISSEMENT	48
XII.1	Généralités	48
XII.2	Le starter automatique des carburateurs	48
XIII.	ANOMALIES DE FONCTIONNEMENT	49
XIII.1	Causes des anomalies de fonctionnement du système de refroidissement	49
	Guide de travaux pratique	50
I.	TP1 REMPLACER LE LIQUIDE DE REFROIDISSEMENT	51
	
I.1	Objectifs visés	51
I.2	Durée du TP	51
I.3	Matériel (Equipement et matière d'œuvre) par équipe	51
I.4	Description du TP	51
I.5	Déroulement du TP	52
II.	TP2 CONTRÔLER LE SYSTEME DE REFROIDISSEMENT	57
	
I.1	Objectifs visés	57
I.2	Durée du TP	57
I.3	Matériel (Equipement et matière d'œuvre) par équipe	57
I.4	Description du TP	58
I.5	Déroulement du TP	58

III. TP3 DEPOSER ET REPOSER LE RADIATEUR	66
.....	
I.1 Objectifs visés	66
I.2 Durée du TP	66
I.3 Matériel (Equipement et matière d'œuvre) par équipe	66
I.4 Description du TP	66
I.5 Déroulement du TP	66
 Evaluation de fin de module	 68
1. Epreuve théorique	68
2. Epreuve pratique	69
Liste bibliographique	70

MODULE : Réparation du circuit de refroidissement du moteur

Durée : 50 H

40 % : théorique

60 % : pratique

**OBJECTIF OPERATIONNEL DE PREMIER NIVEAU
DE COMPORTEMENT**

COMPORTEMENT ATTENDU

Pour démontrer sa compétence, le stagiaire doit réparer le circuit de refroidissement du moteur à combustion interne selon les conditions, les critères et les précisions qui suivent :

CONDITIONS D'EVALUATION

- * Individuellement ;
- * Par un contrôle à faire sur les différents éléments du circuit de refroidissement du moteur thermique ;
- * A partir de schéma à compléter ;
- * A partir de questionnaire à remplir ;
- * A partir de situations simulées ;

CRITERES GENERAUX DE PERFORMANCE

- * Analyse de pannes par élimination de cas possibles ;
- * Préparation de la matière d'œuvre et du poste de travail ;
- * Choix et utilisation adéquats de l'outillage et d'appareils de contrôle et de diagnostic dans les limites du besoin ;
- * Respect des règles d'hygiène de sécurité et de l'environnement ;

**OBJECTIF OPERATIONNEL DE PREMIER NIVEAU
DE COMPORTEMENT**

**PRECISIONS SUR LE
COMPORTEMENT ATTENDU**

A. Remplacer le liquide de
Refroidissement du moteur

B. Contrôler le circuit refroidissement
du moteur à explosion

**CRITERES PARTICULIERS DE
PERFORMANCE**

- Vidange en toute sécurité de pression et de température le circuit de refroidissement ;
- Remplissage correct du circuit de refroidissement selon les conditions de climat ;
- Choix correct du liquide de refroidissement et préparation antigel ;
- Purge efficace du circuit de refroidissement avec ou sans vase d'expansion.
- Localisation juste de l'origine d'un échauffement anormal du moteur après avoir écarter les autres causes possibles ;
- Vérification correcte du niveau du liquide de refroidissement dans le radiateur et la vase d'expansion,
- Contrôle efficace de la température de protection contre l'antigel ;
- Contrôle judicieux de l'état des durites, des courroies et de leur bon serrage ;
- Vérification correcte du jeu on bruit de roulement de la pompe à eau ;
- Contrôle correct des fuites en pression du circuit de refroidissement à l'aide d'un contrôleur d'étanchéité ;
- Vérification précise de la pression de tarage de la soupape du vase ;
- Examen précis du fonctionnement du moto ventilateur, et du thermo contact ;
- Contrôle judicieux de la régulation de température du moteur et le bon fonctionnement de thermostat à l'aide d'un thermomètre et connections électriques ;

OBJECTIFS OPERATIONNELS DE SECOND NIVEAU

LE STAGIAIRE DOIT MAITRISER LES SAVOIRS, SAVOIR-FAIRE, SAVOIR-PERCEVOIR OU SAVOIR-ETRE JUGES PREALABLES AUX APPRENTISSAGES DIRECTEMENT REQUIS POUR L'ATTEINTE DE L'OBJECTIF DE PREMIER NIVEAU, TELS QUE :

Avant d'apprendre à remplacer le liquide de refroidissement (A) :

- 1- Connaître le bilan énergétique du moteur à combustion interne ;
- 2- Déduire la nécessité d'un système de refroidissement ;
- 3- Citer les avantages du refroidissement, des températures élevées et faire une conclusion ;
- 4- Nommer les différents systèmes de refroidissement utilisé en industrie automobile ;
- 5- Connaître le principe de fonctionnement du système de refroidissement par air et en faire une comparaison avec le système de refroidissement par eau ;
- 6- Citer les différents éléments du circuit de refroidissement par eau ;
- 7- Connaître le but, les débits ainsi que la puissance absorbée par une pompe à eau ;
- 8 - Déposer et reposer correctement une pompe à eau ;
- 9 - Connaître le but et le principe de fonctionnement du thermostat simple et double effet ;
- 10 - Définir le radiateur en citant ses trois parties constitutives essentielles ;
- 11 - Citer les différents types de radiateurs utilisés dans le circuit de refroidissement du moteur à combustion ;

– Avant d'apprendre à contrôler le circuit de refroidissement du moteur à explosion (B) :

- 12 - Connaître le rôle ainsi que les différents types de ventilateurs utilisés sur véhicule automobile ;
- 13 - Citer le but et les sortes d'installations de la vase d'expansion ;
- 14 - Lire et interpréter les schémas des circuits de refroidissement classiques, scélés et avec ou sans installations des aérothermes.
- 15- Connaître les constituants du liquide de refroidissement ;
- 16- Lire les diagrammes des évolutions des températures de congélation et d'ébullition en fonction respectivement de la concentration en antigel et la pression du circuit ;
- 17- Installer le circuit de refroidissement et son branchement électrique de régulation au moteur à explosion ;
- 18- Schématiser la circulation de l'eau dans le circuit moteur froid et moteur chaud ;
- 19- Connaître le rôle, la matière de construction ainsi que les différents types de durits utilisés dans le circuit de refroidissement du moteur ;
- 20- Décrire le principe de fonctionnement du starter automatique des carburateurs utilisant la température d'eau de refroidissement comme moyen de régulation ;
- 21- Citer les principales causes et pannes possibles au niveau du circuit de refroidissement par eau.

***Module : REPARATION DU CIRCUIT DE
REFROIDISSEMENT DU MOTEUR
RESUME THEORIQUE***

I. LE BILAN ENERGETIQUE DU MOTEUR À COMBUSTION INTERNE

I.1 GENERALITES

Lors de la combustion, le moteur thermique transforme l'énergie chimique contenue dans le combustible en énergie thermique.

Seulement une partie faible de cette énergie est transformée en travail utile recueilli par le vilebrequin, (environ 35 %), le reste étant dépensé sous diverses formes (fig. n° 1)

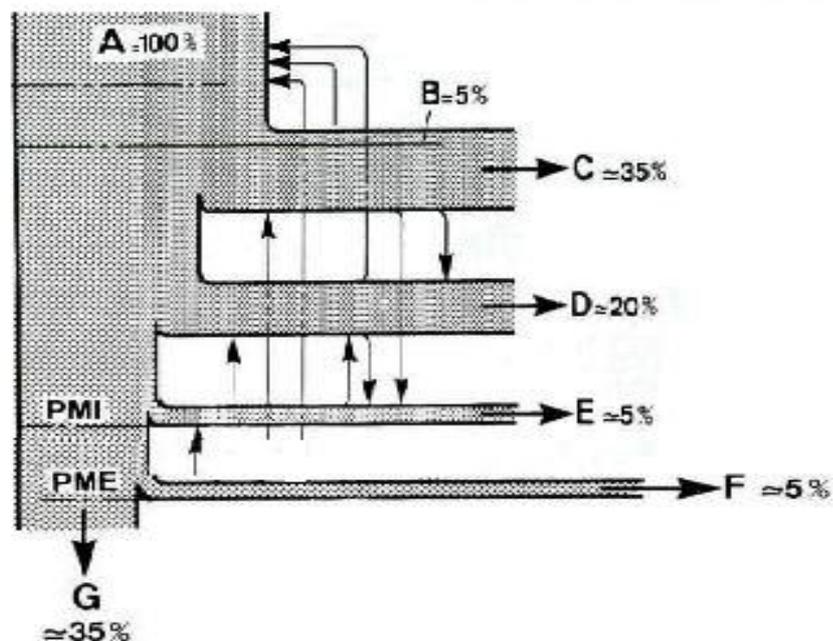


Figure 1 . Décomposition des pertes à pleine charge (rendement optimal).

- A. Energie contenue dans le combustible
- B. Energie contenue dans les imbrûlés
- C. Energie contenue dans les gaz d'échappement
- D. Energie évacuée par l'eau de refroidissement
- E. Energie évacuée par radiation
- F. Energie dégagée par frottement et pour l'entraînement des accessoires indispensables.
- G. Travail utile

I.2 RENDEMENTS PARTIELS

La figure n°. 1 montre un exemple de décomposition des pertes pour un moteur Fonctionnant à pleine charge.

On distingue deux sortes des pertes :

a. PERTES THERMIQUES

- Perte par les gaz d'échappement (35 %)
- Perte par refroidissement (20 %)
- Perte par radiation (5 %)

b. PERTES MECANIQUES

- Perte par frottements des organes en mouvement (3 %)
- Perte par l'entraînement des équipements auxiliaires (2 %)

REMARQUE :

- Le travail effectif que l'on trouve en sortie du moteur n'est pas encore Celui qui sert à faire avancer le véhicule automobile.
On a encore 10 % de pertes au niveau du système de transmission.

II. NECESSITE DU REFROIDISSEMENT DU MOTEUR THERMIQUE

II.1 ORIGINE DE LA CHALEUR

Lors du fonctionnement, le moteur dégage de la chaleur due :

- **Au frottement des pièces en mouvement**

La chaleur dégagée est transmise en grande partie au lubrifiant qui est refroidi au du carter soumis au courant d'air extérieur.

- **A la combustion des gaz dans les cylindres du moteur**

Lors de la combustion, la température des gaz au sein des cylindres varie de quelques degrés à 2000 ° C. La chaleur dégagée est transmise aux parois des cylindres, aux pistons, à la culasse et au bloc moteur par la conductibilité de ces organes.

II.2 CONSEQUENCES D'UN MANQUE DE REFROIDISSEMENT

Une forte élévation de température des gaz se traduit par :

- La dilatation des pièces et par suite une diminution des jeux de fonctionnement. Au niveau de la culasse, un échauffement anormal provoque des contraintes thermiques (déformation permanente des parois, problèmes d'étanchéité du joint de culasse, etc.)
- La modification des propriétés des métaux (fluage, détrempeage, fusion, etc.)
- La difficulté de graissage et la carbonisation d'huile qui provoque des dépôts de calamine dans les chambres de combustion des moteurs.
- La diminution du taux de remplissage par suite de la dilatation des gaz frais avant leur entrée dans les chambres de combustion.
- Combustion anormale par suite aux phénomènes d'auto-allumage ou pré- allumage.

II.3 CONSEQUENCES D'UN REFROIDISSEMENT TROP IMPORTANT

- Combustion lente et incomplète, d'où perte de puissance, pollution importante et surconsommation du combustible.
- Usure rapide des parois des cylindres à cause de l'essence liquide qui n'est encore Vaporisée et provoque la dilution du film d'huile.
- Accumulation d'eau dans le carter du moteur en raison de la condensation.

II.4 SOLUTION TECHNIQUE

Pour éviter une surcharge thermique et pour conserver une température normale de fonctionnement des moteurs, les constructeurs ont développé différentes systèmes de refroidissement.

II.5 AVANTAGES DU REFROIDISSEMENT DU MOTEUR

- Maintenir une température normale de fonctionnement du moteur aux environs de 90° C.
- Conserver les propriétés lubrifiantes d'huile pour limiter les risques de grippage des pistons ou de gommage des segments.
- Maintenir un taux de remplissage correct.
- Limiter les risques d'une combustion anormale.

II.6 AVANTAGES DES TEMPERATURES ELEVEES

- Rendement du moteur plus élevé , par diminution des pertes aux parois des cylindres.
- Amélioration de la préparation du mélange air / essence.
- Limiter la production des hydrocarbures imbrûlés lors de la combustion.

II.7 CONCLUSION

Lors du fonctionnement du moteur thermique, il est nécessaire de refroidir les parois des cylindres dans certaines limites de température, comme suit :

- Autour de 120° C pour les cylindres (chemises)
- Autour de 180° C pour la culasse.

II.8 CONDITIONS A ACCOMPLIR PAR LE SYSTEME DE REFROIDISSEMENT

Pour la transmission efficace de la chaleur vers le liquide réfrigérant au travers des parois du moteur, il est nécessaire à réaliser les conditions suivantes :

- Les métaux des parois doivent posséder une bonne conductibilité thermique.
- Les parois doivent être minces et offrir une grande surface de contact au liquide réfrigérant.
- Le liquide réfrigérant doit circuler à une vitesse proportionnelle du dégagement des calories.

II.9 LES ORGANES DU MOTEUR A REFROIDIR

Sont refroidis par eau ou par air :

- Les cylindres
- La culasse
- Les guides et les sièges des soupapes.
-

Sont refroidis par conduction et par circulation d'huile :

- Les pistons
- L'arbre à cames et la culbuterie
- Les paliers du vilebrequin
- Les têtes des bielles.
- Les soupapes.

III. SYSTEMES DE REFROIDISSEMENT

Le moteur étant une machine thermique, il doit atteindre le plus rapidement possible Sa température optimale de fonctionnement et la conserver quelles que soient les Conditions d'utilisation du moteur, à l'aide du système de refroidissement.

Les principaux systèmes de refroidissement utilisés en industrie automobile sont :

- **Système de refroidissement par air (figure n° 2)**

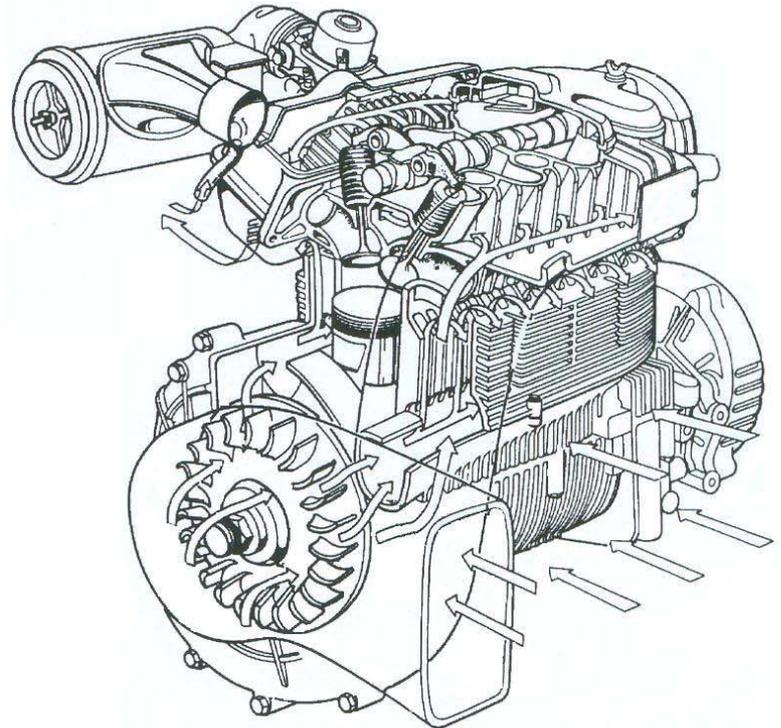


Figure n°.2

- **Système de refroidissement par eau (figure n°. 3)**

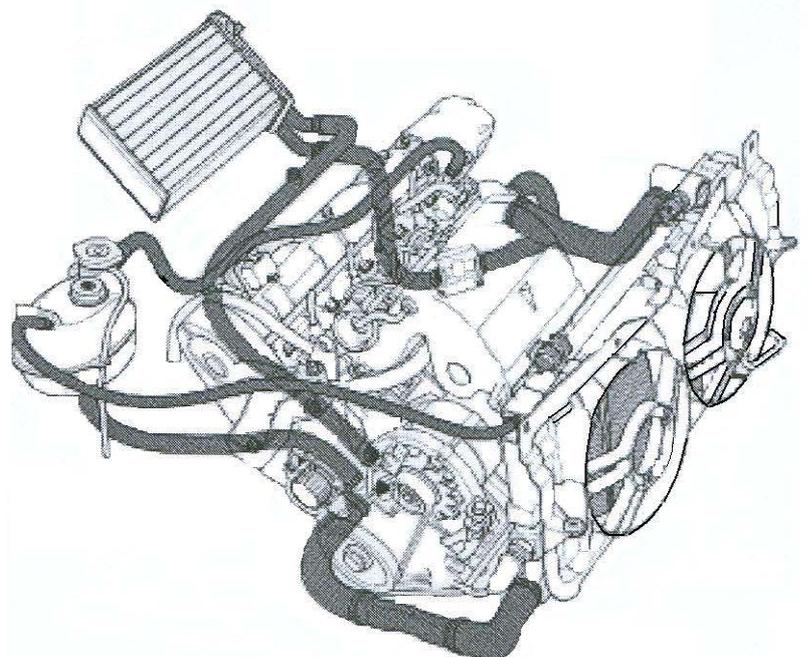


Figure n°.3

IV. LE SYSTEME DE REFROIDISSEMENT PAR AIR

Ce type de refroidissement encore utilisé pour les motos est très rare en automobile.
Le principe de fonctionnement consiste à faire passer un courant d'air sur la plus grande surface du moteur.

IV.1 DESCRIPTION

- La culasse et les cylindres sont munis de par des ailettes orientées pour que le courant d'air provoqué par le déplacement du véhicule circule facilement parmi elles. (figure n°.4)

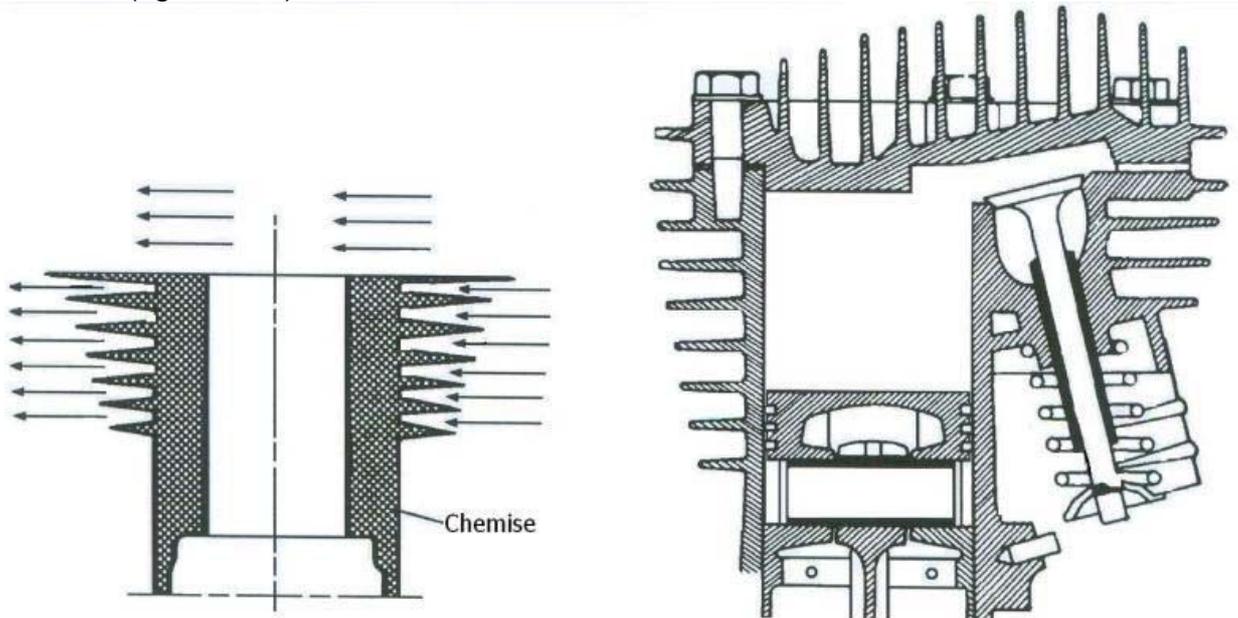


Figure n°.4

- En automobile, le système est amélioré par de déflecteurs (carénage) qui canalisent l'air propulsé par un ventilateur ou turbine. (Figure n°.5)

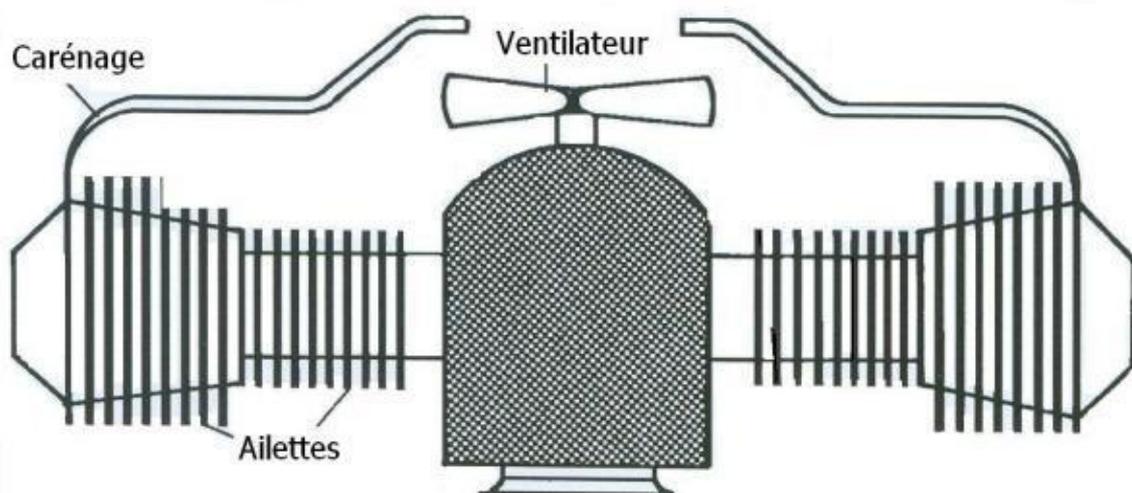


Figure n°.5

L'installation est parfois complétée par de volets thermostatiques permettant de réguler l'évacuation des calories en fonction de la température du moteur.
figure n° 6)

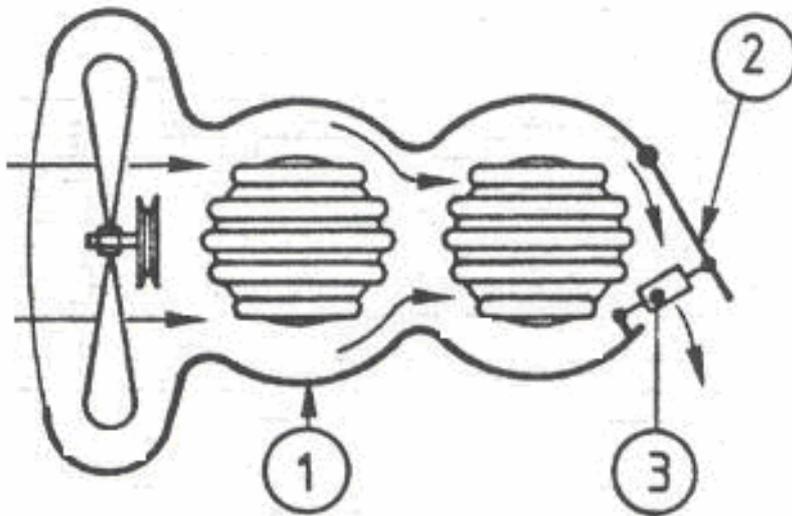


Figure n°.6

1. Tôles déflexrices.
2. Volet.
3. Thermostat.

IV.2 AVANTAGES

- La simplicité de constitution.
- Mise en température normale de fonctionnement du moteur rapide.
- Aucun risque de gel.
- Le gain de poids.
- Le peu de défaillance et d'entretien.

IV.3 INCONVENIENTS

- La température des parois internes du moteur est plus élevée, ce qui entraîne :
 - Le risque d'altération des lubrifiants, d'où la nécessité d'un radiateur d'huile.
 - La nécessité d'un plus grand jeu de fonctionnement à froid entraînant un niveau sonore plus élevé.
- La difficulté d'obtenir une bonne répartition des échanges thermiques entre tous les cylindres et d'évacuer les calories des zones confinées.
- Les ailettes des cylindres amplifient les bruits lors du fonctionnement du moteur.

V. LES SYSTEMES DE REFROIDISSEMENT PAR EAU

V.1 GENERALITES

Le refroidissement par liquide et par la circulation de l'air autour du moteur est le système le plus couramment utilisé en industrie automobile. L'eau qui se trouve dans les chambres d'eau doit être refroidie après avoir absorbé la chaleur dégagée par le moteur. (figure n° 7)

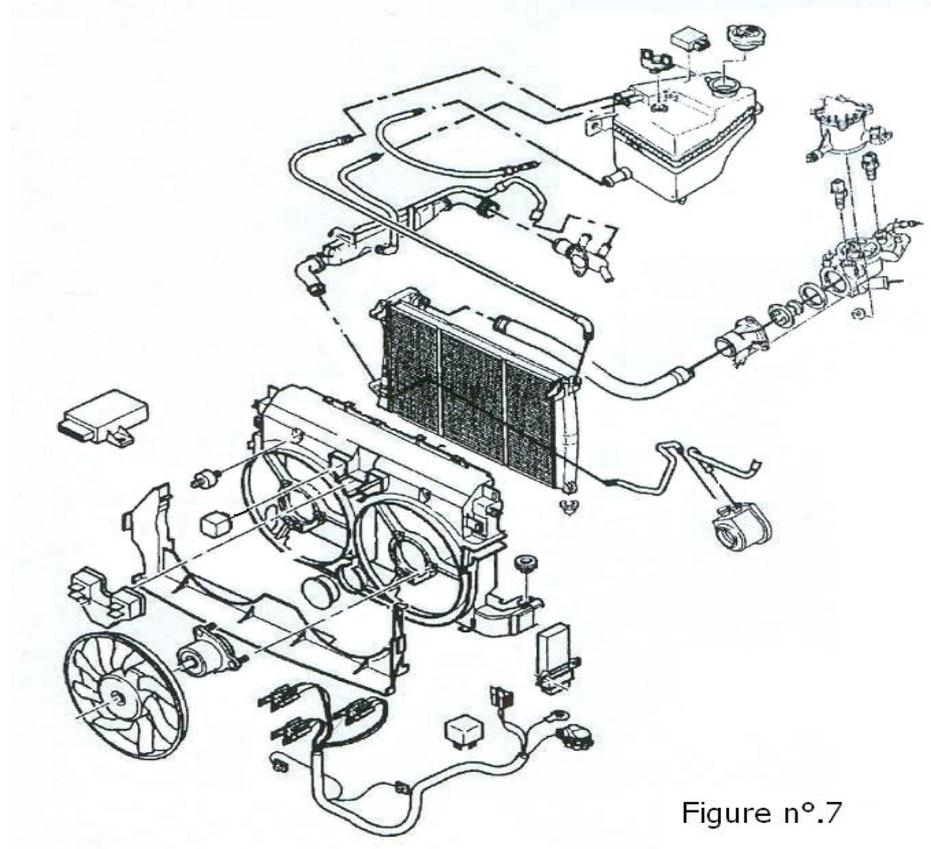


Figure n°.7

V.2 AVANTAGES DU SYSTEME DE REFROIDISSEMENT PAR EAU

- L'eau permet un bon transfert thermique entre les parois des cylindres du moteur et le fluide de refroidissement.
- Le maintien de la température de fonctionnement du moteur plus constante quel que soit le régime du celui – ci.
- Bon amortissement des bruits internes lors du fonctionnement du moteur.

V.3 INCONVENIENTS

- Fuites possibles et risque de gel
- Plafond d'utilisation aux environnements de 100° C, limitant l'accroissement des températures de fonctionnement du moteur.
- Poids assez importante du fluide réfrigérant et des éléments composants du système.

- Entretien et réparation plus difficiles et coûteux.

V.4 TYPES DE SYSTEMES DE REFROIDISSEMENT PAR EAU

V.4.1 PAR THERMOSIPHON

Dans ce système, l'eau réchauffée au contact des parois du moteur se dilate et monte dans le réservoir supérieur du radiateur.

Cette eau chaude est remplacée par l'eau froide du réservoir inférieur du radiateur. Il s'établit alors une circulation lente de l'eau suivant le principe du thermosiphon, avec une vitesse très faible (environ 15 cm / s) (figure n°. 8)

Ce système n'existe plus seul, mais se retrouve dans tous les systèmes de circulation d'eau.

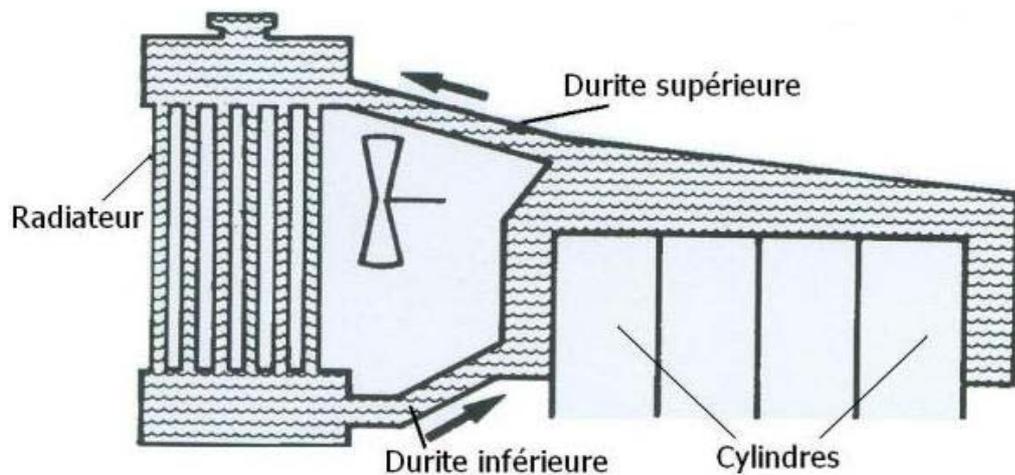


Figure n°.8

V.4.2 PAR POMPE

- La pompe est placée entre le radiateur et le moteur en un point bas du circuit de refroidissement de façon à ce qu'elle soit toujours en charge. (figure n°.9)
- La vitesse d'écoulement de l'eau est limitée à 1 m / s.

- **Remarque :** En cas de panne du circuit, le refroidissement n'est plus assuré.

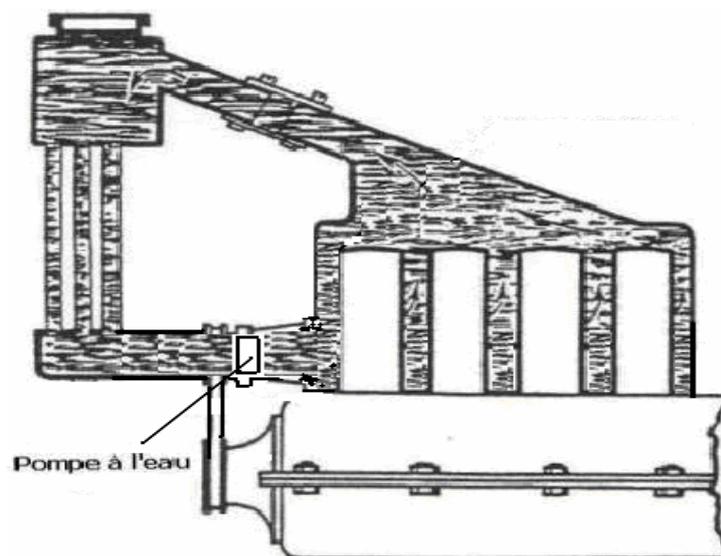
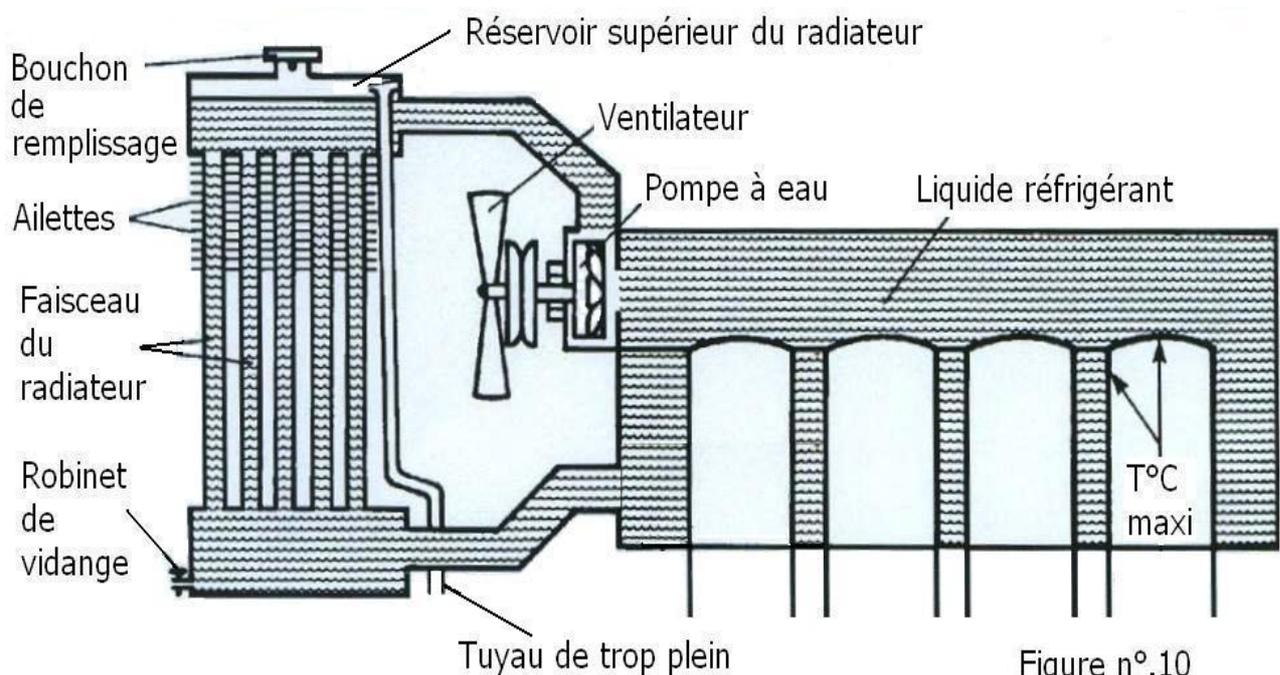


Figure n°.9

V.4.3 PAR THERMOSIPHON ACCELERE PAR POMPE

- C'est le système par thermosiphon auquel on ajoute une pompe pour accélérer la circulation de l'eau.
 - La pompe qui peut être placée sur la culasse ou sur le bloc cylindres (figure n°.10 et figure n°.11)
 - La pompe entraîne l'eau froide à partir de la sortie du réservoir inférieur du radiateur et la dirige vers le bloc cylindres.
 - L'eau remonte ensuite vers la culasse et retourne au radiateur.
- **Remarque :** En cas de panne de la pompe, il y a une légère circulation de l'eau par thermosiphon.



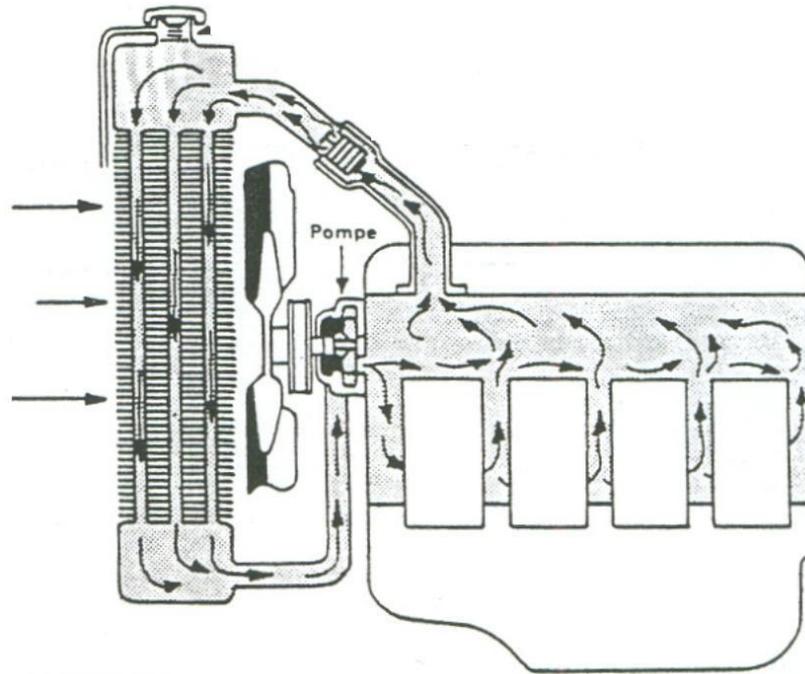


Figure n°.11

VI. LES ELEMENTS DU CIRCUIT DE REFROIDISSEMENT PAR EAU

Les figures 12 et 13 montrent les éléments composants du circuit de refroidissement

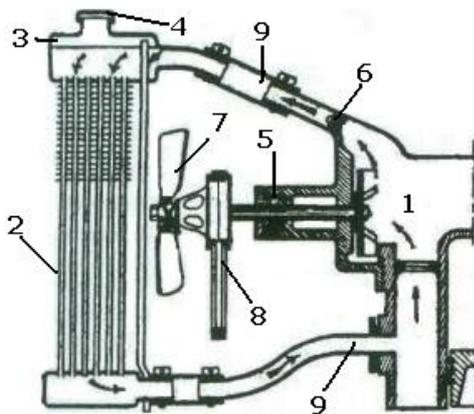


Figure n°.12

- | | |
|--|---|
| 1. Chemises d'eau du bloc
moteur et de la culasse | 6. Thermostat |
| 2. Radiateur | 7. Ventilateur |
| 3. Vase d'expansion | 8. Courroie
d'entraînement
du ventilateur |
| 4. Bouchon du radiateur | 9. Durites |
| 5. Pompe à eau | |

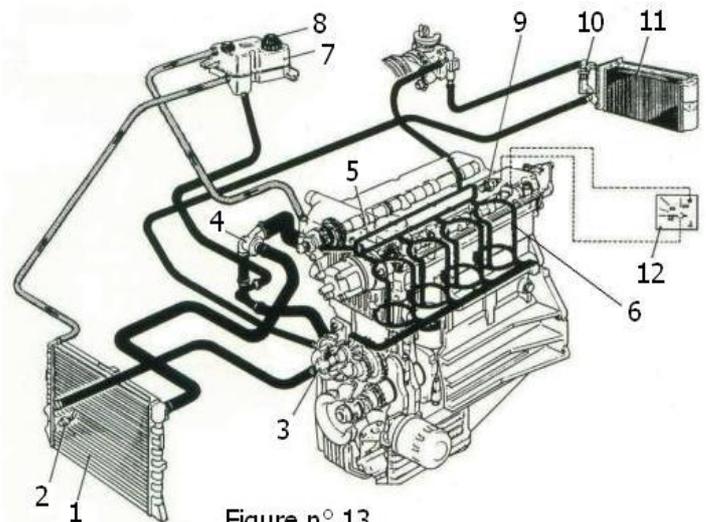


Figure n°.13

- | | |
|---|--|
| 1. Radiateur | 7. Vase d'expansion |
| 2. Thermocontact du
ventilateur électrique | 8. Bouchon du vase d'expansion |
| 3. Pompe à eau | 9. Sonde de la lampe |
| 4. Thermostat | 10. Robinet de chauffage |
| 5. Culasse | 11. Aérotherme |
| 6. Chambre à eau | 12. Lampe témoin de température
maxi du liquide réfrigant |

VI.1 LES CHAMBRES D'EAU

Le bloc moteur et la culasse comportent des chambres d'eau (figure n°.14) qui permettent la circulation de l'eau autour :

- des chambres de combustion.
- des cylindres
- des sièges des bougies ou des injecteurs
- des sièges et des guides des soupapes
- des parties en contact avec les gaz résultés de la combustion.

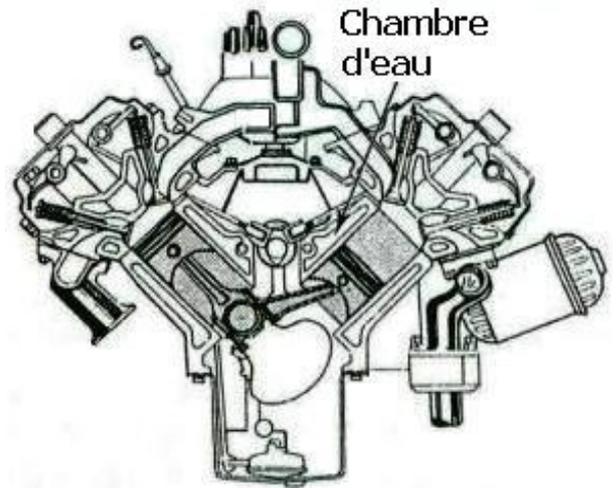
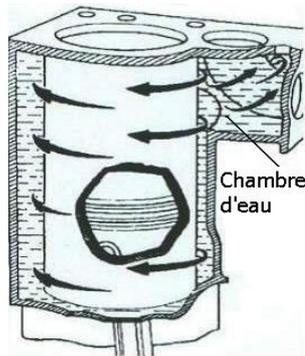


Figure n°.14

VI.2 LA POMPE A EAU

VI.2.1 FONCTIONS

- Effectuer le brassage d'eau.
- Augmenter la vitesse de déplacement du liquide de refroidissement.

VI.2.2 DESCRIPTION

La pompe à l'eau (figure n°15) est de type centrifuge et comporte les éléments suivants :

- **Carter (corps).**

Fabriqué en fonte ou en aluminium, il comporte une cavité raccordée à la durite inférieure du radiateur.

- **Arbre**

Il est solidaire avec le moyeu d'entraînement et monté sur le roulement.

- **Turbine**

Montée sur l'arbre, elle est entraînée par celui-ci afin d'assurer la circulation d'eau.

- **Moyeu**

Il est boulonné sur la poulie de la pompe de sorte qu'il est entraîné par l'entremise de la courroie de ventilateur qui est montée à son tour sur la poulie du vilebrequin.

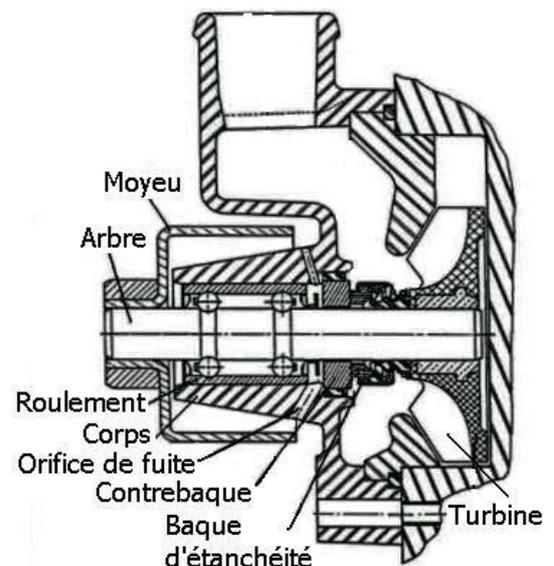


Figure n°.15

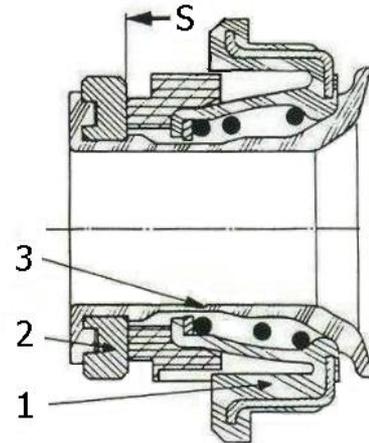
- **Joint d'étanchéité**

Il est composé d'une bague en carbone sur laquelle tourne une contre bague en fonte, en céramique ou en inox revêtu en plasma. Les deux éléments en contact présentent un état de surface superfinie et sont inoxydables. La pression de la bague sur la contre bague est réalisée par un ressort conique. L'étanchéité statique est assurée par une membrane en caoutchouc.

Figure n°.15 a

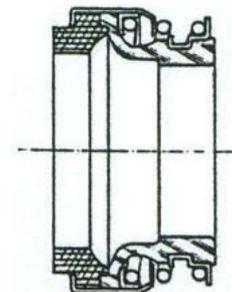
Joint
d'étanchéité

S.Surface
de frottement
1.Bague
2.Contrebague
3.Chemise



- **Orifice de fuite**

En cas de fuite de liquide de refroidissement par le joint d'étanchéité, le liquide est évacué par un orifice aménagé dans le corps de la pompe, placé entre le roulement et le joint.



Bague tournante

VI.2.3 FONCTIONNEMENT DE LA POMPE A EAU

Lors de l'entraînement de la pompe par le moteur, sous l'effet de la force centrifuge, l'eau est chassée vers la périphérie de la turbine, créant ainsi une dépression à l'entrée de la pompe.

Pour faciliter l'évacuation de l'eau vers la sortie de la pompe, l'arbre est excentré.

Remarques :

- Lorsque la température du liquide n'est pas suffisante pour ouvrir le thermostat, la pompe le fait circuler dans le bloc cylindres et la culasse.
- Lorsque le thermostat est ouvert, la pompe fait circuler le liquide de refroidissement dans le radiateur avant de retourner au moteur.

VI.2.4 LE DEBIT DE LA POMPE A EAU

Pour établir le débit de la pompe à eau, deux méthodes sont proposées :

- **Première méthode** détermine le débit d'eau nécessaire au système de refroidissement environ 12,5 l / mn par litre de cylindrée et par 1000 tr / mn de régime.

Exemple :

Pour un moteur avec une cylindrée de 2 litres, tournant à 6000 tr / mn, le débit de la Pompe nécessaire est environ 150 l / mn.

- **Deuxième méthode** détermine le débit d'eau nécessaire environ 1 à 1,2 l / mn par cheval développé par le moteur.

Exemple : Pour un moteur développant 150 ch, le débit d'eau nécessaire est environ 150 l / mn.

Remarque : Ces débits correspondent au fonctionnement à thermostat ouvert. Lorsque le thermostat est fermé, on admet des débits de l'ordre de 0,75 l / ch / mn.

VI.2.5 DIAGRAMMES DES DEBITS D'UNE POMPE A EAU

Le débit d'eau de la pompe est proportionnel a son régime de fonctionnement (figure n°.16).

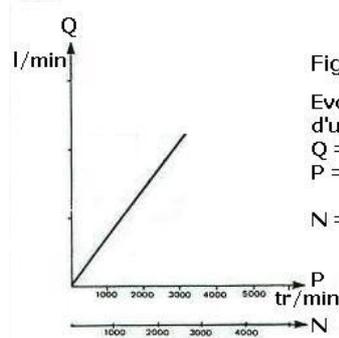


Figure n°. 16
Evolution du débit d'une pompe à eau
Q = Débit
P = Régime de rotation de la pompe à eau
N = Régime de rotation du moteur

La figure n°.17 montre les courbes caractéristiques des débits de la pompe à eau.

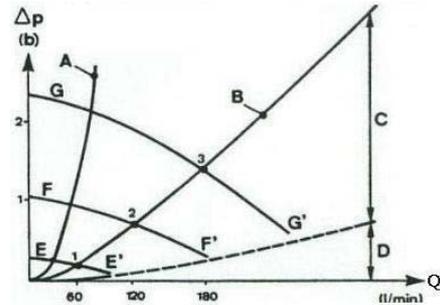


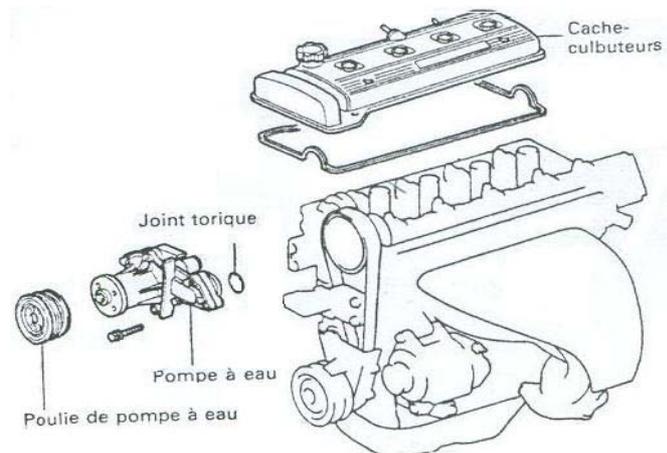
Figure n°. 17
A. Thermostat fermé
B. Thermostat ouvert
C = Pression en aval de pompe
D = Pression en amont de pompe
EE'. Courbe à 2000 tr/min
FF'. Courbe à 4000 tr/min
GG'. Courbe à 6000 tr/min

VI.2.6 LA PUISSANCE ABSORBÉE PAR LA POMPE A EAU°

La puissance fournie à la pompe pour faire circuler le débit d'eau nécessaire à haut régime peut atteindre environ 1,5 % jusqu'à 3 % de la puissance fournie par le moteur à pleine charge.

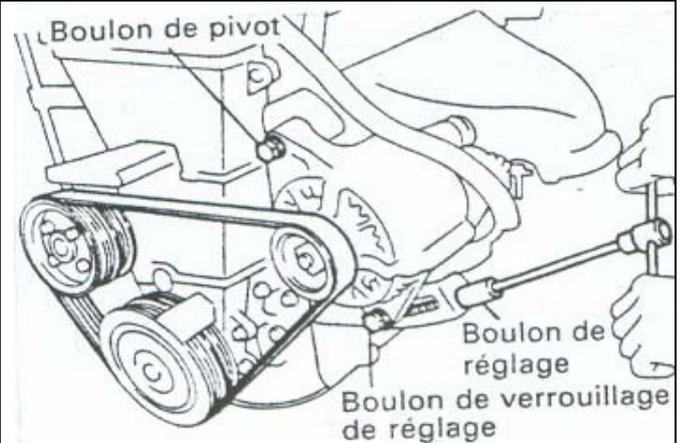
VI.2.7 DEPOSER ET REPOSER LA POMPE A EAU

DEPOSE

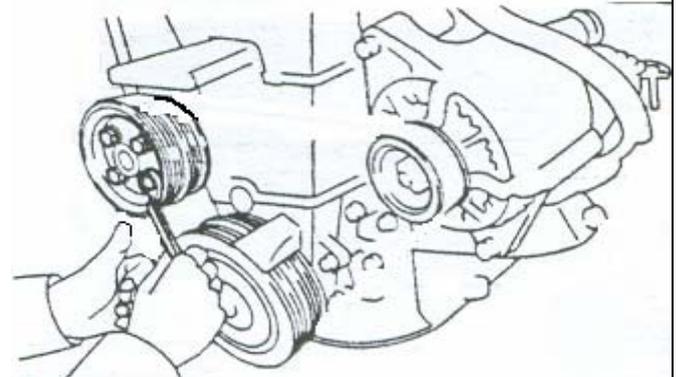


1. Vidanger le liquide de refroidissement.

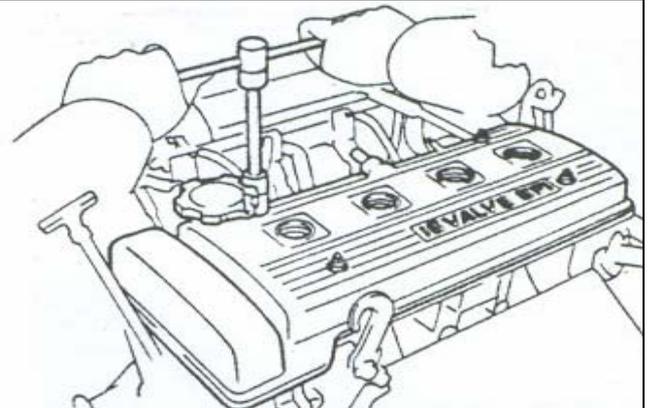
2. Desserrer le boulon de pivot et le boulon de verrouillage de l'alternateur.
3. Desserrer le boulon de réglage et déposer la courroie d'entraînement.



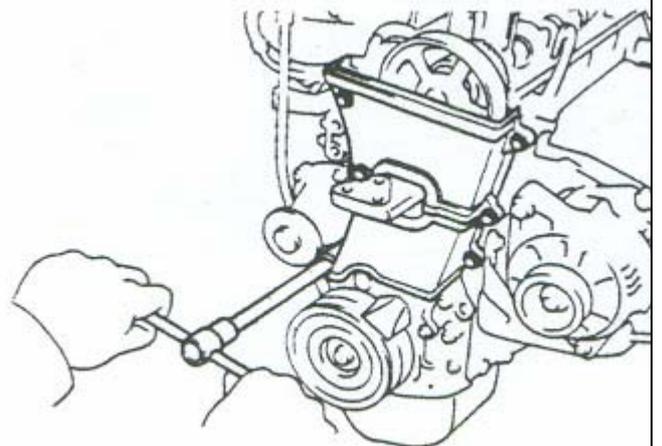
4. Desserrer les boulons de la poulie de pompe à eau et la déposer.



5. Déposer le cache culbuteurs.
 - Déconnecter les fils de connexion de l'alternateur.
 - Déconnecter le fil de connexion du contacteur de pression d'huile.
 - Déposer les écrous, les rondelles d'étanchéité, le cache culbuteurs et le joint.

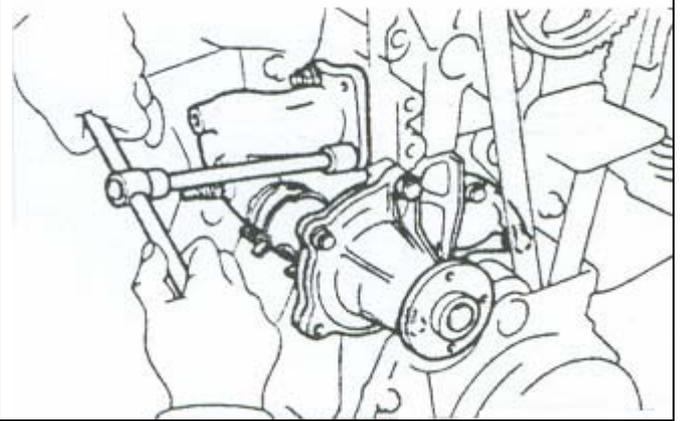


6. Déposer les couvercles de la courroie d'entraînement.
7. Déposer le faisceau de fils du système d'allumage.

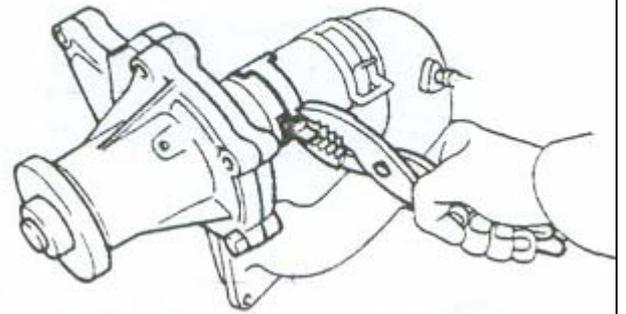


8. Débrancher le connecteur de la sonde de température d'eau.

9. Desserrer les écrous du raccord d'admission d'eau et les déposer.
10. Desserrer les boulons et déposer la pompe à eau ensemble avec le raccord d'admission d'eau.
11. déposer le joint torique du bloc cylindres.

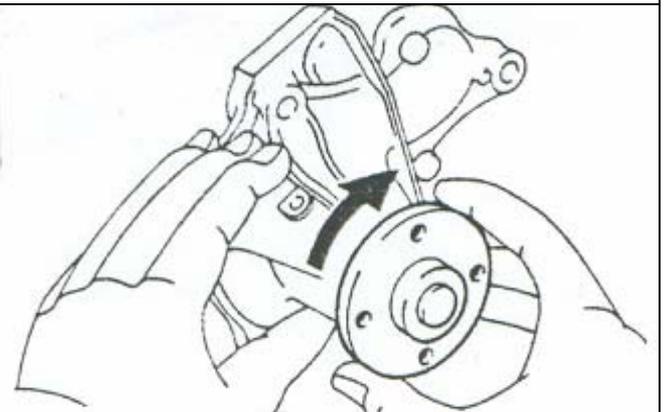


12. Séparer la pompe à l'eau et le raccord d'admission d'eau.



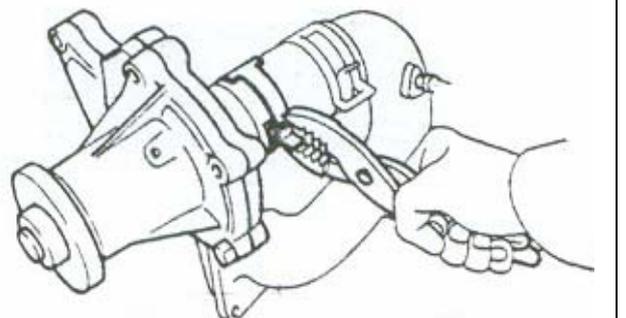
13. Contrôler la pompe à eau

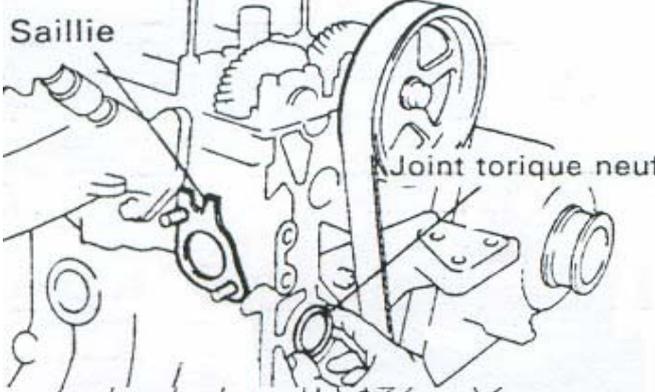
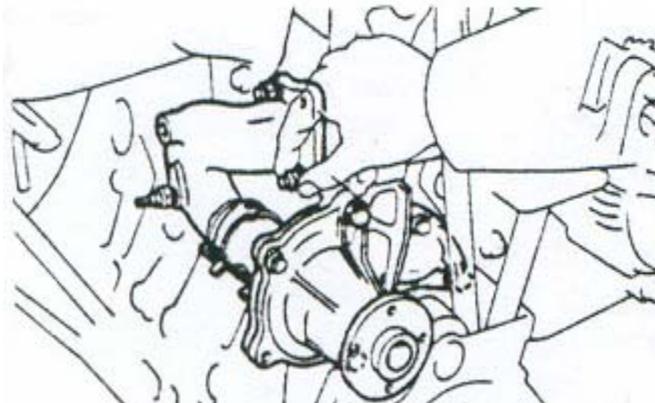
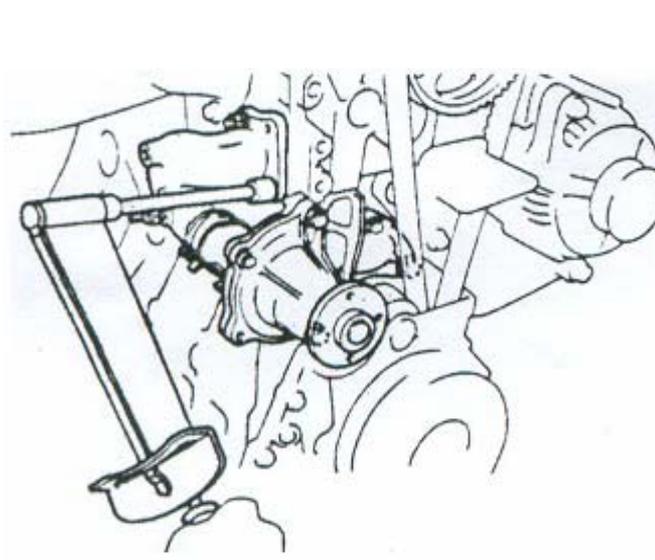
Tourner la poulie et vérifier que le roulement de la pompe tourne régulièrement et silencieusement.



REPOSE

1. Remonter la pompe à eau et le raccord d'admission d'eau.



<ol style="list-style-type: none"> 2. Mettre un joint torique neuf en position sur le bloc cylindres. 3. Mettre un joint torique neuf en position sur la culasse. 	 <p>Saillie</p> <p>Joint torique neuf</p>
<ol style="list-style-type: none"> 4. Reposer temporairement la pompe à eau et le raccord d'admission d'eau. 	
<ol style="list-style-type: none"> 5. Serrer les boulons et les écrous au couple de serrage recommandé par le constructeur. 6. Reposer les couvercles de la courroie de distribution. 7. Reposer la courroie d'entraînement. 8. Régler la tension de la courroie d'entraînement par les boulons de réglage et de verrouillage de l'alternateur. 9. Remplir le circuit de refroidissement et démarrer le moteur. 10. Effectuer le contrôle des fuites et la purge du système de refroidissement. 	

VI.3 LE THERMOSTAT

VI.3.1 NECESSITE

Lors du démarrage à froid, le moteur exige un dispositif afin qu'il atteigne la température Normale de fonctionnement en minimum de temps pour :

- Réduire les pertes par frottement par diminution de la viscosité d'huile.
- Limiter une mauvaise vaporisation d'essence qui peut se condenser le long des parois des cylindres, provoquant la dilution d'huile.
- Faciliter la combustion et diminuer la pollution.
- Faciliter le dégivrage des vitres.
- Améliorer le chauffage de l'habitacle lors du temps froid.

VI.3.2 ROLE

Le thermostat (figure n°.18) a le rôle de régler la température du liquide de refroidissement et de limiter la circulation de celui – ci dans le radiateur lors de réchauffement du moteur.

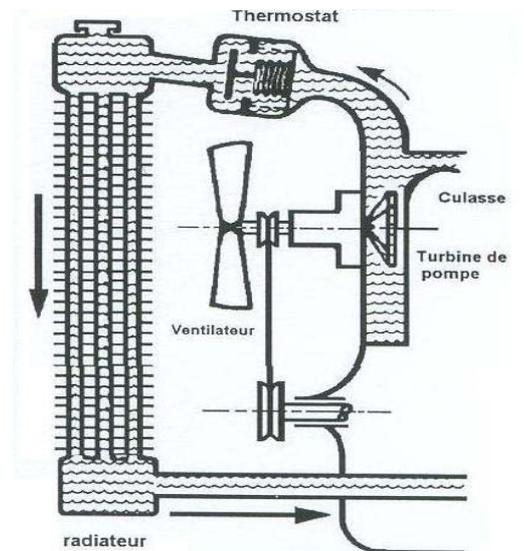


Figure n°.18

VI.3.3 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Les thermostats (figure n°.19) 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 fabricant. En effet, la température du liquide de refroidissement augmente ou diminue suivant les conditions de fonctionnement du moteur et le thermostat s'ouvre ou se ferme en fonction de ces changements.

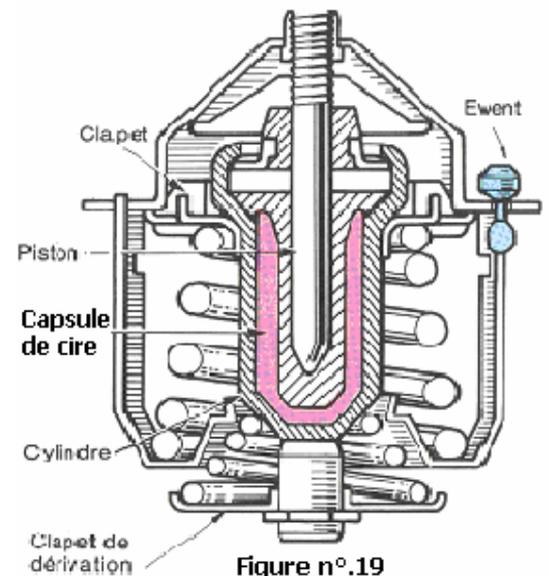


Figure n°.19

VI.3.4 TYPES DE THERMOSTATS

- Thermostat sans clapet de dérivation (figure n°.20)

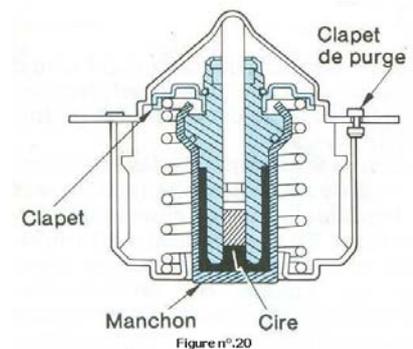


Figure n°.20

- **Thermostat avec clapet de dérivation ou thermostat à double effet (figure n°.21)**

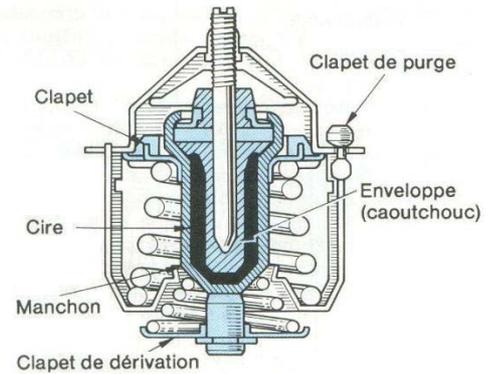


Figure n°.21

VI.3.5 TYPES DE CIRCUITS DE REFROIDISSEMENT

- **Circuit avec thermostat sans clapet de dérivation**

Dans ce cas, le thermostat est placé en sortie de la culasse. Le liquide de refroidissement emprunte le circuit de dérivation quelle que soit la température du liquide réfrigérant.

Fonctionnement :

a. Liquide réfrigérant froid (figure n°.22)

Lorsque la température du liquide de refroidissement est basse, le thermostat est fermé et interrompt alors le passage du liquide vers le radiateur.

Le liquide réfrigérant est envoyé vers le bloc cylindres et vers la culasse par la pompe à eau.

Ensuite, le liquide emprunte le circuit de dérivation et revient à la pompe à eau.

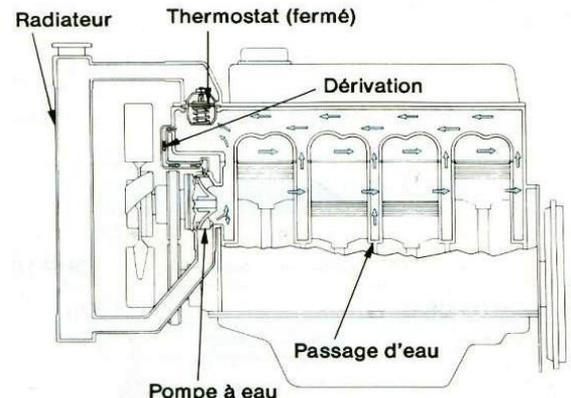


Figure n°. 22

b. Liquide réfrigérant chaud (figure n°.23)

Lorsque la température du liquide de refroidissement du moteur augmente, le thermostat s'ouvre. Le liquide emprunte alors le thermostat et arrive au radiateur où il est refroidi. Ensuite, le liquide revient à la pompe à eau, en passant également par le circuit de dérivation.

Inconvénient : Les chocs thermiques provoqués par les variations de températures en sortie de la culasse et l'entrée du bloc cylindres contribuent au vieillissement du joint de culasse.

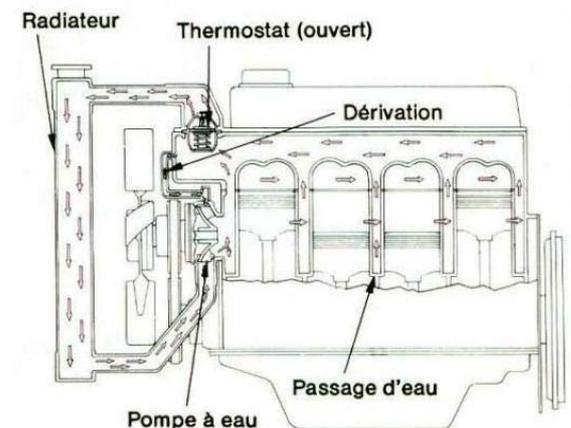


Figure n°.23

- **Circuit avec thermostat avec clapet de dérivation**

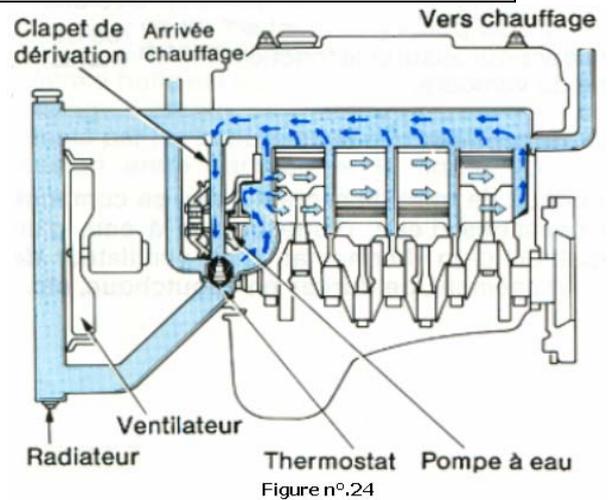
Dans ce cas, le thermostat est placé à l'entrée du moteur.

La circulation du liquide de refroidissement qui emprunte le circuit de dérivation est contrôlée par le clapet de dérivation en fonction de la température du liquide réfrigérant.

Fonctionnement :

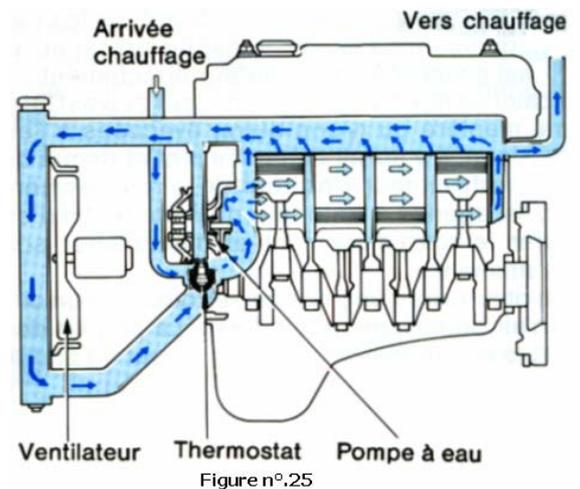
a. Liquide réfrigérant froid (figure n°.24)

Lorsque la température du liquide de refroidissement est basse, le thermostat est fermé et le clapet de dérivation est ouvert. Le liquide de refroidissement est envoyé par la pompe à eau dans le bloc cylindres et la culasse. Ensuite, le liquide emprunte le circuit de dérivation et revient à la pompe à eau.



b. Liquide réfrigérant chaud (figure n°.25)

Lorsque la température du liquide de refroidissement du moteur commence à augmenter, le thermostat s'ouvre et le clapet de dérivation se ferme. Le liquide de refroidissement chaud emprunte le radiateur où il est refroidi. Ensuite, le liquide de refroidissement traverse le thermostat et revient à la pompe à eau.



VI.4 LE RADIATEUR

VI.4.1 ROLE

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

VI.4.2 DESCRIPTION

La figure n°.26 montre les éléments composants d'un radiateur

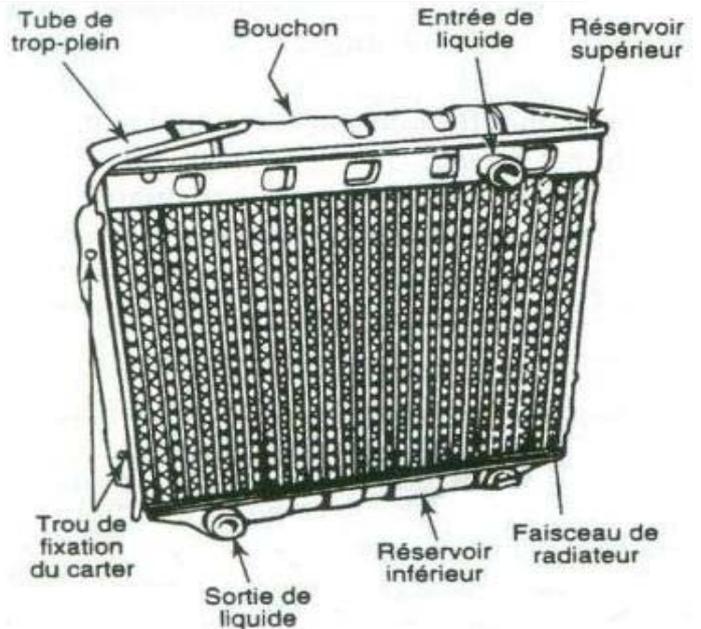


Figure n°.26

VI.4.2.a LES RESERVOIRS OU LES BOITES A EAU

ROLE :

Permettre la répartition du liquide de refroidissement entre les tubes du faisceau du radiateur.

EMPLACEMENT :

- Soit sur les parties supérieure et inférieure du faisceau du radiateur (figures n°.26 et n°.27)
- **Réservoir supérieur** (ou d'entrée)
- **Réservoir inférieur** (ou de sortie)
- Soit sur les parties latérales du faisceau du radiateur (figure n°.28)
-
- **Réservoir latéral d'entrée**
- **Réservoir latéral de sortie**

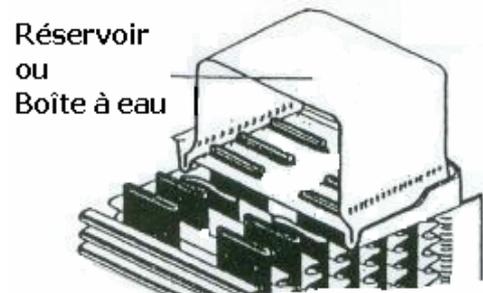


Figure n°.27

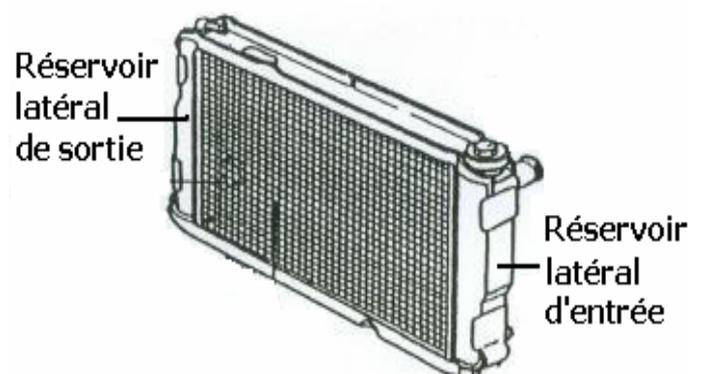


Figure n°.28

VI.4.2.b LE FAISCEAU (figures n° 29 et 30)

Le faisceau se divise en deux parties. Une partie comporte une série de canalisations étroites appelées **tubes** dans lesquels circule le liquide de refroidissement alors que l'air traverse l'autre partie qui comporte de nombreuses **aillettes** ou **intercalaires**.

- **Les tubes**

Rôle

Permettre la circulation du liquide de refroidissement

Forme

Les tubes peuvent être ronds (figure n°.29) ou plats (figure n°.30)

Pour améliorer les échanges thermiques entre le liquide réfrigérant et les tubes, on trouve parfois à l'intérieur de ceux – ci des **turbulateurs ou perturbateurs**.

Ces éléments sont simplement glissés dans les tubes et ont le rôle de briser les écoulements laminaires.

- **Les ailettes ou intercalaires**

Rôle

Permettre la circulation de l'air. Ces éléments forment des surfaces secondaires d'échange et sont liés thermiquement aux tubes soit par brassage, soit par sertissage.

Forme

Les ailettes sont des feuilles planes traversées par de tubes.(figure n°.31)

Les intercalaires sont des feuilles plissées en accordéon et intercalées entre les tubes. (figure n°.32)

- **Types de faisceaux**

- **A tubes** (figures n°.29 et 30)

- **A nids d'abeilles** (figure n°.33)

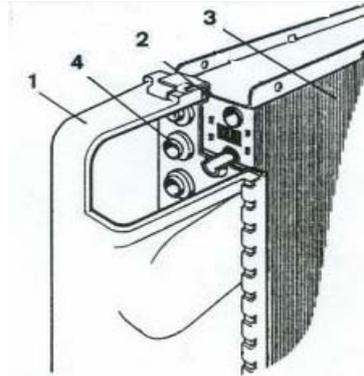


Figure n°.29

- 1.Réservoir(boîte d'eau)
- 2.Joint d'étanchéité
- 3.Faisceau
- 4.Tube rond

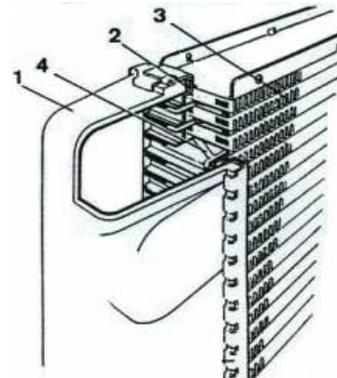


Figure n°.30

- 1.Réservoir(boîte à eau)
- 2.Joint d'étanchéité
- 3.Faisceau
- 4.Tube plat

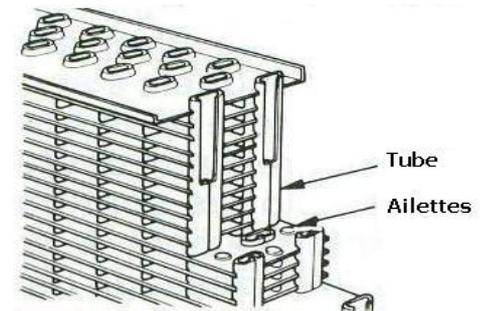


Figure n°.31 FAISCEAU DE RADIATEUR A AILETTES

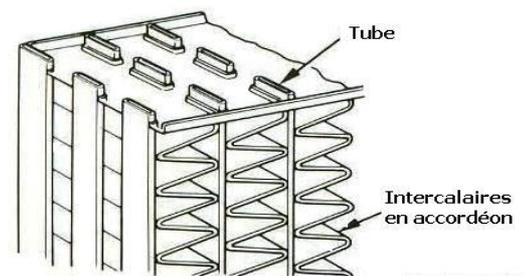


Figure n°.32 FAISCEAU DE RADIATEUR A INTERCALAIRES EN ACCORDEON

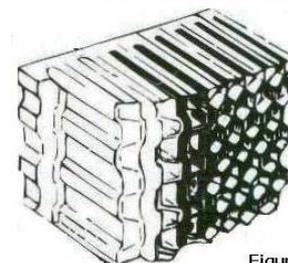


Figure n°.33

VI.4.2.c TYPES DE RADIATEURS

On fait la classification des radiateurs selon la direction d'écoulement du liquide réfrigérant :

Radiateur à circulation verticale (figure n°.34)

Le liquide de refroidissement venant des chemises d'eau et de la culasse circule sous pression dans le réservoir supérieur. Ensuite, il circule vers le bas dans les tubes du radiateur.

L'air circulant sur les ailettes absorbe la chaleur et le liquide refroidi atteint le réservoir inférieur et retourne dans le radiateur.

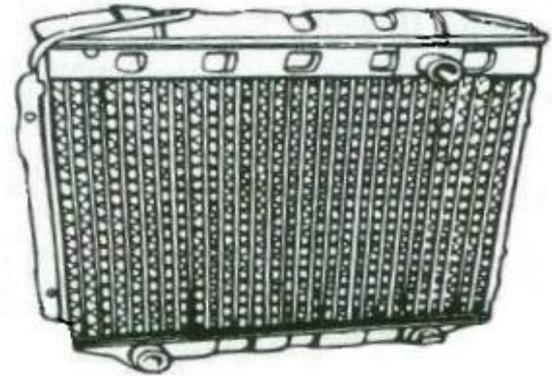


Figure n°.34

Radiateur à circulation horizontale (figure 35)

Ils sont plus utilisés par rapport aux réservoirs à circulation verticale étaient plus bas et plus larges, ce qui permet aux constructeurs de donner à l'avant du véhicule un profil plus aérodynamique.

Le liquide de refroidissement sous pression pénètre dans le réservoir latéral d'entrée et traverse le radiateur horizontalement jusqu'au réservoir de sortie et retourne dans le moteur.

La chaleur est prélevée par les ailettes et évacuée par l'air qui traverse le faisceau du radiateur.

Remarque :

Il y a deux types de radiateurs à circulation horizontale, respectivement ceux fabriqués en cuivre et ceux fabriqués en aluminium. Ils fonctionnent de la même façon, mais leur réparation est différente.

Les radiateurs en cuivre / laiton ont les deux réservoirs latérales soudés au faisceau.

Lorsqu'il y a un bris majeur sur un des éléments, il faut le remplacer ou le faire réparer dans un atelier spécialisé.

Les radiateurs en aluminium (figure n°36) peuvent être assemblés mécaniquement et le faisceau peut être brasé lors de l'assemblage.

S'il survient un dommage au radiateur, alors il est possible de remplacer seulement un des éléments défectueux.

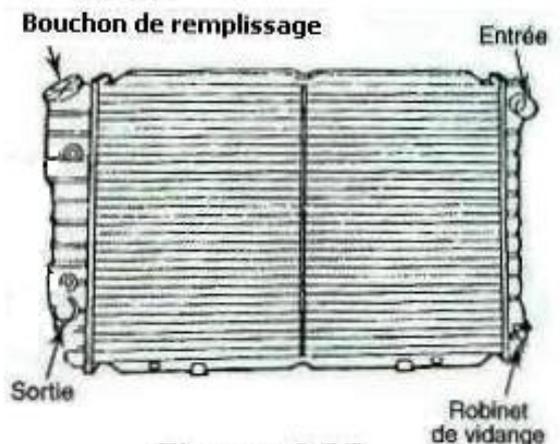


Figure n°.35

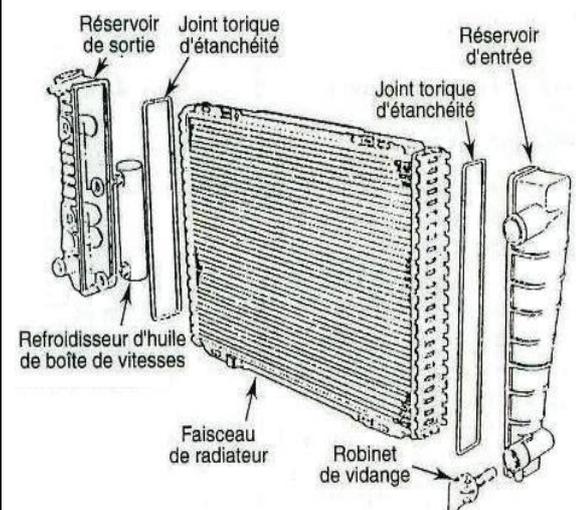


Figure n°.36

VI.5 VENTILATEURS

VI.5.1 NECESSITE

La ventilation a le rôle de maintenir une température constante lors du fonctionnement du moteur, quelles que soient la charge due celui-ci et la vitesse de déplacement du véhicule

La ventilation est réalisée :

- Par l'avancement du véhicule (effet dynamique)

Dans ce cas, l'évacuation de la grande quantité d'air qui traverse le radiateur et pénètre sous le capot est effectuée avec difficulté.

-Par un ventilateur (figure n°.37)

Dans le cas où l'effet dynamique est insuffisant (le véhicule est à l'arrêt avec le moteur en fonctionnement, ou il se déplace avec faible vitesse.)

VI.5.2 ROLE

Activer le refroidissement du liquide réfrigérant par l'aspiration de l'air à travers le faisceau du radiateur.

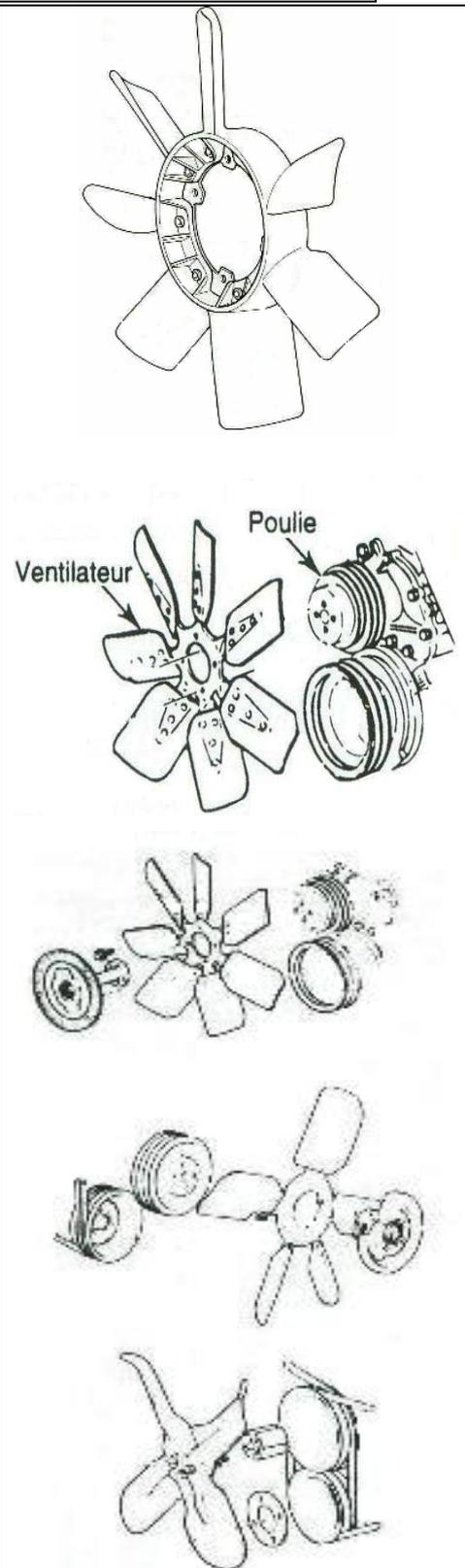


Figure n°.37

VI.5.3 TYPES DE VENTILATEURS

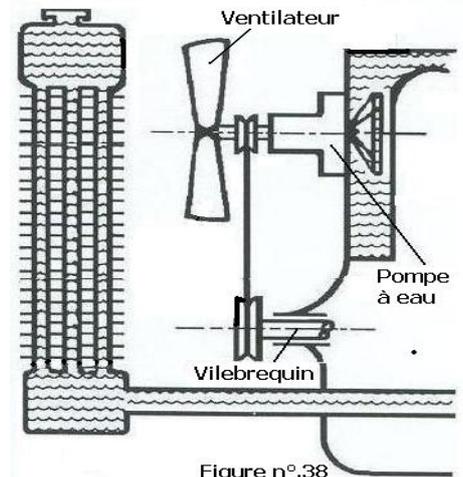
VI.5.3.1. VENTILATEURS ENTRAINES EN PERMANENCE

Dans ce cas, le ventilateur, qui est monté sur l'arbre de la pompe à eau est entraîné à la même vitesse de rotation que le vilebrequin par l'entremise d'une courroie qui actionne aussi la pompe à eau. (figure n°.38)

Avantage : Simplicité de l'entraînement

Inconvénient :

- Inutilité à grande vitesse de déplacement du véhicule.
- Fonctionnement indépendant de la température du moteur.
- Absorption de puissance du moteur.



Remarques :

1. La plupart des systèmes de refroidissement ont un déflecteur (figure n°.39) qui a les fonctions suivantes :
 - Concentrer le courant d'air
 - Augmenter la capacité de refroidissement que peut accomplir le ventilateur.

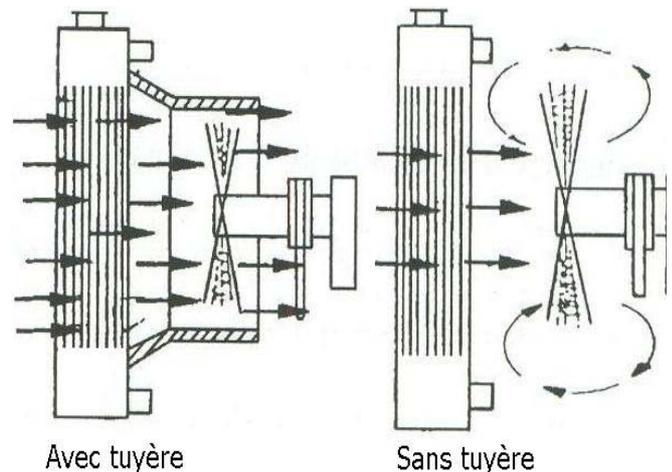


Figure n°.39

2. Certains systèmes de refroidissement sont équipés d'un ventilateur entraîné en permanence à pales flexibles qui tendent à se redresser à mesure que le ventilateur tourne plus rapidement (figure n°.40)

Ce mécanisme a pour fonctions :

- Conserver l'énergie à la vitesse de croisière.
- Offrir une meilleure ventilation à faible vitesse de déplacement.
- Réduire le bruit lorsque le moteur tourne à plein régime.

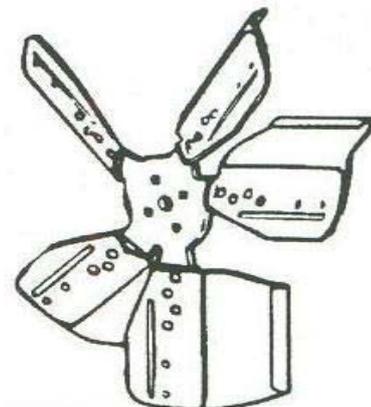
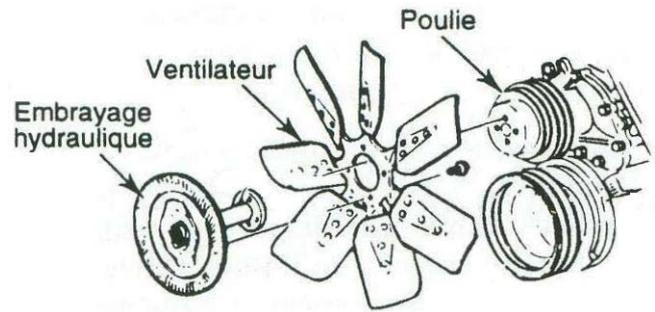


Figure n°.40

VL5.3.2 VENTILATEURS COMANDES



a. Nécessité :

Pour éliminer les inconvénients des ventilateurs entraînés en permanence, la solution technique consiste à utiliser un système qui commande le fonctionnement du ventilateur uniquement lorsque la température de fonctionnement du moteur l'exige.

Il s'avère intéressant de désolidariser le ventilateur de la pompe à eau, la vitesse de rotation de celle-ci étant proportionnelle que celle du moteur.

Le tableau suivant fait une comparaison entre un ventilateur entraîné en permanence et un ventilateur commandé dans différentes conditions de fonctionnement du moteur.

Conditions de fonctionnement	Vitesse de rotation du moteur et pompe à eau	Vitesse de passage de l'air dans le radiateur	Température du liquide dans le moteur	Thermostat	Ventilateur permanent	Ventilateur commandé
Départ	moyenne	variable	basse	fermé	tourne	arrêté
Moteur chaud sur route	élevée	élevée	normale	ouvert	tourne	arrêté
Moteur peine (pleine charge)	moyenne	moyenne	élevée	ouvert	tourne moins vite	tourne à vitesse élevée
Circulation urbaine	lente	presque nulle	élevée	ouvert	tourne lentement	tourne à vitesse élevée

b. Conclusion :

Le système de ventilation par ventilateur commandé tient compte de la température du liquide de refroidissement dans le radiateur, en fonction :

- De la température du liquide réfrigérant dans le moteur.
- De l'ouverture ou fermeture du thermostat.
- De la vitesse de rotation de l'axe de la pompe à l'eau.
- De la vitesse d'air qui traverse le radiateur.

c. Avantages du système :

- Régulation plus précise de la température du liquide de refroidissement.
- Amélioration de la combustion.
- Economie d'énergie, étant donné que le ventilateur ne fonctionne qu'au moment approprié.

d. TYPES DE VENTILATEURS COMMANDES :

d.1 VENTILATEUR ENTRAINE PAR LE MOTEUR ET A COMMANDE ELECTROMAGNETIQUE (OU VENTILATEUR DEBRAYABLE)

Le ventilateur peut être solidarisé ou désolidarisé de l'arbre de la pompe à eau par l'entremise d'un électro – aimant B (figure n°.41 pour une température d'eau déterminée).

L'électro – aimant est alimenté en courant électrique à partir d'un thermo contact généralement monté sur le radiateur.

On évite ainsi le fonctionnement inutile du ventilateur à froid, mais lorsque le moteur est chaud et tourne au ralenti, le ventilateur tourne lentement, ce qui n'est pas souhaitable.

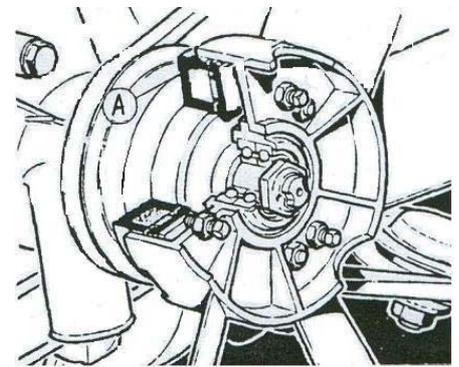


Figure n°.41

d.2 VENTILATEUR ENTRAINE PAR LE MOTEUR ET À COMMANDE A VISCOCOUPLEUR

Le ventilateur est fixé à la poulie d'entraînement par l'entremise d'un embrayage hydraulique à commande thermique.

Ce type de ventilateur est muni d'une soupape commandée par un enroulement thermostatique ou bilame (figure n° 42).

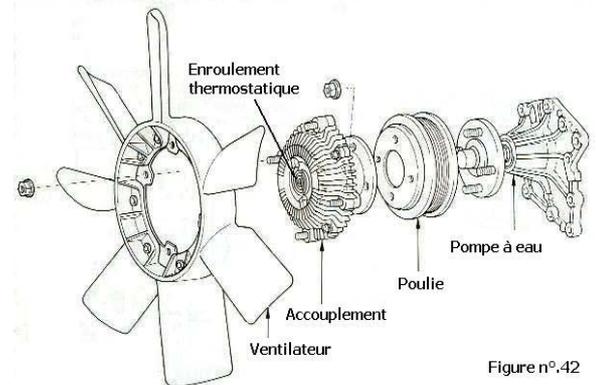


Figure n°.42

Fonctionnement : (figure n°. 43)

Lorsque l'enroulement thermostatique est froid, l'orifice de la soupape est fermé. Cela empêche l'huile spéciale à base de silicone de pénétrer dans la chambre de travail et le ventilateur tourne alors moins vite que la poulie d'entraînement.

Au fur et à mesure que le radiateur se réchauffe, l'air qui traverse le faisceau chauffe l'enroulement thermostatique qui fait alors ouvrir la soupape.

L'huile pénètre dans la chambre de travail où elle est entraînée par les ailettes de la turbine qui est solidaire avec le plateau rotor.

Le ventilateur commence alors à tourner à même vitesse de rotation que celle du plateau rotor qui est entraîné par le moteur jusqu'à ce que l'accouple – ment commence à patiner, ce qui limite le régime de pointe du ventilateur.

Etant donné que la rotation du ventilateur fait baisser la température du liquide réfrigérant dans le radiateur, l'enroulement thermostatique ferme la soupape et le ventilateur se remet à tourner à vide.

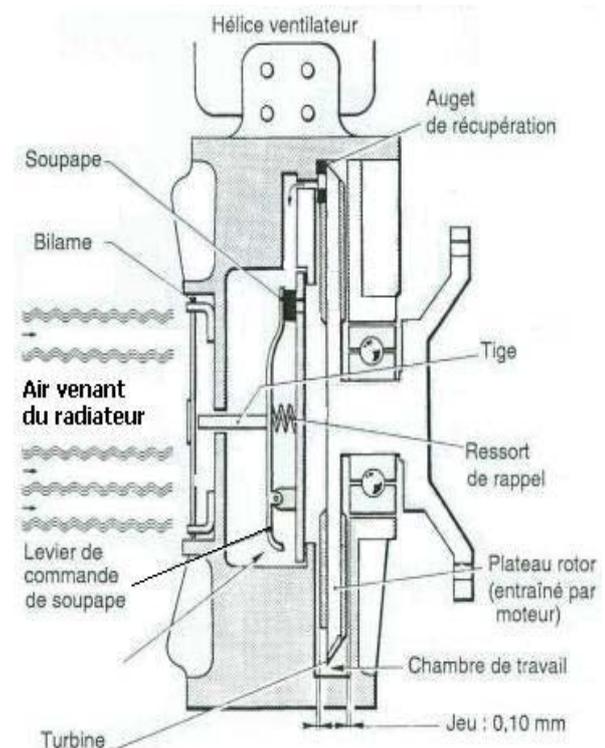


Figure n°.43

d.3 VENTILATEUR INDEPENDANT DU MOTEUR A COMMANDE ELECTRIQUE

Le ventilateur est entraîné par un moteur électrique d'une puissance d'environ 100 w à 300 w (figure n° 44)

Dans le cas des véhicules climatisés, pour refroidir le condenseur en plus du radiateur, on peut trouver parfois deux ventilateurs.

La figure n°.45 montre le schéma de principe de ce type de système de refroidissement.

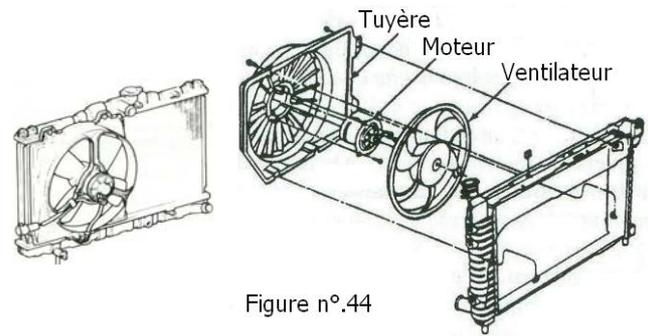


Figure n°.44

Avantages :

- Facilité d'implantation dans le compartiment moteur.
- Possibilité de commande en fonction de la température du liquide de refroidissement par l'intermédiaire d'une sonde de température (thermo contact) placé d'habitude sur le radiateur.

Inconvénient :

Le bruit important dans le cas d'un fonctionnement en tout ou en rien.

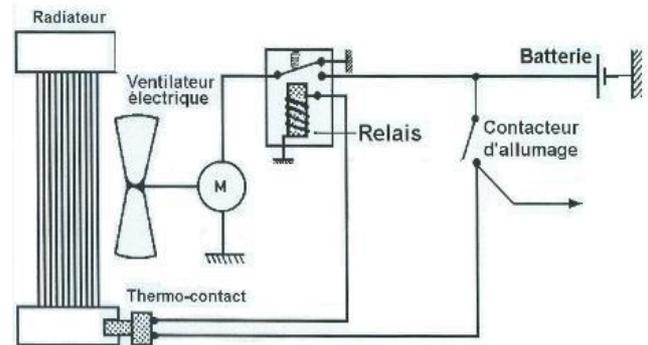


Figure n°.45

FONCTIONNEMENT

1. Température du liquide réfrigérant est basse (inférieure à 80° C (figure n°.46))

La sonde de température du liquide de refroidissement est fermée et le relais est mis à la masse.

Dans ce cas, l'enroulement du relais du ventilateur maintient les contacts ouverts et le moteur électrique du ventilateur ne fonctionne pas.

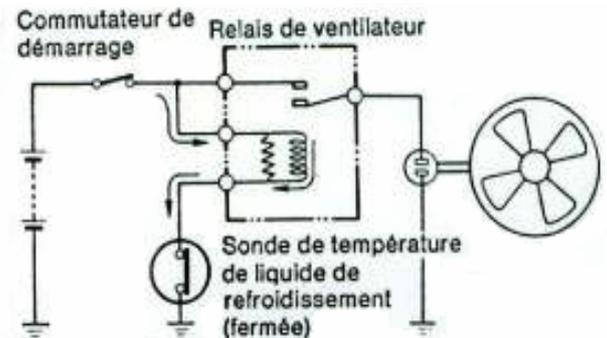


Figure n°.46

2. Température du liquide réfrigérant est élevée (supérieure à 90° C (figure n°.47))

La sonde de température du liquide de refroidissement s'ouvre et le circuit de mise à la masse du relais est interrompu.

Etant donné que l'enroulement du relais de ventilateur n'est plus parcouru par le courant électrique, les contacts se ferment et le moteur du ventilateur commence à fonctionner.

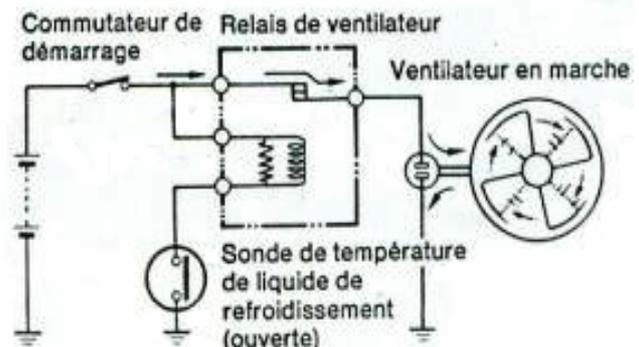


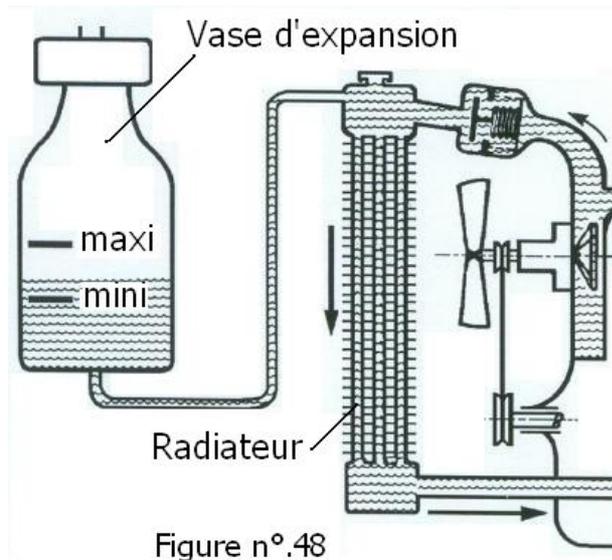
Figure n°.47

VI.6 VASE D'EXPANSION

VI.6.1 ROLE

Le vase d'expansion ou le réservoir d'expansion (figure n° 48) est en communication permanente avec le radiateur et sert à compenser les variations de volume du liquide réfrigérant dues à l'échauffement et au refroidissement du moteur.

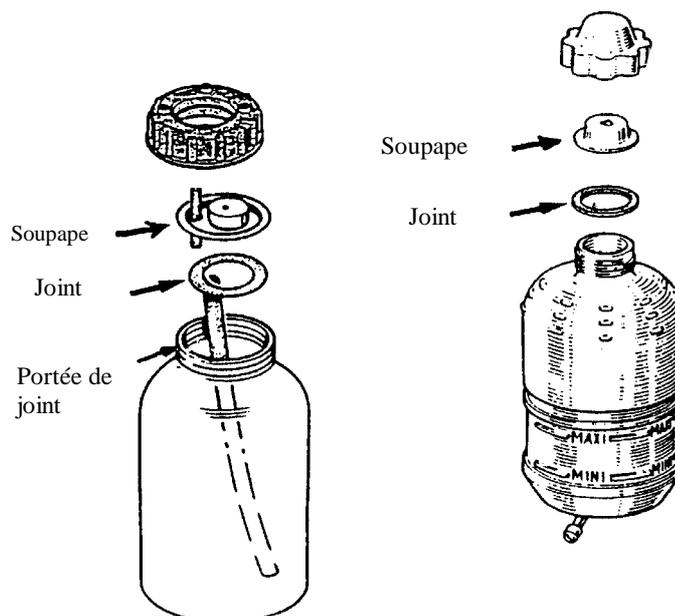
Ainsi, il maintient un niveau maximum constant dans le radiateur et empêche la consommation du liquide de refroidissement.



VI.6.2 DESCRIPTION

Le vase d'expansion peut être fabriqué en tôle, en verre ou en matière plastique. Il comporte de repères des niveaux maximum et minimum (figure n°.48).

Le bouchon placé sur l'orifice de remplissage comporte une soupape de pression – dépression (figure n°.49).



VI.7 LE BOUCHON DE RADIATEUR (Figure n°.50)

Placé sur l'orifice de remplissage du radiateur, il a les fonctions suivantes :

- Assurer le remplissage du système de refroidissement.
- Augmenter la pression du système de refroidissement.
- Protéger le circuit de refroidissement.

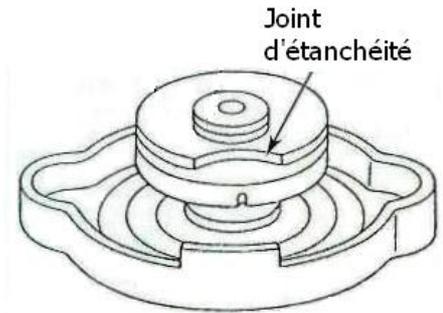


Figure n°.50

VI.8 LES BOUCHONS DE VIDANGE

VI.8.1 LE BOUCHON DE VIDANGE DE RADIATEUR

Pour vider le radiateur de son liquide réfrigérant lors des interventions sur le système de refroidissement, il faut ouvrir le bouchon de vidange (figure n°.51).

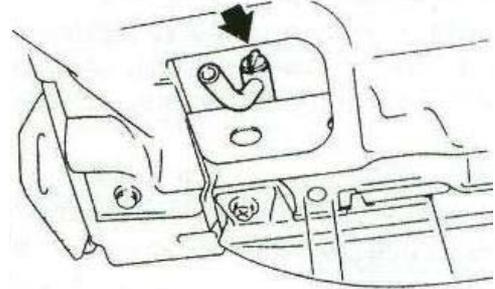


Figure n°.51

VI.8.2 LE BOUCHON DE VIDANGE DU BLOC CYLINDRES

L'ouverture du bouchon du radiateur ne permet pas de vider complètement le système de refroidissement.

Il est nécessaire également de vider le bloc cylindres par son bouchon de vidange (figure n°.52)

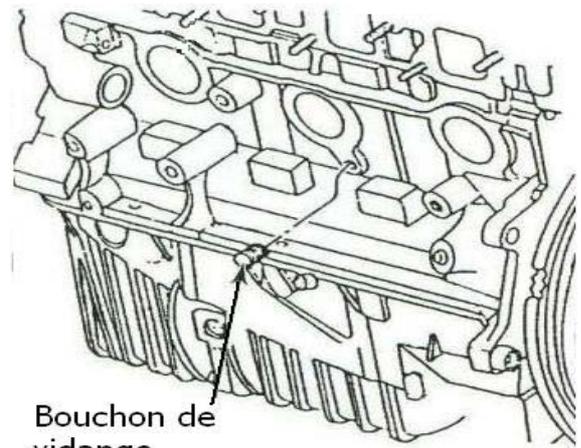


Figure n°.52

VI.9 LES DURITES DE RADIATEUR

Rôle :

Acheminer le liquide de refroidissement entre le moteur et le radiateur.

Emplacement : (figure n°.53)

- La durite supérieure relie la sortie du thermostat au réservoir d'entrée du radiateur.
- La durite inférieure relie réservoir de sortie du radiateur à la pompe à eau

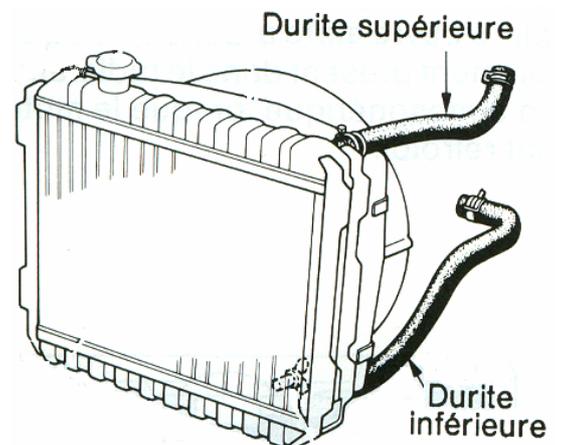


Figure n°.53

Matériel :

Les durites sont fabriquées en élastomère de type Ethylène – Propylène (caoutchouc) vulcanisé avec renforcement en textile ou en métal.

Types de durites :

- a. **Durites moulées (figure n°.54 °**
Elles comportent soit de plis (couches), soit De renforts métalliques en spirale insérés à l'intérieur de ces durites pour augmenter leur résistance.
- b. **Durites en accordéon (figure n°.55)**
Elles sont droites et peuvent être pliées facilement pour prendre la forme souhaitée sans aplatir leur section.

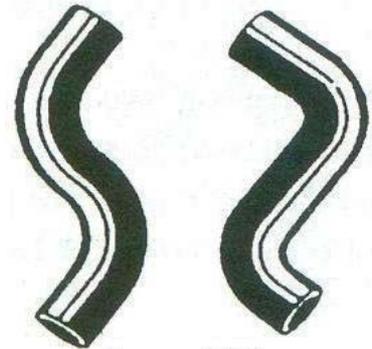


Figure n°.54



Figure n°.55

VI.10 LES COLIERS DE SERRAGE

Rôle : Assurer l'étanchéité des connexions et d'empêcher les fuites du liquide de refroidissement.

Montage : Aux extrémités des durites.

Types : (figures n°.56)

- a. **A vis**
- b. **Elastiques**
- c. **A crémaillère**

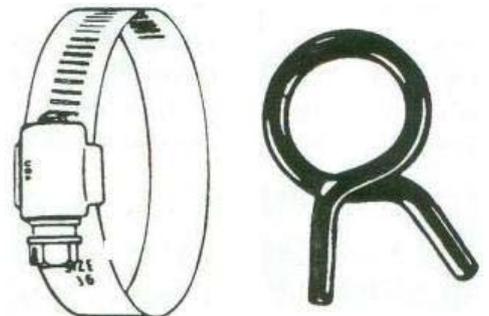


Figure n°.56

VI.11 LES COURROIES D'ENTRAÎNEMENT

Rôle : Entraîner la pompe à eau ,le ventilateur et les autres dispositifs à poulie montés sur le moteur .

Types :
Il existe trois types de courroies :

Courroie trapézoïdale (figure n°.57)

Courroie en « V » crantée (figure n°.58)

Courroie striée en « V » (figure n°.59)

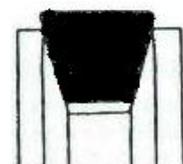


Figure n°.57



Figure n°.58



Figure n°.59

VII CIRCUITS DE REFROIDISSEMENT PRESSURISES

VII.1 NECESSITE

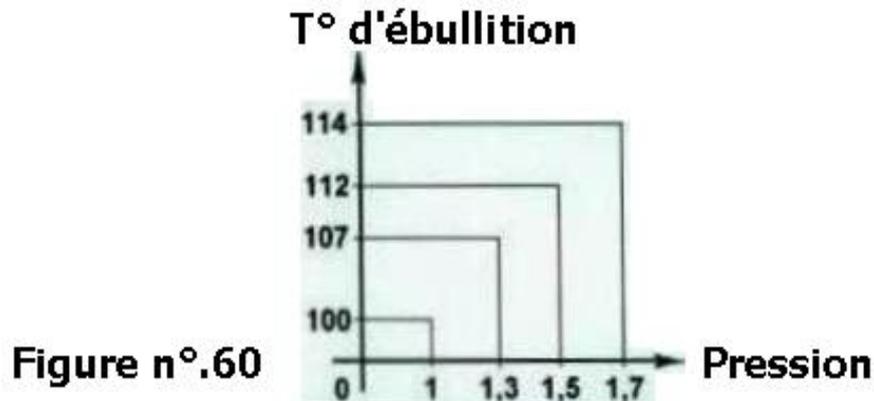
Pour améliorer le rendement des moteurs ,il est souhaitable d'augmenter sensiblement Leur température moyenne de fonctionnement

L'inconvénient du circuit de refroidissement à la pression atmosphérique :

A la pression atmosphérique normale de 101 ,3 k Pa ,l'eau bout à 100° C.

Solution technique :

Etant donnée que la température d'ébullition d'eau augmente avec la pression (figure n°.60) ,il est possible d'élever le point d'ébullition de l'eau en mettant le circuit de refroidissement sous pression.



On peut augmenter la pression par de bouchons de pression placés sur le radiateur ou sur le vase d'expansion.

En augmentant la pression du système de refroidissement à 10 kPa ,la température d'ébullition d'eau augmente d'environ 2° C.

Remarque :

Utilisant des circuits de refroidissement tarés à 150 kPa (1,5 bars), on peut augmenter la température d'ébullition d'eau jusqu'à 127° C.

VII.2 TYPES DE CIRCUITS DE REFROIDISSEMENT PRESSURISSES

VII.2.1 CIRCUIT DE REFROIDISSEMENT A LA PRESSION ATMOSPHERIQUE (figure n°.61)

Dans ce système, la pression est maintenue grâce Au bouchon de pression (1) muni d'une soupape (3) maintenue sur son siège par le ressort taré (2).

Fonctionnement :

Lorsque la température du liquide réfrigérant augmente, celui - ci se dilate.

La pression crée dans le système devienne supérieure à celle du ressort taré et la soupape s'ouvre permettant au liquide de refroidissement s'échapper par le tube de trop plein (4).

Inconvénient :

Ce système exige un entretien régulier pace qu'il faudra refaire le niveau du liquide dans le radiateur car la quantité de liquide qui a débordée est perdue.

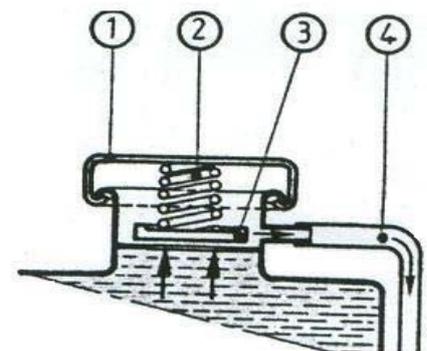


Figure n°.61

Circuit de refroidissement sous pression

- 1.Bouchon de pression
- 2.Ressort taré
- 3.Soupape
- 4.Tube de trop plein

VII.2.2 CIRCUIT DE REFROIDISSEMENT NON SCELLE

Le bouchon du radiateur (figure n°.62) comporte deux soupapes :

- **Soupape de surpression ou de décharge**
- **Soupape de dépression**

Les soupapes sont soumises à l'action d'un ressort taré qui réagira sous l'effet des différentes pressions exercées dans le radiateur.

Fonctionnement :

Soupape de surpression en action (figure n°.63)

Si la pression du système de refroidissement devient plus élevée que celle du ressort taré du bouchon, la soupape de surpression s'ouvre pour relâcher le liquide de refroidissement ainsi que les vapeurs s'échapper par le tube de trop plein relié au vase d'expansion, là où le liquide réfrigérant est gardé en réserve.

Soupape de dépression en action (figure n°.64)

Lorsque le moteur est arrêté, les vapeurs dans le système de refroidissement se condensent et créent une dépression dans le système de refroidissement.

Dans ce cas, la soupape de dépression s'ouvre pour admettre le liquide réfrigérant provenant du vase d'expansion dans le radiateur.

VII.2.3 CIRCUIT DE REFROIDISSEMENT SCELLE (figure n°.65)

Dans ce cas, le bouchon de pression est placé sur l'orifice du vase d'expansion. Parfois, le vase d'expansion est intégré au radiateur.

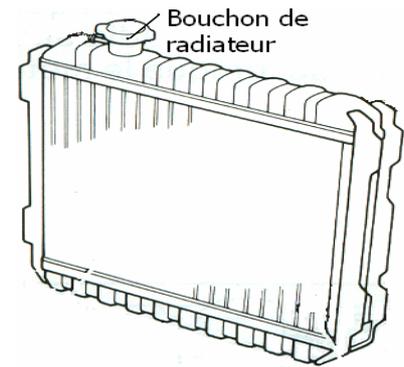


Figure n°. 62

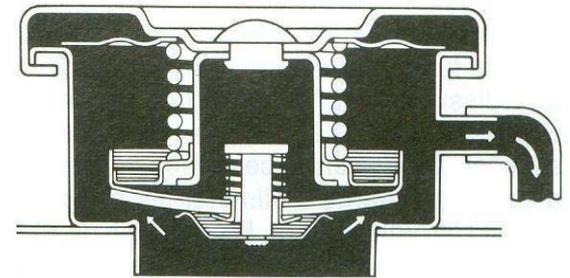


Figure n°.63

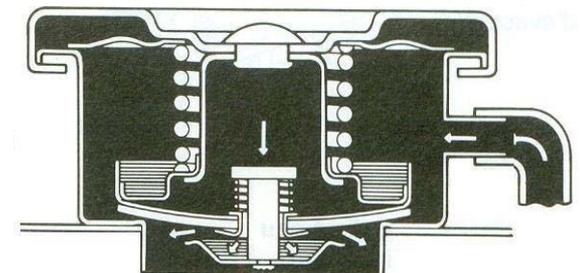


Figure n°.64

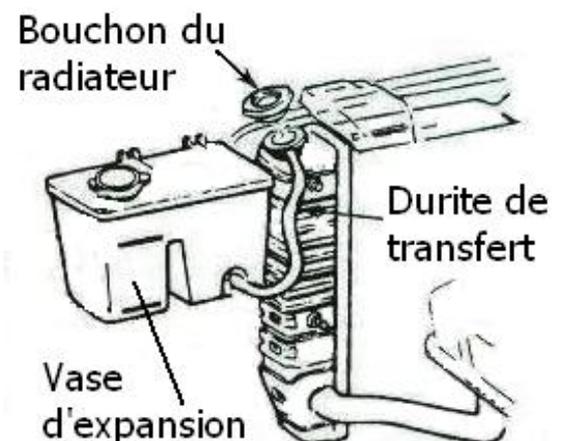


Figure n°.65

Le bouchon de pression (figure n°.66) comporte deux

clapets :

Le clapet de pression (8) permettant à l'air et à vapeur de s'échapper.

Le tarage du ressort (2) qui maintient ce clapet sur son siège est de 0,8 bar à 1,4 bars.

Le clapet de dépression (6) permettant de rétablir l'équilibre avec la pression atmosphérique.

Le ressort qui maintient ce clapet sur son siège est taré à 0,05 bar.

Fonctionnement :

Clapet de pression en action (figure n°.67)

Lorsque le liquide de refroidissement s'échauffe pendant le fonctionnement du moteur, il se dilate et une partie de celui-ci s'écoule dans le vase d'expansion qui est déjà partiellement rempli. Si la quantité de liquide réfrigérant dans le vase d'expansion augmente, l'air contenu au-dessus de ce liquide est comprimé et sa pression devient plus importante que celle du ressort (2).

Le clapet (8) est soulevé de son siège et l'air est échappé vers l'extérieur.

Clapet de dépression en action (figure n°.68)

Lorsque le liquide de refroidissement se refroidit son volume diminue.

Le volume d'air comprimé dans le vase d'expansion lors l'échauffement du liquide réfrigérant, contraint le liquide à s'écouler en sens inverse, vers le radiateur. La pression d'air dans le vase d'expansion chute et devient inférieure à la pression atmosphérique. Le ressort (3) est comprimé et le clapet (8) est soulevé de son siège.

L'air entre dans le vase d'expansion et le liquide de refroidissement revient à la pression atmosphérique ce qui assure l'écoulement jusqu'à ce que le niveau du liquide réfrigérant dans le radiateur soit rétabli.

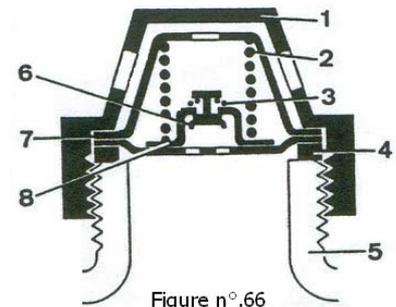


Figure n°.66

- | | |
|------------------------------------|-------------------------|
| 1. Bouchon | 5. Vase d'expansion |
| 2. Ressort du clapet de pression | 6. Clapet de dépression |
| 3. Ressort du clapet de dépression | 7. Corps de soupape |
| 4. Joint d'étanchéité | 8. Clapet de pression |

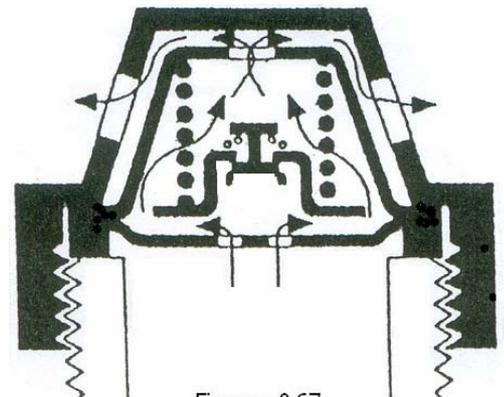


Figure n°.67

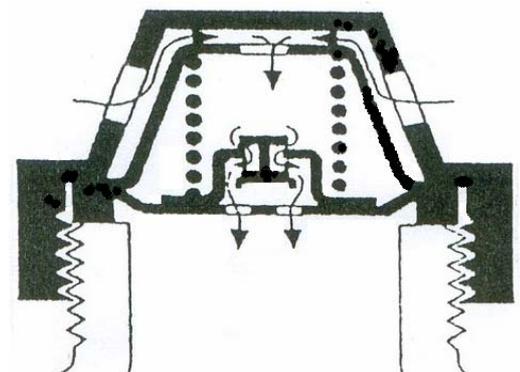


Figure n°.68

VIII DEGAZAGE DU CIRCUIT DE REFROIDISSEMENT

Il existe deux types de circuits de refroidissement au niveau de dégazage :

VIII 1 CIRCUIT DE REFROIDISSEMENT AVEC VASE D'EXPANSION SANS CIRCULATION D'EAU OU BOÎTES FROIDES (figure n°.69)

Dans ce cas, le tube de communication entre le radiateur et le vase d'expansion se trouve en dessous du niveau du liquide de refroidissement contenu dans le vase, étant placé en partie haute du radiateur ou en sortie de la culasse.

Il n'y a pas de pénétration d'air dans le circuit de refroidissement lorsque le liquide va refroidir et repasser en direction du moteur.

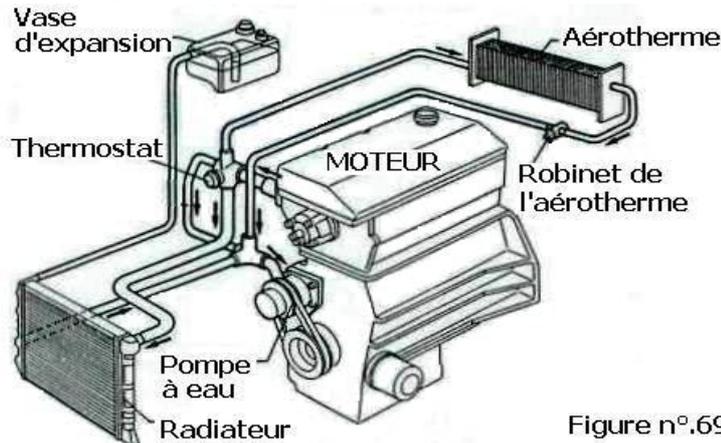


Figure n°.69

VIII 2 CIRCUIT DE REFROIDISSEMENT AVEC VASE D'EXPANSION AVEC CIRCULATION D'EAU OU BOÎTES CHAUDES (figure n°.70)

Dans ce cas, la circulation du liquide de refroidissement à l'intérieur du vase d'expansion assure un meilleur dégazage par l'entraînement des bulles d'air se trouvant dans le circuit de refroidissement vers le point plus haut du circuit.

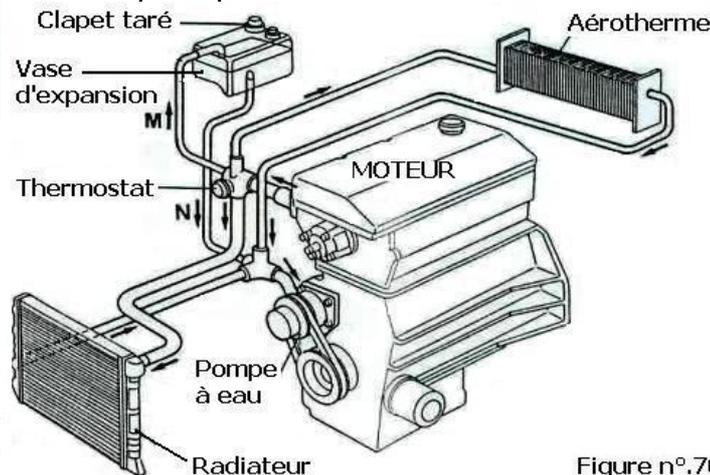


Figure n°.70

VIII.3 COMPARAISON ENTRE LES DEUX CIRCUITS

- Le circuit de dégazage avec vase d'expansion sans circulation d'eau réduit le temps de mise en température du circuit de refroidissement par la diminution de la quantité d'eau en circulation (thermostat fermé) et par la diminution des surfaces peuvent provoquer de pertes de calories.
- Le circuit de dégazage avec vase d'expansion avec circulation d'eau assure un dégazage plus efficace lors de la mise en température du circuit de refroidissement (thermostat fermé).

IX LIQUIDE DE REFROIDISSEMENT

IX. 1 NECESSITE

L'emploi exclusif de l'eau dans le système de refroidissement présente les inconvénients suivants :

- L'eau gèle à 0° C ou moins et cela peut causer le bris du bloc cylindre ,de la culasse ou du radiateur.
- L'eau s'évapore rapidement lorsqu'elle atteint son point d'ébullition.
- L'eau provoque la rouille des chemises du bloc cylindre et de la culasse.
-

IX. 2 SOLUTIONS

- **Utilisation d'un mélange d'eau et d'antigel non permanent.**
 - Dans ce cas, il faut vidanger le circuit de refroidissement et le remplir d'un mélange d'eau et d'antigel avant chaque hiver.
- **Utilisation d'un mélange d'eau et d'antigel permanent**
 - Quelles que soient les conditions climatiques, le mélange d'eau et d'antigel est permanent. Il n'est pas nécessaire de vidanger le circuit de refroidissement lors des changements de saison.

IX. 3 CONSTITUTION DE L'ANTIGEL

- **Ethylène glycol**
- **Aditifs**
- **Inhibiteurs** (nécessaires pour éviter la décomposition du mélange antigel à forte température et pour neutraliser les effets corrosifs contenus dans l'eau.)

IX. 4 AVANTAGES OBTENUS PAR L'UTILISATION DU MELANGE ANTIGEL

- Elever le point d'ébullition du liquide de refroidissement.
- Abaisser considérablement la température de gel du liquide de refroidissement
- Limiter l'évaporation du liquide réfrigérant.
- Protéger les surfaces métalliques des organes touchés par le liquide de refroidissement, ainsi que les joints et les durites.

IX. 5 LA QUANTITE D'ANTIGEL UTILISEE POUR LA PREPARATION DU MELANGE

Il est important de choisir la quantité d'antigel pour la préparation du mélange, en fonction de la capacité du système de refroidissement du moteur.

Le manuel du fabricant indique les contenances des systèmes de refroidissement.

Le tableau (figure n°.71) indique les proportions d'éthylène glycol et d'eau nécessaires au système de refroidissement pour qu'il résiste aux variations de températures.

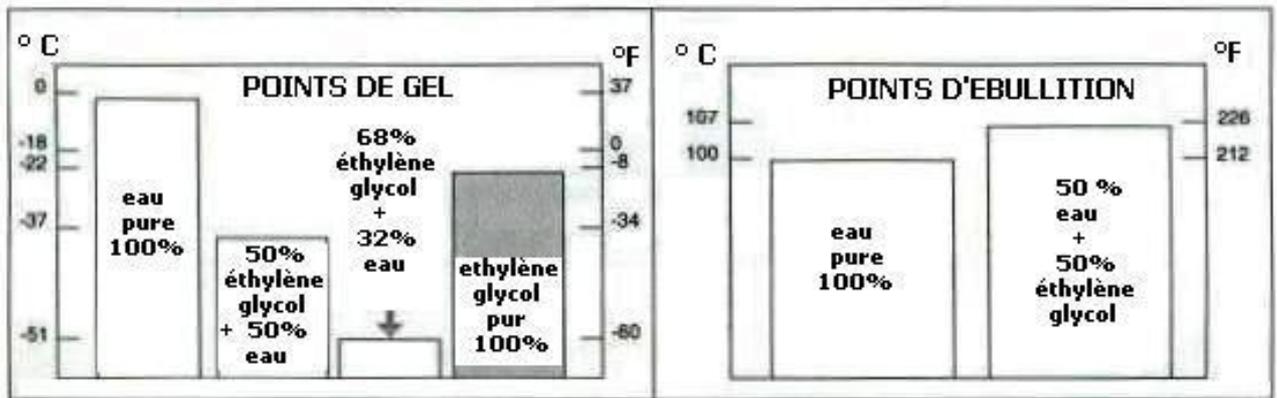


Figure n°. 71 Proportions d'éthylène glycol et d'eau

Remarque :

Si la concentration de la solution d'éthylène glycol de l'antigel est élevée, la température d'ébullition de cette solution sera plus élevée.(figure n°.72)

Concentration de la solution	Point de congélation (°C)	Point d'ébullition (°C)
40 %	-12	126
50 %	-37	129
60 %	-52	132
70 %	-64	136

Figure n°. 72 Tableau de concentration du liquide de refroidissement en fonction de la température

X. SCHEMAS DE LA CIRCULATION DU LIQUIDE DE REFROIDISSEMENT

X.1 MOTEUR FROID

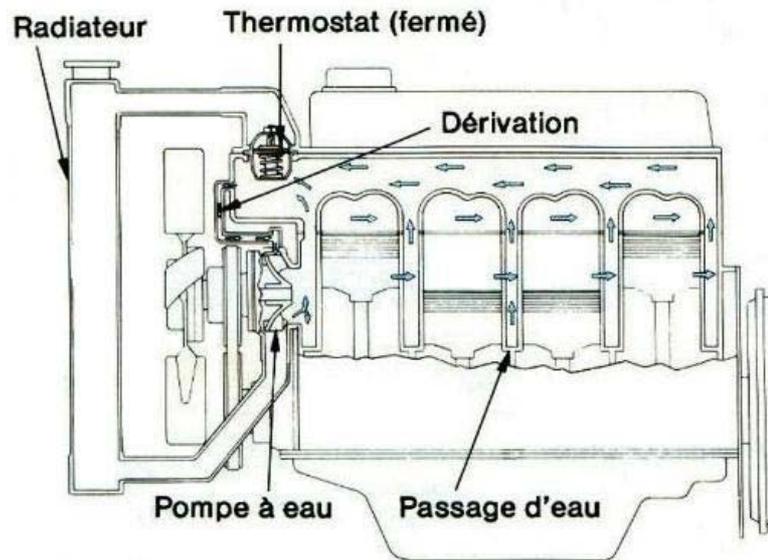


Figure n°.73

X.2 MOTEUR CHAUD

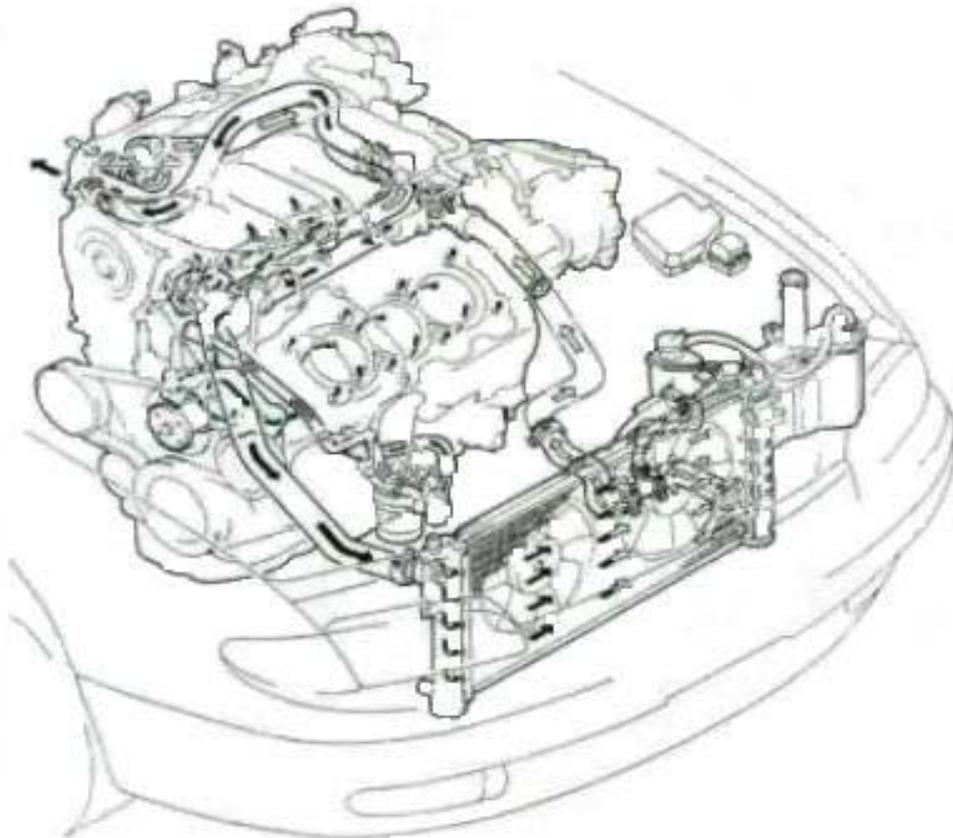


Figure n°.74

XI REFROIDISSEMENT D'HUILE

Est effectué par deux méthodes :

XI.1 PAR ECHANGEUR AIR / HUILE

Dans ce cas, un radiateur air / huile est placé en l'avant du véhicule.

XI.2 PAR ECHANGEUR EAU / HUILE

On distingue deux types :

XI.2.1 L'ECHANGEUR EAU / HUILE PLACE DANS UNE BOITE A EAU DU RADIATEUR (figure n°.75)

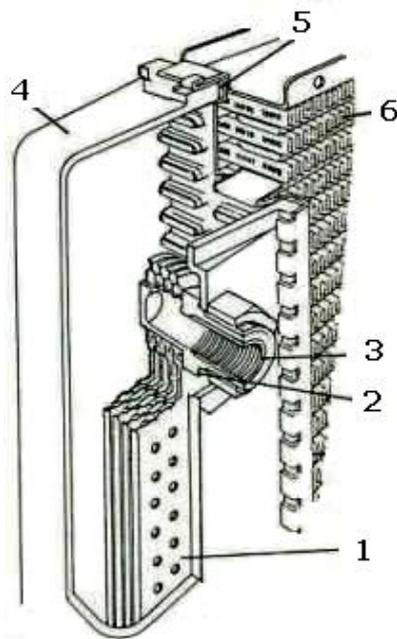


Figure n°.75

- 1.Faisceau à lames brasées
- 2.Joint torique d'étanchéité
- 3.Entrée d'huile dans radiateur
- 4.Réservoir latéral du radiateur
- 5.Joint d'étanchéité
- 6.Faisceau

XI.2.2 L'ECHANGEUR A LAMES CIRCULAIRES PLACE SOUS LE CARTOUCHE DU FILTRE A HUILE (figure n°.76)

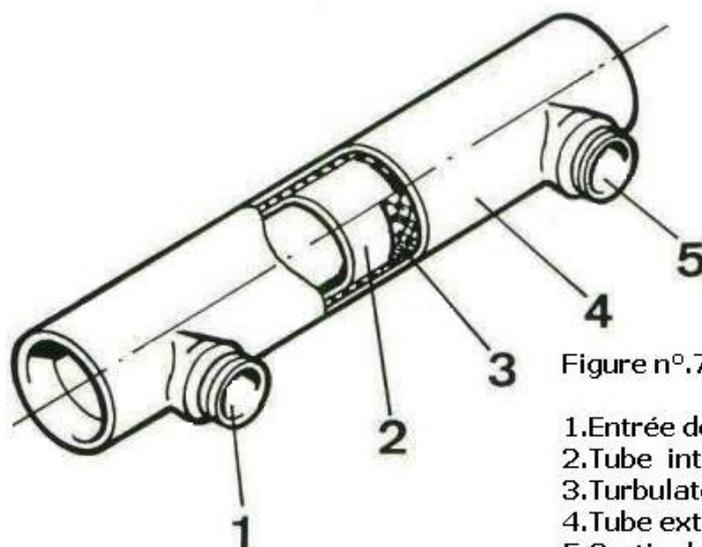


Figure n°.76

- 1.Entrée de l'huile
- 2.Tube intérieur
- 3.Turbulateur
- 4.Tube extérieur
- 5.Sortie de l'huile

XII. FONCTIONS ANNEXES DU CIRCUIT DE REFROIDISSEMENT

XII.1 GENERALITES

Hormis le chauffage de l'habitacle, le liquide de refroidissement est utilisé :

- Au système de départ à froid des carburateurs.
- Au réchauffage de la partie inférieure du carburateur pour éviter les problèmes de givrage lors du fonctionnement des moteurs aux températures basses.

XII.2 LE STARTER AUTOMATIQUE DES CARBURATEURS

Pour assurer le démarrage à froid, il est nécessaire d'envoyer dans les cylindres du moteur un mélange air / essence enrichi par l'intermédiaire du starter qui maintient le volet de starter entièrement fermé.

Lorsqu'à la suite d'une anomalie de fonctionnement, le starter automatique n'ouvre pas le volet de départ à froid après la mise à température du moteur, le mélange air / essence sera anormalement enrichi, d'où risque de calage du moteur.

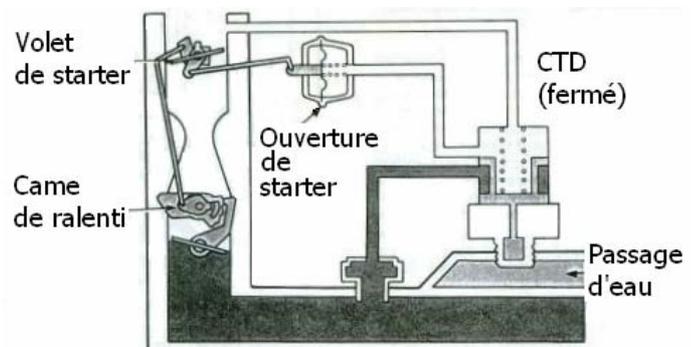
Pour éviter cet inconvénient, la température du liquide de refroidissement est utilisée comme moyen de régulation.

Un mécanisme d'ouverture de starter est prévu afin d'ouvrir entièrement le volet de départ à froid après la mise à température du moteur.

FONCTIONNEMENT :

1. TEMPERATURE DU LIQUIDE DE REFROIDISSEMENT EST BASSE (MOTEUR FROID) - figure n°.77

Lorsque la température du liquide de refroidissement est inférieure à 70° C, le clapet thermostatique CTD reste fermé et la commande d'ouverture du starter maintient le volet de starter du carburateur aussi fermé afin d'améliorer le fonctionnement du moteur.

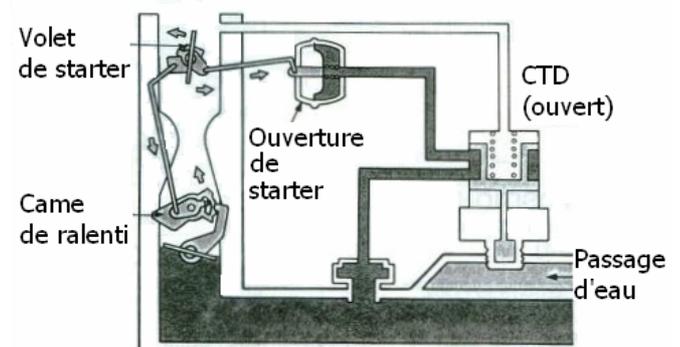


2. TEMPERATURE DU LIQUIDE DE REFROIDISSEMENT EST ELEVEE (MOTEUR CHAUD) - figure n°.78

Lorsque la température du liquide de refroidissement est supérieure à 70° C, le clapet thermostatique à dépression CTD s'ouvre, permettant à la dépression provenant du carburateur d'ouvrir le volet du starter.

Remarque :

Lorsque la commande d'ouverture du starter ouvre le volet, libère en même temps le mécanisme de ralenti accéléré auquel il est relié grâce à une timonerie.



XIII ANOMALIES DE FONCTIONNEMENT

XIII.1 CAUSES DES ANOMALIES DE FONCTIONNEMENT DU SYSTEME DE REFROIDISSEMENT

Une température trop élevée ou trop basse du liquide de refroidissement peut diminuer les performances du moteur et accélérer l'usure des organes composantes de celui – ci. Le tableau ci-dessous présente les causes possibles des différentes anomalies de fonctionnement du circuit de refroidissement.

PERTE DE LIQUIDE DE REFROIDISSEMENT	SURCHAUFFE DU MOTEUR	LE MOTEUR N'ATTEINT PAS LA TEMPERATURE NORMALE DE FONCTIONNEMENT
<p>Causes possibles :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Fuite du radiateur 2. Fuite aux durites 3. Fuite au joint de culasse 4. Bloc moteur ou culasse fissurés 5. Fuite au joint de la pompe à eau. 6. Bouchons de radiateur ou de vase d'expansion défectueux. 7. Fuite au niveau de l'aérotherme. 	<p>Causes possibles :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Bas niveau du liquide de refroidissement 2. Courroie d'entraînement du ventilateur lâche. 3. Durites déformées. 4. Bouchons de pression du radiateur ou de vase d'expansion défectueux. 5. Thermostat défectueux. 6. Radiateur en mauvais état ou obstrué. 7. Ventilateur défectueux. 8. Quantité excessive de rouille ou des résidus dans le système de refroidissement. 9. Défectuosité du fonctionnement du moteur. 	<p>Causes possibles :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Bas niveau du liquide de refroidissement 2. Thermostat coincé en position ouverte.

REMARQUES :**1. PERTE DE LIQUIDE DE REFROIDISSEMENT**

Le système de refroidissement étant pressurisé, une perte de liquide réfrigérant se traduit par l'abaissement du niveau de celui – ci dans le radiateur.

Par suite, la circulation du liquide se fera difficilement, le moteur ne se refroidira pas suffisamment, d'où surchauffe de celui – ci.

2. LA SURCHAUFFE DU MOTEUR PEUT PROVOQUER :

- Le grillage des soupapes.
- Le rayage des pistons.
- L'endommagement des coussinets.
- Diminution de l'efficacité de lubrification.

3. SI LE MOTEUR N'ATTEIGNE PAS LA TEMPERATURE NORMALE DE FONCTIONNEMENT , LES ANOMALIES DE FONCTIONNEMENT DE CELUI – SERONT :

- La vaporisation incomplète de l'essence dans le carburateur et par suite une consommation excessive de combustible.
- Diminution de la puissance du moteur.
- Augmentation du taux d'émission d'hydrocarbures au pot d'échappement

***Module : REPARATION DU CIRCUIT DE
REFROIDISSEMENT DU MOTEUR
GUIDE DES TRAVAUX PRATIQUES***

I. TP 1 : REMPLACER LE LIQUIDE DE REFROIDISSEMENT DU MOTEUR

I.1. Objectif(s) visé(s) :

Le stagiaire doit maîtriser les savoirs faire des tâches suivantes :

- La vidange du liquide de refroidissement.
- Le rinçage du système de refroidissement.
- La purge du système de refroidissement.

I.2. Durée du TP:

.....

I.3. Matériel (Équipement et matière d'œuvre) par équipe :

a) Equipement :

- Véhicule automobile en état de marche
- Caisse à outils
- Clé dynamométrique
- Entonnoir
- Récipient avec bec verseur
- Bacs de vidange
- Lunettes de sécurité
- Protège – ailes
- Baladeuse
- Manuel du fabricant
-

b) Matière d'œuvre :

- Bidon d'antigel
- Chiffons
- Acide chlorhydrique
- Essence
- Graisse

I.4. Description du TP :

Cette tâche est réalisée en quatre étapes, comme suit :

Dans la première étape, le stagiaire doit effectuer la vidange du liquide de refroidissement.

Dans la deuxième étape, il doit effectuer le rinçage du système de refroidissement.

Ensuite, dans la troisième étape, le stagiaire doit effectuer le remplissage du système.

Enfin, dans la quatrième étape, le stagiaire doit vérifier l'étanchéité du système de refroidissement et effectuer la purge de celui – ci.

I.5. DEROULEMENT DU TP

I.5.1 VIDANGER LE CIRCUIT DE REFROIDISSEMENT :

Nota : Pour effectuer cette tâche, le moteur du véhicule automobile doit être froid.

Important : Lorsque le système de refroidissement est chaud, le liquide réfrigérant est sous pression et peut occasionner des brûlures.

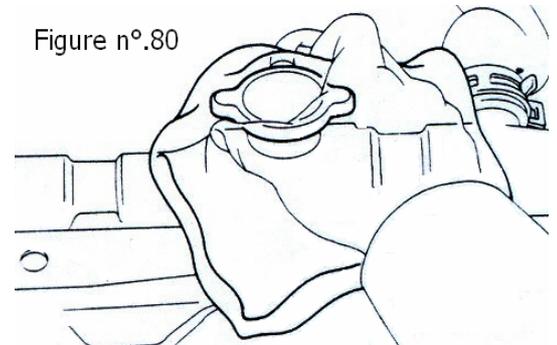
Par conséquent, il faut attendre que le système se refroidisse avant de procéder à la vidange (figure 79)

Figure n°.79



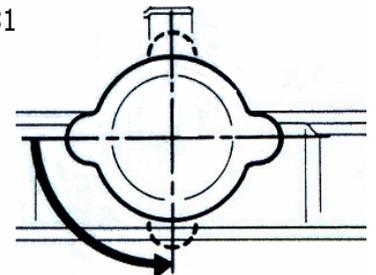
- a. Protéger le bouchon de radiateur à l'aide d'un chiffon et le tourner lentement pour éviter les brûlures par émission de jets de vapeur. Dès que la vapeur commence à s'échapper, cesser de desserrer le bouchon de radiateur et attendre jusqu'à l'émission de la vapeur cesse. Tourner encore le bouchon jusqu'à la vapeur apparaisse à nouveau.(figure n°.80)

Figure n°.80



- b. Répéter ces opérations jusqu'à la position dans laquelle aucune vapeur n'est pas émise et le radiateur n'est plus sous pression.(figure n°.81)

Figure n°.81



- c. Déposer le bouchon de radiateur.

- d. Placer les bacs de récupération sous le robinet de vidange du radiateur et sur le bouchon de vidange du bloc cylindres.

- e. Desserrer le robinet de vidange du radiateur et le bouchon de vidange du bloc cylindres et laisser s'écouler le liquide de refroidissement.(figure 82).

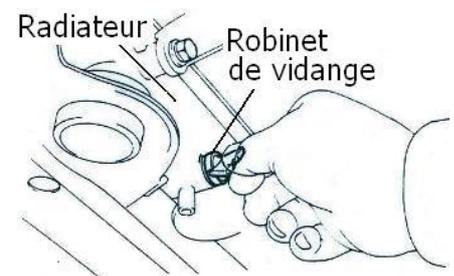


Figure n°.82

Conseil :

Dans le cas échéant, pour ne pas desserrer le robinet de vidange du bloc cylindres, utiliser deux clés pour desserrer le bouchon de vidange (figure n°.83)

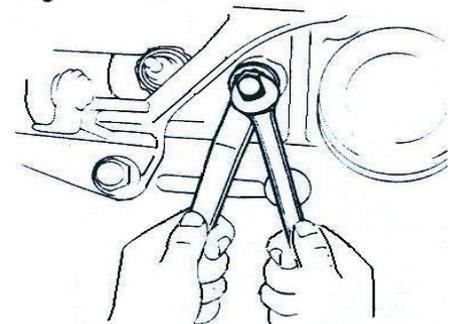


Figure n°.83

I.5.2 RINÇAGE DU SYSTEME DE REFROIDISSEMENT

5.2.1 Nécessité :

Le système de refroidissement doit être propre pour assurer son bon fonctionnement. Pour cette raison, il doit être nettoyé périodiquement afin d'éliminer la rouille et les saletés qui peuvent provoquer le blocage des tubes du radiateur et des passages du circuit. Si l'obstruction est importante, la circulation du liquide de refroidissement sera effectuée avec difficulté et causera la surchauffe du moteur.

5.2.2 Méthodes de rinçage

Il existe deux méthodes pour nettoyer le système de refroidissement :

- Nettoyage par rinçage inversé
- Nettoyage à l'aide d'une solution

a. METHODE DE NETTOYAGE PAR RINÇAGE INVERSE

Cette méthode consiste à faire passer de l'eau chaude dans le système de refroidissement dans la direction opposée de la circulation normale du liquide réfrigérant..

Marche à suivre :

- Déposer le raccord d'admission du liquide de refroidissement et le thermostat.
- Reposer le raccord d'admission du liquide de refroidissement.
- Enlever le tuyau du système de réchauffage, et le dirige vers le sol.
- A la place du tuyau enlevé, brancher un tuyau d'eau courante.
- Laisser l'eau s'écouler sous pression par les orifices de vidange du bloc cylindres, Du radiateur et du tuyau du système de réchauffage jusqu'à ce qu'elle sorte propre. L'eau va chasser les résidus et la rouille des parois des chambres d'eau du bloc cylindres, de la culasse et du radiateur.
- Fermer le robinet d'eau courante et débrancher le tuyau.
- Laisser vider complètement le système de refroidissement par les orifices de vidange.
- Reposer le tuyau du système de réchauffage à sa place.
- Reposer le bouchon de vidange du bloc cylindres et fermer le robinet du radiateur.
- Reposer le thermostat.
- Rincer le vase d'expansion (figure n°.84)
 - Déposer le vase d'expansion
 - Enlever le bouchon et tourner le vase pour vidanger le liquide réfrigérant.
 - Rincer le vase d'expansion.
 - Remettre le vase d'expansion en place.

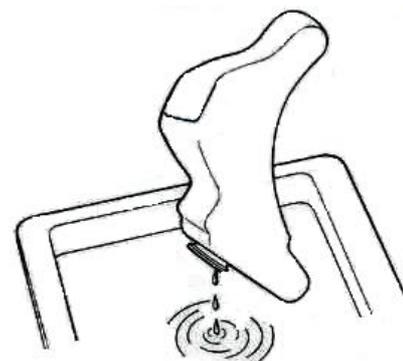


Figure n°.84

b. METHODE DE NETTOYAGE A L'AIDE D'UNE SOLUTION

Si le système de refroidissement est contaminé par la rouille et la corrosion, il faudra utiliser un nettoyeur chimique pour décalaminer tous les résidus.

Marche à suivre :

- Vidanger le système de refroidissement par le robinet de vidange du radiateur et par le bouchon de vidange du bloc cylindres.
- Fermer le robinet de vidange du radiateur et remettre en place le bouchon de vidange du bloc cylindres.
- Préparer la solution de nettoyage composée de 1/3 acide chlorhydrique et 2/3 eau ou utiliser une solution chimique du marché.
- Introduire la solution de nettoyage dans le radiateur.
- - **Conseil** : La solution est acide. En cas de contact avec la peau ou les yeux, bien rincer à eau les parties exposées.
Cette solution peut aussi endommager le fini de la carrosserie.
- Terminer le remplissage du radiateur avec de l'eau propre jusqu'au niveau recommandé et reposer le bouchon de remplissage.
- Démarrer le moteur et régler la commande du système de réchauffage au plus chaud.
- Placer un tuyau d'évacuation des gaz d'échappement au pot d'échappement
- Laisser le moteur tourner à la température normale quelques minutes et ensuite arrêter le moteur.
- Dévisser le robinet de vidange du radiateur, enlever le bouchon de vidange du bloc cylindres et vider complètement le système de refroidissement.
- Laisser le moteur se refroidir et placer un tuyau d'eau chaude dans l'orifice de remplissage du radiateur Laisser l'eau s'écouler par tous les orifices de vidange jusqu'à ce qu'elle en sorte bien propre.
- Fermer le robinet d'eau chaude, enlever le tuyau et laisser le système de refroidissement se vider complètement. Ensuite, fermer le robinet de vidange du radiateur et remettre en place le bouchon de vidange du bloc cylindres.
- Remettre le thermostat en place.

5.3 REMPLISSAGE DU CIRCUIT DE REFROIDISSEMENT

Pour effectuer cette tâche, il faut connaître la capacité du système de refroidissement afin de préparer un bon mélange antigel et assurer la protection désirée aux basses températures.

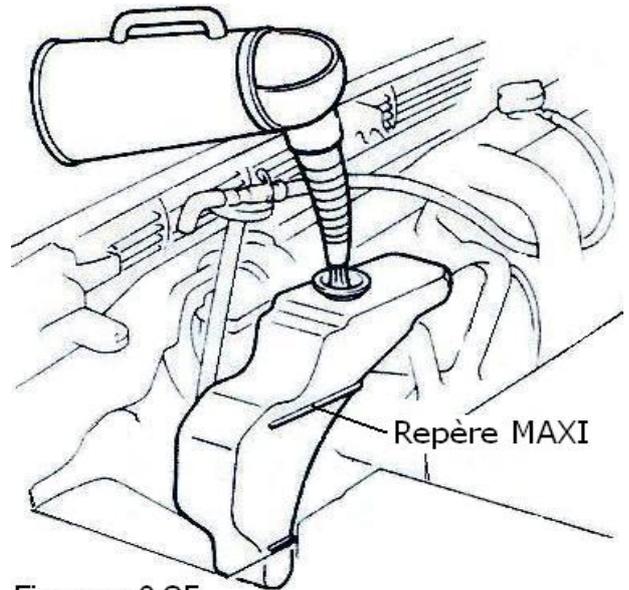
Les capacités des systèmes de refroidissement sont différentes selon les encombrements des moteurs et des radiateurs.

Il est donc important de consulter le tableau de spécification du manuel de fabricant qui indique la contenance du système selon le moteur employé.

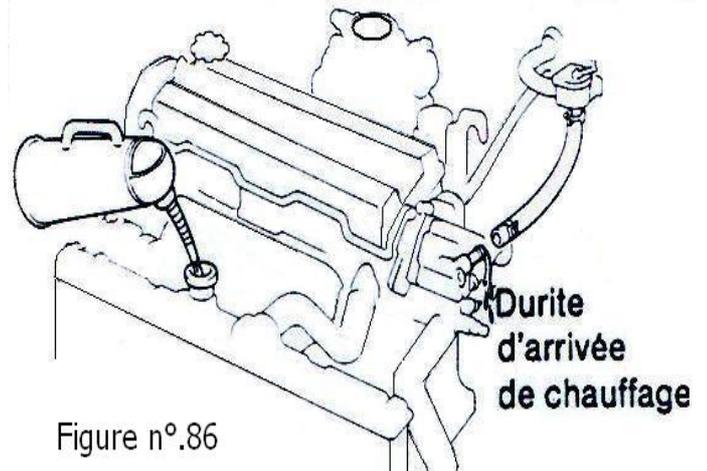
Marche à suivre :

- Préparer le mélange réfrigérant moitié eau, moitié antigel (figure n°.71)
- Remplir le système de refroidissement avec le mélange préparé ou avec le mélange déjà préparé du bidon d'antigel à l'aide d'un entonnoir.

- Remplir le vase d'expansion avec du mélange antigel jusqu'au repère MAXI (figure n°.85).



- Déposer la durite d'arrivée du système de réchauffage pour purger l'air contenu dans les passages du circuit de refroidissement (figure n°.86)



- Remplir le radiateur avec mélange réfrigérant jusqu'à ce que celui – ci s'écoule par le raccord de remplissage.
- Reposer la durite d'arrivée du circuit de réchauffage, serrer son collier et ensuite
- Démarrer le moteur et le laisser en marche jusqu'à ce qu'il atteigne sa température normale de fonctionnement.
- Arrêter le moteur et ajouter du liquide réfrigérant jusqu'au niveau recommandé.
- Remettre en place le bouchon de remplissage du radiateur.
- Contrôler l'étanchéité du système de refroidissement aux points suivants :
 - Robinet de vidange du radiateur.
 - Bouchon de vidange du bloc cylindres.
 - Raccord d'arrivée du système de réchauffage.

5.4 PURGER LE CIRCUIT DE REFROIDISSEMENT

Marche à suivre :

- Placer le robinet du système de réchauffage dans la position la plus chaude (figure n°.87).
- Déposer le vase d'expansion et le placer le plus haut possible. Ensuite, enlever son bouchon et remplir le vase avec de liquide réfrigérant.



Figure n°.87

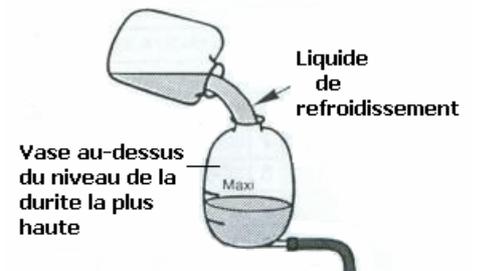


Figure n°.88

- Démarrer le moteur et le laisser en marche jusqu'à ce qu'il atteigne sa température normale de fonctionnement (thermostat ouvert).
- Ouvrir les vis de purge placées aux points les plus hauts du circuit de refroidissement (figure n°.89)

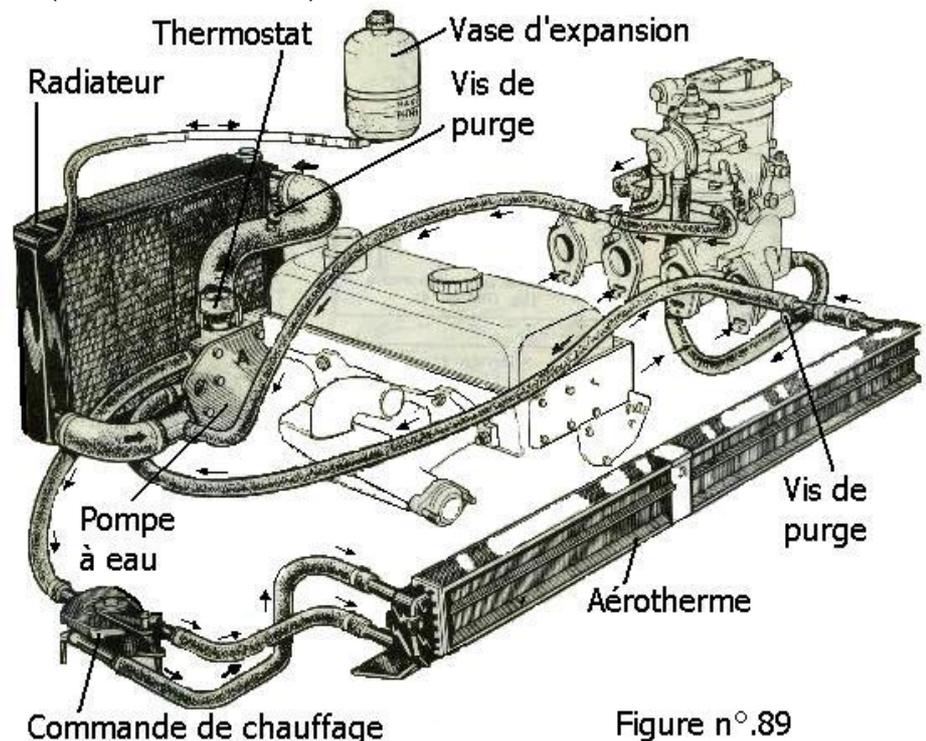


Figure n°.89

- Refermer les vis de purge lorsque le liquide réfrigérant s'écoule sans bulles d'air.
- Replacer le vase d'expansion dans son logement.
- Ajouter du liquide réfrigérant dans la vase d'expansion jusqu'au niveau recommandé.
- Reposer le bouchon du vase d'expansion.
- Fermer le robinet du système de réchauffage.
- Essayer le véhicule automobile sur la route, en surveillant la lampe témoin de température du liquide de refroidissement.
- Vérifier et parfaire le niveau du liquide de refroidissement dans le vase d'expansion.

II. TP 2 : CONTROLER LE SYSTEME DE REFROIDISSEMENT DU MOTEUR

II.1. Objectif(s) visé(s) :

Le stagiaire doit maîtriser les savoirs faire des tâches suivantes :

- Etablir un diagnostic correct relatif à l'échauffement anormal du moteur.
- Vérifier le niveau du liquide de refroidissement dans le radiateur et dans le vase d'expansion et l'état physique de celui – ci.
- Contrôler la température de protection contre le gel du liquide réfrigérant à l'aide d'un pèse – antigel.
- Contrôler l'état des durites et des courroies d'entraînement.
- Contrôler les fuites en pression du système de refroidissement à l'aide d'un contrôleur d'étanchéité.
- Vérifier la pression de tarage de la soupape du vase d'expansion.
- Vérifier le fonctionnement du moto – ventilateur et du thermo contact.
- Contrôler la régulation de la température du moteur et le bon fonctionnement du thermostat.

II.2. Durée du TP:

.....

II.3. Matériel (Équipement et matière d'œuvre) par équipe :

c) Equipement :

- Véhicule automobile en état de marche
- Caisse à outils
- Clé dynamométrique
- Pèse - antigel
- Appareil de mesure de la tension de la courroie d'entraînement
- Pompe à pression
- Multimètre
- 2 fils volants
- Vérificateur de thermostat avec thermomètre
- Lunettes de sécurité
- Baladeuse
- Entonnoir
- Bidon à bec verseur
- Bac de vidange
- Protège – ailes
- Manuel du fabricant

d) Matière d'œuvre :

- Chiffons
- Essence
- Graisse

II.4. Description du TP :

Le contrôle du système de refroidissement doit être effectué lorsqu'on constate un échauffement anormal du moteur.

Tout d'abord, il faut établir un diagnostic correct relatif à la cause de l'échauffement anormal du moteur.

On commence par la vérification du niveau, de l'état et de la température de protection contre le gel du liquide de refroidissement.

On va contrôler ensuite l'état des durites, des courroies d'entraînement et de la pompe à eau.

Le contrôle va continuer par l'examen visuel des éventuelles fuites. Si les résultats ne sont pas évidents, on va procéder au contrôle des fuites en pression à l'aide d'une pompe à pression manuelle.

On va contrôler aussi le fonctionnement du moto ventilateur dans le cas échéant et du thermo contact.

Ensuite, on va contrôler l'état et le fonctionnement du thermostat.

II.5. Déroulement du TP :

Les facteurs peuvent occasionner l'échauffement anormal du moteur et ne dépendent pas de problèmes du système de refroidissement sont :

- La surcharge du moteur.
- Mauvais calage du moteur.
- Une longue période de fonctionnement du moteur au ralenti.
- Une conduite par temps très chaud.
- Une conduite à haute altitude.

Les causes possibles peuvent provoquer l'échauffement anormal du moteur et dépendent du système de refroidissement sont mentionnées dans le tableau de la page n°.48.

Afin d'établir l'origine juste d'un échauffement anormal du moteur à cause des problèmes du système de refroidissement, il faut effectuer les tâches suivantes :

II.5.1 VERIFIER LE NIVEAU ET L'ETAT DU LIQUIDE DE REFROIDISSEMENT

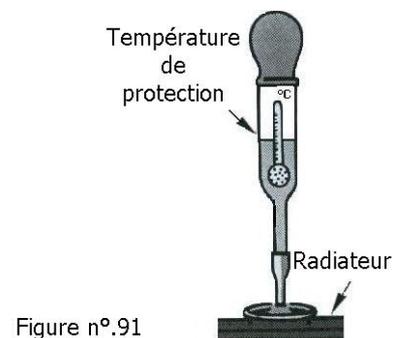
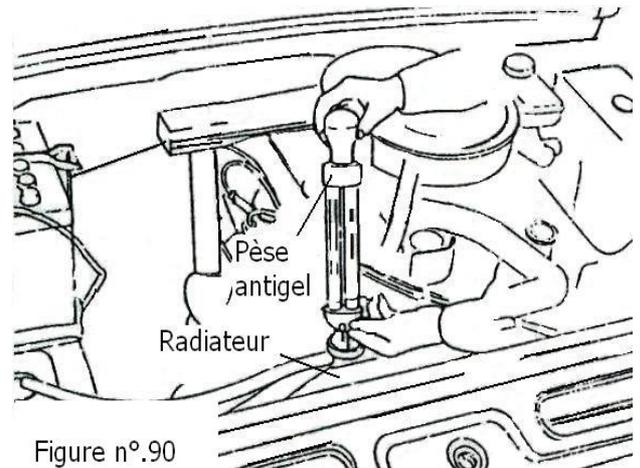
Marche à suivre :

- Dans le cas des véhicules dont le système de refroidissement n'est pas muni d'un vase d'expansion, il faut enlever le bouchon de remplissage du radiateur afin de vérifier le niveau du liquide réfrigérant.
- Dans le cas des véhicules automobiles dont le système de refroidissement est muni d'un vase d'expansion, le niveau peut être vérifié par les repères gravés sur le vase :
 - PLEIN FROID lorsque le moteur est froid
 - PLEIN CHAUD lorsque le moteur est à sa température normale de fonctionnement.
- Pendant la vérification du niveau, il faut regarder la couleur du liquide réfrigérant. Si le liquide à une couleur rouille, c'est l'indice d'une accumulation de rouille dans le radiateur et dans les chambres d'eau du bloc moteur, causée par la détérioration de la qualité du mélange antigél.
Dans ce cas, il faut vidanger le système de refroidissement, le nettoyer et le remplir d'un mélange antigél selon les recommandations du fabricant.

II.5.2 CONTROLER LA TEMPERATURE DE PROTECTION CONTRE LE GEL A L'AIDE D'UN PESE ANTIGEL

Marche à suivre :

- Déposer le bouchon de remplissage du radiateur
- Introduire le tube du pèse antigel dans le radiateur par son orifice d'entrée.(fig.90)
- Aspirer suffisamment de liquide réfrigérant dans le pèse antigel jusqu'à ce que le densimètre de celui-ci flotte.
- Tenir le pèse antigel droit de façon à ce que le flotteur ne touche ni aux parois, ni au sommet (figure n°.91)
- Lire le degré de protection sur la tige du densimètre, au niveau du liquide de refroidissement.
- **Si la valeur de la lecture est conforme aux recommandations du fabricant, remettre le mélange aspiré dans le radiateur et repose son bouchon de remplissage.**
- **Si le degré de protection du mélange est inacceptable, remplacer le liquide de refroidissement.**



II.5.3 CONTROLER L'ETAT DES DURITES

Marche à suivre :

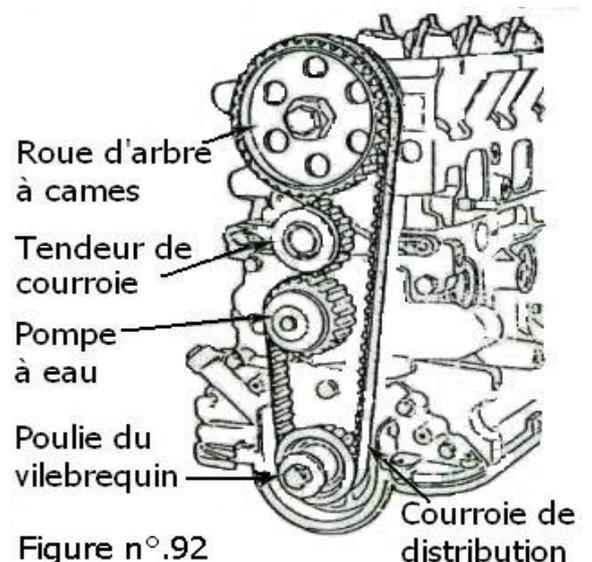
- Vérifier que les durites ne soient pas déformées, tordues ou brisées.
 - Vérifier l'étanchéité des durites à chaque extrémité et l'état des colliers.
- Remarque :** Un dépôt de rouille ou la corrosion aux extrémités des durites indique une fuite de liquide de refroidissement

II.5.4 CONTROLER L'ETAT ET LA TENSION DES COURROIES D'ENTRAINEMENT

Marche à suivre :

- Vérifier que les courroies ne soient pas effilochées, fendillées ou glacées.

Conseil : S'il y a deux courroies sur une poulie double et que l'une est défectueuse, il faudra les changer toutes les deux, car la courroie neuve étant moins étirée va supporter seule l'entraînement de la poulie.



- Réglage de la tension de la courroie d'entraînement
 - Desserrer lentement le boulon d'ajustement de la courroie de la bride de l'alternateur ou du tendeur.
 - Desserrer légèrement le boulon du support d'attache de l'alternateur.
 - Vérifier la tension de la courroie d'entraînement à l'aide de l'appareil de contrôle.
 - Régler la tension de la courroie d'entraînement selon les recommandation du fabricant.
 - Serrer le boulon de réglage.

Remarque : La plupart des véhicules automobiles sont munis d'un tendeur automatique de la courroie d'entraînement (figure n°.92).
Si la courroie est trop lâche, il faut vérifier l'état du tendeur et le remplacer dans le cas échéant.

II.5.5 GRAISSAGE DE LA POMPE A EAU

Certaines pompes à eau comportent de roulements qui nécessitent un graissage périodique. (figure n°.92)

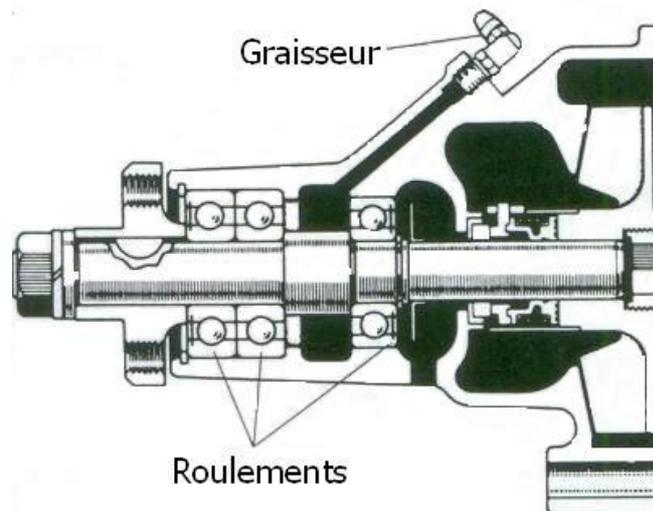


Figure n°.93

Marche à suivre :

- Essuyer les impuretés autour du graisseur.
- A l'aide d'une pompe à graisse, injecter de la graisse dans le graisseur (figure n°.94)
- Éliminer la graisse en excédent qui peut obturer le trou d'évacuation d'eau de la pompe.

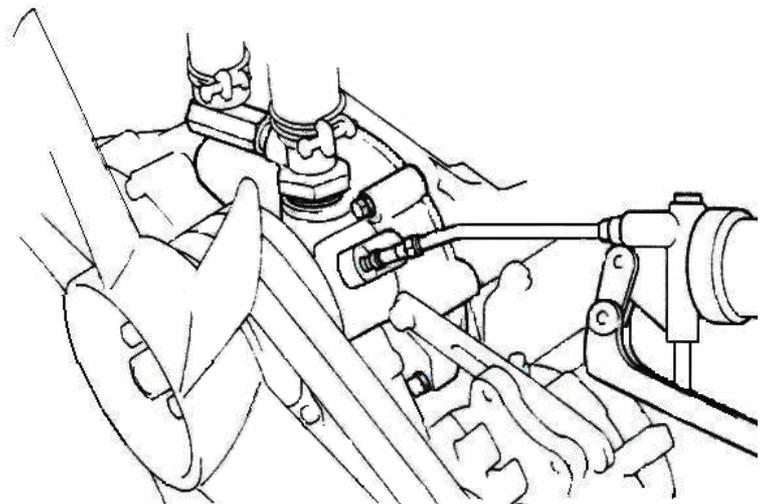


Figure n°.94

II.5.6 CONTROLER LES FUITES DU SYSTEME DE REFROIDISSEMENT

II.5.6.1 Examen visuel des fuites

- Vérifier le radiateur.
- Vérifier les durites du radiateur, l'état et le serrage des colliers.
- Vérifier le joint de la pompe à eau.
- Vérifier le joint de culasse.
- Vérifier les durites du système de réchauffage.

II.5.6.2 Contrôler les fuites en pression à l'aide d'une pompe à pression manuelle

Beaucoup de fuites du liquide de refroidissement sont facilement observées près d'un collier de tuyau ou par un trou dans le radiateur par exemple, mais il y a des fuites qui se produisent seulement à la pression normale du système de refroidissement lors du fonctionnement du moteur.

Dans ce cas, la vérification s'effectue en simulant la pression du système à l'aide d'une pompe à pression manuelle.

On a deux cas à considérer :

- **La pompe à pression est installée sur le bouchon du radiateur par l'intermédiaire d'un raccord (figure n°.95).**
- **La pompe à pression est installée entre le vase d'expansion et le radiateur par l'intermédiaire d'un adaptateur (figure n°.96).**

Marche à suivre :

- On augmente progressivement la pression dans le système de refroidissement à l'aide de la pompe à pression jusqu'à la limite inférieure de pression spécifiée par le fabricant. La pression devrait se maintenir pendant un minimum de deux minutes.

On a deux cas à considérer :

- Si la pression se maintient, déposer lentement la pompe afin d'annuler la pression.
- Si la pression ne se maintient pas, il faut la rétablir à l'aide de la pompe à pression et procéder aux vérifications suivantes :
 - Vérifier le radiateur et les durites.
 - Vérifier l'étanchéité des joints du raccord du thermostat, de la pompe à eau et de la culasse.
 - Vérifier l'étanchéité du bouchon du radiateur (figure n°.97)

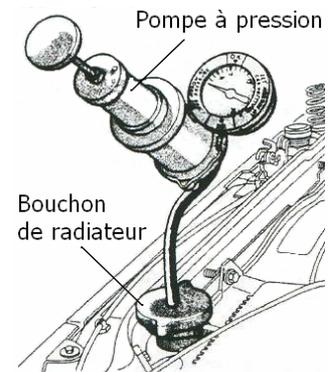


Figure n°.95

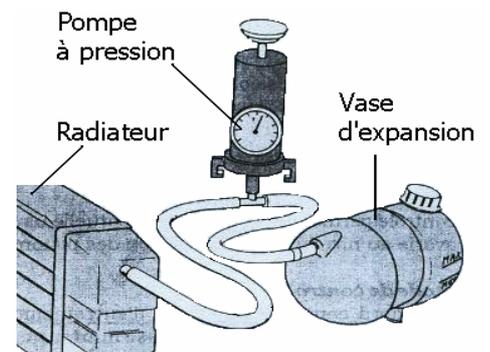


Figure n°.96

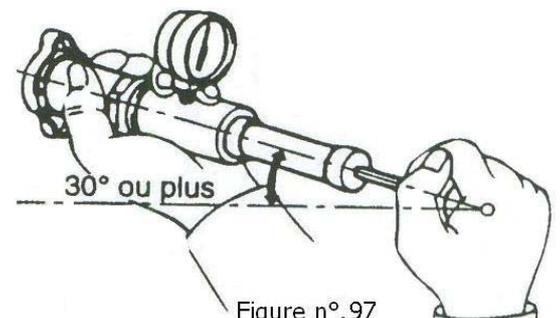


Figure n°.97

II.5.7 VERIFIER LA PRESSION DE TARAGE DU CLAPET DU VASE D'EXPANSION

Marche à suivre :

- Monter la pompe à pression directement sur le bouchon du vase d'expansion (figure n°.98).
- Actionner la pompe jusqu'à l'ouverture du clapet et relever la pression.
- Comparer la valeur de la lecture de la pression relevée avec les caractéristiques du constructeur gravées sur le bouchon.
- Si la valeur n'est pas conforme, remplacer le bouchon du vase d'expansion.

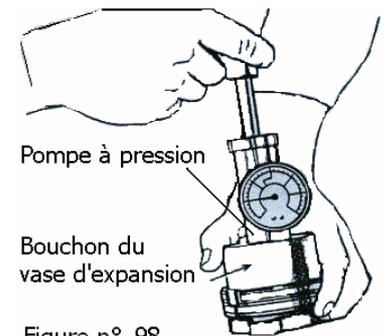


Figure n°. 98

II.5.8 VERIFIER LE FONCTIONNEMENT DU MOTOVENTILATEUR

Important : La vérification doit se faire lorsque le moteur est arrêté et froid.

Marche à suivre :

II.5.8.1 Vérifier l'état des pales du ventilateur

Si les pales sont déformées ou fêlées, le ventilateur doit être remplacé.

Conseil : Il ne faut jamais réparer un ventilateur endommagé parce que un ventilateur déséquilibré pourrait endommager la pompe à eau ou se briser et être projeté une fois le moteur en marche.

II.5.8.2 Vérifier le fonctionnement

On peut vérifier le ventilateur électrique en le branchant avec de fils volants (figure n°. 99).

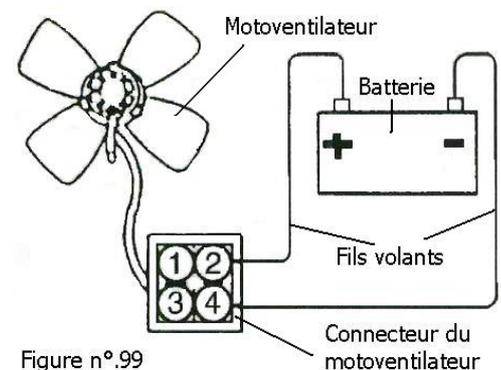


Figure n°.99

II.5.8.3 VERIFIER LE THERMOCONTACT DU MOTOVENTILATEUR

Le thermo contact peut être installé sur le radiateur, sur le bloc moteur ou sur la durite supérieure du radiateur (figure n°. 100)

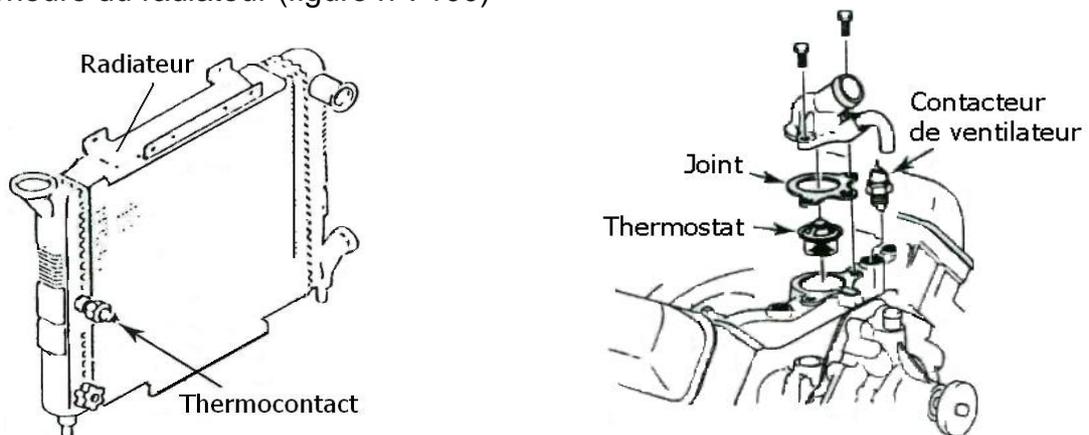


Figure n°.100

Si le ventilateur ne fonctionne pas sur le véhicule automobile et qu'il fonctionne avec des file volants (figure n°.101), il faut vérifier le thermostat à l'aide d'un ohmmètre.

Marche à suivre

- Vidanger le système de refroidissement jusqu'à ce que son niveau soit inférieur à celui du thermo contact.
- Déposer le thermo contact.
- Plonger le thermo contact dans un vas rempli d'eau et muni d'un thermomètre (figure n°.102).
- Brancher l'ohmmètre aux bornes du thermo contact.
 - a. Lorsque le thermo contact est froid, l'ohmmètre doit indiquer une résistance maximale.
 - b. Lorsqu'on augmente la température d'eau à l'aide d'un réchauffeur à gaz environ 100° C le thermo contact doit se fermer et le thermo contact va indiquer une valeur presque nulle.
Si le thermo contact ne se ferme pas, il faut le remplacer.

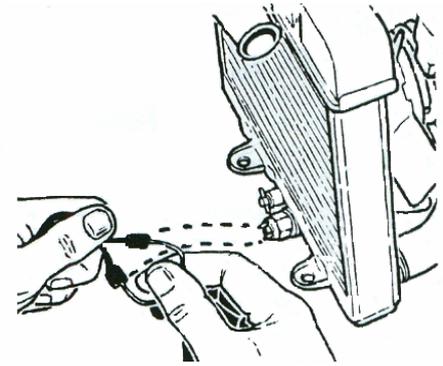


Figure n°.101

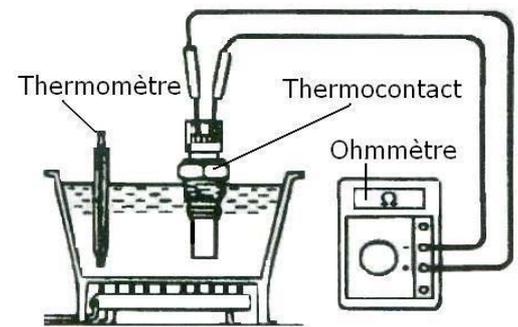


Figure n°.102

II.5.9 COTROLER LE THERMOSTAT

II.5.9.1 CONTROLER DE FACON SOMMAIRE DE L'ETAT DU THERMOSTAT

Marche à suivre :

- Faire fonctionner le moteur. Si le thermostat est en bon état, il doit permettre la circulation du liquide de refroidissement entre le moteur et le radiateur. Le réservoir d'entrée du radiateur se réchauffe aussitôt.
- On peut également constater si le thermostat est ouvert en mettant la main sur la durite supérieure du radiateur. Accélérer brusquement le moteur et observer la pression que le liquide de refroidissement exerce sur la durite (figure n°.103).

Figure n°.103



- Une autre méthode de vérification consiste à insérer un thermomètre dans le radiateur et lire la température qui devrait se situer aux environs de 90° C.

II.5.9.2 CONTROLER LE THERMOSTAT

Si on constate que le thermostat ne fonctionne pas, il faut le déposer et procéder au contrôle de celui – ci.

Marche à suivre :

a. Déposer le thermostat

- Vidanger le système de refroidissement.
- Débrancher le connecteur du contacteur de température d'eau (figure n°.104)
- Déposer le raccord d'admission d'eau et le thermostat avec son joint (figure n°.105)

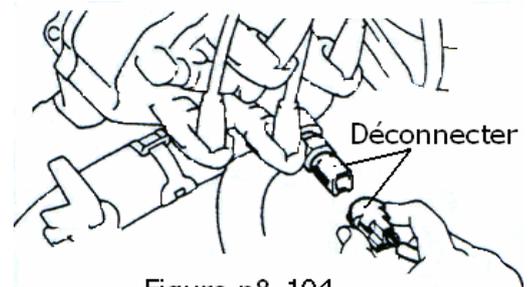


Figure n°. 104



Figure n°.105

b. Vérifier le thermostat

- Immerger le thermostat dans un vas à l'eau et faire graduellement chauffer l'eau (figure n°.106)
- Vérifier la température d'ouverture de la soupape du thermostat qui doit se situer entre 80° C et 85° C.
Si la température d'ouverture de la soupape n'est pas conforme selon les recommandations du fabricant, remplacer le thermostat.



Figure n°. 106

Remarque : La température d'ouverture de la soupape du thermostat est gravée sur celui – ci (figure n°.107)

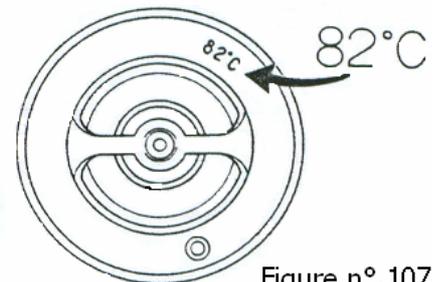


Figure n°.107

- Vérifier la levée de la soupape du thermostat.
La levée de la soupape doit être 8 mm ou plus à 95° C (figure n°.108).
Si la levée de la soupape n'est pas conforme aux spécifications du fabricant, remplacer le thermostat.

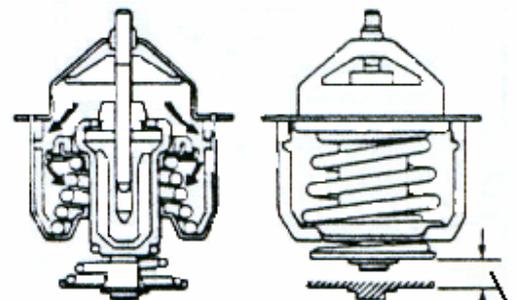


Figure n°.108 Levée de soupape

c. Reposer le thermostat

- Reposer un joint neuf sur le thermostat (figure n°.109).
- Aligner la soupape du thermostat avec la côté supérieur du goujon et insérer le thermostat dans le carter d'admission du liquide de refroidissement.

Remarque : La soupape du thermostat peut être placée dans le 10° de l'un des côtés de la position prescrite (figure n°.110)

- Reposer le raccord d'admission d'eau et serrer les écrous au couple recommandé par le fabricant (figure n°.111).
- Brancher le connecteur du contacteur de température d'eau.
- Remplir le système de refroidissement.
- Mettre le moteur en marche et vérifier s'il y a des fuites de liquide réfrigérant.

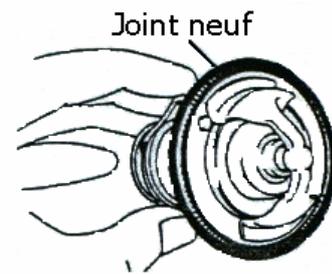


Figure n°. 109

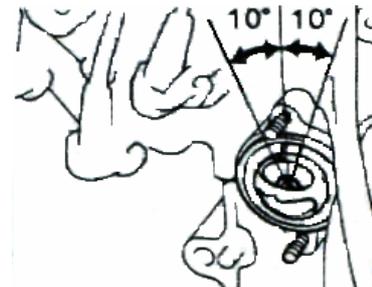


Figure n°. 110

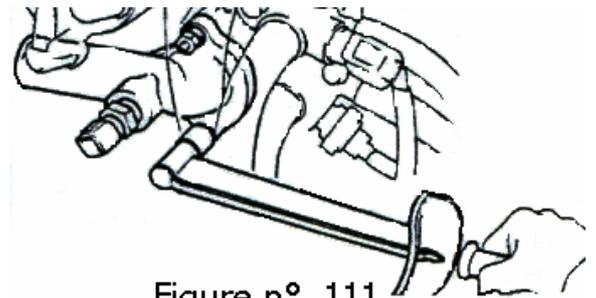


Figure n°. 111

III. TP 3 : DEPOSER ET REPOSER LE RADIATEUR

III.1. Objectif visé :

Le stagiaire doit maîtriser les savoirs faire la dépose et le repose le radiateur d'un véhicule automobile.

III.2. Durée du TP: 1,5 heures

III.3. Matériel (Équipement et matière d'œuvre) par équipe :

e) Equipement :

- Véhicule automobile en état de marche
- Caisse à outils
- Multimètre
- Lunettes de sécurité
- Entonnoir
- Bidon à bec verseur
- Bac de vidange
- Protège – ailes
- Manuel du fabricant

f) Matière d'œuvre :

- Chiffons
- Bidon d'antigel
-

III.4. Description du TP :

Lors de la réparation d'un véhicule automobile accidenté, on doit fréquemment remplacer le radiateur parce que il peut être tordu ou endommagé lors de l'impact.

III.5. Déroulement du TP :

Précaution à prendre avant de dépose le radiateur :

- Avant déposer le radiateur, il faut vidanger son liquide de refroidissement. Si le liquide réfrigérant est sous pression, attendre que le système se soit refroidi avant de procéder à la vidange.
- Si le liquide réfrigérant est propre, il faut le récupérer dans un bac pour réutilisation.
- Lors de la dépose des durites, éviter de tordre les raccords d'entrée et de sortie du radiateur. Insérer une lame de tournevis plat ou une pince spéciale sous les extrémités des durites afin de le décoller (figure n°.112).

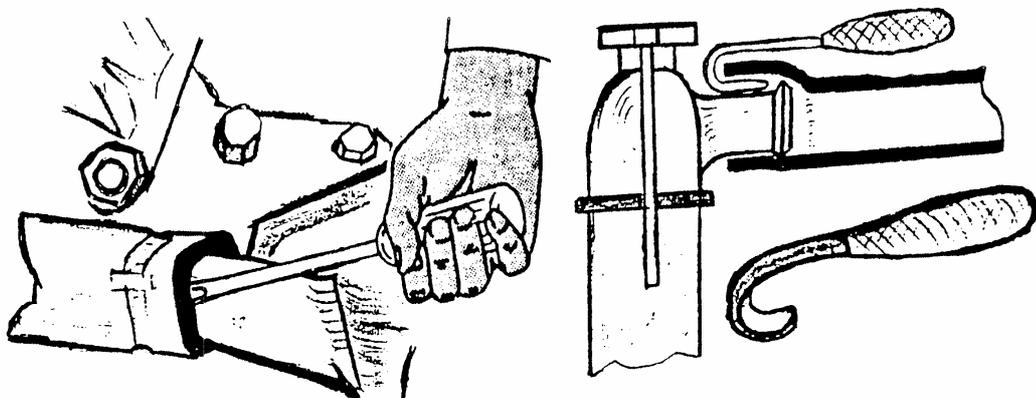


Figure n°.112

- Lors du TP, utiliser des protège – ailes afin de ne pas endommager le fini de la carrosserie.
- Si le radiateur doit être réparé, il faut déposer toutes les pièces boulonnées ou visées qui sont attachées au radiateur.

•

III.5.1 DEPOSER LE RADIATEUR

Rechercher dans le manuel du fabricant les étapes de dépose du radiateur et respecter la marche à suivre.

III.5.2 REPOSER LE RADIATEUR

- Rassembler tous les accessoires du radiateur qui ont été déposés, car leur accessibilité est souvent réduite une fois le radiateur installé sur place.
- Vérifier la présence des supports de caoutchouc. Si le radiateur n'est pas appuyé solidement sur les supports, il risque de se déplacer à cause des vibrations et, à la longue de se mettre à couler.
- Avant de monter les durites, vérifier leur état. Si elles sont endommagées, il faudra les remplacer.
- S'il y a un doute sur l'efficacité des colliers de serrage des durites, il faudra les remplacer.
- Vérifier la fermeture du robinet de vidange.
- Une fois le liquide de refroidissement versé dans le radiateur, il faut vérifier les éventuelles fuites et ensuite il faut purger le système de refroidissement.

EVALUATION DE FIN DE MODULE

1. Epreuve théorique

QUESTIONS	Barème
<p>1. Pourquoi le système de refroidissement par liquide est – il préférable au système de refroidissement par air ?</p> <p>2. Quelles sont les conséquences d'une température trop basse du liquide réfrigérant sur le fonctionnement du moteur ?</p> <p>3. Utiliser le schéma du circuit de refroidissement représenté ci – dessous et ensuite répondre aux questions suivantes :</p> <p>a. Indiquer dans un tableau les désignations des éléments marqués par de numéros de 1 à 12.</p> <p>b. Quel est le rôle de l'élément n°.8 ?</p> <div data-bbox="359 828 1181 1433" data-label="Diagram"> </div> <p>4. Quelle est la différence entre les systèmes de refroidissement non scellé et scellé ?</p> <p>5. Quel est le rôle du thermostat dans le système de refroidissement ?</p> <p>6. Préciser les désavantages à employer seulement de l'eau dans le système de refroidissement.</p> <p>7. Nommer trois causes possibles de la perte de liquide réfrigérant.</p> <p>8. Comment peut – on vérifier le moto ventilateur ?</p> <p>9. Préciser les emplacements possibles du thermo contact du moto ventilateur.</p> <p>10. Indiquer les causes possibles d'un échauffement anormal du moteur relatives aux problèmes du système de refroidissement.</p>	

2.Epreuve pratique

SUJET N°.1

1. Compétence à évaluer :

Entretien le système de refroidissement

2. Situation professionnelle

Pour le véhicule automobile désigné par le formateur, effectuer la tâche suivante (une variante pour chaque stagiaire)

VARIANTE A : Vérifier les fuites du liquide de refroidissement et sa température de protection contre le gel à l'aide du pèse antigel.

VARIANTE B : Vérifier l'étanchéité du système de refroidissement à l'aide d'une pompe à pression.

VARIANTE C : Remplacer le liquide réfrigérant et effectuer la purge du système de refroidissement.

VARIANTE D : Nettoyer le système de refroidissement par la méthode de rinçage inversé.

SUJET N°.2

1. Compétence à évaluer

Déposer, contrôler et reposer les organes composants du système de refroidissement.

2. Situation professionnelle :

Pour le véhicule automobile désigné par le formateur, effectuer la tâche suivante (une variante pour chaque stagiaire)

VARIANTE A : Déposer, contrôler et reposer la pompe à eau et ensuite régler la tension de la courroie d'entraînement.

VARIANTE B : Déposer, contrôler le fonctionnement du thermostat et le reposer.

VARIANTE C : Déposer, contrôler et reposer le moto ventilateur et le thermostat.

VARIANTE D : Déposer, contrôler et reposer le radiateur.

