

SOMMAIRE

PREAMBULE **page 13**

CHAPITRE I : CARACTERISTIQUES D'UN VEHICULE TOUT TERRAIN

CHAPITRE UNIQUE : CARACTERISTIQUES D'UN VEHICULE TOUT TERRAIN **page 17**

I - DEFINITIONS **page 17**

- 1.1- Angle d'attaque **page 17**
- 1.2- Angle de fuite **page 17**
- 1.3- Angle de rampe **page 17**
- 1.4- Garde au sol **page 18**
- 1.5- Empattement **page 18**
- 1.6- Voie **page 18**

CHAPITRE II : CHASSIS

CHAPITRE UNIQUE : CHASSIS **page 21**

I - DIFFERENTS TYPES DE CHASSIS **page 21**

- 1.1- Châssis rigide **page 21**
- 1.2- Châssis souple **page 21**
- 1.3- Châssis articulé **page 21**

II - REACTION DE DIFFERENTS CHASSIS LORS DU FRANCHISSEMENT D'OBSTACLE **page 22**

CHAPITRE III : MOTEUR THERMIQUE

CHAPITRE III - 1 : LE MOTEUR	page 25
I - DEFINITIONS ELEMENTAIRES	page 25
1.1- Alésage	page 25
1.2- Chambre de combustion ou d'explosion	page 25
1.3- Course	page 25
1.4- Cylindrée	page 25
1.5- Cycle	page 25
1.6- Points morts	page 25
1.7- Temps	page 25
II - MOTEUR THERMIQUE A COMBUSTION INTERNE	page 26
2.1- Fonctionnement du moteur à explosion	page 26
2.2- Principe de réalisation	page 26
III - CYCLE BEAU DE ROCHAS	page 27
IV - ORGANES DU MOTEUR	page 28
4.1- Organes fixes	page 28
4.2- Organes mobiles	page 31
V - TABLEAU COMPARATIF ENTRE LE MOTEUR ESSENCE ET LE MOTEUR DIESEL	page 33
CHAPITRE III - 2 : ALLUMAGE	page 34
I - ROLE	page 34
II - DESCRIPTION	page 34
III - FONCTIONNEMENT	page 34
CHAPITRE III - 3 : CARBURATION	page 35
I - DEFINITION	page 35
II - CONDITIONS POUR UNE BONNE CARBURATION	page 35

III - REALISATION DE LA CARBURATION	page 35
IV - LE CARBURATEUR	page 36
4.1- Description	page 36
4.2- Fonctionnement	page 36
V - DOSAGE MELANGE	page 37
CHAPITRE III - 4 : RALENTISSEURS	page 38
I - GENERALITES	page 38
II - RALENTISSEUR SUR L'ECHAPPEMENT ET COUPURE INJECTION	page 38
2.1- Description	page 38
2.2- Fonctionnement	page 38
III - RALENTISSEUR HYDRAULIQUE	page 39
3.1- Analyse fonctionnelle	page 39
CHAPITRE IV : CIRCUITS	
Chapitre IV - 1 : REFROIDISSEMENT	page 43
I - GENERALITES	page 43
II - BUT DU REFROIDISSEMENT	page 43
III - REFROIDISSEMENT PAR AIR	page 43
IV - REFROIDISSEMENT PAR EAU	page 44
4.1- Le radiateur	page 44
4.2- La pompe à eau	page 44
4.3- Le thermostat	page 44
4.4- Le ventilateur	page 45
4.5- Le circuit de refroidissement	page 45

V - REFROIDISSEMENT PAR HUILE	page 46
5.1- Refroidissement par thermosiphon accéléré par pompe	page 46
5.2- Rôle de la soupape thermostatique	page 47
5.3- Echangeur de température	page 48
CHAPITRE IV - 2 : CIRCUIT DE GRAISSAGE	page 49
I - GENERALITES	page 49
II - BUT DU GRAISSAGE	page 49
III - PRINCIPE	page 49
IV - DESCRIPTION	page 49
V - FONCTIONNEMENT	page 49
VI - POMPE A HUILE	page 50
6.1- La pompe à engrenages intérieurs	page 50
6.2- La pompe à palettes	page 50
6.3- La pompe à rotor	page 50
6.4- Le filtre	page 51
VII - DIFFERENTS TYPES DE GRAISSAGES DU MOTEUR	page 52
7.1- Graissage sous pressions	page 53
VIII - QUELQUES PANNES POSSIBLES	page 54
CHAPITRE IV - 3 : CIRCUIT DE COMBUSTIBLE DIESEL	page 55
I - ROLE	page 55
II - DESCRIPTION	page 55
III - FONCTIONNEMENT	page 55
3.1- Le réservoir	page 55
3.2- La crépine	page 55
3.3- Le préfiltre	page 55
3.4- La pompe d'alimentation	page 55

3.5- Le filtre principal	page 55
3.6- La pompe à injection	page 55
3.7- L'injecteur	page 55
IV - CIRCUIT DU COMBUSTIBLE	page 56
V - QUELQUES PANNES POSSIBLES	page 57
CHAPITRE IV - 4 : SURALIMENTATION	page 58
I - REALISATION	page 58
II - BUT	page 58
III - CARACTERISTIQUES DE LA SURALIMENTATION	page 58
3.1- Le taux de suralimentation	page 58
3.2- Le taux de remplissage	page 59
IV - DIFFERENTS TYPES DE COMPRESSEURS	page 59
4.1- Le compresseur volumétrique	page 59
4.2- Le compresseur centrifuge	page 61
CHAPITRE IV - 5 : TURBOCOMPRESSEUR	page 62
I - PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT	page 62
II - DESCRIPTION DU TURBOCOMPRESSEUR	page 62
2.1- La turbine « chaude »	page 62
2.2- Le compresseur ou turbine « froide »	page 63
2.3- Le palier central	page 63
III - REGULATION DE LA PRESSION DE SURALIMENTATION	page 63
3.1- Le fonctionnement	page 64
IV - LE REFROIDISSEMENT DE L' AIR D'ADMISSION	page 64
4.1- Les systèmes de refroidissement	page 65
V - PRECAUTIONS D'UTILISATION	page 66

CHAPITRE V : EMBRAYAGE ET BOITE DE VITESSES

Chapitre V - 1 : EMBRAYAGE	page 69
I - DEFINITIONS	page 69
II - DESCRIPTION	page 69
III - FONCTIONNEMENT	page 69
IV - DIVERS TYPES DE COMMANDES D'EMBRAYAGE	page 70
V - L'EMBRAYAGE AUTOMATISE	page 70
5.1- Principe de fonctionnement	page 71
VI - L'EMBRAYAGE DE TYPE VISCO-DRIVE	page 71
6.1- Fonctionnement	page 71
VII - ELEMENTS D'UN EMBRAYAGE A PRESSSION	page 72
7.1- Eléments d'un embrayage à pression par ressort	page 72
7.2- Eléments d'un embrayage à pression par diaphragme	page 72
CHAPITRE V - 2 : BOITE DE VITESSES	page 73
I - DEFINITION	page 73
II - DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT	page 73
III - PANNES POSSIBLES	page 73
3.1- Description	page 73

CHAPITRE VI : BOITE DE TRANSFERT

CHAPITRE UNIQUE : BOITE DE TRANFERT	page 77
I - DEFINITION	page 77
II - DESCRIPTION	page 77
III - FONCTIONNEMENT	page 77
IV - REDUCTION	page 77
4.1- Passage en réduction	page 77
4.2- Passage de réduction en grande vitesse	page 77
V - LES 4X4 PERMANENTS	page 78
VI - BOITE DE TRANSFERT	page 80

CHAPITRE VII : ESSIEUX - PONTS

CHAPITRE VII - 1 : PONTS	page 83
I - ROLE	page 83
II - DESCRIPTION	page 83
2.1- Pont Banjo	page 83
2.2- Pont Split	page 83
2.3- Pont porteur ou pont droit	page 84
2.4- Pont portique	page 84
2.5- Pont à double réduction centrale	page 84
2.6- Pont simple réduction	page 85
2.7- Pont à double réduction	page 85
2.8- Coupe transversale d'un pont portique (avant)	page 85
III - REDUCTION DANS LES MOYEUX	page 86

IV - MONTAGE DES ARBRES DE ROUES	page 87
4.1- Arbre de roue non porteur ou montage flottant	page 87
4.2- Arbre de roue porteur ou semi-flottant	page 87
4.3- Moyeux débrayables	page 88
CHAPITRE VII - 2 : DIRECTION	page 89
I - DEFINITIONS	page 89
II - GENERALITES	page 89
III - DIFFERENTS TYPES DE DIRECTION	page 89
IV - DESCRIPTION	page 89
4.1- Direction à crémaillère	page 89
4.2- Direction à boîtier	page 89
V - FONCTIONNEMENT	page 90
5.1- Crémaillères et pignons	page 90
5.2- Les boîtiers de direction	page 90
VI - ASSISTANCE DE DIRECTION	page 91
VII - PANNES POSSIBLES	page 93
VIII - CHASSE ET CARROSSAGE	page 93
IX - PINCEMENT	page 94
X - EPURE DE JEANTAU	page 94
CHAPITRE VII - 3 : FREINS	page 95
I - GENERALITES	page 95
II - DESCRIPTION	page 95

III - FONCTIONNEMENT	page 95
3.1- Frein classique	page 95
3.2- Frein oléo-pneumatique	page 95
IV - PANNES	page 97
CHAPITRE VII - 4 : SYSTEME ABS	page 98
I - GENERALITES	page 98
II - FONCTIONNEMENT	page 98
2.1- Capteur électromagnétique	page 98
2.2- Unité de commande électronique	page 98
CHAPITRE VIII : DIFFERENTIELS	
CHAPITRE UNIQUE : DIFFERENTIELS	page 101
I - GENERALITES	page 101
II - DEFINITION	page 102
III - DESCRIPTION	page 102
IV - FONCTIONNEMENT	page 102
V - EMPLACEMENT DU DIFFERENTIEL	page 102
VI - DIFFERENTIEL EPICYCLOÏDAL	page 103
VII - TRAIN EPICYCLOÏDAL	page 103
VIII - DIFFERENTIEL TORSEN	page 104
IX - DIFFERENTIEL AUTO-BLOQUANT A GLISSEMENT LIMITE	page 106
9.1- Description	page 106
9.2- Fonctionnement	page 106

X - BLOCAGE DU DIFFRENTIEL	page 107
10.1- Définition	page 107
10.2- Description et fonctionnement	page 107
10.3- Utilisation	page 107
10.4- Différentiel sans blocage	page 108
10.5- Différentiel avec blocage	page 108

CHAPITRE IX : PNEUMATIQUES

CHAPITRE UNIQUE : PNEUMATIQUES	page 111
I - ROLE	page 111
II - COMPOSITION D'UN ENSEMBLE PNEUMATIQUE	page 111
2.1- Composition d'un pneumatique	page 111
2.2- Structure	page 112
2.3- Composition d'un ensemble pneumatique	page 112
III - IMPORTANCE DU DIAMETRE DES PNEUMATIQUES	page 113
IV - PRESSION AU SOL	page 113
V - RENSEIGNEMENTS DIVERS	page 114
5.1- L'examen d'un pneumatique se fait dans l'ordre suivant	page 114
5.2- Les causes de détérioration	page 114
5.3- Les causes d'usure	page 114
5.4- Contrôle de la pression	page 114
5.5- Diagnostic des anomalies	page 115
VI - SYMBOLES DE VITESSE	page 116
6.1- Règles de sécurité	page 116
6.2- Identification d'un pneumatique	page 116

CHAPITRE X : APPAREILS DE TRACTION ET TREUILS

CHAPITRE UNIQUE : MANOEUVRES DE FORCE	page 119
I - GENERALITES	page 119
1.1- La manoeuvre de force	page 119
1.2- Les principes directeurs	page 119
II - COEFFICIENTS	page 119
2.1- Profil du terrain	page 121
2.2- Coefficient d'adhérence/effort au crochet	page 122
III - MATERIELS	page 123
3.1- Les câbles métalliques	page 123
3.2- Les manilles	page 124
3.3- Les poulies	page 124
3.4- Les élingues	page 124
3.5- Les agrès de traction	page 125
IV - POINTS D'ANCRAGE	page 126
4.1- Points d'ancrage naturels	page 126
4.2- Points d'ancrage artificiels	page 127
V - REALISATION DE LA MANOEUVRE DE FORCE	page 128
5.1- La reconnaissance	page 128
5.2- La préparation	page 128
5.3- L'exécution	page 128
5.4- Le reconditionnement du matériel	page 128

REGLES DE SECURITE

LA PENTE	page 131
I - DEFINITION	page 131
II - EVALUATION PRATIQUE D'UNE PENTE	page 131

LE DEVERS	page 133
I - DEFINITION	page 133
II - CENTRE DE GRAVITE	page 133
III - EVALUATION PRATIQUE DU DEVERS	page 133

PREAMBULE

Le présent document élaboré à l'attention du formateur en conduite tout terrain a été réalisé à partir de la brochure proposée par le maître principal MONCERE et le Centre Interrégional de Formation de la Sécurité Civile de VALABRE.

Il complète le document « Conduite tout terrain » diffusé en février 1997 et apporte au formateur les informations nécessaires à la réalisation des cours théoriques des niveaux de formation COD 1 et COD 2.

ELABORE PAR :

M.P MONCERE
Centre Interrégional de Formation de la Sécurité Civile

BMPM
CIFSC

ONT PARTICIPE :

Cdt GROSJEAN
Ltn LANNOU
Cdt de CHALUS
Adc DAVEAU
Sap LAMBALLE

SDIS 60
SDIS 78
DDSC
DDSC
DDSC

CHAPITRE I

CARACTERISTIQUES D'UN VEHICULE TOUT TERRAIN

CHAPITRE UNIQUE**CARACTERISTIQUES D'UN VEHICULE TOUT TERRAIN****I. DEFINITIONS****1.1 - Angle d'attaque**

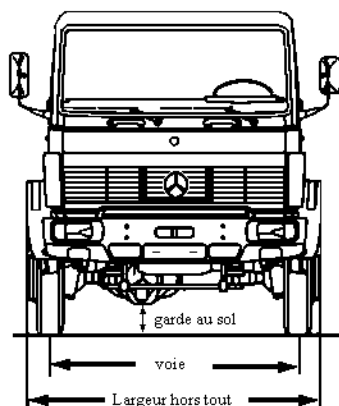
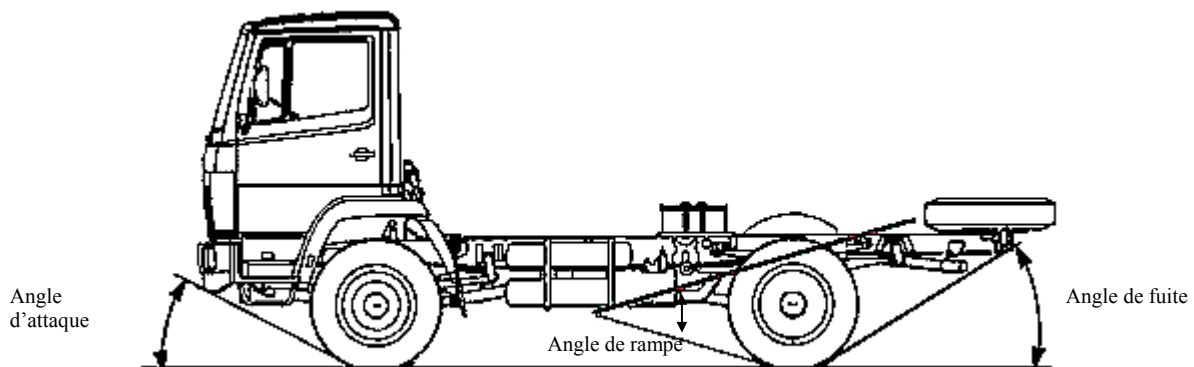
Il est formé par le sol, le point de contact du pneu avant le sol et la droite tangente au point le plus saillant sous l'avant du véhicule (pare-choc).

Il devrait avoir une valeur moyenne de 45 degrés.

1.2 - Angle de fuite

Il est formé par le sol, le point de contact du pneu arrière avec le sol et la droite tangente à la barre anti-encastrement.

Sa valeur moyenne devrait être de 45 degrés.

1.3 - Angle de rampe

1.4 - Garde au sol

C'est la hauteur entre le sol et le point le plus bas situé sous le véhicule. Il est indispensable qu'elle soit suffisamment haute pour permettre au véhicule de franchir les obstacles.

1.5 - Empattement

C'est la distance entre les deux essieux.

1.6 - Voie

C'est la distance entre l'axe des roues d'un même essieu assuré sur le plan d'appui.

CHAPITRE II

CHASSIS

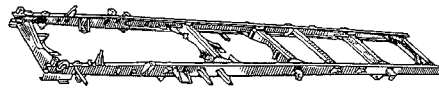
I - DIFFERENTS TYPES DE CHASSIS

Le châssis forme l'ossature du véhicule sur laquelle viennent se rattacher les différents organes mécaniques ainsi que la cabine et l'équipement. Il est constitué de longerons assemblés par des traverses.

Il est réalisé en profilés d'acier spécial à haute résistance mécanique et élastique.

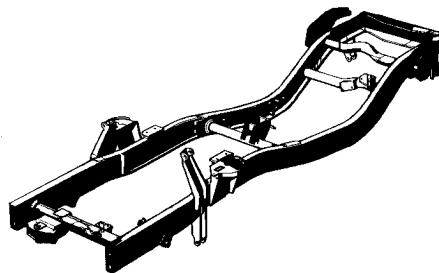
1.1 - Châssis rigide

Le châssis rigide ne subit pas de déformation. Ce sont les organes de suspension qui donnent de la souplesse à l'ensemble (ACMAT, ROVER).



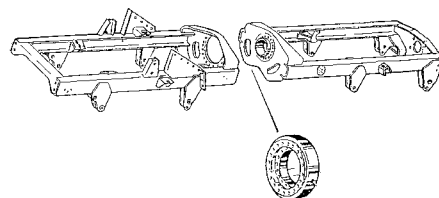
1.2 - Châssis souple

Le châssis souple a la possibilité de se déformer, donc d'accentuer la souplesse du véhicule.

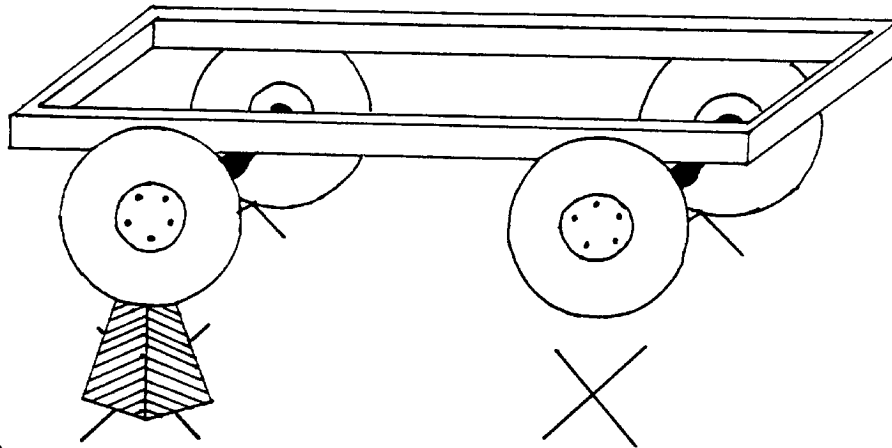


1.3 - Châssis articulé

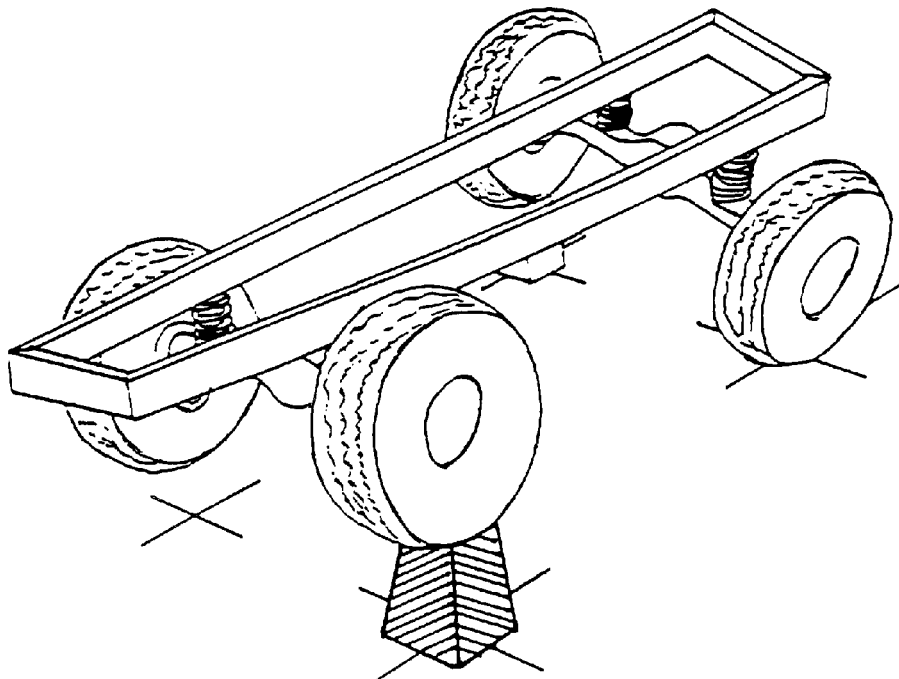
Le châssis articulé est constitué de deux demi-châssis rigides reliés par une articulation permettant un déplacement angulaire de plus ou moins 15 degrés à partir de la position neutre (BRIMONT).



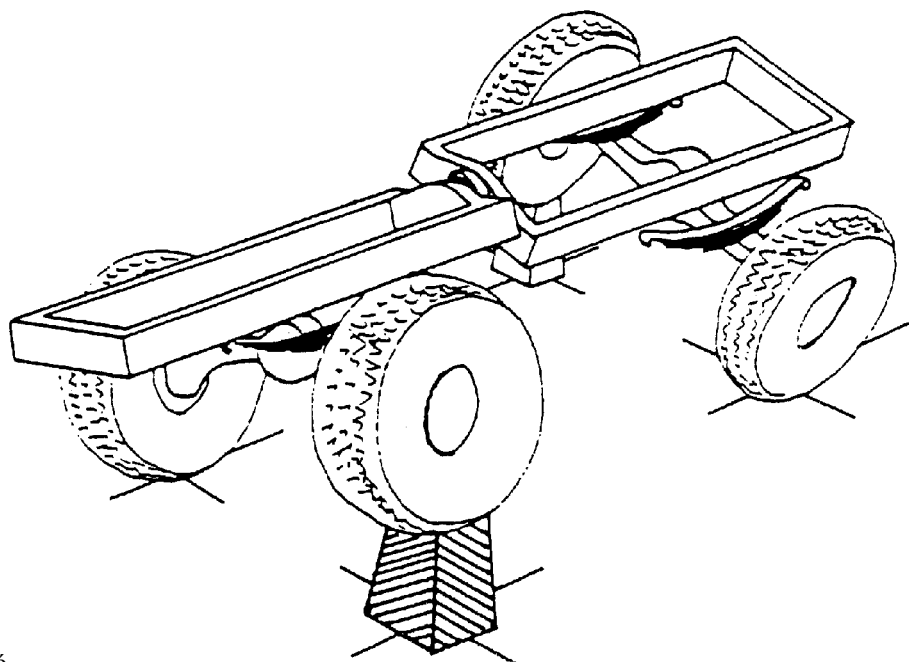
II - REACTION DE DIFFERENTS CHASSIS LORS DU FRANCHISSEMENT D'OBSTACLE :



Châssis rigide



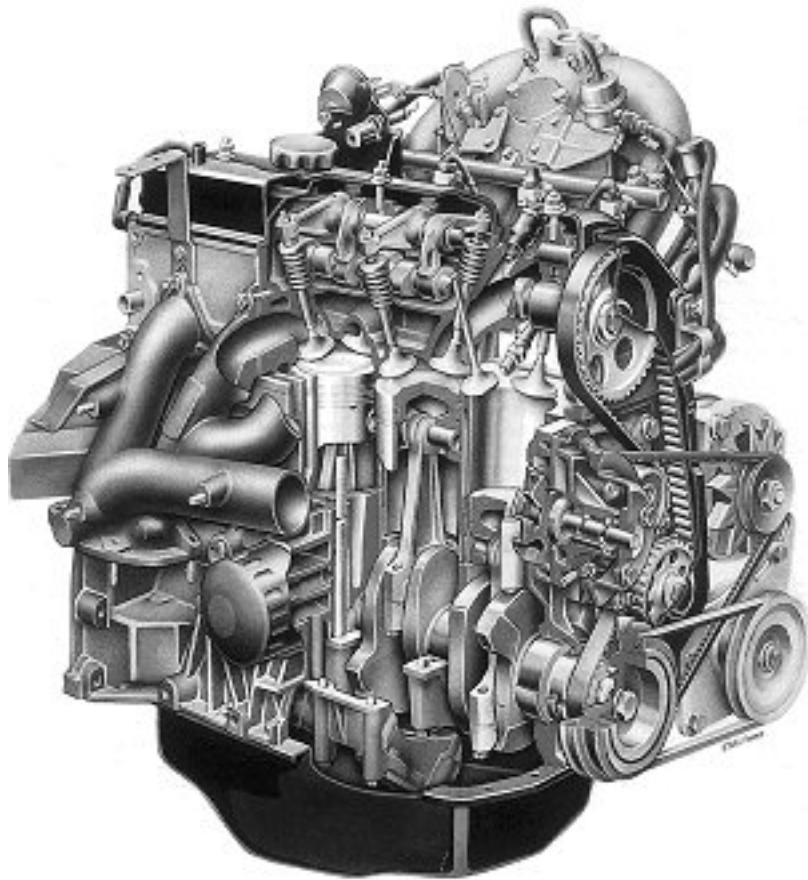
Châssis souple



Châssis articulé

CHAPITRE III

MOTEUR THERMIQUE



I - DEFINITIONS ELEMENTAIRES

1.1 - **Alésage** : diamètre intérieur du cylindre.

1.2 - **Chambre de combustion ou d'explosion** : volume compris entre le dessus du piston lorsqu'il est au point mort haut et la culasse.

1.3 - **Course** : chemin parcouru par le piston entre les deux points morts.

1.4 - **Cylindrée** : volume intérieur du cylindre entre le Point mort haut et le Point mort bas.

1.5 - **Cycle** : ensemble des évolutions que subit la masse gazeuse depuis son introduction dans le cylindre.

1.6 - **Points morts** : points extrêmes du piston dans le cylindre.

1.7 - **Temps** : évolution que subit la masse gazeuse pendant une course.

II - MOTEUR THERMIQUE A COMBUSTION INTERNE

Le moteur thermique à combustion interne transforme, avec un rendement de 60 % environ, l'énergie calorifique ou potentielle du carburant en énergie mécanique ou cinétique.

Il existe deux types de moteurs :

- moteur à explosion ;
- moteur diesel.

2.1 - Fonctionnement du moteur à explosion

Le piston se déplace dans un cylindre étanche à sa partie supérieure.

L'inflammation du mélange air-combustible qui a été introduit dans le cylindre puis comprimé est réalisée par une étincelle (énergie d'activation). Cette réaction de combustion est génératrice de chaleur. Cette chaleur a pour effet d'accentuer la dilatation des gaz comprimés au dessus du piston. Ces gaz, en phase de détente, vont pousser le piston vers le bas.

2.2 - Principe de réalisation

2.2.1 - Il est nécessaire d'assurer le mouvement continu du moteur. Lorsque le piston est arrivé au bas de sa course, il faut :

- éliminer les gaz brûlés ;
- introduire de l'air frais et du combustible ;
- ramener le piston en haut du cylindre.

2.2.2 - Le mouvement rectiligne du piston est transformé en mouvement rotatif par le système bielle vilebrequin.

2.2.3 - L'air frais et le combustible sont aspirés par une ouverture commandée pendant la course descendante (soupape).

2.2.4 - Le piston au point mort haut comprime l'air.

2.2.5 - Les gaz brûlés sont évacués pendant la course du piston. A chaque course du piston correspond une opération distincte. La description fait en 4 courses représente un moteur fonctionnant selon un cycle de 4 temps..

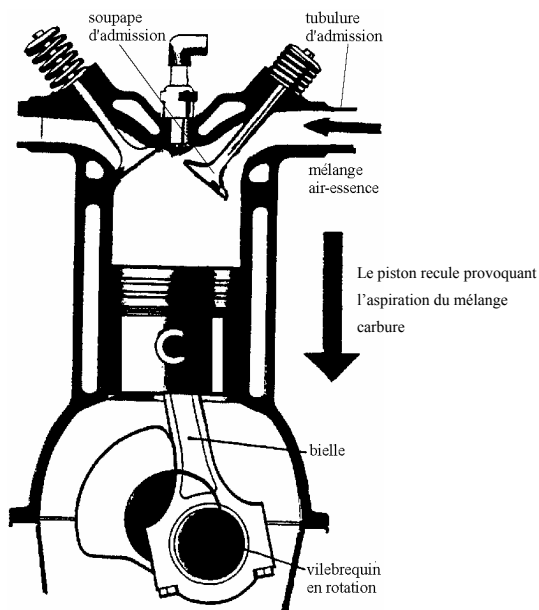
2.2.6 - C'est un ingénieur français, Monsieur BEAU de ROCHAS, qui a mis au point le cycle élémentaire de fonctionnement d'un moteur à 4 temps.

Seul le temps combustion / détente fournit l'énergie mécanique. Les trois autres temps sont appelés temps résistants. Ils absorbent de l'énergie.

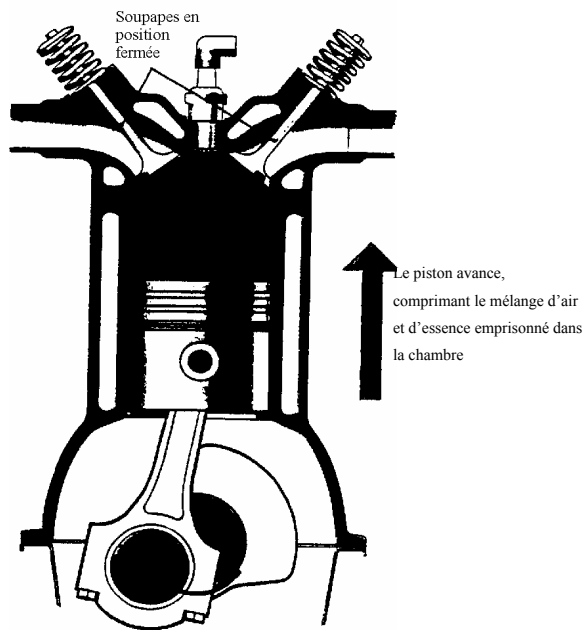
Dans un moteur à 4 temps, le cycle s'effectue en 2 tours de vilebrequin.

Dans un moteur à 2 temps, le cycle complet s'effectue en un seul tour de vilebrequin.

III - CYCLE BEAU DE ROCHAS :

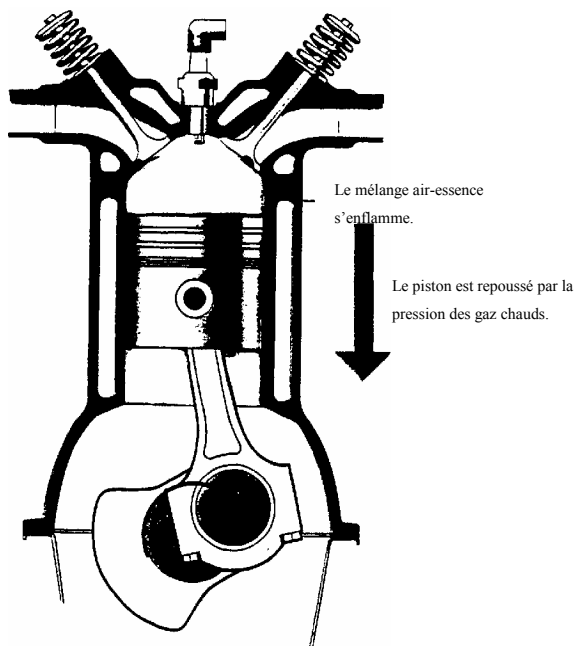


1^{er} temps : admission. La soupape d'échappement est fermée. Le piston, en descendant, aspire le mélange essence-air par la soupape d'admission ouverte. Peu de temps après, la soupape d'admission se ferme

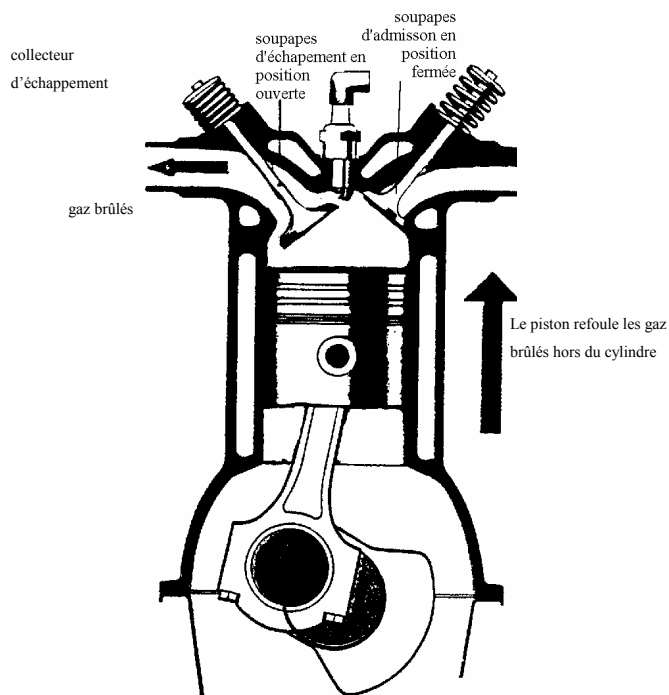


2^{ème} temps : compression. Les soupapes d'échappement et d'admission sont fermées. Dans sa montée, le piston comprime le mélange dans la chambre de combustion. Par la chaleur produite par la compression, les gouttes de carburant se vaporisent complètement.

Une étincelle électrique jaillit entre les électrodes de la bougie.



3^{ème} temps : travail. Les deux soupapes restent fermées. Le mélange comprimé est enflammé au moyen de la bougie. Les gaz qui sont en train de brûler se détendent brutalement et poussent le piston vers le bas. La soupape d'échappement s'ouvre lorsque le piston est en bas.



4^{ème} temps : échappement. La soupape d'admission est fermée. Le piston pousse les gaz brûlés en remontant par la soupape d'échappement ouverte. La soupape d'admission s'ouvre alors, la soupape d'échappement se referme, et tout recommence.

IV - ORGANES DU MOTEUR

4.1 - Organes fixes

4.1.1 - Bloc moteur ou bloc cylindres

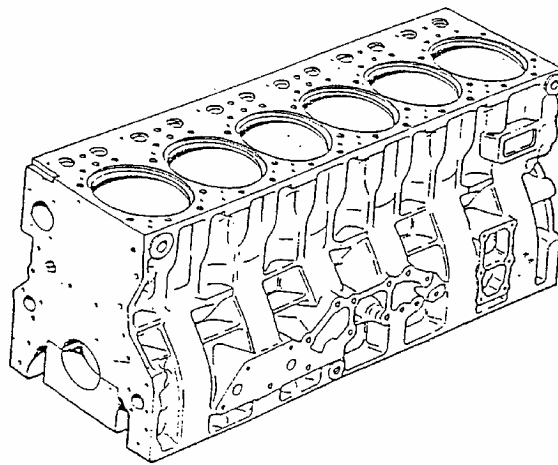
Le bloc moteur ou bloc cylindres est une pièce de fonderie qui enveloppe les cylindres et qui reçoit les différents organes constitutifs.

Il doit :

- assurer sans contrainte le mouvement des organes mobiles,
- résister aux pressions de combustion sans déformation,
- posséder une bonne conductibilité thermique,
- être résistant à la corrosion due au liquide du circuit de refroidissement.

Il reçoit à sa partie supérieure une ou plusieurs culasses et à sa partie inférieure un carter d'huile.

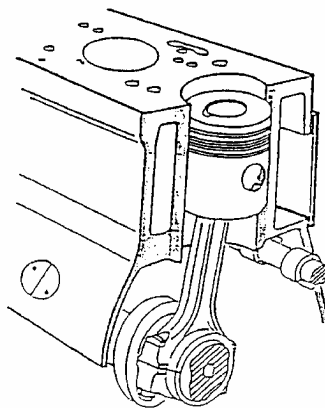
Il est généralement en fonte moulée et usinée. On peut aussi le trouver en fonte d'aluminium.



Les pistons ne se déplacent pas à l'intérieur du bloc moteur en frottant directement sur celui-ci.

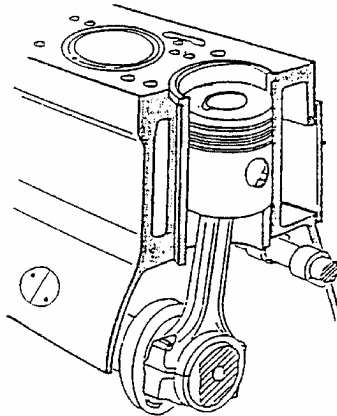
4.1.1.1 Bloc usiné non chemisé

La partie interne du bloc reçoit un usinage et un traitement spécial de la paroi



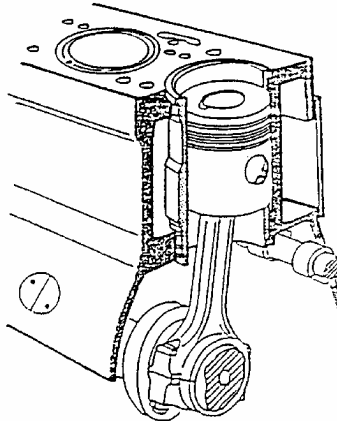
4.1.1.2 - Le bloc avec une chemise sèche

Un cylindre métallique en acier spécial traité, appelé chemise, s'interpose entre le bloc et le piston. Dans le cas d'une chemise sèche, il n'y a aucun contact direct entre celle-ci et le circuit de refroidissement.



4.1.1.3 - Le bloc chemise humide

Un cylindre métallique en acier spécial traité, appelé chemise, s'interpose entre le bloc et le piston. Dans le cas d'une chemise humide, il y a contact direct entre la chemise et le liquide de refroidissement.



4.1.2 - Joint de culasse

Le joint de culasse assure l'étanchéité entre la culasse et le bloc cylindres.

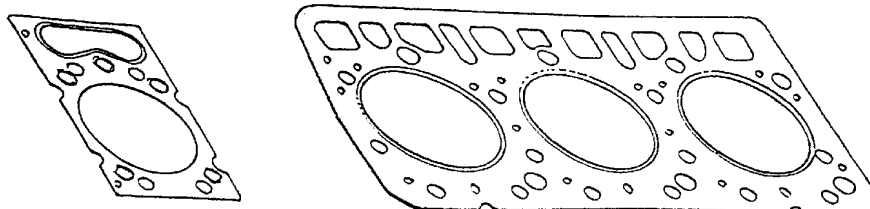
Il comporte :

- des ouvertures à l'endroit de chaque cylindre,
- des orifices pour le passage des goujons de fixation de la culasse et pour le système de commande des soupapes et la circulation du liquide de refroidissement.

Il est généralement en amiante armé graphité, bien que l'on trouve aussi des joints en acier.

L'étanchéité du gaz est alors assurée par un bossage sur la chemise qui s'incruste dans le joint lors du serrage de la culasse.

L'étanchéité à l'huile et au liquide de refroidissement est assurée par des joints en silicone résistants aux hautes températures et polymérisés sur l'acier.

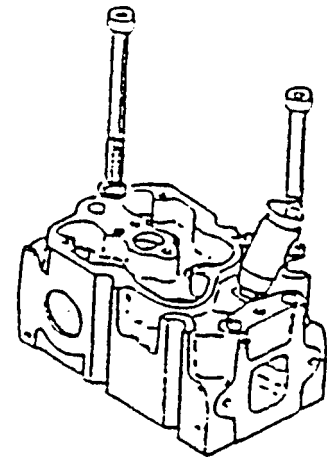
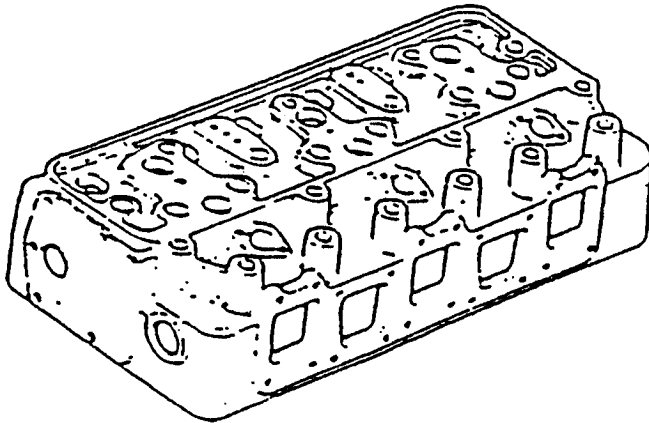


4.1.3 - La culasse

La culasse est une pièce de fonderie en acier ou aluminium fixée sur la partie supérieure du bloc moteur par des goujons. Elle recouvre soit un cylindre, soit un groupe de cylindres, soit la totalité des cylindres. Elle doit posséder les mêmes caractéristiques que le bloc moteur (résistance, conductibilité).

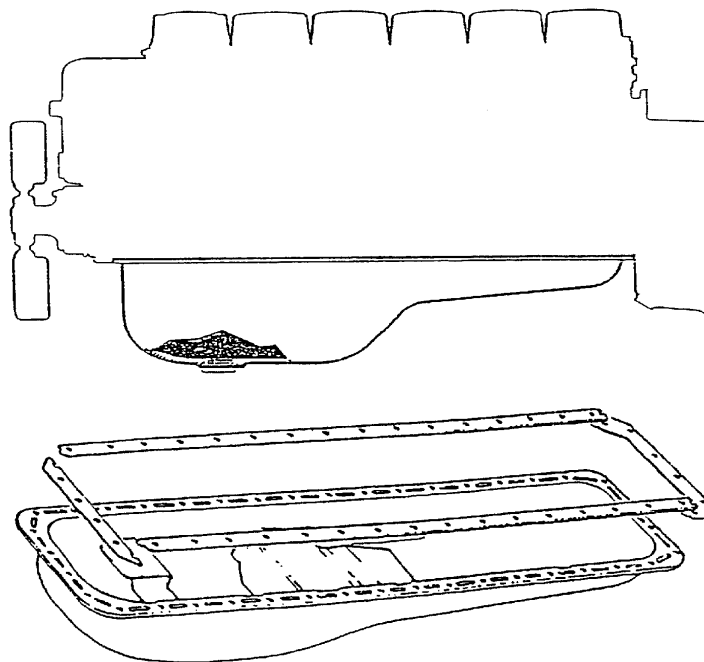
Elle comporte :

- des orifices d'admission et d'échappement,
- des chambres du circuit de refroidissement et de graissage,
- des emplacements pour les bougies ou les injecteurs.



4.1.4 - Le carter d'huile

Le carter d'huile est réalisé soit en tôle emboutie, soit ou coulé en alliage léger. Il est positionné sous le bloc moteur et constitue la réserve d'huile du circuit de graissage.



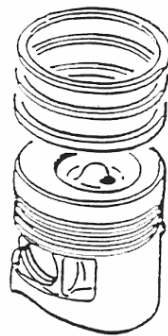
4.2 - Organes mobiles

4.2.1 - Le piston

Pièce en alliage léger, en fonte spéciale ou en acier moulé, il est animé d'un mouvement rectiligne alternatif. Il reçoit et transmet les poussées. Il coulisse librement et assure l'étanchéité du cylindre. Cette étanchéité est réalisée par les segments (couronnes de fonte).

Il y a trois segments :

- le premier est le segment « coupe-feu » qui coupe le rayonnement thermique dû à l'explosion,
- le deuxième est le segment « d'étanchéité » qui évite le passage des gaz dans la partie basse du bloc,
- le troisième est le segment « racleur-d'huile » qui évite les remontées d'huile, étale un film d'huile de graissage, élimine et rejette les excès d'huile.

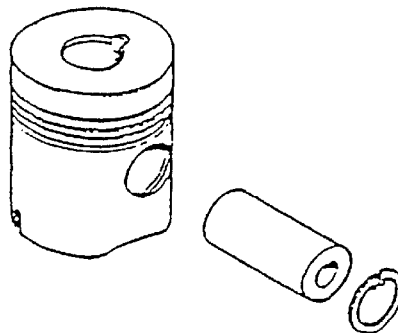


Le piston se compose d'une tête et d'une jupe. La tête porte les segments d'étanchéité. La jupe comporte deux bossages intérieurs pour l'emmanchement de l'axe du piston.

Sur certains pistons, la jupe porte une gorge destinée à recevoir un segment racleur d'huile.

4.2.2 - Axe du piston

En acier traité, il assure la liaison piston/bielle. Il maintient libre de rotation le piston sur la bielle.



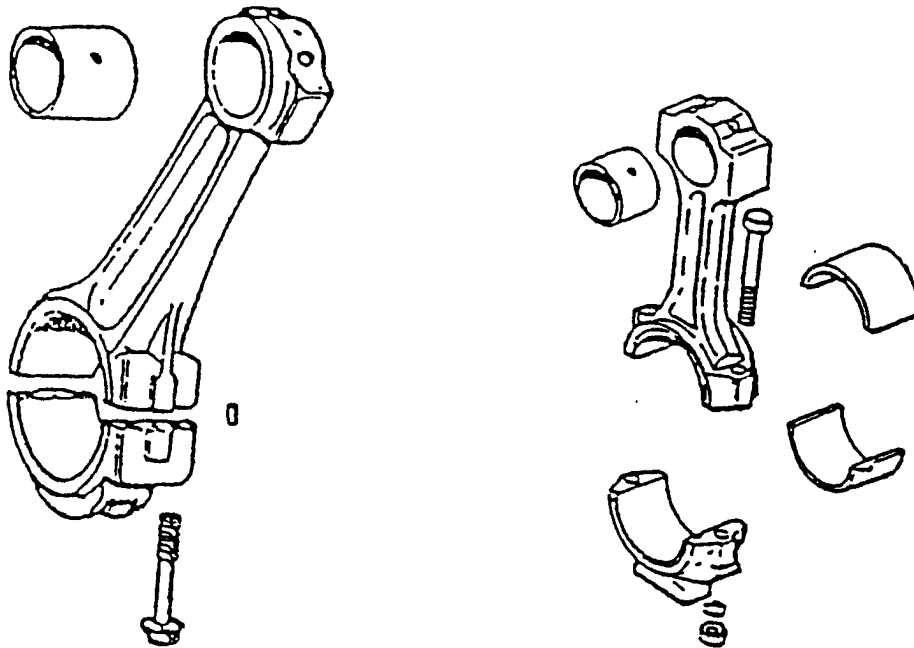
4.2.3 - Bielle

En acier forgé spécial ou métal Nickel/Chrome chromé ou alliage léger, elle transmet le mouvement rectiligne alternatif du piston au vilebrequin.

Elle est soumise aux pressions élevées de combustion.

Elle se compose :

- d'un pied qui s'articule sur l'axe du piston,
- d'un corps percé longitudinalement pour le passage de l'huile,
- d'une tête de bielle, en deux parties, qui s'articule sur le vilebrequin.
Elle porte les demi-coussinets antifrictions.



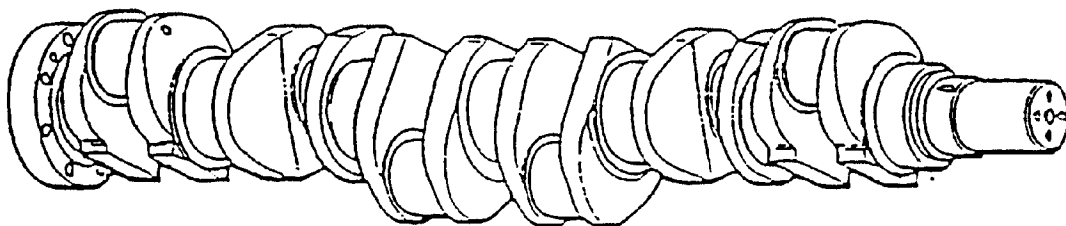
4.2.4 - Vilebrequin

C'est un arbre coudé en acier spécial qui transforme le mouvement rectiligne alternatif du piston en mouvement circulaire continu.

Il est percé de trous d'amenée d'huile.

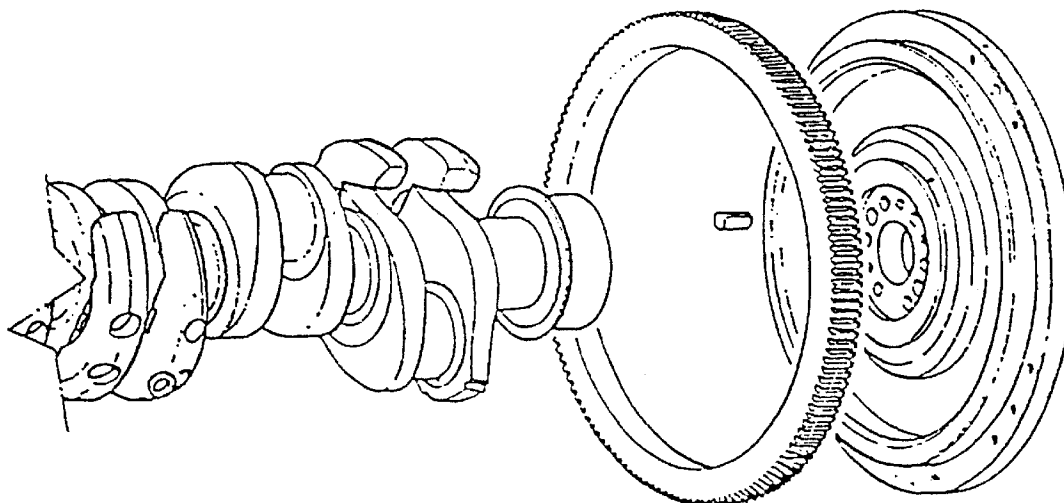
Il comprend trois parties :

- portées ou tourillons,
- manetons où sont rattachées les bielles,
- joues ou flasques qui reçoivent les masses d'équilibrage.



4.2.5 - Volant moteur

Placée en bout du vilebrequin, c'est une pièce lourde qui grâce à sa grande inertie cinétique emmagasine l'énergie pendant le temps moteur (3ème) pour la restituer lors des temps résistants.



V - TABLEAU COMPARATIF ENTRE LE MOTEUR ESSENCE ET LE MOTEUR DIESEL

Temps du cycle	Fonctions assurées dans le moteur diesel	Organes en fonctionnement	Fonctions assurées dans le moteur essence	Organes en fonctionnement
1 _i / Admission	Aspiration d'air	Soupapes d'admission	Aspiration d'un mélange air/essence préparé et dosé par un carburateur ou un système d'injection	Soupapes d'admission, carburateur
2 _i / Compression	Très forte 20 à 30 b, compression de l'air d'où échauffement à 600 _i C, rapport volumétrique de 1/12 à 1/22		Compression du mélange 8 à 12 b d'où échauffement à 300 _i C environ. Rapport volumétrique 1/5 à 1/8	
En fin de course de compression	Injection sous forte pression (100 à 300 bars) du combustible qui s'enflamme spontanément au contact de l'air surchauffé	Pompe à injection. Injecteur	Allumage du mélange par étincelle électrique à la bougie	Allumeur ou magnéto et bougie d'allumage
3 _i / Combustion ou explosion	Combustion et détente		Explosion et détente	
4 _i / Echappement	Evacuation des gaz brûlés	Soupapes d'échappement	Evacuation des gaz brûlés	Soupapes d'échappement

CHAPITRE III - 2**ALLUMAGE****I - ROLE**

Le système d'allumage a pour rôle d'amorcer, à un moment précis, la combustion du mélange air/essence.

L'inflammation du mélange gazeux est provoqué par une étincelle ou arc électrique dans la chambre de combustion.

Compte-rendu de la pression importante des gaz, la tension nécessaire pour obtenir une étincelle efficace doit être de l'ordre de 15 à 20 000 volts. Cette étincelle doit être de très courte durée (entre 1 et 2 millièmes de seconde) car les explosions se succèdent à un rythme rapide.

II - DESCRIPTION

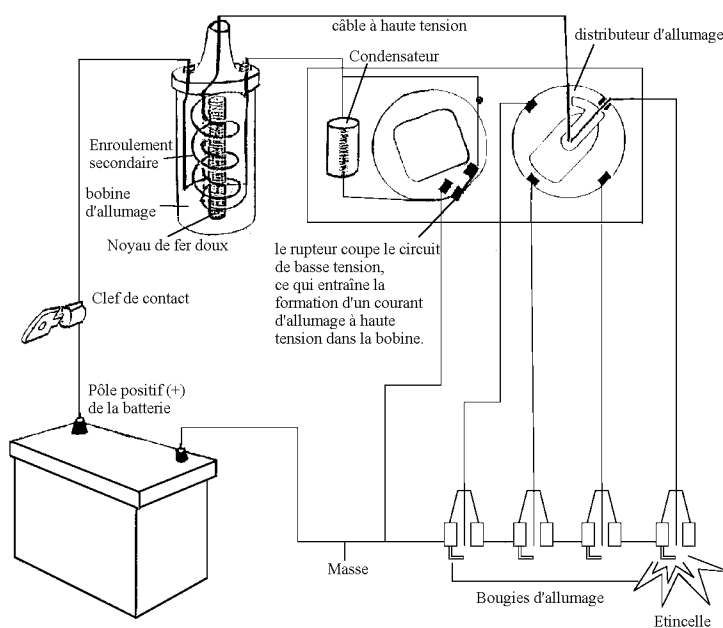
Pour parvenir à ce résultat, on utilise un circuit composé des éléments suivants :

- la batterie : qui fournit un courant de basse tension,
- la bobine : qui transforme le courant de basse tension en courant de haute tension,
- le rupteur : nécessaire au fonctionnement de la bobine,
- le distributeur : qui communique successivement le courant de haute tension à chaque bougie,
- la bougie : où se produit l'arc électrique.

III - FONCTIONNEMENT

On ferme le circuit primaire du courant basse tension qui part de la batterie, passe par l'ampèremètre, l'interrupteur, la bobine, le rupteur puis revient à la batterie par la masse. Le rupteur coupant le circuit provoque un phénomène d'induction : la transformation dans la bobine du courant de basse tension en un courant de haute tension.

Ce courant de haute tension part du centre de la bobine pour aller au distributeur puis vers les bougies où il se produit l'étincelle. Le condensateur sert à absorber l'extra courant de rupture.

LE CIRCUIT D'ALLUMAGE

CHAPITRE III - 3**CARBURATION**

L'impulsion donnée au piston au début du temps-moteur résulte de la combustion d'un mélange comprenant :

- un combustible (essence le plus souvent, alcool, benzol ...).
- un comburant (air ambiant apportant l'oxygène nécessaire à la combustion)

I - DEFINITION

La carburation est l'ensemble des opérations grâce auxquelles on obtient un mélange intime : air + combustible qui sera admis dans les cylindres.

II - CONDITIONS POUR UNE BONNE CARBURATION

Dans tous les cylindres, le dosage combustible/carburant doit être convenable quelque soit le régime moteur et présenter une homogénéité dans l'ensemble de la masse air/combustible.

La combustion rapide et complète permet d'obtenir une puissance maximale et pollue peu.

III - REALISATION DE LA CARBURATION

Elle est réalisée totalement dans un appareil complexe où arrivent :

- le combustible envoyé par le dispositif d'alimentation,
- le comburant, l'air atmosphérique aspiré par la dépression créée par la descente du piston lors de l'admission.

Le combustible entraîné par le comburant (en courant d'air) se divise en fines gouttelettes, elles-mêmes pulvérisées par le choc contre l'air.

Il y a :

- vaporisation du combustible (par le comburant),
- formation d'un mélange homogène (combustible - carburant).

IV - LE CARBURATEUR

C'est un appareil réalisant :

- la carburation (voir ci-dessus),
- la régulation, c'est à dire l'adaptation de la puissance fournie par le moteur à la puissance qui lui est demandée (action de l'utilisateur sur l'accélérateur).

4.1 - Description

4.1.1 - Cuve (dite à niveau constant)

Elle reçoit l'essence du circuit d'alimentation par gravité ou pompe.

Elle est en communication avec l'atmosphère, en partie supérieure. A l'intérieur, un flotteur surmonté d'un pointeau, obture l'arrivée d'essence lorsque le niveau atteint la valeur constante choisie durant la marche du moteur. Il y a montée et descente de celui-ci dans la cuve suivant l'utilisation.

4.1.2 - Gicleur

Un orifice calibré possède une sortie par laquelle le jet d'essence est pulvérisé par l'air. Cet ajustage est disposé à quelques millimètres au-dessus du niveau de la cuve. Le diamètre est compris entre 0,40 et 1,60 mm.

4.1.3 - Chambre de carburateur

Celle-ci comporte :

- un diffuseur où débouche le gicleur (étranglement),
- un papillon tournant, commandé par l'accélérateur situé dans la partie de la tuyauterie comprise entre le gicleur et la soupape d'admission.

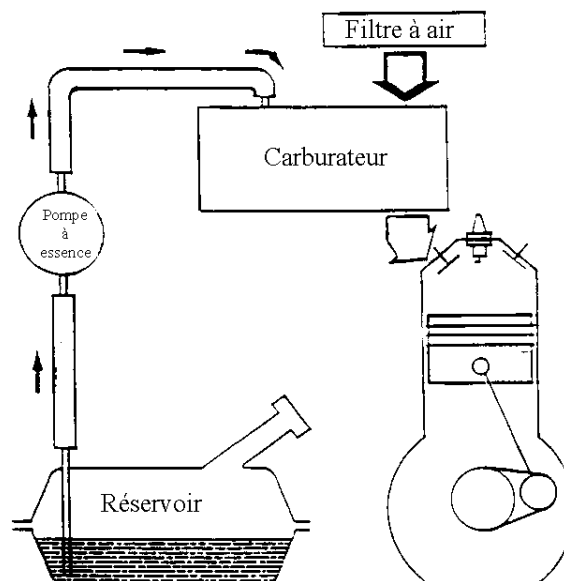
4.2 - Fonctionnement

4.2.1 - Moteur arrêté

La pression atmosphérique règne dans la tubulure d'admission et dans la cuve jusqu'à ce que le pointeau l'obtoure. Il s'établit un niveau constant au gicleur et dans la cuve.

4.2.2 - Moteur en marche

Lorsque le volet est en position moyenne, un courant d'air s'établit dans la tubulure d'admission entraînant le combustible venant de la cuve. Celle-ci se vidant, le flotteur et le pointeau se retirent et laissent passer le combustible venant du circuit d'alimentation dans la cuve.



Rôle du carburateur

V - DOSAGE MELANGE

En poids :

- Théorie : 1 g d'essence pour 15 g d'air,
- Pratique : 1 g d'essence pour 20 g d'air.

En volume :

1 cm³ d'essence pour 1100 cm³ d'air

Si l'on considère :

1000 cm³ d'essence : 720 g,

1000 cm³ d'air : 1,29 g.

Mélange riche :

essence/air supérieur à 1/20 (moins d'air) en poids.

Mélange pauvre :

essence /air inférieur à 1/20 (moins d'essence) en poids.

CHAPITRE III - 4**RALENTISSEURS****I - GENERALITES**

Les freins principaux d'un véhicule agissent d'une manière puissante, mais qui ne peut être que de courte durée par suite de l'échauffement inévitable des mâchoires et tambours ou des disques.

En terrain accidenté, il peut être nécessaire de maintenir le véhicule à une vitesse modérée pendant une période prolongée.

Le couple résistant du moteur tournant à bas régime ne permet pas ce ralentissement. Cependant sur certains véhicules poids-lourds, le ralentissement est renforcé par un dispositif complémentaire spécial : le ralentisseur.

On distingue 4 types de ralentisseurs :

- électrique,
- sur l'échappement,
- sur l'échappement et coupure sur l'injection,
- hydraulique.

II - RALENTISSEUR SUR L'ECHAPPEMENT ET COUPURE INJECTION**2.1 - Description**

Il se compose d'un opercule obturant le pot d'échappement. Celui-ci est maintenu fermé par l'intermédiaire d'un vérin pneumatique commandé du poste de conduite par une pédale ou un poussoir, généralement en forme de champignon. Ce dispositif est manoeuvré par le pied du conducteur.

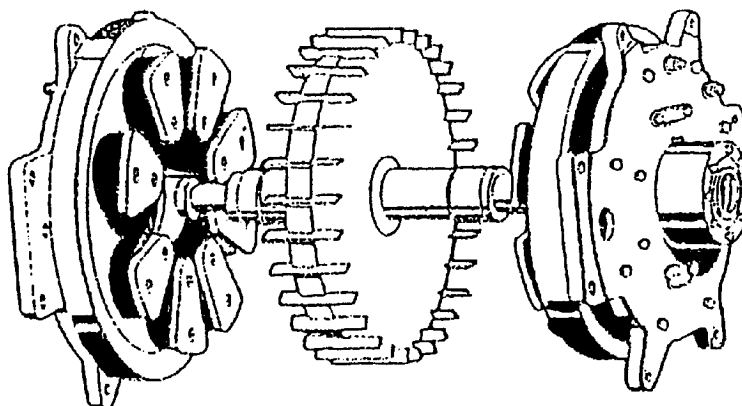
2.2 - Fonctionnement

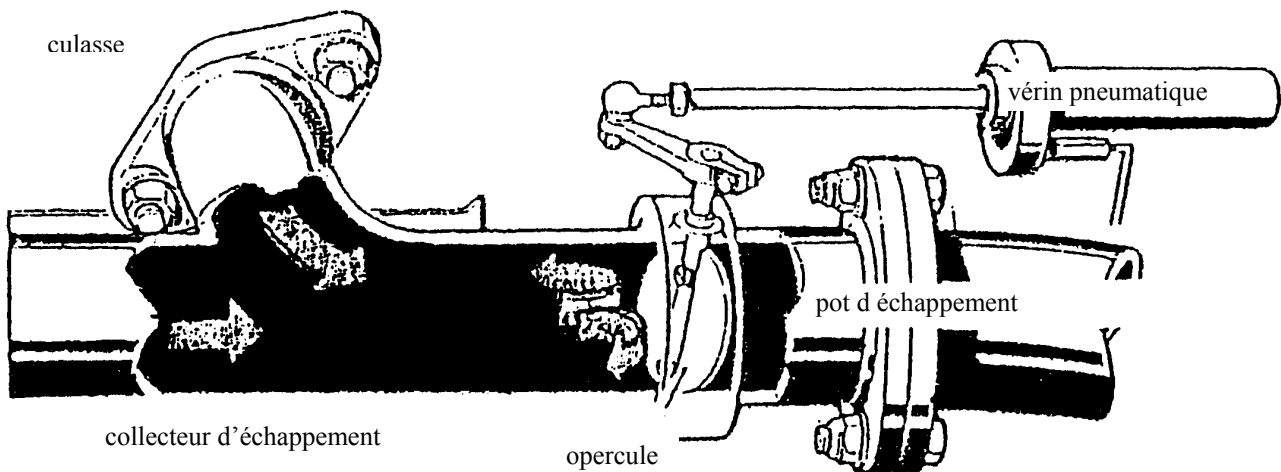
L'obturation de la tubulure d'échappement par une vanne pneumatique empêche l'évacuation des gaz brûlés hors des cylindres, transformant ainsi le temps d'échappement en temps résistant (fonctionnement du moteur en compresseur).

Sur certains véhicules, ce système est doublé par un deuxième vérin pneumatique qui coupe l'arrivée du gas-oil à la pompe à injection du moteur.

Sur d'autres véhicules, par une manoeuvre volontaire du conducteur, on peut coupler la fonction du ralentisseur à l'action de la pédale de frein.

Sur certains véhicules, le ralentisseur permet aussi l'arrêt du moteur. Dans ce cas, l'action prolongée sur la commande de ralentisseur provoque le calage du véhicule.





III - RALENTISSEUR HYDRAULIQUE

Le (**retarder**) est un frein hydro-dynamique pour cars, camions et véhicules lourds. C'est l'énergie de l'huile en circulation qui confère au ralentisseur sa puissance de freinage. Ainsi donc, le ralentissement s'effectue sans aucun frottement mécanique.

3.1 - Analyse fonctionnelle :

Dans le ralentisseur, la turbine est fixe par rapport au carter. L'arbre de transmission est solidaire du rotor. Dès que l'huile est injectée entre le **rotor** et la **turbine**, le couple de réaction produit ralentit le mouvement du rotor donc de l'arbre de transmission entraînant la décélération du véhicule.

Le processus de ralentissement se déroule comme suit.

Le conducteur met le ralentisseur en service dès qu'il actionne la manette placée au volant, ou la pédale de frein au pied. Le conducteur met par ce simple geste, le ralentisseur en service. L'air comprimé est l'agent de commande. La course de la manette pilote la pression d'air agissant sur la soupape de commande.

Pour un couple de freinage donné, une quantité plus ou moins importante d'huile est refoulée du réservoir vers les chambres entre **rotor** et **stator**. Le couple de freinage reste au delà d'une certaine vitesse, constant, si la position de la manette ou de la pédale reste inchangée.

L'huile circule entre le ralentisseur et l'échangeur de température. Lorsque le ralentisseur est hors fonction, l'huile du circuit de travail regagne le réservoir.

L'énergie cinétique du véhicule est transmise sous forme de chaleur au fluide de travail (l'huile du ralentisseur).

La chaleur ne pouvant être dissipée par la surface du carter, est transmise par l'intermédiaire d'un échangeur de température huile/eau au système de refroidissement du véhicule.

CHAPITRE IV

CIRCUITS

CHAPITRE IV -1**REFROIDISSEMENT****I - GENERALITES**

Dans un moteur, la variation de température des gaz est de :

- 20 à 30 degrés Celcius (C) pour la plus basse suivant la température ambiante,
- 1800 degrés C pour la plus haute.

La chaleur dégagée se transmet aux organes fixes et mobiles qui s'échauffent, se dilatent et se déforment.

On doit maintenir les organes à une température convenable car :

- la résistance des métaux diminue avec l'augmentation de température,
- les dilations inégales entraînent des déformations et provoquent l'immobilisation du piston dans la chemise (« serrage »),
- l'huile perd ses qualités lubrifiantes à partir de 110° C et se décompose à partir de 300° C.

II - BUT DU REFROIDISSEMENT

- éviter les dilations exagérées et les déformations des organes,
- conserver la résistance mécanique des métaux,
- conserver à l'huile de graissage ses qualités lubrifiantes,
- maintenir les organes du moteur à une température convenable.

Afin de réaliser ces opérations, on utilisera un fluide réfrigérant :

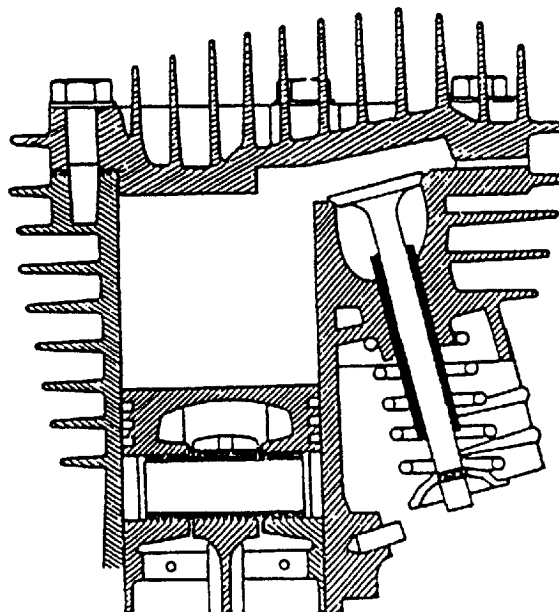
- l'air,
- l'eau,
- l'huile.

III - REFROIDISSEMENT PAR AIR

C'est un système employé dans l'aviation et dans l'automobile.

La réfrigération est apportée par l'air qui lèche les cylindres du moteur. Afin d'obtenir un refroidissement correct, les cylindres sont entourés d'ailettes pour augmenter la surface d'échange.

La circulation d'air peut être activée par un ventilateur. On se sert aussi du refroidissement par air pour refroidir un radiateur à eau.



IV - REFROIDISSEMENT PAR EAU

Le fluide réfrigérant est l'eau qui suit un circuit bien précis dans le moteur.

Le circuit se compose de :

4.1 - Le radiateur

Il constitue le réservoir d'eau froide. L'eau échauffée au contact des parois des chambres de combustion cède la chaleur reçue à l'enveloppe du radiateur.

Le radiateur est constitué par :

- des faisceaux tubulaires munis d'ailettes de refroidissement pour augmenter la surface d'échange et obtenir un refroidissement par décompression de l'air passant entre les faisceaux,
- une arrivée et une sortie d'eau.

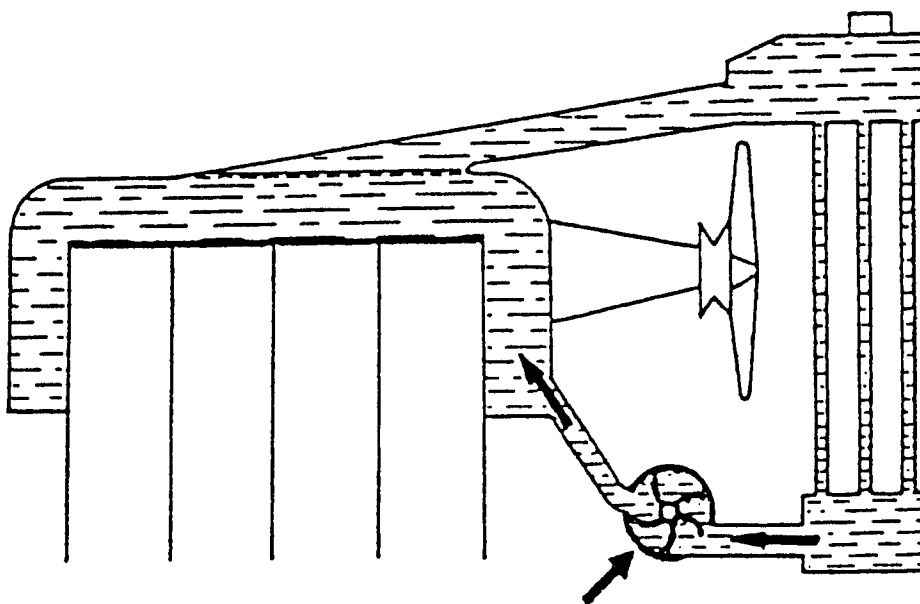
Sur sa partie supérieure, on trouve un bouchon de remplissage muni d'un clapet de pression permettant à un excès d'eau de s'écouler vers l'extérieur.

Dans sa partie basse, on trouve un bouchon de vidange.

Certains véhicules sont munis de radiateur en liaison permanente avec un vase d'expansion qui permet en fonction des changements de température de l'eau de compenser les variations de volume de ce liquide et de maintenir un niveau constant dans le radiateur.

Dans ce dernier, l'eau chaude arrive en partie supérieure, traverse le faisceau tubulaire et ainsi refroidie repart par la partie basse en direction de la pompe à eau.

REFROIDISSEMENT PAR EAU



4.2 - La pompe à eau

Elle accélère la circulation de l'eau de refroidissement.

C'est une pompe centrifuge composée d'un corps de pompe et d'une turbine. L'eau arrive par la partie centrale et se trouve projetée, par la force centrifuge, vers la périphérie du corps de pompe qui est raccordée avec la canalisation de la culasse.

L'entraînement de la pompe se fait soit par pignons, soit par courroie.

Son débit est environ de 300 à 400 l/minute.

4.3 - Le thermostat

C'est un dispositif permettant de maintenir une température ambiante autour du moteur.

Il est situé sur la canalisation de retour d'eau au radiateur.

A une certaine température (exemple : 75°), une membrane se dilate et permet à l'eau chaude de retourner au radiateur.

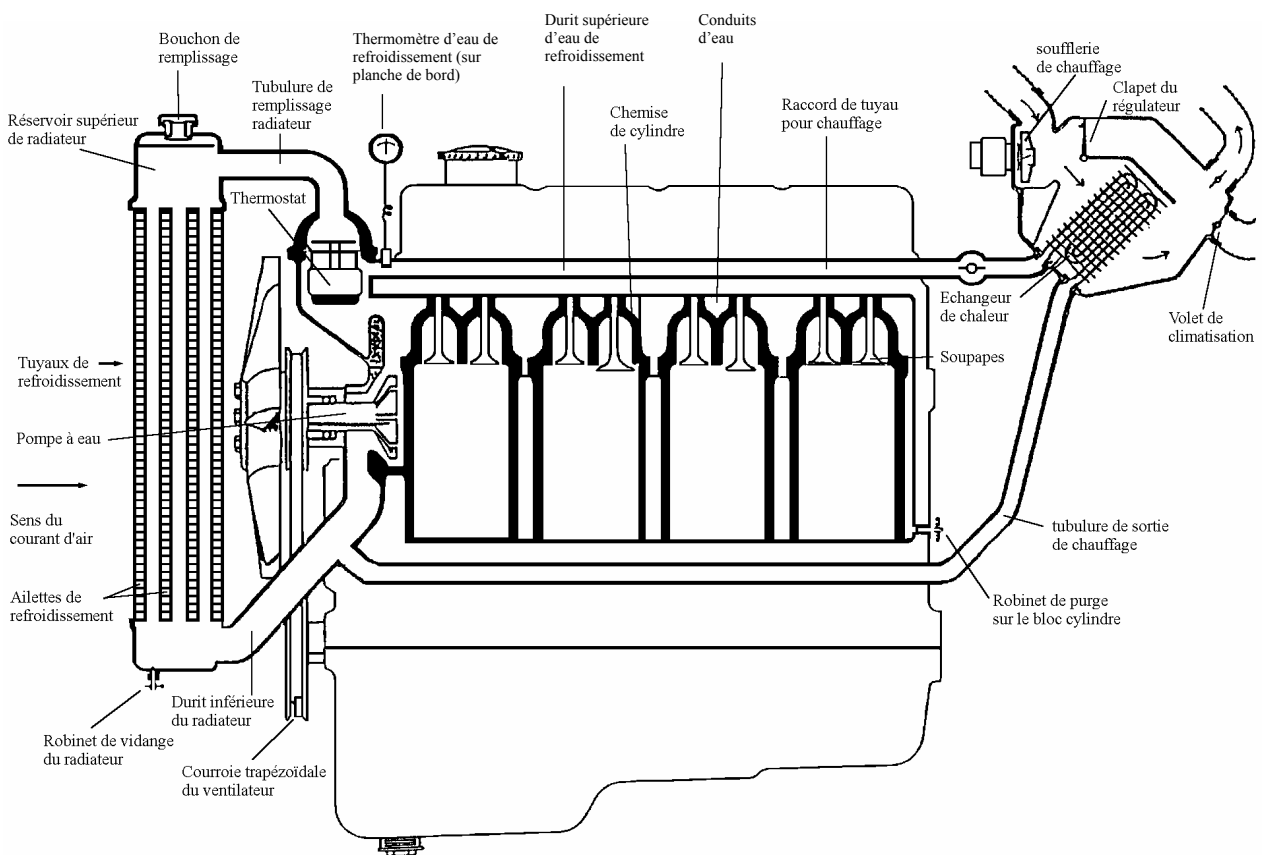
4.4 - Le ventilateur

Placé à l'arrière ou à l'avant du radiateur, il peut être entraîné par le moteur par l'intermédiaire d'une courroie ou par un moteur électrique.

Il assure la circulation de l'air à travers le radiateur lorsque le véhicule est à l'arrêt.

Certains ventilateurs sont débrayables, c'est-à-dire qu'ils se mettent en fonction lorsqu'une certaine température d'eau est atteinte.

4.5 - Le circuit de refroidissement



V - REFROIDISSEMENT PAR HUILE

L'huile est employée pour refroidir les têtes de piston et les articulations.

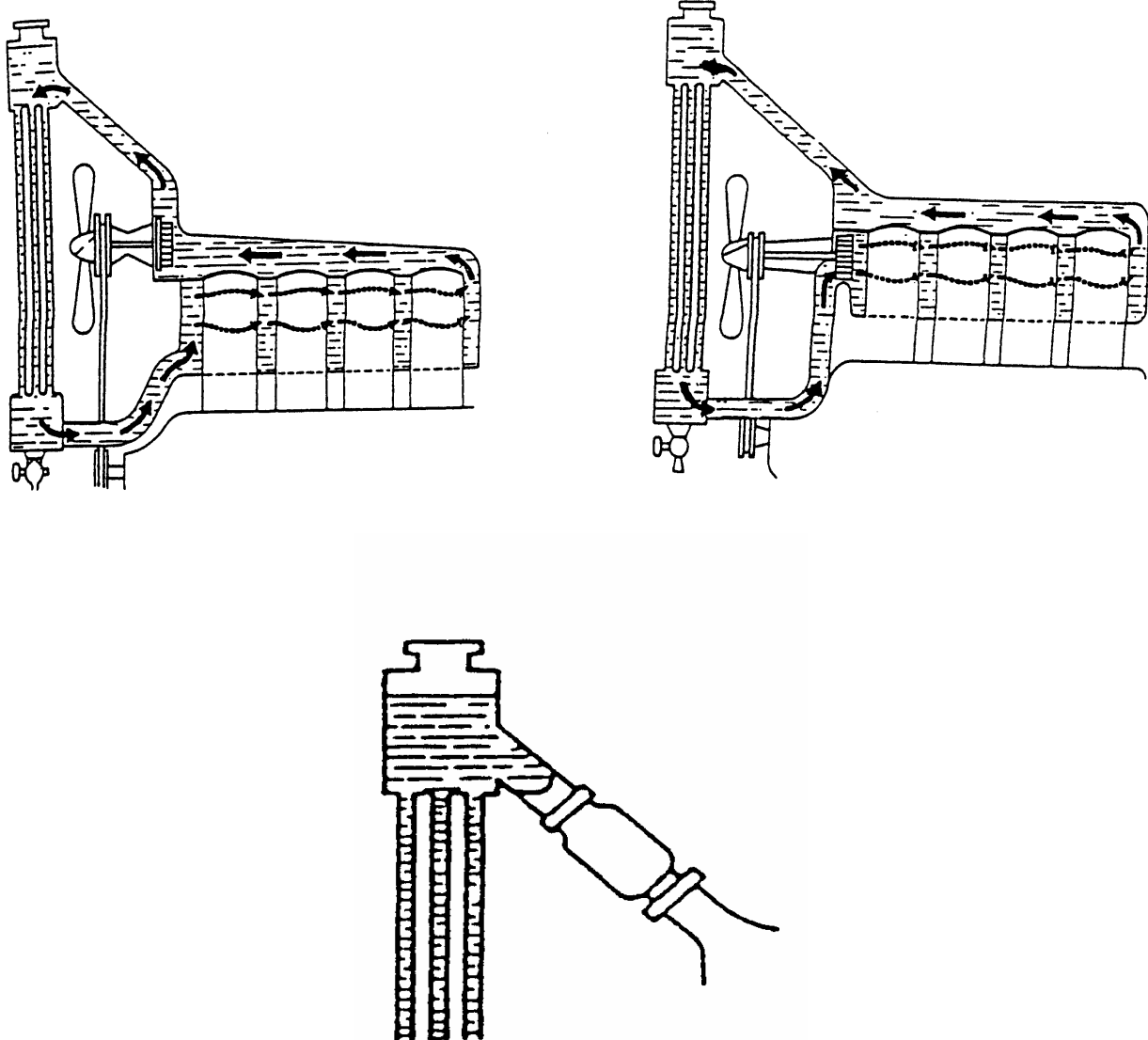
La réfrigération est assurée, en même temps que le graissage, par projection d'huile sur les parties mécaniques.

L'huile en redescendant dans le carter moteur est refroidie par l'écoulement d'air autour de ce dernier.

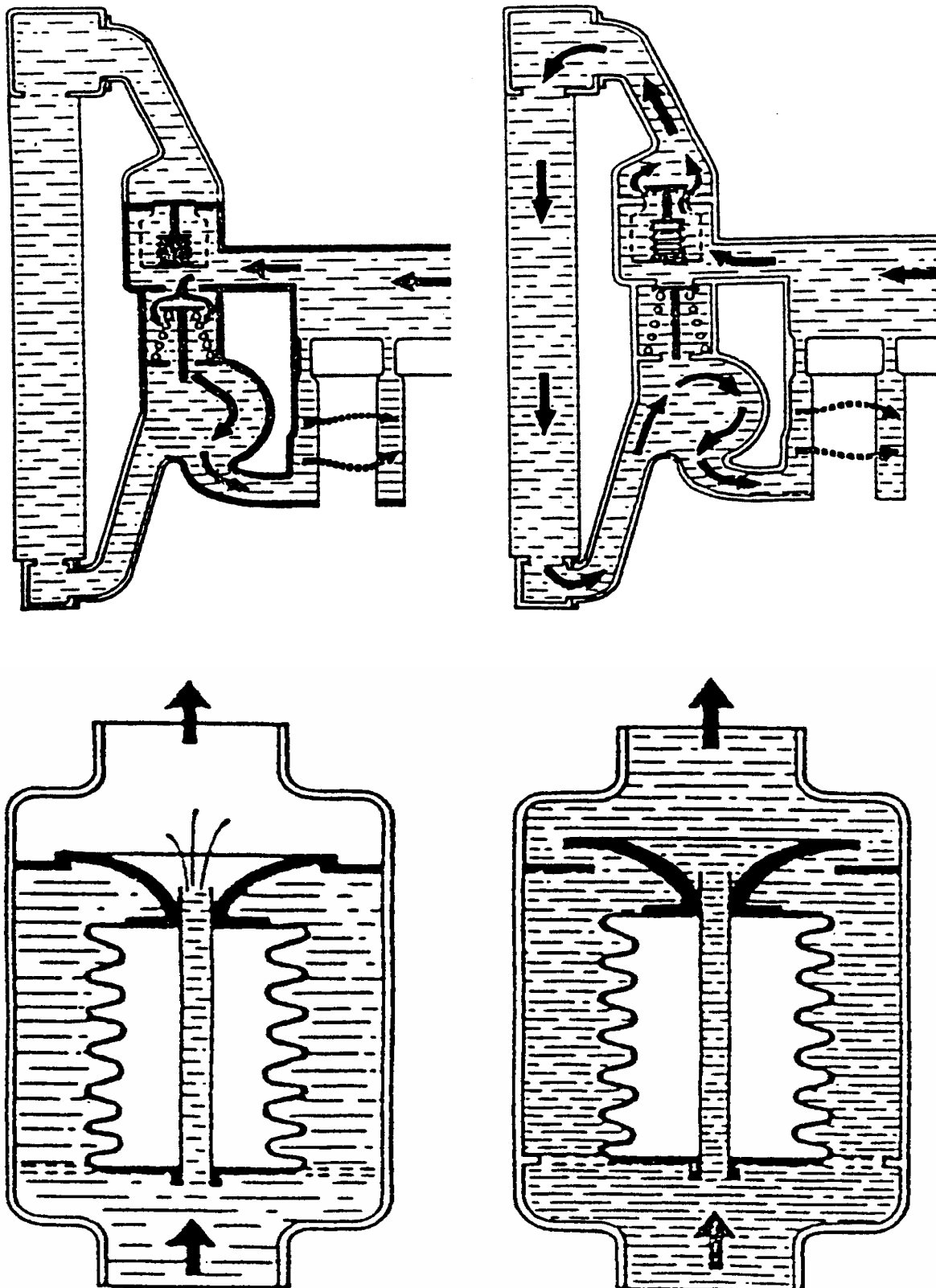
C'est pour cette raison que l'on trouve fréquemment des carters d'huile munis d'ailettes.

Nota : sur certains véhicules tout terrain, on trouve un circuit de refroidissement sur les boîtes de transfert, d'autres véhicules sont munis de radiateur d'huile principalement sur les moteurs à refroidissement à air.

5.1 - Refroidissement par thermosiphon accéléré par pompe



5.2 - Rôle de la soupape thermostatique



5.3 - Echangeur de température

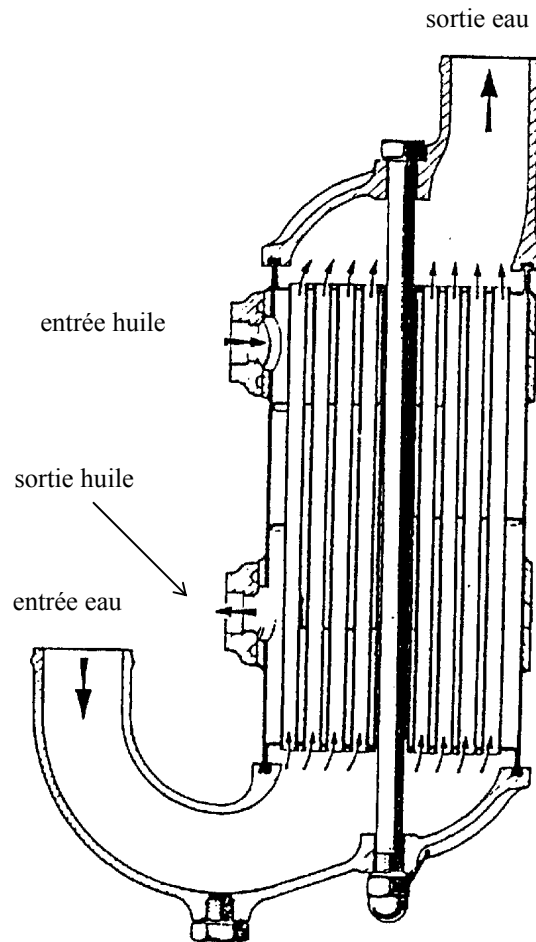
Pour obtenir une meilleure lubrification et donc une longévité accrue du moteur, il est nécessaire de refroidir l'huile de graissage.

Un dispositif (appelé échangeur de température) est constitué par un faisceau cylindrique en cuivre, logé dans une cuve métallique.

Le fonctionnement en est simple, l'huile provenant du filtre entre dans l'échangeur, passe autour du faisceau de refroidissement et repart vers le carter cylindrique.

L'eau provenant de la pompe à eau passe à l'intérieur du faisceau et rentre dans le carter cylindrique.

L'échange thermique est donc très efficace.



CHAPITRE IV - 2**CIRCUIT DE GRAISSAGE****I - GENERALITES**

Deux pièces métalliques qui sont en contact et se déplacent l'une par rapport à l'autre, par frottement produisant un échauffement.

Pour diminuer l'usure et l'échauffement, il est nécessaire de diminuer l'effet de frottement en lubrifiant les pièces en contact.

II - BUT DU GRAISSAGE

- Lubrifier afin d'éviter le frottement (grippage),
- assurer la réfrigération des organes,
- protéger les métaux contre l'oxydation,
- aider les segments à jouer leur rôle d'étanchéité,
- mettre en circulation les impuretés des combustions incomplètes.

III - PRINCIPE

Le graissage intercale une mince couche d'huile entre les pièces en contact. Ce principe est réalisé grâce à :

- l'onctuosité de l'huile (ou pouvoir d'adhérence des surfaces),
- la viscosité ou résistance du film d'huile,
- la pression d'huile qui contraint l'huile à pénétrer entre les surfaces,
- au jeu de graissage que l'on prévoit pour permettre la réalisation de film d'huile. La valeur du jeu dépend de la dimension des organes.

IV - DESCRIPTION

Le circuit de graissage est composé de :

- un réservoir d'huile contenu dans le carter. Sa position sous le moteur permet son refroidissement ;
- une pompe à huile est entraînée, directement par l'arbre à cames ou le vilebrequin au moyen d'un engrenage ;
- une crépine constituée d'un treillis métallique à mailles très fines, placé à l'entrée de la pompe à huile, filtre les impuretés solides aspirées par la pompe ;
- un clapet de décharge qui, placé à la sortie de la pompe, limite la pression de l'huile. Il est formé d'une bille maintenue par un ressort taré. Lorsque la pression devient importante le clapet se soulève et permet à l'huile de retourner dans le carter ;
- canalisations constituées soit par des tuyauteries, soit par des trous obtenus par perçage dans la culasse, le bloc moteur et le vilebrequin. La section des canalisations est calculée pour que la vitesse de circulation de l'huile soit l'ordre de 1 m/s ;
- un filtre traversé par l'huile circulante. Il arrête les impuretés dans une couche de feutre placée dans une enveloppe métallique. Il se situe à l'extérieur du moteur et est facilement remplaçable ;
- un manomètre ou d'une lampe témoin relié à un capteur, placé sur le tableau de bord, le manomètre ou la lampe servent à contrôler la pression de l'huile.

V - FONCTIONNEMENT

L'huile contenue dans le carter est aspirée par la pompe volumétrique puis refoulée dans le circuit en passant par le filtre.

Le circuit intérieur assure la lubrification des pièces en mouvement (articulations, pistons, engrenages et culbuteurs) L'huile retombe ensuite dans le carter.

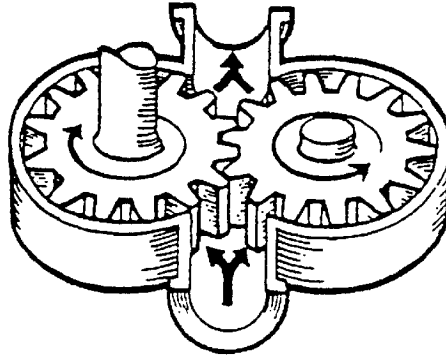
Circuit principal : graissage des paliers du vilebrequin, manivelles, têtes et pieds de bielles.

Circuit secondaire : graissage des arbres à cames, culbuteurs et engrenages.

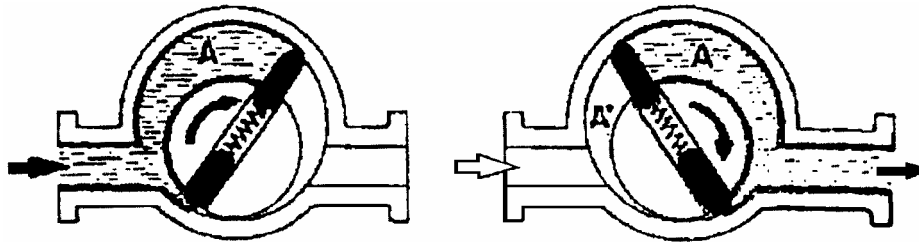
VI - POMPE A HUILE

La pompe à huile est composée de différents engrenages

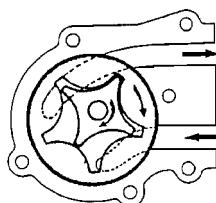
6.1 - La pompe à engrenages intérieurs : le fonctionnement est sensiblement le même que celui de la pompe à palettes après remplissage de la cavité formée par la rotation des pignons. Une dent de pignon intérieur refoule l'huile dans la canalisation de sortie.



6.2 - La pompe à palettes : elle comprend deux palettes qui se déplacent diamétralement dans un noyau excentré. ces palettes sont poussées par un ressort de façon à rester constamment en contact avec la paroi du boîtier.

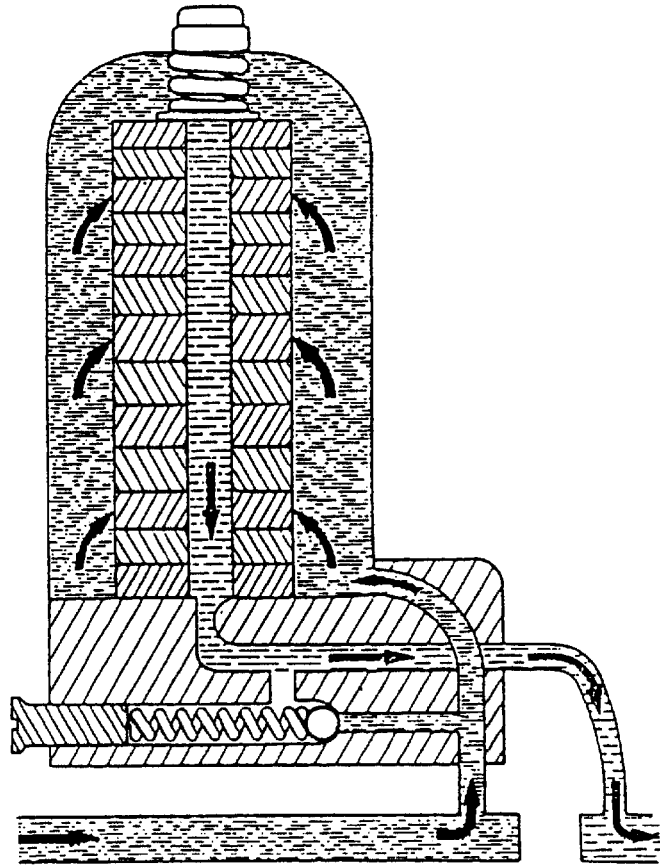


6.3 - La pompe à rotor : les palettes sont remplacées par deux pignons intérieurs. le fonctionnement est sensiblement le même que la pompe à palettes, après remplissage de la cavité formée par la rotation de pignons. Une dent du pignon intérieur refoule l'huile dans la canalisation de sortie.



6.4 - Le filtre.

Le filtre épure l'huile moteur dans laquelle sont contenues différentes impuretés. Il se compose de plusieurs matériaux filtrants.



Filtre

VII - DIFFERENTS TYPES DE GRAISSAGE DU MOTEUR

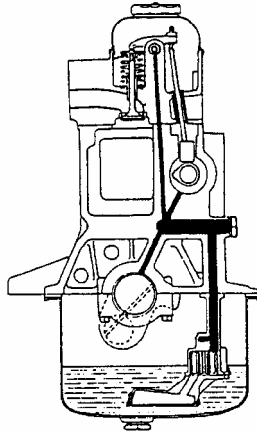
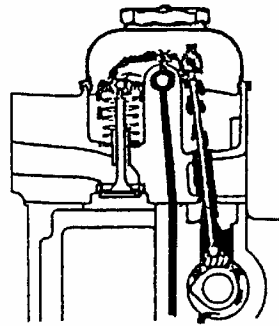
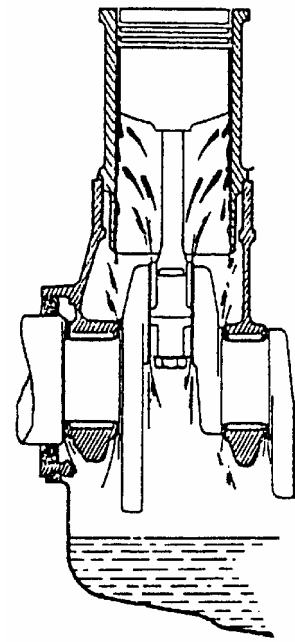


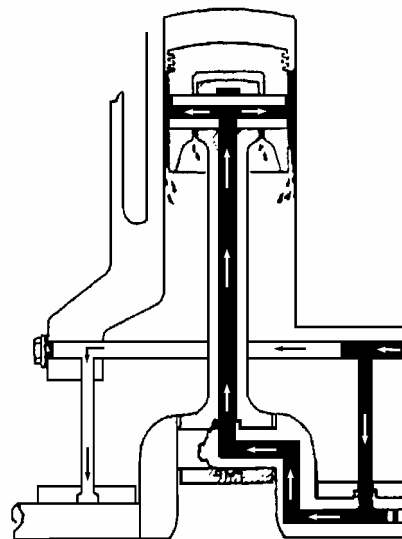
Schéma de principe



graissage de tige du culbuteur

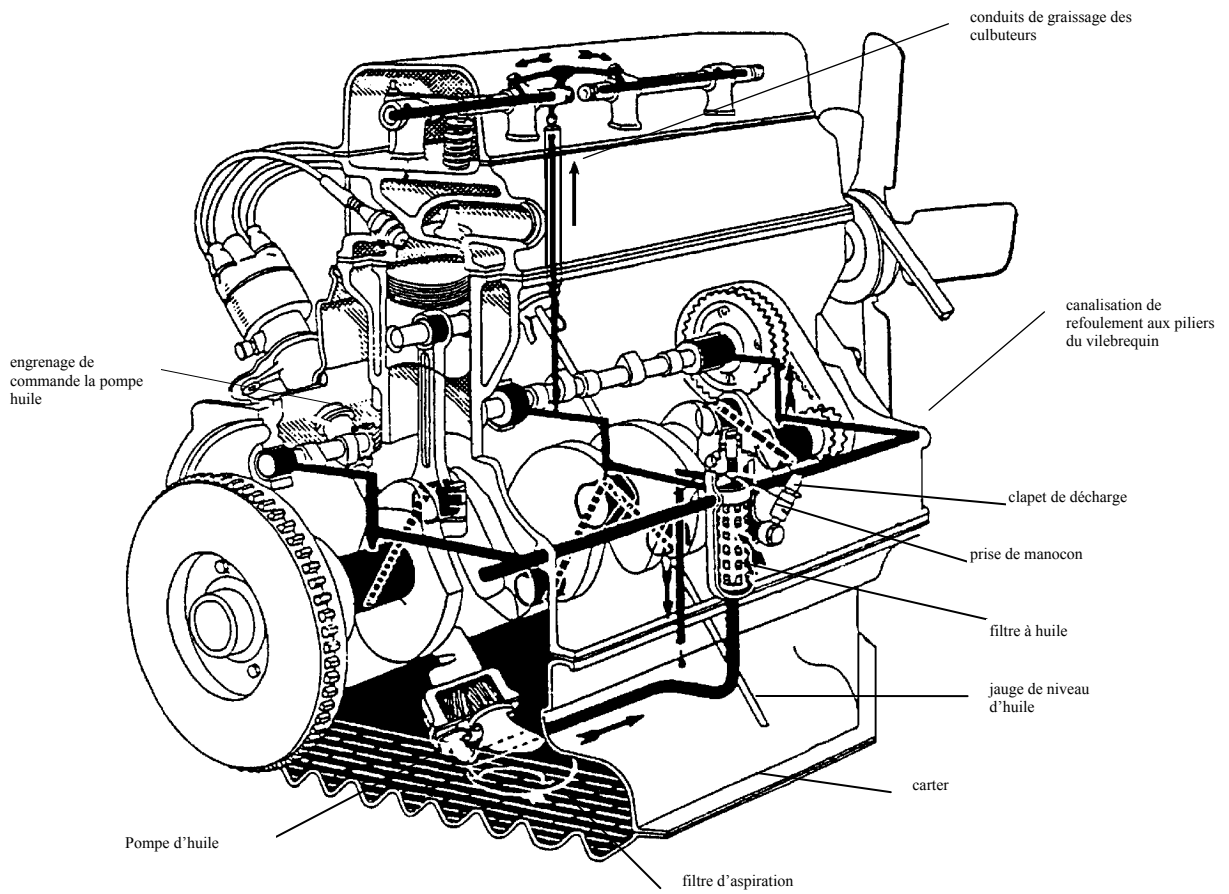


graissage du vilebrequin et bielles



graissage de l'axe du piston

7.1 - Graissage sous pressions



VIII - QUELQUES PANNES POSSIBLES

ORGANES	PANNES	FACON D'Y REMEDIER
CARTER	Percé Joint défectueux	Le changer ou le reboucher Le changer
POMPE A HUILE	Ne tourne plus, engrenage d'entraînement cassé. Tourne mais n'aspire plus d'huile	Changer la pompe Changer l'engrenage
FILTRE	Bouché	Le changer
CANALISATIONS	Bouchées	Les déboucher par soufflage, tringlage ou démontage
TEMOIN LUMINEUX OU MANOMETRE	S'allume Le niveau d'huile est incorrect La pression est insuffisante	Rajouter de l'huile

CHAPITRE IV - 3**CIRCUIT DE COMBUSTIBLE DIESEL****I - ROLE**

Lors du troisième temps du cycle moteur, le combustible est introduit dans le cylindre. C'est le rôle du circuit de combustible.

II - DESCRIPTION

Il se compose de quatre circuits :

- aspiration,
- basse pression,
- haute pression,
- retour carburant,

Sur ces canalisations sont disposés divers organes :

- le réservoir,
- le préfiltre,
- la pompe d'alimentation,
- le filtre principal,
- la pompe d'injection,
- les injecteurs.

III - FONCTIONNEMENT

3.1 - Le réservoir sert de stockage de combustible. Il possède aussi une mise à l'air.

3.2 - La crépine : située en amont du circuit d'aspiration, elle joue le rôle d'un filtre grossier.

3.3 - Le préfiltre : placé sur le circuit d'aspiration, il se situe avant la pompe d'alimentation et retient les impuretés solides et l'eau qui se trouvent dans les combustibles. Il comporte une toile métallique à mailles fines, placée dans une cuve de verre.

3.4 - La pompe d'alimentation : placée sur le circuit basse pression, elle sert à aspirer et à faire circuler le combustible du réservoir à la pompe à injection. Elle peut être soit à membrane, soit à piston ; elle est entraînée par le moteur au moyen d'une came ou par un moteur électrique. Elle possède un système manuel de réamorçage.

3.5 - Le filtre principal : Il est placé sur le circuit basse pression entre la pompe d'alimentation et la pompe d'injection. Il assure le filtrage définitif du combustible en arrêtant les impuretés de l'ordre du micron. Il limite les à-coups par suite du débit variable de la pompe d'alimentation.

Il maintient une pression de 300 g/cm², grâce au clapet limiteur de pression.

Confectionné en métal, avec des éléments filtrants en papier ou feutre, il ne se nettoie pas ; il doit être changé chaque fois que cela est nécessaire (10 000 km environ).

3.6 - La pompe à injection : elle constitue le début du circuit haute pression. Elle refoule le gas-oil sous une pression de 150 à 200 bars aux injecteurs suivant les besoins du moteur, en quantité identique dans chaque cylindre et dans un temps très court.

Elle fait varier la quantité de gas-oil refoulé suivant la charge du moteur et les variations de régime et module le moment de l'injection (avance à l'injection).

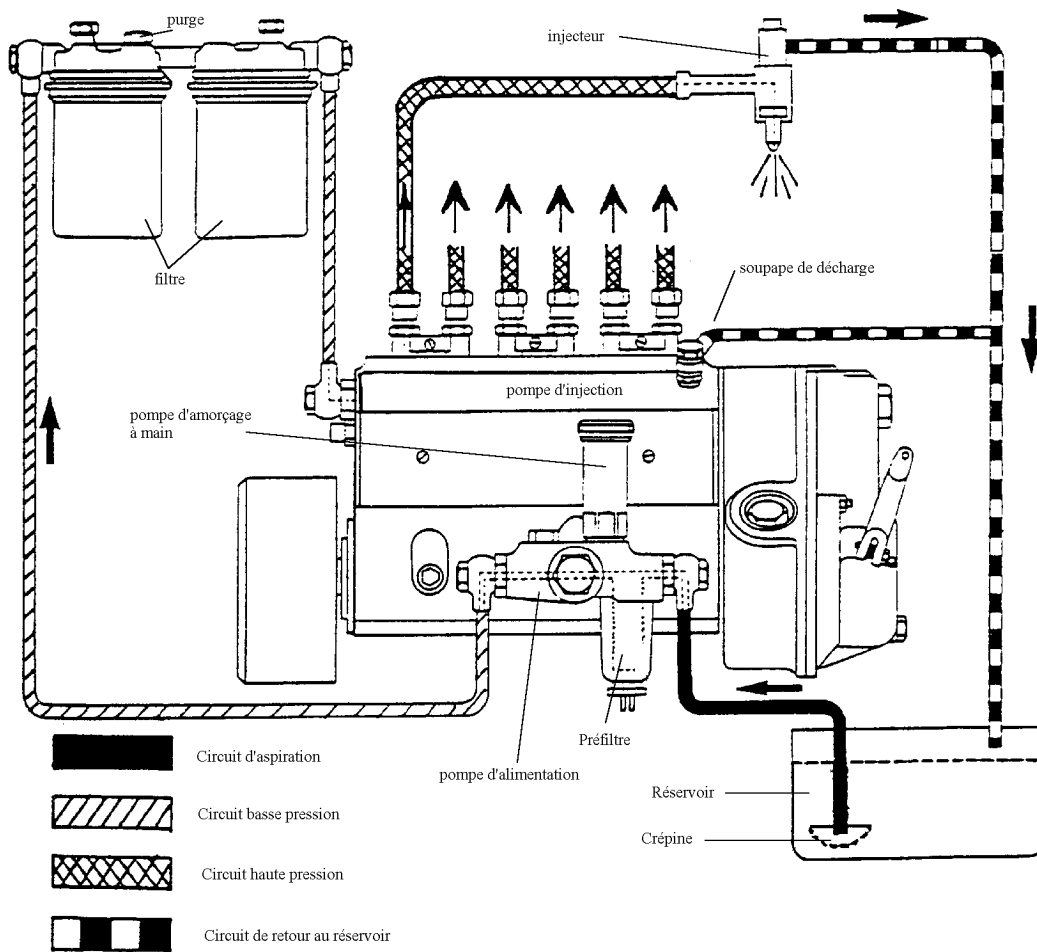
Ces pompes peuvent être à lignes ou rotatives. La pompe à injection est entraînée par le moteur, par l'intermédiaire de pignons ou de courroies crantées.

3.7 - L'injecteur : il constitue la fin du circuit haute pression. Il reçoit le combustible sous pression venant de la pompe à injection.

Il introduit le combustible dans le cylindre et le pulvérise en un temps bien déterminé, à une pression élevée (80 à 150 bars). Sur certains moteurs, l'injecteur - pompe peut pulvériser à de très hautes pressions (plusieurs centaines de bars).

Le gas-oil non utilisé retourne soit à la pompe à injection ou au réservoir, par le circuit de retour.

IV - CIRCUIT DE COMBUSTIBLE



V - QUELQUES PANNES POSSIBLES

ORGANES	PANNES	FACONS D'Y REMEDIER
RESERVOIR CREPINE MISE A L'AIR	Percé Obstruée Bouchée	Poser une pinoche avant de le changer La changer ou la déboucher en soufflant de l'air en pression La déboucher par tringlage ou en soufflant ...
CANALISATIONS	Bouchées ou percées	Les déboucher par tringlage ou air en pression Réamorcer le circuit
PREFILTRE	Bouché Plein d'eau	Le changer ou le nettoyer Vider l'eau. Après ouverture, il sera nécessaire de purger le circuit de gas-oil s'étant désamorcé
FILTRE PRINCIPAL	Bouché	Remplacer le filtre

CHAPITRE IV -4**SURALIMENTATION****I - REALISATION**

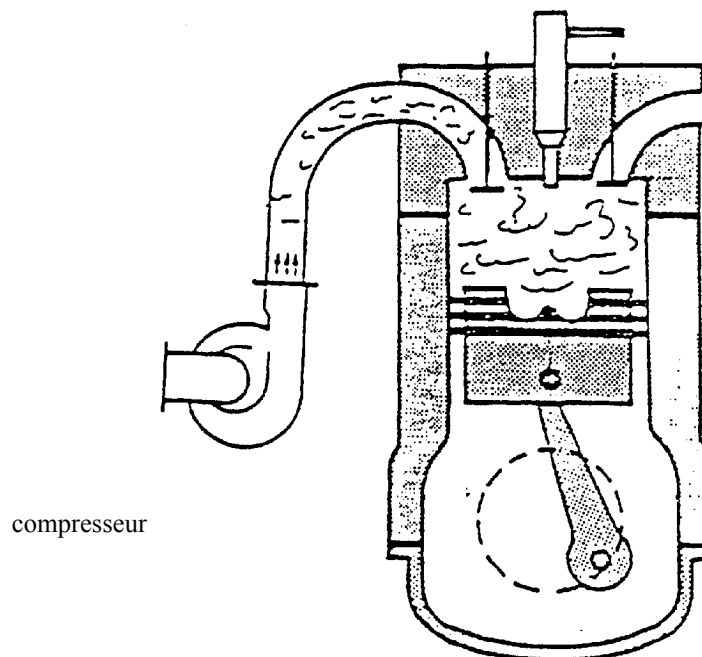
Pour accroître la puissance d'un moteur, trois possibilités sont envisagées :

- augmenter la cylindrée ;
- pousser le régime (moteur) ;
- favoriser le remplissage par effet d'aspiration.

La densité d'air aspiré est fonction des deux facteurs :

- la pression atmosphérique.
- la température ;

En conséquence, la première solution, pour augmenter la puissance d'un moteur, est d'accroître le remplissage. Pour augmenter fortement la masse d'air admissible et pour brûler plus de combustible, il faut introduire cet air sous pression à l'aide d'un compresseur.

**II - BUT**

La suralimentation d'un moteur permet :

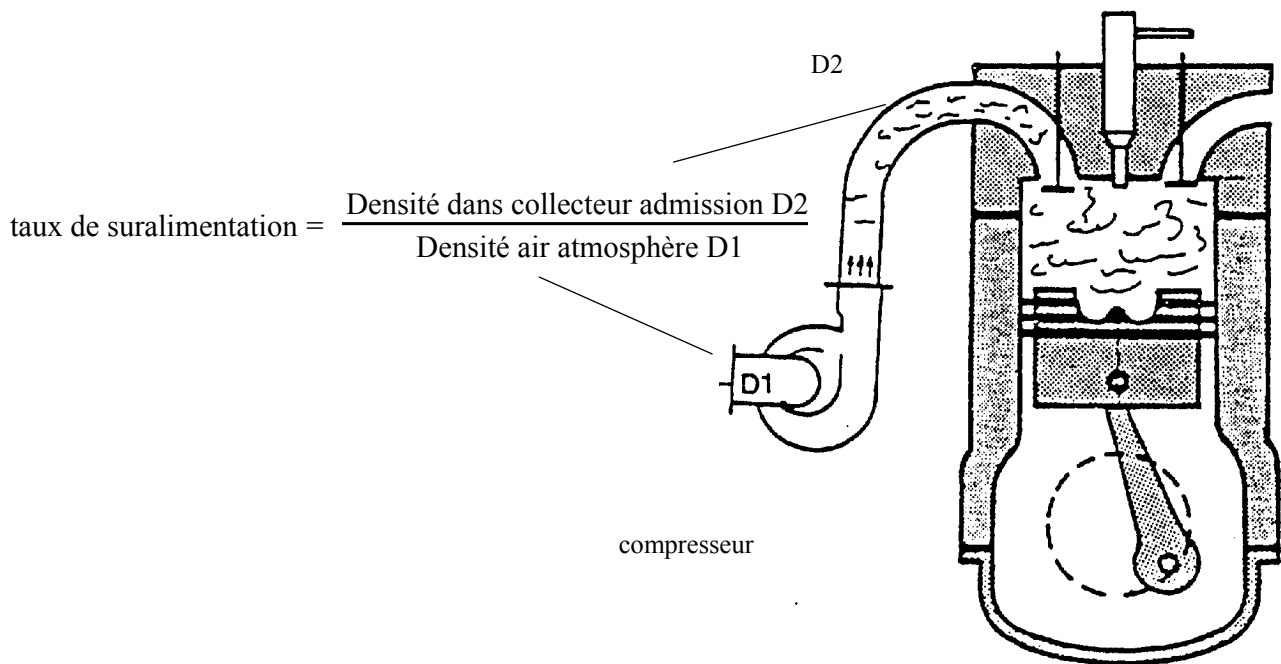
- de diminuer la consommation spécifique par une combustion plus complète ;
- d'améliorer la puissance et le couple du moteur ;
- de compenser, en altitude, la diminution de la densité de l'air.

III - CARACTERISTIQUES DE LA SURALIMENTATION

Dans le cas de la suralimentation, le remplissage se caractérise par :

3.1 - Le taux de suralimentation

C'est le rapport entre la densité de l'air dans le collecteur d'admission et celle de l'atmosphère.



3.2 - Le taux de remplissage

C'est le rapport entre la masse réellement admise dans le cylindre et celle théoriquement admissible, compte-tenu de la densité de l'air dans le collecteur.

$$\text{Taux de remplissage} = \frac{\text{Masse d'air dans le cylindre}}{\text{Masse d'air théorique admissible}}$$

Remarque :

Le taux de remplissage est en fait voisin de celui du moteur à aspiration atmosphérique.

IV - DIFFERENTS TYPES DE COMPRESSEURS

On distingue actuellement deux grandes familles de compresseurs :

- les compresseurs volumétriques,
- les compresseurs centrifuges.

4.1 - Le compresseur volumétrique

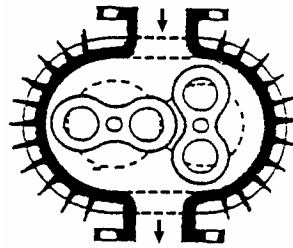
Il existe deux types principaux. Leur principe de fonctionnement est comparable à celui des pompes volumétriques. L'élément tournant crée une augmentation de volume à l'entrée du compresseur, ce qui entraîne une dépression aspirant l'air extérieur.

Vers la sortie du compresseur, le volume diminue chassant l'air sous pression :

- le débit d'air est proportionnel au régime de rotation,
- la pression de sortie ne dépend que des caractéristiques du circuit aval et du débit d'air.

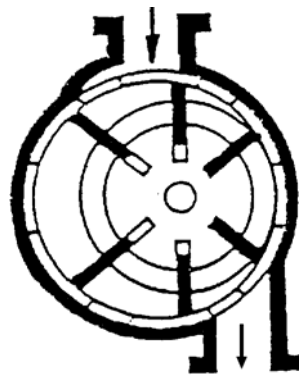
Leur entraînement mécanique est simple dans la mesure où ces compresseurs peuvent fournir une surpression de suralimentation de 0,6 à 0,8 b pour des régimes moteur de l'ordre de 5 000 à 6 000 tr/mn. Il se pose très vite des problèmes de température et de tenue mécanique du compresseur dès que l'on souhaite obtenir des performances supérieures.

L'utilisation des compresseurs étagés est compliquée et augmente l'encombrement. Il faut noter qu'à plein régime du moteur, ces compresseurs absorbent, sur le vilebrequin, plusieurs dizaines de kilowatts. Cette puissance consommée ne dépend pas de la charge du moteur, mais du régime de rotation.



Compresseur Roots

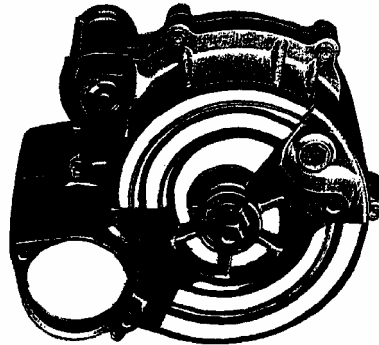
Il est comparable à une pompe à engrenage : il dispose de deux éléments tournants qui comportent deux ou trois bossages. Ces lobes, entraînés par des engrenages, ne se touchent pas, le jeu devant être aussi faible que possible.



Compresseur Cozette ou Zoller

Il est comparable à une pompe à palettes : il comprend un élément tournant excentré, disposant de palettes. Pour éviter l'usure et l'absorption de puissance, une cheminée mobile comportant des ouvertures, est intercalée entre les palettes et le carter. Elle tourne à la même vitesse que le rotor.

Exemple de compresseur volumétrique de création récente, le compresseur à spirale type G développé par Volkswagen.



4.2 - Le compresseur centrifuge

Il fonctionne comme une pompe centrifuge. Sous l'effet de la force centrifuge due à la vitesse de rotation, l'air est chassé vers la périphérie de la roue, ce qui crée une différence de pression entre le centre et la périphérie. Ces compresseurs nécessitent des vitesses de rotation très importantes pour fournir les débits et pressions désirés (100.000 à 180.000 tr/mn :

- à faible régime, il y aura un très faible débit et une faible pression,
- à haute pression, il y aura un débit important et une forte pression.

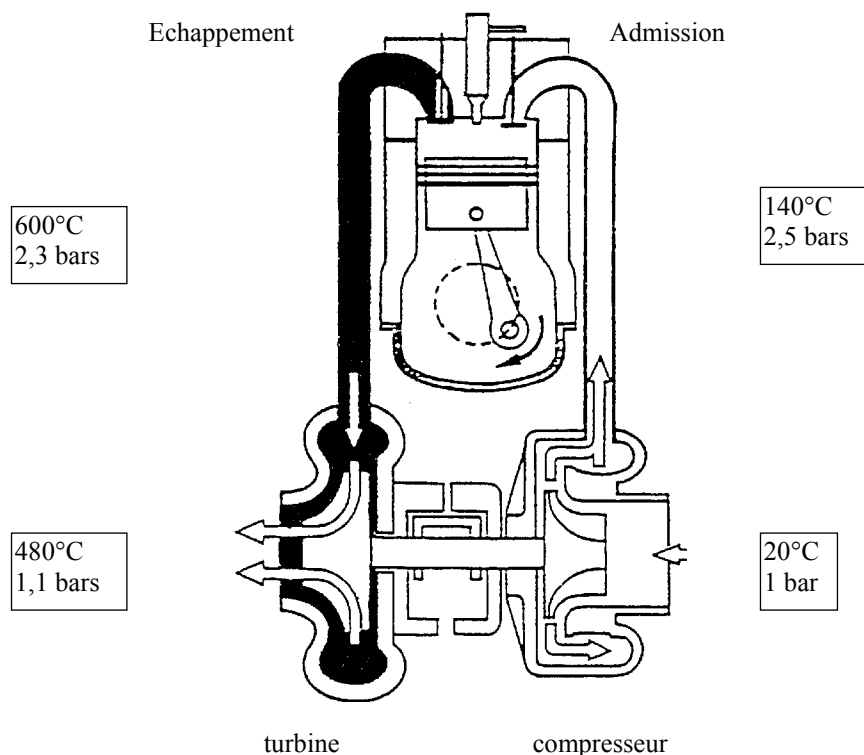
Comparativement aux compresseurs volumétriques, la vitesse de rotation des compresseurs est proportionnelle à la charge du moteur.

CHAPITRE IV - 5**TURBOCOMPRESSEUR****I - PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT**

C'est pendant la première guerre mondiale que l'ingénieur français Auguste RATEAU étudiait et mettait au point l'application du turbocompresseur aux moteurs d'avion.

Quand le moteur fonctionne, il émet une certaine quantité de gaz brûlés qui sont à haute température et sous pression. Ce flux de gaz d'échappement entraîne la roue turbine ou " turbine chaude ".

Le mouvement de la turbine chaude est communiqué directement à la roue compresseur ou " turbine froide " par leur axe de liaison. le compresseur ou turbine froide alimente ainsi le moteur en air sous pression.

**Remarque :**

La présence de la turbine chaude sur la canalisation d'échappement crée une certaine contre-pression à l'échappement. La puissance qui est transmise à l'arbre du turbocompresseur est de l'ordre de 15 à 25 % de la puissance du moteur.

II - DESCRIPTION DU TURBOCOMPRESSEUR**2.1 - La turbine "chaude"**

Elle se situe sur la canalisation d'échappement. Ses éléments doivent résister aux hautes températures (650 à 700°C).

Le carter est généralement en fonte spéciale capable de résister à la température et à l'éclatement.

Exemples :

" NIRELIST " (alliage à 20 ou 30 % de nickel).

La roue, également très sollicitée mécaniquement, (finesse des pales).

l'Inconel (80 % de nickel, 14 % de chrome, 6 % de fer).

Elle est soudée sur l'axe par friction, puis équilibrée par meulage.

2.2 - Le compresseur ou turbine “ froide ”

Le carter et la roue sont en alliage d'aluminium. La roue est simplement bloquée sur l'axe avec un écrou. Elle est également équilibrée avec l'axe par meulage.

2.3 - Le palier central

Le palier central a deux rôles essentiels :

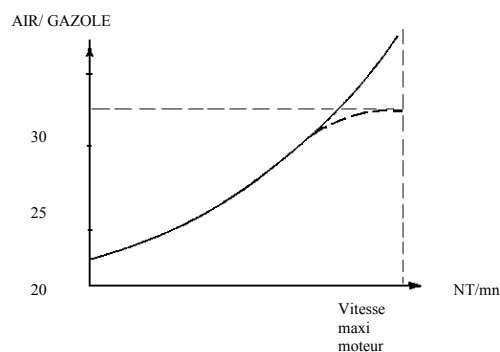
- porter l'axe qui tourne à très grande vitesse (100 000 à 180 000 tr/mn),
 - servir d'écran thermique entre la turbine chaude et le compresseur ou turbine froide.
- a) l'axe est soumis à de faibles charges, mais tournant à haute vitesse, il est tenu par deux paliers fluides. Ces paliers sont constitués de deux bagues qui peuvent être soit en bronze recouvertes d'étain, soit en aluminium. Ces bagues sont percées de trous et maintenues dans le carter par deux cercles chacune. Disposées entre le carter et l'axe, elles possèdent un léger jeu radial (0,05 à 0,10 mn), ainsi un film d'huile s'interpose entre bague, carter et axe. Il en résulte que les bagues tournent approximativement à demi-vitesse de l'arbre.
- b) On peut noter la présence d'une cloche thermique en tôle d'acier derrière la roue de la turbine chaude, mais c'est, principalement, l'huile de graissage des bagues qui a pour mission d'évacuer la quantité de chaleur dégagée par la turbine chaude. De ce fait, un fort débit d'huile propre et sous pression est nécessaire (8 à 10 l/mn). Cette huile est prélevée sur le circuit de graissage du moteur, généralement en aval du filtre à huile. Pour faciliter l'évacuation de l'huile du palier central, et éviter un bouchon dû à l'émulsion, l'orifice de sortie est de fort diamètre, et le retour se fait directement vers le carter inférieur.

III - REGULATION DE LA PRESSION DE SURALIMENTATION

Dans le cas des moteurs diesel rapides et dans la position pleine charge, l'augmentation de la vitesse de rotation du turbo croît avec le régime moteur.

Il en suit une augmentation du remplissage qui va au delà du rapport gasoil/air souhaité pour une combustion donnée, soit 1/25 à 1/30.

Dans ce cas il est nécessaire de prévoir un système de régulation de la pression de suralimentation.



Le principe consiste à limiter la vitesse de rotation du turbo dès que la pression de suralimentation désirée est atteinte. Pour y parvenir, on stabilise la quantité de gaz d'échappement sollicitant la turbine chaude, en utilisant une dérivation contrôlée.

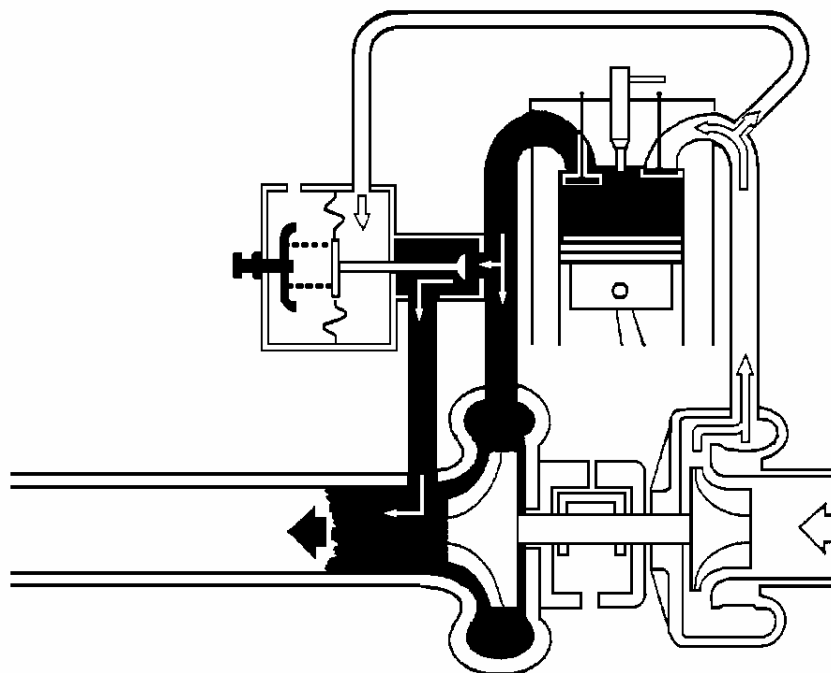
3.1 - Fonctionnement

La canalisation d'échappement comporte en amont de la turbine chaude, un circuit de dérivation commandé par une soupape appelée aussi " waste gate " ou soupape de décharge.

Cette soupape est reliée à une membrane qui est soumise deux effets opposés de la pression délivrée par le compresseur et dont le tarage correspond à la suralimentation maximale prévue.

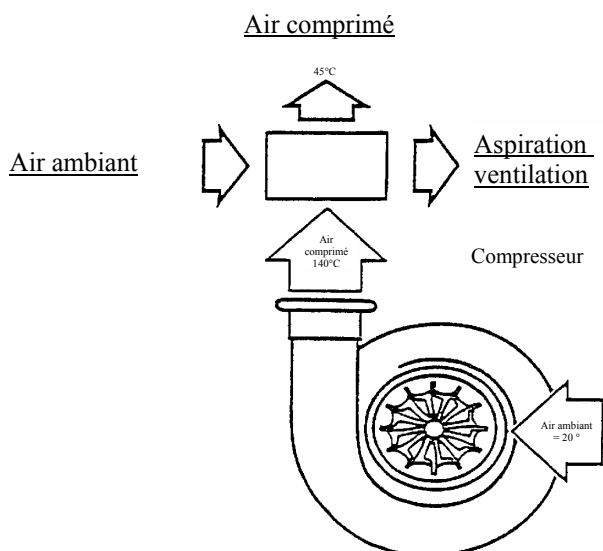
Dès que les conditions de fonctionnement entraînent la présence d'une pression de suralimentation supérieure à la pression maximale admissible, le ressort s'affaisse, entraînant l'ouverture de la soupape.

Une partie des gaz d'échappement ne transite plus par la turbine chaude mais passe directement dans le pot d'échappement ; il s'ensuit une chute du régime de rotation du turbo-compresseur et donc de la pression de suralimentation.



IV - LE REFROIDISSEMENT DE L’AIR D’ADMISSION

Le principe élémentaire de la suralimentation peut présenter un inconvénient. Une forte pression de suralimentation signifie une compression importante de l'air. Il en résulte une température élevée (140°C) qui aura pour conséquences d'élever le niveau thermique du moteur et d'avoir, paradoxalement, un taux de suralimentation moins élevé. Cet inconvénient est éliminé par un refroidissement de l'air d'admission.



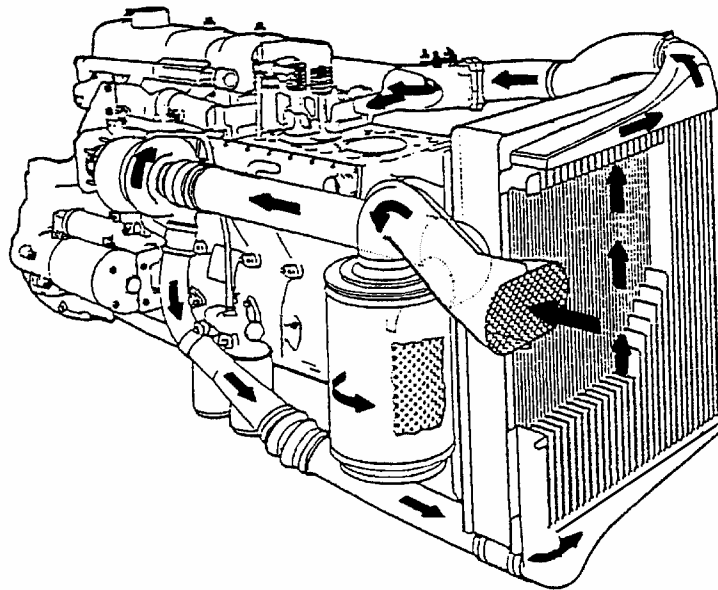
L'échangeur d'air a pour but de ramener la température de l'air comprimé de 140° aux environs de 45°C. Ainsi son emploi permet :

- d'augmenter la masse d'air introduite dans les cylindres ;
- d'abaisser le niveau thermique du moteur ;
- de diminuer la sollicitation des organes mécaniques ;
- de faire chuter la consommation spécifique ;
- d'abaisser, à l'échappement, le taux de CO.

4.1. - Les systèmes de refroidissement

4.1.1 - Refroidissement air/air par échangeur frontal

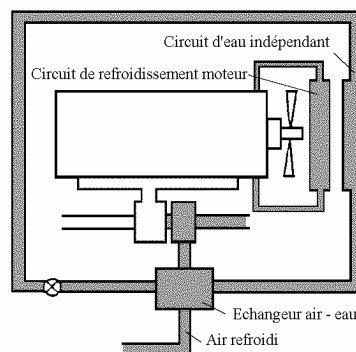
Selon les critères d'encombrement/poids/efficacité, c'est certainement l'appareil le plus adapté pour les véhicules. Il a tendance à se généraliser sur l'ensemble de la gamme poids-lourd.



refroidissement air-air par échangeur frontal

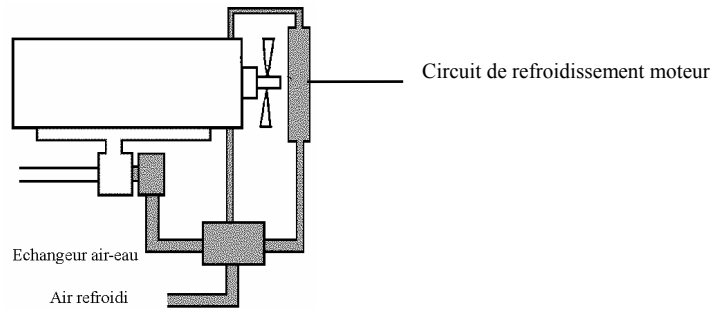
4.1.2 - Refroidissement air/eau par circuit indépendant

Ce système nécessite un circuit d'eau indépendant du circuit de refroidissement. Il est principalement utilisé sur les moteurs fixes et pour des applications industrielles.



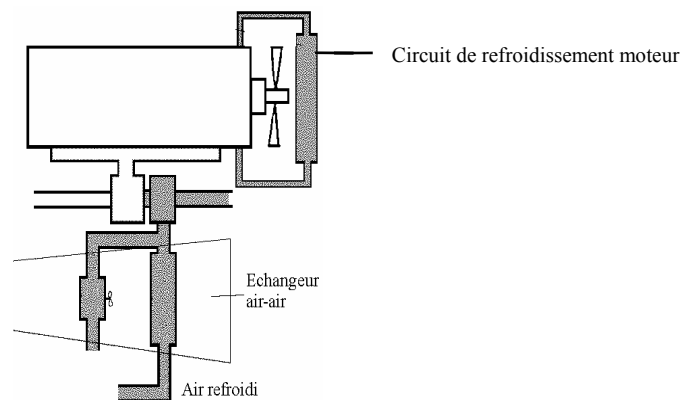
4.1.3 - Refroidissement air/eau moteur

Le refroidissement de l'air de l'admission est assuré par le circuit de refroidissement du moteur. Comme l'eau est déjà à une température avoisinante de 80° C, l'efficacité du refroidissement reste médiocre.



4.1.4 - Refroidissement air/air par turbo ventilateur

C'est un système efficace mais relativement encombrant. Il fut monté à l'origine par Mack aux Etats-Unis d'Amérique (abandonné).



V - PRECAUTIONS D'UTILISATION

Le conducteur :

- ne doit jamais arrêter le moteur après un coup brutal d'accélérateur car la chute de pression d'huile étant immédiate, la rotation du turbo continuerait à tourner à 80 ou 100 000 tr/mn plusieurs minutes, sans lubrification ;
- doit laisser tourner le moteur au ralenti pour permettre, par la circulation d'huile, la lubrification et l'évacuation des calories ;
- ne doit pas accélérer brutalement moteur froid car la circulation d'huile au niveau du turbo n'étant pas instantanée, la turbine, déjà en rotation, tourne sans graissage ;
- doit contrôler le bon état du filtre à air pour éviter :
 - les risques de détérioration de la roue du compresseur par des particules solides ;
 - les pertes de charge ;
 - le colmatage des filtres à huile qui retiennent les impuretés, la négligence pouvant conduire à la destruction des paliers du turbo par colmatage.

CHAPITRE V

EMBRAYAGE

ET

BOITE DE VITESSES

CHAPITRE V - 1

EMBRAYAGE

I - DEFINITIONS

L'embrayage permet l'accouplement et le désaccouplement progressif du mouvement de rotation du moteur vers les organes de transmissions, pour permettre le passage d'une vitesse. Le système le plus généralement employé est l'embrayage à friction fonctionnant à sec qui peut être de deux types :

- à plateau ou à disque unique,
- à disques multiples.

II - DESCRIPTION

L'embrayage se compose :

- d'un disque de friction ;
- d'un mécanisme avec un plateau presseur, des ressorts, des doigts d'embrayage et d'une glace ;
- d'une butée d'embrayage.

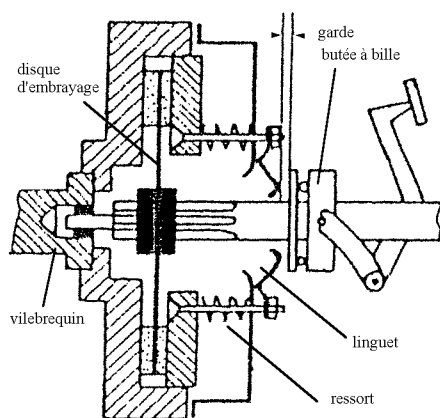
III - FONCTIONNEMENT

La pédale d'embrayage agit par l'intermédiaire de leviers qui annulent l'action des ressorts. Le disque, n'étant plus pressé, coulisse sur des cannelures et se sépare du volant moteur.

L'arbre primaire ne tournant plus, autorise le passage de la vitesse. En relâchant la pédale on rapproche à nouveau, par l'intermédiaire des ressorts, le plateau presseur du disque sur moteur.

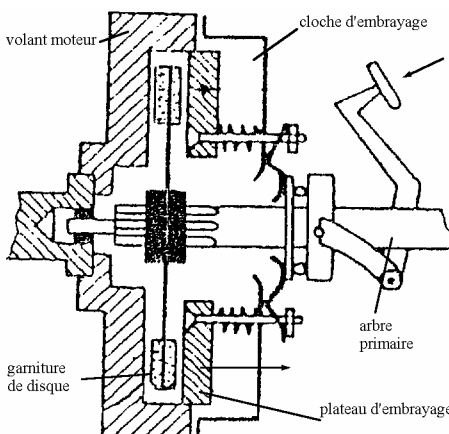
La garde d'embrayage :

C'est la distance qui sépare la butée de la glace (embrayage au repos).



position embrayée

EMBRAYAGE MONODISQUE A SEC



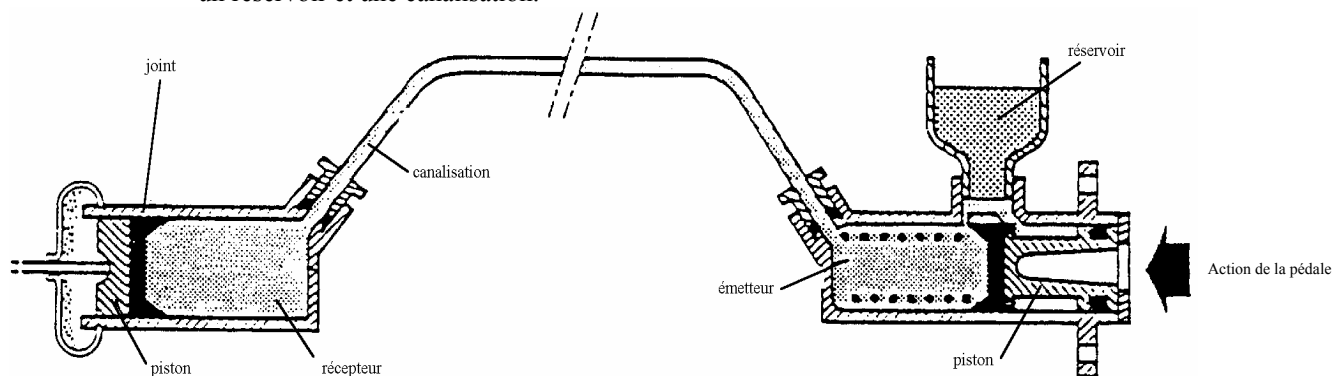
position débrayée

IV - DIVERS TYPES DE COMMANDES D'EMBRAYAGE

Il existe aussi une commande d'embrayage dont l'action est basée sur la transmission de la force par l'intermédiaire d'un flux hydraulique.

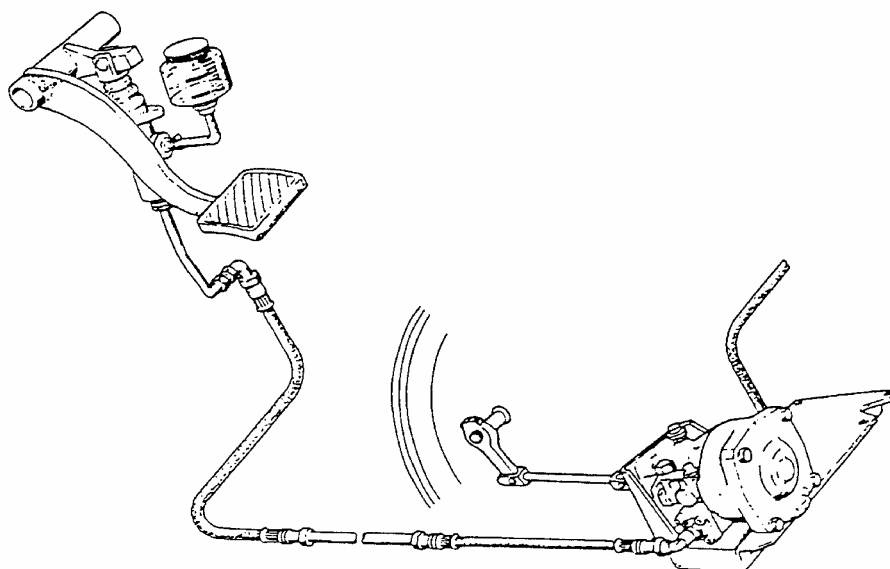
Ce système est à comparer au système de freinage, il comprend :

- un maître cylindre ou émetteur,
- un cylindre récepteur dont le piston actionne la fourchette,
- un réservoir et une canalisation.



- La commande à assistance oléo-pneumatique

Sur les poids lourds, malgré la démultiplication des renvois, l'effort à exercer pour assurer le débrayage reste important. Il est donc nécessaire d'utiliser une assistance de débrayage, par air comprimé.



V - L'EMBRAYAGE AUTOMATISE

Les conditions d'utilisation de certains véhicules entraînent des démarrages, des changements de rapports et des arrêts fréquents.

Ce mode de conduite augmente considérablement l'utilisation de l'embrayage, diminue la durée de vie de celui-ci et impose une contrainte au conducteur.

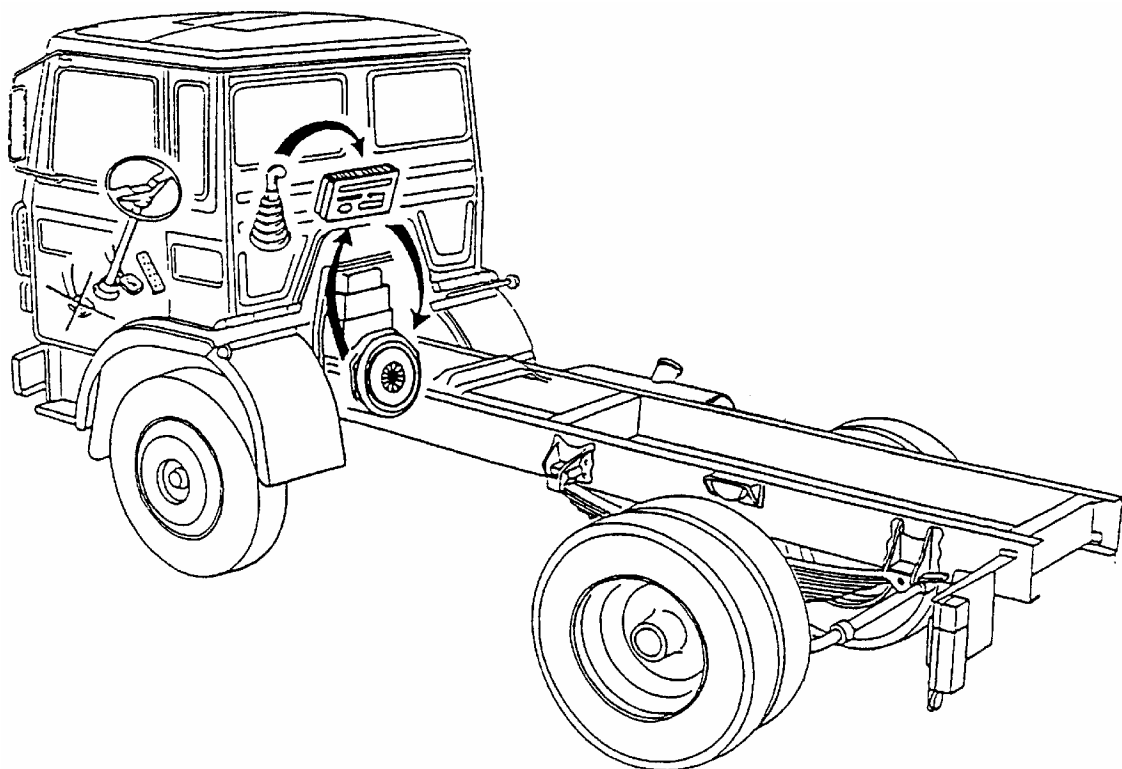
L'embrayage automatisé permet, grâce à son calculateur, de contrôler la fonction d'embrayage, de réduire l'usure de la garniture d'embrayage et de faciliter la conduite du véhicule par la suppression de la pédale.

5.1 - Principe de fonctionnement

A partir de l'information du régime moteur et des caractéristiques spécifiques du véhicule, le calculateur commande un actionneur qui agit directement sur le mécanisme d'embrayage.

Une action sur la poignée contactante en bout de levier de vitesses provoque le débrayage.

Le déplacement du levier de vitesses enclenche normalement les rapports.



VI - L'EMBRAYAGE DE TYPE VISCO-DRIVE

L'embrayage VISCO-DRIVE est rempli d'une huile de silicone spéciale. De plus, son carter hermétique garantit une parfaite étanchéité par rapport à l'extérieur. Les disques extérieurs s'engrènent dans les cannelures du carter et transmettent leur force d'entraînement aux disques intérieurs qui viennent s'engrener dans les cannelures du moyeu relié à l'arbre secondaire. La viscosité croissante de l'huile de silicone entre les différents disques permet à l'embrayage de transmettre des forces motrices de plus en plus importantes.

6.1 - Fonctionnement

A la moindre différence de vitesse de rotation entre l'arbre à bride et l'arbre secondaire, la résistance de blocage est vaincue par la faible viscosité de l'huile de silicone ; ce qui se traduit par un léger patinage seulement.

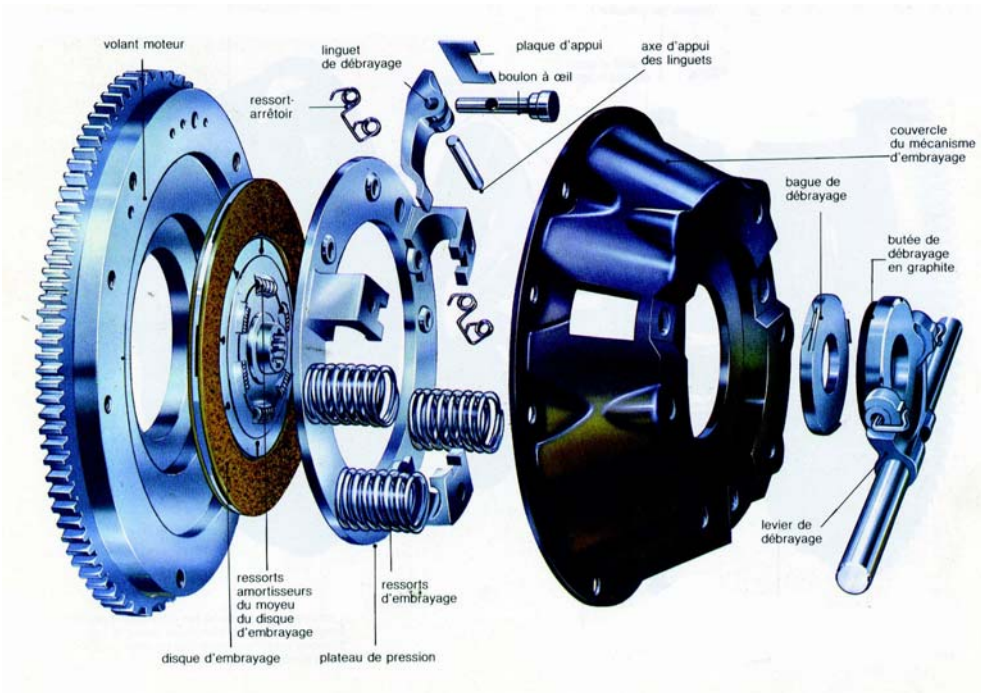
En revanche, plus la différence de vitesse entre les arbres augmente, plus l'huile de silicone a tendance à être cisailée entre les différents disques. Il en résulte un dégagement de chaleur qui provoque une augmentation de la pression à l'intérieur du carter.

Cette élévation de pression a pour effet d'accroître rapidement la viscosité de l'huile de silicone qui est cisailée de plus en plus difficilement par les disques.

L'embrayage VISCO-DRIVE amorce un blocage et, sans pour autant que les disques soient en contact les uns avec les autres, il s'ensuit une transmission de la force d'entraînement vers le train avant.

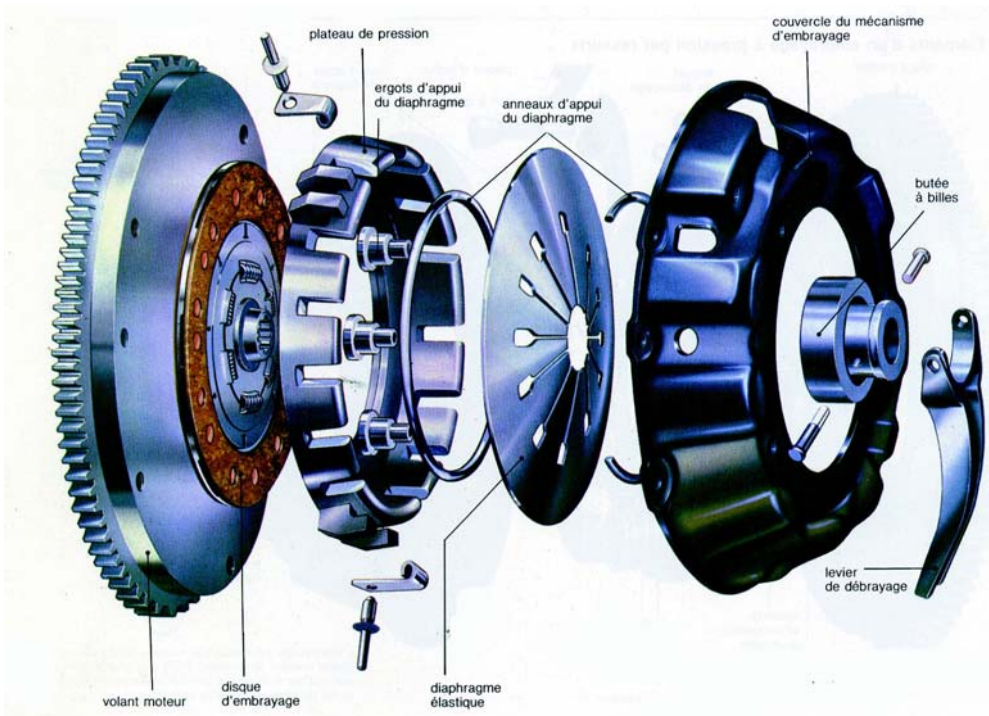
VII - ELEMENTS D'UN EMBRAYAGE A PRESSION

7.1 - Eléments d'un embrayage à pression par ressort



L'embrayage à pression par ressorts compte un grand nombre de pièces. Il est très peu adopté aujourd'hui, mais équipe encore bon nombre de véhicules de conception ancienne.

7.2 - Eléments d'un embrayage à pression par diaphragme



L'embrayage à pression par diaphragme est moins complexe que celui à pression par ressorts. L'ensemble des ressorts est remplacé par un diaphragme circulaire refendu radialement, mais l'effet obtenu est identique.

CHAPITRE V - 2

BOITE DE VITESSES

I - DEFINITION

La boîte de vitesses est un organe multiplicateur de couple qui permet à un véhicule de se déplacer à des vitesses différentes à régime moteur constant. Elle permet aussi à ce véhicule de reculer sans avoir à inverser le sens de rotation du moteur et de laisser tourner le moteur, le véhicule étant à l'arrêt.

II - DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT

La boîte de vitesses est le plus souvent fixée au carter d'embrayage, lui-même boulonné sur le carter moteur.

Elle se compose de :

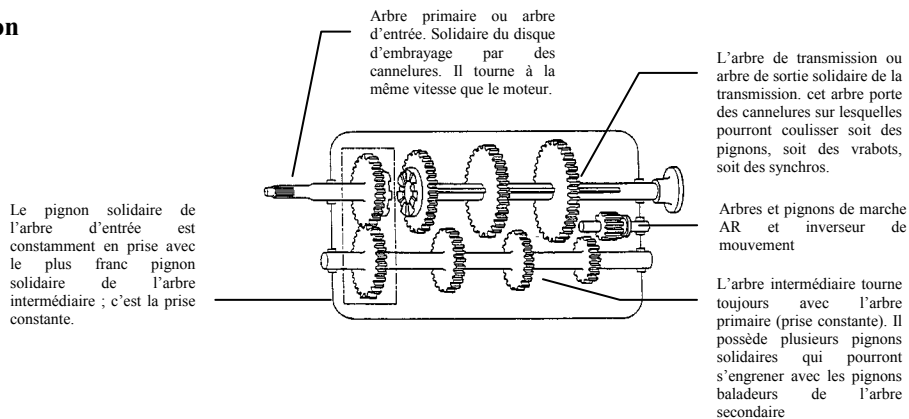
- un arbre primaire qui porte le disque d'embrayage et transmet le mouvement du moteur à la boîte.
- un arbre intermédiaire qui assure la démultiplication, sauf en prise directe, et qui permet le passage du mouvement de l'arbre primaire au secondaire. Cet arbre est constamment entraîné par l'arbre primaire.
- un arbre secondaire, situé dans le prolongement de l'arbre primaire qui transmet le mouvement vers l'essie pont puis vers les roues ;
- plusieurs pignons de diamètres différents disposés sur chaque arbre,
- un arbre qui reçoit le pignon inverseur et permet la marche arrière.

Les pignons de l'arbre secondaire sont appelés " baladeurs ". Ils peuvent être déplacés par coulissement grâce à des fourchettes mais ils restent solidaires de l'arbre en rotation au moyen de cannelures. Un système de crabotage assure une liaison entre l'arbre primaire et secondaire. Les engrenages de la boîte n'interviennent plus.

III - PANNES POSSIBLES

- pignon cassé (bruit de ronflement) ;
- fourchettes du baladeur cassées (vitesses ne passent plus) ;
- jeu de pignons (boîte bruyante).

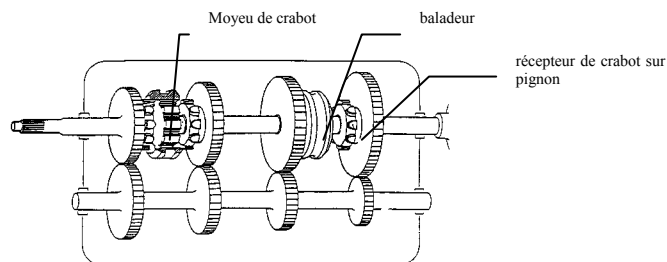
3.1 - Description

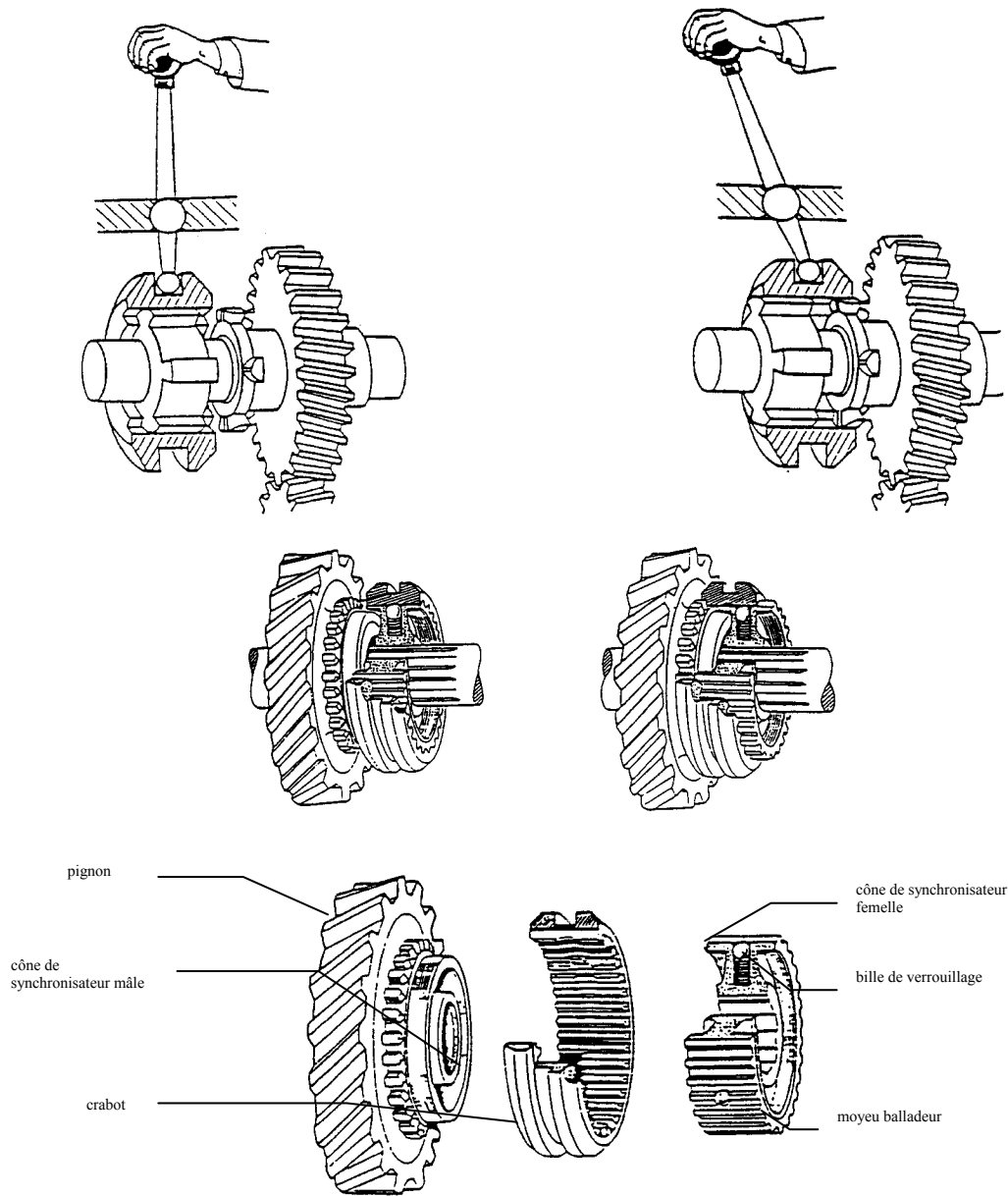


Le crabot :

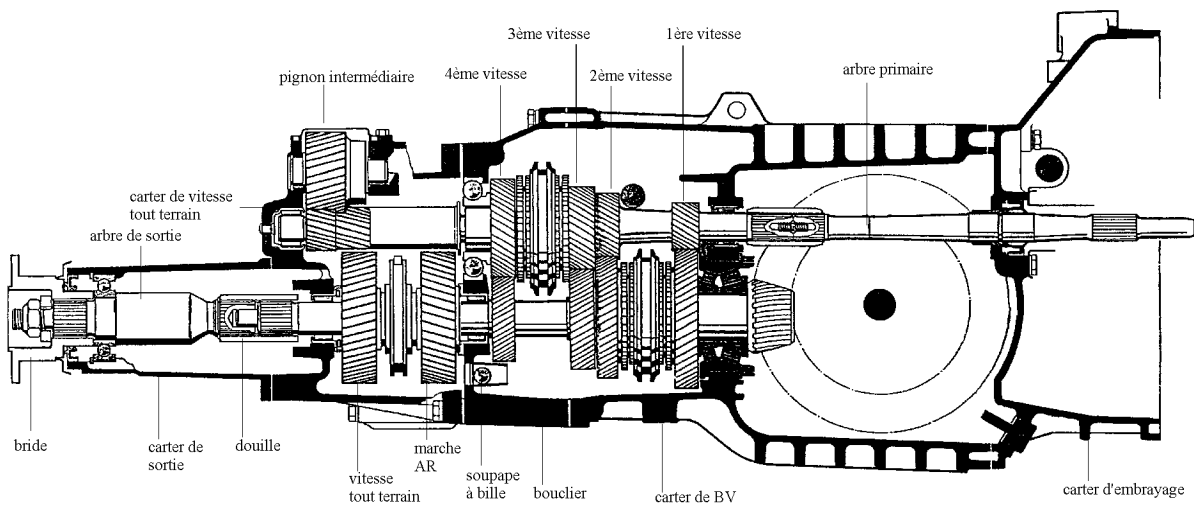
Pour obtenir les différents rapports de vitesses, il faut rendre solidaires les pignons de l'arbre de sortie.

C'est le rôle du crabot





Boîte mécanique



CHAPITRE VI

BOITE DE TRANSFERT

CHAPITRE UNIQUE**BOITE DE TRANSFERT**

Tous les véhicules à roues, équipés de plusieurs ponts moteur sont munis d'une boîte de transfert appelée aussi boîte auxiliaire.

I - DEFINITION

Elle permet :

- de multiplier les combinaisons de la boîte de vitesses ;
- d'obtenir un renvoi de mouvement vers un autre organe mécanique (prise de force ou essieu pont moteur).

II - DESCRIPTION

Elle est constituée d'un boîtier métallique à l'intérieur duquel se trouvent différents arbres et pignons.

1. Les prises de mouvement des arbres de transmission vers les essieux moteurs avants et arrières.
2. Une ou plusieurs gammes supplémentaires de vitesses réduites ou surmultipliées.
3. Les prises de force éventuelles vers un accessoire (treuil, pompe...)

Certaines de ces boîtes sont munies d'un système différentiel pour permettre aux arbres de transmissions de tourner à des vitesses différentes. Elles possèdent alors un blocage de cet organe permettant aux deux arbres de transmission de tourner à une vitesse identique, répartissant également le couple de rotation vers le pont avant comme vers le ou les ponts arrières.

Les véhicules munis d'un différentiel de boîte de transfert sont appelés " 4X4 permanents ".

III - FONCTIONNEMENT

La boîte de transfert reçoit le mouvement de la boîte de vitesses par l'intermédiaire d'un arbre de transmission.

Le crabotage du pont avant, de la pompe, du treuil et l'enclenchement du réducteur peut se faire soit mécaniquement par tringlerie, soit de manière électro pneumatique.

La mise en oeuvre de ces divers organes se fait impérativement à l'arrêt.

La boîte de transfert est graissée par barbotage ou par circuit d'huile sous pression.

Elle peut être aussi refroidie par circuit d'eau.

IV - REDUCTION

Par l'intermédiaire d'une commande mécanique ou électro-pneumatique agissant sur la boîte de transfert, le conducteur a la possibilité de démultiplier le mouvement de sortie de la boîte de transfert.

Le mécanisme est simple. Ce sont des pignons de différents diamètres qui viennent s'engrener entre eux pour réduire la vitesse de rotation.

4.1 - Passage en réduction

Le véhicule étant à l'arrêt, le conducteur doit :

- craboter le pont avant par l'intermédiaire de la boîte de transfert.
- engager le réducteur boîte de vitesses au « point mort » sans débrayer.

4.2 - Passage de réduction en grande vitesse

Véhicule à l'arrêt, retirer la réduction, boîte de vitesses au point mort.

Nota :

Certains véhicules acceptent cette manoeuvre en roulant à faible vitesse. Dans le doute et par mesure de sécurité, il est préférable de réaliser cette manoeuvre à l'arrêt complet.

V - LES 4X4 PERMANENTS

Ce sont des véhicules dont les 4 roues sont motrices en permanence.

Un différentiel inter-pont situé dans la boîte de transfert, permet aux arbres de transmission avant et arrière de tourner à des vitesses différentes, dans un virage, exactement comme le différentiel de pont permet aux roues de tourner à des vitesses différentes tout en conservant le couple de rotation du moteur.

Fonctionnement :

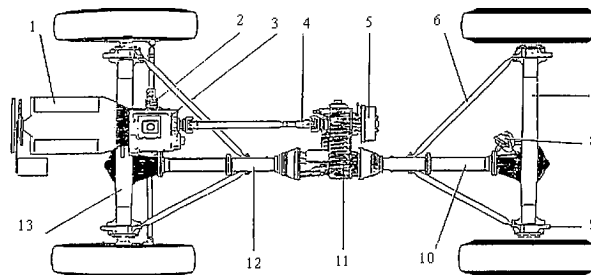
Lorsque l'une des quatre roues patine, en situation de franchissement, elle reçoit paradoxalement, la totalité de la force motrice sans pour autant propulser le véhicule.

Le blocage de différentiel central va permettre la répartition forcée de la force propulsive tant vers l'essieu-pont avant que vers l'arrière. L'essieu adhérent sortira le véhicule de cette situation.

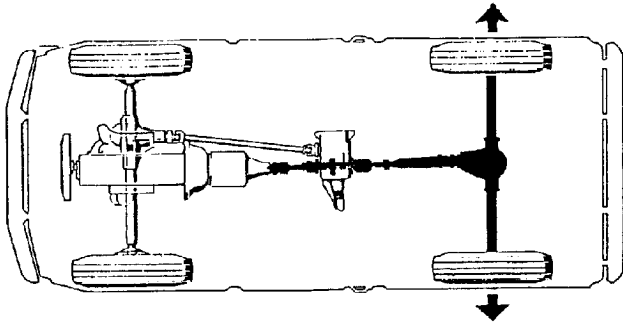
Lors de vitesse importante, le différentiel de la boîte de transfert ne doit pas être bloqué.

Le blocage de différentiel de la boîte de transferts peut se passer en roulant.

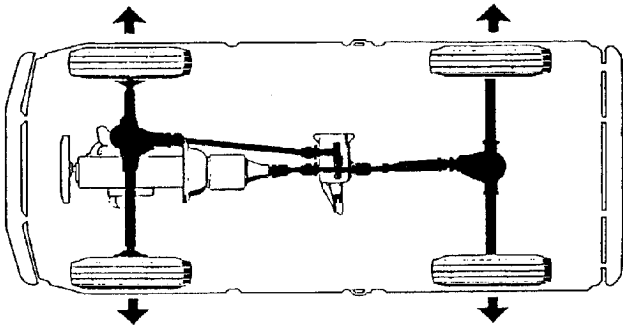
En petite vitesse, le conducteur peut rouler sans bloquer le différentiel de la boîte de transfert.



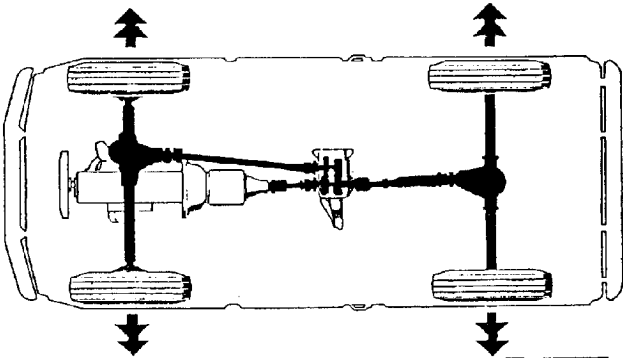
- | | |
|-----------------------------|---------------------------|
| 1. Moteur | 8. Vase à diaphragme |
| 2. Amortisseur de direction | 9. Réduction de pont |
| 3. Boîte de vitesses | 10. Tube de poussée |
| 4. Arbre de transmission | 11. Boîte de transfert |
| 5. Frein à main | 12. Tube de poussée avant |
| 6. Tirant de pont | 13. Pont avant |
| 7. Pont arrière | |



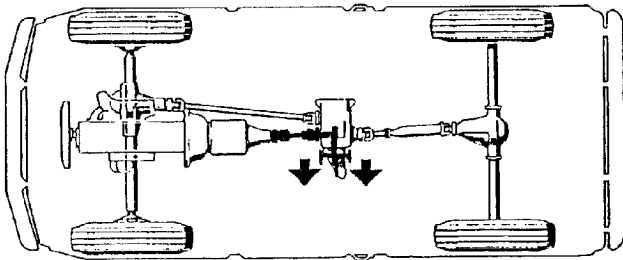
rapport route



rapport tout terrain

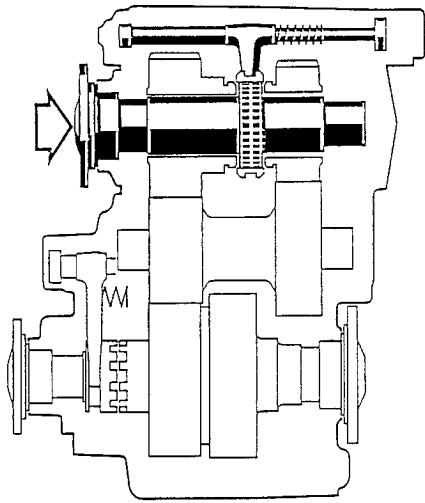


Démultiplication
tout terrain

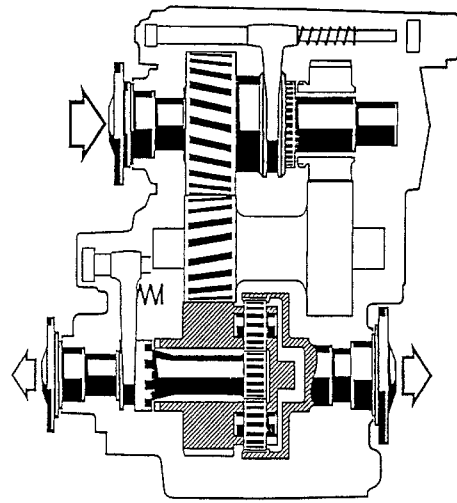


prise de force

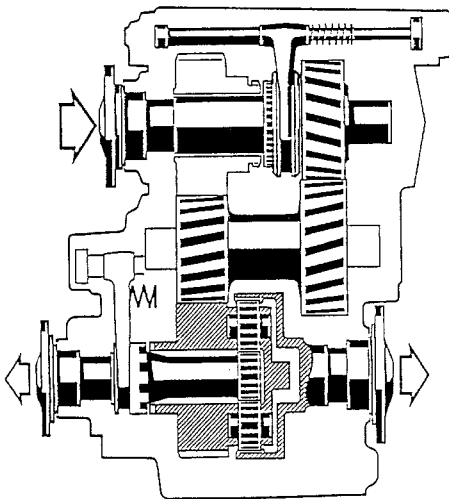
VI - BOITE DE TRANSFERT



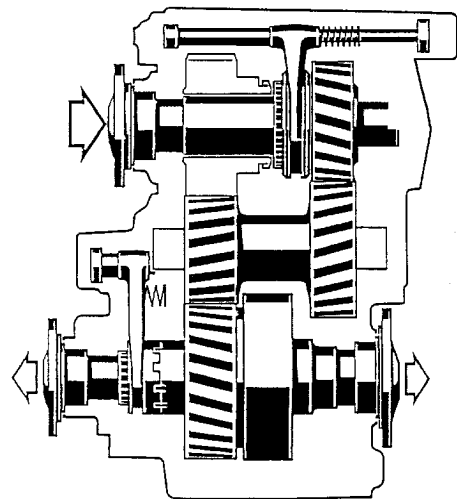
position neutre



rapport route



rapport tout terrain sans blocage inter-pont



rapport tout terrain avec blocage inter-pont

CHAPITRE VII

ESSIEUX - PONTS

CHAPITRE VII - 1**PONTS****I - ROLE**

L'essieu pont moteur est un organe de la chaîne cinématique qui a pour fonction de :

- supporter la charge ;
- renvoyer à 90° le mouvement qu'il reçoit de l'arbre de transmission par l'intermédiaire d'un renvoi d'angle ou couple conique, chargé également de réduire la vitesse de rotation ;
- rendre possible le mouvement relatif des deux roues motrices au moyen du différentiel ;
- assurer par les arbres de roues, la liaison entre les roues et le différentiel ;
- diriger le véhicule dans le cas d'un essieu-pont avant moto-directeur.

II - DESCRIPTION

Le renvoi d'angle, le différentiel et les arbres de roues sont enfermés dans un bâti rigide, étanche qui constitue l'essieu. L'ensemble de ces organes, s'appelle l'essieu-pont (dit «pont»).

Il comprend :

- un logement central ou nez de pont contenant la couronne de renvoi d'angle du différentiel ;
- deux parties latérales appelées trompettes, à l'intérieur desquelles sont logés les arbres de roues.

Les trompettes sont généralement rapportées sur la partie centrale par emmanchement en force et soudure.

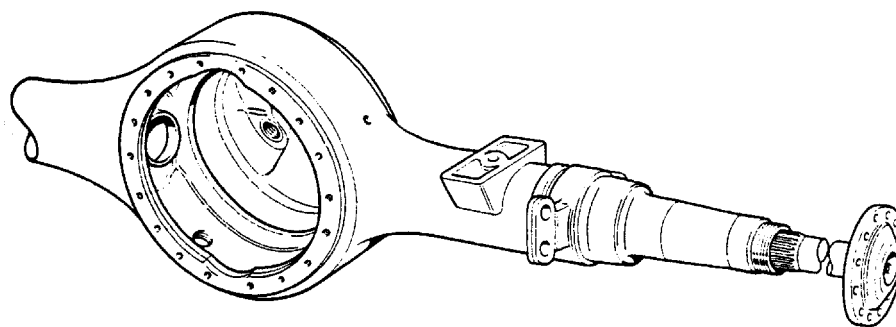
Il existe deux types principaux d'essieux.

2.1 - Pont Banjo

L'essieu est constitué par un ensemble de monobloc en acier coulé formant un anneau central prolongé de chaque côté par des évasements destinés à recevoir les trompettes.

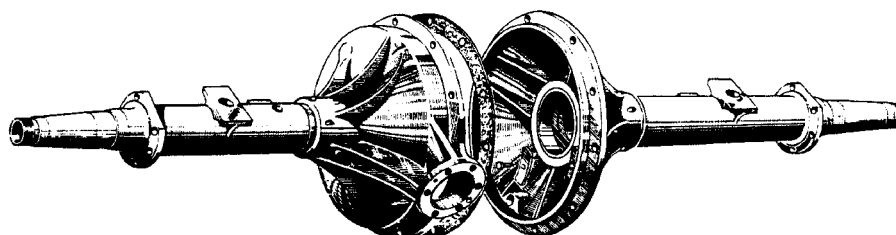
L'anneau central reçoit sur sa face avant, le mécanisme du renvoi d'angle et du différentiel, tandis que la partie arrière est obstruée par un couvercle de fermeture vissé, soudé ou quelquefois venu de fonderie avec l'anneau central.

Ce type d'essieu est le plus couramment employé sur les véhicules poids lourds.

**2.2 - Pont Split**

Le renvoi d'angle et de différentiel sont enfermés entre deux coquilles recevant chacune une trompette et assemblées suivant un plan vertical pour former l'essieu.

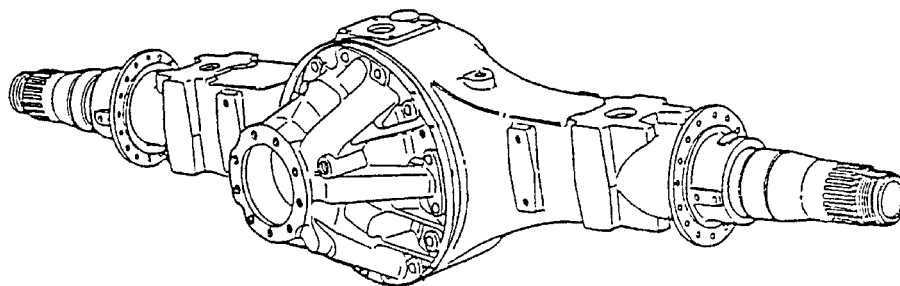
Ce type d'essieu n'est pratiquement plus employé sauf sur des véhicules de faible tonnage, en raison de sa tendance à s'ouvrir sous l'effet de la charge.



2.3 - Pont porteur ou pont droit

On désigne par ce nom, le pont dont l'axe des demi-arbres se trouve dans l'axe des roues.

Sa garde au sol est liée à la hauteur des roues et des pneumatiques.



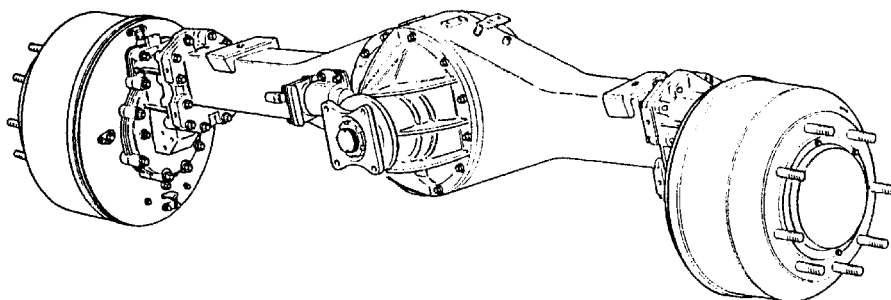
2.4 - Pont portique

Ce terme désigne le pont dont l'axe des demi-arbres se trouve au-dessus de l'axe des roues.

L'avantage de ce système permet d'avoir une garde au sol bien supérieure à celle d'un pont droit.

Le pont se trouve plus haut sans pénaliser le centre de gravité du véhicule.

Le mouvement des demi-arbres passe dans les roues par l'intermédiaire d'engrenages que l'on appelle réducteur de roues.

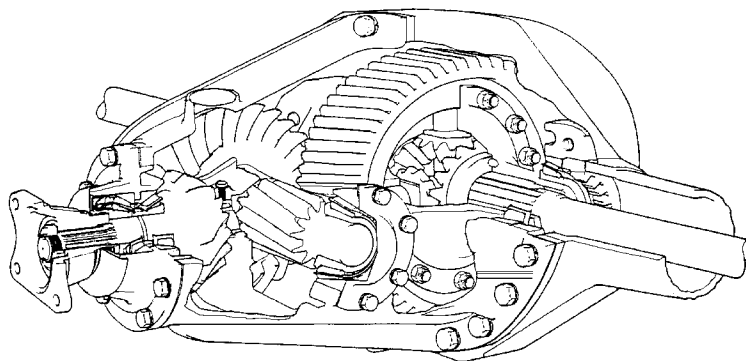


2.5 - Pont à double réduction centrale

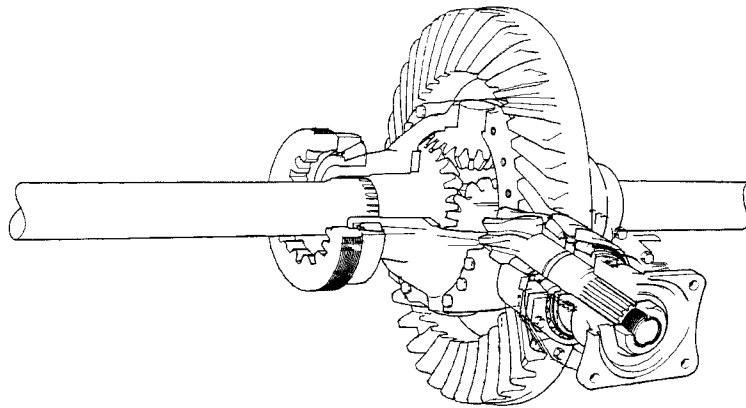
Dans le cas où la réduction exigée demande une couronne de trop grande dimension, la réduction est fractionnée au moyen de deux couples ; un couple conique et un couple cylindrique à denture droite ou hélicoïdale.

Par rapport au pont simple-réduction, on rend solidaire de la couronne conique, un pignon cylindrique qui engrène avec une couronne cylindrique.

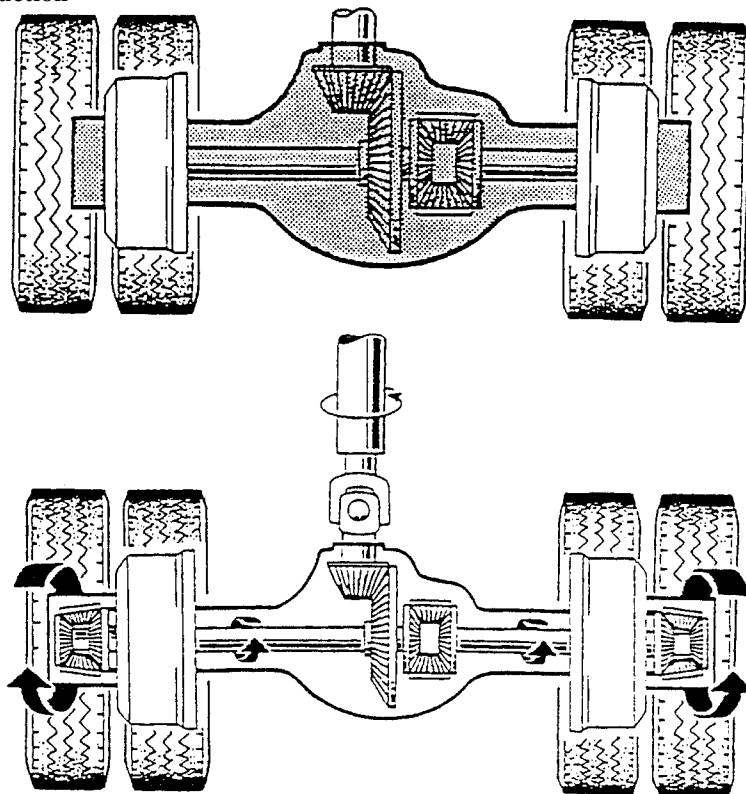
Le couple conique peut être soit un couple spire conique ou couple hypnoïde.



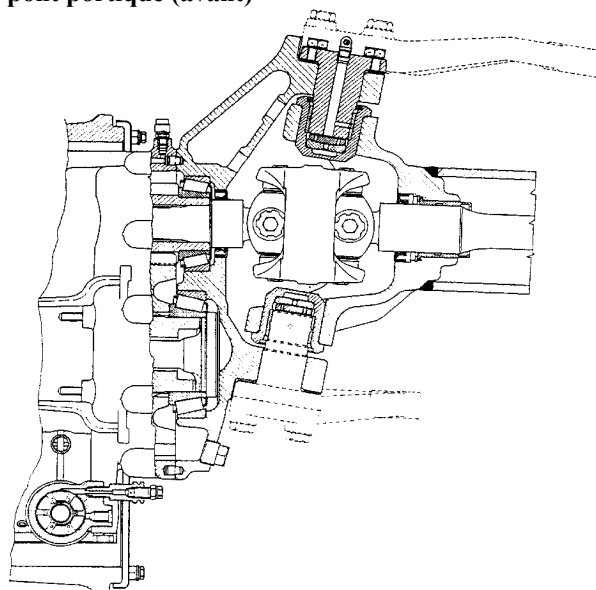
2.6 - Pont simple réduction

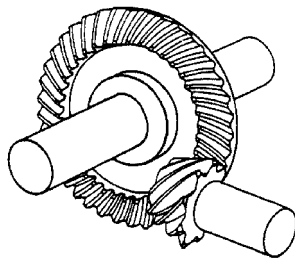


2.7 - Pont à double réduction

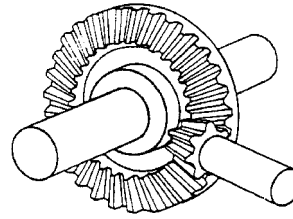


2.8 - Coupe transversale d'un pont portique (avant)





couple hypoïde



couple spiro-conique

III - REDUCTION DANS LES MOYEUX

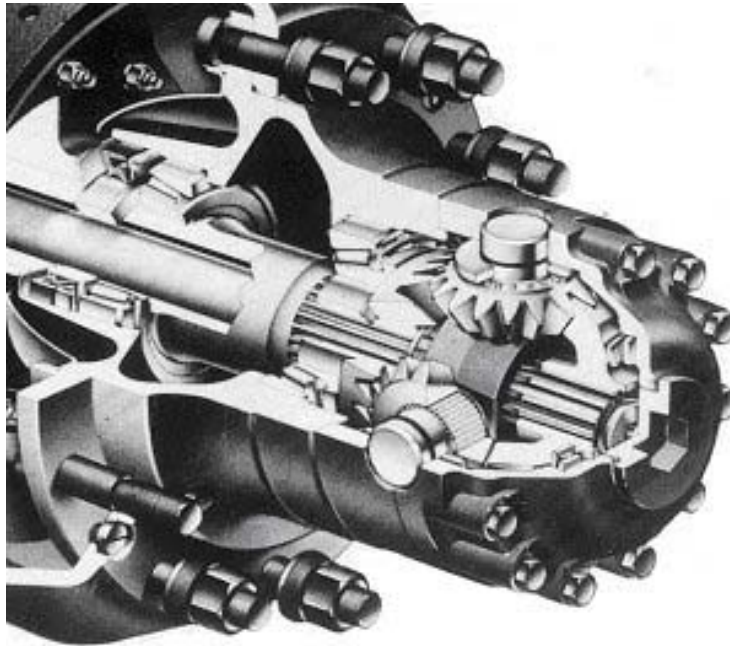
Dans cette réalisation, l'un des planétaires est rendu solidaire de la trompette, tandis que l'autre est lié en rotation à l'arbre de roue.

Le boîtier de différentiel est boulonné sur le moyeu de roue.

Quand l'arbre de roue tourne, il entraîne le planétaire qui lui est solidaire.

Les satellites, en prise avec un planétaire fixe, recevant le mouvement moteur, roulent sur le planétaire fixe tout en s'entourant autour de leur axe. Celui-ci subit donc un mouvement de rotation qu'il communique au boîtier, puis au moyeu.

Avec ce type de réducteur, la réduction obtenue ne peut pas être autre que $\frac{1}{2}$ (à un tour de l'arbre de roue correspond un demi-tour du moyeu de roue).



Réducteur type différentiel dans les moyeux

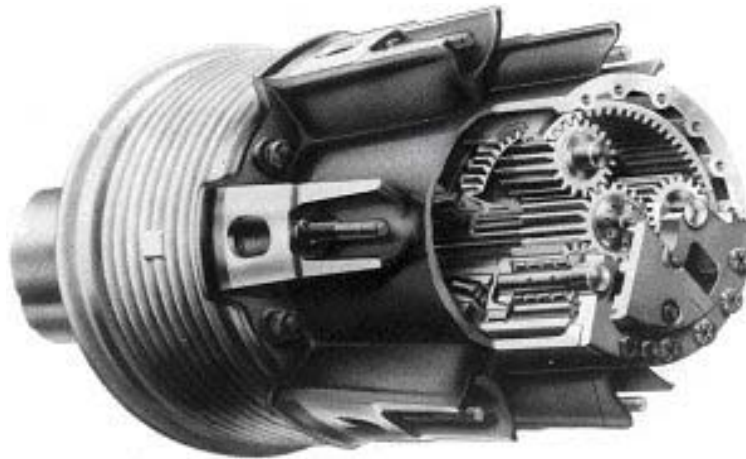
Sur les véhicules de la gamme «chantiers» et sur certains véhicules routiers, la réduction finale du mouvement est obtenue au moyen d'un réducteur épicycloïde, situé dans le moyeu des roues.

Dans ce cas, le pont ne comporte qu'une seule réduction centrale offrant une division de vitesse généralement peu importante, ($\frac{1}{2}$) ceci permettant de limiter les dimensions extérieures de la couronne et par conséquent d'augmenter la garde au sol.

On trouve les trois éléments constitutifs du train épicycloïdal disposés comme suit :

- une couronne extérieure solidaire de la trompette de pont, donc immobile ;
- un planétaire lié en rotation à l'arbre de roue donnant le mouvement à l'ensemble ;
- des satellites dont les axes sont intégrés au porte satellites qui devient élément récepteur, un assemblage rigide relie le porte satellites au moyeu de la roue.

Cette disposition engendre une rotation du porte satellites dans le même sens que le planétaire (donc de l'arbre de roue), mais à une vitesse inférieure. Le moyeu tourne donc moins vite que l'arbre de roue.

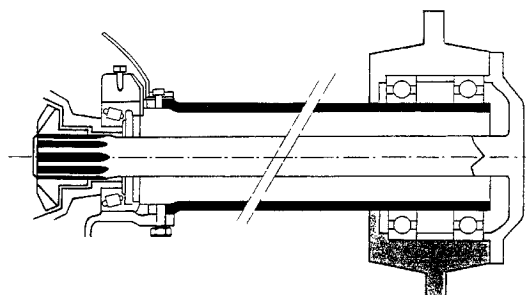


IV - MONTAGE DES ARBRES DE ROUES

4.1 - Arbre de roue non porteur ou montage flottant

C'est le montage utilisé sur la plupart des véhicules industriels. Les roues motrices sont supportées à l'extrémité des trompettes par l'intermédiaire de roulements et placées à l'extérieur de celles-ci. De cette façon, ce sont les trompettes qui reçoivent le poids du véhicule, l'arbre de roue ne faisant que transmettre le couple moteur.

L'arbre de roue se fixe sur le moyeu de la roue au moyen d'une flasque boulonnée.



Arbre non porteur

4.2 - Arbre de roue porteur ou semi-flottant

Par rapport au système précédent, la différence principale réside dans le montage de l'arbre, à l'extrémité de la trompette.

L'arbre de roue est supporté par un roulement interposé entre lui-même et l'intérieur de la trompette.

L'extrémité de l'arbre se termine soit par une flasque, soit par un cône sur lequel est monté directement le moyeu de la roue.

Dans ces conditions, l'arbre de roue transmet le couple moteur, mais supporte le poids du véhicule, les efforts de poussée et de débrayage.

Ce montage n'est utilisé que sur les véhicules légers.



arbre porteur

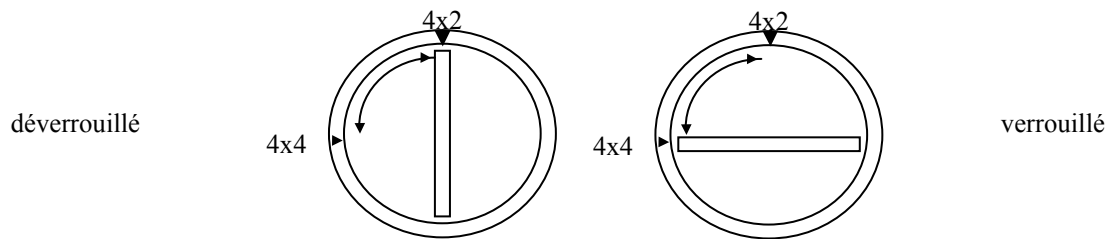
4.3 - Moyeux débrayables

Quand un véhicule roule en 4X2, les roues avant, même si elles ne sont pas entraînées par la boîte de transfert, tournent. Elles entraînent inutilement les demi-arbres et l'arbre de transmission avant. Certains constructeurs ont doté les roues avant de leur véhicule de moyeux débrayables afin d'éviter une usure, une résistance et une inertie mécanique.

Ces dispositifs peuvent être à enclenchement manuel ou automatique. Dans les deux cas, la manoeuvre se fait à l'arrêt complet.

4.3.1 - Enclenchement manuel :

Le conducteur descend de son véhicule et verrouille les moyeux en faisant faire 1/4 de tour à la partie centrale du moyeu.



4.3.2 - Enclenchement automatique :

L'opération s'effectue simplement en passant de 4X2 en 4X4. Le conducteur débraye les moyeux en repassant en 4X2 et en faisant une courte marche arrière.

CHAPITRE VII - 2**DIRECTION****I - DEFINITION**

Ensemble d'organes se trouvant en général à l'avant du véhicule, qui commandés par le volant, permettent d'orienter les roues.

II - GENERALITES

L'application de certaines lois géométriques à cet ensemble d'organes favorise la tenue de route et réduit l'usure des pneus.

Les dispositions qui interviennent sont : la chasse, l'inclinaison des pivots, le carrossage, le pincement et l'ouverture.

III - DIFFERENTS TYPES DE DIRECTION

On trouve des systèmes de direction :

- à crémaillère ;
- à boîtier :
 - à vis et écrous,
 - à vis et roues ou à vis et secteur,
 - à vis et crémaillère,
 - à circulation de billes,
 - à vis et galet (cylindre à pas variable).

IV - DESCRIPTION**4.1 - Direction à crémaillère :**

Un volant
Une colonne de direction (articulée Silent-bloc)
Pignon + crémaillère
Barre d'accouplement
Lever d'accouplement
Rotules (cas des roues indépendantes)
Pivots
Fusées
Roues

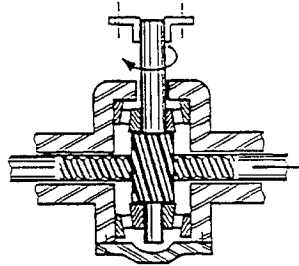
4.2 - Direction à boîtier

Colonne de direction
Volant
Boîtier (vis écrous, secteurs, billes, galets et cylindre à pas variable)
Bielle
Lever de commande
Lever d'attaque
Rotule d'articulation
Lever d'accouplement
Pivots
Fusées
Roues

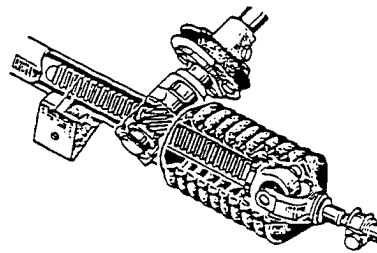
V - FONCTIONNEMENT

5.1 - Crémaillères et pignons :

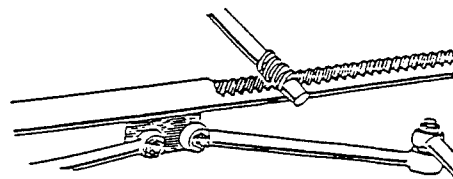
Dans le cas des véhicules de tourisme à roues avant indépendantes, on utilise presque exclusivement des mécanismes de direction à crémaillère. Dans ce mécanisme, le pignon entraîné par le tube de direction engrène sur une crémaillère et la déplace latéralement dans une glissière. Les dentures utilisées sont généralement hélicoïdales ce qui permet d'obtenir un fonctionnement plus doux et une plus grande robustesse.



La barre d'accouplement étant remplacée par deux barres de direction fixées directement sur la crémaillère, c'est à ce niveau que l'on constate deux variantes.



Chapes de connexion en bout de crémaillère



Chapes de connexion en milieu de crémaillère

Ce mécanisme est placé directement à l'avant du véhicule et doit en conséquence être suffisamment robuste et bien protégé contre la poussière et les intempéries.

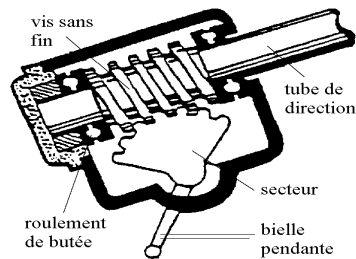
5.2 - Les boîtiers de direction :

5.2.1 - Boîtier à vis et écrou à circulation de billes :

Ce système diminue de façon très importante les frottements et l'usure.

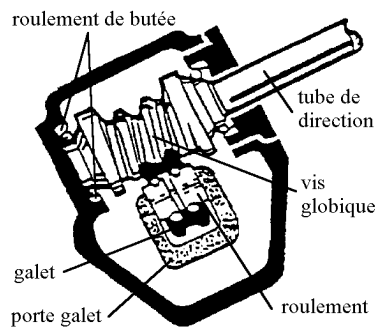
5.2.2 - Boîtier à vis sans fin et secteur denté :

La vis sans fin en acier entraîne un secteur denté (parfois une roue dentée). Toutefois, ce système permet une démultiplication importante sans frottements exagérés toutefois il n'est pas possible de rattraper l'usure.



5.2.3 - Boîtier à vis sans fin globique et galet :

Il s'agit d'un important perfectionnement du système précédent qui se traduit par une diminution des frottements et surtout la possibilité du rattrapage de l'usure.



VI - ASSISTANCE DE DIRECTION

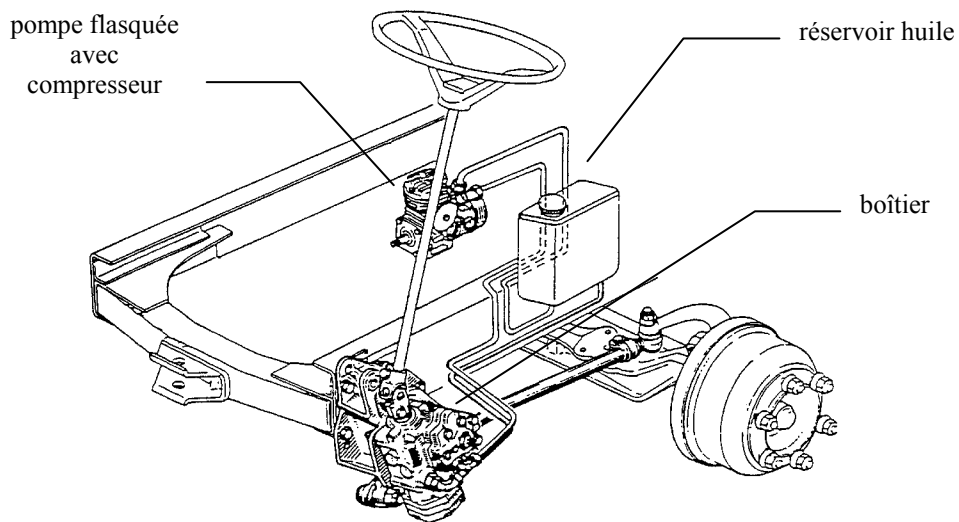
L'assistance de direction est réalisée, grâce à une force d'appoint qui aide le conducteur dans son effort. Cette force est générée par la pression d'un fluide :

- hier l'air comprimé,
- aujourd'hui l'huile.

Pour mémoire, rappelons les raisons qui ont conduit à l'abandon de l'assistance par air comprimé. En effet, la réversibilité du système lors de fortes et rapides réactions au sol peut provoquer une inversion d'assistance d'où écarts de direction.

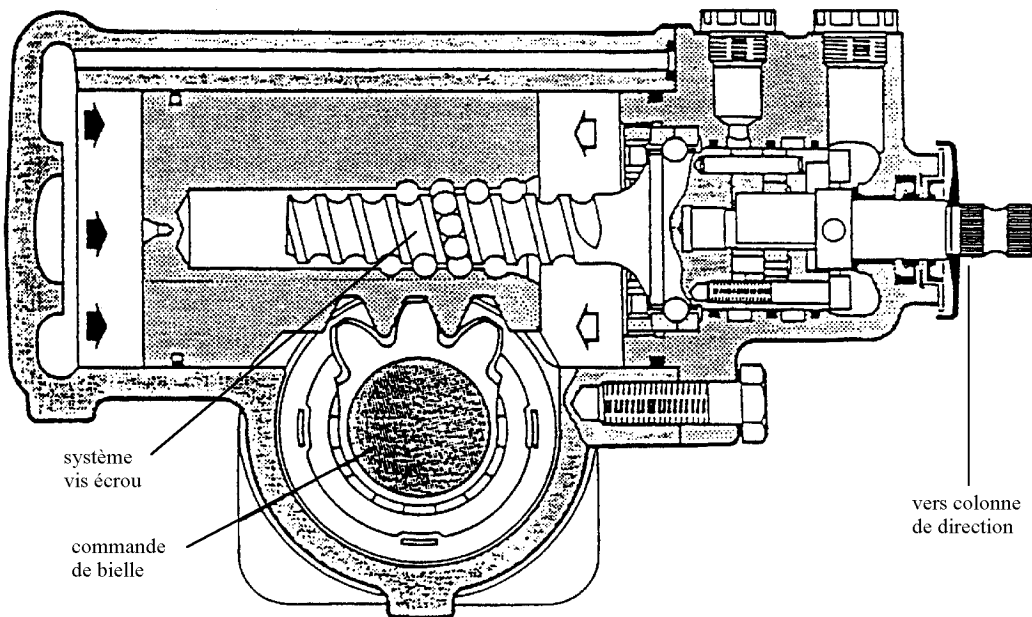
Par ailleurs, une forte consommation d'air comprimé, lorsque l'assistance est très sollicitée (routes de montagne), crée un risque d'insuffisance d'air pour le freinage.

Le poids et l'encombrement de ce système est pénalisant sur les véhicules de moyen tonnage.



Un système distributeur permet d'orienter la pression hydraulique sur l'une des faces du vérin qui, en fait, est l'écrou de la direction.

Pression hydraulique = force d'assistance



La partie mécanique du système doit permettre d'assurer la manoeuvre du véhicule en cas de panne de l'assistance hydraulique (véhicule remorqué pour panne moteur, par exemple).

Dans la plupart des cas, une soupape s'ouvre lors du fonctionnement sans assistance, ce qui permet de diminuer l'effort à fournir pour manoeuvrer le volant.

Dans le cas d'essieu directeur très chargé, une pompe de secours peut être prévue.

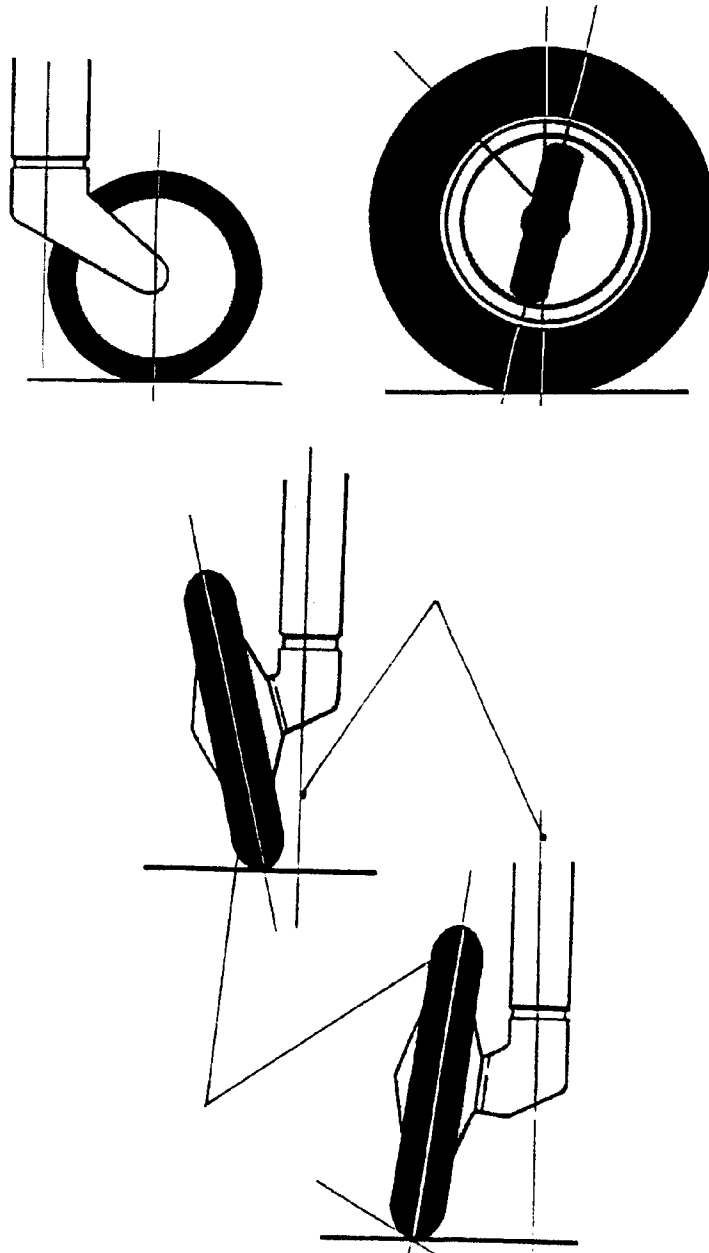
VII - PANNES POSSIBLES

- Panne d'assistance
- Vibration du volant
- Déport du véhicule à droite ou à gauche
- Détérioration de la barre d'accouplement ou des rotules

VIII - CHASSE ET CARROSSAGE

En observant le véhicule latéralement, imaginons une ligne verticale passant par le centre de la roue puis une seconde passant par l'axe des pivots. L'angle formé par ces deux axes est nommé angle de chasse.

Par ailleurs, le carrossage d'une roue correspond à l'angle formé par le plan de la roue avec la verticale. Si le sommet de la roue s'écarte de la coque, le carrossage est positif ; s'il s'en rapproche le carrossage est négatif.



IX - PINCEMENT

Lorsqu'un véhicule se déplace, la combinaison des forces propulsives ou « tractrices » et des frottements des pneus sur le sol a tendance à soumettre les roues à des effets de braquages.

Pour obtenir un parallélisme parfait lors du roulage en ligne droite, on fait en sorte que les roues avant forment à l'arrêt un angle donné avec l'axe longitudinal du véhicule.

Lorsque les roues ont tendance à converger vers l'avant, ce réglage est appelé pincement ; lorsqu'elles divergent, on parle d'ouverture. La valeur de ce pincement ou de cette ouverture dépend des dimensions et du type de pneus, de la géométrie de la suspension et de la direction, et de la position (à l'avant ou à l'arrière) des roues motrices.

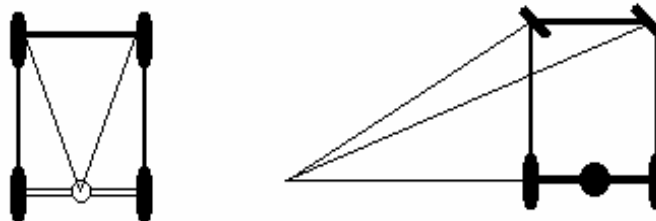
X - EPURE DE JEANTAU

Dans les virages, les trajectoires suivies par les roues doivent être concentriques (sinon les pneus perdraient l'adhérence). Donc les roues directrices ont des angles de braquage différents, d'où l'inclinaison des leviers d'accouplement vers l'intérieur. Leur prolongement doit se rencontrer à l'intersection de l'axe médian du véhicule et de l'essieu arrière.

L'épure de Jeantau, appelée parfois aussi épure d'Ackermann, porte le nom de son inventeur présumé. Il s'agit d'un principe géométrique selon lequel, lorsqu'un véhicule décrit une courbe, les perpendiculaires élevées des centres des roues doivent toutes se rencontrer au même point (centre de rotation). Cette condition respecte le fait que la roue extérieure en virage doit décrire une courbe plus grande que celle de la roue intérieure.

Pour permettre aux roues avant de pivoter, en respectant le principe de Jeantau ou d'Ackermann, les leviers de direction des roues avant sont disposés obliquement de telle sorte que leurs projections horizontales convergent au milieu de l'essieu arrière (ci-dessous).

En pratique, les qualités de tenue de route des pneus modernes permettent de déroger légèrement à ce principe géométrique.



CHAPITRE VII - 3**FREINS****I - GENERALITES**

Ensemble d'organes mécaniques permettant de ralentir ou d'immobiliser un véhicule. Un frein, quel que soit son principe, est destiné à absorber l'énergie cinétique d'un véhicule. Ce résultat est obtenu par frottement d'un organe solidaire de la roue (donc mobile) contre un organe fixe.

II - DESCRIPTION

Frein classique :

- Pédale,
- maître cylindrique (et réservoir),
- canalisations (souples et rigides)
- cylindres récepteurs (roues),
- correcteur de freinage,
- mâchoires ou étriers,
- garnitures ou plaquettes,
- tambours ou disques.

Frein oléo-pneumatique :

- Compresseur,
- régulateur de pression,
- épurateur centrifuge et soupape de sécurité,
- sortie auxiliaire,
- robinet de frein de service (pédale),`
- cylindre de roue,
- mano-contact de frein de stationnement,
- limiteur de freinage,
- correcteur de freinage,
- robinet de frein de stationnement (frein de parking),
- cylindre de frein à ressort,
- manomètre,
- groupe oléo-pneumatique,
- maître cylindre,
- mano-contact d'usure,
- réservoir d'air,
- canalisation,
- biellette de mise hors service,
- valve 4 voies.

III - FONCTIONNEMENT**3.1 - Frein classique**

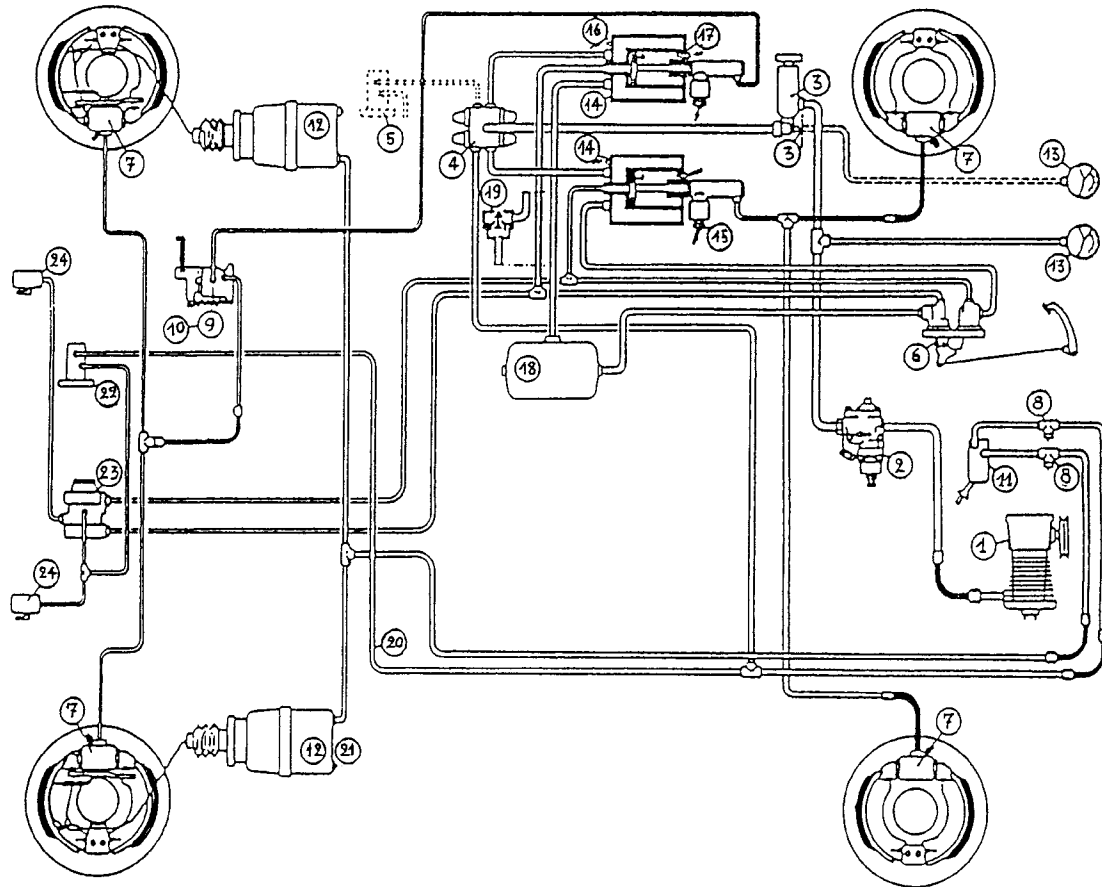
Le conducteur, en exerçant une pression sur la pédale de frein, comprime le liquide de frein. Cette pression est transmise aux cylindres récepteurs qui la transforment en une force exercée sur les mâchoires ou plaquettes. Ces dernières agissent par frottement sur les tambours ou sur les disques.

3.2 - Frein oléo-pneumatique

Le compresseur, entraîné par une courroie, envoie l'air comprimé dans le circuit par l'intermédiaire de canalisations. Cet air passe par un régulateur et un épurateur, une soupape de sécurité qui permet de limiter la pression, puis arrive à la valve quatre voies et dans les groupes oléo-pneumatiques. Il est repris par les robinets de frein de service et de stationnement qui l'envoient sur les maîtres-cylindres. Ceux-ci mettent en pression du liquide de frein qui agit dans les cylindres-récepteurs par des canalisations rigides ou souples. Un limiteur et correcteur de freinage modifie la pression sur les freins arrières.

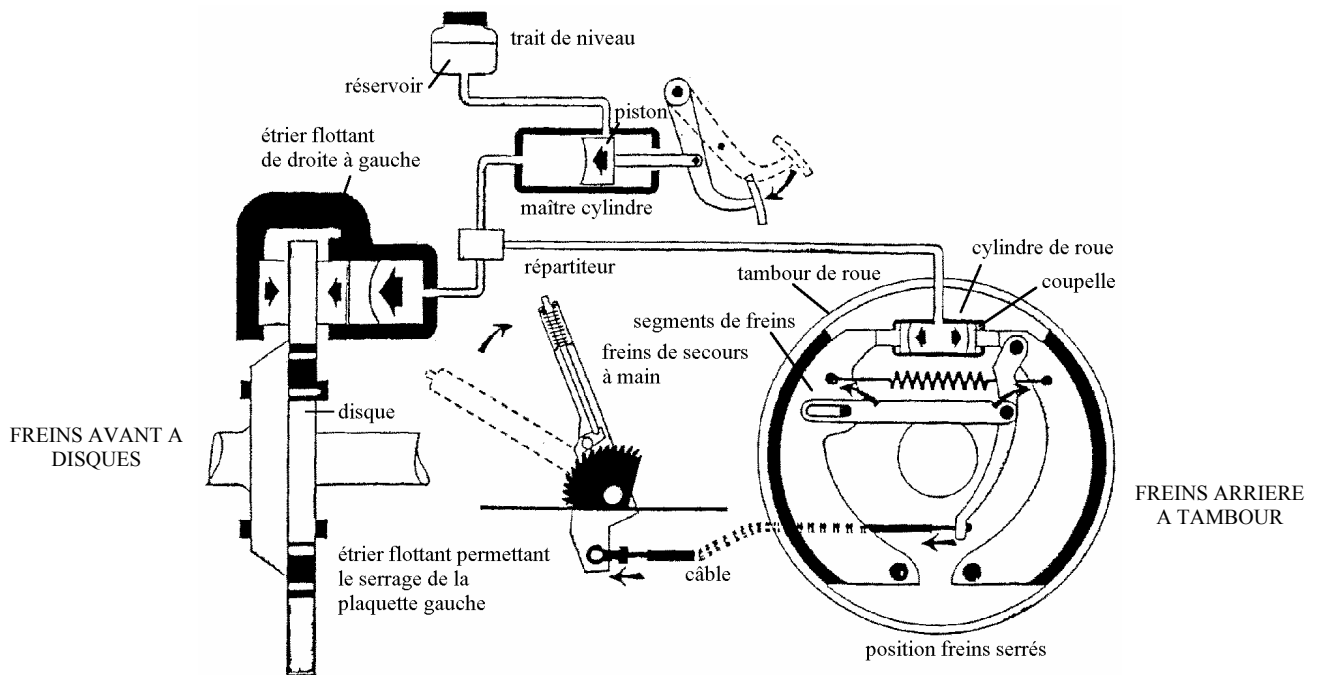
Les cylindres de frein à ressort servent au frein de stationnement et de sécurité en cas de rupture du circuit.

3.2.1 - Le freinage oléo-pneumatique

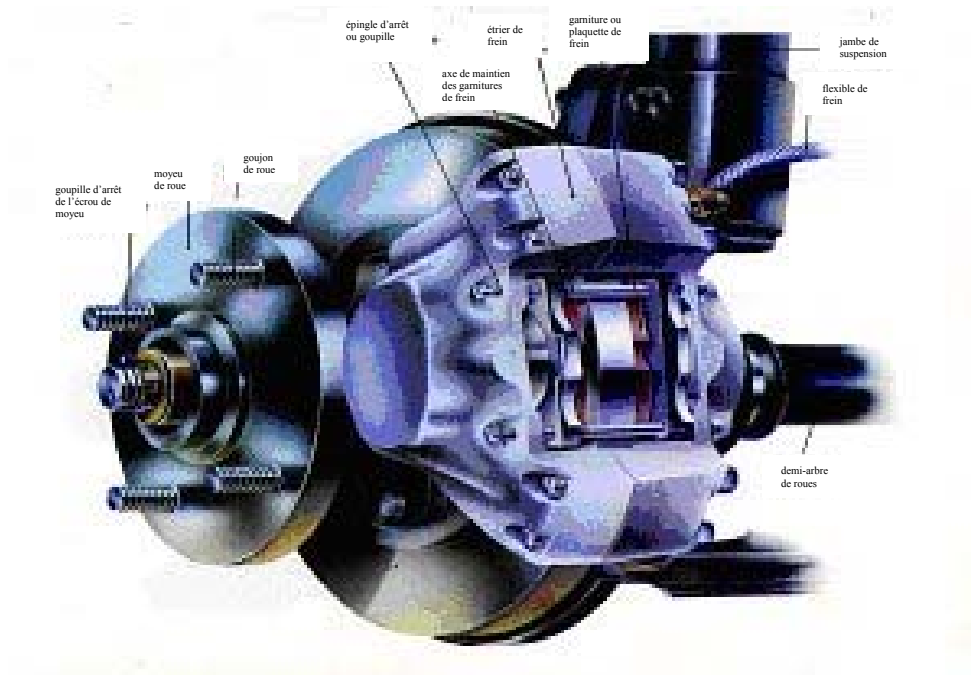


- | | |
|---|-----------------------------------|
| 01 : compresseur | 13 : manomètre |
| 02 : régulateur de pression | 14 : groupe oléo-pneumatique |
| 03 : épurateur et soupape de sécurité | 15 : maître cylindre |
| 04 : valve 4 voies | 16 : mano-contact d'usure |
| 05 : sortie auxiliaire | 17 : mise à l'air libre |
| 06 : robinet de frein de service | 18 : réservoir d'air |
| 07 : cylindre de roue | 19 : valve |
| 08 : mano-contact de frein de stationnement | 20 : canalisation |
| 09 : limiteur de freinage | 21 : biellette de mise en service |
| 10 : correcteur de freinage | 22 : raccord |
| 11 : robinet de frein de parc | 23 : valve 4 voies |
| 12 : cylindre de frein à ressort | 24 : raccord rapide |

3.2.2- Schéma de principe



3.2.3 - Frein à disque



IV - PANNES

- Rupture de canalisations ;
- pannes de compresseur ;
- valves bloquées ;
- clapets obturés.

I - GENERALITES

Lorsqu'un conducteur freine brusquement, le capteur électromagnétique communique à l'unité de commande la chute de vitesse correspondante de la roue.

II - FONCTIONNEMENT

2.1 - Capteur électromagnétique

Un capteur électromagnétique est installé sur chaque essieu face à une couronne solidaire du moyeu qui reconnaît la vitesse de rotation de la roue.

2.2 - Unité de commande électronique

Les signaux provenant des capteurs sont acheminés vers l'unité de commande électronique centrale. En analysant les variations de vitesse de la roue, cette unité calcule les marges disponibles avant blocage et commande à la valve dite « rapide » d'atténuer la pression de freinage dans le cylindre correspondant.

CHAPITRE VIII

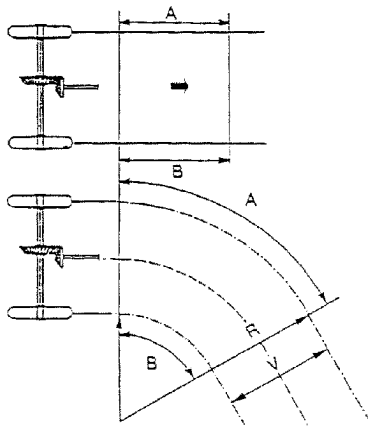
DIFFERENTIELS

CHAPITRE UNIQUE

DIFFERENTIELS

I - GENERALITES

Nécessité du différentiel :



En ligne droite, les roues parcourent la même distance : $A = B$

Dans une courbe, la roue extérieure au virage parcourt une distance plus grande que la roue intérieure.

$A > B$

r = rayon intérieur

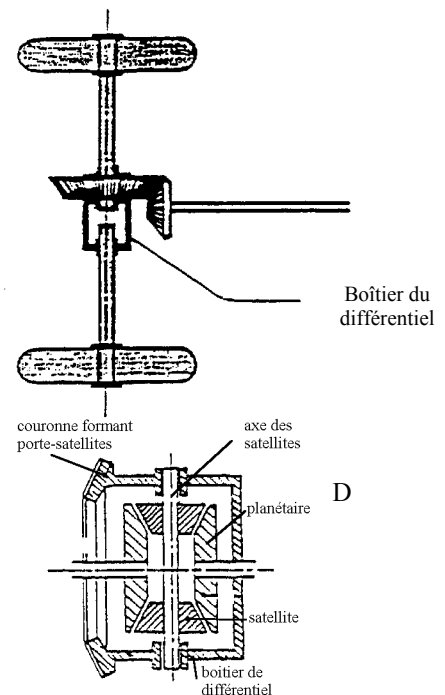
R = rayon extérieur

V = voie

Si les deux roues étaient solidaires en rotation, il serait impossible au véhicule de négocier un virage, aussi a-t-on créé un système qui permet en virage de répartir le mouvement communiqué à chaque roue de telle sorte que la vitesse du véhicule ne soit pas affectée.

L'arbre unique est en réalité divisé en deux demi-arbres dont une extrémité est reliée à la roue et l'autre à la grande couronne par l'intermédiaire d'un organe (D) appelé différentiel.

Ce dernier réalise une répartition du couple entre les deux roues.



L'entraînement du système se fait par l'axe du satellite qui nécessite un "porte satellite" relié à la couronne motrice, c'est le boîtier du différentiel.

Pour des raisons d'équilibrage et de couple à transmettre, nous trouverons toujours 2, 3 ou 4 satellites.

On a un train réducteur particulier : ainsi $\frac{\omega_{p1} + \omega_{p2}}{2} = \omega_c$

Lorsqu'une couronne tourne à 500 t/mn, $\omega_c = 500$ t/mn

En virage, la roue droite tourne à 470 t/mn, $\omega_{p2} = 470$ t/mn

La roue gauche tourne à 530 t/mn, $\omega_{p1} = 530$ t/mn

La différence de 30 t/mn, perdu par une roue est automatiquement récupérée par l'autre roue, d'où le nom de différentiel donné à cet organe.

Nota : ω désigne la vitesse angulaire.

Les pignons du différentiel sont coniques à taille droite.

II -DEFFINITION

Le différentiel est un mécanisme qui sert de renvoi d'angle et permet aux roues motrices de tourner à des vitesses différentes tout en maintenant un effort constant.

Dans un virage, grâce au différentiel, la roue extérieure tourne à une vitesse supérieure à celle de la roue intérieure.

III - DESCRIPTION

Le mécanisme est constitué par :

- la grande couronne,
- la coquille du différentiel,
- les pignons planétaires,
- les pignons satellites et leur axe.

IV - FONCTIONNEMENT

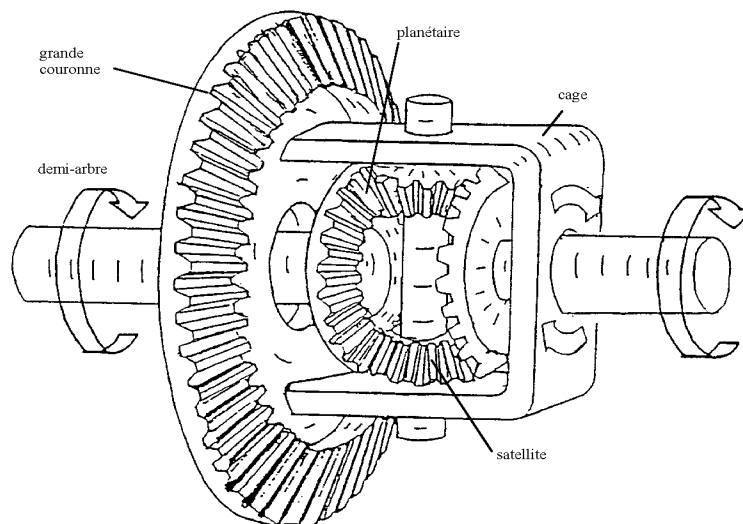
Le mécanisme transmis par l'arbre de transmission (par l'intermédiaire du pignon d'attaque), entraîne la grande couronne, solidaire de la coquille du différentiel. Celle-ci supporte deux pignons tournant « fou » appelés satellites par l'intermédiaire d'un axe prisonnier

Ces deux satellites de taille conique entraînent deux autres pignons, les planétaires, qui sont placés en bout des demi-arbres de roues.

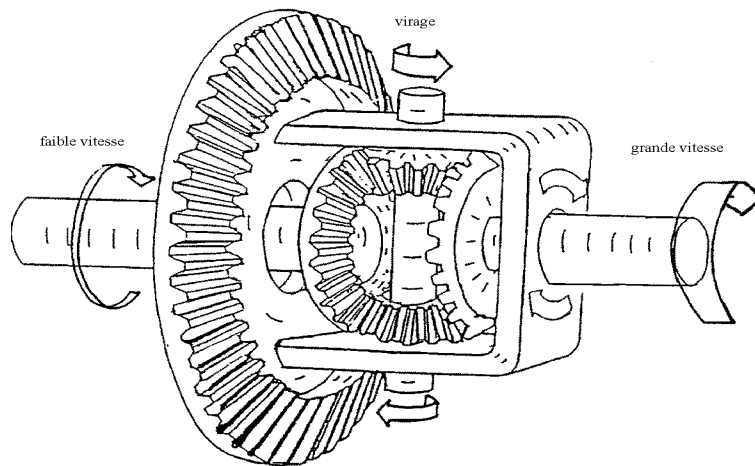
V -EMPLACEMENT DU DIFFERENTIEL

On trouve un différentiel dans le pont lorsque celui-ci est un pont moteur mais aussi sur les véhicules à traction avant. Celui-ci est alors incorporé à la boîte de vitesses.

Il existe actuellement des différentiels dans certaines boîtes de transfert. Ce mécanisme permet aux véhicules qui en sont dotés d'avoir des arbres de transmission avant et arrière qui tournent à des vitesses différentes.



Le véhicule roule en ligne droite, les demi-arbres ont la même vitesse, les satellites tournent solidairement avec la coquille.



Dans un virage, les demi-arbres tournent à des vitesses différentes, compensées par la rotation des satellites.

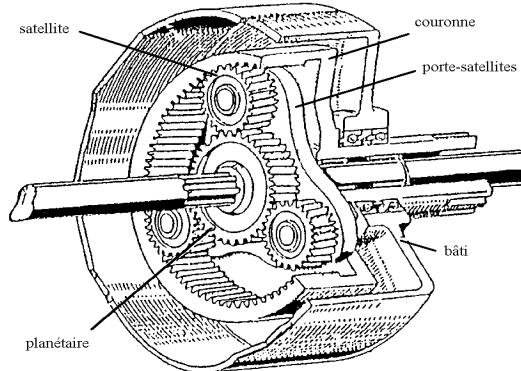
VI - DIFFERENTIEL EPICYCLOÏDAL

Ce différentiel classique transfère le couple vers la roue (ou l'essieu) ayant la plus petite adhérence. Le mouvement provient de la couronne qui entraîne les satellites, eux-mêmes engrenés sur le planétaire central.

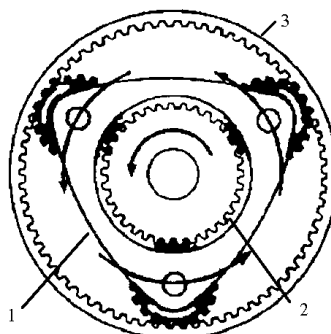
Le couple est ainsi divisé entre :

- l'arbre solidaire du porte satellites,
- l'arbre solidaire du planétaire.

Il a surtout l'avantage de répartir le couple selon un rapport qu'il est aisé de déterminer. Mais, le transfert de couple allant de 0 à 100 % , il faut un verrouillage (mécanique ou visqueux) pour solidariser les deux essieux.



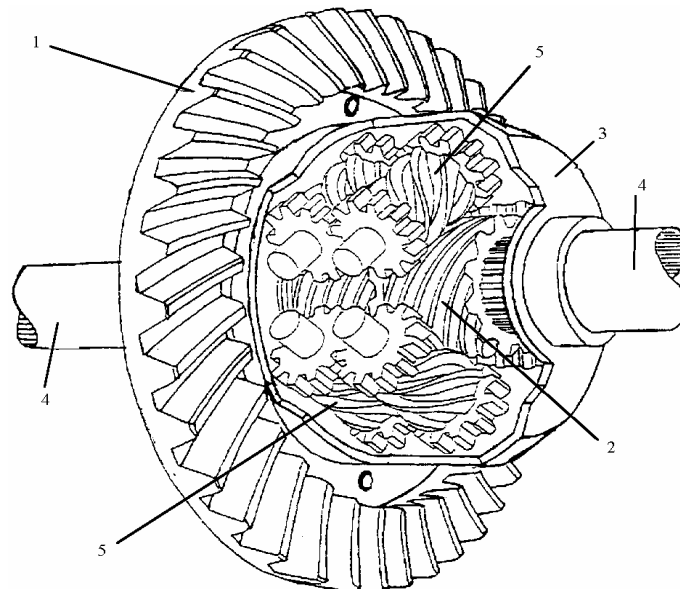
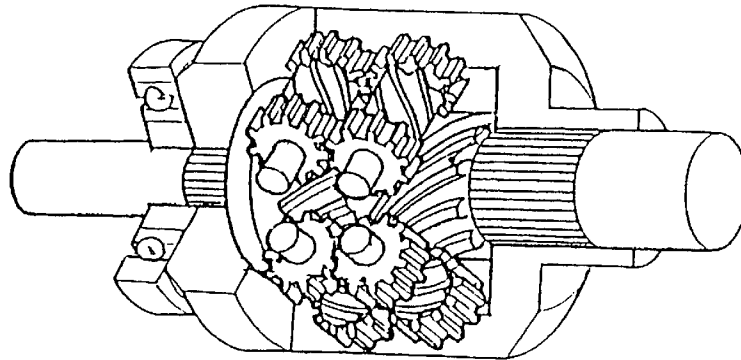
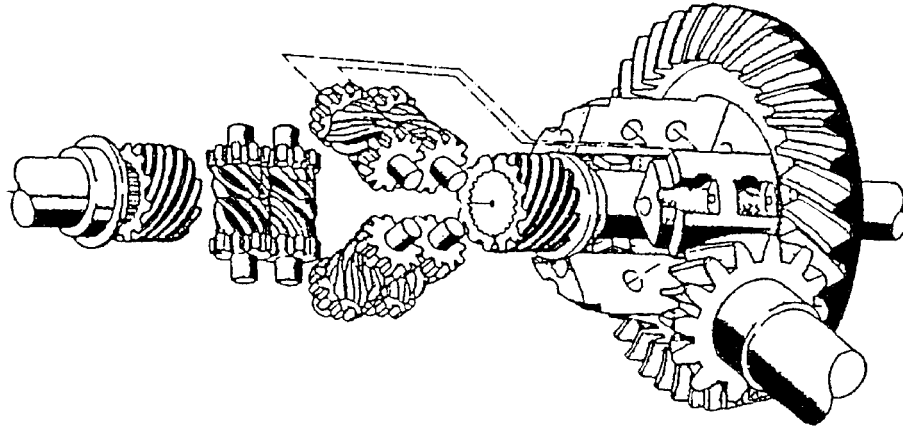
VII - TRAIN EPICYCLOÏDAL



- 1 - porte satellite
- 2 - planétaire
- 3 - planétaire

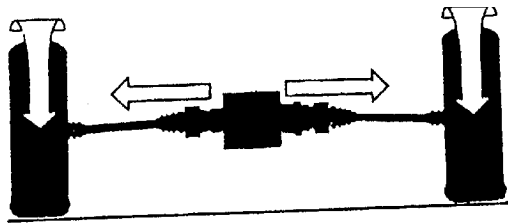
VIII - DIFFERENTIEL TORSEN

Ce différentiel nommé TORSEN pour “Torque Sensor” (détecteur de couple) est très complexe et fonctionne à sens unique : les deux vis centrales (les planétaires) peuvent faire tourner les paires de satellites mais l’entraînement inverse n’est pas possible. Ainsi, dès que le mouvement est inversé (roue qui patine par exemple), le système se bloque et le couple va vers la roue, ou l’essieu qui dispose de l’adhérence la plus élevée.

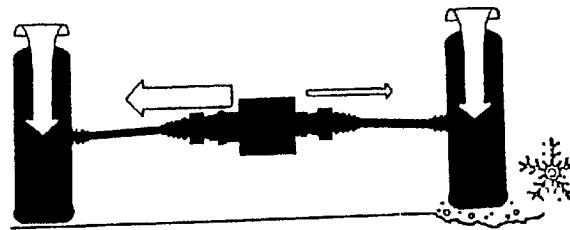


- 1. grande couronne
- 2. planétaire
- 3. coquille
- 4. 1/2 arbre de roue
- 5. satellite

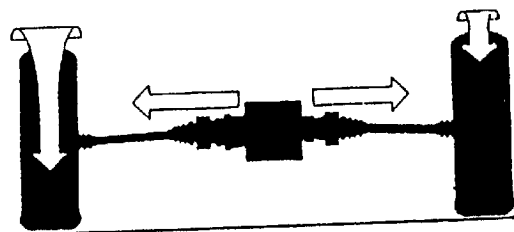
Son rôle :



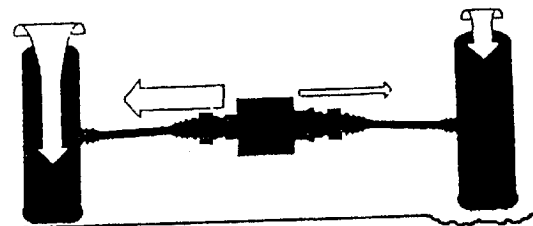
Ligne droite, même adhérence à droite et à gauche le couple est réparti également.



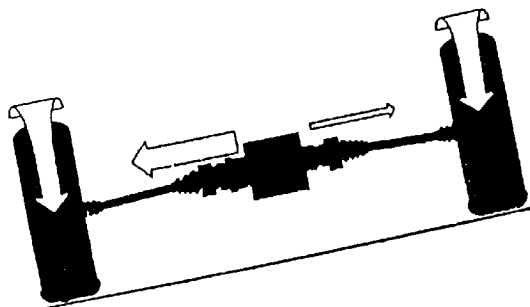
Route glissante ou défoncée, le couple se reporte sur la roue la plus adhérente.



Virages : les roues ne tournant plus à la même vitesse, le couple est réparti au mieux de la motricité.



Si une roue perd de l'adhérence (boue, flaque etc...), le couple maximum sera transféré à l'autre roue.



En cas de dévers de la route, le transfert latéral de poids se traduit par une réduction du couple transmis à la roue la moins chargée.

IX - DIFFERENTIEL AUTO-BLOQUANT A GLISSEMENT LIMITE

Comme un différentiel normal, le différentiel auto-bloquant à glissement limité permet aux roues d'un même pont de tourner à des vitesses différentes.

Avantage : il permet en cas de patinage d'une roue de renvoyer une partie de la force sur la roue qui ne patine pas. Ce blocage n'est pas complet mais permet tout de même aux roues de tourner à des vitesses différentes, d'où son appellation auto-bloquant à glissement limité.

9.1 - Description

A l'intérieur du boîtier, prisonniers entre celui-ci et les planétaires, on trouve des disques rainurés et des disques lisses.

- les disques rainurés sont dits " menés " et leurs rayures permettent d'évacuer l'huile. Ils sont entraînés par la coquille du différentiel ;
- les disques lisses dits " meneurs " sont munis de dents et sont solidaires des planétaires.

9.2 - Fonctionnement

Comme les satellites, le dispositif est inerte lorsque les deux roues offrent la même résistance.

Les disques striés permettent à l'huile de s'évacuer sous l'effet de la force centrifuge.

Si une roue patine, les satellites tournent sur eux-mêmes et par l'intermédiaire des planétaires entraînent le système de glissement limité.

Dans un premier temps, les disques vont tourner et glisser sur eux-mêmes grâce à l'huile.

Sous l'action de la force centrifuge, l'huile va être évacuée hors des disques provoquant le frottement des disques, les uns sur les autres, entraînant un blocage.

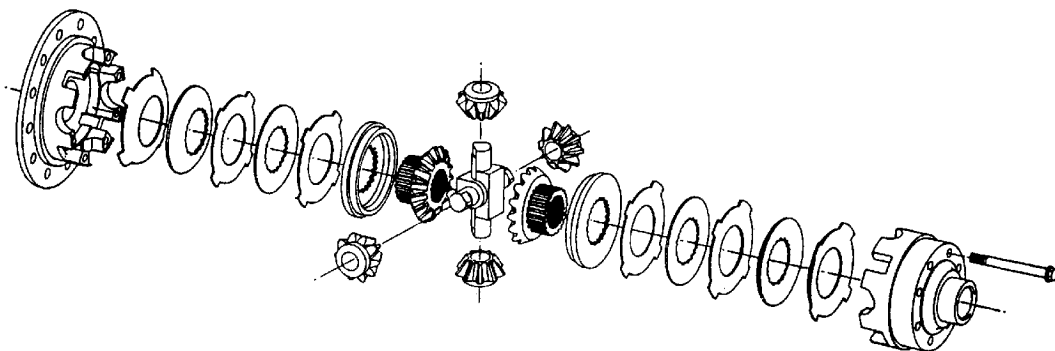
En se bloquant, ils solidarisent le boîtier du différentiel et les planétaires. Les deux roues se trouvent ainsi solidarisées partiellement.

L'huile en s'évacuant a laissé un film sur la surface des disques. Ces disques vont pouvoir, si l'effort est trop important, tourner sur eux-mêmes mais auparavant ils auront transmis la force de rotation à la roue bloquée.

Si la roue ne se débloque pas, les disques se remettent à glisser.

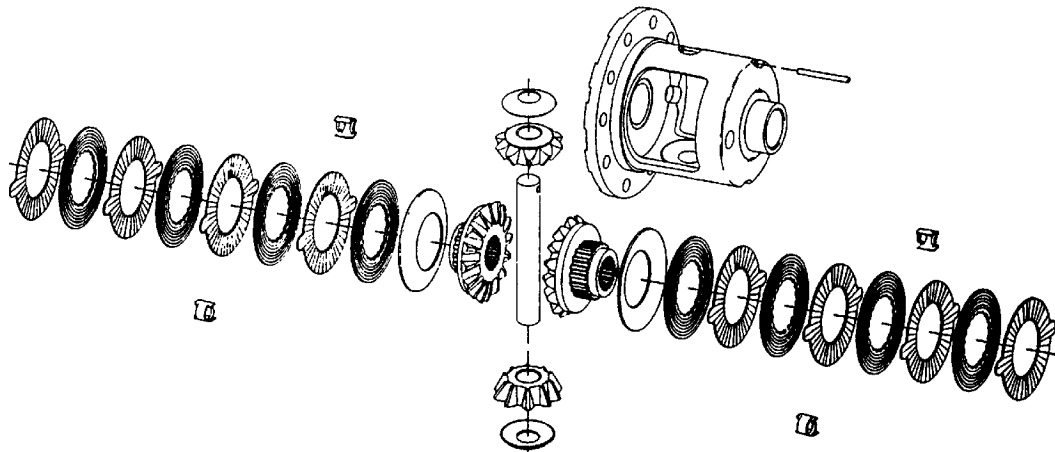
SYSTEME POWR-LOK

autobloquant à 90%



SYSTEME TRAC-LOCK

autobloquant à 30%

**X - BLOCAGE DU DIFFERENTIEL**

L'étude cinématique du différentiel a montré que le patinage d'une roue suffit à immobiliser le véhicule. Pour effectuer des missions en tout terrain, un véhicule d'incendie doit pouvoir se déplacer sans crainte d'être immobilisé parce qu'une de ses roues patine.

10.1 - Définition

Mécanisme qui a pour rôle de neutraliser l'action du différentiel et de rendre solidaire les roues d'un même pont.

10.2 - Description et fonctionnement

Il suffit de rendre un demi-arbre de roue ou son planétaire solidaire de la coquille du différentiel pour annuler l'effet du différentiel.

Ce blocage se fait grâce à un crabot commandé mécaniquement, électriquement ou pneumatiquement.

Ce crabot coulisse dans les cannelures aménagées sur un demi-arbre de roue et tourne en même temps que celui-ci. Lorsque le blocage est désiré, le crabot vient engager sa denture dans celle aménagée sur la coquille du différentiel.

10.3 - Utilisation

L'utilisation du blocage du différentiel inter-roues entraîne des contraintes mécaniques.

Il est verrouillé dans des situations précises et ponctuelles :

- chaque fois que l'adhérence du véhicule est compromise,
- dans les pentes importantes tant en montée qu'en descente,
- pour le passage de gués,
- pour le franchissement de fossés.

Le dispositif doit être enclenché à l'arrêt ou lorsque le véhicule se déplace à très faible vitesse.

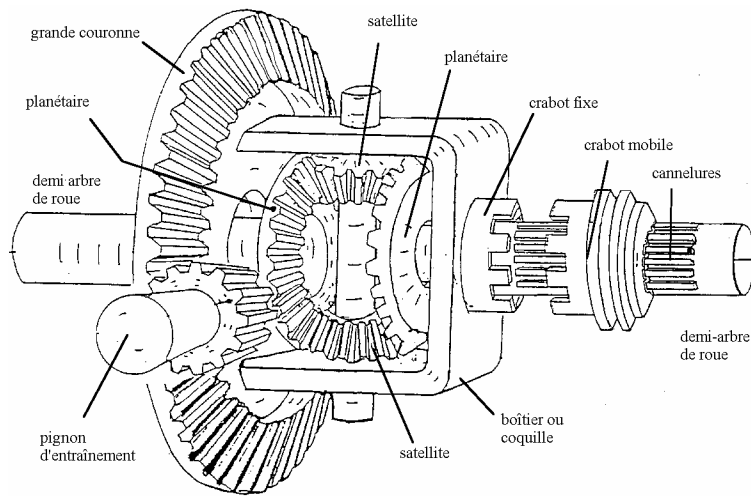
La trajectoire du véhicule doit être la plus droite possible.

On l'engage avant l'obstacle et on l'ôte dès le franchissement effectué.

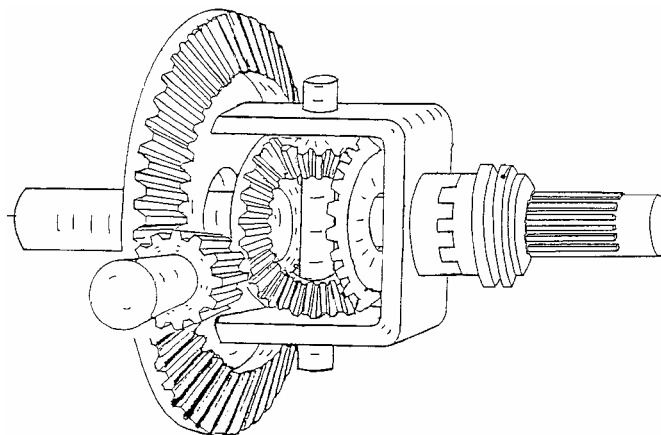
Nota :

Seul le blocage de différentiel de boîte de transfert laisse la possibilité au véhicule d'effectuer un virage sans crainte de rupture mécanique. Les différentiels inter-ponts assurant librement leur rôle.

10.4 Différentiel sans blocage



10.5 - Différentiel avec blocage



CHAPITRE IX

PNEUMATIQUES

CHAPITRE UNIQUE

PNEUMATIQUES

I - ROLE

Le pneumatique, dernier organe de la chaîne cinématique, est le seul élément du véhicule en contact avec le sol. Il doit remplir plusieurs fonctions :

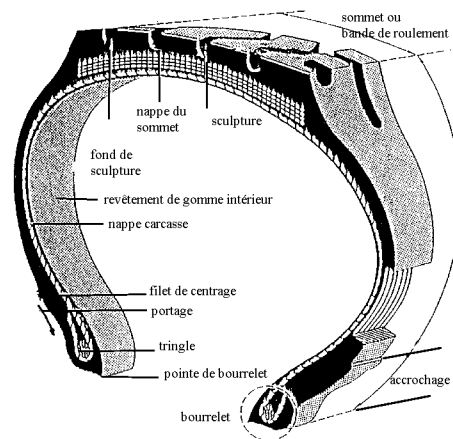
- supporter les charges,
- permettre les mouvements d'accélération et de freinage ;
- amortir les chocs, absorber les aspérités du sol (confort de conduite) ;
- procurer au véhicule une tenue de route satisfaisante.

Pour remplir ces fonctions, le pneumatique doit être à la fois souple et solide, résistant et adhérent.

II - COMPOSITION D'UN ENSEMBLE PNEUMATIQUE

2.1 - Composition d'un pneumatique

- la carcasse,
- la bande de roulement,
- le flanc,
- le bourrelet.



2.1.1 - La carcasse

Partie d'un pneumatique, composée de fils d'acier, Nylon ou textile noyés dans la gomme, constituant les plis.

2.1.2 - La bande de roulement

Mélange de gomme rendu moins sensible à l'abrasion de la route par l'amélioration, du point de vue chimique, de ses constituants.

Le dessin de la bande de roulement est adapté au pneumatique, l'adjonction de crampons permet une meilleure adhérence au sol instable.

2.1.3 - Les flancs

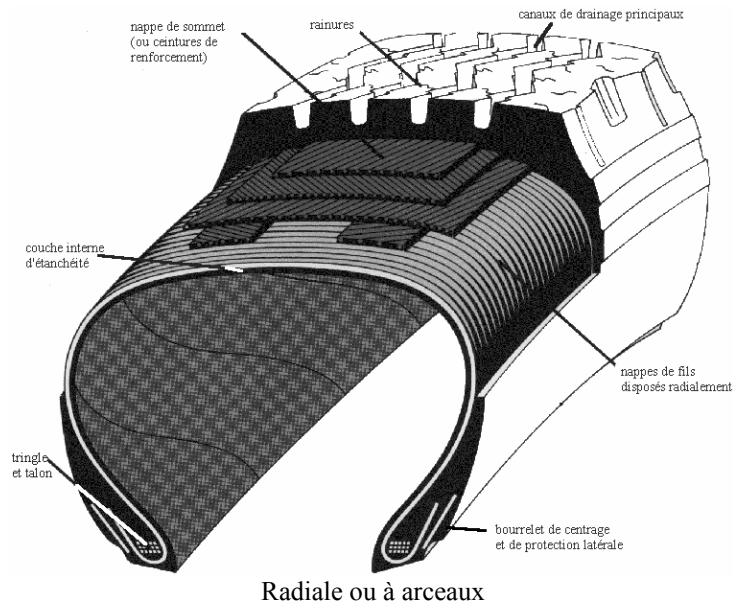
La gomme des flancs prolonge la bande de roulement sur les côtés de l'enveloppe. L'épaisseur relativement mince protège cependant les flancs de la carcasse des contacts accidentels avec le sol (ils peuvent être renforcés par un apport de gomme supplémentaire).

2.1.4 - Le bourrelet

Permet à l'enveloppe d'être solidaire de la jante. La tringle qui passe dans le bourrelet est un anneau en câble d'acier. Les nappes de fils de la carcasse sont retournées sur la tringle.

Un renflement de caoutchouc permet de s'appuyer sur le rebord de la jante.

2.2 - Structure



2.2.1 - Construction :

- une ou plusieurs nappes dont les fils sont disposés radicalement ;
- une ceinture qui stabilise la bande de roulement.

2.2.2. - Inconvénient :

- bruit

2.2.3. - Avantages :

- plus de souplesse ;
- moins d'usure ;
- meilleure tenue de route.

2.3 - Composition d'un ensemble pneumatique

MONTAGE SANS CHAMBRE ou TUBELESS	MONTAGE AVEC CHAMBRE ou TUBE TYPE
<ul style="list-style-type: none"> • enveloppe • jante ou roue • joint d'étanchéité dans le cas d'un montage du type « poids lourds » sur jante plate • valve 	<ul style="list-style-type: none"> • enveloppe • jante ou roue • chambre à air • flap dans le cas de montage du type « poids lourds » sur jante plate

III - IMPORTANCE DU DIAMETRE DES PNEUMATIQUES

C'est un critère d'une très grande importance.

Il détermine, en effet, le franchissement des marches et on comprend aisément que les inégalités du sol perturbent d'autant moins la progression que les roues sont grandes.

On peut facilement estimer l'importance de ce paramètre en comparant la force de traction nécessaire pour faire franchir à une remorque à deux roues, pesant une tonne, une marche de 30 cm de haut, la remorque ayant des roues de 7,50 x 20 (G.M.C) ou des roues de 7,50 x 16 (Land Rover)

Masse	1 tonne	1 tonne	pour h = 300 mm
pneu	7,50 x 20 "	7,50 x 16 "	
r	468	401	
r _c	436	370	
F	3,3 tonnes	5,6 tonnes	

Le franchissement par le petit pneu est 1,7 fois plus difficile. Toutefois, les grands pneus sont lourds et modifient le rapport régime/vitesse.

DIMENSIONS DES PNEUMATIQUES

Dimension	Charge par essieu	r	r _c	Largeur
135 x 13 "	570 kg	274	250	137
135 x 15 "	650 kg	300	275	137
185 x 15 "	1100 kg	337	305	188
215 x 15 "	1440 kg	362	333	218
19 x 400	2200 kg	364	334	200
175 x 16 "	1620 kg	342	319	178
205 x 16 "	1390 kg	368	334	208
6,00 x 16 "	1700 kg	364	338	170
6,50 x 16 "	2000 kg	371	344	181
7,50 x 16 "	2850 kg	401	370	205
9,00 x 16 "	4200 kg	456	421	245
7,50 x 20 "	3600 kg	468	436	205
10,5 - 10 x 18 "	3500 kg	450	415	270
10,5 - 10 x 20 "	3100 kg	475	435	270

- Les dimensions r, r_c, largeur peuvent différer légèrement d'un fabricant à l'autre ;
- Les charges dépendent de la structure du pneu et ne sont données qu'à titre d'illustration : si vous approchez du maximum, consultez un fabricant.

IV - PRESSION AU SOL

Un véhicule s'enfoncé d'autant moins que sa pression au sol est faible. Si le critère est dénué de toute importance sur sol rocheux, il est déterminant dans le sable meuble.

Dégonfler un pneumatique diminue la pression au sol, car celui-ci s'écrase et augmente la surface de contact. Mais il est des situations pour lesquelles les véhicules possédant une faible pression au sol sont désavantagés sur un terrain dur couvert d'une fine couche de glaise glissante, un pneu fortement chargé ira « chercher le dur » et permettra d'avancer alors qu'un pneu faiblement chargé patinera.

La véritable pression au sol est difficile à calculer car la dimension réelle de l'empreinte du pneu n'est pas connue (dépend de la charge, de la pression, etc...). Cependant, on peut définir un « critère de pression au sol » (CPS) qui permet des comparaisons :

C.S.P. MASSE DU VEHICULE (Kg)
en Bar DIAMETRE (cm) x LARGEUR DU PNEU (cm)

La pression des pneumatiques est primordiale pour la durée de vie du pneu et des amortisseurs. Pour de plus grandes performances, dans la neige et la boue, les pneumatiques peuvent être chaînés.

Nota : Les pneumatiques des véhicules tout terrain sont gonflés à des pressions mixtes pour une utilisation route et tout terrain.

Dans certains cas, pour une meilleure adhérence en utilisation tout terrain, ils peuvent être dégonflés à des pressions inférieures définies par le constructeur.

Cette opération peut être effectuée si le véhicule est doté du matériel permettant de regonfler à une pression correcte, afin de pouvoir reprendre le transit sur route.

La pression influe directement sur la tenue de route (dérive) et sur l'usure du pneumatique.

V - RENSEIGNEMENTS DIVERS

5.1 - L'examen d'un pneumatique se fait dans l'ordre suivant

- bande de roulement ;
- flancs ;
- accrochage ;
- intérieur de l'enveloppe.

5.2. - Les causes de détérioration

- usure normale, rapide (route de montagne, deux fois plus rapide, température, ambiance, climat) ;
- usure anormale rapide (parallélisme des roues, des essieux) ;
- usure à ronde (sous-gonflage) ;
- usure en creux (sur-gonflage) ;
- contact entre pneus jumelés ;
- détérioration de la gomme ;
- rupture de la carcasse du flanc ;
- coupure ;
- déchirure.

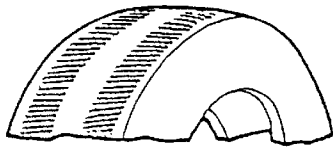
5.3 - Les causes d'usure

- la pression ;
- la charge ;
- la vitesse ;
- la température ;
- le style de conduite
- le revêtement de la chaussée
- défaut de parallélisme des roues, des essieux
- les conditions météorologiques

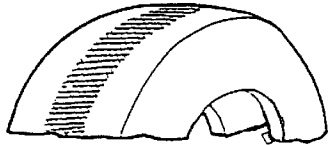
5.4 - Contrôle de la pression

Le contrôle de la pression ne s'effectue jamais à chaud.

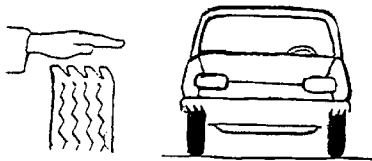
5.5 - Diagnostic des anomalies



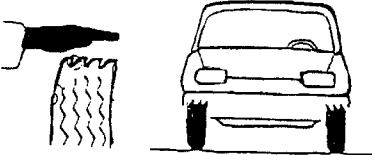
Sous gonflage :
Usure des deux bords de la bande de roulement



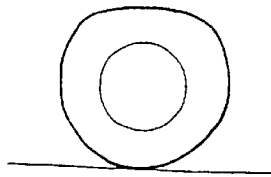
Surgonflage :
Usure de la partie centrale de la bande de roulement



Défaut de parallélisme :
Ouverture

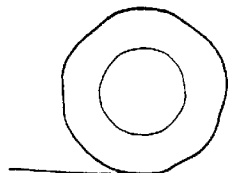


Pincement



Usure en faux rond :

- Excentrage pneu ou roue ;
- Balourd ;
- Défaut de freinage (tambour ovalisé).



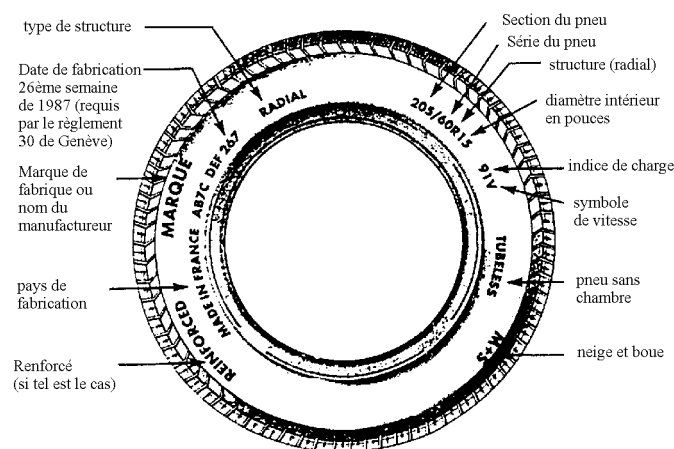
Usure en vague :

- Défaut de suspension ;
- Défaut d'équilibrage.

VI - SYMBOLES DE VITESSE :

Vitesse correspondante	(en km/h)	6.1 - Règles de sécurité
F	80	- interdiction de monter des pneus de structures différentes sur un même essieu ;
G	90	
J	100	- respect de l'indice de vitesse prescrit par le constructeur.
K	110	Eventuellement, il peut-être supérieur, mais jamais inférieur ;
L	120	
M	130	- la lisibilité des symboles de la dimension, du symbole de vitesse et de l'indice de charge est obligatoire ;
N	140	
P	150	- les pneus cloutés sont autorisés du samedi précédent le 11 novembre au dernier dimanche de mars ;
Q	160	
R	170	- vérifier qu'en 4 points répartis uniformément sur la rainures principales et situés à proximité des indicateurs d'usure, il n'existe pas plus d'un point où la profondeur mesurée est inférieure à 1,6 mm ;
S	180	
T	190	
U	200	- vérifier que les pneumatiques ne comportent ni déchirure ni coupure.
H	210	
V	240	

6.2 - Identification d'un pneumatique



CHAPITRE X

APPAREILS DE TRACTION ET TREUILS

CHAPITRE UNIQUE**MANOEUVRES DE FORCE****I - GENERALITES**

La reconnaissance a pour but d'évaluer le terrain, les obstacles, les pentes et les dévers. Il arrive parfois, lors d'un franchissement, que le véhicule ne réagisse pas comme prévu et se retrouve immobilisé dans une situation défavorable.

Le premier conseil à suivre est de :

« savoir s'arrêter avant qu'il ne soit trop tard »

De cette manière, il est possible d'effectuer une manoeuvre de force simple et rapide, afin de poursuivre l'intervention.

1.1 - La manoeuvre de force

La manoeuvre de force a pour but :

- d'assurer le déplacement d'une charge (dégagement d'un véhicule) ;
- de modifier la position d'une charge (relever un véhicule renversé).

Les manoeuvres de force doivent être exécutées selon un plan établi en fonction de la charge à manipuler, des moyens disponibles et de l'expérience des exécutants. Lors de l'élaboration de l'idée de manoeuvre, il est bon de se souvenir que le procédé le plus simple qui nécessite le moins de temps et de peine, est en général le meilleur.

1.2 - Les principes directeurs**1.2.1. - Effort résistant**

Au cours d'une manoeuvre de force, l'effort à vaincre pour déplacer un véhicule (ou effort résistant) dépend en fait de la masse de celui-ci mais aussi de la force de retenue (véhicule embourbé).

L'effort résistant est égal à la masse lorsqu'il s'agit du déplacement du véhicule dans le sens vertical : force de levage.

L'effort résistant est inférieur à cette masse lorsqu'il s'agit d'un déplacement dans le sens horizontal ou sur un plan incliné, lorsque le déplacement n'est pas freiné par un obstacle. Dans ce cas, la détermination de l'effort résistant fait intervenir un coefficient de roulement ou de glissement.

Lors d'un déplacement sur un plan incliné, l'effort résistant est augmenté d'une force supplémentaire due à l'attraction terrestre.

Dans cette hypothèse de calcul, il faut fournir une force supérieure à la somme des différentes forces de frottements décrites ci-dessus.

1.2.2. - Effort moteur :

L'effort moteur nécessaire pour vaincre l'effort résistant peut être fourni par un second véhicule. Dans ce cas, l'effort dépend de l'adhérence du véhicule tracteur sur le sol.

Dans certaines situations, l'effort moteur peut être fourni par un agrès.

II - COEFFICIENTS

Un effort de traction peut s'effectuer en faisant soit rouler soit glisser le véhicule. Il est donc plus ou moins aisé de déplacer une charge selon que le sol soit dur, humide ou boueux.

Les coefficients suivants représentent des moyennes et sont à multiplier par la masse du véhicule afin de définir l'effort moteur à exercer pour obtenir un déplacement.

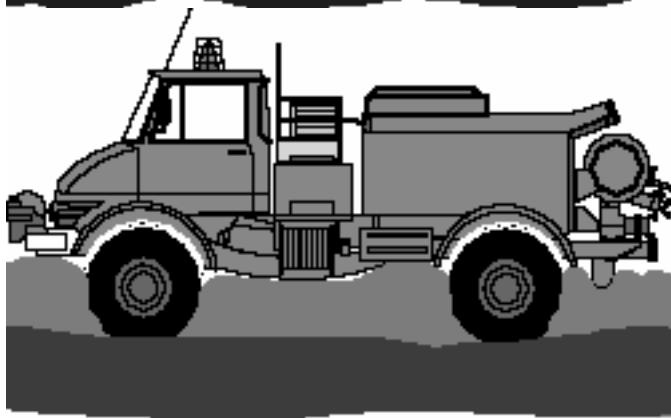
NATURE DU SOL	ROULEMENT	GLISSEMENT
dur sec	3 %	70 %
dur humide	6 %	50 %
varié dur	10 %	40 %
varié gras	30 %	35 %
boue < 30 cm	50 %	30 %
boue épaisse	levée partielle	levée partielle
sable	20 %	20 %
verglas	1 %	1 %



Boue peu épaisse



Boue épaisse

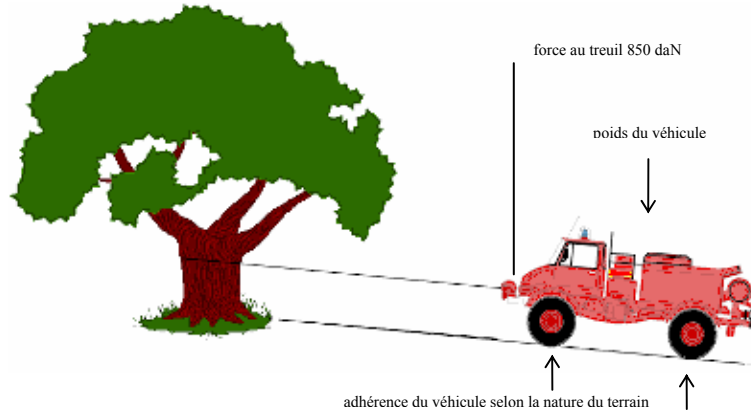


Gués

Ex : Quel effort moteur doit-on fournir pour faire rouler un véhicule de 8,5 tonnes sur un sol varié dur.

$$8,5 \times 10 \% = 850 \text{ daN}$$

Lorsque le sol est devenu suffisamment inconsistant pour que les roues s’embourbent jusqu’aux moyeux, il n’y a plus lieu d’envisager de coefficient de roulement ou de glissement. L’effort à produire atteint alors des valeurs qui dépassent largement la masse de l’engin allant même jusqu’à la doubler. Il faut envisager une manoeuvre avec levée partielle.



2.1. - Profil du terrain

Bien rares seront les cas où un véhicule est immobilisé sur le plat. Il faut donc tenir compte de l’angle d’inclinaison de la pente.

En côte, les résistances de glissement et de roulement sont augmentées d’une valeur correspondante à l’inclinaison de la pente.

Cette valeur, rajoutée à l’effort résistant, correspond au poids du véhicule affecté d’un coefficient correspondant au sinus de l’angle de la pente.

Ces coefficients sont donnés sous forme de pourcentages arrondis par rapport à un angle de pente afin de faciliter les calculs :

PENTE	ANGLE	COEFFICIENT
10 %	6°	10 %
20 %	12°	20 %
30 %	17°	30 %
40 %	22°	40 %
50 %	27°	45 %
100 %	45°	70 %

Ex : Quel effort moteur doit-on fournir pour dégager un véhicule de 8,5 tonnes sur une pente à 30 %.

$$8,5 \times 30 \% = 2550 \text{ daN}$$

Application pratique :

Un CCF de 14 tonnes est bloqué sur une pente à 40 % le terrain est varié et gras, le véhicule peut rouler. Il est équipé d’un treuil de 9500 daN.

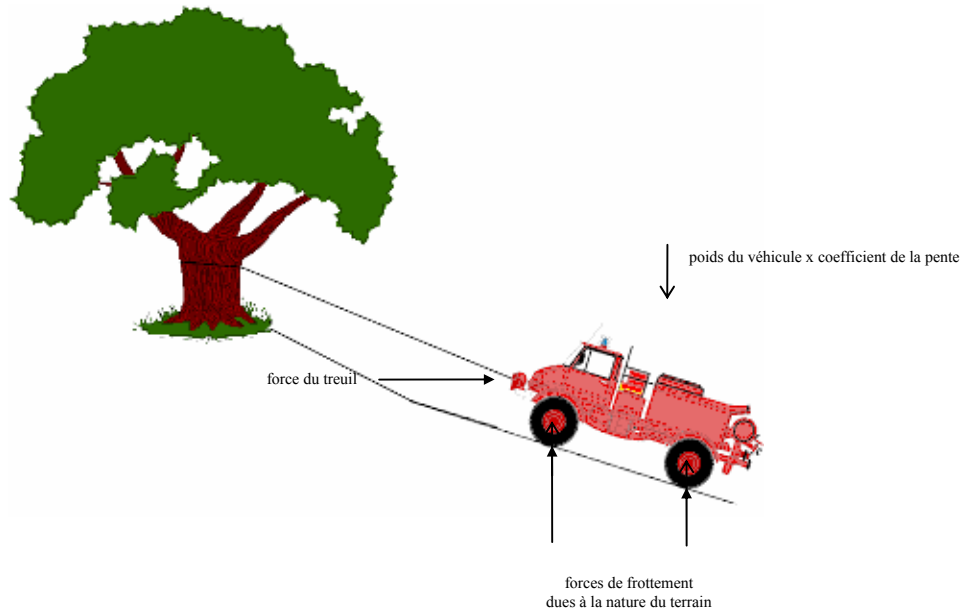
Puis-je sortir ce véhicule ?

- 1) - nature du sol :
14000 x 30 % = 4200 daN
- 2) - profil du terrain :
14000 x 40 % = 5600 daN
- 3) - effort résistant :
4200 + 5600 = 9800 daN

Le treuil n’est pas en mesure de fournir l’effort moteur nécessaire, il faut donc envisager une autre solution.

Attention : lorsque l'on fait glisser un véhicule sur un sol gras, le terrain a tendance à former un remblai devant les roues ce qui a pour effet d'augmenter la hauteur de l'obstacle et donc l'effort résistant.

Ne soyons pas au plus juste dans nos calculs.



2.2 - Coefficient d'adhérence/effort au crochet

2.2.1 - L'adhérence

L'adhérence d'un véhicule sur le sol se détermine en multipliant le poids du véhicule par le coefficient d'adhérence dans tous les cas où le sol est relativement stable.

Il est sensiblement le même que le coefficient de glissement mais à l'inverse de celui-ci, il est soustrait de l'effort résistant. Il est d'autant plus important que le poids du véhicule dans son ensemble provoque l'effort moteur. Pour ce faire, il faut un maximum de motricité sur les quatre roues et donc la mise en place de l'ensemble des dispositifs 4 x 4 possible sur l'engin.

Application pratique

Un CCF de 14 tonnes est bloqué sur une pente de 40 %. Le sol est varié et gras. Le véhicule n'est pas en panne et il est muni d'un treuil de 9500 daN.

- 1) - nature du sol :
 $1400 \times 30 \% = 4200 \text{ daN}$
- 2) - profil du terrain :
 $1400 \times 40 \% = 5600 \text{ daN}$
- 3) - effort résistant :
 $4200 + 5600 = 9800 \text{ daN}$

4) - adhérence :

Dans ce cas le véhicule est en 4 x 4 avec blocage différentiel central, pont avant et arrière bloqués.

$$1400 \times 35 \% = 4900 \text{ daN}$$

5) - effort résistant

$$9800 - 4900 = 4900 \text{ daN}$$

La manoeuvre est réalisable avec un treuil de 9500 daN.

Il en est de même lorsque le véhicule est embourbé. Le fait de faire tourner les roues évite l'effet de ventouse provoqué par la boue.

2.2.2 - L'effort au crochet

L'effort moteur, pour peu que l'adhérence soit suffisante, sert dans un premier temps à provoquer l'avancement du véhicule. En théorie, la force nécessaire à cet effet est égale à la force de roulement augmentée éventuellement de la résistance due à la pente. Mais, on s'aperçoit en pratique, que cette force est supérieure à la somme des deux forces précédemment citées.

On trouve donc un excédent de force appelé effort au crochet. Cette force difficilement calculable est facilement mise en évidence dans l'exemple suivant :

Un homme est capable de fournir un effort de poussée d'environ 150 daN, donc six hommes fournissent un effort de poussée de 900 daN environ.

Cette force est suffisante pour faire rouler un véhicule de 8,5 tonnes sur un terrain varié dur ($8,5 \times 10 \% = 850$ daN), pourtant en pratique, on s'aperçoit qu'il faut la force de huit hommes pour amorcer le mouvement, afin d'ébranler le véhicule, et que ce n'est que par la suite que six hommes suffisent.

Dans ce cas, l'effort au crochet est quantifié par la force que représente les deux hommes supplémentaires, soit 300 daN.

L'effort moteur total est de $900 + 300 = 1200$ daN pour ébranler le véhicule, puis de 900 daN pour entretenir le mouvement, ce qui nous invite une fois de plus à ne pas être au plus juste lors des calculs et de l'emploi des agrès de traction.

III - MATERIELS

Lorsque les treuils s'avèrent insuffisants pour déplacer un véhicule, il faut mettre en oeuvre d'autres matériels afin de démultiplier les efforts résistants ou favoriser l'effort moteur.

3.1 - Les câbles métalliques

Un câble métallique est constitué de fils d'aciers tressés, de manière à former un brin continu relativement souple.

Les fils sont répartis en un certain nombre de torons tressés autour d'une âme textile ou acier. En général six torons formés de dix neuf fils chacun.

On définit, pour chaque agrès, différentes charges de manière à utiliser celui-ci dans les meilleures conditions de performances et de sécurité.

3.1.1 - La charge de manoeuvre (CM)

Charge que l'on peut lui faire supporter en toute sécurité. Elle se calcule suivant la formule suivante :

$$CM \text{ (daN)} = 8 \times D^2$$

3.1.2 - La charge momentanée (Cmt)

Charge que peut subir un agrès pendant un temps très court (arrachement d'une charge, effort au crochet). Elle est égale à deux fois la charge manoeuvre.

$$Cmt = 2 \times CM$$

3.1.3 - La charge de rupture (CR)

Charge qui fait rompre un agrès neuf. Elle se calcule suivant la formule :

$$CR \text{ (daN)} = 50 \times d^2$$

Il faut prendre en compte le fait que chaque utilisation particulière telle que :

- oxydation ;
- forte courbure ;
- arrête vive ;
- câble usagé.

engendre une perte considérable des performances de l'agrès.

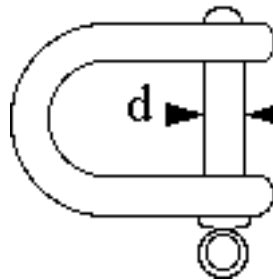
3.2 - Les manilles

Les manilles sont soit « rites » soit « en lires », elles sont formées :

- d'un étrier ;
- d'un axe vissé dans l'une des chambre de l'étrier.

Si aucune spécification du constructeur n'est fournie, la résistance est déterminée par le diamètre de l'axe. Elle se calcule de la manière suivante :

$$F \text{ (daN)} = 4 \times d^2$$

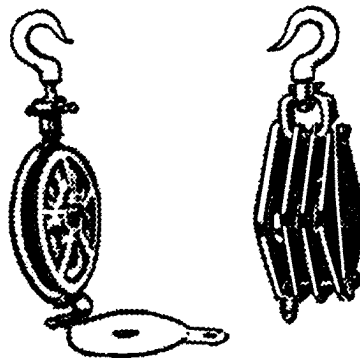


3.3 - Les poulies

Les poulies se composent essentiellement d'une ou plusieurs roues à gorges appelées « réa » tournant librement sur un même axe.

Celui-ci est supporté par des chapes sur lesquelles s'articule un crochet.

On distingue les poulies pour les cordages et pour les câbles. La résistance d'une poulie est, en l'absence de spécifications particulières, égale à la charge de manoeuvre de l'agrès avec lequel elle doit être utilisée. Les efforts de traction devront être faits dans le plan de la poulie.



3.4 - Les élingues

Elles peuvent être en fibres synthétiques ou métalliques (câbles ou chaînes) nylon, tergal. Les charges de manoeuvre sont indiquées selon l'utilisation.

3.5 - Les agrès de traction

3.5.1 - Le tire-câble

Le tire-câble est un appareil à main de levage et de traction conçu pour des emplois mobiles ou semi fixes. Il est composé essentiellement de deux mâchoires serrant alternativement le câble auquel elles communiquent un mouvement continu. Le système comprend un câble spécifique, l'appareil lui-même et une rallonge.

L'appareil est composé d'un carter enserrant un mécanisme avec :

- une poignée de débrayage permettant de glisser le câble dans la mâchoire ;
- un bras de levier rond de marche avant, pouvant être prolongé, servant à la tension du câble ;
- un bras de levier rectangulaire de marche arrière pour détendre le câble.

Le tire-câble maintient le câble en tension dès que le levier de marche avant n'est plus actionné. Plus la charge est lourde, plus le serrage est important :

Les mâchoires fonctionnent par auto serrage.

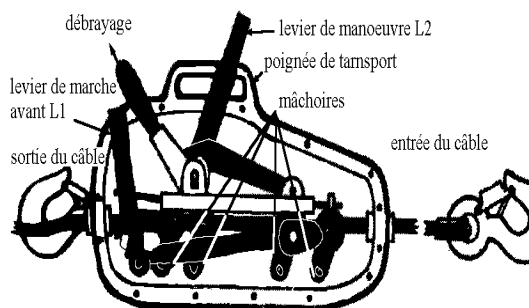
En échange, la poignée de débrayage est verrouillée automatiquement et il est inutile, voire dangereux, d'essayer de la débrayer.

Il existe en exemple plusieurs types d'appareils dont voici la description :

TYPE	T7	T13	T35
masse en kg	7	17	26
force de levage en daN	750	1500	3000
force de traction en daN	1250	2500	5000
diamètre du câble en mm	8.3	11.5	15.5
résistance à la rupture du câble en daN	4500	9000	42 à 80
effort au levier en pleine charge en daN	30 à 45	48 à 80	/
rupture des goupilles de sécurité en daN	1600	3000	

Tous les organes essentiels du mécanisme sont doublés, notamment les ressorts qui assurent la pression initiale des mâchoires sur le câble et l'amorce de l'auto serrage.

En cas d'avarie, l'ouverture d'une mâchoire entraîne la fermeture de l'autre. Les crochets sont munis de languette de sécurité empêchant le décrochage accidentel.



3.5.2 - Le treuil

Le treuil est un appareil de traction constitué par :

- un bâti ;
- un tambour à axe horizontal ;
- un système d'entraînement ;
- un système de sécurité.

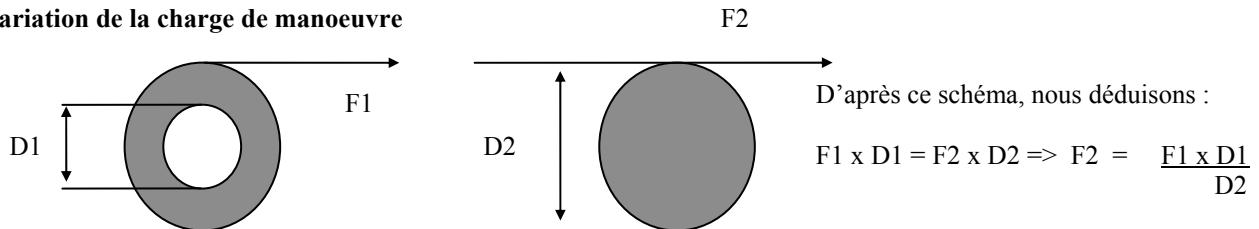
L'armement des véhicules d'incendie et de secours comprend différents types de treuil dont le mode d'entraînement peut être mécanique, électrique ou hydraulique.

3.5.2.1 - La force du treuil

La force du treuil est généralement inscrite sur le bâti. Toutefois, à défaut d'inscription, on peut considérer que cette force est à peu près égale au poids du véhicule vide lorsque le tambour du treuil est vide.

La charge de manoeuvre d'un treuil n'est pas constante, elle varie en fonction de l'épaisseur du câble bobiné sur le tambour ou plus précisément du diamètre du câble enroulé.

variation de la charge de manoeuvre



Exemple numérique :

$$F1 = 3000 \text{ daN} \quad D1 = 10 \text{ cm} \quad D2 = 20 \text{ cm} \quad F2 = ?$$

$$F2 = 3000 \times 10 : 20 = 15000 \text{ daN}$$

La force d'un treuil est donc maximale lorsque le tambour est vide et minimale lorsqu'il est plein. Toutefois, les règles de sécurité imposent de laisser dans tous les cas, au moins trois ou quatre spires sur le tambour pour ne pas forcer sur l'épissure.

Pour sortir un véhicule embourbé équipé d'un treuil, on peut utiliser l'action simultanée du treuil et du moteur de traction ; on emploie alors la traction mixte.

3.5.2.2 - consignes d'utilisation

- ne pas manipuler le câble sans gant
- laisser 4 à 5 spires du dernier rang sur le tambour ;
- vérifier l'état du câble ;
- tendre le câble perpendiculairement au tambour ;
- tenir compte de la variation de la force du treuil suivant la longueur développée (plaque constructeur) ;
- se ménager une zone de sécurité suffisante en cas de rupture du câble, lors de l'enroulement ;
- éviter le chevauchement du câble lors de l'enroulement sous tension ;
- ne graisser les câbles que sur spécification du constructeur.

3.5.2.3 - rendement

- un treuil épicycloïdal à un rendement de 60 % ;
- un treuil à roue et vis sans fin à un rendement de 30 %.

IV - POINTS D'ANCRAGE

On distingue les points d'ancrage naturels et artificiels.

4.1 - Points d'ancrage naturels

Les arbres représentent la plupart des points d'ancrage que l'on est amené à utiliser. La résistance qu'ils offrent dépend de :

- l'essence :
 - chêne et hêtre: très bonne ;
 - châtaignier : médiocre ;
 - bouleau, pin, sapin : très médiocre ;
- le diamètre du tronc ;
- l'état de l'arbre ;
- la nature du sol.

4.2 - Points d'ancrage artificiels

Il est possible d'utiliser certains matériaux pour constituer des points fixes. Il faut veiller à leur résistance (ouvrage d'art, voie ferrée, etc...).

4.2.1 - Piquets, rondins etc...

L'assemblage de piquets ou rondins solidarités par des cordages ou des chaînes supporte des efforts relativement limités, horizontaux ou formant au maximum un angle de 30° avec l'horizontale.

4.2.2 - Véhicules

Un véhicule arrêté, freins serrés et roues non calées (effort sur le châssis) constitue un point d'ancrage dont la résistance dépend :

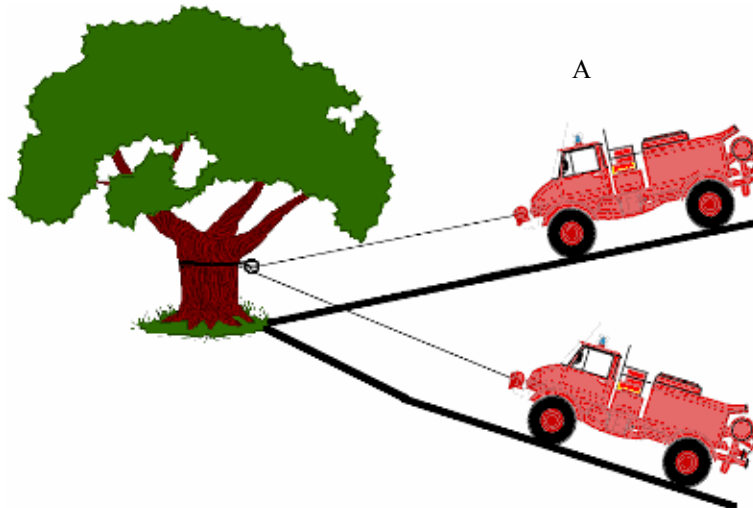
- du type et du poids du véhicule ;
- de la nature du sol ;
- de l'état des pneumatiques et de la pression de gonflage.

Lors de l'évaluation du poids du véhicule servant le point fixe, il faut prendre en compte les coefficients de glissement selon la nature du sol et la résistance due au dénivelé du terrain.

Ex : Sur terrain plat, dur et sec un véhicule de 8,5 tonnes offre un point d'ancrage résistant à :

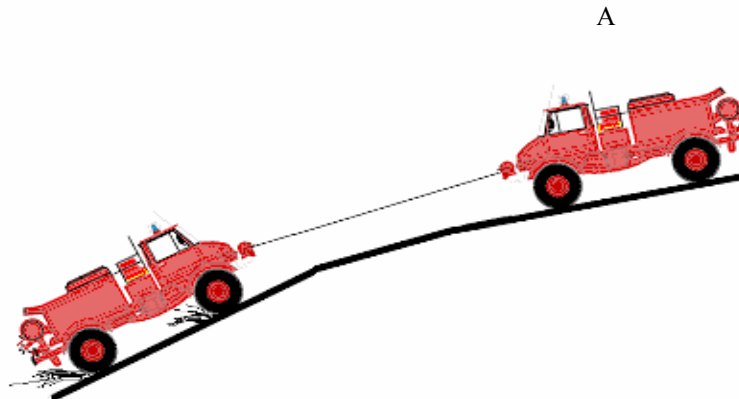
$$8,5 \times 70 \% = 5950 \text{ daN}$$

POINT FIXE : VEHICULE (A)
POULIE SUR L'ARBRE SERVANT DE RENVOI



On peut augmenter cette résistance en amarrant le véhicule sur un arbre.

CCF : (A) SERVANT DE POINT FIXE



V - REALISATION DE LA MANOEUVRE DE FORCE

5.1 - La reconnaissance

C'est la phase primordiale de la manoeuvre. Elle permet au commandant des opérations de secours d'arrêter une idée de manoeuvre et de répartir les tâches. Elle porte sur :

- le type du véhicule ;
- la position du véhicule ;
- l'arrimage du chargement ;
- la nature du terrain ;
- les points d'ancrages ;
- etc...

5.2 - La préparation

Elle consiste à :

- évaluer le poids de la charge à déplacer ;
- préparer le terrain (débroussailler, point fixe, etc...)
- répertorier les moyens disponibles et adaptés ;
- veiller à l'équipement de sécurité des exécutants ;
- définir les périmètres de travail et de sécurité.

5.3 - L'exécution

Elle consiste à :

- n'employer que le personnel nécessaire ;
- mettre en place les dispositifs de traction et leur donner une légère tension ;
- exécuter la manoeuvre envisagé.

La manoeuvre s'exécute toujours lentement. Cette technique permet d'une part de limiter les effets dynamiques et d'autre part de vérifier constamment le comportement des différents éléments du dispositif dont les réactions sont parfois lentes à se manifester (réaction du sol par exemple).

5.4 - Le reconditionnement du matériel

Après l'exécution de la manoeuvre, il est nécessaire de faire :

- un inventaire du matériel utilisé ;
- un contrôle de tous les agrès mis en oeuvre.
- un nettoyage sommaire

REGLES

DE

SECURITE

LA PENTE

I - DEFINITION

La pente est l'inclinaison du terrain par rapport à l'horizontale.

Elle peut se mesurer en degré ou en pourcentage.

En tout terrain, elles sont évaluées en pourcentage.

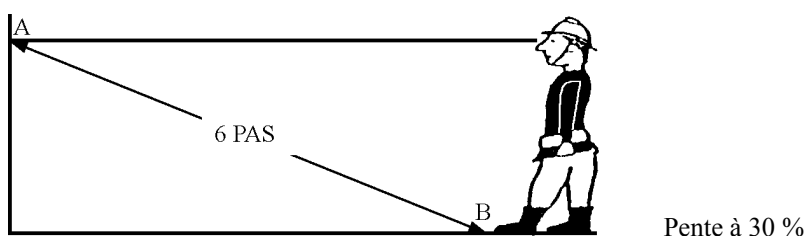
La limite du franchissement des pentes, par mesure de sécurité est de 50 %. Cette valeur a été volontairement arrondie afin d'être facilement mémorisée.

II - EVALUATION PRATIQUE D'UNE PENTE

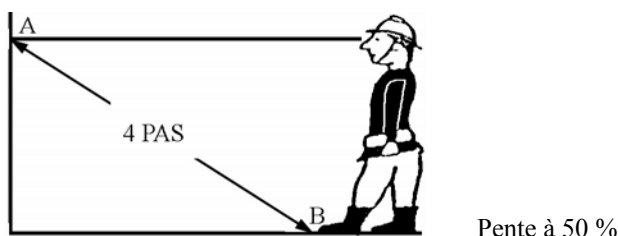
Il est indispensable que les conducteurs de véhicules tout terrain soient en mesure d'évaluer la pente sur laquelle ils doivent s'engager.

L'observateur se place face à la pente et regarde horizontalement un point. Le point de concours de son regard avec la pente est appelé A. L'observateur se trouve au point B.

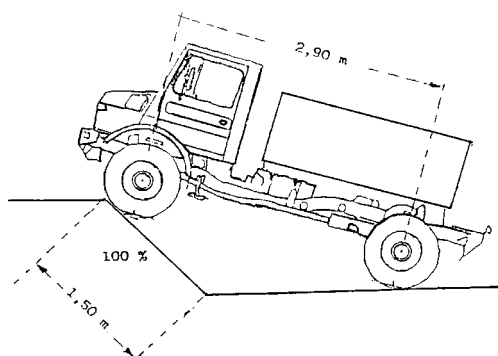
Si la distance AB est égale à 6 mètres ou 6 pas, la pente est voisine de 30 % : c'est la limite maximale admissible pour tous types de véhicules tout terrain, en dévers.



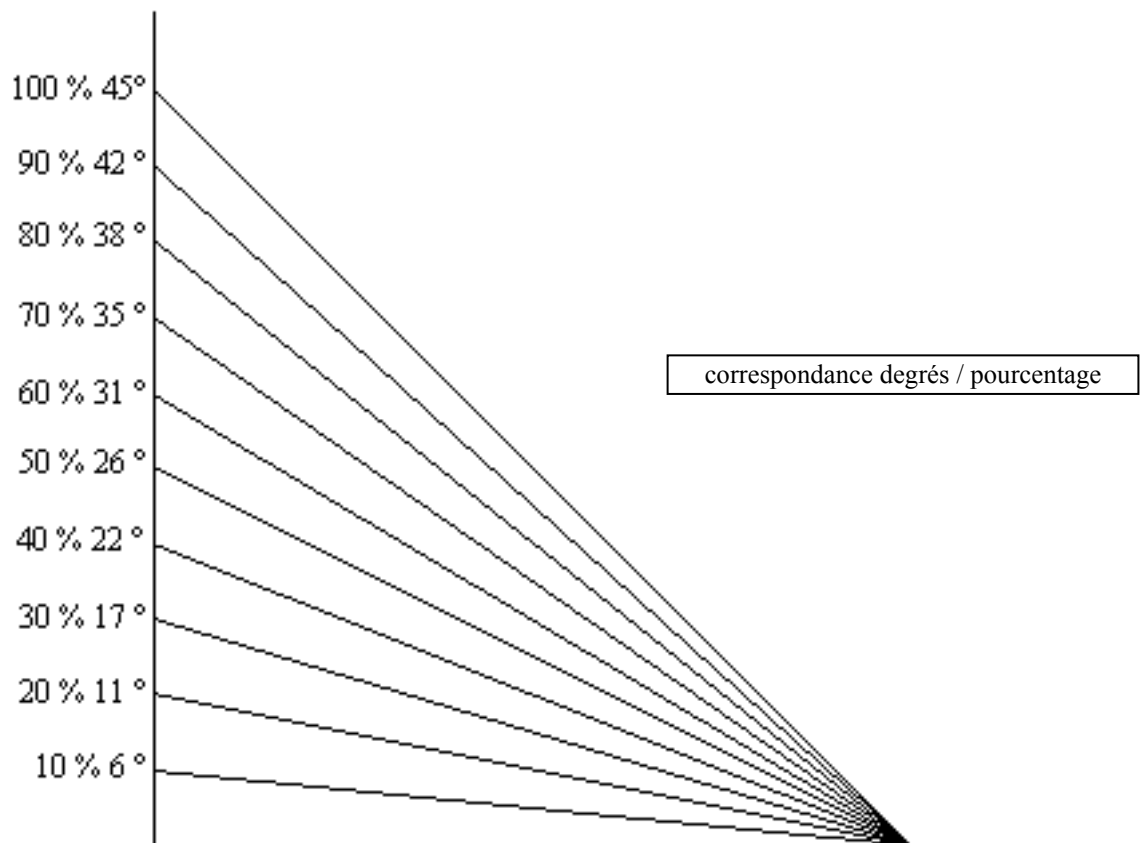
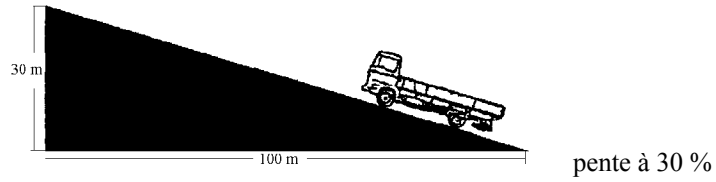
Si la distance AB est égale à 4 mètres ou 4 pas, la pente est voisine de 50 %.



Importance de l'empattement



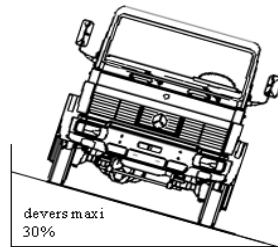
Il est pourtant possible de reculer cette limite de franchissement jusqu'à 100 % lorsque l'empattement du véhicule est supérieur à la longueur de la pente. Lorsque les roues avant sont dans la pente, les roues arrières sont sur le plat et poussent le véhicule. Lorsque les roues arrières sont à leur tour dans la pente, les roues avant sont sur le plat et tirent le véhicule.



LE DEVERS

I - DEFINITION

Le dévers est le relèvement d'un bord extérieur d'une route. Par analogie on peut dire qu'un dévers est une pente perpendiculaire au sens de marche d'un véhicule.

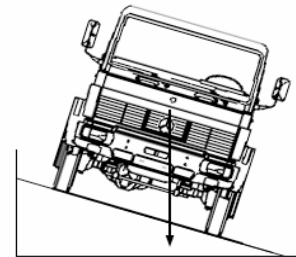


La limite de franchissement d'un dévers est de 30 % dans les conditions les plus favorables. Il faut cependant éviter les dévers car leur franchissement est toujours très dangereux.

II - CENTRE DE GRAVITE

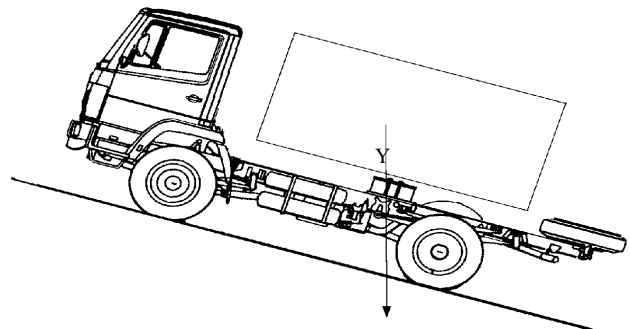
Application du centre de gravite dans les devers

La projection verticale de Y ne doit pas sortir de la voie du véhicule.



Application du centre de gravite dans les pentes

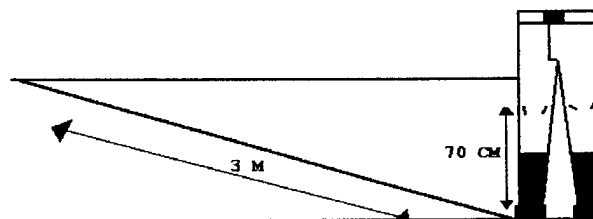
La projection verticale de Y ne doit pas sortir de l'empattement du véhicule.



III - EVALUATION PRATIQUE DU DEVERS

Sur une grande largeur, il s'évalue comme les pentes.

Sur une piste dont la largeur est voisine de 3 m, le conducteur place un homme dans la partie la plus basse du dévers. Si la projection horizontale du bord supérieur correspond avec le milieu de la cuisse (70 cm), le dévers est d'environ 30 %.



Les dévers les plus dangereux se trouvent sur les pistes où les pluies et les écoulements des eaux ravinent une partie de la voie. Les véhicules se déplaçant à vive allure sur ces pistes peuvent se retourner.

© Direction de la Défense et de la Sécurité Civiles
Bureau des formations et de la prospective
« Dépôt légal » novembre 1996
I.S.B.N. 2-11-089872-0

Reproduction autorisée pour la formation des sapeurs-pompiers, sauf à des fins commerciales, moyennant la mention de la source.