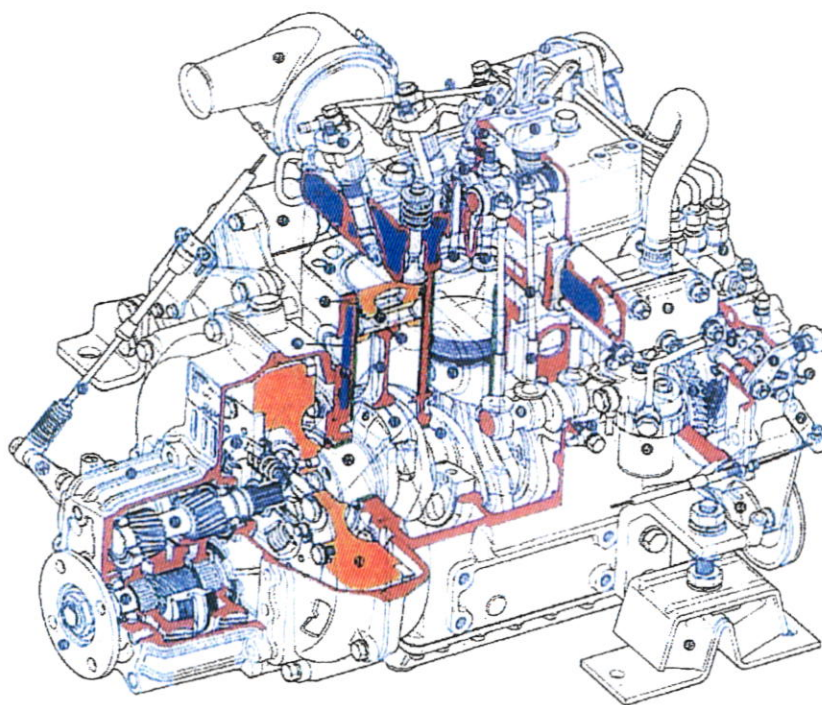


BP JEPS
MONOVALENT VOILE
AVEC
CERTIFICAT DE SPÉCIALITÉ
CROISIÈRE

LE MOTEUR DIESEL



Bernard Béchenne

- SOMMAIRE GÉNÉRAL -

ABRÉVIATIONS

I	CONNAISSANCE ÉLÉMENTAIRE DE LA THÉORIE	CE
II	LES COURBES DE PERFORMANCE D'UN MOTEUR	CP
III	ARCHITECTURE DU MOTEUR DIESEL	AM
IV	STRUCTURE DES PRINCIPAUX ÉLÉMENTS	SPE
V	LES ÉLÉMENTS FONCTIONNELS	EF
VI	ÉQUIPEMENTS ÉLECTRIQUES DU MOTEUR	EE
VII	LE SYSTÈME D'INJECTION	SI
VIII	DOCUMENTS ANNEXES	DA

I CONNAISSANCE ÉLÉMENTAIRE DE LA THÉORIE

Sommaire

RÔLE DU MOTEUR

CE 1

- Le combustible
- Historique du moteur diesel
- Définitions de quelques termes
- Études élémentaires du cycle 4 temps

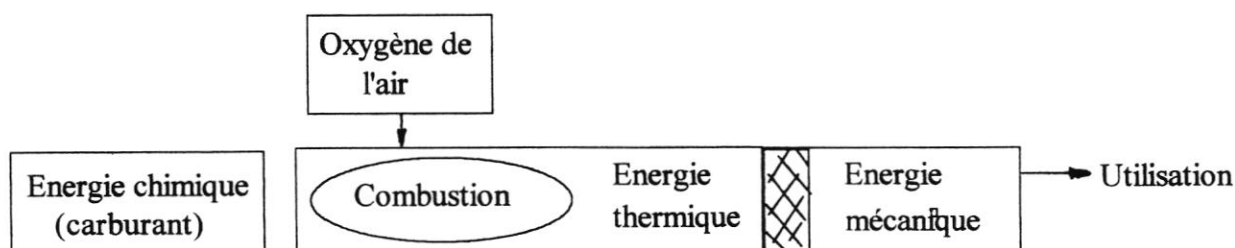
I CONNAISSANCE ÉLÉMENTAIRES DE LA THÉORIE

RÔLE DU MOTEUR

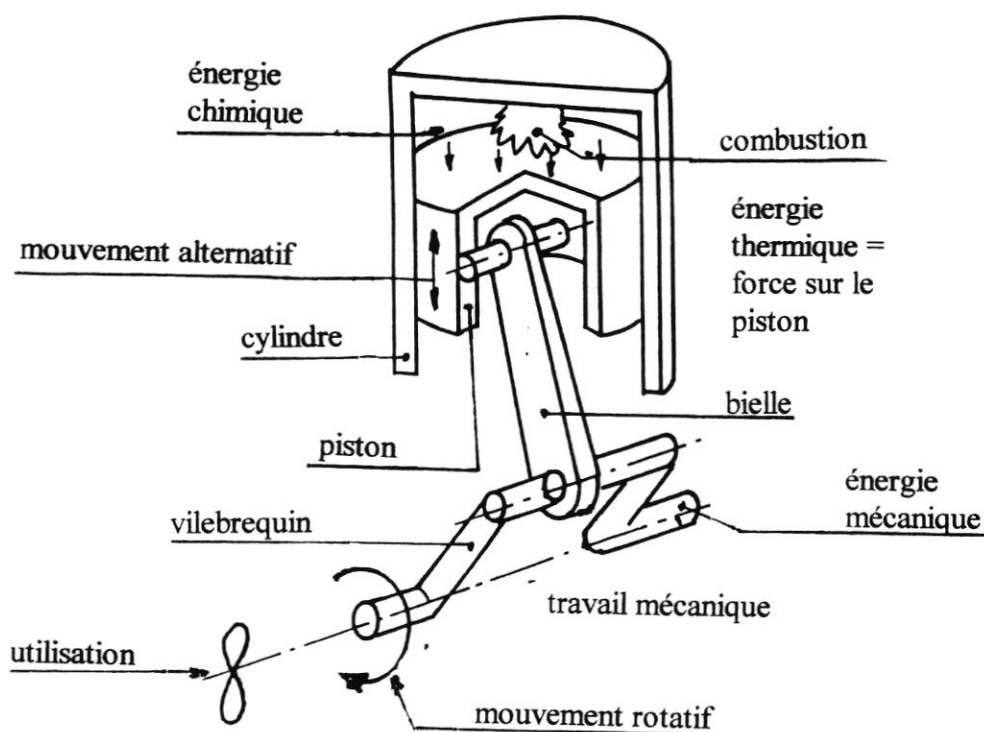
Le moteur est le groupe d'organes qui transfère l'énergie chimique contenue dans le combustible en énergie mécanique nécessaire au déplacement du bateau quand celui-ci l'utilise.

Pour libérer l'**énergie chimique** potentielle du combustible, il est nécessaire d'effectuer une transformation thermique appelée **combustion**.

Par celle-ci, le combustible est transformé en énergie calorifique ou thermique, qui est ensuite transformée en énergie mécanique, puis en travail mécanique appliqué à l'hélice.



Ce qui nous donne schématiquement sur une partie élémentaire du moteur thermique



LE COMBUSTIBLE

Le seul carburant utilisé dans le moteur diesel rapide permettant un fonctionnement correct est le gazole.

Il est issu du pétrole brut après différentes opérations exécutées dans les raffineries.

Il doit répondre à des caractéristiques précises dont l'une est le point éclair (inflammation des vapeurs) qui est compris entre 55°C et 120°C. Ceci permet d'avoir une sécurité pour le transport et le stockage. Son pouvoir de lubrifiant est très utile dans le fonctionnement des organes mécaniques liés à l'alimentation du combustible. Sa densité est de 0,85 à 15°C. Des précautions doivent être prises lors du stockage dans le réservoir pour éviter la présence d'eau, ainsi que le développement des bactéries à l'interface eau/gazole.

HISTORIQUE DU MOTEUR DIESEL

Portrait de Rudolph DIESEL

Rudolph DIESEL est né à Paris en 1858 de parents de nationalité allemande.

Il fit ses études primaires à Paris, puis poursuivit ses études en Allemagne ; il obtint son diplôme d'ingénieur à Munich en 1880.

La même année, il revint en France et ouvre un Cabinet d'ingénieur en 1887, et se consacre à l'étude du moteur thermique.

Le premier moteur monocylindre est construit en 1897. Les caractéristiques obtenues, 25 ch à 172 tr/mn étaient supérieures à celles des moteurs à essence ou machine à vapeur du moment .

En 1898 lors de l'exposition de Munich, il présenta un moteur amélioré qui fit sensation; un américain achète la licence, le premier moteur diesel arrive sur le marché américain en 1899.

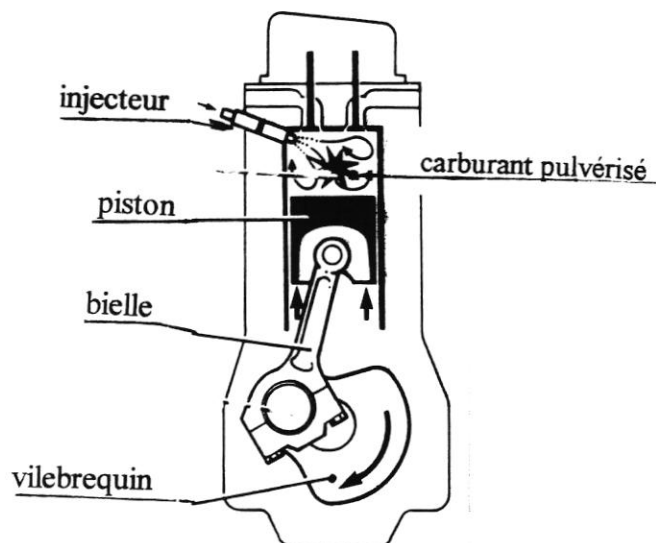
Pour la marine, l'application se fit en 1903 sur un sous-marin, puis sur certaines unités de la marine soit militaire, soit de commerce dans les années qui suivirent.

Rudolph DIESEL disparut tragiquement en mer en 1913, alors qu'il se rendait en Angleterre pour traiter avec la firme Vickers.

PRINCIPE DU MOTEUR DIESEL

Le piston remontant dans le cylindre comprime l'air sous une forte pression, permettant d'atteindre une température très élevée.

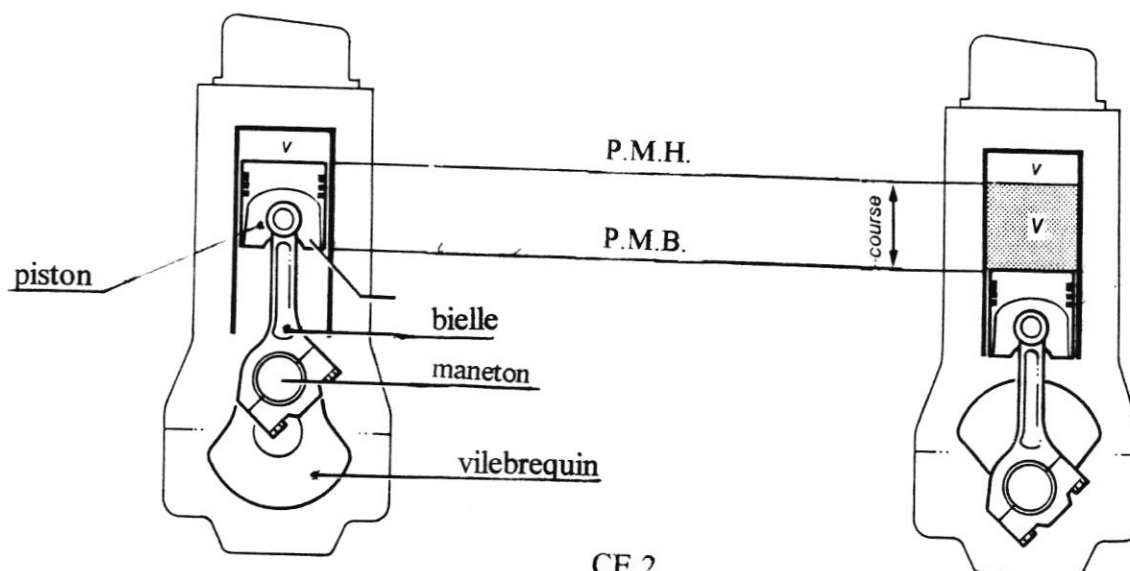
A ce moment le combustible est injecté sous pression, il s'enflamme spontanément, au contact de l'air et la combustion qui en résulte est capable de fournir un travail.



DÉFINITIONS DE QUELQUES TERMES

La partie qui forme le haut du cylindre se nomme **la culasse**.

Lorsque le piston est dans la position la plus rapprochée de la culasse , s'appelle **le point mort haut (P.M.H.)**



Inversement lorsque le piston est dans la position la plus basse, s'appelle **le point mort bas (P.M.B.)**
La distance parcourue entre le P.M.H. et le P.M.B. représente **la course** du piston. Le diamètre du cylindre s'appelle **l'alésage**.

Le volume compris entre le P.M.H. et le P.M.B. s'appelle le **cylindre unitaire**.

La **cylindrée d'un moteur** a plusieurs cylindres est la somme de tous les cylindres.

L'espace qui subsiste entre la culasse et le piston quand ce dernier au P.M.H. s'appelle **chambre de combustion**.

Un terme important à connaître est le **taux de compression**. C'est le rapport des volumes avant et après la compression

Le volume après compression est celui de la chambre de combustion v

Le volume avant compression est celui de la chambre de combustion v augmenté de la cylindrée V

Le taux de compression est égal à :

$$\rho = \frac{V + v}{v}$$

Exemple : cylindre unitaire 900 cm^2 , volume chambre de combustion 58 cm^2

$$\rho = \frac{900 + 58}{58} = 16,5$$

ÉTUDES ÉLÉMENTAIRES DU CYCLE A 4 TEMPS

Un moteur peut comporter plusieurs cylindres qui sont semblables et fonctionnent de la même manière.

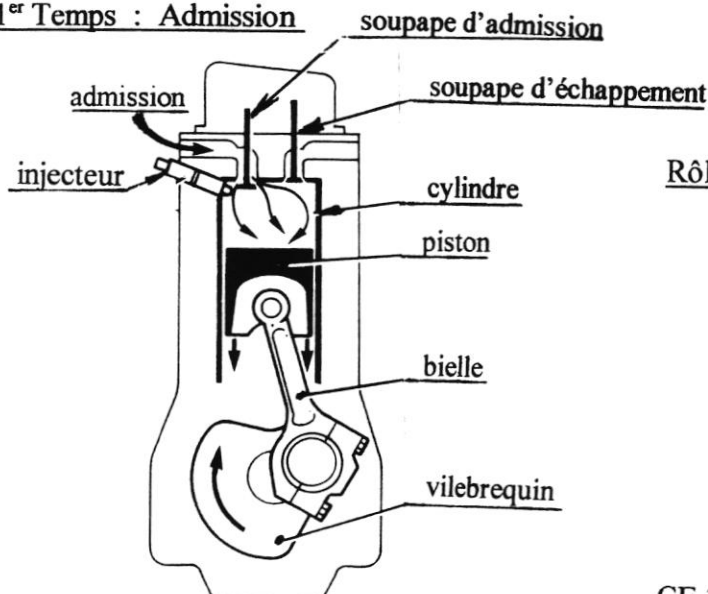
La transformation de l'énergie dans le cylindre produit une série d'évolutions périodiques constituant un **cycle** de fonctionnement.

Il suffit donc de comprendre le fonctionnement d'un seul cylindre pour se représenter comment peut fonctionner l'ensemble du moteur.

Le cycle a quatre temps se déroule sur **deux tours** de vilebrequin. Pendant ces 2 tours le piston effectue **quatre courses** qui correspondent chacune aux quatre phases du cycle.

- Admission
- Compression
- Combustion détente
- Échappement

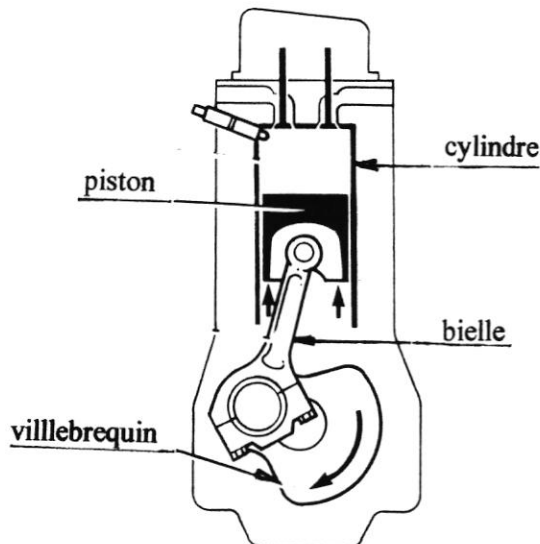
1^{er} Temps : Admission



Rôle : Admettre dans le cylindre la quantité d'air frais.

- Du P.M.H. le piston descend
- Ouverture de la soupape d'admission
- Remplissage du cylindre
- Fermeture de la soupape d'admission lorsque le piston est au P.M.B.

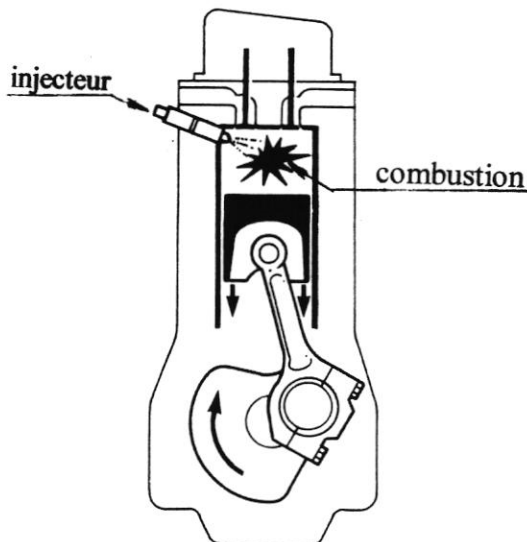
2^{ème} Temps : Compression



Rôle : Comprimer l'air frais pour atteindre une température élevée.

- Les soupapes sont fermées
- Le piston remonte
- Forte élévation de la pression de l'air (de 30 à 60 à bars) donc
- De la température (600°) en vue de permettre l'auto-inflammation

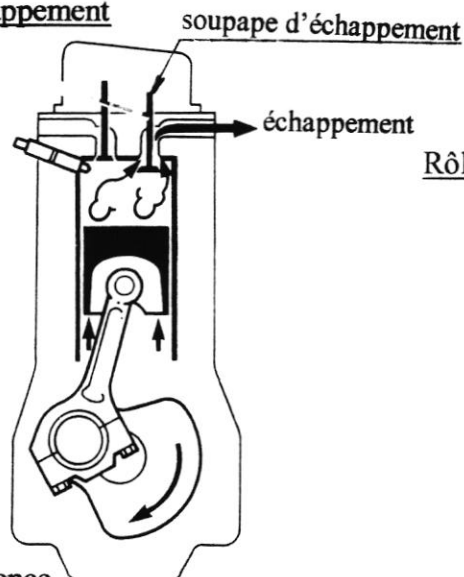
3^{ème} Temps : Combustion - Détente



Rôle : Créer la combustion et la détente .

- Les soupapes sont fermées
- Injection sous forte pression (100 à 175 bars) : il s'enflamme spontanément et continue à brûler tant que dure l'injection.
- Sous l'action de la pression le piston descend
C'est le temps moteur.

4^{ème} Temps : Échappement



Rôle : Evacuer les gaz brûlés hors du cylindre

- La soupape d'échappement s'ouvre lorsque le piston est au P.M.B.
- Chute de la pression
- Le piston remonte et chasse les gaz brûlés contenus dans le cylindre.

Et le cycle recommence

II LES COURBES DE PERFORMANCES D'UN MOTEUR

Sommaire

LES COURBES DE PERFORMANCES D'UN MOTEUR

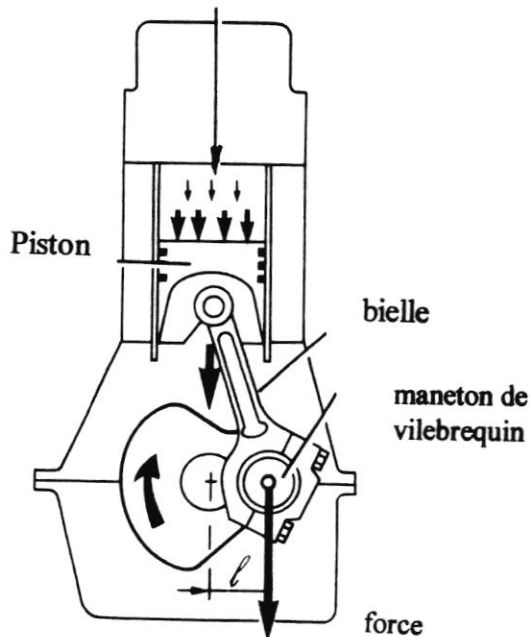
CP 1

- Définition du couple moteur
- Courbes caractéristiques d'un moteur
- Courbes de puissance - Courbe d'hélice
- Relation entre consommation spécifique et en litres

II LES COURBES DE PERFORMANCE D'UN MOTEUR

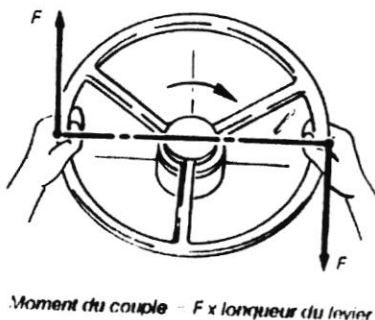
Les performances d'un moteur sont déterminées par le calcul (couple moteur, puissance, etc...), puis elles sont établies après les mesures au banc d'essai, ce qui permet d'obtenir une image exacte des caractéristiques, les éléments frottements, rendement étant intégrés, il est bon de savoir que ces courbes sont relevées le moteur à plein régime.

Définition du couple moteur



La pression des gaz de combustion engendre sur chaque piston une poussée, celle-ci est transmise au maneton du vilebrequin par la bielle. La poussée du piston crée une force F et le vilebrequin constitue un bras de levier (l) ; l'influence de cette force par rapport au bras de levier est définie par le produit $F \times l$ appelé moment d'une force.

Définition du moment d'un couple



Le couple définit l'influence par rapport à un axe, de deux forces égales et opposées appliquées aux extrémités d'un bras de levier.

La valeur du couple ou moment du couple correspond au produit d'une de ces forces (F) par la longueur du bras de levier (l) et s'exprime en Newton-mètre (Nm) .

Selon le principe fondamental de la mécanique : **action = réaction** , un moteur ne peut fournir un couple résistant (réaction). Aussi le couple d'un moteur est lié au **couple résistant** qui est lui même la conséquence de l'effort de travail demandé.

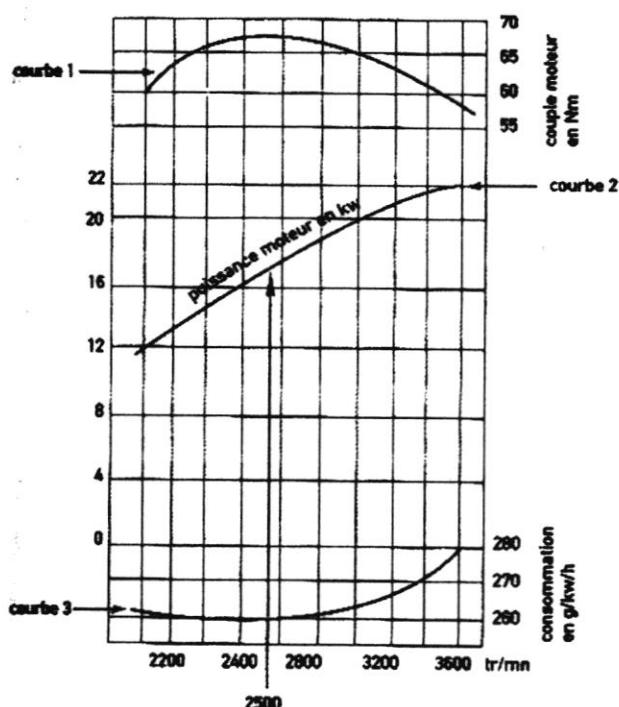
Courbes caractérisées d'un moteur

Ces courbes sont au nombre de trois :

- Couple moteur
- Courbe de puissance
- Courbe de consommation spécifique

Elles permettent de rechercher le point stabilisé où l'on a la puissance la plus élevée pour la consommation la plus faible.

Courbe de puissance



La puissance réelle est la puissance mécanique développée réellement par le moteur. Elle est exprimée en watts ou kilowatts, elle est le produit arithmétique du couple par la vitesse angulaire ω (oméga) correspondante.

$$\text{Puissance} = \frac{\text{couple Nm} \times \omega}{1000}$$

Elle peut s'écrire aussi

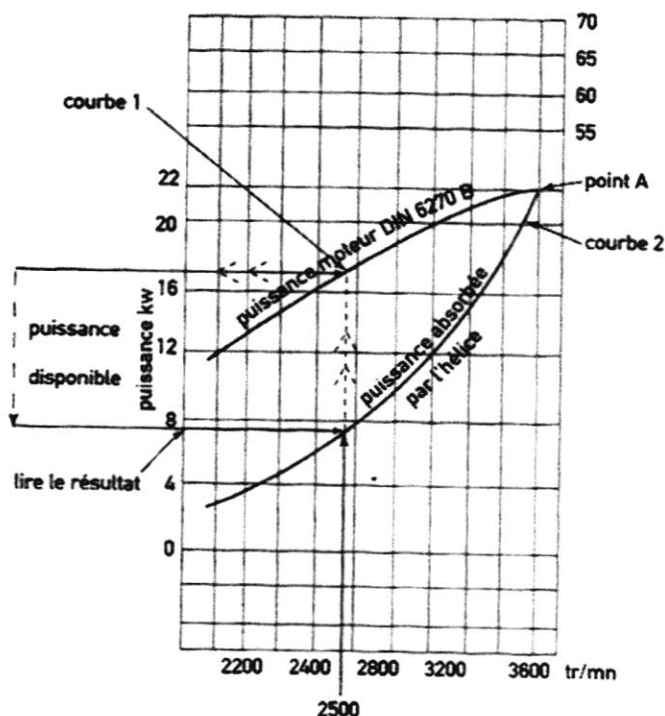
$$P = \frac{C \times 2\pi N(\text{tr/mn})}{60}$$

Courbe de consommation spécifique

La consommation spécifique indique pour chaque kW fourni par le moteur, la consommation de carburant en grammes par heure à vitesse constante.

Sur le banc on mesure la consommation en litre puis celle-ci est calculée pour obtenir la consommation spécifique. Celle-ci permet la comparaison entre les différents constructeurs de moteurs.

Courbe d'hélice



Le calcul d'une hélice est très complexe et ne sera pas abordé. Nous savons qu'une hélice en fonctionnement absorbe de l'énergie, déplacement du bateau, vitesse de rotation, puissance de l'arbre, diamètre des pales. Toute la puissance du moteur est absorbée en un point A par l'intersection des courbes 1 et 2.

L'utilisation graphique permet de connaître quelle est la puissance réelle disponible à un régime de rotation et non celle de la puissance moteur.

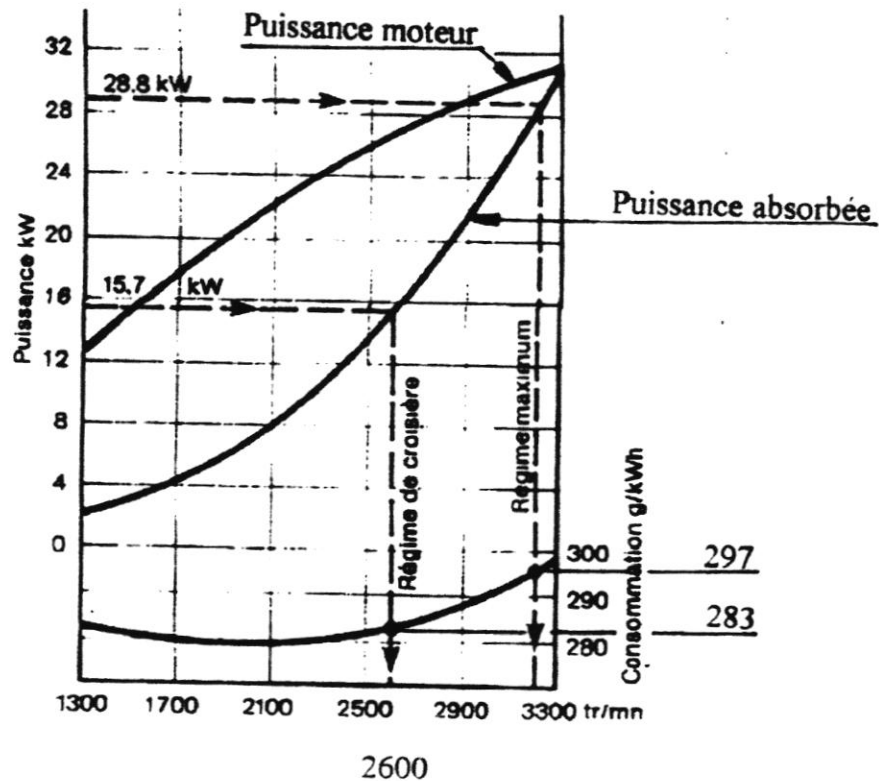
Dans la documentation commerciale des fabricants de moteurs, vous trouverez toutes ces courbes et permettra de choisir le bon moteur (prix, vitesse de croisière, rentrée dans un port, consommation de carburant...).

Relation entre consommation spécifique et en litres

Cette comparaison est théorique mais permet de connaître l'augmentation de consommation de carburant en fonction du nombre de tours/minute.

D'où la formule :

$$\text{Cons / litre} = \frac{\text{Puis. Hélice} \times \text{Cons. Spécifique}}{\text{Densité (en grammes)}}$$



Exemple de différence de consommation pour un même moteur pour deux régimes :

- Consommation pour 2600 tours / minute :

$$\text{Cons / litre} = \frac{15,7 \times 283}{850} = 5,22 \text{ l}$$

- Consommation pour 3300 tours / minute :

$$\text{Cons / litre} = \frac{28,8 \times 297}{850} = 10 \text{ l}$$

L'exemple est significatif pour 700 tr / mn de plus : la consommation a presque doublé.

III ARCHITECTURE DU MOTEUR DIESEL

Sommaire

PRÉSENTATION DU MOTEUR

- Vue extérieure du moteur VOLVO 230 AM 1
- Vue partielle montrant l'intérieur du moteur

LES DIFFÉRENTS TYPES DE MOTEUR

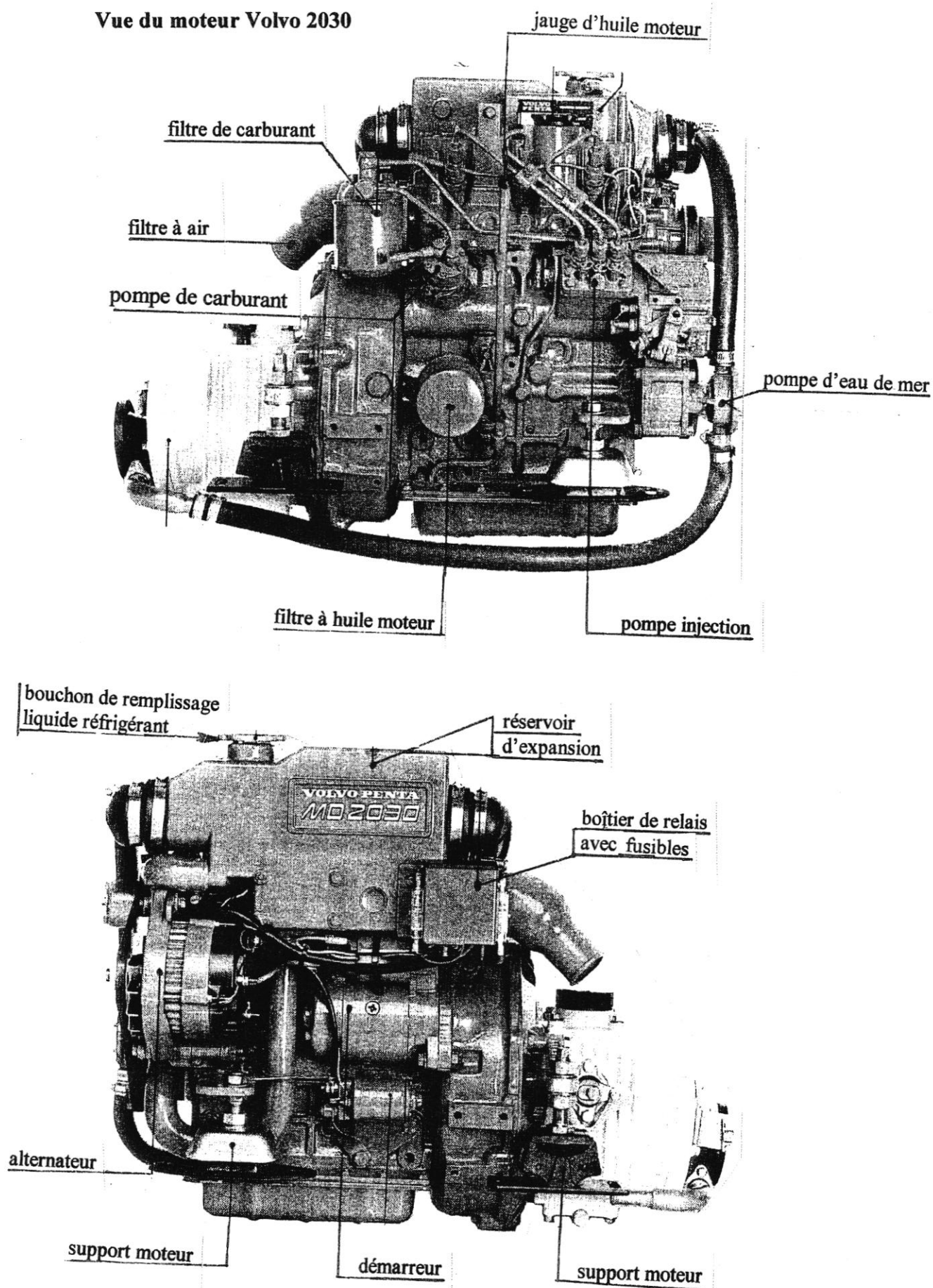
AM 3

- Moteur à injection directe
- Moteur à injection indirecte

III ARCHITECTURE DU MOTEUR DIESEL

PRÉSENTATION DU MOTEUR

Vue du moteur Volvo 2030



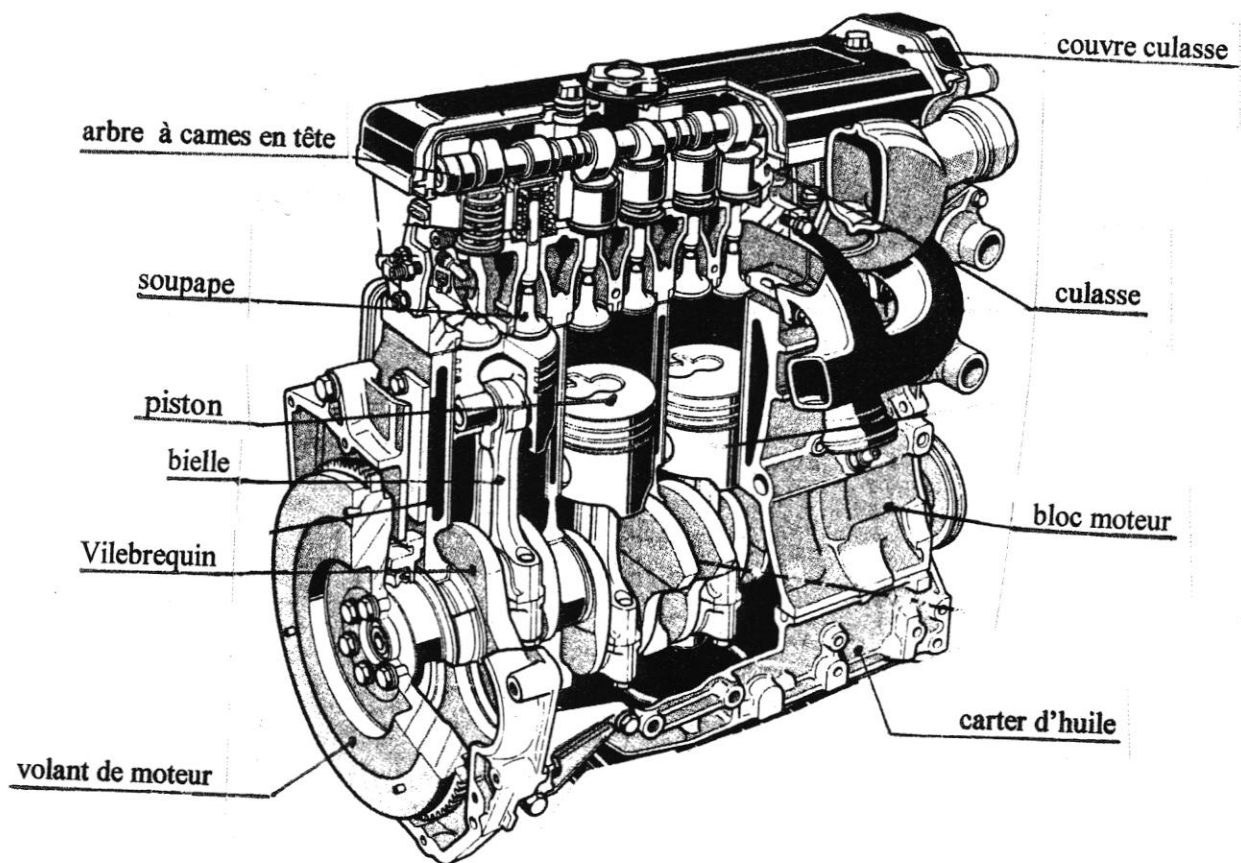
Vue partielle montrant l'intérieur du moteur

Cette vue permet de découvrir les principaux éléments de base constituant le moteur. Ils peuvent être classés en 3 familles d'organes :

- Organes fixes
- Organes mobiles
- Organes fonctionnels (non visibles sur la coupe) ils sont étudiés dans les paragraphes suivants, certains sont visibles sur le moteur Volvo de la page précédente.

Organes mobiles

Organes fixes

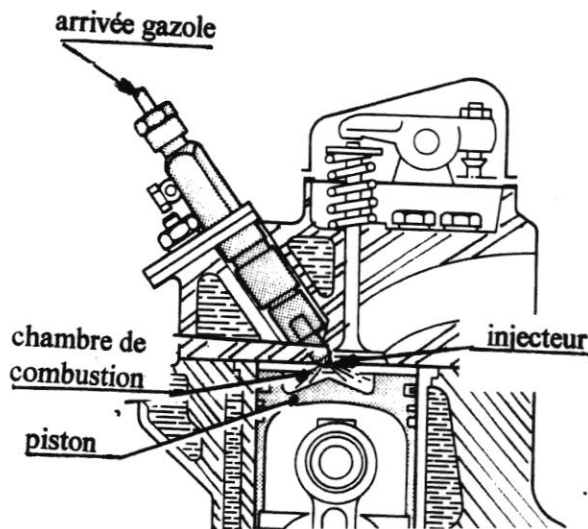


LES DIFFÉRENTS TYPES DE MOTEUR

Les moteurs diesel sont classés selon le procédé de l'injection du combustible dans la chambre. Nous avons 2 catégories de moteur :

- Moteur à injection directe
- Moteur à injection indirecte

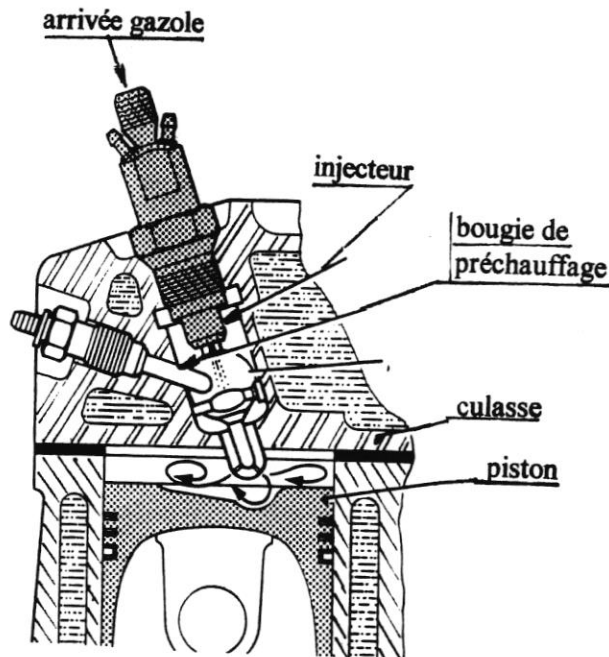
MOTEUR A INJECTION DIRECTE



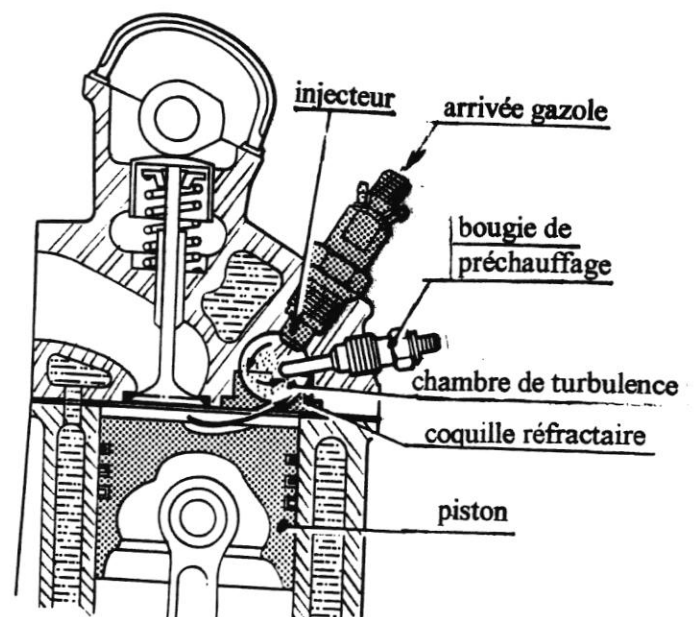
L'injecteur débouche directement dans le cylindre. La chambre de combustion est constituée d'une chambre ouverte située dans la tête du piston. L'injecteur est du type à trous pour une meilleure pulvérisation. La consommation spécifique est assez faible. Le taux de compression se situe entre 16/1 et 18/1. La pression d'injection varie de 170 à 240 bars et peut-être plus élevée. Les départs à froid sont plus faciles, ne nécessite pas de bougie de préchauffage dans beaucoup de cas.

MOTEUR A INJECTION INDIRECTE

La chambre de combustion est divisée, l'injecteur pulvérise le combustible dans une chambre de turbulence ou de précombustion, où débute la combustion, les gaz rejoignent ensuite la chambre de combustion principale par un orifice de grande section, l'injecteur est du type à téton.



Moteur à chambre de précombustion
Rapport volumétrique 12/1 à 15/1
Pression d'injection de 110 à 150 bars



Moteur à chambre de turbulence
Rapport volumétrique 11/1 à 18/1
Pression d'injection de 110 à 150 bars

IV STRUCTURES DES PRINCIPAUX ÉLÉMENTS

Sommaire

LES PARTIES FIXES

SPE 1

- Présentation générale
- Carter moteur ou bloc cylindre

LES ORGANES MOBILES

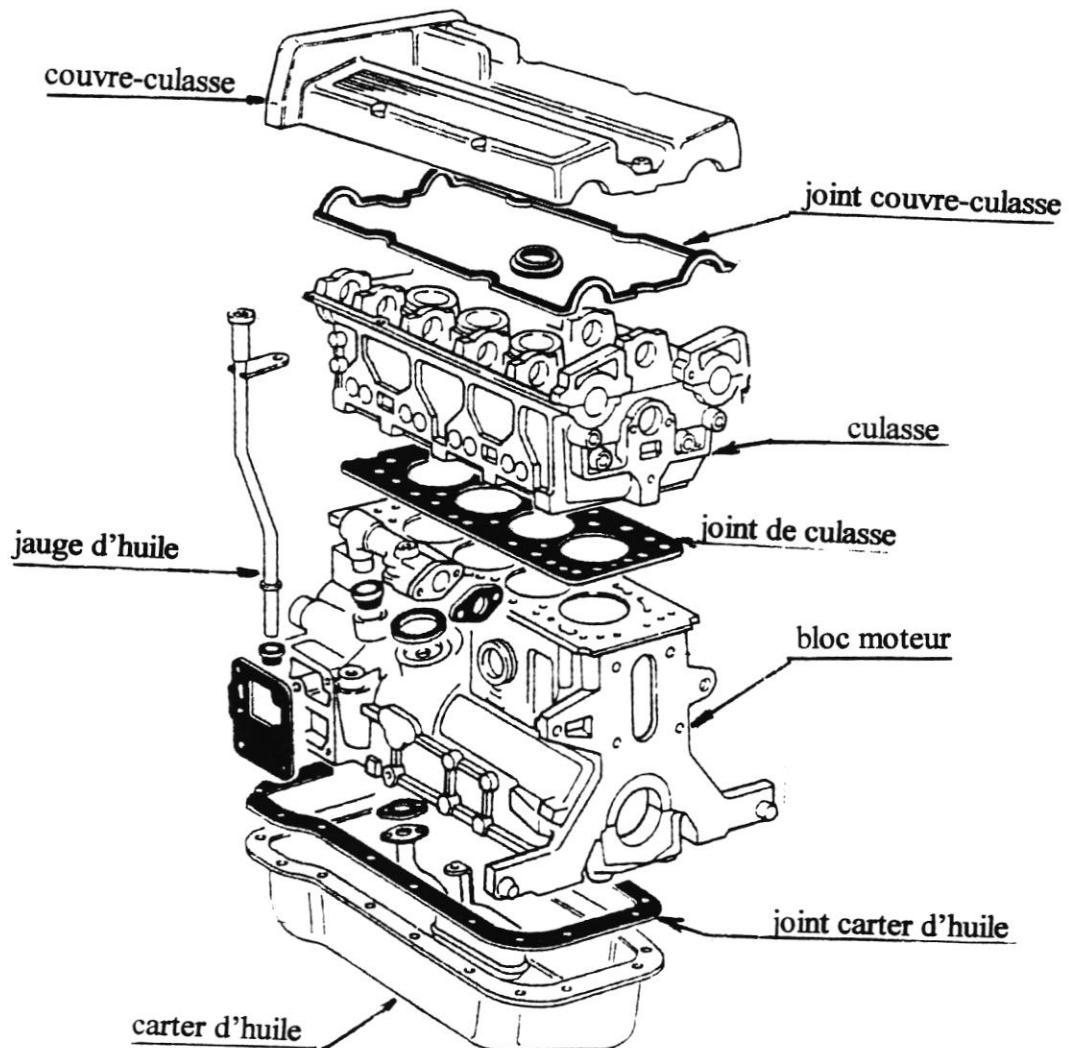
SPE 4

- Présentation générale - Le piston
- Axe de piston - Les segments - La bielle
- Le vilebrequin - Le volant

IV STRUCTURE DES PRINCIPAUX ÉLÉMENTS

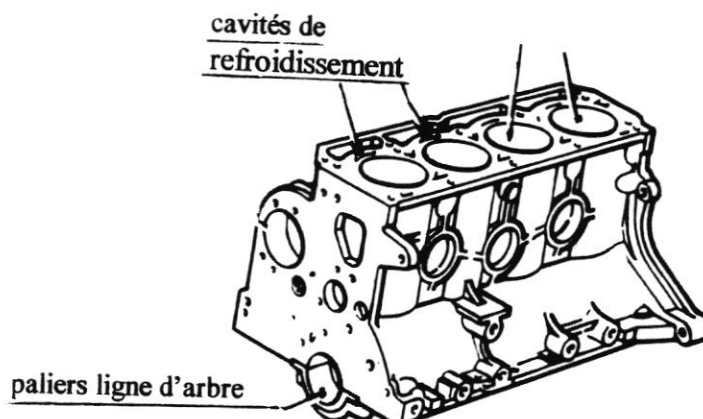
Le moteur est constitué de plusieurs organes classés suivant la définition énoncée au chapitre “architecture du moteur diesel”

LES PARTIES FIXES

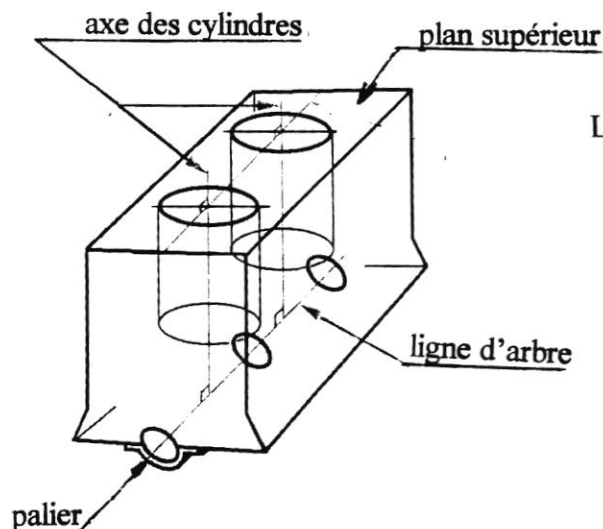


Carter moteur ou bloc cylindre

Il sert de support à tous les organes principaux (pistons, vilebrequin...) et aux organes annexes (démarrreur, alternateur). Il doit être rigide pour résister aux efforts engendrés par la combustion et doit permettre d'évacuer une partie de la chaleur dégagée par la combustion, par des chambres dans lesquelles circule l'eau.



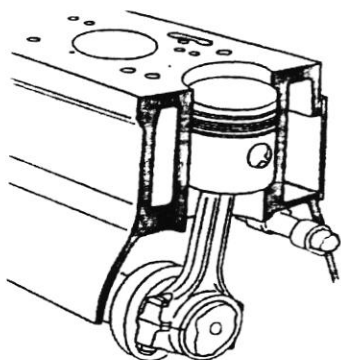
Le carter possède des surfaces usinées précises pour recevoir à la partie supérieure la culasse et à la partie inférieure le carter d'huile et latéralement la distribution. A l'intérieur la ligne d'arbre et les paliers.



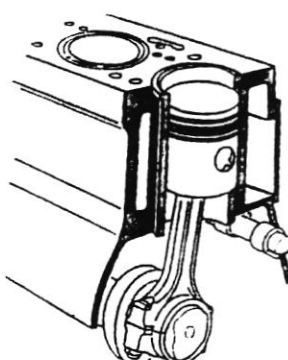
Le bloc cylindre doit présenter des qualités géométriques.

- les paliers dans lesquels tourillonnent le vilebrequin doivent être alignés et concentriques.
- la ligne invisible passant par le centre des paliers est appelée "ligne d'arbre".
- celle-ci doit être parallèle au plan de joint supérieur, l'axe de chaque cylindre doit être perpendiculaire au plan de joint et à la ligne d'arbre

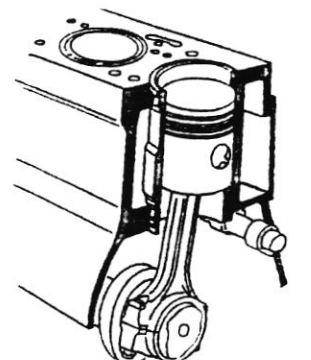
Pour les moteurs refroidis par l'eau, le bloc cylindre contient les chemises. Il peut-être conçu selon trois principes différents suivant les croquis ci-dessous.



Bloc cylindre alésé
directement dans
le bloc



Chemise sèche le
cylindre est constitué
d'un fourreau emmanché
dans le bloc cylindre



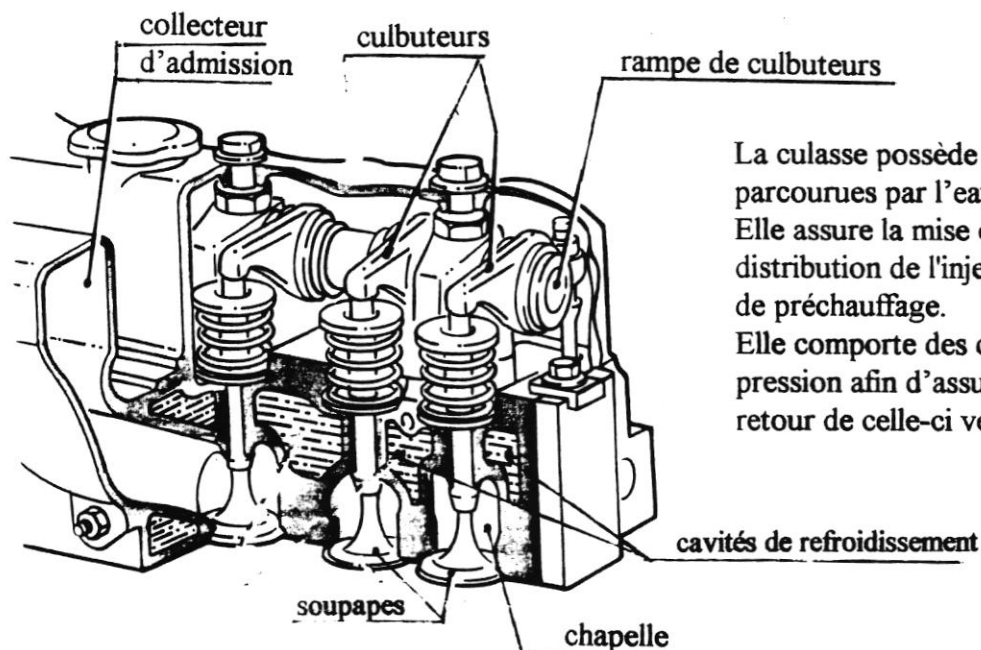
Chemise humide
les cylindres sont
amovibles et au contact
du liquide de
refroidissement

Le carter huile

Il est fixé sous le bloc cylindre et contient l'huile de lubrification. Dans le carter plonge la crépine de la pompe à huile

La culasse

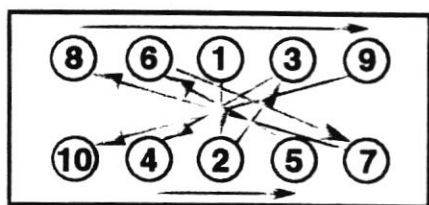
Elle est fixée à la partie supérieure du carter moteur pour assurer l'étanchéité à l'aide du joint de culasse. Elle permet l'admission d'air et l'évacuation des gaz brûlés de la chambre par l'intermédiaire de conduits appelés chapelles.



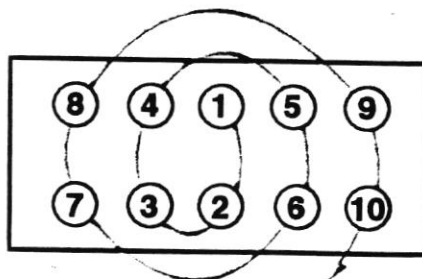
La culasse possède des chambres internes parcourues par l'eau de refroidissement. Elle assure la mise en place des éléments de la distribution de l'injecteur, et de la bougie de préchauffage. Elle comporte des circuits pour l'huile sous pression afin d'assurer la lubrification et le retour de celle-ci vers le carter.

L'usinage de la face d'appui avec le carter doit être très précis et ne pas se déformer sous l'action du serrage de la fixation; un ordre de serrage des vis ou écrou est à respecter absolument afin d'éviter une fuite. Suivre les indications du fabricant.

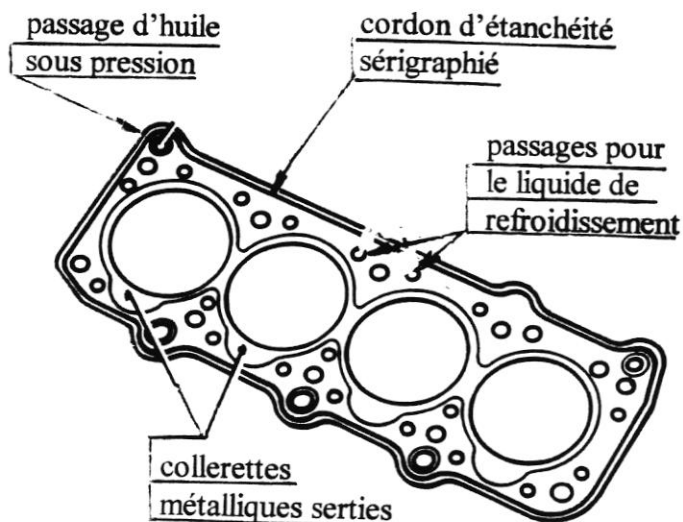
serrage en croix



serrage en escargot



Joint de culasse



Le joint de culasse placé entre le bloc cylindre et la culasse assure à la fonction délicate de séparer les fluides :

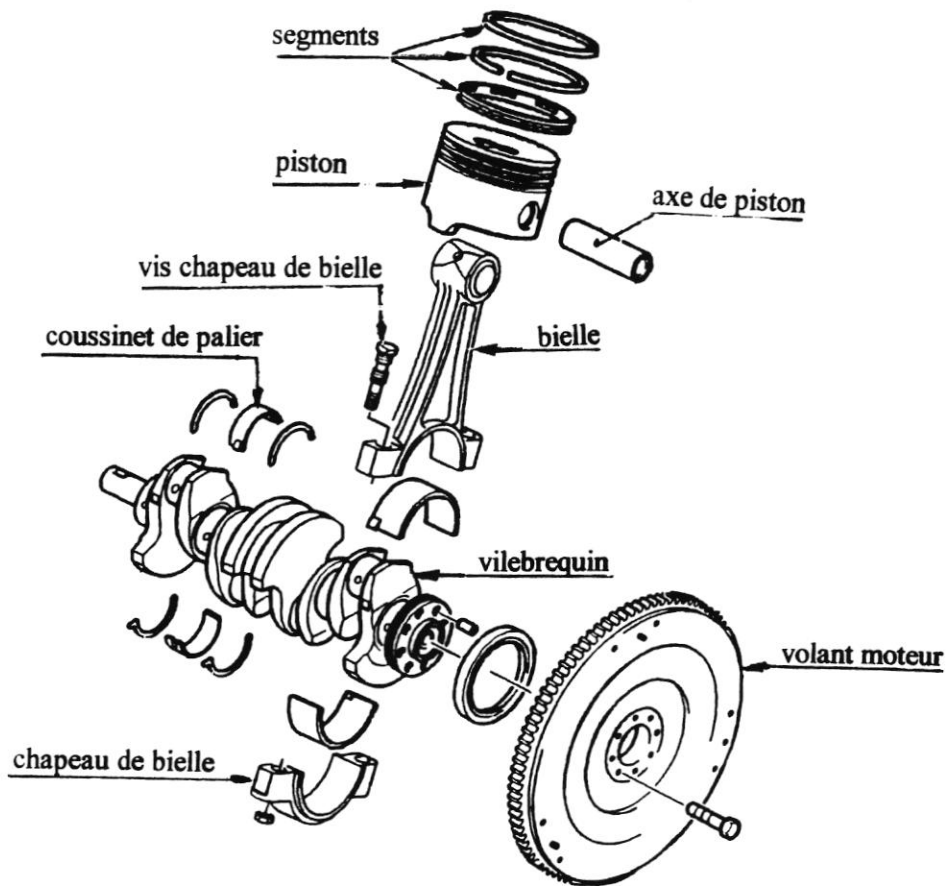
- gaz - eau
- gaz - huile
- huile - eau

et de compenser les déformations légères. Après un démontage il faut impérativement utiliser un joint neuf, s'assurer aussi de la bonne orientation.

LES ORGANES MOBILES

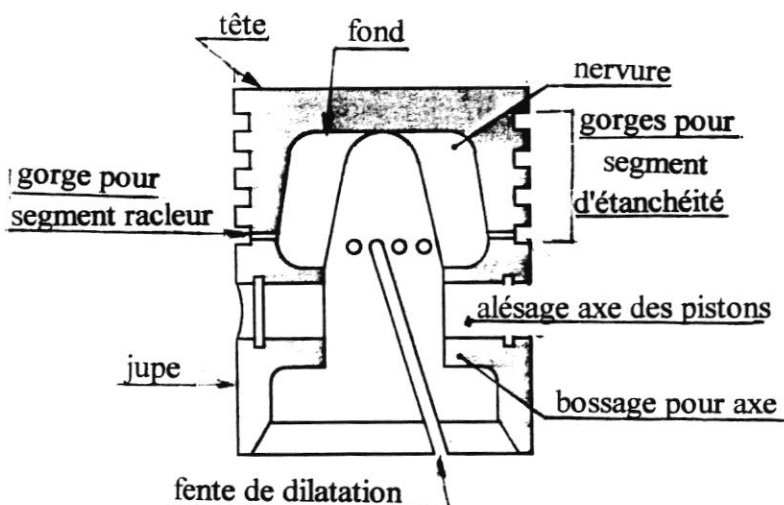
Présentation générale

Visualisation des organes mobiles



Le piston

Le piston constitue la partie mobile de la chambre de combustion et permet la compression de l'air, la transformation de la pression des gaz enflammés en une force qui assure le déplacement de celui-ci pour obtenir un travail.

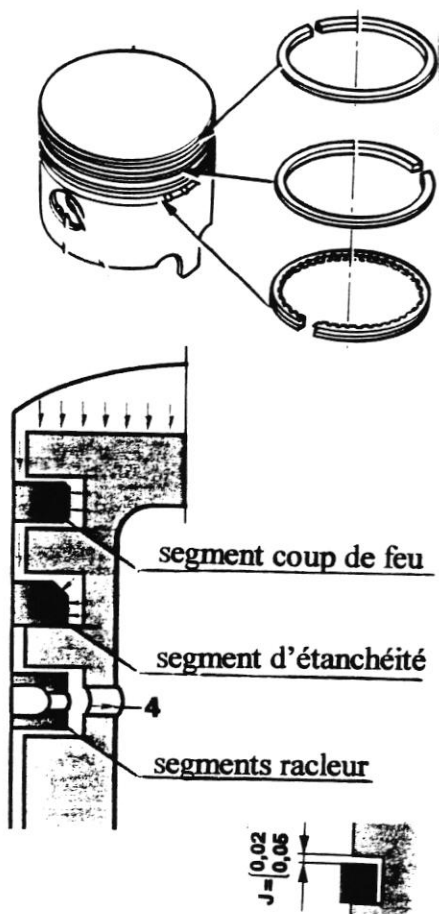


Ce piston résiste à des températures élevées 300°C environ sur le dessus, sa forme et son ajustement sont étudiés pour lui permettre de se dilater et devenir cylindrique à chaud. La partie inférieure du piston est dénommée *jupe*, assure son guidage dans le cylindre. La partie supérieure dénommée *tête* est usinée de gorges pour le logement des segments. La liaison avec la bielle s'effectue avec un axe creux.

Axe de piston

Il assure la liaison entre piston et bielle et doit résister aux efforts de flexion surtout pendant le temps moteur.

Les segments



Ils assurent l'étanchéité entre la chambre de combustion et le carter inférieur afin d'éviter toute perte de puissance. Ils doivent aussi empêcher la remontée de l'huile vers la chambre de combustion.

Chaque segment porte un nom en fonction de sa position dans le piston et le travail qu'il doit accomplir.

Le segment est un anneau fendu dont la section est adaptée à sa fonction. Ils doivent assurer des pressions radiales uniformes.

Segments coup de feu il résiste aux températures, aux pressions élevées et au manque de lubrification.

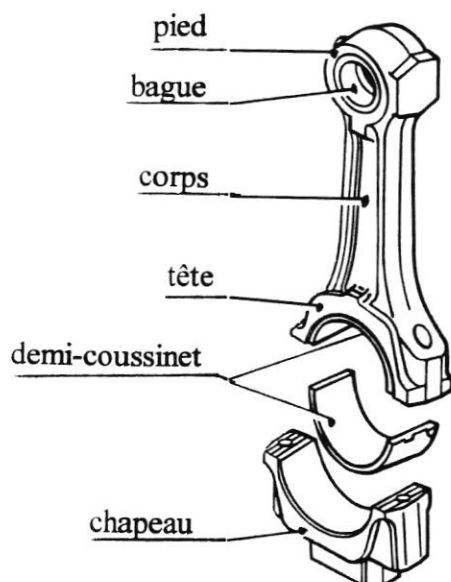
Segments d'étanchéité il assure l'étanchéité inférieure de la chambre de combustion et évite la consommation d'huile.

Segments racleur il empêche le film d'huile de remonter vers la chambre tout en laissant une certaine pellicule pour permettre la lubrification. Il possède des rainures aux encoches (4) autorisant le retour d'huile.

Le serrage axial des segments est obtenu pour la pression des gaz et les accélérations alternatives du piston ce qui impose un faible jeu dans la gorge (0,02 à 0,05).

Le serrage radical est obtenu par l'élasticité propre du segment dont le diamètre au repos est supérieur à celui de la chemise. Les coupes de segment doivent être orientées à 120° entre elles.

La bielle



C'est l'élément intermédiaire qui permet la transmission des forces entre deux éléments animés de mouvements différents.

- Le mouvement rectiligne alternatif du piston
- Le mouvement circulaire continu du vilebrequin

La bielle comprend 3 parties :

Le pied assure la liaison entre la bielle et la piston, il est muni d'une bague en bronze alésée.

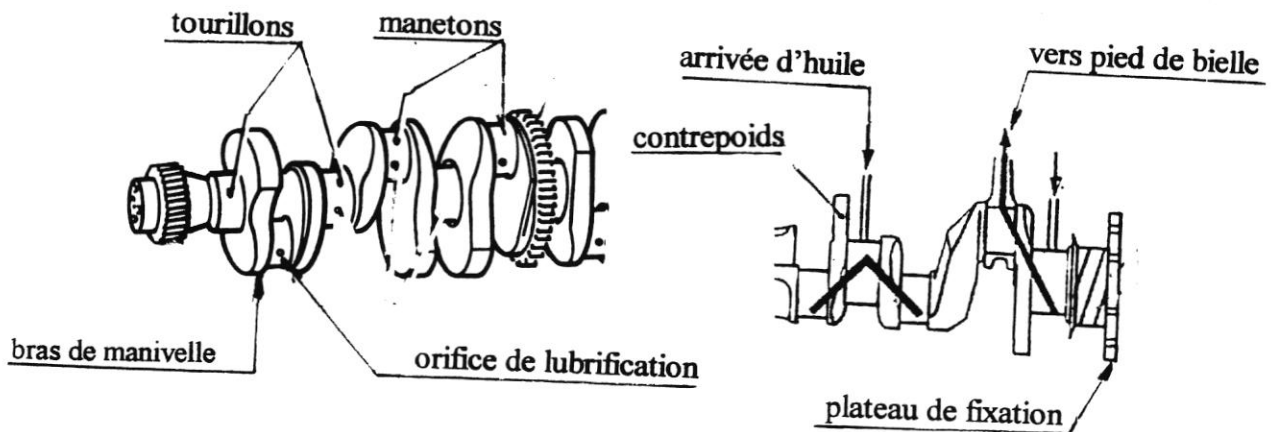
Le corps assure la rigidité de la pièce. Il est généralement de section en forme de H croissant du pied vers la tête.

La tête assure la liaison avec le vilebrequin au niveau des manetons par l'intermédiaire d'une paire de coussinets minces.

Le vilebrequin

Il reçoit l'effort transmis par les pistons et les bielles, et fournit un mouvement circulaire à la sortie du moteur. C'est son rôle principal.

D'autre part il entraîne en rotation divers éléments : l'arbre à cames, la pompe à huile du circuit de graissage.



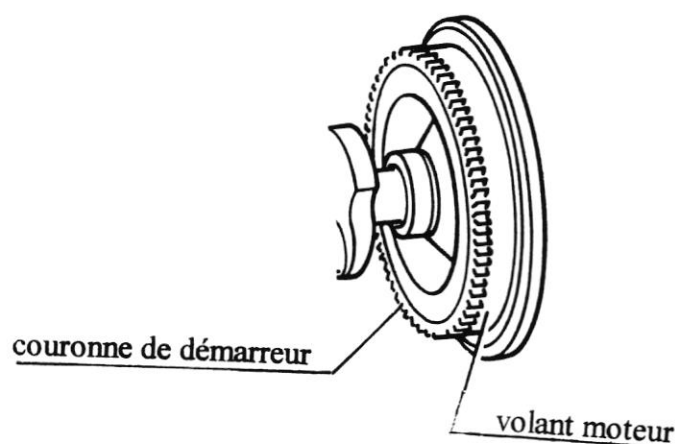
Le vilebrequin est composé de trois série d'éléments.

- Les tourillons matérialisent l'axe de rotation et permettent à l'arbre de reposer sur les paliers de carter-moteur.
- Les manetons sur lesquels viennent se fixer et s'articuler les têtes de bielles.
- Les bras de manivelle ou flasques réunissent les manetons aux tourillons.

Le volant

Il remplit un rôle de régulateur du couple moteur. Il emmagasine au temps moteur une énergie cinétique suffisante pour lui permettre de faire franchir aux pistons les temps résistants.

Il permet le démarrage du moteur grâce à la couronne dentée montée à la périphérie et qu'entraîne le lanceur du démarreur



V LES ÉLÉMENTS FONCTIONNELS

Sommaire

LA LUBRIFICATION

EF 1

- Rôle de la lubrification
- Le circuit de graissage - Principe de fonctionnement
- Différents types de graissage
- Les différents éléments du circuit - Le filtre à huile
- Lubrifiant - Températures relevées

LA DISTRIBUTION

EF 5

- Fonction globale
- Concept du système - Les différents éléments de la distribution
- Dispositif d'entraînement - Dispositif de commande des soupapes
- Arbre à cames latéral - Arbre à cames en tête - Les soupapes

LE REFROIDISSEMENT

EF 10

- Refroidissement direct à l'eau de mer
- Refroidissement indirect à l'eau douce

L'ÉCHAPPEMENT

EF 12

- Installation au dessus de la ligne de flottaison
- Installation en dessous de la ligne de flottaison

LA COMBUSTION

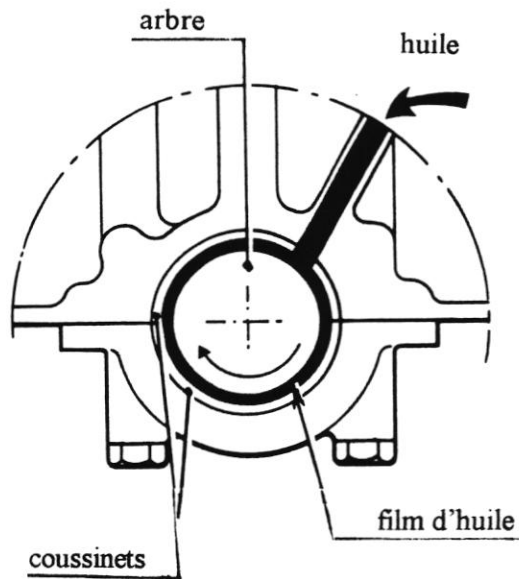
EF 13

- Généralités - Déroulement de la combustion
- Présentation graphique de la combustion

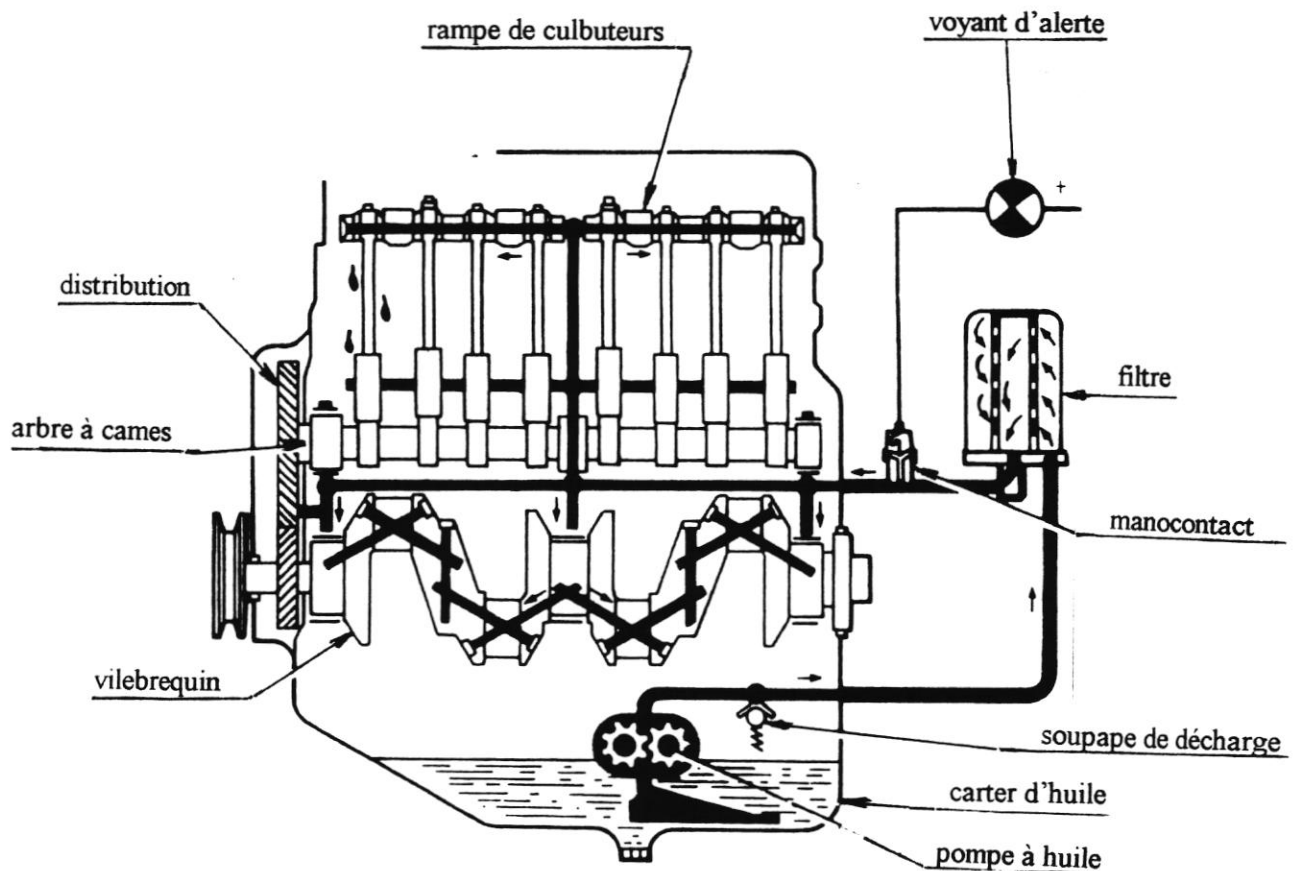
V LES ÉLÉMENTS FONCTIONNELS

LA LUBRIFICATION

Rôle de la lubrification



La lubrification consiste à établir un film entre les pièces en mouvement, afin d'éviter leur grippage et de réduire les frottements. La réduction de ceux-ci permet de diminuer les pertes de puissance et l'usure. La lubrification des moteurs est assurée par de l'huile conduite sous pression vers les organes à lubrifier : manetons, tourillons, arbres à cames, rampe des culbuteurs.

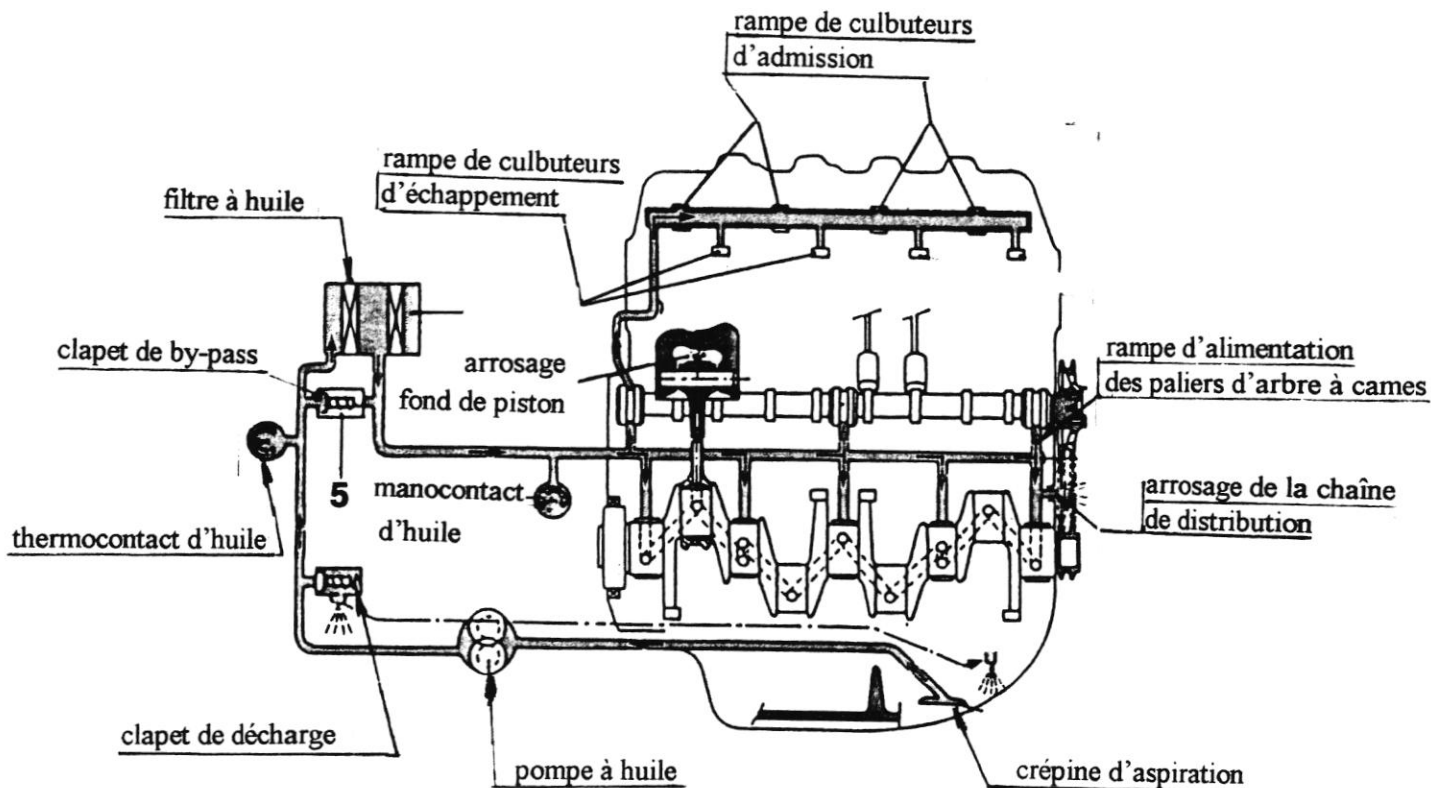


En plus de la fonction essentielle de lubrifier, l'huile de graissage contribue à l'évacuation de la chaleur, protège les surfaces de la corrosion, ainsi que l'évacuation des particules dues à l'usure et des résidus de combustion.

Le circuit de graissage

Principe de fonctionnement

L'huile est prélevée dans le carter inférieur par une pompe qui la dirige ensuite sous pression vers le filtre à huile puis vers la rampe principale. Cette dernière assure l'alimentation de tous les points à graisser sous pression.



Différents types de graissage

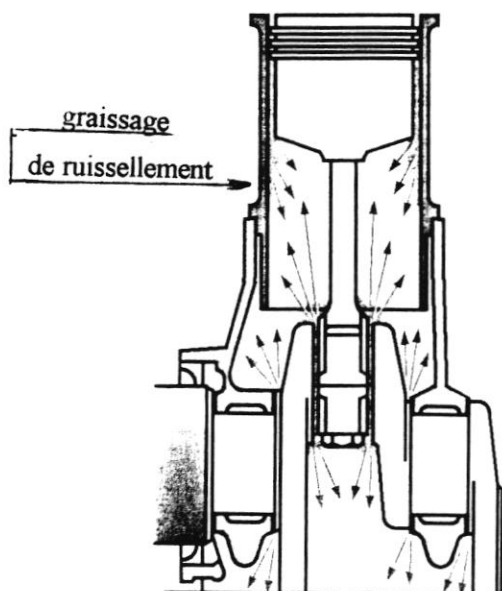
Nous avons 2 types de graissage :

a) le graissage ordinaire

L'huile venant de la rampe principale alimente le vilebrequin, les têtes de bielle, l'arbre à cames, la rampe de culbuteurs ainsi que la rampe de distribution. L'huile provenant de la rampe principale est dirigée par des canaux vers les paliers de vilebrequin.

b) le graissage par ruissellement

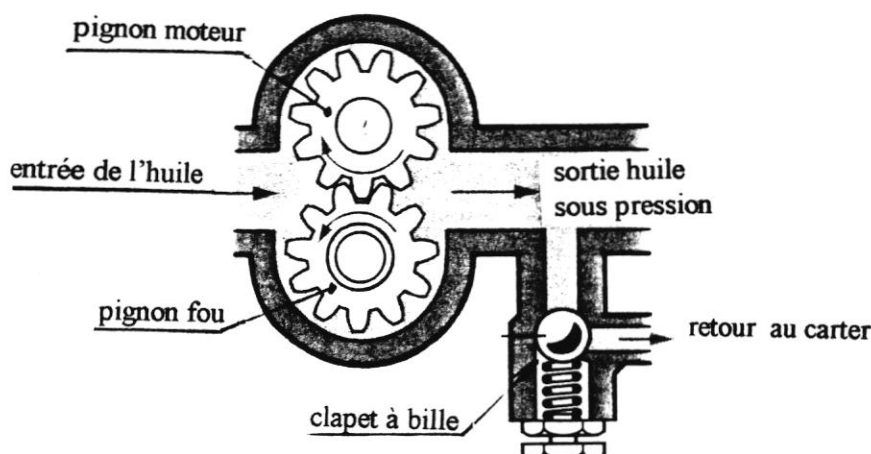
L'huile retombe dans le carter inférieur à partir des manetons et des tourillons. Dans le même temps l'huile est projetée le long des parois de la chemise; Elle assure le graissage entre le piston et la chemise, ainsi que l'axe de piston.



Sécurité

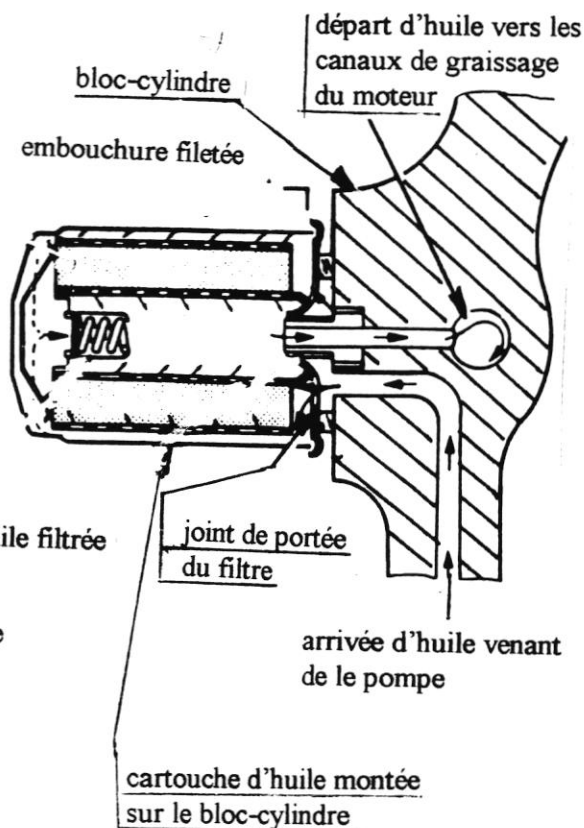
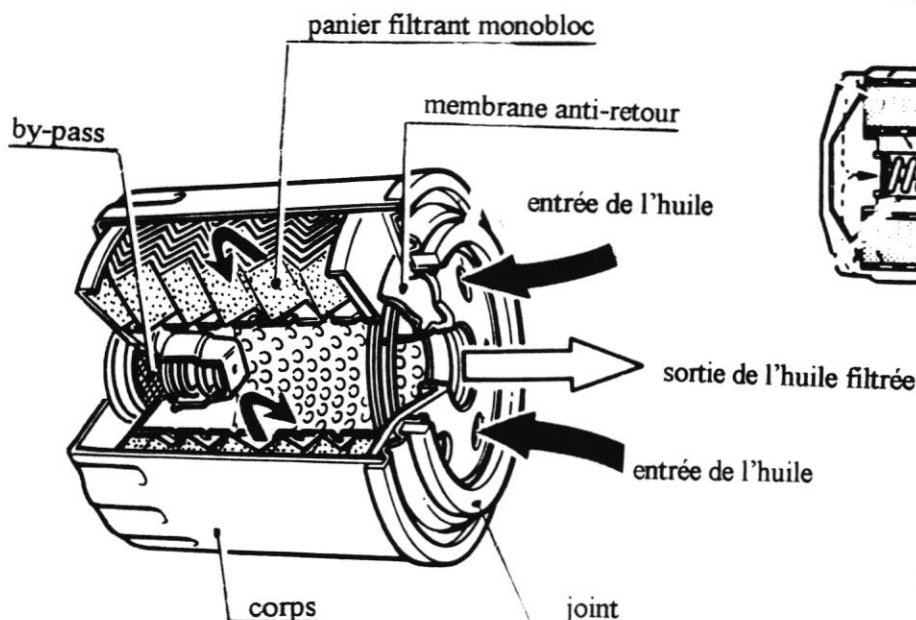
La pression d'huile est contrôlée par le clapet de décharge à 4 bars pour éviter des fuites aux joints d'étanchéité de la ligne d'arbre et par un manoccontact de pression d'huile qui alerte par allumage d'un voyant lumineux, d'un manque de pression d'huile.

Les différents éléments du circuit



La pompe à huile à engrenages se compose de 2 engrenages s'engrenant l'un dans l'autre. L'huile pénètre dans la chambre d'aspiration c'est à dire du côté où les dents se séparent. Elle remplit l'espace compris entre les dents et le corps de pompe ; elle est entraînée entre les dents vers la chambre de refoulement.

Le filtre à huile



Le filtre retient toutes les particules métalliques dues à l'usure, tous les déchets charbonneux de la combustion... Il est composé d'un papier poreux dont le seuil de filtration ne permet le passage qu'aux particules de 15 à 20 microns. Quand le papier est complètement colmaté, un clapet de sécurité (by-pass) à l'intérieur de la cartouche tarée de 0,5 à 1 bar permet de court-circuiter l'élément filtrant et assure le graissage (non filtré) sous pression des éléments du moteur.

Lubrifiant

Les lubrifiants sont des produits très élaborés, étudiés pour satisfaire à toutes les exigences de fonctionnement.

L'affectation d'une huile pour lubrifier dépend de deux grands critères, la viscosité et les conditions de service. Ces deux critères font l'objet de spécification qui figurent sur les emballages.

La viscosité

Elle est la caractéristique fondamentale d'un lubrifiant moteur, elle doit être suffisante pour que le film lubrifiant interposé entre les surfaces de contact ne soit ni écrasé par les fortes pressions, ni rompu par les grandes vitesses.

On dit qu'un liquide est visqueux quand il s'écoule lentement et difficilement, dans le sens contraire, on dit qu'il est fluide.

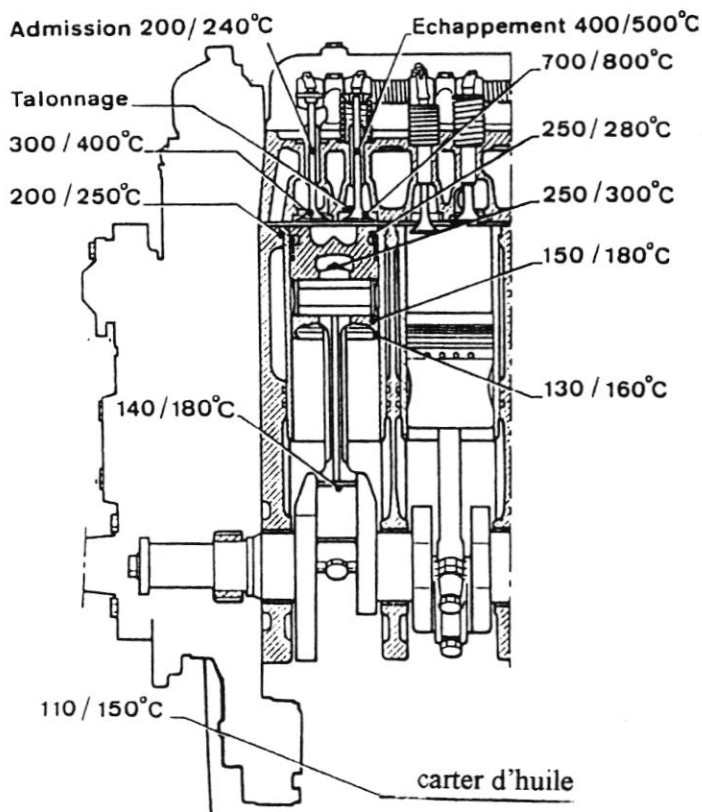
Les conditions de service

Elles sont définies en fonction des performances des moteurs, de leur technologie et leurs conditions d'utilisation. Pour satisfaire à ces conditions, les lubrifiants doivent posséder de nombreuses propriétés dont les principales sont : anti-usure, extrême pression, détergence, maintenir les impuretés en suspension, antiacide, anticorrosion.

Les huiles pour moteur diesel sont spécialement étudiées pour ce type de moteur, la détergence, le maintien des impuretés en suspension, ainsi que le renforcement de l'extrême-pression.

La fonction antiacide permet de neutraliser l'action corrosive des dérivés d'acide sulfurique dues à la présence de soufre dans les carburants.

Températures relevées



Autour du piston, les températures relevées au contact des pièces mobiles donnent des indications auxquelles l'huile est soumise et doit résister à des températures élevées.

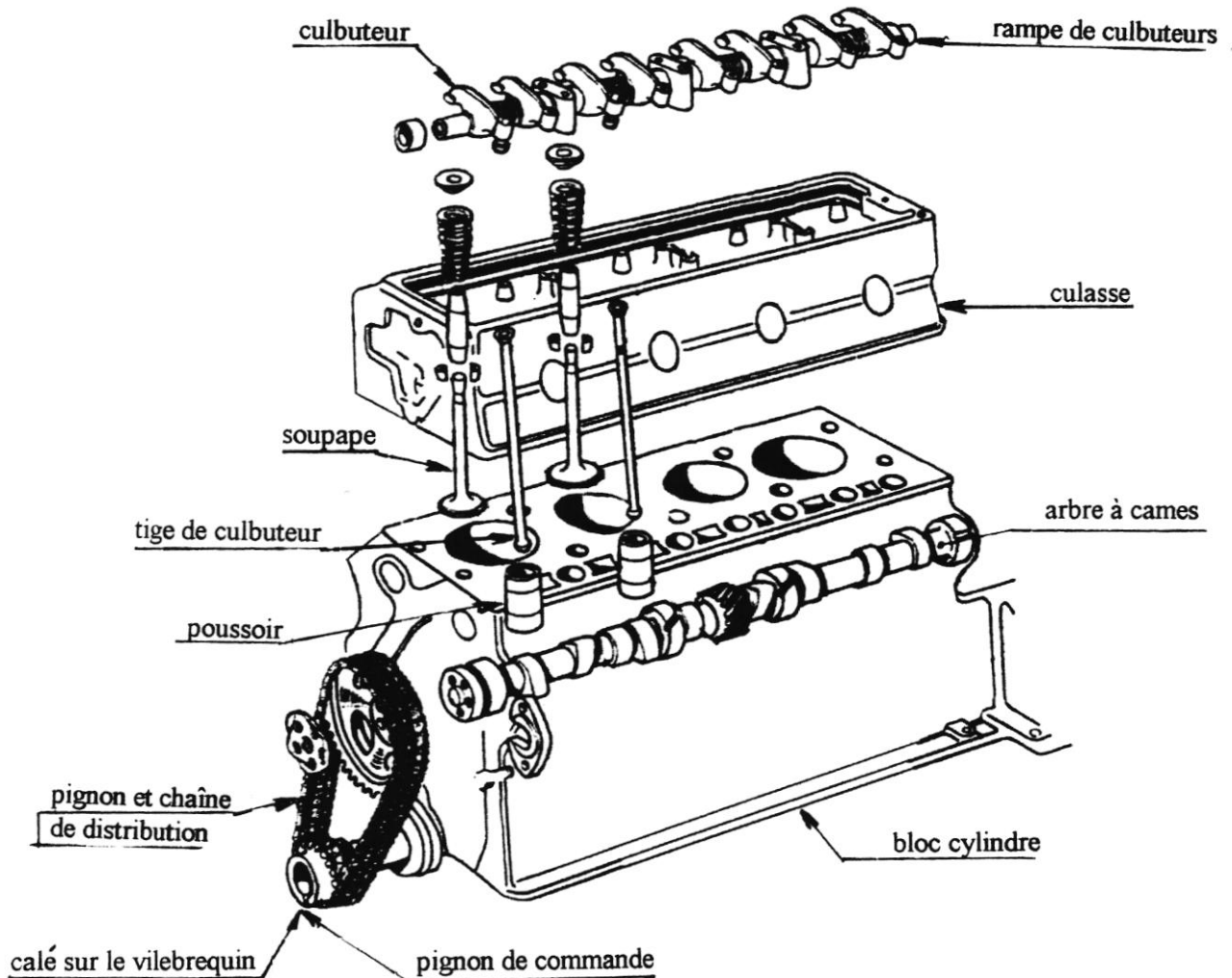
Vidange

L'huile perd ses qualités au cours des heures de fonctionnement du moteur aussi il faut suivre les indications du fabricant, l'opération de vidange d'huile est une opération très importante pour la durée de vie du moteur.

LA DISTRIBUTION

Fonction globale

Le rôle de la distribution est de permettre l'entrée dans le cylindre de la quantité d'air frais et d'en permettre l'évacuation après combustion.



Le terme distribution englobe l'ensemble des éléments qui participe à la réalisation du diagramme réel du cycle à 4 temps. D'autres facteurs influent sur cette construction mais ne seront pas évoqués à cause d'une étude qui sort de notre cadre.

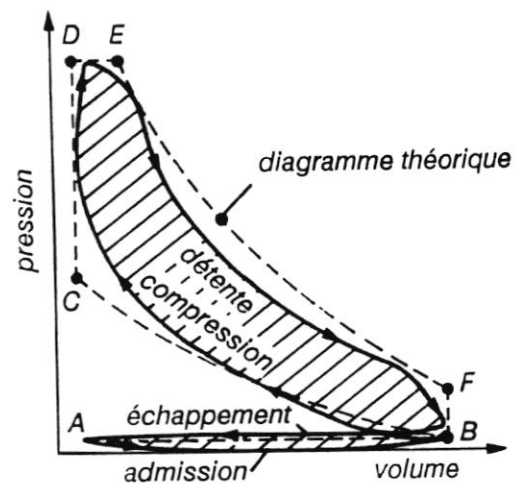
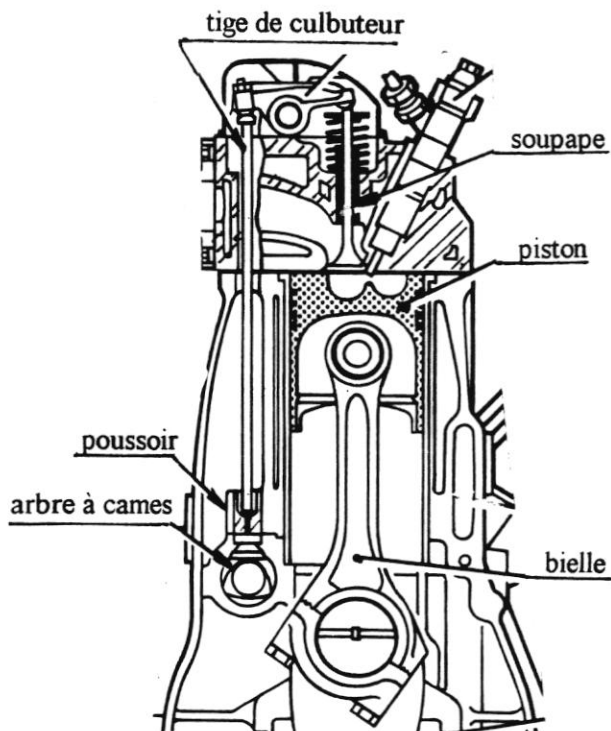
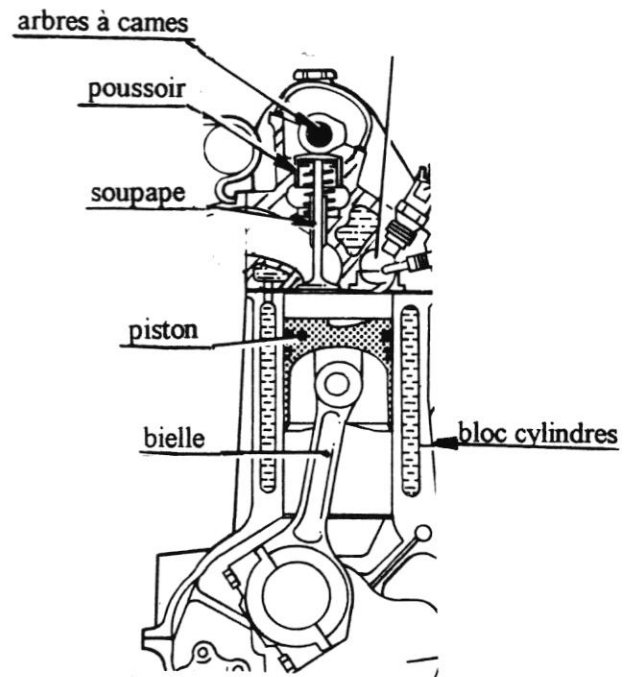


Diagramme réel

Le système de distribution est différent selon que les soupapes sont commandées par arbre à cames latéral ou par cames en tête.



Arbre à cames latéral



Arbre à cames en tête

Concept du système

Le moment précis d'ouverture et de fermeture des soupapes est déterminé par la position des pistons et donc par celle du vilebrequin.

Pour cette raison, la distribution doit être synchronisée avec la position angulaire du vilebrequin.

Chaque soupape doit s'ouvrir et se fermer une fois par cycle.

Un cycle complet pour un piston correspond à 2 tours de vilebrequin.

Pendant ces 2 tours de vilebrequin, nous avons l'ouverture et la fermeture de la soupape d'admission lors du premier tour, et l'ouverture et la fermeture de la soupape d'échappement lors du second tour.

Il est donc nécessaire que le dispositif d'entraînement autorise une démultiplication et un calage précis avec le vilebrequin.

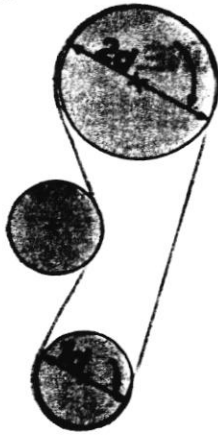
Les différents éléments de la distribution

Pour assurer la fonction globale nous avons trois éléments principaux :

- le dispositif d'entraînement
- le dispositif de commande des soupapes
- les soupapes d'admission et de développement

Dispositif d'entraînement

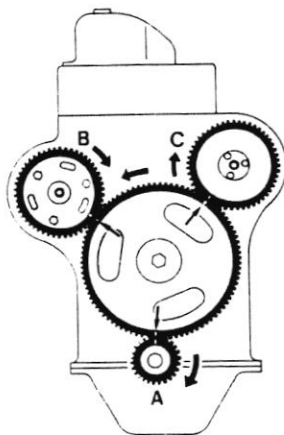
La liaison entre l'arbre à cames et le vilebrequin s'effectue soit par pignons, soit par chaîne ou par courroie crantée.



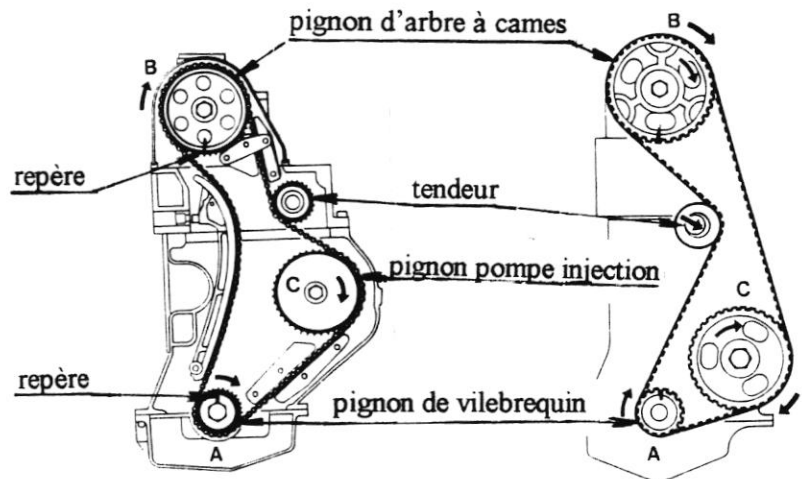
Le rapport entre le pignon de vilebrequin et celui de l'arbre est de deux c'est à dire que le diamètre du pignon d'arbre à cames est deux fois plus grand que celui du vilebrequin.

L'élément de transmission peut entraîner aussi d'autres organes comme la pompe d'injection.

Ci-dessous les trois systèmes d'entraînement



Par pignons



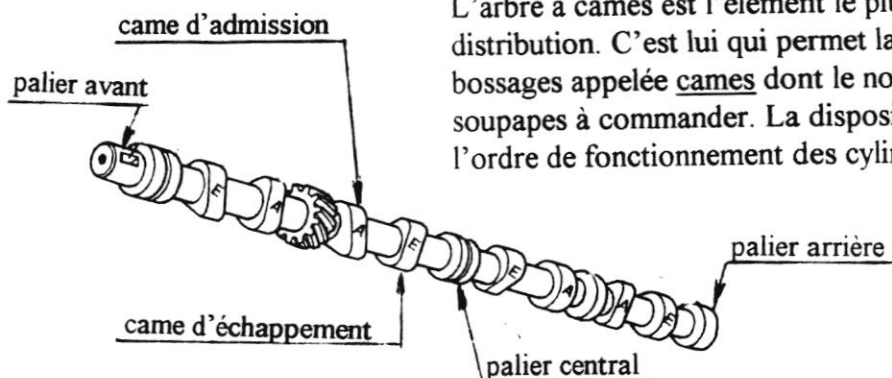
Par chaîne

Par courroie crantée

Quel que soit le système de la distribution adopté il est nécessaire de mettre en concordance le vilebrequin avec l'arbre à cames c'est à dire faire le calage de la distribution. Celui-ci est très important car il assure le respect de l'épure de la distribution. Il est nécessaire de remplacer la courroie aux périodes préconisées par le constructeur sous peine d'une destruction du moteur.

Dispositif de commande des soupapes

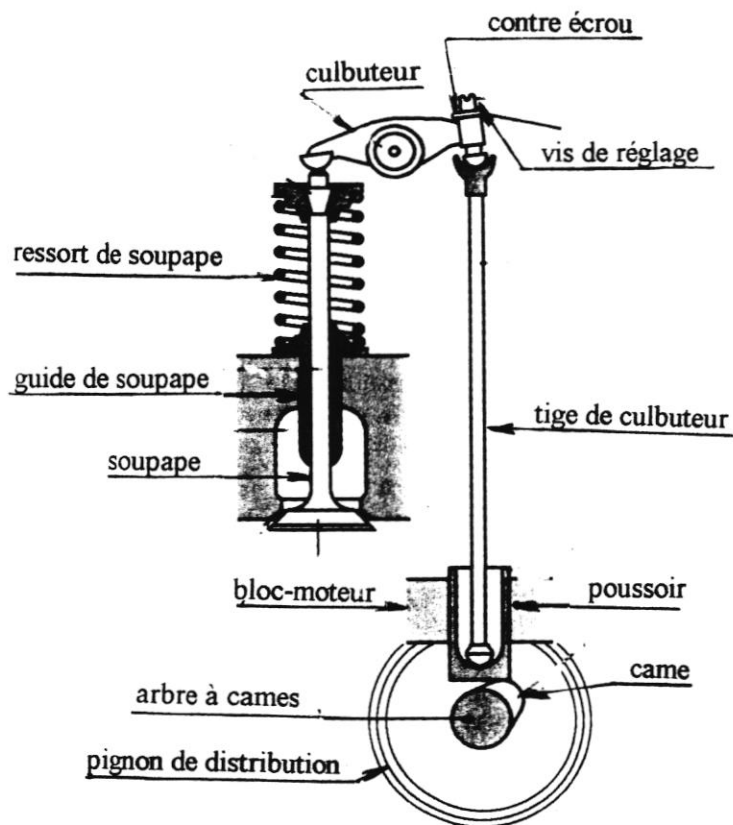
Arbre à cames



L'arbre à cames est l'élément le plus important de la commande de distribution. C'est lui qui permet la levée des soupapes par les bossages appelés cames dont le nombre correspond à celui des soupapes à commander. La disposition relative des cames dépend de l'ordre de fonctionnement des cylindres.

Selon la position de l'arbre à cames, la composition du dispositif de commande est différente.

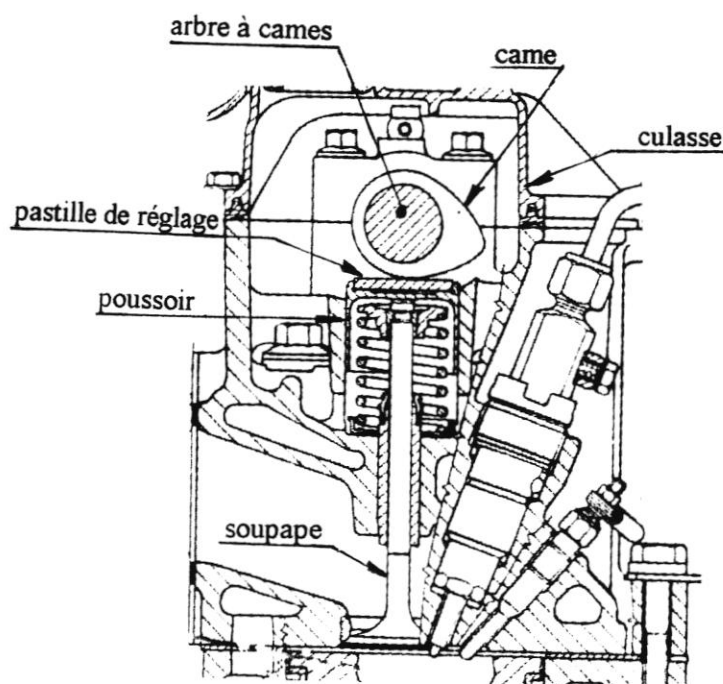
- Arbre à cames latéral



Nous avons :

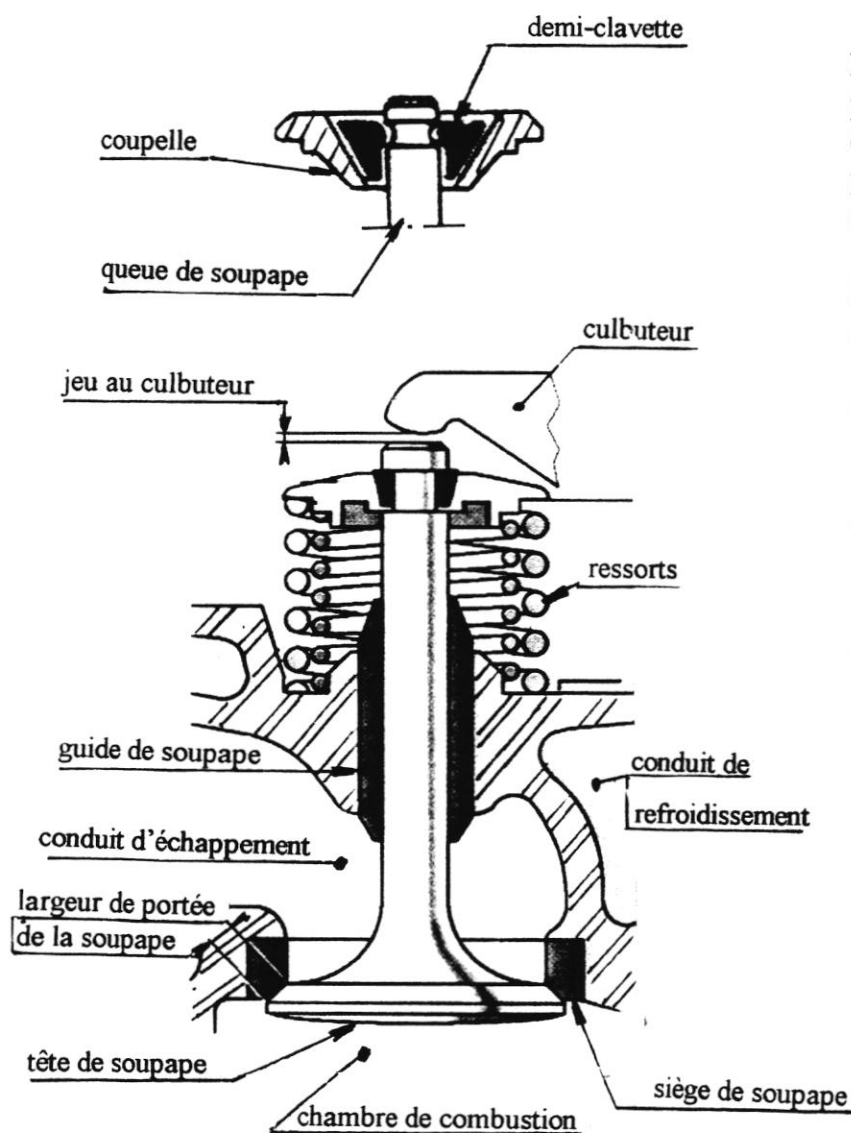
- le poussoir transmet la poussée de la came et absorbe les réactions latérales dues aux cames
Il coulisse dans un guide emmanché dans le bloc moteur.
- la tige du culbuteur transmet au culbuteur le mouvement engendré par les cames.
Aux extrémités elle a 2 formes, une sphérique côté poussoir, et une en forme de cuvette pour recevoir la vis de réglage.
- le culbuteur en inversant du mouvement commande l'ouverture et la fermeture de la soupape.

- Arbre à cames en tête



L'arbre à cames est placé sur la culasse à proximité immédiate des soupapes et nous avons qu'un seul intermédiaire avec la soupape c'est le poussoir. Le réglage du jeu est réalisé par interposition de cales entre le poussoir et la came.

Les soupapes



Les soupapes sont les "robinets" qui permettent l'entrée de l'air et la sortie des gaz d'échappement, assurent une parfaite étanchéité à la fermeture sur le siège de soupape.

Elles sont soumises à des contraintes de 3 ordres :

- Mécanique

A 6000 tr/mn par exemple, chaque soupape poussée par la distribution puis rappelée par son ressort s'ouvre et se ferme 50 fois par seconde. Elle doit résister à ce martèlement ainsi qu'à la pression de la combustion tout en assurant une bonne étanchéité en position fermée.

- Chimique

Elles doivent résister à la corrosion engendrée par la combustion.

- Thermique

Les soupapes devront tenir en température, celle d'échappement est d'environ 800 ° C.

L'ensemble du mécanisme comporte un certain nombre de pièces avec des fonctions bien distinguées.

- le clavetage est l'ensemble des éléments maintenant la soupape
- le ressort doit assurer le rappel de la soupape et la maintenir plaquée sur son siège
- le guide doit permettre un bon coulisement de la queue de soupape sans trop de jeu pour éviter les remontées d'huile.
- la tête se présente comme la forme d'un champignon et elle comporte une portée conique qui appliquée contre le siège correspondant assure l'étanchéité.

Les soupapes s'échauffent et se dilatent, aussi pour assurer la fermeture à froid il faut prévoir un jeu entre la queue de soupape fermée et le poussoir ou le culbuteur. Le jeu est indiquée par le constructeur et doit être respecté afin d'éviter une perte d'étanchéité dont les conséquences sont graves, perte de compression et de puissance mais surtout soupape "grillée".

LE REFROIDISSEMENT

La chaleur produite par la combustion, le frottement des organes mobiles, amènent une élévation de température se traduisant par une dilatation des pièces, une modification des propriétés de matériaux, l'altération du lubrifiant...

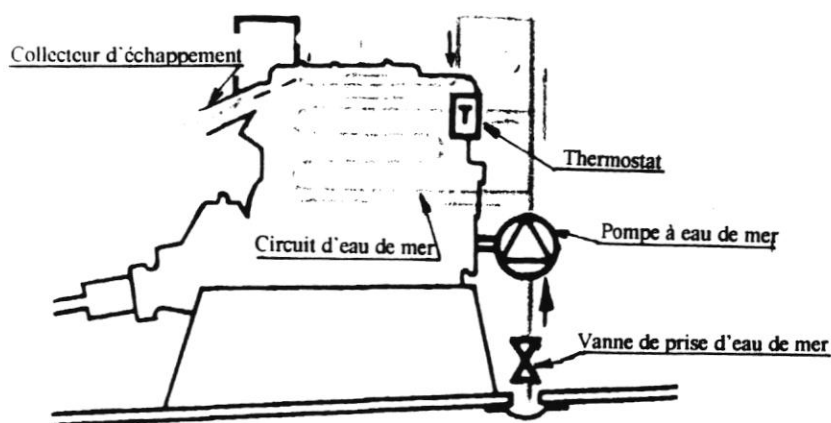
Pour limiter cet échauffement et évacuer les calories, le moyen utilisé est le refroidissement par eau.

Sur le bateau, deux systèmes sont utilisés :

- refroidissement direct à l'eau de mer
- refroidissement indirect à l'eau douce

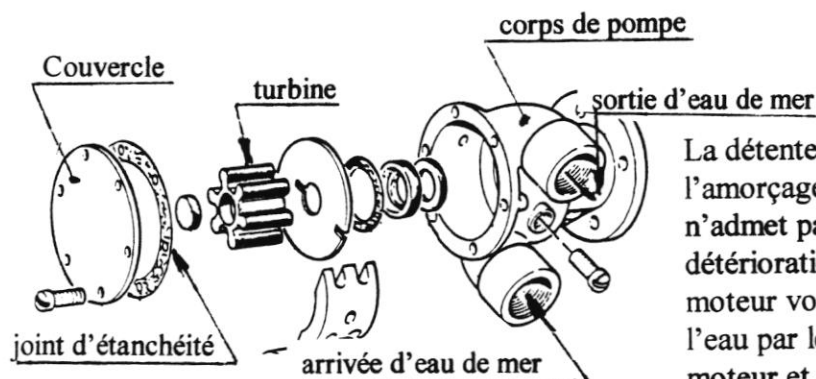
Dans les deux systèmes, nous avons un circuit sur le moteur qui est identique : l'eau circule dans la culasse et le bloc moteur. Il est incorporé un thermostat dont le rôle est de réguler la circulation de l'eau au démarrage, tant que celle-ci n'a pas atteint une température recommandée par le fabricant.

Refroidissement direct à l'eau de mer



L'eau de mer est aspirée au travers de la crépine par la pompe, est refoulée dans le circuit interne du moteur. Ensuite elle est rejetée dans le collecteur d'échappement.

La pompe d'eau de mer est constituée d'un corps avec couvercle et d'une turbine en néoprène dont le fonctionnement est décrit ci-dessous.

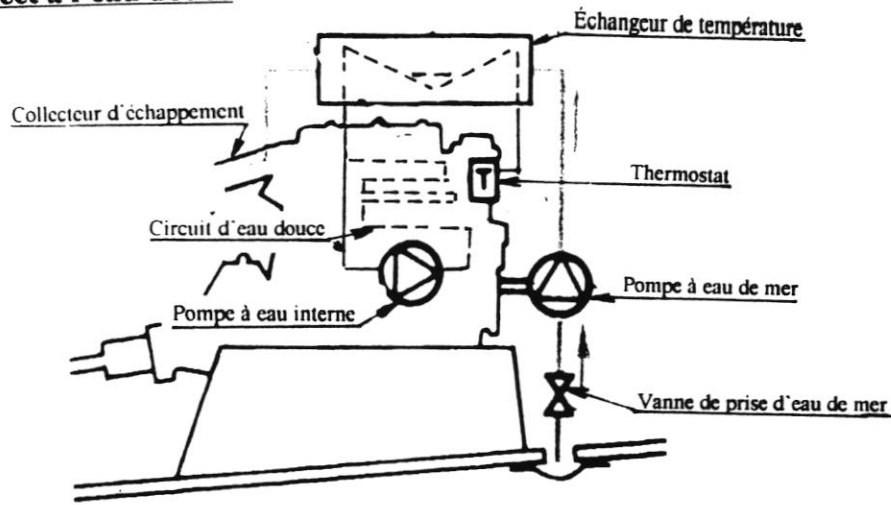


La détente des pales souples de la turbine assure l'amorçage de la pompe et le refoulement. Cette pièce n'admet pas de fonctionnement à sec sous peine d'une détérioration rapide; aussi dès la mise en route du moteur vous devez immédiatement constater la sortie de l'eau par le tube d'échappement, si rien ne sort arrêter le moteur et chercher pourquoi l'eau ne sort pas.

sens de rotation



Refroidissement indirect à l'eau douce

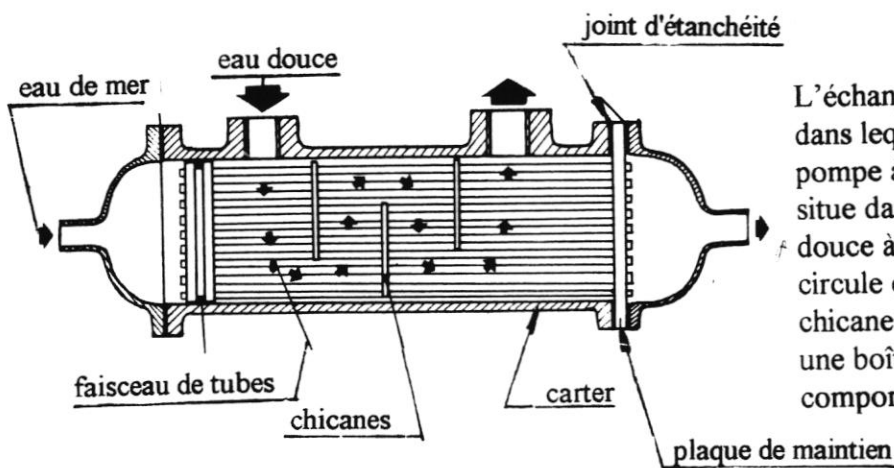


Dans ce système, l'eau reste en circuit fermé et reçoit des inhibiteurs de corrosion et d'antigel; la circulation du liquide est assurée par la pompe à eau du moteur.

L'eau douce est refroidie dans un organe appelé "**échangeur**" par l'eau de mer circulant dans des tubes.

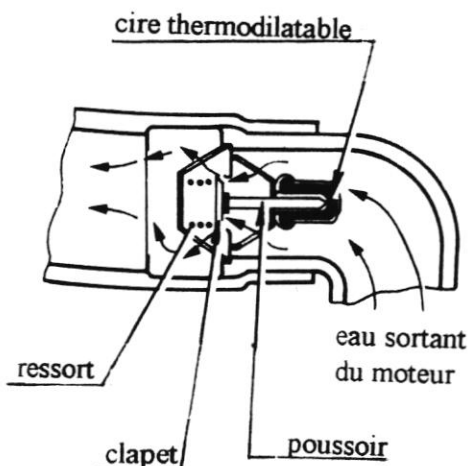
Elle est aspirée et refoulée par la pompe d'eau de mer identique à celle du circuit direct.

L'échangeur



L'échangeur est constitué d'un faisceau de tubes dans lequel circule l'eau froide venant de la pompe à eau de mer. Le faisceau de tubes se situe dans un carter dans lequel circule l'eau douce à refroidir. Celle-ci arrive par tubule et circule en zigzag à travers le faisceau grâce à des chicaneaux. Sur la partie supérieure de l'échangeur, une boîte à eau est montée qui sert de tampon et comporte le bouchon de remplissage du circuit.

Thermostat



Le circuit de refroidissement comprend un thermostat. C'est un appareil à clapet automatique fermé au repos et s'ouvre que lorsque la température de l'eau de refroidissement du moteur atteint 85°C. Environ. Son but est d'élever la température du moteur plus rapidement au démarrage et reste constante en fonctionnement. Quand le thermostat est fermé, l'eau de refroidissement passe alors une déviation vers la pompe où rejoint le circuit dans le sens d'écoulement.

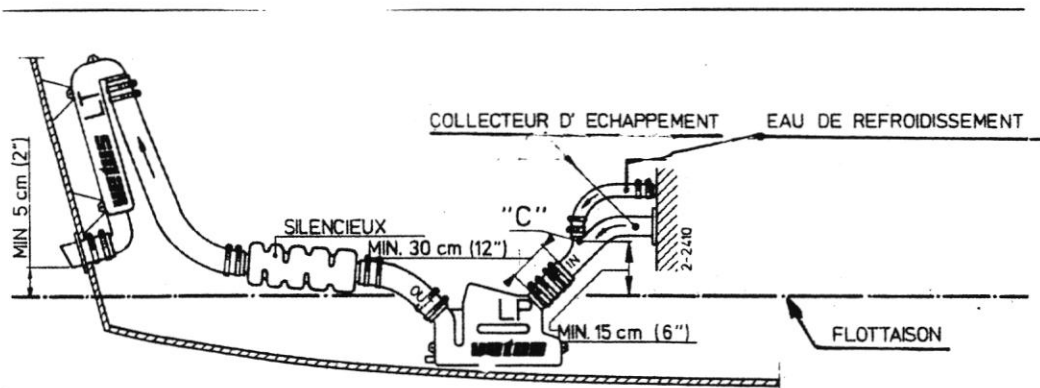
L'ÉCHAPPEMENT

La sortie des gaz d'échappement s'effectue sous une forte pression (environ 4 bars). En fonction du nombre de rythmes une onde de pression se crée, provoquant du bruit absorbé en partie dans un pot. Pour améliorer le refroidissement on les mélange avec de l'eau de mer de refroidissement en fin de circuit, dans un coude qui se trouve à l'extrémité de la tubulure d'échappement.

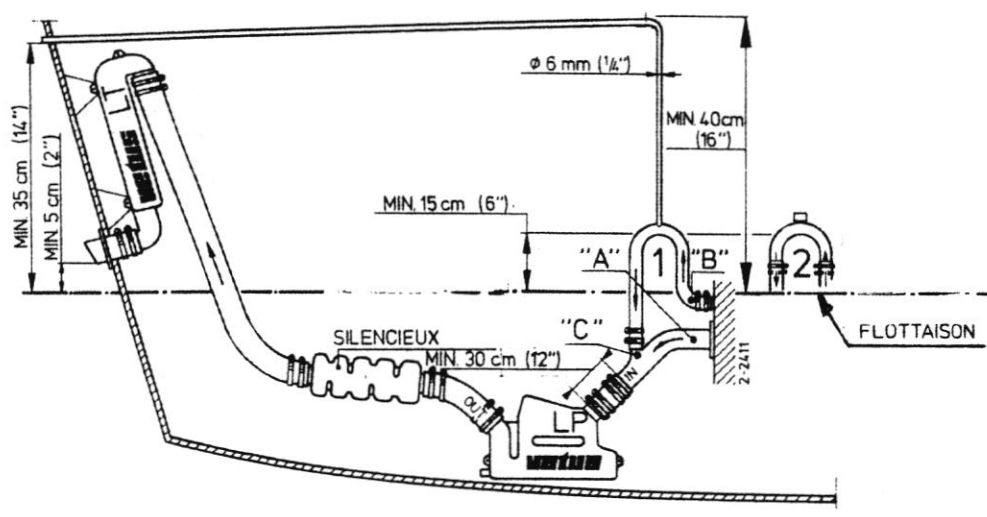
Le mélange est acheminé à la sortie de la coque par une tuyauterie en caoutchouc comportant un waterlock, un silencieux. Près de la sortie, la tuyauterie forme un col de cygne, afin d'éviter une entrée d'eau. L'utilisation du waterlock permet lors de l'arrêt moteur de récupérer l'eau se trouvant dans le tuyau afin d'éviter qu'elle remonte dans le moteur.

Suivant la position du moteur nous avons 2 types d'installation de l'échappement.

Installation au dessus de la ligne de flottaison



Installation en dessous de la ligne de flottaison



Le point C étant situé au dessous de la ligne de flottaison et à moins de 15 cm de la flottaison, le danger est lorsque le moteur est à l'arrêt, l'eau de refroidissement peut-être siphonnée à l'intérieur de celui-ci. Pour éviter cet incident il est nécessaire d'effectuer une sortie d'air dans le tuyau d'eau de refroidissement.

LA COMBUSTION

Généralités

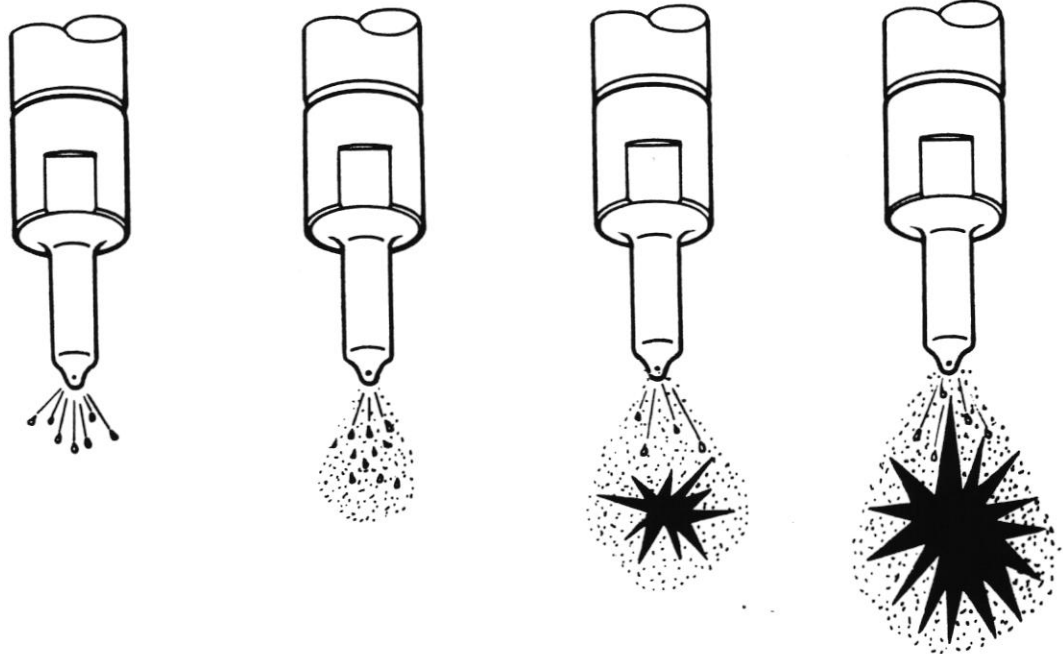
C'est l'ensemble des réactions chimiques qui se déroulent dans la chambre de combustion et dans le cylindre lors de la combinaison du combustible et de l'oxygène.

Cette combinaison pour brûler nécessite 15 g d'air pour brûler 1 g de gazole mais pratiquement on utilise 20 à 30 g d'air pour 1 g de gazole afin de disposer d'une réserve d'oxygène suffisante pour compenser l'homogénéité imparfaite du mélange.

Déroulement de la combustion

D'une manière simplifiée, examinons le processus injection combustion qui comprend quatre phases:

- l'introduction
- l'échauffement et la vaporisation
- l'auto-inflammation
- la propagation de l'inflammation



L'introduction

L'injecteur libère les premières gouttelettes de carburant dans la chambre de combustion, les gouttelettes injectées sous pression sont animées par une énergie suffisante pour pénétrer dans le volume d'air comprimé par le piston et trouver l'oxygène dont elles ont besoin pour brûler.

L'échauffement et la vaporisation

Lorsqu'elles pénètrent dans la chambre, les premières gouttelettes encore froides, se réchauffent au contact de l'air fortement échauffé par la compression puis elles s'évaporent.

L'auto-inflammation

Le carburant des premières gouttelettes ayant atteint une température suffisante et trouvé l'oxygène nécessaire, une inflammation spontanée se déclenche, la combustion commence réellement.

Le temps écoulé entre l'introduction de l'inflammation des premières gouttelettes s'appelle le délai d'inflammation. Il correspond à quelques millièmes de secondes 0,002 s.

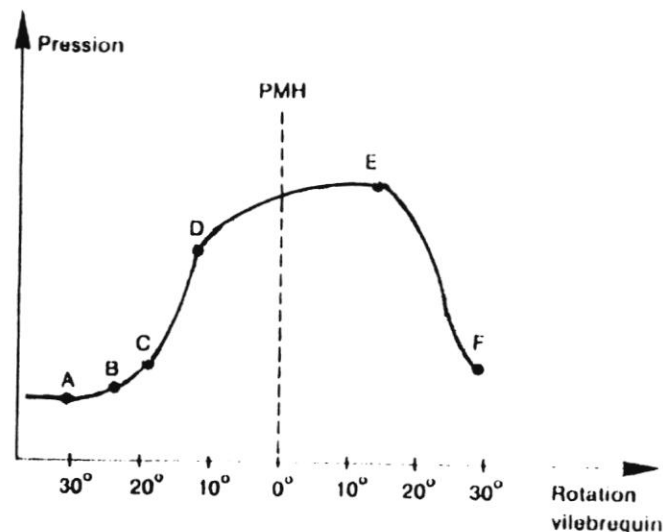
La propagation de l'inflammation

Pendant et après le délai d'inflammation, l'injecteur continue à introduire d'autres gouttelettes qui avant d'avoir eu le temps de s'échauffer suffisamment, vont cependant se trouver au contact des gaz de combustion brusquement portés à forte température.

Ce contact provoque l'inflammation en chaîne du combustible injecté et la combustion rapide qui en résulte, génère un cogement caractéristique des moteurs diesel.

Présentation graphique de la combustion

La courbe donne le déroulement de la combustion en fonction de la position du vilebrequin et des phases d'injection.



AB - Délai d'injection

C'est le temps (très court) qui s'écoule entre la sortie du combustible hors de la pompe d'injection et le début d'injection de ce combustible dans la chambre. Ce délai est constant.

BC - Délai d'inflammation

C'est le temps (très court) qui sépare le début d'injection du début d'inflammation du combustible. Ce délai est variable.

CD - Zone inflammation brutale

DE - Injection et combustion sont continues, mais la pression maxi a lieu un peu après le **P.M.H.**

EF - L'injection cesse, la combustion s'arrête : c'est la détente

B Début d'injection

E fin d'injection

Pendant tous ces délais, le vilebrequin n'est pas fixe. Si on déclenchait l'injection au **P.M.H.**, on aurait une pression maximale bien après le **P.M.H.** Et donc un mauvais rendement.

Il est donc nécessaire de prévoir un calage initial de l'injection.

VI ÉQUIPEMENTS ÉLECTRIQUES DU MOTEUR

Sommaire

ÉQUIPEMENTS ÉLECTRIQUES DU MOTEUR	EE 1
- Généralités	
LE CIRCUIT DE DÉMARRAGE	EE 2
- Fonction globale - Éléments constitutifs du circuit de démarrage	
- Présentation du démarreur	
- Fonctionnement de la commande	
LE PRÉCHAUFFAGE	EE 6
- Fonction globale - Schéma du préchauffage - Les différents types de bougies	
- Branchement des bougies	
LE CIRCUIT DE CHARGE	EE 8
- Fonction globale - Éléments constitutifs du circuit de charge	
- Présentation de l'alternateur	
- Les fonctions de service et leurs constituants	
- Courbes caractéristiques	

VI ÉQUIPEMENTS ÉLECTRIQUES DU MOTEUR

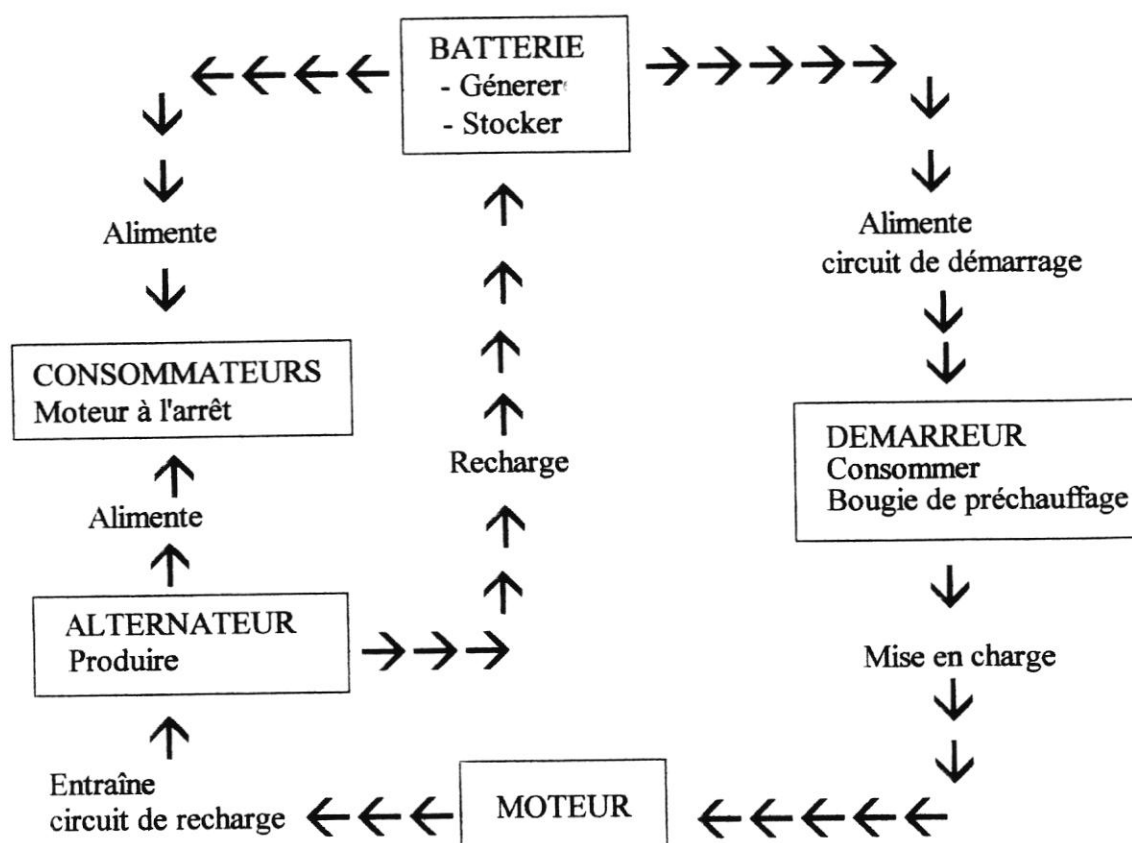
Généralités

Le fonctionnement des voiliers équipés de moteur ainsi que les vedettes, exige deux sources d'énergie électrique fiable.

Une réserve de courant (batterie) assure la mise en route du moteur et l'utilisation des appareils électroniques ainsi que ceux de confort à bord, lorsque le moteur est arrêté.

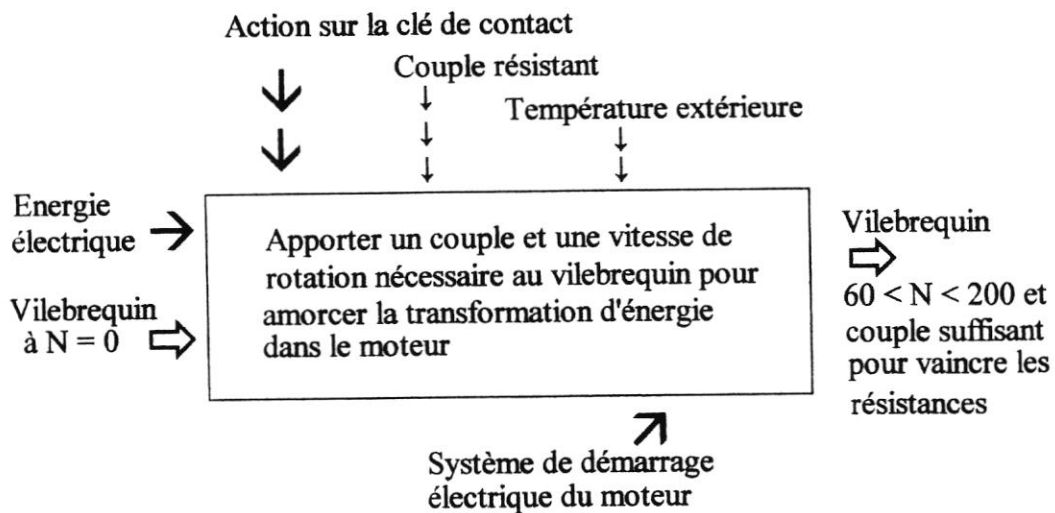
Un circuit de production d'énergie (alternateur) assure la recharge de la batterie et approvisionne la demande des consommateurs pendant le fonctionnement du moteur.

Le schéma ci-dessous indique comment notre circuit est organisé.



LE CIRCUIT DE DEMARRAGE

Fonction globale

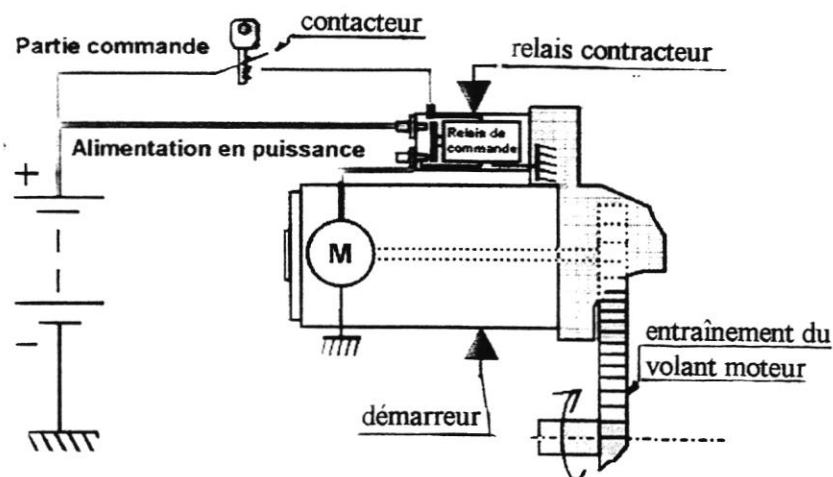


Éléments constitutifs du circuit de démarrage

La batterie fournit l'énergie électrique utile au moteur d'entraînement du démarreur par l'intermédiaire du contacteur.

L'utilisateur agit sur la clé de commande du contacteur ; le relais de commande est sollicité ; il établit le contact du circuit de puissance et agit sur la position du pignon de démarreur pour permettre l'engrènement avec le volant moteur. Le vilebrequin est mis en rotation par le moteur électrique.

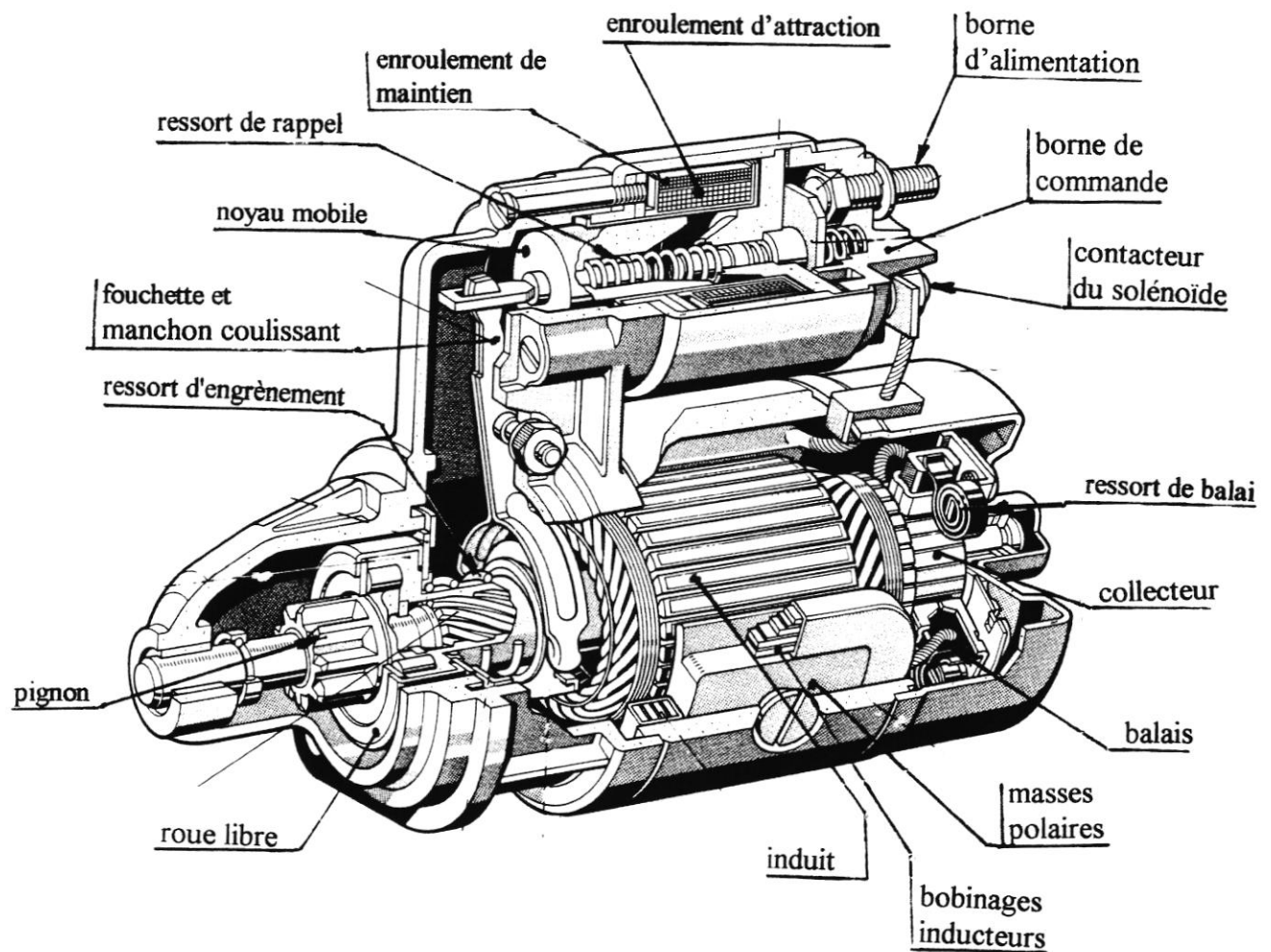
La position contact de démarrage du contacteur dispose d'un rappel par ressort et d'une interdiction de redémarrage avant réutilisation, il faut ramener la clé à la position repos.



Quand le moteur thermique est en fonctionnement le pignon du démarreur ne doit plus être en contact avec la couronne, sinon l'induit (partie tournante du moteur électrique) serait amené à des très grandes vitesses de rotation et serait détruit. Pour cela, une partie du relais sert aussi à déplacer le pignon pour permettre l'engrènement et le désengrènement.

Une forte démultiplication du régime au moteur électrique permet de fournir un couple important au vilebrequin.

Présentation du démarreur



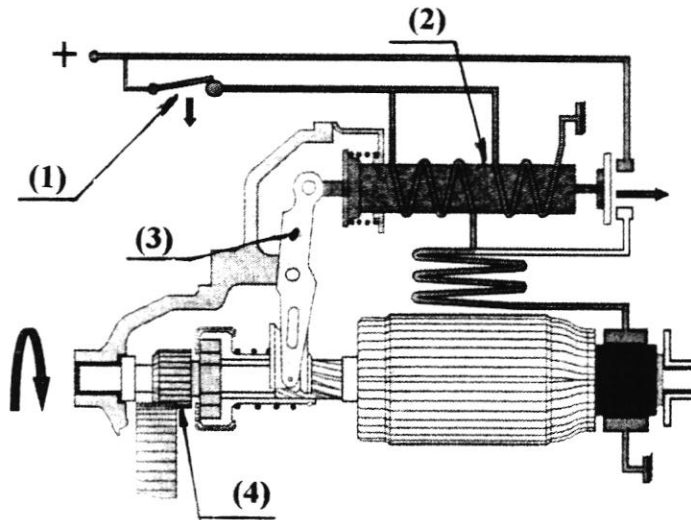
La vue éclaté du démarreur à commande positive montre la complexité de l'organe qui comporte 4 éléments principaux :

- Le moteur électrique qui doit vaincre les résistances aux frottements
- Le solénoïde est un électroaimant qui assure la commande au lanceur et la mise sous tension du moteur
- Le lanceur assure ou non la liaison entre le moteur électrique et la couronne d'entrée du moteur
- La fouquette rend solidaire la solénoïde et le lanceur .

Fonctionnement de la commande

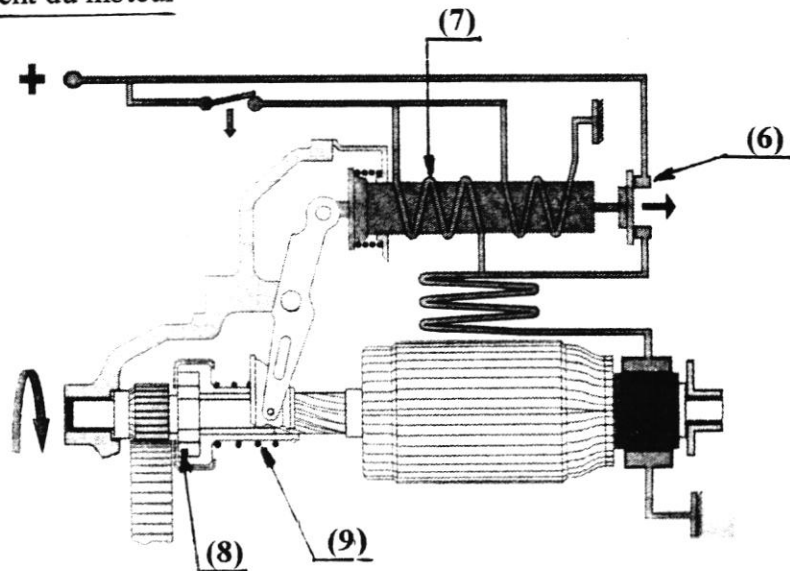
Sans entrer dans le détail du fonctionnement électrique les schémas ci-dessous indiquent comment est déclenché le processus de la mise en action du démarreur.

Phase de commande



Le contacteur de démarrage est mis en action, ce qui ferme le circuit de commande du solénoïde (1), et les bobinages de celui-ci sont parcourus par le courant. Le noyau mobile (2) est actionné par attraction magnétique. La fourchette (3) bascule entraînant le pignon (4).

Phase d'entraînement du moteur



Le contacteur (6) de puissance ferme le circuit batterie/démarreur. Toute la capacité de la batterie est mis à la disposition du démarreur. Le bobinage de maintien (7) retient le noyau mobile en position. Le moteur thermique démarre.

La roue libre (8) évite un entraînement du démarreur par le moteur thermique, évitant ainsi une détérioration du démarreur.

A l'instant où la clé de contact est relâchée, le contact est encore fermé, les flux des bobinages sont alors en opposition et s'annulent. Le ressort de rappel (9) ramène le noyau mobile en position repos. Le contacteur de puissance est ouvert, l'induit s'arrête de tourner, la fourchette amène le lanceur en position repos.

REMARQUES IMPORTANTES

A bord du bateau, la batterie pour la mise en action du moteur à une aptitude de démarrage à froid. Pour éviter des problèmes de démarrage, l'augmentation de sa capacité est une grave erreur de raisonnement.

L'utilisation d'une batterie dont la capacité est trop importante, lors du démarrage, peut atteindre un tel niveau que le démarreur risque d'être détérioré, l'enroulement étant grillé.

LE PRÉCHAUFFAGE

Les moteurs diesels qu'ils soient à préchambre ou à injection direct sont généralement équipés d'un système de préchauffage interne

Le chauffage interne consiste à placer dans chaque chambre de combustion une résistance électrique chauffante appelée bougie de préchauffage.

Fonction globale

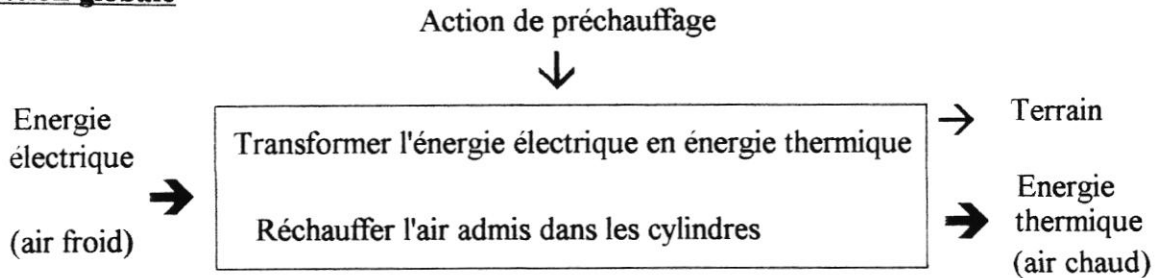
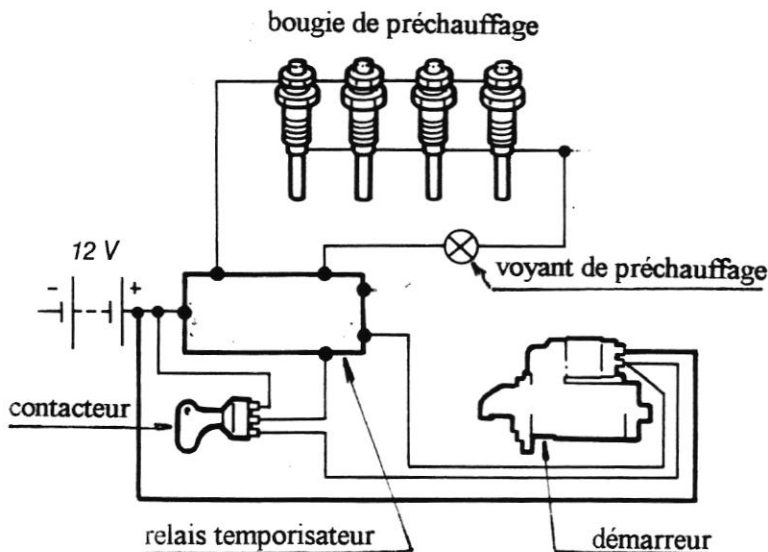


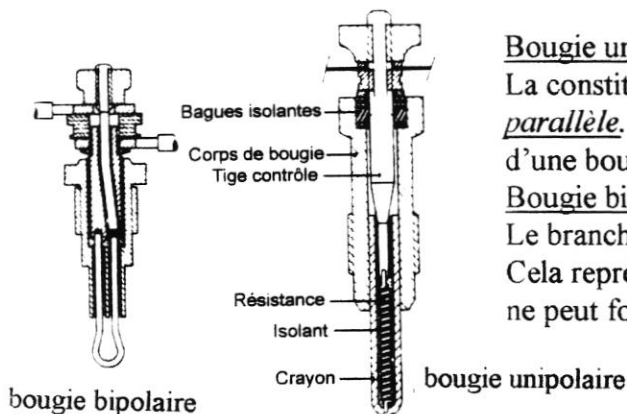
Schéma de préchauffage



Le circuit des bougies de préchauffage est commandé par le contacteur de mise en route. Celui-ci commande un relais d'alimentation des bougies dont le fonctionnement est automatiquement temporisé. La temporisation limite le temps de préchauffage et indique le signal de démarrage. La temporisation est étudiée de telle sorte que le préchauffage continue pendant l'action du démarreur afin d'obtenir un démarrage rapide du moteur.

Les différents types de bougies

Nous avons 2 types de bougies :



Bougie unipolaire

La constitution de ce type permet d'avoir un branchement en parallèle. Cela présente un avantage, en cas de défectuosité d'une bougie les autres peuvent encore fonctionner

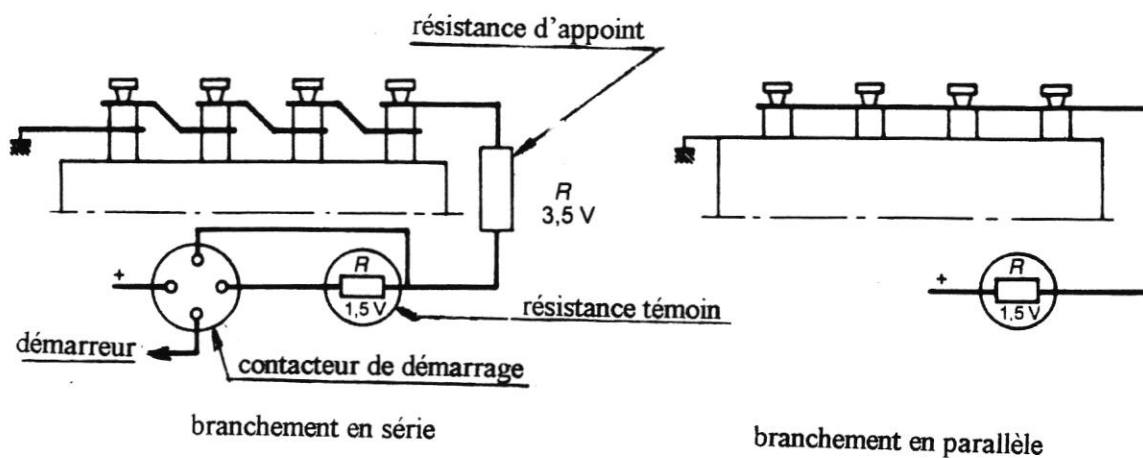
Bougie bipolaire

Le branchement électrique de ces bougies s'effectue en série. Cela représente un inconvénient, en cas de défectuosité, aucune ne peut fonctionner.

Branchement des bougies

Le schéma ci-dessous indique le montage des bougies de préchauffage. Il nous donne toute de suite une indication selon le type sans effectuer un démontage :

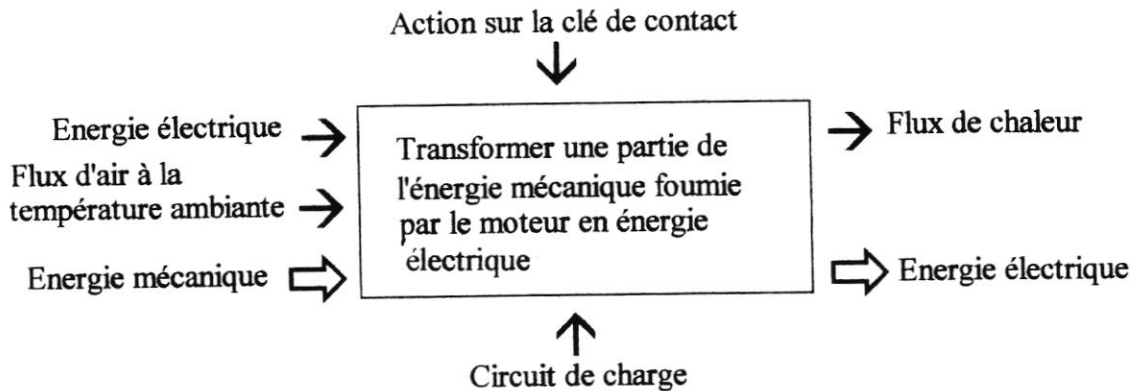
- le circuit parallèle n'a qu'une barrette
- le circuit série à deux barrettes ou deux fils



LE CIRCUIT DE CHARGE

Fonction globale

La batterie stocke le courant utile au démarrage du moteur. Lorsque le moteur tourne, il faut charger la batterie et alimenter les appareils électriques.

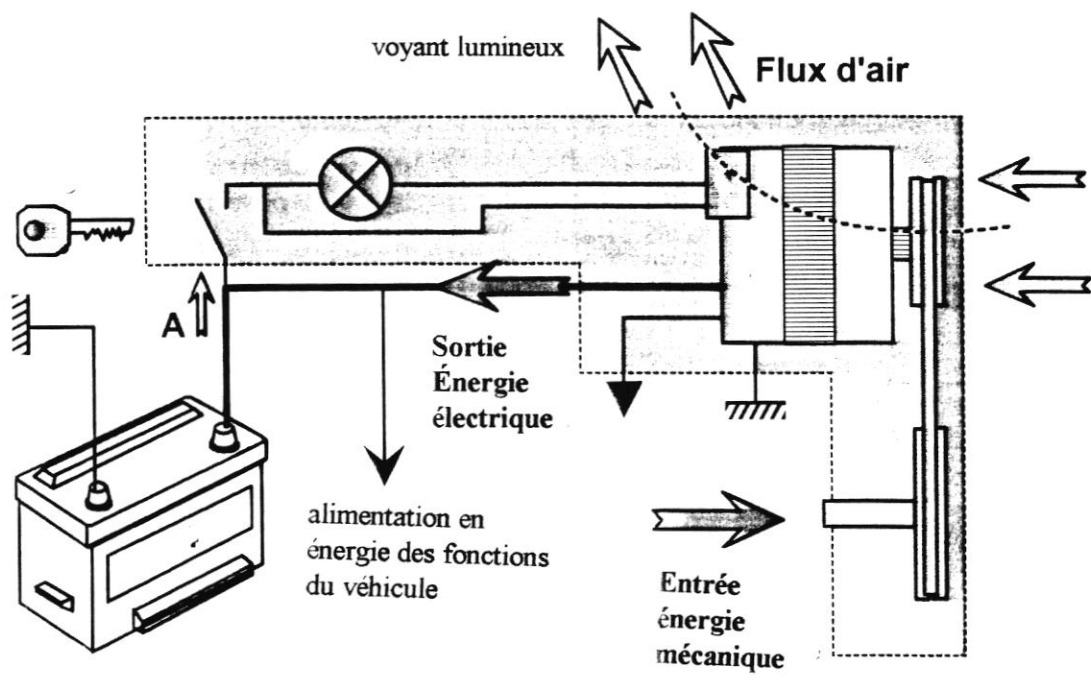


Éléments constitutifs du circuit de charge

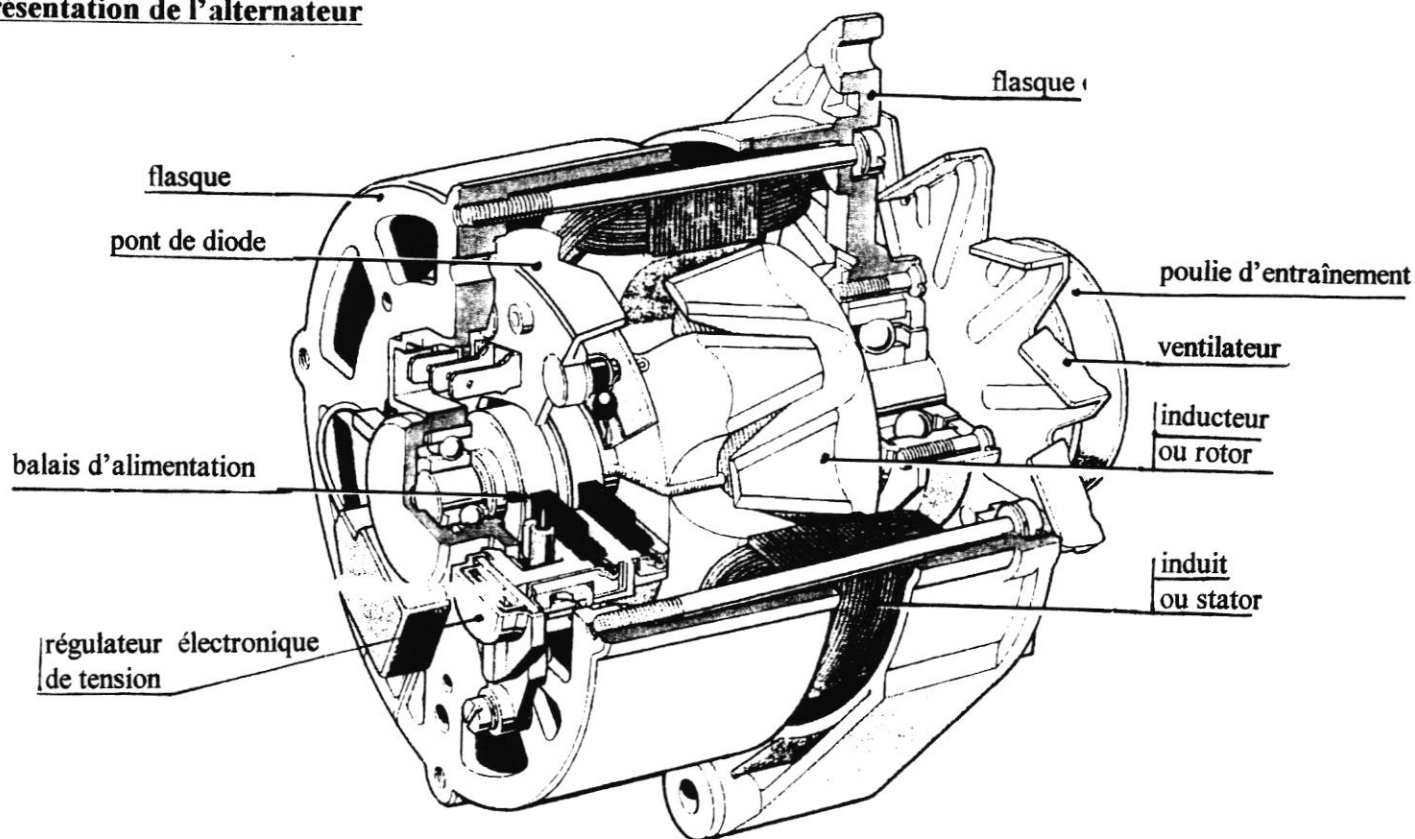
La transmission de l'énergie mécanique s'effectue par une courroie qui doit être suffisamment tendue et en bon état.

Au démarrage du moteur l'alternateur a besoin d'un courant d'amorçage qui est fourni par la lampe témoin. De plus celle-ci indique l'état de fonctionnement du circuit de charge.

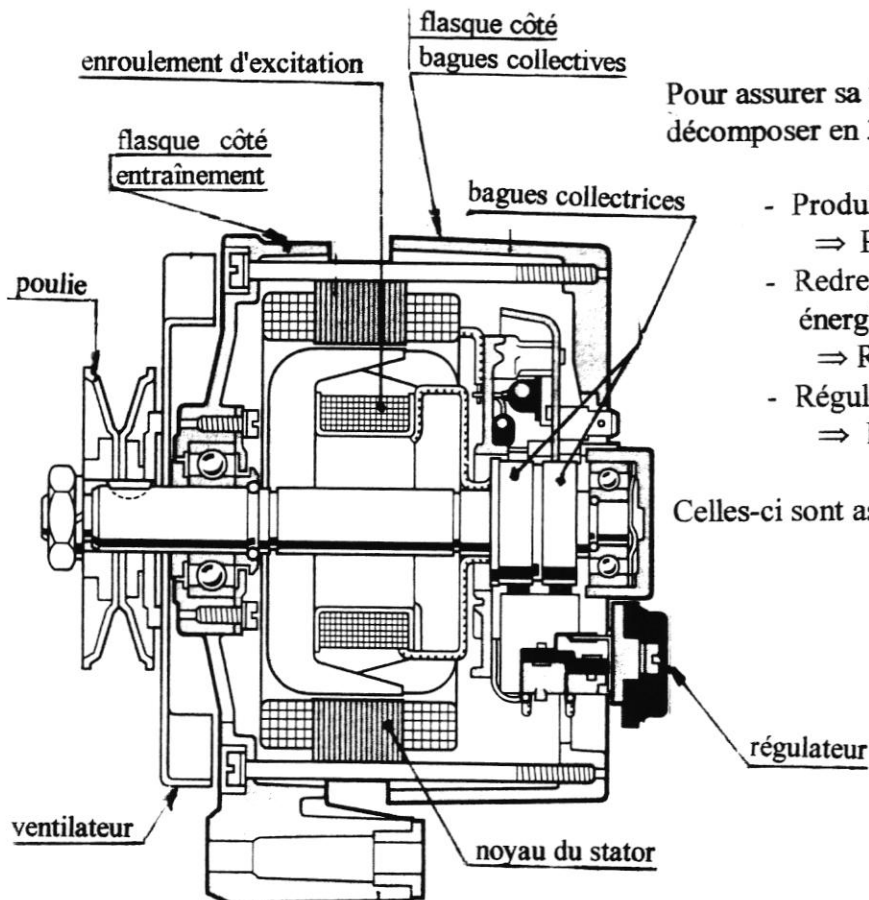
La batterie peut-être considérée comme récepteur particulier lorsque l'alternateur débite.



Présentation de l'alternateur



La vue éclatée permet de connaître les principaux éléments constituant l'alternateur, la coupe montre la complexité de l'alternateur.



Pour assurer sa fonction principale l'alternateur peut se décomposer en 3 fonctions de service :

- Produire une énergie électrique alternative :
⇒ Production d'électricité
- Redresse l'énergie électrique alternative en énergie électrique continue :
⇒ Redressement du courant alternatif
- Réguler la tension de sortie de l'alternateur
⇒ Régulation du courant

Celles-ci sont assurées par différents éléments.

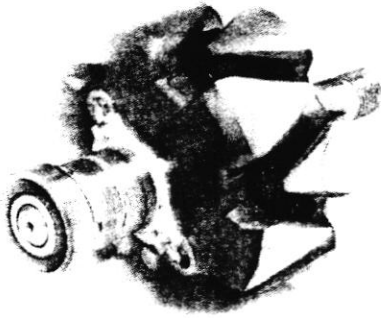
LES FONCTIONS DE SERVICE ET LEURS CONSTITUANTS

- Fonctions production de courant

Pour assurer cette fonction nous avons deux éléments :

- L'inducteur ou rotor
- L'induit ou starter

Le rotor



Il peut tourner jusqu'à 14000 tr/mn grâce au rapport de démultiplication des poulies. Il tourne à plus de 1000 tr/mn quand le moteur est au ralenti, ce qui permet à l'alternateur de débiter suffisamment .

L'enroulement du rotor fournit le champ magnétique nécessaire au fonctionnement de l'alternateur.

Le stator

Ce stator est constitué d'une carcasse métallique portant trois séries de bobinages décalées de 120°.

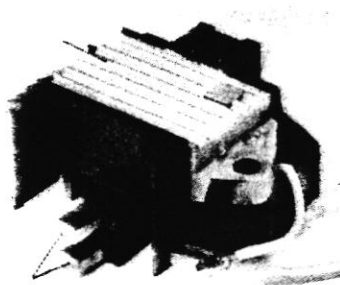
- Fonctions redressement de courant



Il est constitué d'un nombre de diodes variable. Il sert à transformer le courant alternatif en courant continu. Les diodes sont connectées en un "pont redresseur appelé couramment pont de diodes.

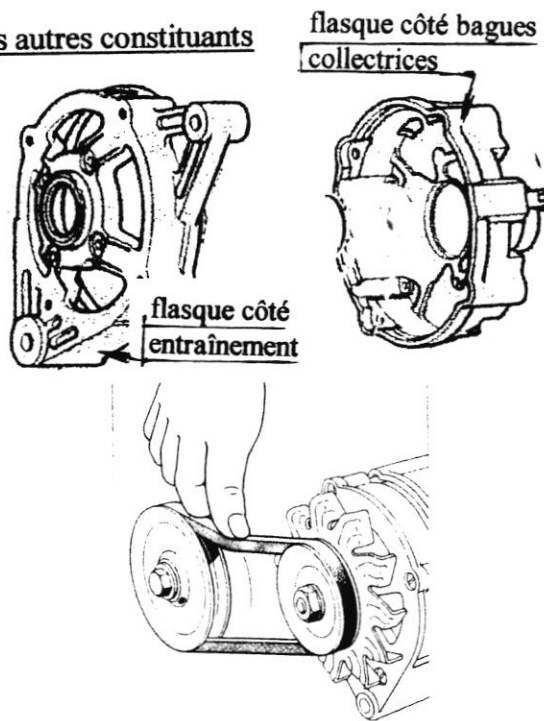
Une diode est un composant électronique dont la particularité est de laisser passer le courant que dans un seul sens.

- Fonction régulation de courant



La tension délivrée par un alternateur est fonction de sa vitesse de rotation, or les équipements électriques fonctionnent à une tension constante. Le but du montage d'un régulateur de tension est de maintenir constante la tension de l'alternateur dans toutes les plages de vitesse de rotation du moteur. Il limite la tension en ligne à environ 14,5 volts.

- Les autres constituants



Les flasques

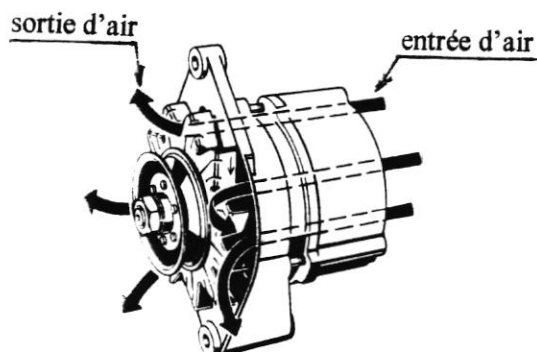
Ils permettent l'assemblage de l'alternateur et supportent l'axe du rotor par deux roulements. La flasque avant fixe l'alternateur au moteur.

La poulie

Elle permet d'entraîner l'alternateur en rotation par l'intermédiaire d'une courroie.

Elle reçoit l'énergie mécanique en provenance du moteur.

La tension de la courroie est importante, trop tendue elle charge les roulements, et pas assez, la courroie s'use par manque d'adhérence. Le croquis indique comment mesurer la force appliquée sur la courroie.



Le ventilateur

Il permet le refroidissement de l'alternateur et tout particulièrement des diodes.

Lampe témoin

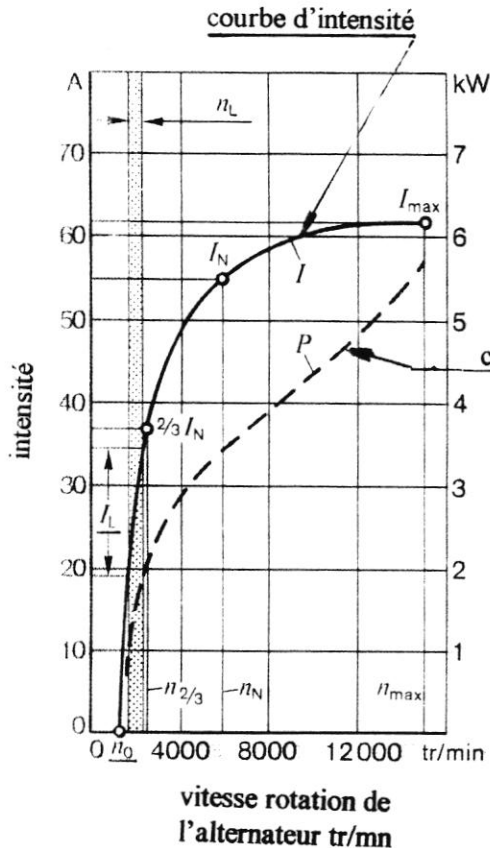
Elle n'est pas un composant de l'alternateur, mais permet l'amorçage de la production électrique au moment du démarrage du moteur thermique. L'inducteur est alimenté par la batterie au travers de la lampe témoin. Celle-ci est allumée puis s'éteint quand le moteur fonctionne.

En cas d'anomalie de l'alternateur la lampe s'allume.

Courbes caractéristiques

Les courbes montrent le comportement caractéristique de l'alternateur à des vitesses différentes.

Nous avons 2 courbes



La courbe d'intensité

Elle est variable selon la rotation de l'alternateur

- a n_0 débit nul
- I_L intensité débitée du moteur à la vitesse de ralenti du moteur
- n_l débit de l'intensité au ralenti du moteur thermique
- n maxi vitesse de rotation maximale
- I maxi intensité débitée maximale

La courbe de puissance

Elle indique la puissance maximale que le moteur thermique doit délivrer à une vitesse de rotation précise pour entraîner l'alternateur.

Elle sert pour le calcul de la courroie d'entraînement.

REMARQUES IMPORTANTES

Les composants électriques qui entrent dans la constitution de l'alternateur et du régulateur de tension, n'acceptent ni surcharge, ni court-circuit; Il faut donc éviter :

- Ne jamais couper le contact moteur avant l'arrêt de celui-ci
- D'intervir les polarités de la batterie
- D'intervir les fils du régulateur
- De créer des court-circuits avec les conducteurs de charge ou d'excitations
- De recharger la batterie sans l'avoir préalablement débranchée.

VII LES SYSTÈMES D'INJECTION

Sommaire

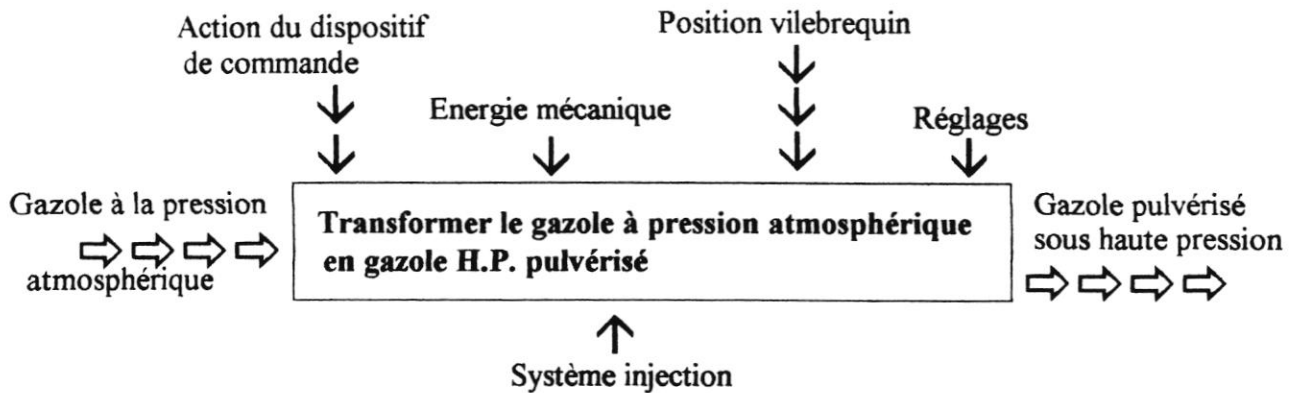
LE SYSTÈME D'INJECTION	SI 1
- Généralités	
- Organisation fonctionnelle	
- Présentation	
LA FILTRATION	SI 3
- Schéma d'implantation	
- Les filtres - Préfiltre - Filtre	
- Les types de montage	
LA POMPE D'ALIMENTATION	SI 5
- Pompe à membrane	
- Pompe à piston	
CIRCUIT D'ALIMENTATION EN COMBUSTIBLE	SI 7
- Circuit pour pompe en ligne	
- Circuit pour pompe distributrice	
- Canalisation H.P. situation sur moteur	
LA POMPE D'INJECTION	SI 10
- Principe de l'injection	
- La pompe d'injection en ligne	
- Fonctionnement d'un élément de pompe	
- Régulateur	
- La pompe distributrice	
L'INJECTEUR	SI 15
- Description - Fonctionnement	
- Les différents types - La levée	

VII LE SYSTÈME D'INJECTION

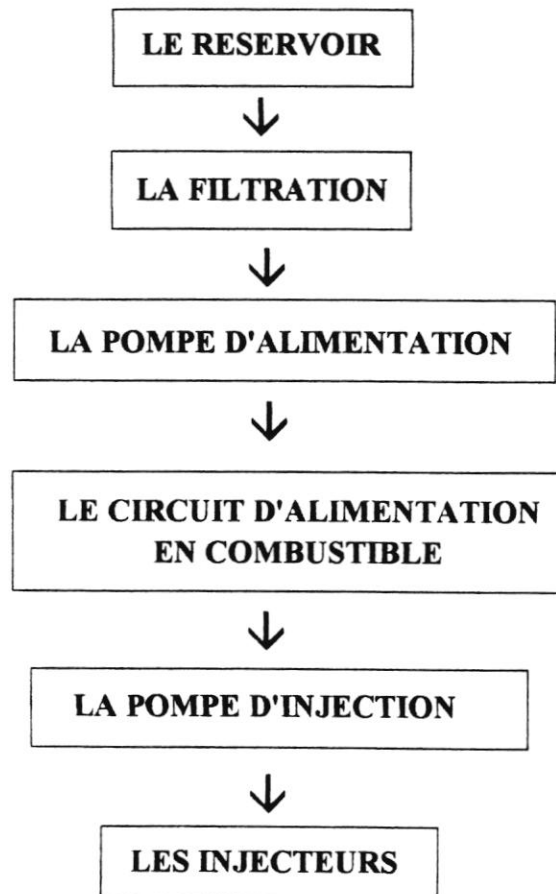
Généralités

Le système d'injection doit fournir à la chambre de combustion à un moment précis et dans un ordre donné une quantité déterminée de gazole haute pression pulvérisé.

Fonction globale



Organisation fonctionnelle



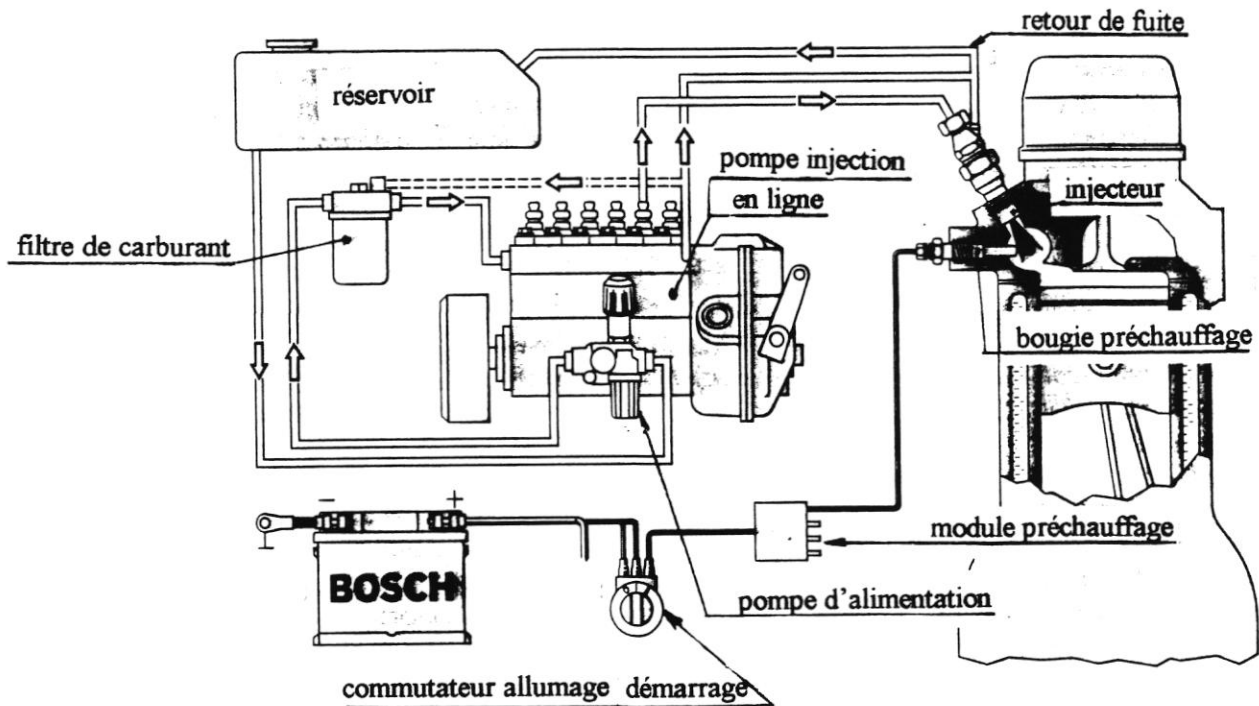
Présentation générale du système

Pour les moteurs diesels équipant les voiliers de taille moyenne, 2 types de générateurs haute pression sont en présence, c'est le générateur haute pression qui détermine le nom du système.

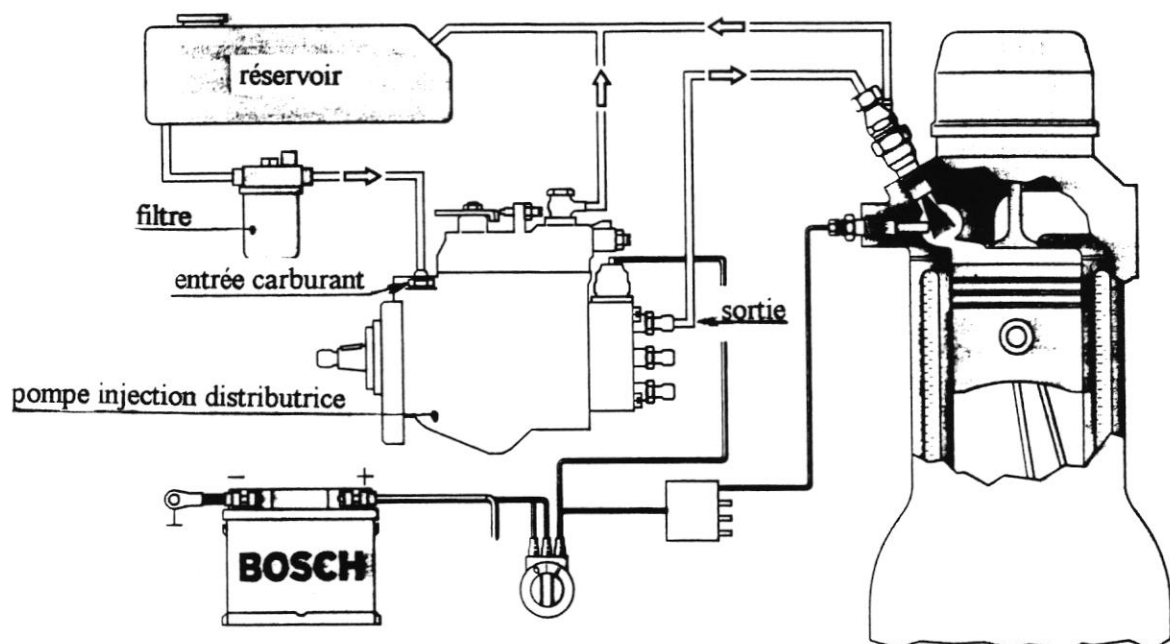
Nous avons :

- système avec pompe d'injection en ligne
- système avec pompe distributrice

SYSTÈME AVEC POMPE D'INJECTION EN LIGNE

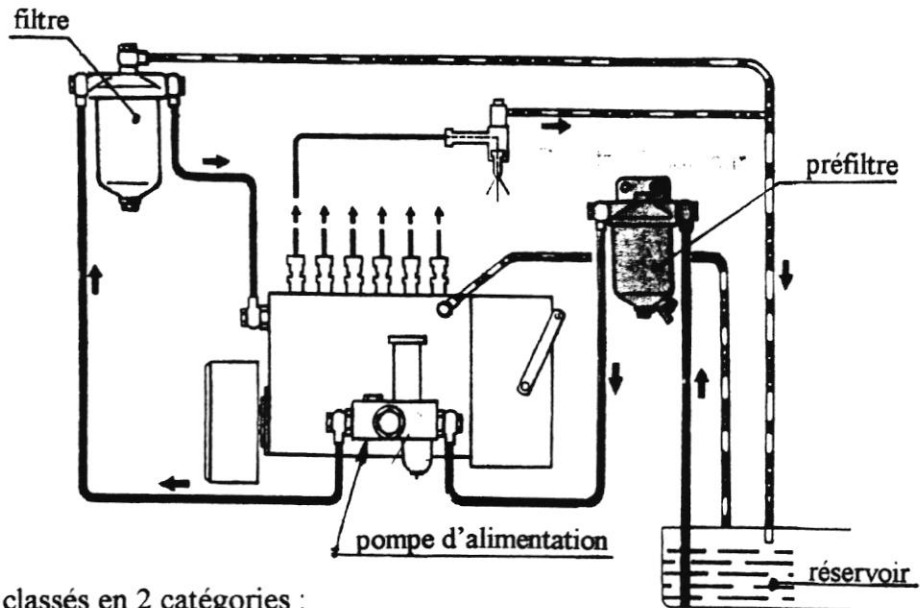


SYSTÈME AVEC POMPE DISTRIBUTRICE



LA FILTRATION

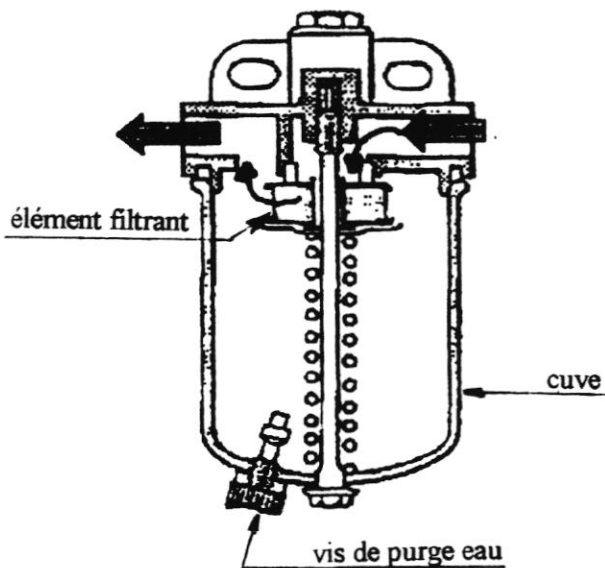
Les pompe d'injection et les injecteurs sont des mécanismes précis et coûteux qu'il convient de protéger par un système de filtrage étagé de façon à éliminer les particules métalliques ou poussières abrasives ainsi que les agents corrosifs (eau dans le combustible) incorporés dans le circuit dont les caractéristiques sont incompatibles avec les jeux fonctionnels des organes à protéger ainsi que le grippage de certains éléments.



Les filtres sont classés en 2 catégories :

- les préfiltres
- les filtres

Le préfiltre



Dans le cas où il est montré, il est toujours placé en "aspiration" entre le réservoir à combustible et la pompe d'alimentation.

Son rôle est d'arrêter les impuretés les plus grosses (20 à 80 microns) en provenance du réservoir ou des canalisations.

Le filtre

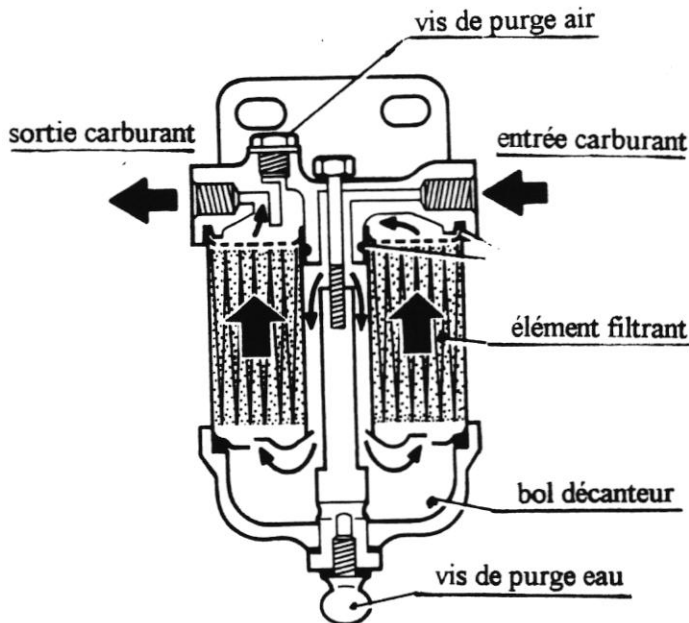
C'est l'organe principal de protection du circuit d'injection. Il arrête les impuretés de l'ordre du micron ($0,001 \mu\text{m}$) et la pression de filtrage doit être faible de 0,02 à 0,05 bar c'est ce que l'on appelle la perte de charge.

Selon le montage de la pompe d'injection nous avons un filtre adapté à ce type.

Il est simple pour une pompe d'injection en ligne et pour une pompe d'injection distributive avec un levier d'amorçage.

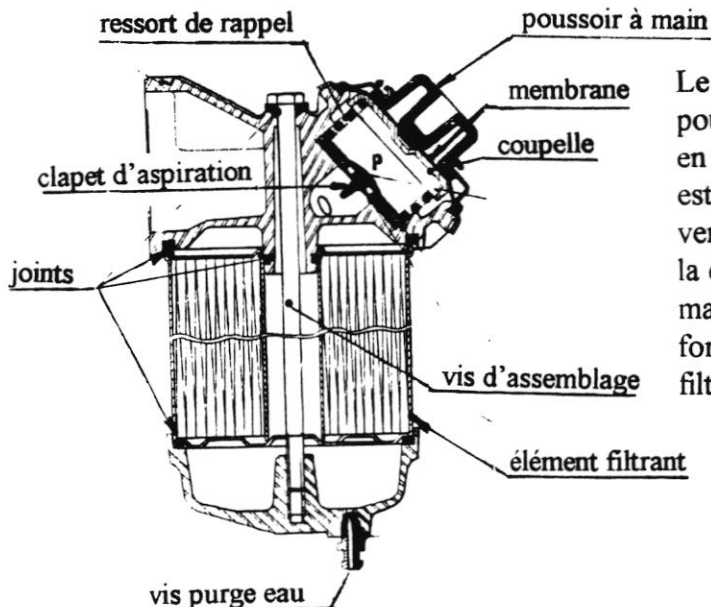
Les types et leur montage

- Pour pompe d'injection en ligne



Le croquis ci-contre nous montre comment est constitué le filtre simple. L'élément important est la cartouche filtrante qui est composée, de feutre de papier traité ou d'autres matériaux filtrants. La surface filtrante est importante pour un faible volume. Il est impératif de suivre les recommandations du fabricant pour l'échange de la cartouche sous peine de problèmes graves (démarrage impossible, oxydation des tiroirs...). Le montage du filtre dans le circuit d'injection est placé entre le côté refoulement de la pompe d'alimentation et la pompe d'injection (voir croquis au début de l'article). Le filtre est en "pression".

- Pompe d'injection distributrice



Le filtre avec pompe d'amarçage est utilisé pour ce type de pompe d'injection, il est placé en aspiration, un système d'amarçage manuel est prévu pour pomper le gazole du réservoir vers la pompe d'injection. En marche normale, la dépression créée par la pompe d'alimentation maintient les clapets ouverts et le fonctionnement devient identique à celui d'un filtre simple.

LA POMPE D'ALIMENTATION

La pompe d'alimentation aspire le carburant du réservoir et elle le refoule sous pression à environ 1 bar vers la pompe d'injection à travers le filtre à carburant.

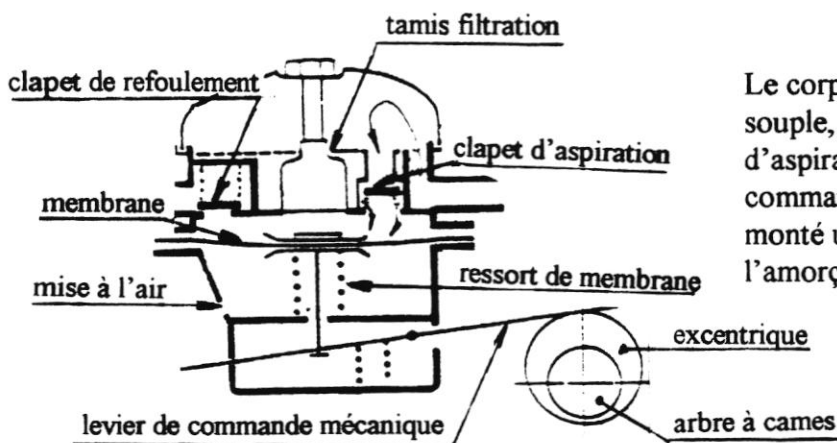
Elle peut-être montée soit sur le carter moteur ou sur le carter de la pompe d'injection. La commande de la pompe est assurée par un excentrique situé sur l'arbre à cames. Elle peut-être à membrane ou à piston.

Nous avons 2 types :

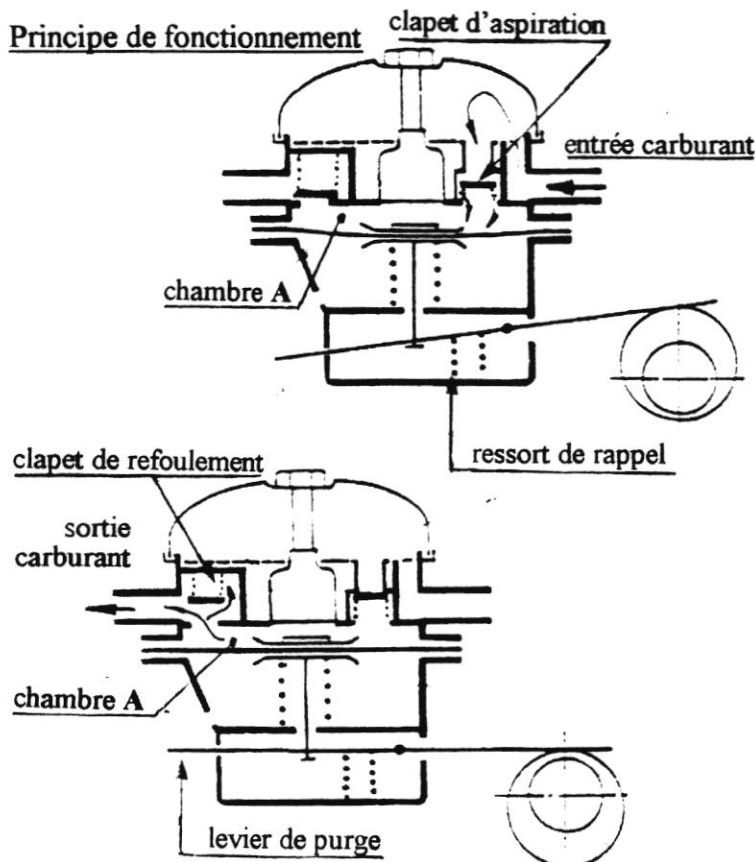
- pompe à membrane
- pompe à piston

Pompe à membrane

Constitution



Le corps de la pompe contient une membrane souple, reliée à la tige de poussée, un clapet d'aspiration et un de refoulement, un levier de commande ainsi qu'un ressort de membrane. Est monté un levier de commande qui permet l'amorçage de la purge.



Phase aspiration

Lorsque la membrane est tirée vers le bas par l'effet de l'excentrique, le volume de la chambre A augmente.

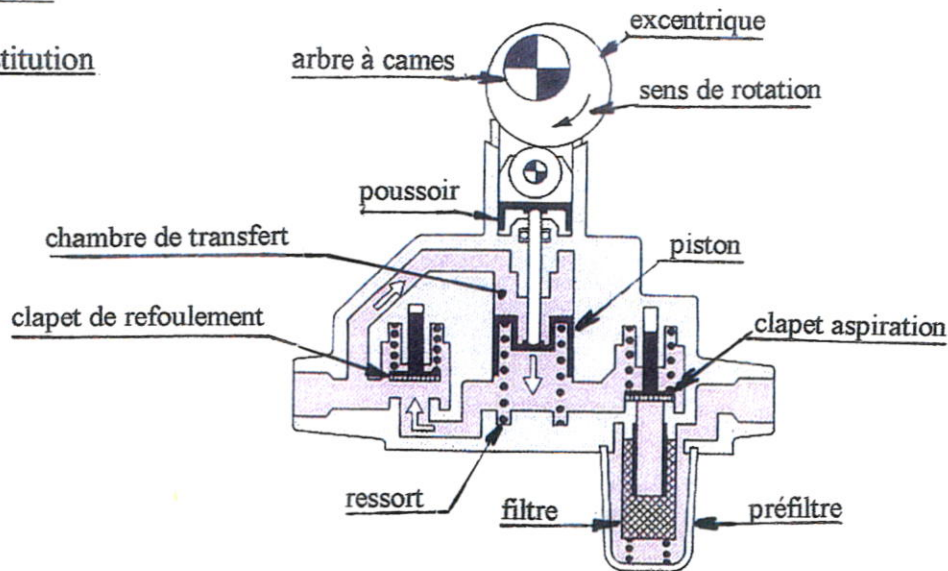
Une dépression se crée, permettant l'ouverture du clapet et l'arrivée du gazole

Phase refoulement

Lorsque l'excentrique est en bas la membrane repoussée par le ressort diminue le volume de la chambre A. Le gazole repousse le clapet et sort vers la pompe d'injection.

Pompe à piston

Constitution



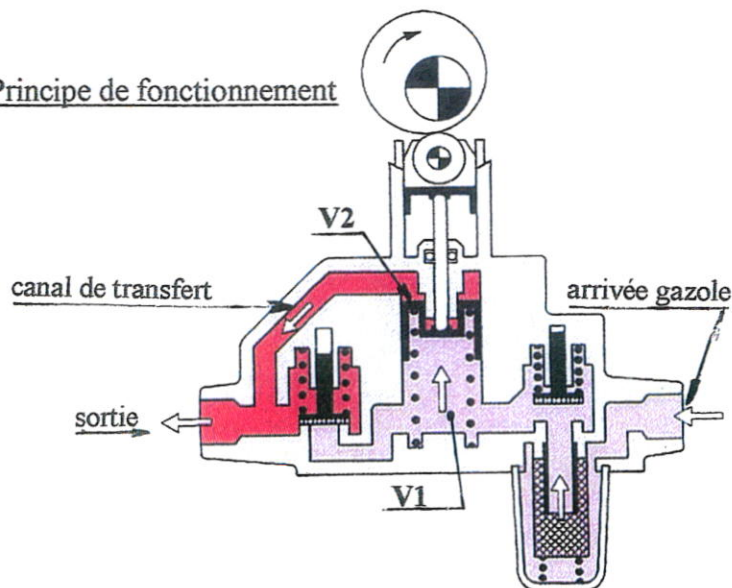
La pompe à piston est une pompe mécanique généralement fixée sur la pompe d'injection.

La course du piston est engendrée par l'intermédiaire d'un poussoir à galet et d'une tige de poussée sur l'excentrique de l'arbre à cames.

Elle a un cycle de fonctionnement très simple qui comporte 2 phases :

- Aspiration - Refoulement
- Transfert

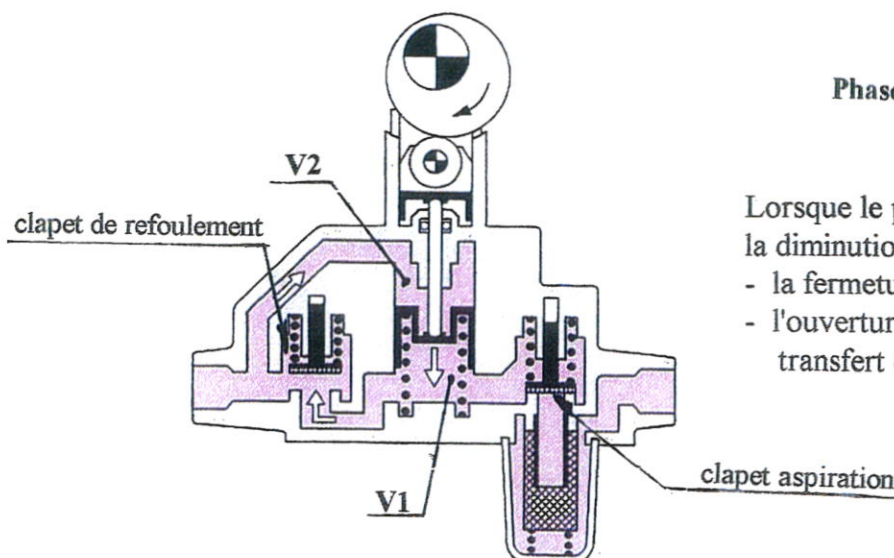
Principe de fonctionnement



Phase aspiration-refoulement

Les phases d'aspiration et refoulement sont simultanées.

Lorsque le piston recule sous l'action du ressort le volume $V1$ augmente et une dépression se crée, permettant l'entrée de gazole, simultanément $V2$ diminue et refoule le gazole par le canal de transfert.



Phase transfert

Lorsque le piston avance, sous l'action de la tige la diminution de $V1$ provoque :

- la fermeture du clapet d'aspiration
- l'ouverture du clapet de refoulement et le transfert du gazole vers $V2$ qui s'accroît.

CIRCUIT D'ALIMENTATION EN COMBUSTIBLE

Les circuits d'alimentation et leurs composants diffèrent selon qu'il s'agit d'une pompe d'injection "en ligne" ou d'une pompe "distributrice".

Ils permettent d'amener à la pompe d'injection une quantité de combustible suffisante, parfaitement filtrée, sans émulsion, ni présence d'eau et sous pression déterminée.

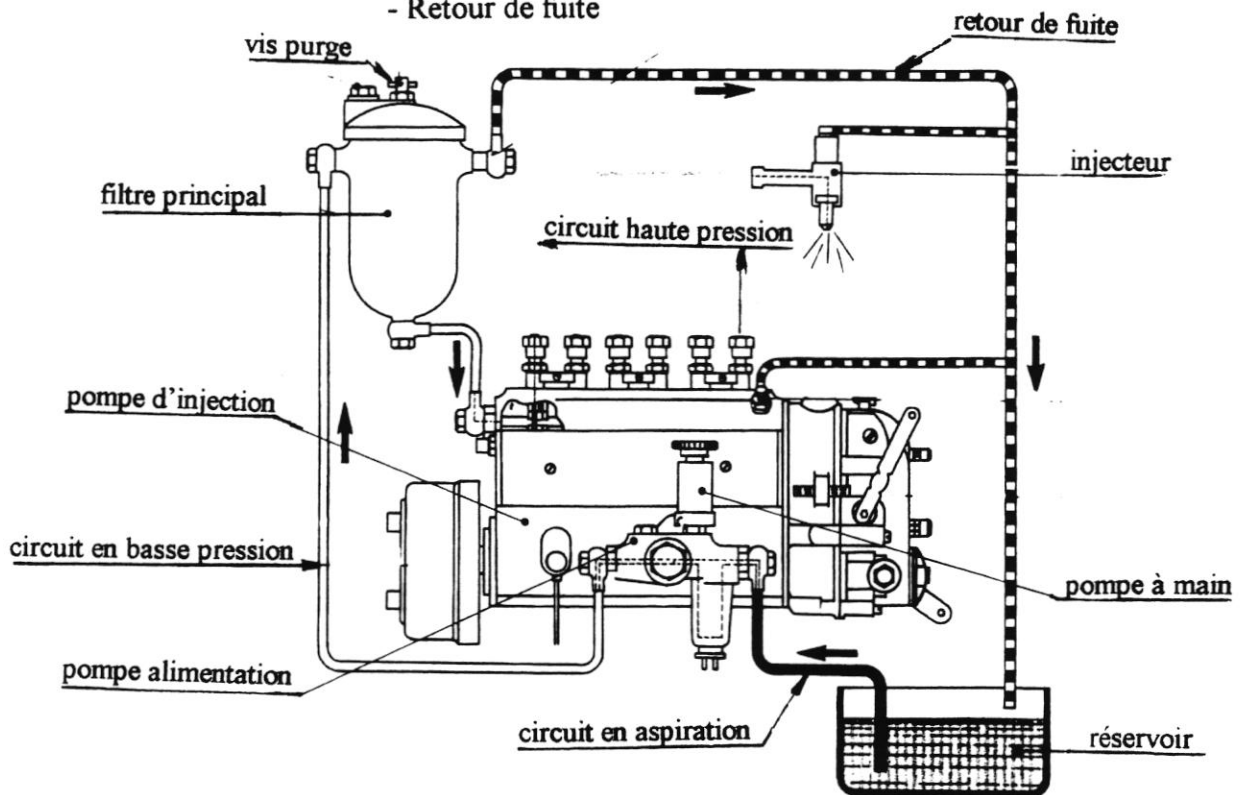
Ils participent également à la stabilisation de la température de la pompe d'injection.

Présentation générale

Circuit pour pompe injection en ligne

Celui-ci se divise en 4 parties :

- En aspiration
- Basse pression
- Haute pression
- Retour de fuite



Circuit en aspiration

Du plongeur dans le réservoir en passant par le préfiltre jusqu'au raccord d'aspiration de la pompe d'alimentation.

C'est uniquement sur cette partie du circuit que l'on peut rencontrer une panne appelée "prise d'air" (joint défectueux, canalisation percée...).

Circuit en basse pression

Du côté refoulement de la pompe d'alimentation en passant par le filtre principal, jusqu'à "la pompe injection".

Sur cette partie tout manque d'étanchéité se traduit par une "fuite".

Circuit haute pression

Part de la pompe haute pression jusqu'aux injecteurs.

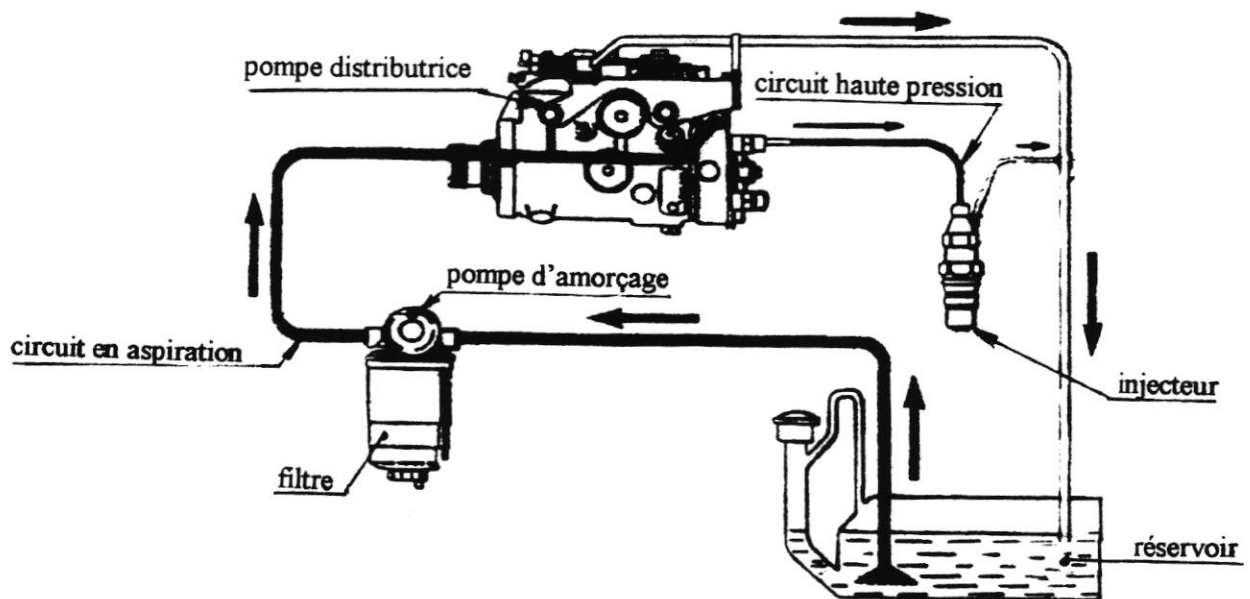
Les canalisations pour cette partie sont renforcées afin de résister à la pression et aux vibrations.

Circuit retour de fuite

Cette désignation est trompeuse, elle a pour but de récupérer l'excédent de gazole qui est nécessaire au bon fonctionnement de la combustion

Circuit pour pompe distributrice

Ce circuit est différent du précédent par l'incorporation de la pompe d'alimentation dans la pompe d'injection et du montage du filtre avec pompe d'amorçage.



Circuit en aspiration

Du plongeur dans le réservoir en passant par la pompe d'amorçage jusqu'à la pompe distributrice. Même remarque pour la prise d'air que pour la pompe en ligne.

Circuit haute-pression

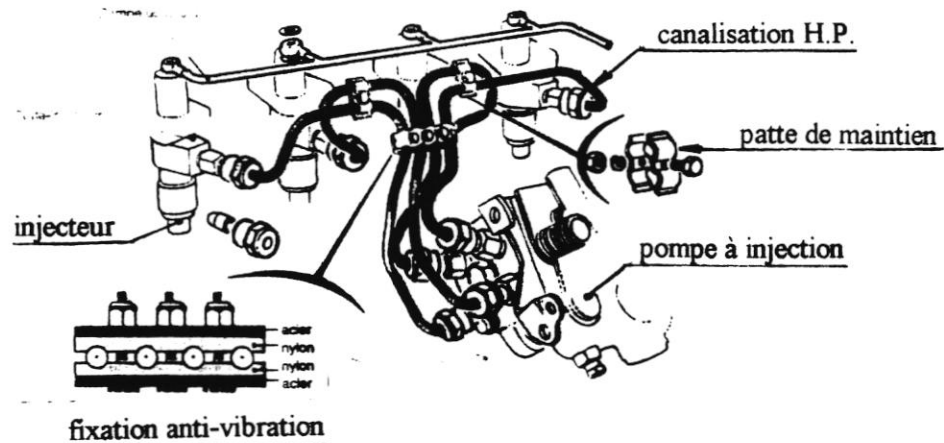
De la sorte de la pompe haute-pression jusqu'aux injecteurs; même remarque pour la canalisation que pour la pompe en ligne.

Circuit retour de fuite

Même description que pour la pompe en ligne.

Canalisations pour haute-pression

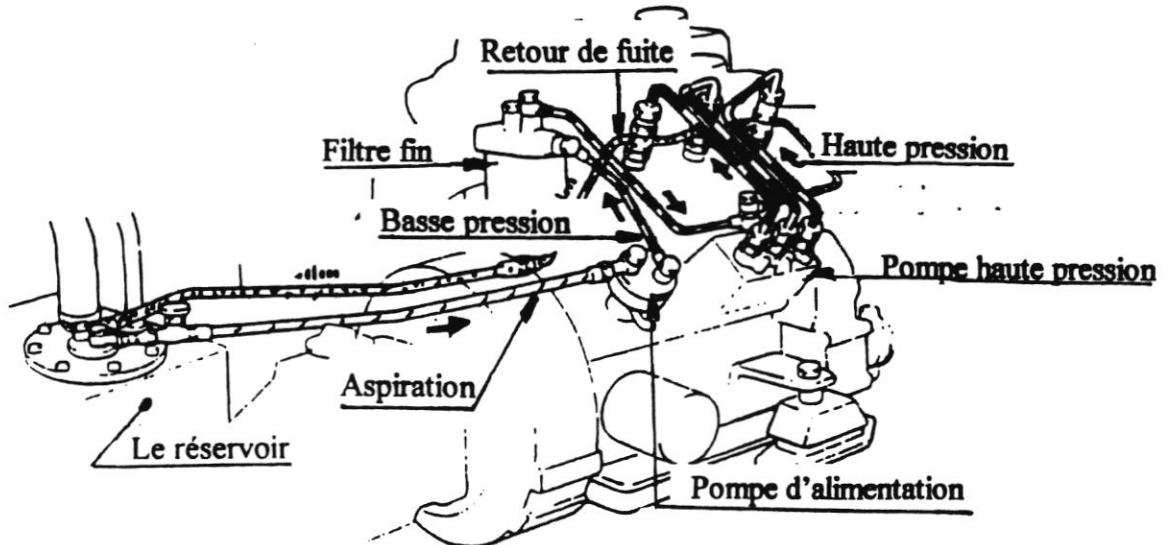
Suivant le tarage de l'injecteur, la canalisation se "gonfle" au moment de l'injection (en fonction de l'épaisseur de la paroi et de l'acier employé). Cette élasticité peut faire varier le débit et la durée de l'injection.



Pour éviter un déséquilibre des débits et un décalage angulaire du début de l'injection, la longueur de chaque tuyau doit être identique pour tous les cylindres.

Situation sur moteur

Circuit d'alimentation combustible : pompe en ligne



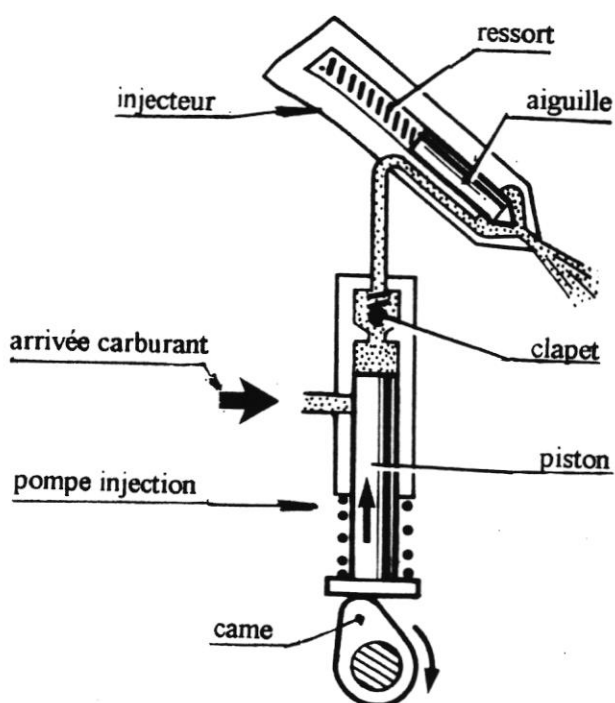
Cette vue doit vous mettre en confiance quand vous effectuez la purge ou que vous voulez identifier un organe. Comme le circuit est peut-être caché par endroits, vous devez partir des injecteurs pour remonter vers le réservoir afin de suivre la canalisation en posant des repères (fils de couleur, ruban, etc...). Et vous l'identifiez facilement.

LA POMPE D'INJECTION

Généralités

Le terme injection s'applique à l'ensemble des opérations qui conduisent à injecter **la juste quantité de combustible à un moment précis** et selon une répartition judicieuse. En fin de compression, la pression dans la chambre de combustion peut dépasser 60 bars, pour que le carburant pénètre dans l'air comprimé, il doit être forcé par une pression d'injection nettement supérieure, afin d'obtenir une très fine pulvérisation et une répartition homogène du carburant dans l'air comprimé.

Principe de l'injection



Débouchant dans la chambre de combustion, l'injecteur relié à la pompe d'injection, dont le rôle est de refouler vers la pompe d'injection à un moment très précis, le volume de carburant nécessaire pendant quelques millièmes de seconde.

En outre la pompe doit assurer l'égalité des volumes injectés dans chacun des cylindres du moteur pour que le fonctionnement de celui-ci soit équilibré. Par exemple pour une cylindrée unitaire de 1 litre, lorsque le moteur travaille à pleine charge, il faut injecter à chaque cycle un vingtième de cm^3 de carburant. Et pour que le moteur puisse fonctionner au ralenti, ce volume de carburant doit pouvoir être réduit à un centième de cm^3 , ce qui représente en masse moins d'un centième de grammes. Afin de maîtriser les problèmes de dosage, les pompes d'injection sont toujours associées à un **régulateur**.

A titre d'information le jeu toléré entre le piston et le cylindre d'une pompe d'injection est de l'ordre de deux millièmes de millimètre tous défauts compris.

L'avance à l'injection

Pour que l'injection se réalise avant le point mort haut du piston, et pour absorber le délai de transmission de l'injection, il est nécessaire de régler une avance en fonction de la position de rotation du moteur. Cette avance est déterminée par le constructeur.

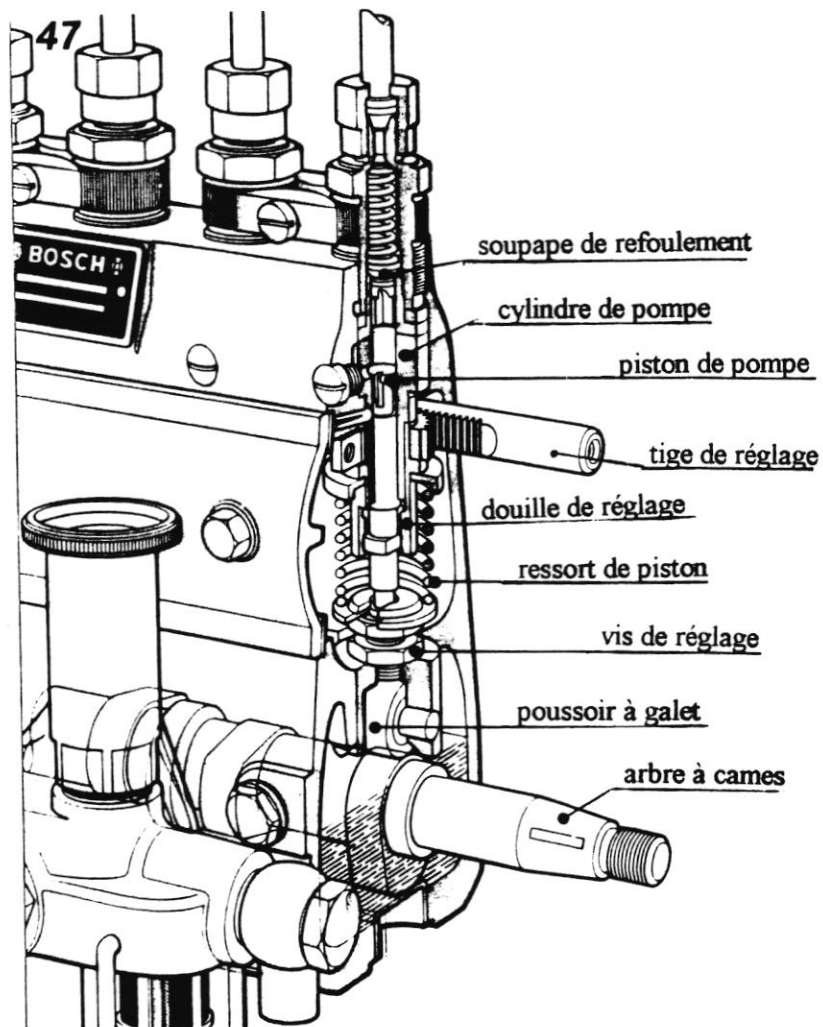
Il existe deux grandes familles de pompes d'injection :

- la pompe d'injection en ligne
- la pompe distributive

Pompe injection en ligne

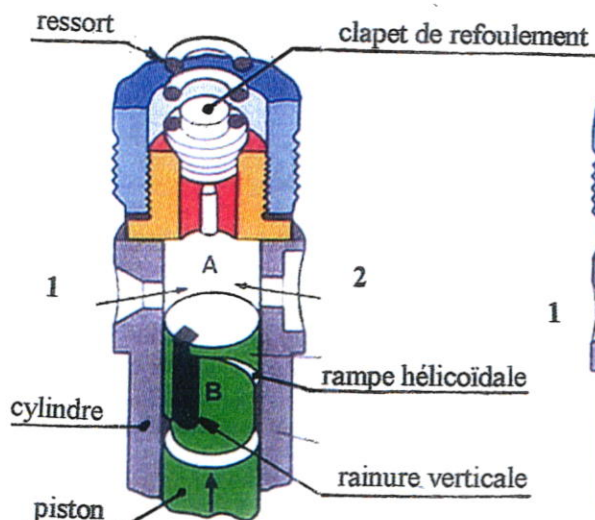
Généralités

Commandés par l'arbre à cames et par l'intermédiaire des poussoirs à galets, les pistons ou "éléments de pompage" possèdent une course constante.



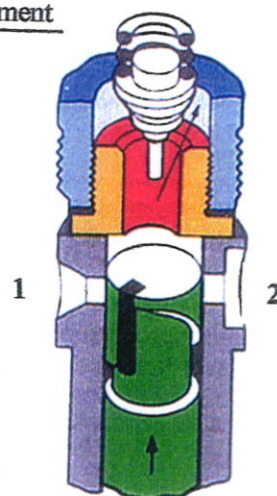
Les pistons sont ramenés vers le P.M.B. par des ressorts dont le tarage est fonction de la vitesse maximale de la pompe qui tourne à la demi-vitesse du moteur.

Cet élément correspond à l'alimentation d'un seul cylindre. Son fonctionnement se décompose en 3 phases.



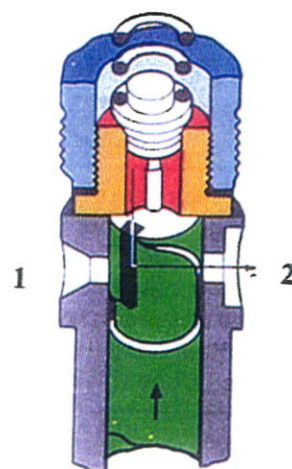
Remplissage

Le piston est au P.M.B. le gazole pénètre par les orifices 1 et 2 dans la chambre supérieure A. Par l'intermédiaire de la rainure, il pénètre également dans la chambre inférieure B



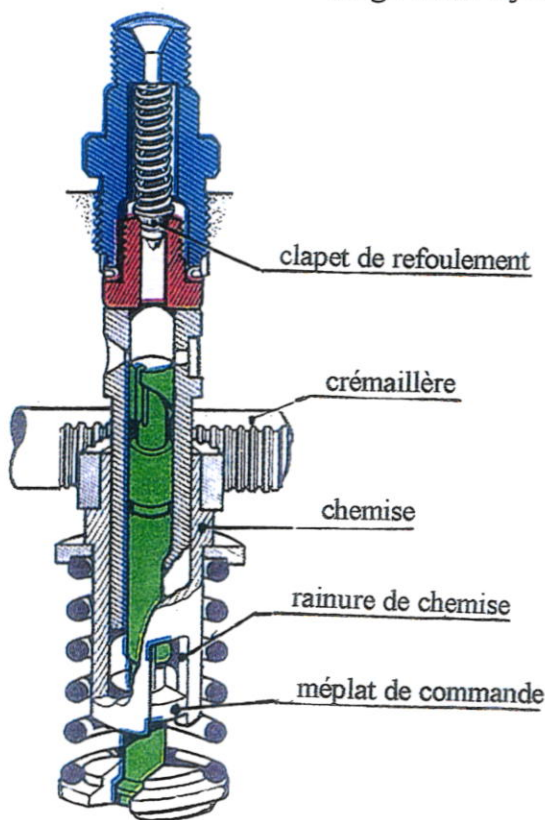
Début d'injection

Sous la poussée de la came de commande, le piston monte et obture les orifices 1 et 2. C'est le début du refoulement, le gazole comprimé soulève le clapet de décharge et se dirige vers l'injecteur



Fin d'injection

Le piston continue à monter; dès que la rampe hélicoïdale découvre l'orifice de retour, l'injection cesse le gazole restant dans les chambres A et B retourne vers la pompe par l'orifice 2.



Courbes utiles

C'est la courbe comprise entre l'ouverture du clapet de refoulement et la fin de refoulement.

Variation du débit

La quantité de combustible injecté, dépend de l'instant où la rampe hélicoïdale découvre l'orifice de sortie.

Cette variation de débit sera obtenue par la rotation du piston d'injection sur lui-même. Pour obtenir ce résultat, le piston comporte des méplats correspondants à des rainures de la chemise. Cette dernière comporte une denture extérieure liée à une crémaillère. Les mouvements de la crémaillère, reliée à la manette de commande feront varier la quantité de combustible injecté, donc le régime moteur.

Régulateur

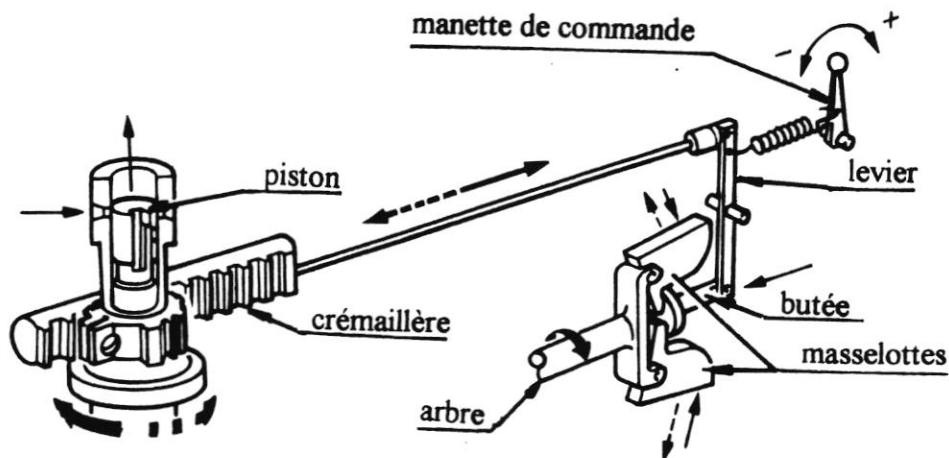
Rôle

Son rôle principal est d'ajuster avec précision le débit de la pompe d'injection en fonction de la position de la manette de commande et du travail que le moteur doit fournir. De plus le régulateur limite le régime maximal de la rotation du moteur afin d'éviter son emballement.

Différents types existent, nous examinerons celui du type centrifuge "toutes vitesses".

Principe d'action du régulateur centrifuge

Description



Il comprend des masselottes entraînées par l'arbre à cames de la pompe d'injection, un système de butée et de leviers reliés à la crémaillère de dosage, un ressort antagoniste dont le levier est réglé par le levier de commande du régulateur.

Fonctionnement

Si au cours du travail, la vitesse du moteur tend à diminuer parce que l'effort demandé augmente, la force centrifuge diminue immédiatement et l'action du ressort, devenue prépondérante, conduit la tringlerie à augmenter le débit de la pompe d'injection. Si au contraire, la vitesse du moteur tend à augmenter, parce que l'effort demandé diminue le régulateur repousse la crémaillère afin de réduire le débit injecté.

A titre d'information

Nous avons aussi une régulation électronique, son étude sort du cadre de l'exposé.

La pompe distributrice

La pompe d'injection distributrice est très compacte, elle ne possède qu'un seul élément qui distribue le carburant aux différents injecteurs du moteur.

La régulateur incorporé dans la pompe d'injection est de taille très réduite.

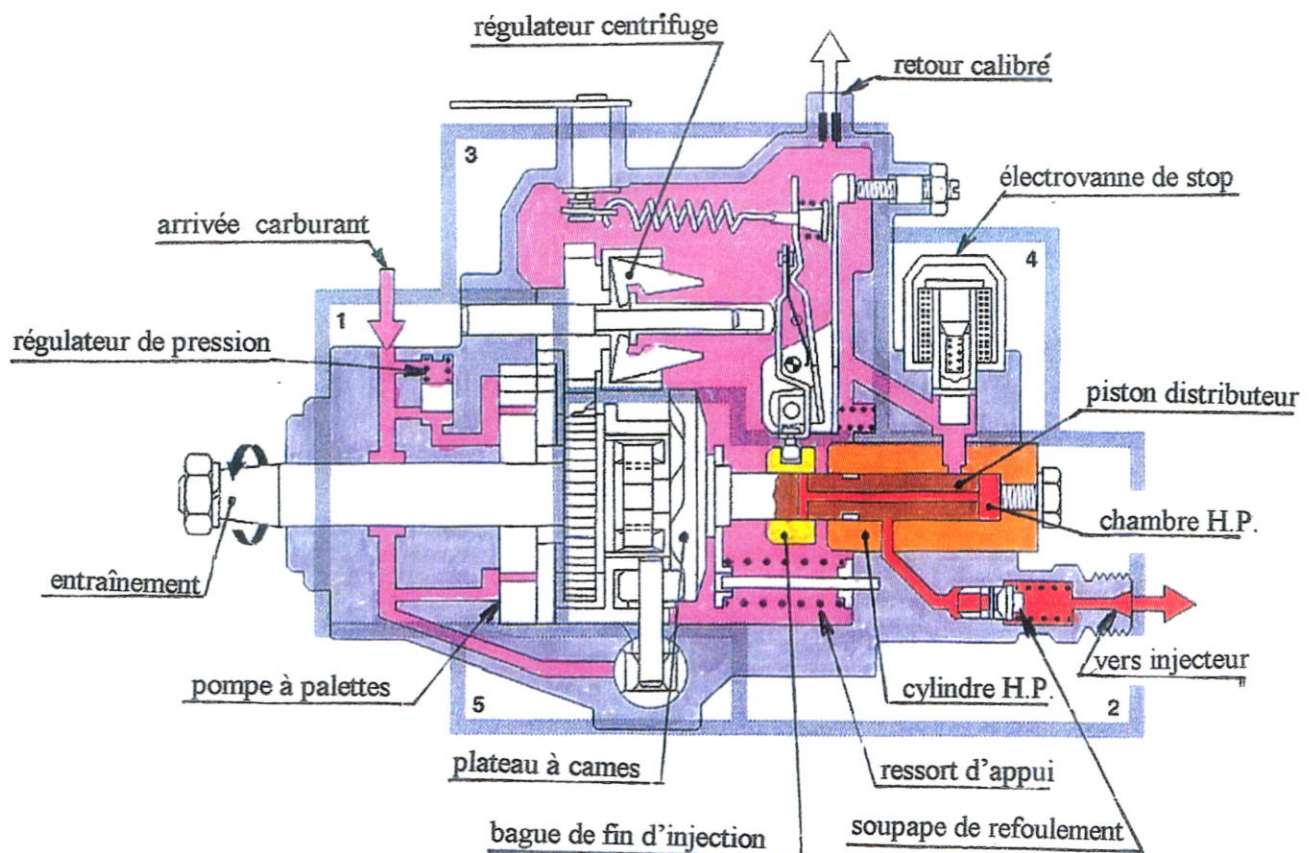
Le montage de ce type de pompe sur le bateau n'est pas encore développé pour les petits moteurs. L'étude complète sort du cadre de l'exposé, à titre d'information une vue en coupe vous est simplement présentée.

L'utilisation de la pompe distributrice permet de ne pas effectuer la purge.

Coupe de la pompe avec les principales fonctions

Composants et leurs fonctions

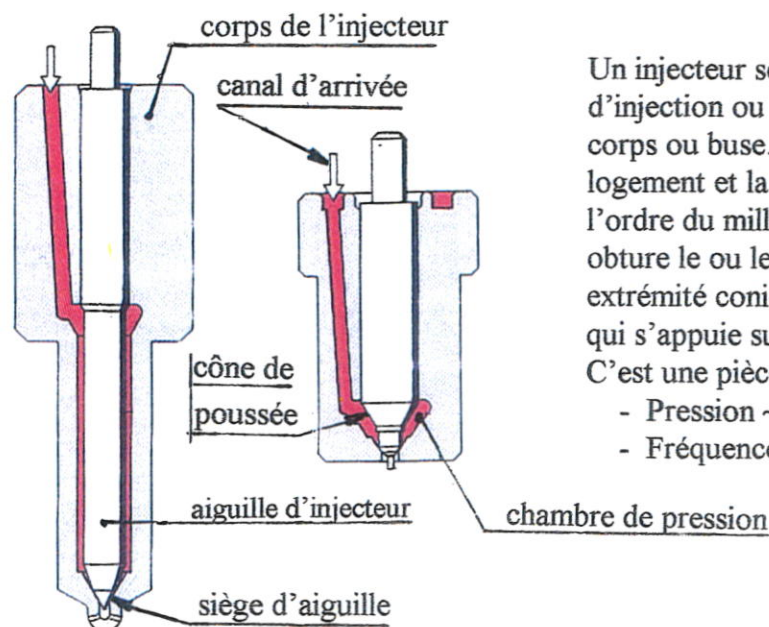
- 1 Pompe d'injection à palettes avec régulateur de pression.
Aspiration du carburant et génération de pression à l'intérieur de la pompe.
- 2 Pompe haute pression avec distributeur
Génération de la pression d'injection, refoulement et répartition du carburant.
- 3 Régulateur de vitesse mécanique. Régulation de la vitesse, variation du débit de refoulement par le système de régulation à l'intérieur de la plage de régulation
- 4 Electrovanne d'arrêt. Interruption de l'arrivée du carburant.
- 5 Variateur d'avance. Correction du début de refoulement en fonction de la vitesse de rotation et (dans certains cas) de la charge



L'INJECTEUR

L'injecteur assure l'introduction sous pression, la pulvérisation et la répartition du gazole dans la chambre ou la préchambre (selon le type de moteur).

Description

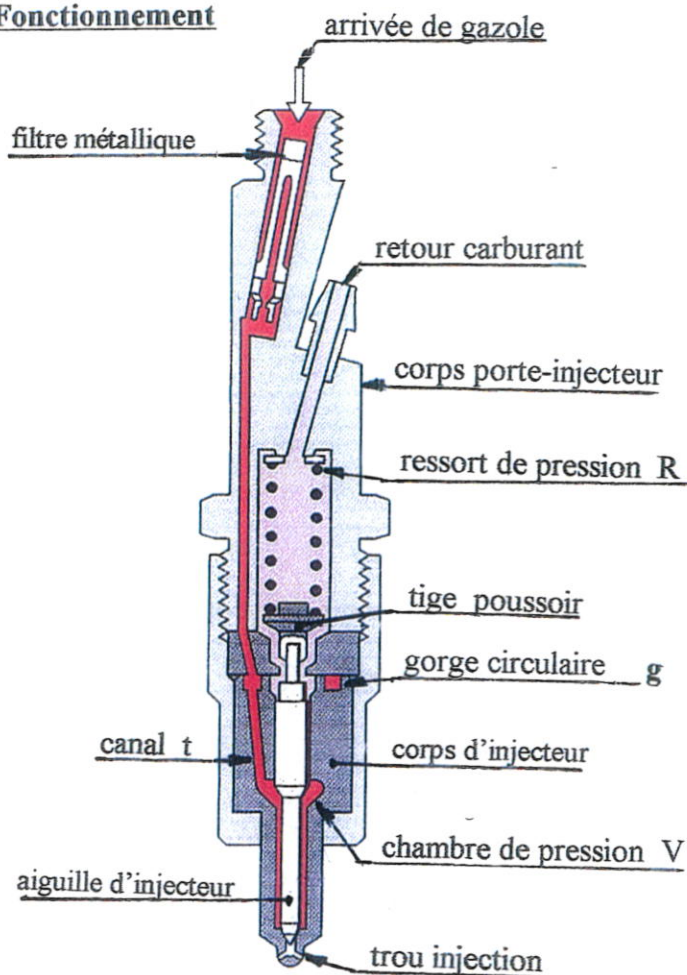


Un injecteur se compose d'une soupape d'injection ou aiguille et d'un logement appelé corps ou buse. L'aiguille coulisse dans son logement et la précision de l'usinage est de l'ordre du millième de millimètre. L'aiguille obture le ou les orifices d'injection par son extrémité conique, grâce à un ressort réglable qui s'appuie sur le porte injecteur.

C'est une pièce très sollicitée.

- Pression ~ 200 bars
- Fréquence maxi ~ 2000 ouvertures/mn

Fonctionnement



L'aiguille est appliquée, au repos sur son siège par le ressort R. Le gazole arrive par le porte-injecteur dans une gorge circulaire "g", puis est dirigé vers la chambre de pression "V" par le canal "t".

Au moment du refoulement de combustible par la pompe d'injection une montée en pression très rapide s'effectue dans la chambre de pression V, jusqu'à l'instant où l'aiguille se soulève (c'est le début d'injection) exerçant alors une force plus importante que la pré-charge du ressort de pression "R".

La pression de réglage du ressort s'appelle "pression de tarage" de l'injecteur.

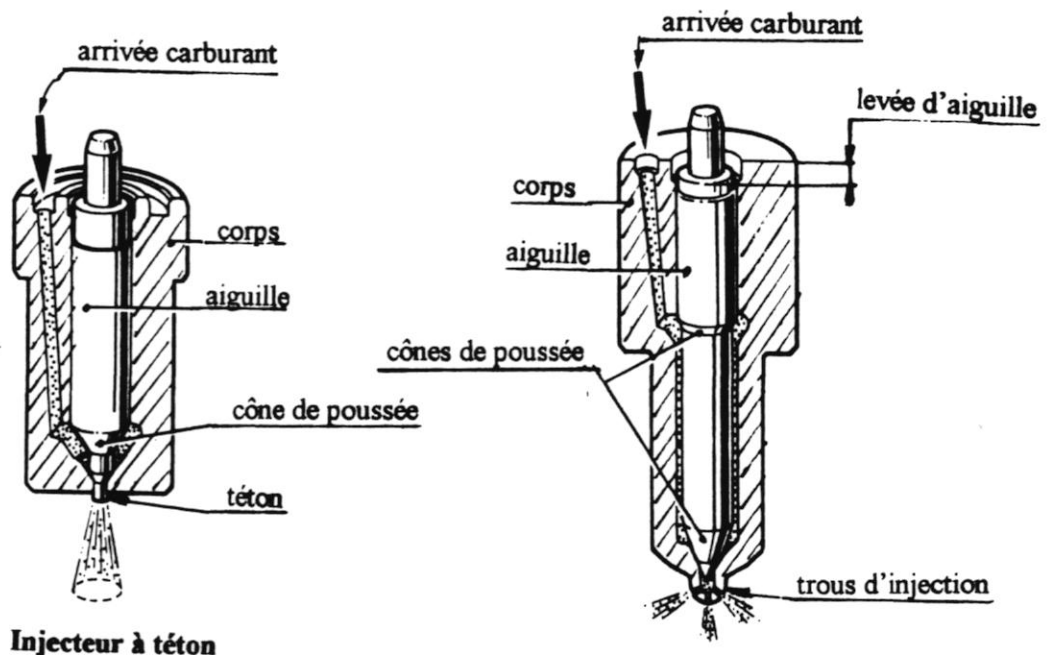
Le gazole est pulvérisé finement (10 à 100 microns) jusqu'à la fin du refoulement de la pompe d'injection, l'aiguille d'injecteur retombe alors sur son siège, plaquée par la force du ressort de pression R et obture le ou les orifices de la buse d'injecteur. Une étanchéité parfaite est indispensable.

Sur chaque porte-injecteur est prévu un canal pour le retour de fuite.

Les différents types

Ils ont tous le même principe de fonctionnement mais diffèrent par la forme de l'extrémité. Il existe deux principaux types d'injecteurs :

- les injecteurs à trou(s) pour les moteurs à injection directe
- les injecteurs à tétos pour les moteurs à injection indirecte



Injecteur à tétos

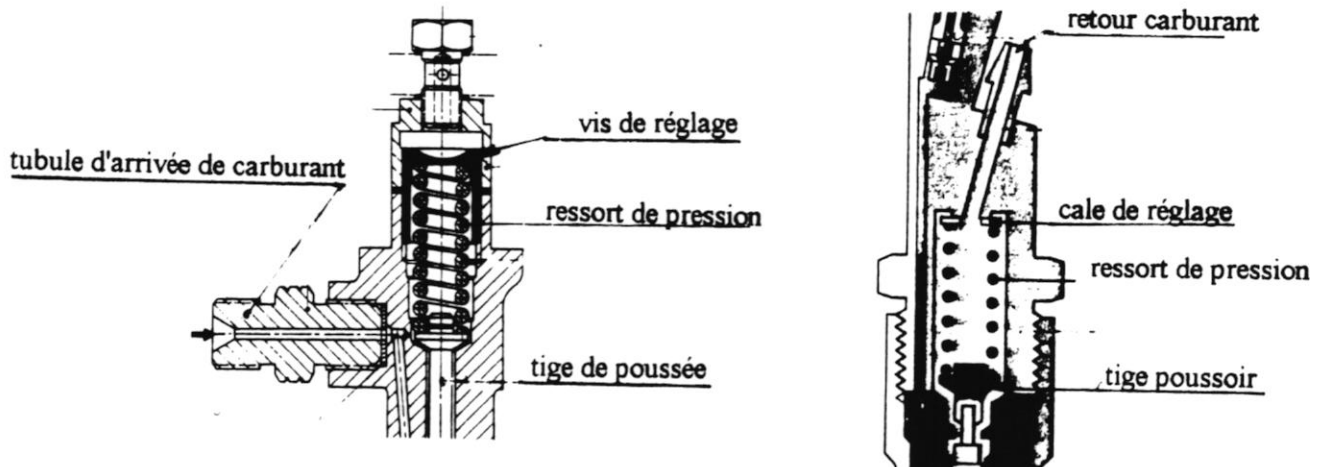
Injecteur à trous

La levée d'aiguille

C'est une donnée importante de l'injection. Elle correspond à la course qui est limitée soit de manière définitive lorsque l'aiguille vient en butée contre le porte-injecteur soit de manière réglable.

La levée d'aiguille de l'injecteur détermine la pression dynamique c'est à dire la pression réelle de l'injection qui peut dépasser 500 bars quand le moteur fonctionne à pleine puissance.

Cette pression ne doit pas être confondue avec la pression de tarage qui est une valeur statique servant de référence pour le réglage de la pression d'ouverture des injecteurs.



VIII DOCUMENTS ANNEXES

- L'arrêt moteur DA 1
- Les principaux réglages de l'équipement
- Lexique en quatre langues 1 à 12

Arrêt du moteur

Du fait de la différence de conception du moteur diesel par rapport à celui de l'essence, un point très important est à prendre en compte c'est l'arrêt moteur.

Il s'effectue par l'arrêt de l'injection gazole et non par la coupure électrique du contacteur de mise en route du moteur.

Nous pouvons être en présence de deux types d'arrêt :

- Mécaniquement

Par son action sur la tirette de stop avant de couper l'alimentation électrique du moteur.

Ne pas oublier de repousser la tirette;

Attendre l'arrêt complet du moteur avant d'agir sur la clé de contact.

Cette recommandation est à respecter impérativement sinon votre alternateur sera hors d'usage.

- Électriquement

La pompe d'injection peut-être équipée d'une coupure électrique agissant sur l'alimentation de la pompe. Cette électrovanne est commandée par la clé du contacteur de mise en route du moteur.

Par précaution lire la notice du constructeur.

Les principaux réglages de l'équipement

Les interventions concernant l'équipement d'injection sont l'affaire de spécialistes. Seuls les professionnels reconnus par les constructeurs, possèdent les compétences, les valeurs de réglage, l'outillage d'intervention et les bornes d'essais indispensables.

Parmi les opérations qui sont pratiquées sur les équipements d'injecteurs citons :

- Le contrôle des injecteurs
 - Le contrôle de la pompe d'injection
 - le calage de la pompe d'injection
-
- **Le contrôle des injecteurs** consiste à régler la pression de tarage, à vérifier l'étanchéité, à contrôler la pulvérisation. Il est réalisé à l'aide d'une pompe d'essai.
Le contrôle des injecteurs doit être réalisé périodiquement, aux échéances prescrites par les constructeurs, afin d'éviter une mauvaise combustion qui est souvent à l'origine de difficultés de démarrage, de surconsommation, de fumées d'échappement et à terme de détérioration du moteur.
 - **Le contrôle de la pompe d'injection** permet de déceler les pièces défectueuses et de régler toutes les fonctions de la pompe en respectant les références des constructeurs : d'étanchéité, début d'injection, débit de carburant, égalité des débits, action de régulation, vitesse maximale, ralenti...
 - **Le calage de la pompe d'injection** est l'opération qui permet la synchronisation précise de la pompe d'injection avec le moteur, de manière à ce que l'injection se réalise dans chaque cylindre du moteur au moment précis et compte tenu de l'avance initiale.

**LEXIQUE EN QUATRE LANGUES
FRANÇAIS - ANGLAIS - ALLEMAND - ITALIEN**

des principaux termes techniques utilisés pour les motorisation (hors-bord et diesel)

Afin de rendre service à nos futurs encadrants, ce lexique en 4 langues vous est proposé.

PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DES MOTEURS

FRANÇAIS	ANGLAIS	ALLEMAND	ITALIEN
Alésage	Bore	Bohrung	Alesaggio
Couple moteur	Torque	Drehmoment	Coppia motrice
Couple de serrage	Tightening torque	Anzugsdrehmoment	Coppia di serraggio
Course	Stroke	Hub	Corsa
Cylindrée	Cubic capacity	Zylinderinhalt	Cilindrata
Force	Strength	Kraft	Forza
Puissance	Power	Leistung	Potenza
Puissance effective	Brake power	Wirklichleistung	Potenza effettiva
Régime de rotation	Revolutions per minute (R.p.m.)	Drehzahl	Regime di rotazione
Travail	Work (Momentum)	Arbeit	Lavoro
Admission	Inlet	Einlass	Ammissione
Avance	Advance	Früheinstellung	Anticipo
Distribution	Valve timing	Steuerung	Distribuzione
Échappement	Exhaust	Auspuff	Scarico
Épure de distribution	Timing diagram	Ventil Steuerung	Digramma della distribuzione
Graissage	Lubrication	Schmeirung	Lubrificazione
Ordre d'allumage	Firing order	Zündfolge	Ordine d'accensione
Ordre de fonctionnement	Warning order	Betriebfolge	Ordine di funzionamento

FRANÇAIS	ANGLAIS	ALLEMAND	ITALIEN
Ordre d'injection	Injection order	Einspritzfolge	Ordine d'iniezione
Point mort haut	Top dead center	Oberer Totpunkt	Punto morto superiore
Point mort bas	Bottom dead center	Unterer Totpunkt	Punto morto inferiore
Pression de compression	Compression pressure	Kompressionsdruck	Pressione di compressione
Rapport volumétrique	Compression ratio	Verdichtungsverhältnis	Rapporto di compressione
Refroidissement	Cooling system	Kühlung	Raffreddamento
Retard	Delay	Verspätung	Ritardo
Taux de compression	Compression ratio	Verdichtungsverhältnis	Rapporto di compressione
Thermodynamique	Thermodynamic	Thermodynamik	Termodinamica

PRINCIPAUX ÉLÉMENTS DES MOTEURS

FRANÇAIS	ANGLAIS	ALLEMAND	ITALIEN
Ailettes de refroidissement	Vane	Kühlerrippe	Alette di raffreddamento
Arbre à cames	Camshaft	Nockenwelle	Albero a camme
Arrêt d'axe de piston	Circlip f. gudgeon pin	Sicherungsring f. Kolbenbolzen	Arresto per spinotto
Axe de piston	Gudgeon pin	Kolbenbolzen	Spinotto
Bielle	Connecting rod	Pleuelstange	Biella
Bloc-cylindres	Cylinder block	Zylinderblock	Blocco cilindri
Bouchon	Cap	Verschlussdeckel	Tappo
Canalisation	Pipe	Treibstoffsystem	Condotta

FRANÇAIS	ANGLAIS	ALLEMAND	ITALIEN
Carter de distribution	Timing case	Steuergerhäuse	Carter della distribuzione
Carter inférieur	Oil sump	Ölwanne	Coppa
Chaîne de distribution	Timing chain	Steuerkette	Catena della distribuzione
Chambre de combustion	Compression chamber	Verbrennungsraum	Camera di combustione
Chemise humide	Wet liner	Nasse Laufbüchse	Camicia bagnata
Chemise sèche	Dry liner	Trockene Laufbüchse	Camicia asciutta
Chicane	Baffle	Ableitblech	Deflettore
Clapet de décharge	Relief valve	Überdruckventil	Valvota di scarico o di regolazione
Collecteur d'admission	Inlet manifold	Ansaugrohr	Collettore d'ammission
Collecteur d'échappement	Exhaust manifold	Auspuffsammelrohr	Collettore di scarico
Collier	Clamp	Spannschelle	Collare
Compte-tours ou Tachymètre	Revolution indicator	Drehzahlmesser	Contagiri a tachimetro
Courroie trapézoïdale	V-belt	Kellriemen	Cinghia trapezoidale
Coussinet	Bearing	Kolbenstangenlager	Cuscinetto
Crépine d'huile	Oil pump strainer	Ölpumpensieb	Succhierola
Culasse	Cylinderhead	Zylinderkopf	Testata
Culbuteur	Rocker lever	Kipphebel	Bilanciere
Cycle	Cycle	Periode	Ciclo
Cylindre	Cylinder	Zylinder	Cilindro
Damper	Damper	Dämpfer	Antivibratore
Défecteur	Deflector	Ableitblech	Deflettore

FRANÇAIS	ANGLAIS	ALLEMAND	ITALIEN
Dépression	Depression	Unterdruck	Depressione
Diagramme	Diagram	Diagramm	Diagramma
Durit	Hose	Verbindung	Raccordo cilindrico in tessuto gommato
Eau	Water	Wasser	Acqua
Échelle	Scale	Massstab	Scala
Excentrique	Eccentric	Exzenter	Eccentrico
Filtre à air	Air filter	Luftfilter	Filtro per aria
Filtre à huile	Oil filter	Ölfilter	Filtro per olio
Flasque	Flange	Lagerdeckel	Braccio di manovella
Guide de soupape	Valve guide	Ventilführung	Guida di valvola
Indicateur de pression	Pressure gauge	Druckmesser	Indicatore di pressione
Indicateur de température	Thermometer f. water	Wasserthermometer	Indicatore di temperatura
Jauge d'huile	Oil level dispstick	Ölmesstab	Asta indicatrice livello olio
Jeu	Clearance	Spiel	Gioco
Joint de culasse	Cylinderhead gasket	Zylinderkopfdichtung	Guarnizione per testa cilindri
Joint d'étanchéité	Gasket	Dichtflansch	Guarnizione di tenuta
Maneton	Crankin	Kurbelzapfen	Perno di manovella
Manomètre	Pressure gauge	Druckmesser	Manometro
Palier de vilebrequin	Crankshaft bearing	Kubelwellenlager	Cuscinetto di banco
Pignon de vilebrequin	Crankshaft gear	Kurbelwellenzahnrad	Pignone dell'albero motore
Pignon de distribution	Timing gear	Ventilsteuerungs-zahnrad	Pignone di distribuzione

FRANÇAIS	ANGLAIS	ALLEMAND	ITALIEN
Piston	Piston	Kolben	Pistone
Pompe d'alimentation	Fuel lift pump	Förderpumpe	Pompa d'alimentazione
Pompe à huile	Oil pump	Ölpumpe	Pompa dell'olio
Poussoir	Tappet	Stößel	Punteria
Radiateur	Radiator	Kühler	Radiatore
Reniflard	Breather	Entlüfterrohr	Tuba di sfiato
Réservoir	Fuel tank	Kraftstoffbehälter	Serbatolo
Ressort de soupape	Valve spring	Ventilfeder	Molla per valvola
Ressort taré	Calibrating spring	Kalibrierte feder	Molla tarata
Roulement	Ball bearing	Achsenlager	Cuscinetto
Segment d'étanchéité	Compression-ring	Verdichtungsring	Segmento di tenuta
Segment de feu	Top piston-ring	Oberer kompressionsring	Segmento di fuco
Segment racleur	Oil scraper-ring	Ölabstreifring	Segmento raschiaolo
Soupape d'admission	Inlet valve	Einlassventil	Valvola d'aspirazione
Soupape d'échappement	Exhaust valve	Auslassventil	Valvola di scarico
Thermostat	Thermostat	Kühlluftregler (Thermostat)	Termostato
Tige de culbuteur	Pushrod	Stößelstange	Asta del bilanciere
Tourillon	Journal	Zapfen	Perno
Tubulure d'admission	Inlet pipe	Saugleitung	Condotto d'aspirazione
Tubulure d'échappement	Exhaust pipe	Auspuffrohr	Condotto di scarico
Turbine de retour d'huile	Oil temper	Ölflügelrad	Girante paraolio

FRANÇAIS	ANGLAIS	ALLEMAND	ITALIEN
Ventilateur	Fan	Windflügel	Ventilatore
Vilebrequin	Crankshaft	Kurbelwelle	Albero motore
Volant moteur	Flywheel	Schwungrad	Volano

CARBURATION

FRANÇAIS	ANGLAIS	ALLEMAND	ITALIEN
Carburant	Petrol	Kraftstoff	Carburante
Carburateur	Carburettor	Vergaser	Carburatore
Clapet	Valve	Membranventil	Valvola
Craquage ou cracking	Cracking	Kracken	Cracking
Cuve à niveau constant	Float chamber	Schwimmerkammer	Vaschetta a livello Costante
Détonation	Knocking	Knall	Detonazione
Diffuseur ou buse	Choke tube	Lufttichter	Diffusore
Dispositif de départ à froid	Strangler	Starterklappe	Dispositivo d'avviamento a freddo
Entrée d'air	Air intake	Lufteinlass	Entrata d'aria
Essence	Petrol	Benzin	Benzina
Flotteur	Float	Schwimmer	Gallegiante
Gicleur	Jet	Düse	Getto
Gicleur principal	Main jet	Hauptdüse	Getto massimo
Gicleur de ralenti	Slow idling jet	Leerlaufdüse	Getto del minimo
Injecteur de pompe	Pump injector	Einspritzrohr	Iniettore della pompa
Mélange carburé	Mixture (air and fuel)	Kraftstoffgemisch	Miscela carburata

FRANÇAIS	ANGLAIS	ALLEMAND	ITALIEN
Membrane	Diaphragm	Membrane	Membrana
Pointeau	Needle valve	Schwimmernadelventil	Valvolina per entrata combustibile
Pompe de reprise	Accelerating pump	Membranpumpe	Pompa di ripresa
Porte-gicleur	Jet carrier	Düsenträger	Porta ugello
Ralenti	Idling	Leerlauf	Minimo
Ralenti accéléré	Fast-idle	Erhöhten leerlauf	Minimo veloce
Autostarter	Auto-starter	Autostarter	Autostarter
Volet d'air	Air strangler or air choke	Staterklappe	Farfalla di strozzamento
Volet de gaz ou papillon	Throttle	Drosselklappe	Farfalla

MATÉRIEL D'INJECTION

FRANÇAIS	ANGLAIS	ALLEMAND	ITALIEN
Aiguille d'injecteur	Nozzle needle	Düsennadel	Spina del pulverizzatore
Bougie de préchauffage	Heater plug	Glühkerze	Candela di preriscaldamento
Butée réglable	Adjustable stop	Vollast-Einstellschraube	Arresto regolabile
Carter de pompe d'injection	Fuel injection pump housing	Einspritzpumpengehäuse	Corpo della pompa d'iniezone
Carter de régulateur	Governor housing	Reglergerhäuse	Scatola del regolatore
Chauffage de l'air	Air heater	Luftheitung	Riscaldamento dell'aria
Clapet d'aspiration	Succion valve	Saugventil	Valvola d'aspirazione

FRANÇAIS	ANGLAIS	ALLEMAND	ITALIEN
Clapet de refoulement	Delivery valve	Druckventil	Valvola di mandata
Commutateur des bougies de préchauffage	Heater plug switch	Glühanlassschalter	Interruttore per candele di preriscaldamento
Conduite d'arrivée du combustible	Supply pipe	Zulaufleitung	Condotta d'arrivo combustibile
Cylindre de pompe	Pump cylinder	Pumpenzylinder	Cilindo di pompa
Débit	Output	Leistung	Portata
Décharge	Discharge	Entaldung	Scarico
Douille de réglage	Adusting sleeve	Einstellhülse	Manicotto di regolazione
Filtre à combustible	Fuel filter	Kraftstofffilter	Filtro del combustibile
Injecteur	Injector	Einstspritzdüse	Intettore
Injecteur à téton	Pinte type nozzle	Zapfendüse	Polverizzatore a pernetto
Injecteurs à trous	Multihole type nozzle	Mehrlochdüse	Polverizzatore a fori multipli
Membrane	Diaphragm	Membrane	Membrana
Piston de pompe	Pump plunger	Pumpenelement	Stantuffo della pompa
Pompe d'injection	Fuel injection pump	Einspritzpumpe	Pompa d'iniezione
Porte-injecteur	Nozzle holder	Düsenhalter	Porta - polverizzatore
Poussoir à galet	Roller tappet	Rollenstässel	Punteria a rullo
Préfiltre	Pre-filter	Vorfilter	Prefiltro
Régulateur centrifuge	Centrifugal governor	Fliehkraftregler	Regolatore a masse centrifughe
Régulateur à dépression	Suction governor	Unterdruckregler	Regolatore a depressione
Repères de calage	Timing marks	Einstellungsangelpunkte	Contrassegni per la registrazione

FRANÇAIS	ANGLAIS	ALLEMAND	ITALIEN
Réservoir de carburant	Fuel tank	Kraftstoffbehälter	Serbatolo del carburante
Ressort d'injecteur	Nozzle spring	Düsenfeder	Molla dell'iniettore
Ressort de piston avec cuvette	Plunger spring with retainer	Kolbenfeder mit Teller	Molla della stantuffo con scodellino
Ressort de régulateur	Governor spring	Reglerfeder	Molla del regolatore
Soupape de refoulement	Delivery valve	Druckventil	Valvola di mandata
Tige de crémaillère	Rack link or control rod	Zahnstange	Asta di regolazione della portata
Tubulure de refoulement	Delivery pipe	Druckrohrleitung	Tubazione di mandata

ÉQUIPEMENT ÉLECTRIQUE

FRANÇAIS	ANGLAIS	ALLEMAND	ITALIEN
Allumage	Ignition	Zündung	Accensione
Allumage électronique	Electronic ignition	Elektronikzündung	Accensione elettronica
Allumeur	Ignition distributor	Zündverteiler	Distributore d'accensione
Alternateur	Alternator	Wechselstromgenerator	Alternatore
Ampèremètre	Ammeter	Amperemesser	Amperometro
Anti-parasites	Radio interference suppressor	Störschutz	Antidisturbi radio
Auto-induction	Self-induction	Selbstinduktion	Autoinduzione
Bague collectrice	Slip ring	Schleifring	Anello collettore
Balai ou charbon	Carbon brush	Köhlebürste	Spazzola

FRANÇAIS	ANGLAIS	ALLEMAND	ITALIEN
Batterie d'accumulateurs	Battery	Batterie	Batteria d'accumulatori
Batterie de démarrage	Starting battery	Anlassbatterie	Batteria per avviamento
- capacité nominale - tension nominale	Nominal capacity Nominal tension-voltage	Nennleistungskapazität Nennleistungstrom	Capacità nominale Tensione nominale
Bobine d'allumage	Ignition coll	Zündspule	Bobina d'accensione
Boîte à fusibles	Fuse box	Sicherungskasten	Scatola valvole fusibili
Boîtier de distribution	Distributor head	Verteliekopf	Calotta distributrice
Borne	Terminal post	Anschlusspol	Terminale
Bougie d'allumage	Spark plug	Zünderkerze	Candela d'ascensione
Bougie de préchauffage	Heater plug	Glühkerze	Candela di preriscaldamento
Câble de masse	Earth cable	Massekabel	Cavo per contatto di massa
Carcasse	Frame	Polgehäuse	Carcassa
Centrale clignotante	Flasher unit	Blinkergehäuse	Implanto lampeggiatori
Clignoteurs	Direction indicator	Blinker	Lampeggiatori
Collecteur	Slip ring	Kollektor	Collettore
Commande de démarreur	Staterswitch	Anlassschalter	Comando del motorino d'avviamento
Commande électromagnétique	Solenoid control	Magnetanzeige	Comando elettromagnetico
Commutateur multiple	Multiple switch	Merhrfachscharter	Commutore multiplo
Condensateur	Capacitor	Kondensator	Condensatore
Conjoncteur-disjoncteur	Make and break component	Rückstromschaltelement	Interruttore di minima
Contacteur	Switch	Schalter	Contattore
Contacts (grains)	Points	Kontakstücken	Contatti

FRANÇAIS	ANGLAIS	ALLEMAND	ITALIEN
Convertisseur	Converter	Stromumformer	Convertitore
Correcteur d'avance	Spark advance	Zündverstellung	Correttore d'anticipa
Cosse (pour câble)	Cable terminal	Leitungsschuh	Capocorda per cavo
Culot de bougie	Spark plug barrel or body	Zünderkerzengehäuse	Corpo della candela
Démarrreur	Starter	Anlasser	Motorino d'avviamento
Diode	Diode	Diode	Diodo
Distributeur	Distributor head	Verteilerkopf	Distributore
Dynamo	Generator	Lichtmaschine	Dinamo
Éclairage	Lighting	Beleuchtung	Illiminazione
Éclairement	Illumination	Helligkeit	Illiminazione
Électrode	Elcetrode	Elektrode	Elettrodo
Électrolyte	Electrolyte	Elektrolyt	Elettrolito
Équipement électrique	Electrical equipment	Elektrische anlage	Equipaggiamento elettrico
Étincelle	Spark	Funke	Scintilla
Excitation	Excitation	Erregung	Eccitazione
Faisceau de fils	Lead assy	Kabelbündel	Fascio
Feux de croisement (code)	Dipped beam	Abblendlicht	Fanali d'incrocio (codice)
Filament	Heater filament	Glühdraht	Filamento
Foyer lumineux	Focus	Fokus	Fuoco luminoso
Fusible	Fuse	Sicherung	Fusibile
Grains de contacts (rupteur)	Contact breaker points	Unterbrecherkontakte	Contatti del ruttore
Indicateur de pression d'huile	Oil pressure gauge	Öldruckmesser	Indicatore pressione olio

FRANÇAIS	ANGLAIS	ALLEMAND	ITALIEN
Indicateur de température	Thermometer f. water	Wasserthermometer	Indicatore di temperatura
Inducteur	Inductor	Erregerwicklung	Induttore
Induit	Armature	Anker	Indotto
Interrupteur	Switch	Schalter	Interruttore
Isolant	Insulator	Isolierkörper	Isolante
Lanceur	Pinion drive	Anlasserritzel	Avviatore
Masse (terre)	Earth (ground)	Masse (erde)	Massa (terra)
Masses polaires	Pole faces	Polschulen	Masse polari
Phare	Headlamp	Scheinwelfer	Faro
Phare antibrouillard	Fog lamp	Nebelscheinwerfer	Faro antinebbia
Photo-diode	Photo-diode	Fotodiode	Fotodiodo
Plaques de batteries	Battery plate	Batterieplatte	Piastre di batteria
Plot (de contact)	Contact point	Unterbrecherkontakt	Contatto
Projecteur	Headlamp	Scheinwerfer	Proiettore
Régulateur de tension	Voltage regulator	Spannungsregler	Regolatore di tensione
Régulateur d'intensité	Intensity regulator	Stromstärkeregler	Regolatore di corrente
Régulateur électronique	Electronic regulator	Elektronischer regler	Regolatore elettronico
Résistance	Resistance	Widerstand	Resistenza
Résistance de bougie de préchauffage	Heater plug resistance	Glühkerzenwiderstand	Resistenza per candela di preriscaldamento
Robinet de batterie	Battery main switch	Batterieumschalter	Tappo sfiataio
Séparateur	Separator	Abscheider	Separatore
Témoin d'allumage	Ignition warninlight	Zündungsprüflampe	Resistenza di spia