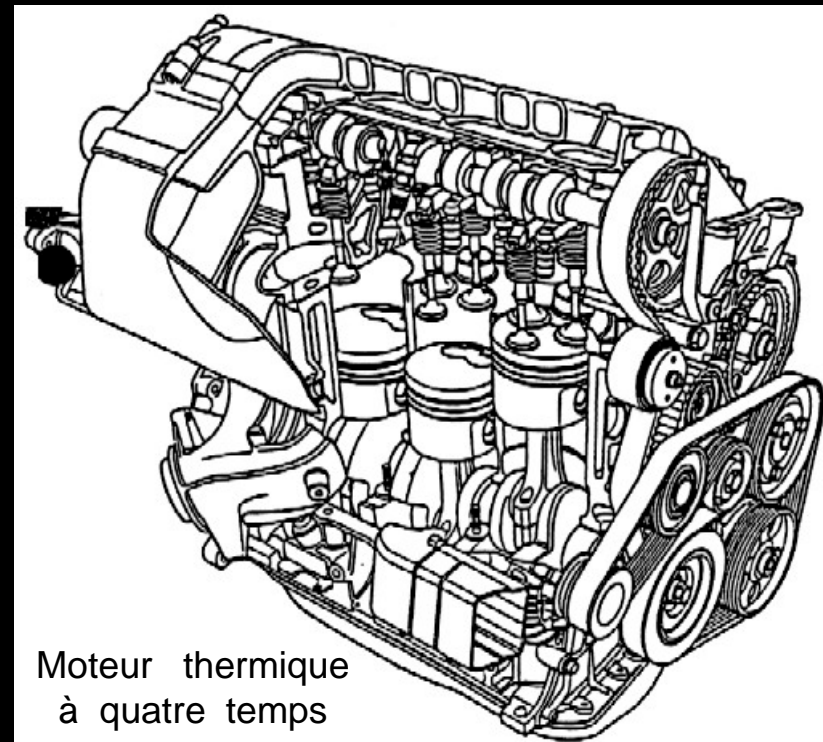


ORGANES MECANIKES

LE MOTEUR

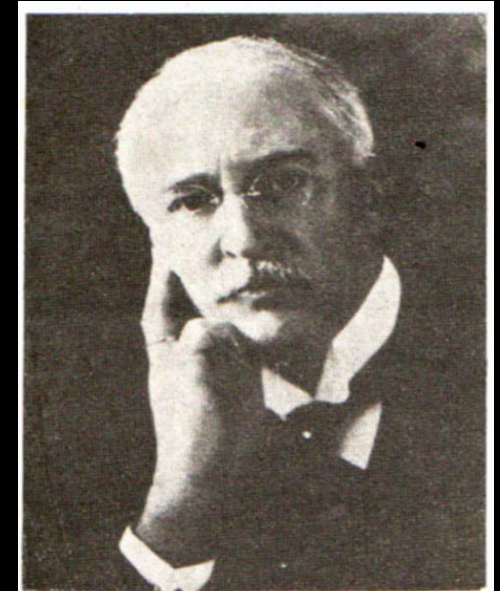
INTRODUCTION

Le moteur est l'élément essentiel du groupe motopropulseur qui est l'ensemble mécanique destiné à générer et transmettre le mouvement aux roues du véhicule. Le groupe motopropulseur englobe le moteur et les organes de transmission.



DIESEL ?

C'est **Rudolf Christian Karl DIESEL** (1858-1913), ingénieur allemand qui a conçu le moteur portant aujourd'hui son nom. Ses recherches le conduisent à fabriquer le premier moteur Diesel en 1897, en utilisant du fuel comme carburant offrant un excellent rendement. Ce moteur se développe rapidement.



En récompense de ses travaux, Diesel reçoit en 1900 la médaille d'or de l'Exposition Universelle de Paris. Il se noie en 1913, lors d'une traversée de la Manche à bord du *Dresden*.

Le moteur diesel, plus économique en utilisation, pour les grosses puissances et les fortes charges, est par conséquent seul employé sur les véhicules poids-lourds.

MOTEUR DIESEL

très bon rapport



Consommation / Puissance

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Le moteur Diesel est à allumage par compression contrairement à l'allumage commandé du moteur à essence.

Carburant : Gas-oil.

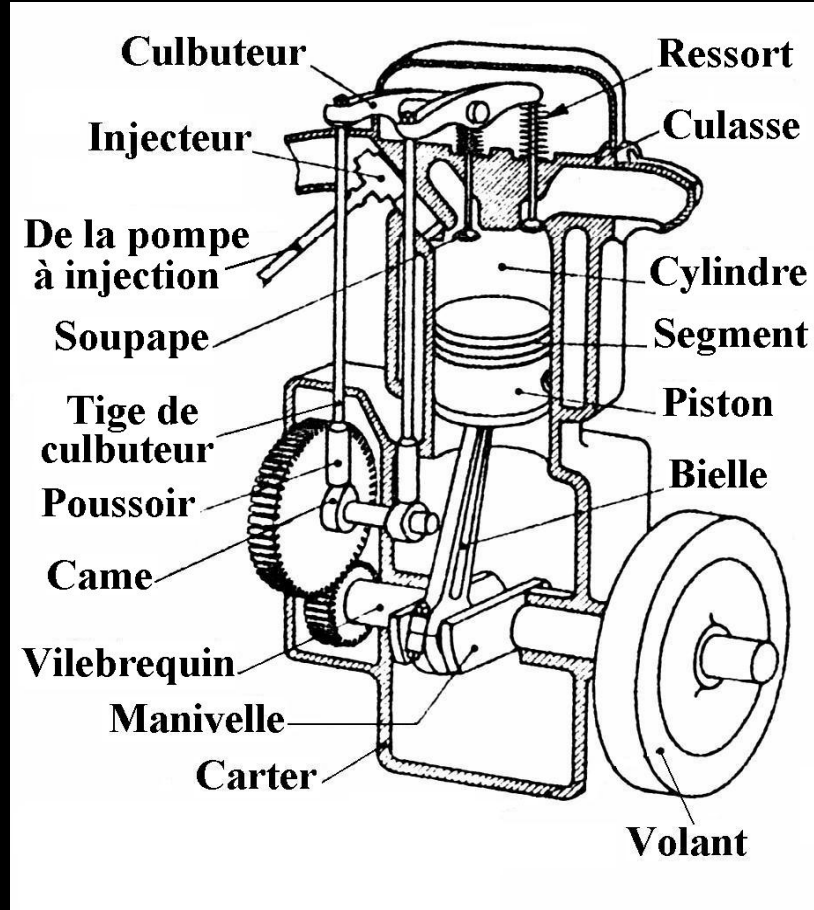
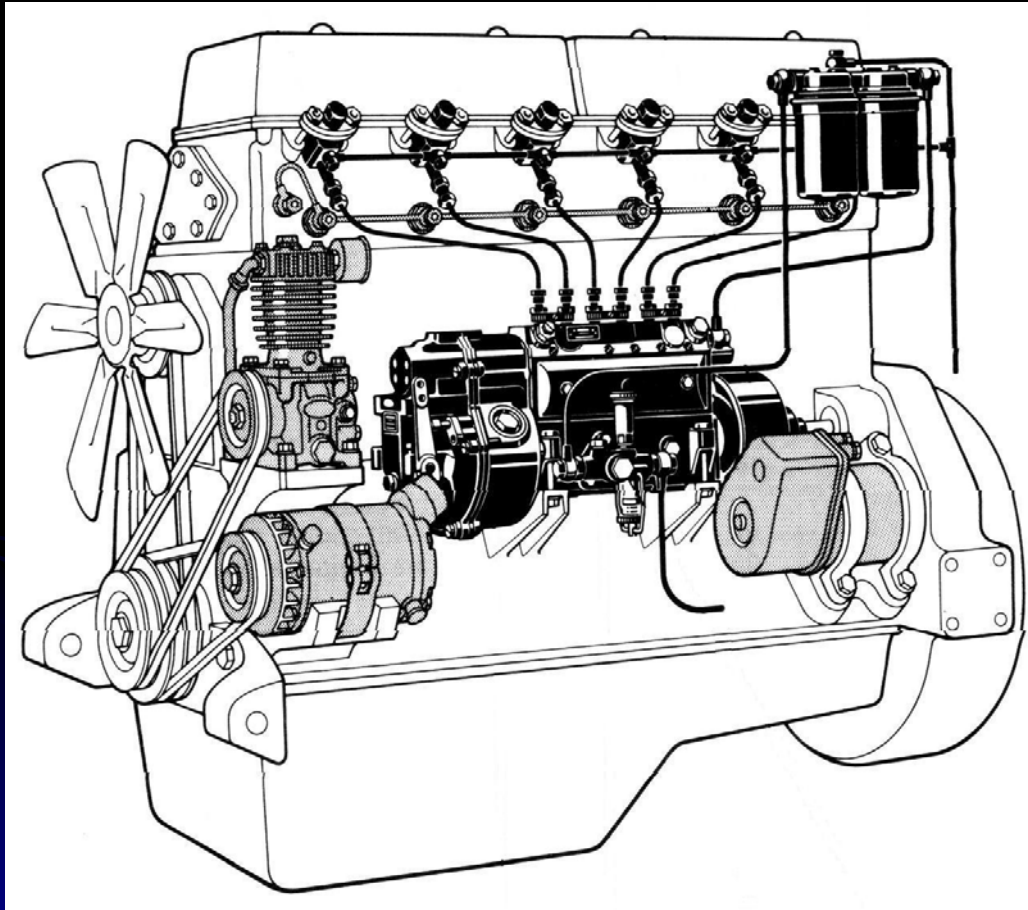
1. Admission : c'est de l'air pur et non un mélange carburé qui est introduit dans le cylindre.

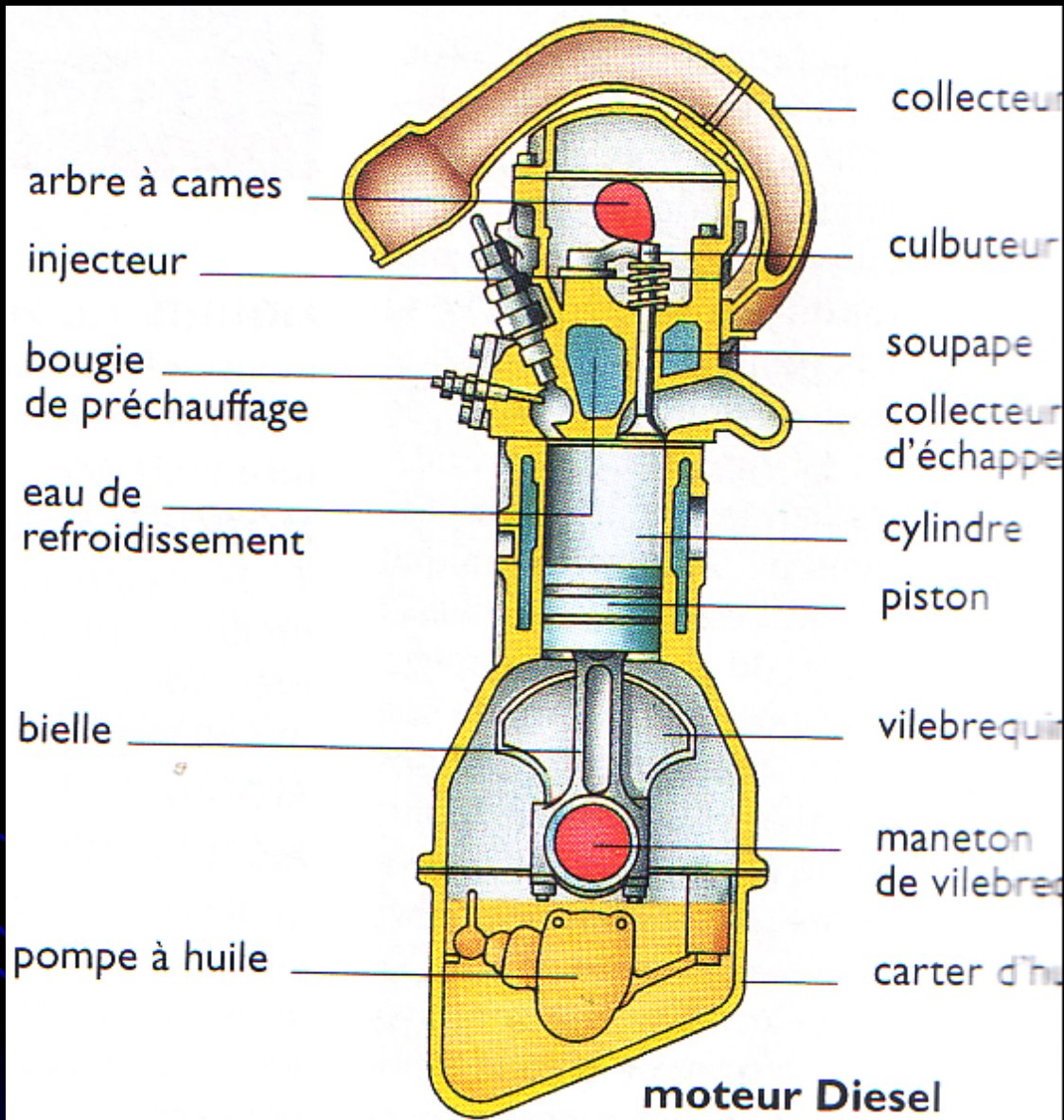
2. Compression : l'air fortement comprimé est porté à une pression de 30 à 40 bars et une température de 500 à 600 °C environ. (1 bar = 10^5 Pa).

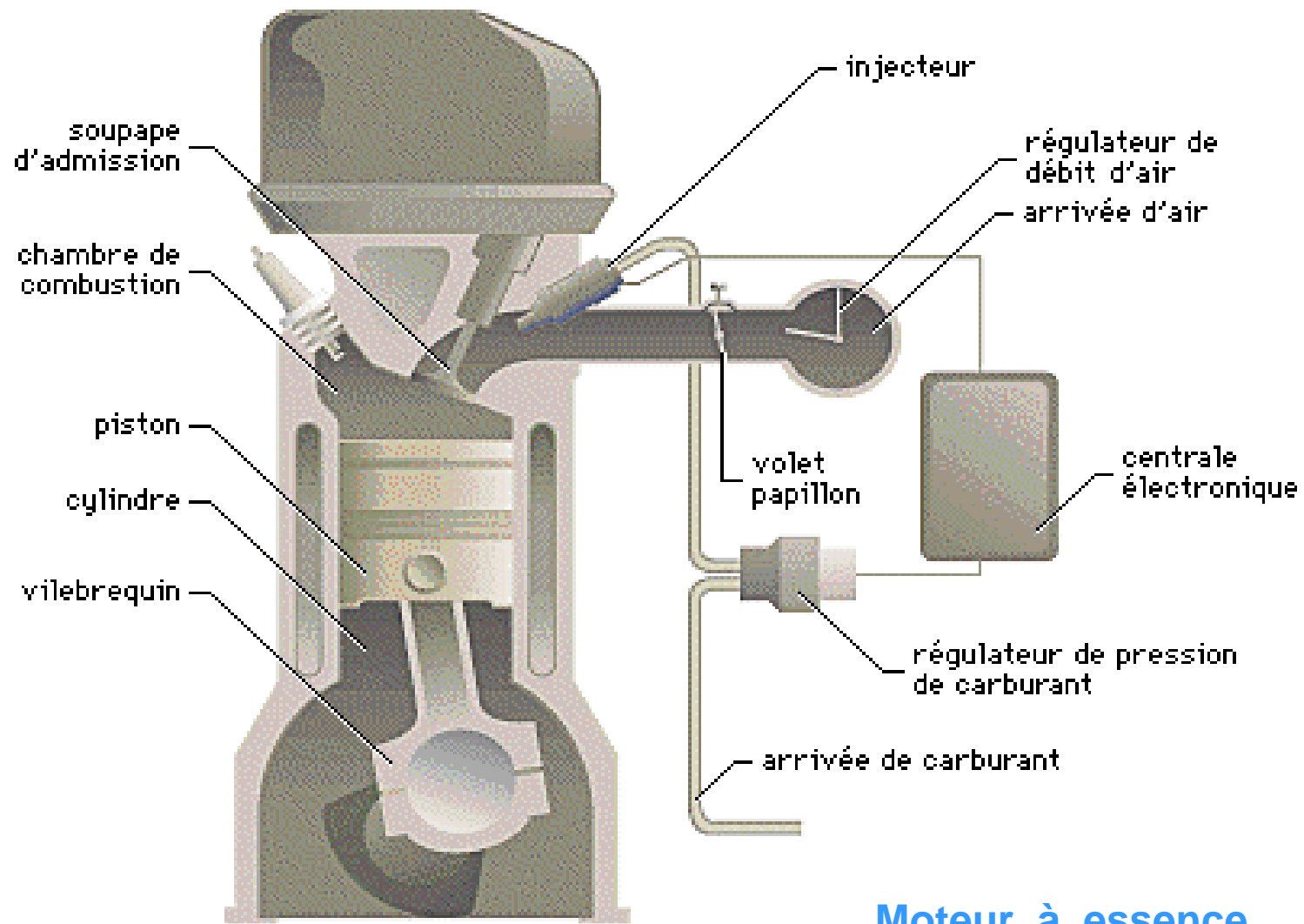
Injection, combustion, détente : à la fin de la compression, est alors injecté sous forme de fines gouttelettes soit directement dans la chambre de combustion (injection directe), soit dans une préchambre (injection indirecte). La pression d'injection varie de 80 à 250 bars suivant le type de moteur. Au contact de l'air à température élevée, le combustible s'enflamme de lui-même. Le volume des gaz augmente et pousse le piston vers le bas, c'est la détente.

Échappement : les gaz brûlés sont chassés par le piston qui remonte, à travers la soupape d'échappement qui s'ouvre.

ELEMENTS DU MOTEUR DIESEL







Moteur à essence

TYPES DE MOTEURS DIESEL

MOTEUR A INJECTION DIRECTE

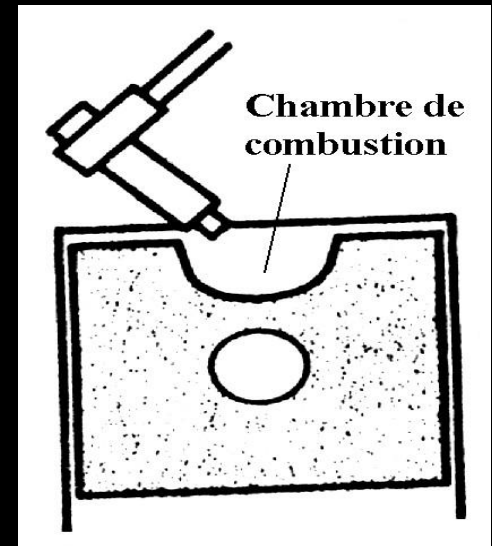
Le carburant est injecté directement dans la chambre de combustion. La pression d'air est de 175 à 200 bars.

Avantages :

- rendement thermique assez élevé.
- démarrages faciles.
- construction simple.

Inconvénients :

- fortes charges.
- moteur assez bruyant.



MOTEUR A INJECTION INDIRECTE

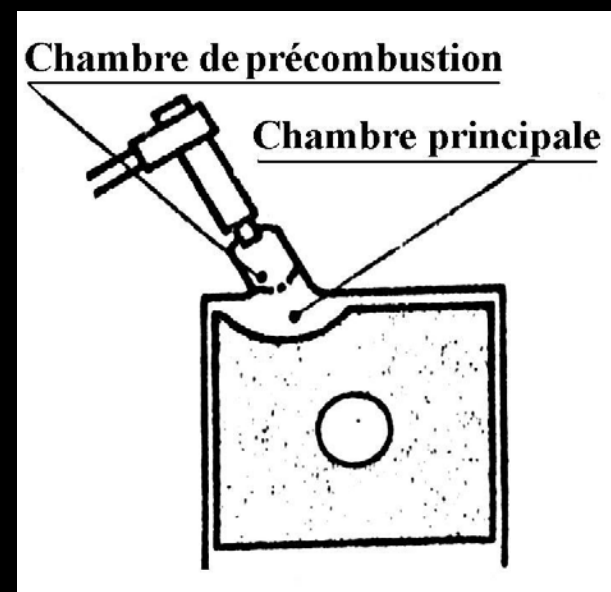
Ce type de moteur est muni d'une chambre de précombustion (1/3 du volume de la chambre de combustion). Combustion en deux phases.

Avantages :

- faibles charges.
- moteur moins bruyant.
- fonctionnement souple.

Inconvénients :

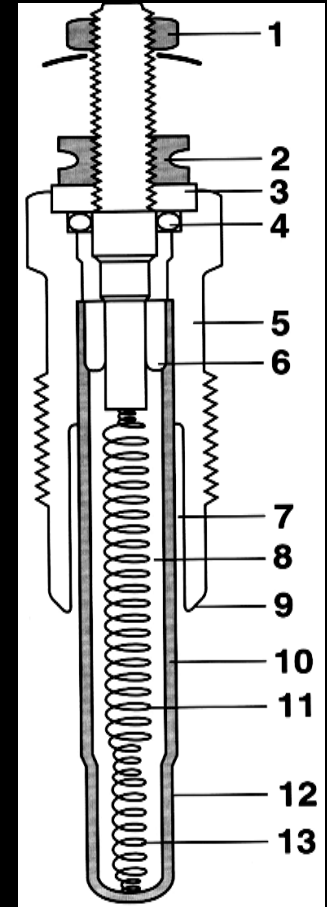
- consommation plus élevée.
- nécessité d'un dispositif de démarrage.



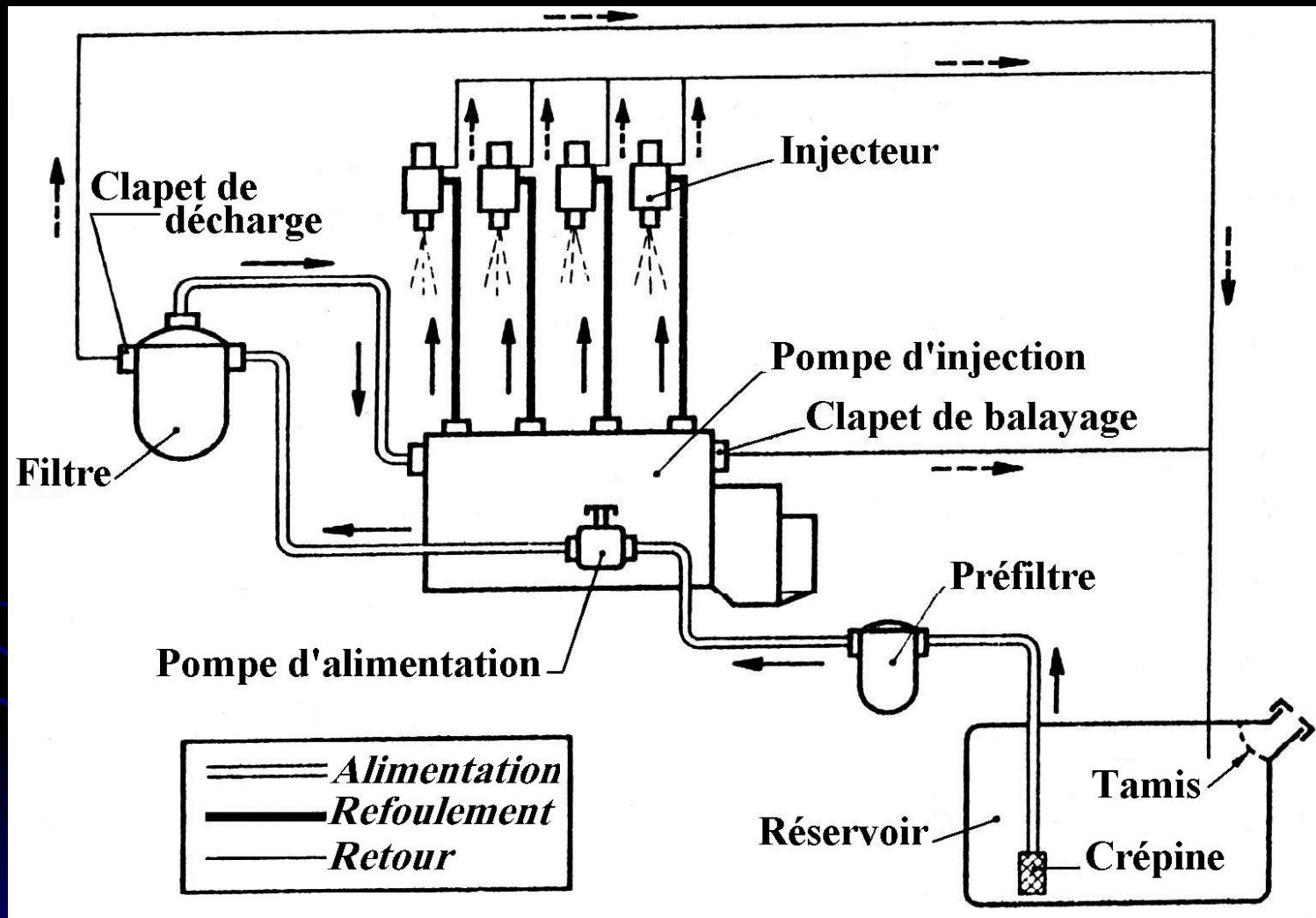
BOUGIE DE PRECHAUFFAGE

Une bougie de préchauffage, située au cœur de la préchambre de combustion, s'échauffe lorsque le conducteur du véhicule tourne la clé de contact pour favoriser l'auto inflammation du carburant. Sa température peut atteindre 1050 °C en 12 secondes.

- | | |
|-------------------------------|-------------------------|
| 1. Boulon de raccordement | 7. Filetage |
| 2. Écrou rond | 8. Passage annulaire |
| 3. Rondelle isolante | 9. Tube à incandescence |
| 4. Joint torique d'étanchéité | 10. Spirale régulatrice |
| 5. Corps de bougie | 11. Poudre isolante |
| 6. Joint d'étanchéité | 12. Spirale chauffante |



LE CIRCUIT D'ALIMENTATION



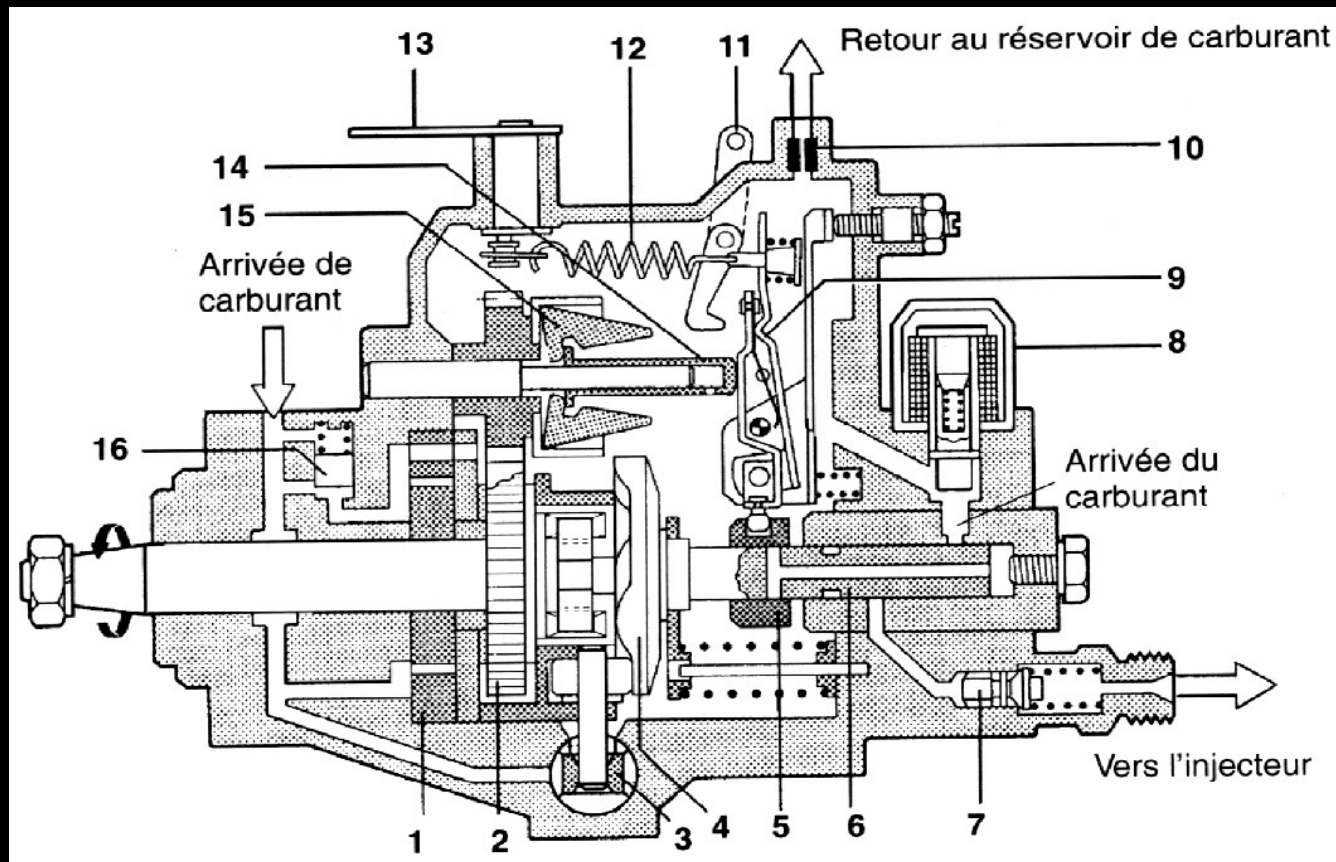
LA POMPE D'INJECTION

La pompe d'injection est l'élément essentiel dans le système d'injection. Son rôle est de distribuer le carburant aux cylindres sous une forte pression :

- jusqu'à **350 bars** pour les moteurs à injection indirecte,
- jusqu'à **1800 bars** pour les moteurs à injection directe.

Sa conception très complexe et très précise a connu un développement considérable. On trouve aujourd'hui sur le marché des pompes d'injection de très haute technologie : commandée et régulée électroniquement.

1. Pompe d'alimentation
2. Entraînement du régulateur
3. Variateur
4. Disques à cames
5. Tiroir de régulateur
6. Piston
7. Clapet de refoulement
8. Dispositif d'arrêt électromagnétique
9. Levier de régulateur
10. Soupape de décharge
11. Dispositif d'arrêt mécanique
12. Ressort de régulation
13. Levier de commande
14. Manchon
15. Masselotte
16. Soupape régulatrice

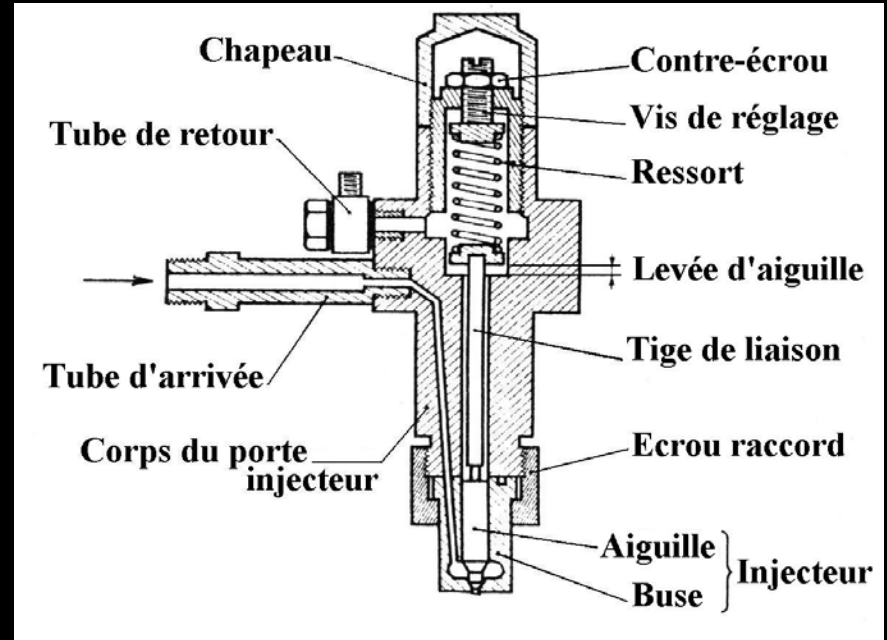


POMPE D'INJECTION DE TYPE BOSCH

L'INJECTEUR

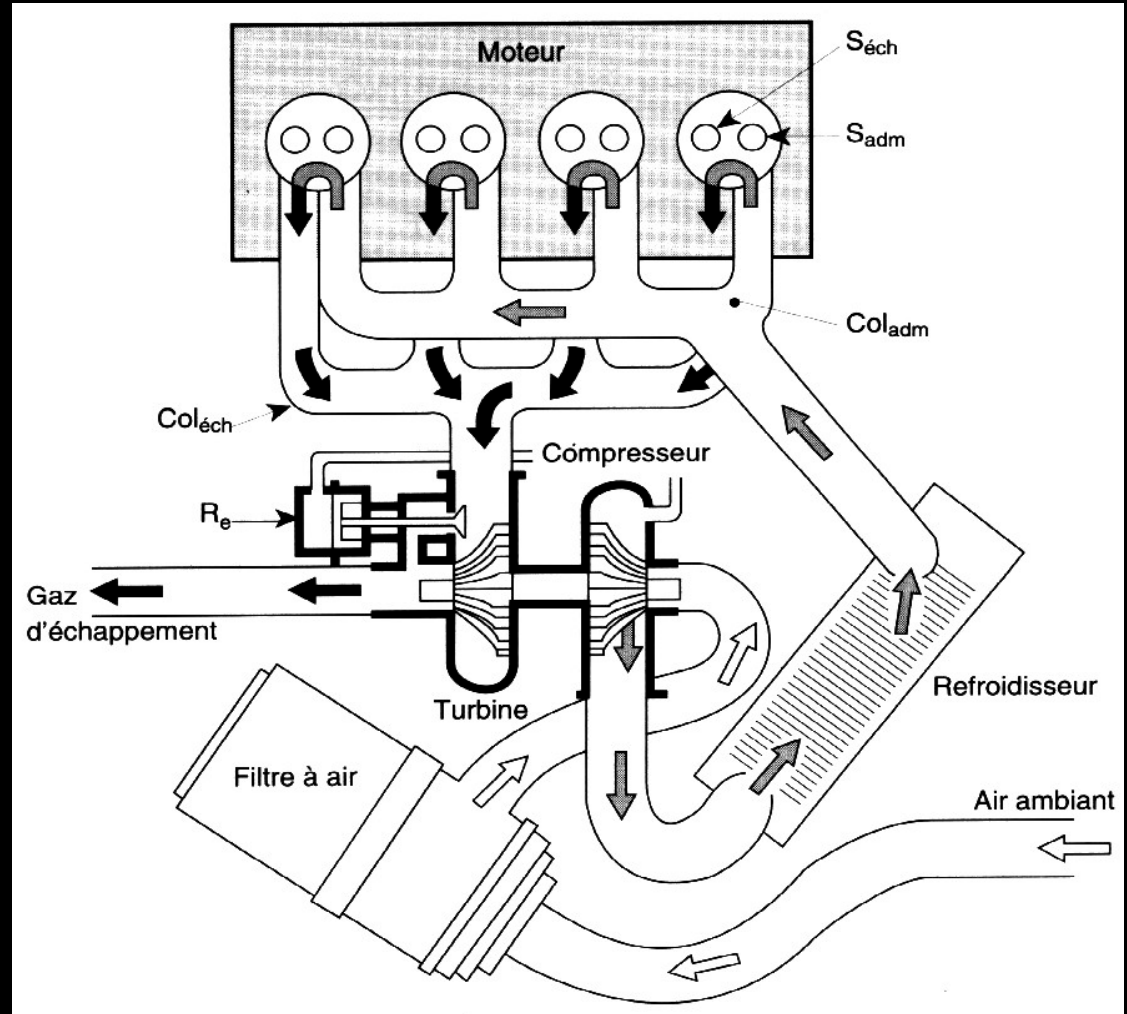
C'est le dispositif terminal du système d'injection, il assure l'introduction, la pulvérisation et la répartition du carburant dans l'air de la chambre de combustion. Chaque cylindre est alimenté par un injecteur.

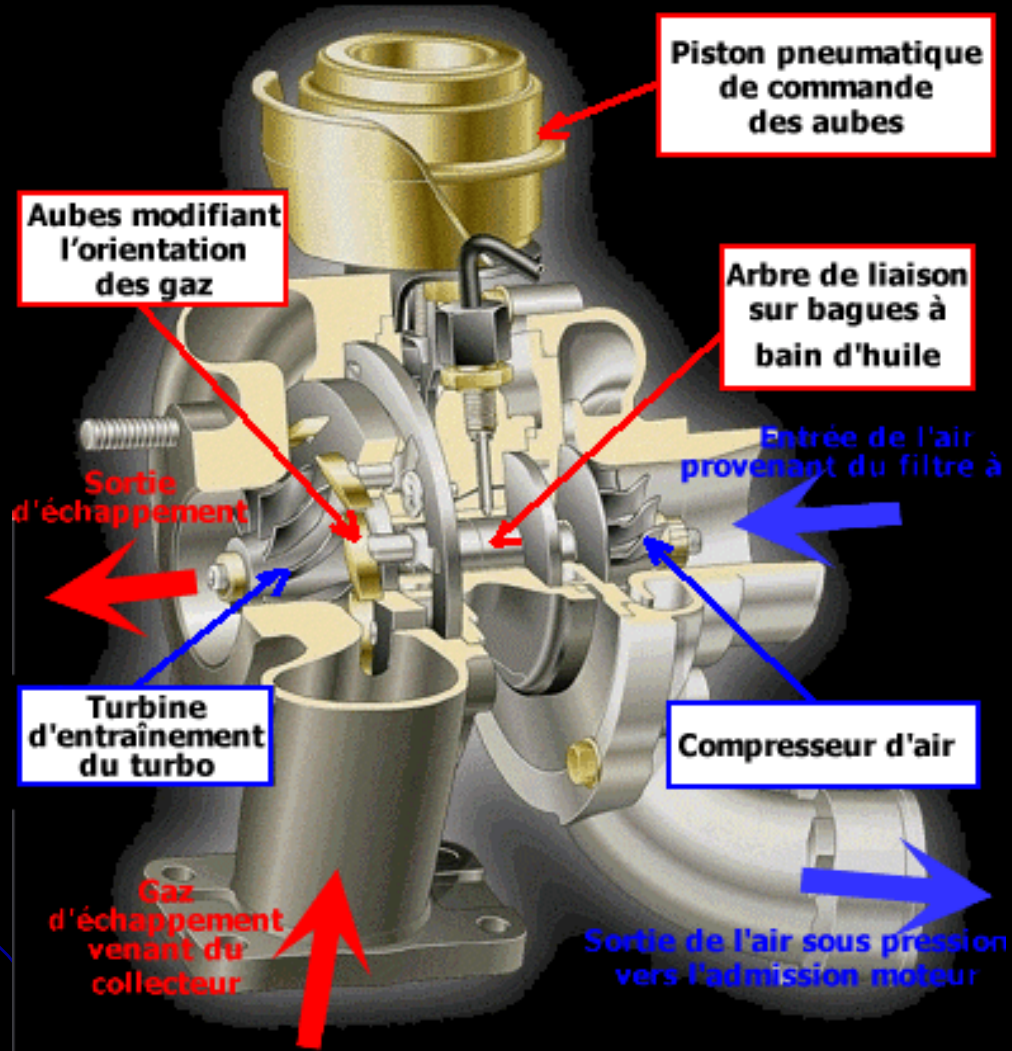
Les injecteurs sont fixés à des portes-injecteurs et sont constitués par une buse dans laquelle coulisse une aiguille qui est ajustée avec une grande précision.

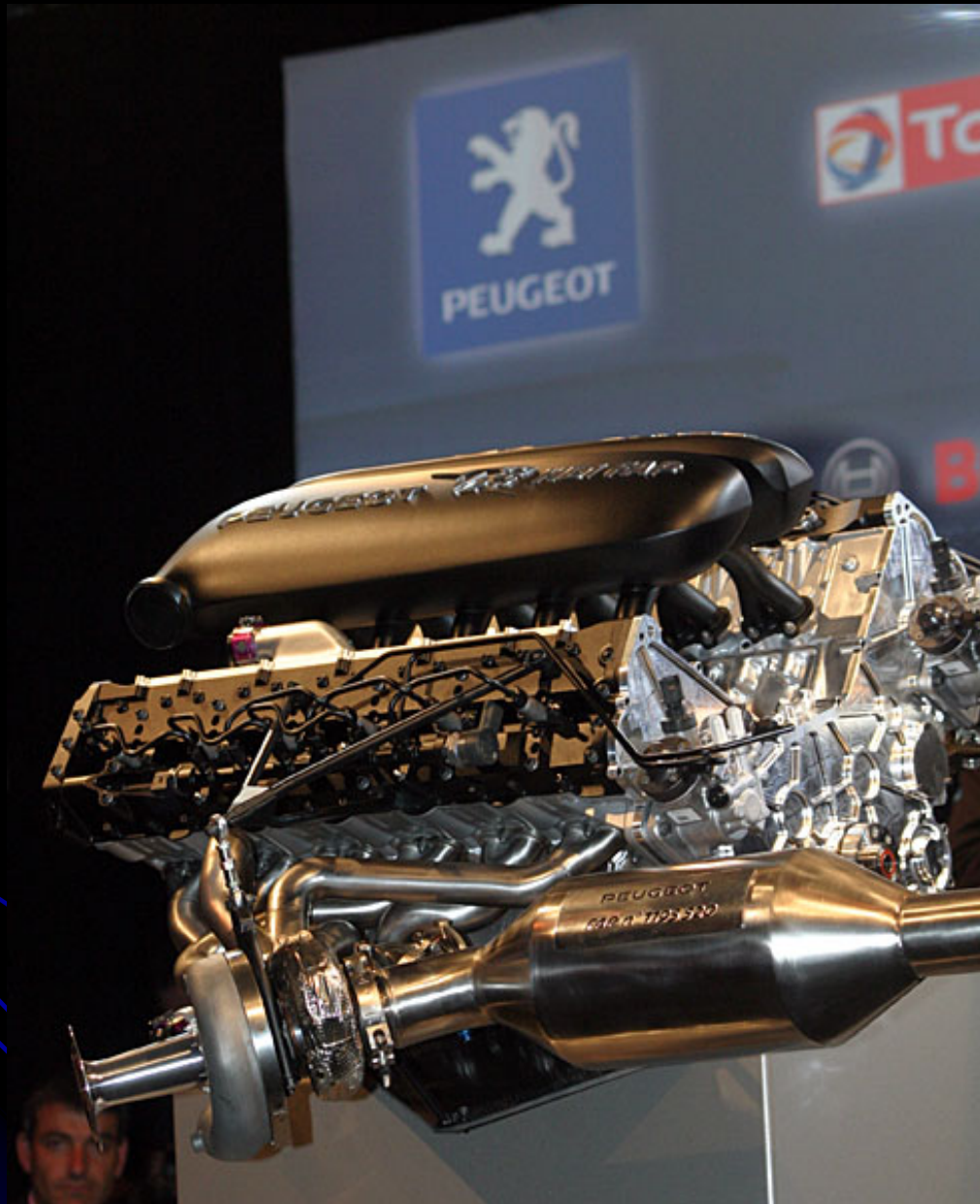


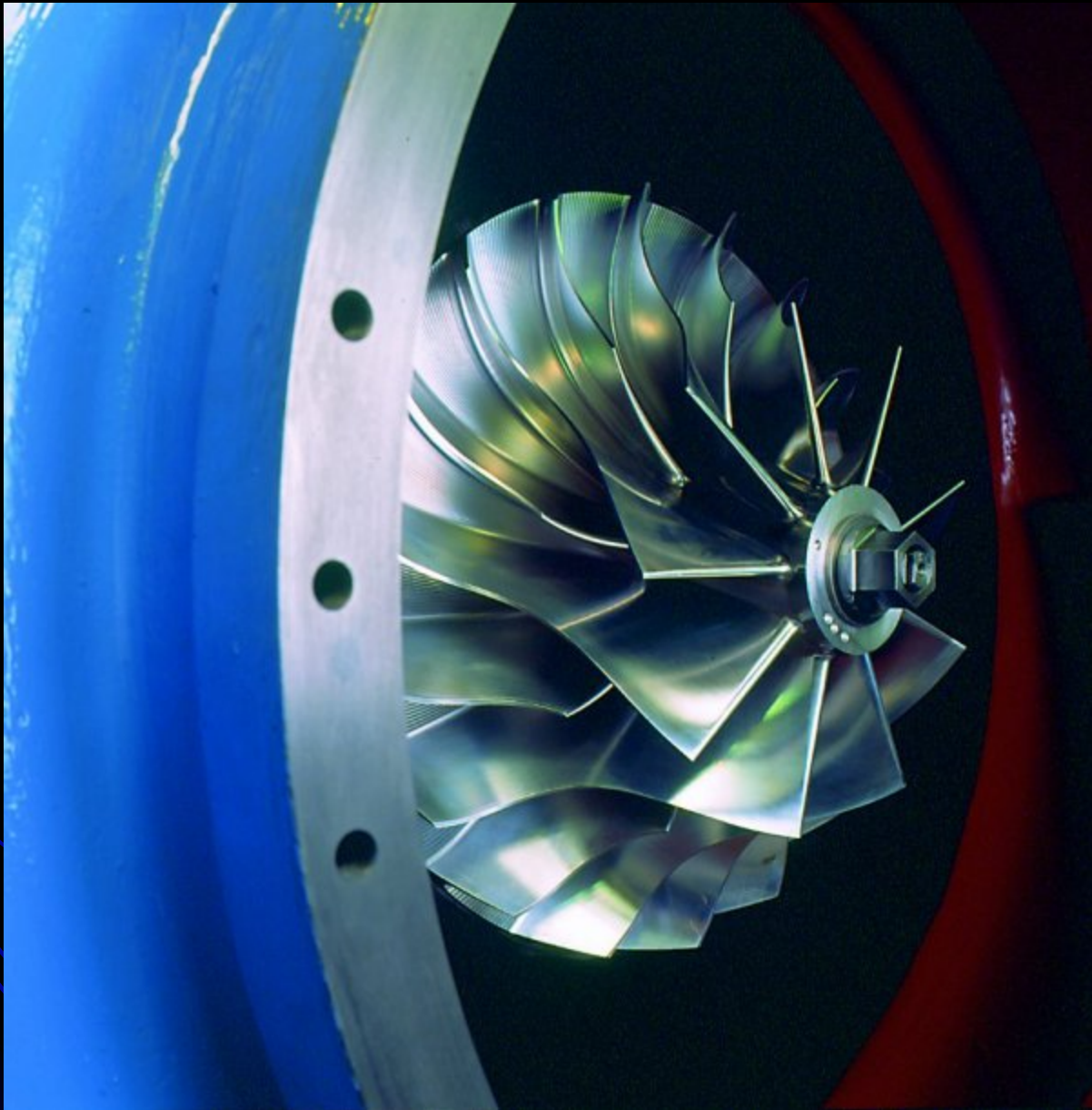
LA SURALIMENTATION (TURBO)

Un turbocompresseur disposé sur le circuit d'échappement apporte un excès d'air au moteur et permet d'augmenter le couple et la puissance. Ce sont les gaz d'échappement qui entraînent la turbine montée sur le même arbre du compresseur.









PUISSANCE D'UN MOTEUR

1. PUISSANCE EFFECTIVE

C'est la puissance réelle d'un moteur. Elle est mesurée au banc d'essai et qui est réellement utilisable sur l'arbre moteur.

$$P_e = W_e \cdot n / 60$$

La puissance développée à l'intérieur des cylindres peut être calculée par la formule :

$$P_i = W_i \cdot n / 60$$

Où W_e est le travail effectif.

W_i est le travail développé à l'intérieur des cylindres.

n est le nombre de tours par minute.

D'où le rendement du moteur $r = P_e / P_i = W_e / W_i < 1$.

RENDEMENT D'UN MOTEUR

La différence entre P_e et P_i représente la puissance absorbée par tous les frottements mécaniques du moteur, les jeux, les vibrations, le mauvais équilibrage et l'entraînement de tous les organes accessoires du moteur (pompes, ventilateurs...).

Le rendement (r) est de l'ordre de 0.80 lorsque les pièces sont encore en bon état. Pour améliorer (r) il faut :

- diminuer les pertes par frottements.
- utiliser des pièces légères.
- effectuer des équilibrages dynamiques.
- assurer une très bonne lubrification.

COUPLE MOTEUR

Un couple est un système de deux forces égales, parallèles et de sens contraire. Il est caractérisé par la grandeur des forces et la longueur du bras de levier. Ce sont les forces exercées sur les pistons qui créent le couple moteur qui engendre la rotation du vilebrequin d'un moteur. Il est lié à la puissance par la relation :

$$P = C_p \cdot \omega$$

Où : P puissance du moteur en watts.

C_p couple en mètre.Newton [mN]

ω vitesse angulaire en radians/seconde [rad/s]

La vitesse d'un moteur est donnée en n tours/minute, donc

$$\omega = 2 \pi n / 60$$

Dans le monde de l'industrie automobile, la puissance est exprimé en cheval vapeur. **1 cheval = 736 watts.**

Exemple:

Un moteur développe sur son arbre une puissance de 80 chevaux à 3500 tr/mn. Quel est son couple moteur ?

$$C_p = P \cdot 7031,8 / n = 80 \cdot 7031,8 / 3500 = 160,72 \text{ mN}$$

$$C_p = 160,72 \text{ mN}$$

Remarque

Lorsque l'on fait mention d'une puissance pour un moteur, il faut toujours indiquer à quel régime cette puissance a été mesurée. Les constructeurs des véhicules indiquent la puissance maximale de ceux-ci et la vitesse de rotation pour laquelle elle est atteinte.

2. PUISSANCE ADMINISTRATIVE OU FISCALE

Puissance d'un moteur automobile, calculée pour servir de base à l'imposition fiscale. Elle est mentionnée sur la carte grise du véhicule. Depuis le 01.01.1978, elle est calculée par la formule :

$$P_{\text{fisc}} = m(0.0458 C/K) 1.48$$

$m=1$ moteur à essence, $m=0.7$ moteur Diesel.

C : cylindrée du moteur en cm^3 .

K : rapport de démultiplication ou moyenne arithmétique des vitesses obtenues à 1000 trs/mn.

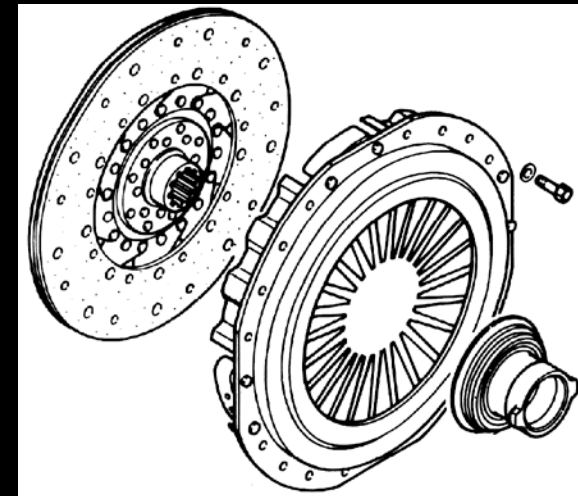
LA TRANSMISSION

C'est l'ensemble des organes disposés à la sortie du moteur pour transmettre le mouvement aux roues.

L'EMBRAYAGE

Organe placé entre le moteur et la boîte de vitesses. Il a deux fonctions essentielles :

- Position embrayée, il transmet intégralement le couple moteur à l'arbre d'entrée de la boîte de vitesses.
- Position débrayée, il libère celle-ci du moteur pour permettre le changement des vitesses.



Dans l'embrayage

MÉCANISME DU PLATEAU

Le mécanisme du plateau maintient le disque d'embrayage.

DIAPHRAGME

Organe métallique élastique, le diaphragme plaque avec force le plateau de pression contre le disque mené.

BUTÉE DE DÉBRAYAGE

Actionnée par le levier de débrayage, la butée de débrayage appuie sur les linguets ou sur le centre du diaphragme pour annuler la pression des ressorts ou du diaphragme.

Le mécanisme d'embrayage est monté dans la cloche d'embrayage ; il est boulonné au volant moteur. Il est composé de trois organes principaux : le disque mené, ou disque d'embrayage, le mécanisme de pression (appelé encore couvercle d'embrayage) et la butée de débrayage.

cloche d'embrayage

boulon fixant la boîte de vitesses au moteur

VOLANT MOTEUR

Organe de régularisation de la rotation du moteur, le volant sert aussi à mettre en liaison le disque d'embrayage avec le vilebrequin.

plateau de pression

ARBRE PRIMAIRE (ARBRE D'ENTRÉE) DE LA BOÎTE DE VITESSES

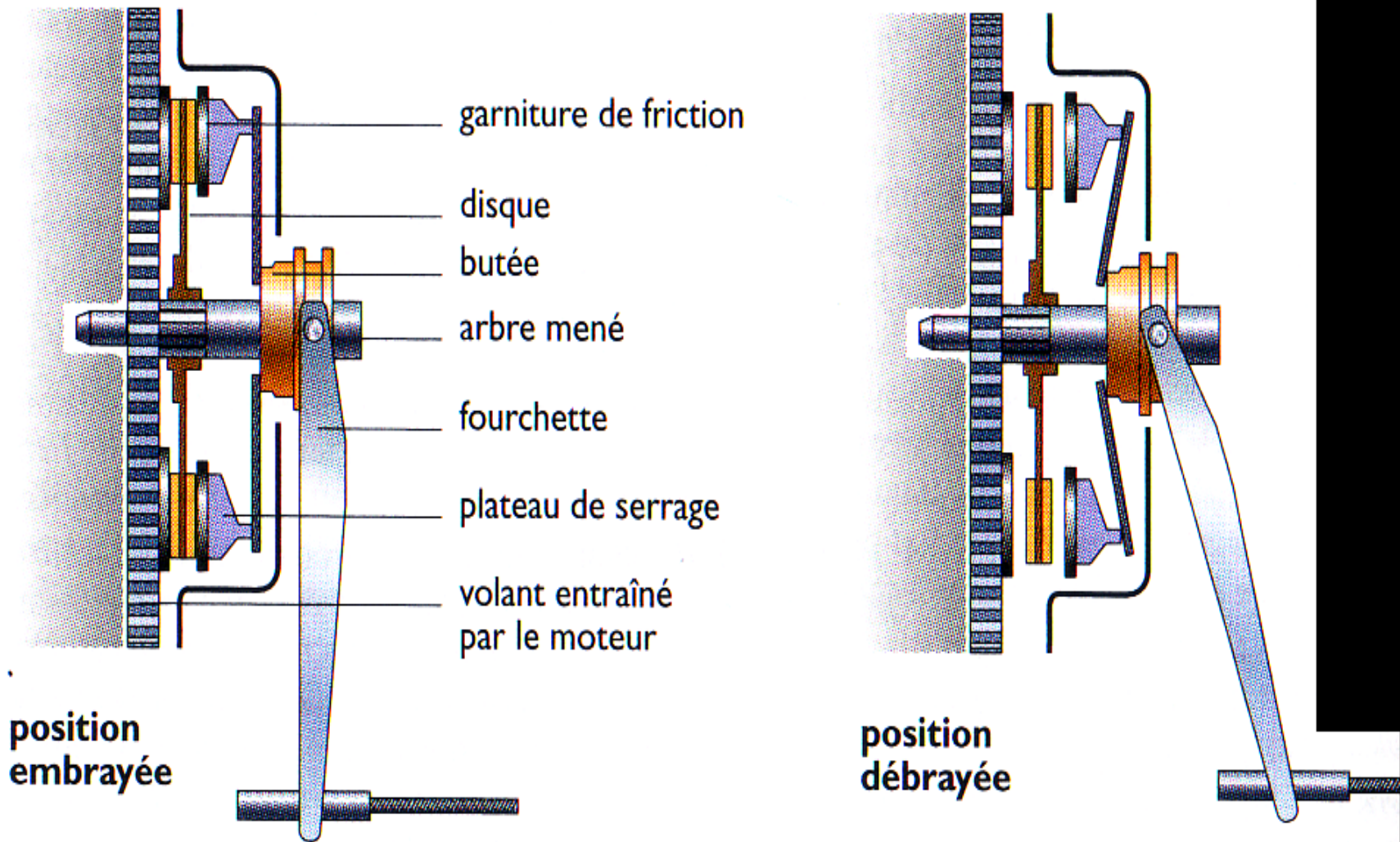
Pourvu de cannelures à son extrémité, l'arbre primaire de la boîte de vitesses est entraîné par le disque mené.

DISQUE D'EMBRAYAGE, OU DISQUE MENÉ

Serré entre le volant moteur et le plateau de pression, le disque d'embrayage transmet le mouvement du moteur.

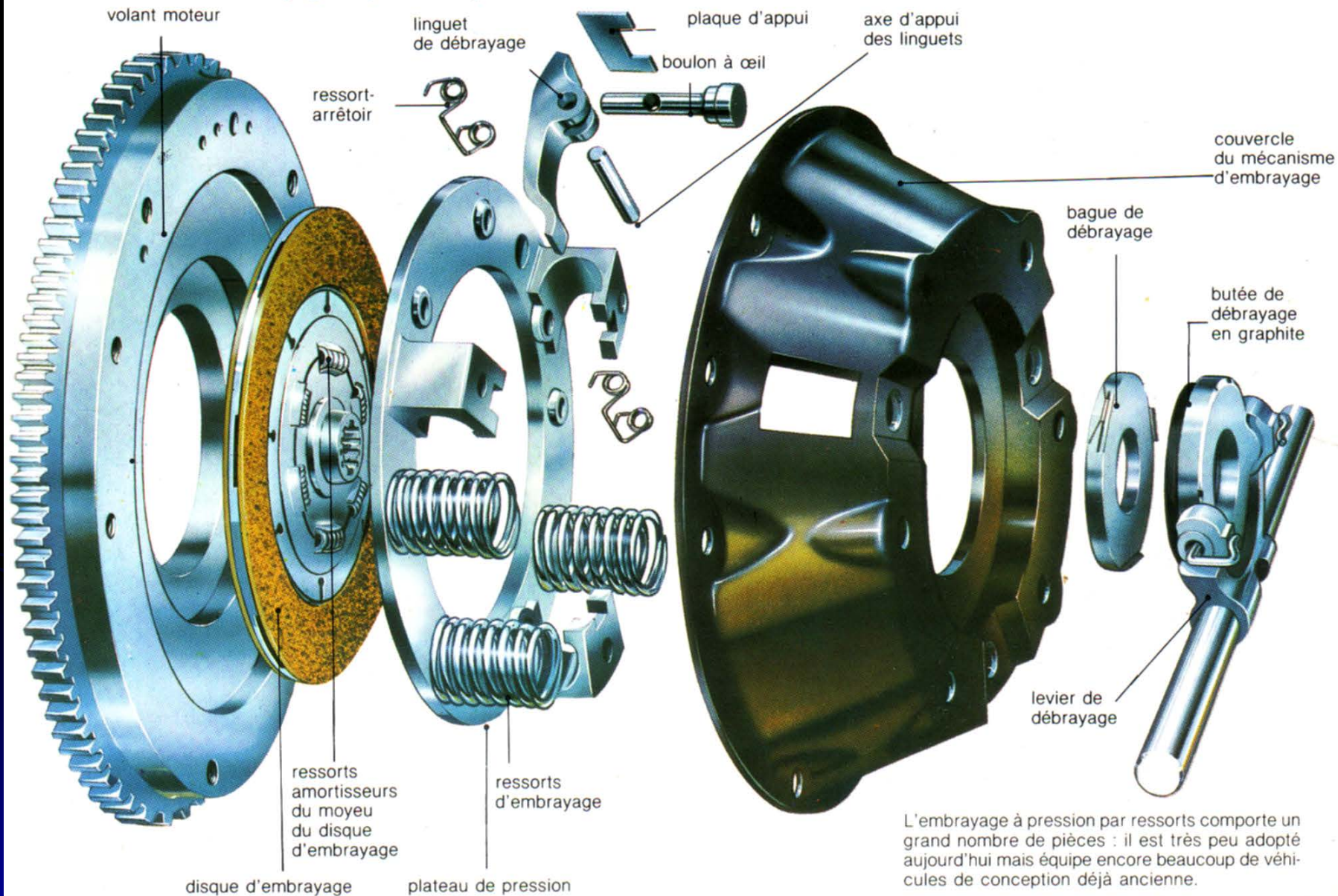
CÂBLE D'EMBRAYAGE

Le câble d'embrayage transmet le mouvement de la pédale d'embrayage au levier de débrayage. La commande peut être de type hydraulique.



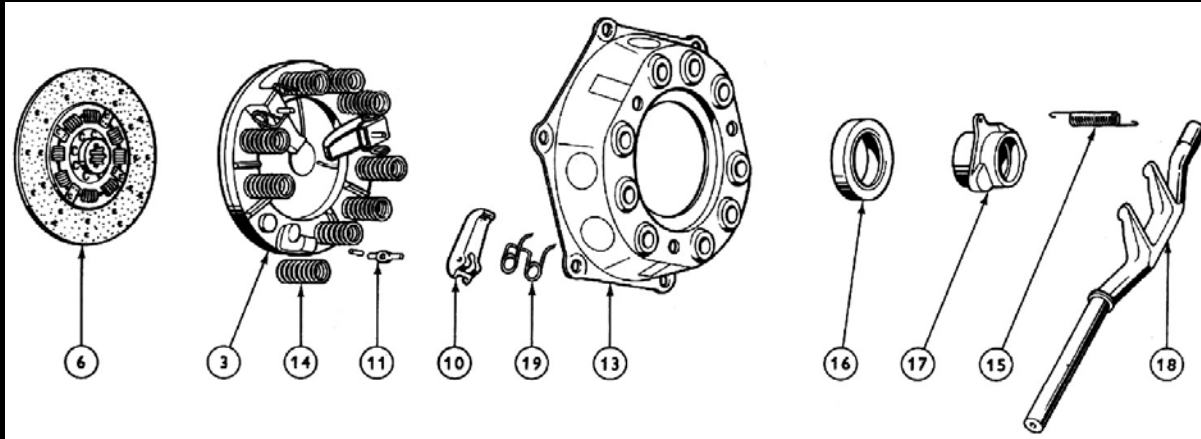
embrayage. Fonctionnement d'un embrayage d'automobile.

Éléments d'un embrayage à pression par ressorts



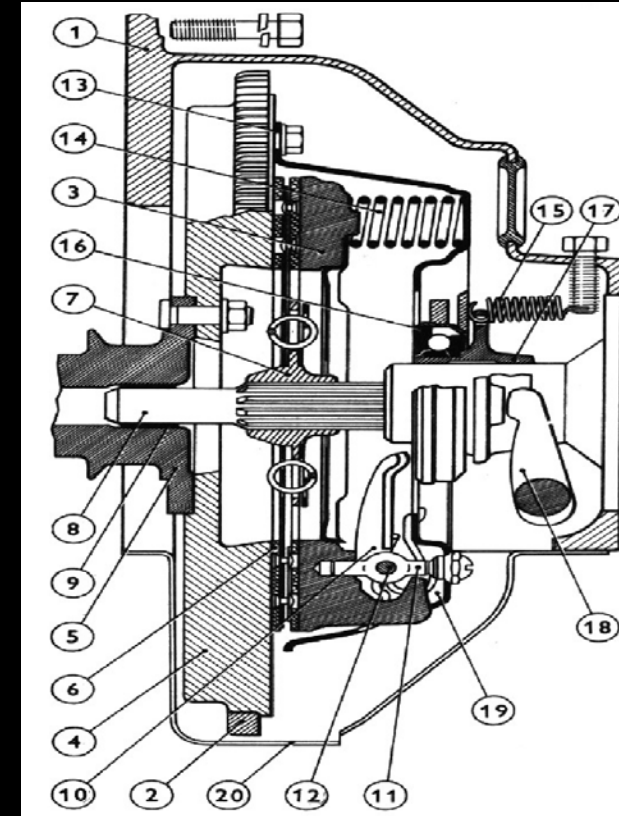
L'embrayage à pression par ressorts comporte un grand nombre de pièces : il est très peu adopté aujourd'hui mais équipe encore beaucoup de véhicules de conception déjà ancienne.

ELEMENTS D'UN EMBRAYAGE



Vue éclatée des différentes pièces

- | | |
|--------------------------|----------------------------|
| 1. Carter | 12. Axe de boulon |
| 2. Couronne dentée | 13. Cloche d'embrayage |
| 3. Plateau de pression | 14. Ressort d'embrayage |
| 4. Volant | 15. Ressort de rappel |
| 5. Vilebrequin | 16. Butée à bille |
| 6. Disque de friction | 17. Butée de débrayage |
| 7. Moyeu cannelé | 18. Fourchette débrayage |
| 8. Arbre de sortie | 19. Ressort de décollement |
| 9. Bague guide | 20. Carter en tôle. |
| 10. Leviers de débrayage | |
| 11. Boulon à oeil | |



Ensemble monté

BOITE DE VITESSES

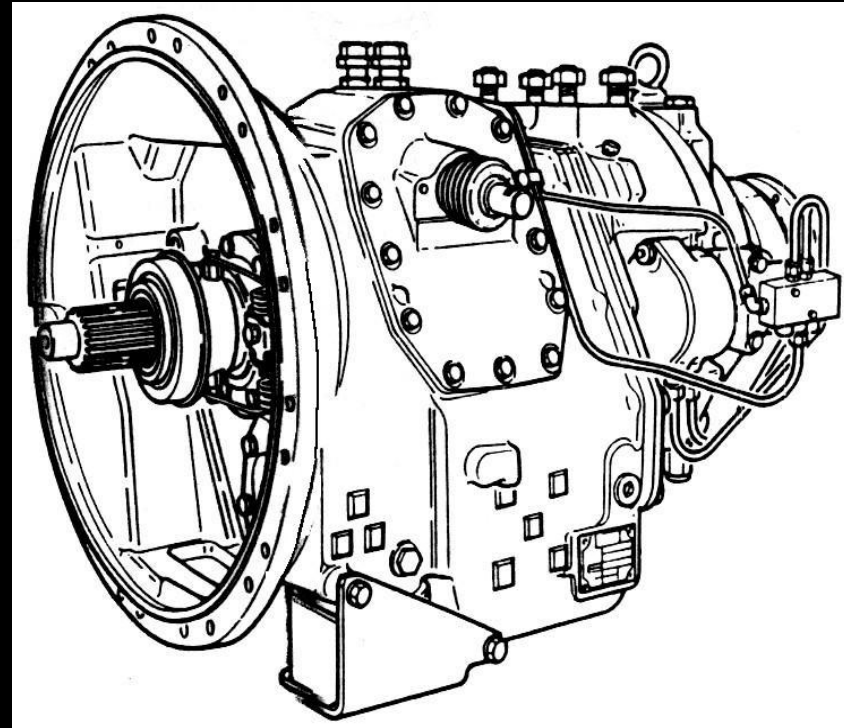
Système mécanique à engrenages placé entre le moteur et les roues Motrices. Ses fonctions sont :

- Démultiplication variable des vitesses entre le moteur et les roues.

- Inversion du mouvement de l'arbre de transmission par la

combinaison marche-arrière pour faire reculer le véhicule.

A la sortie de la boîte de vitesses, le mouvement est transmis à l'arbre de transmission qui le transmet aux roues motrices.



pignon récepteur
de 4^e

pignon récepteur de 3^e

pignon récepteur de 2^e

pignon récepteur de 1^{re}

axe de commande de
la fourchette de 1^{re}/2^e

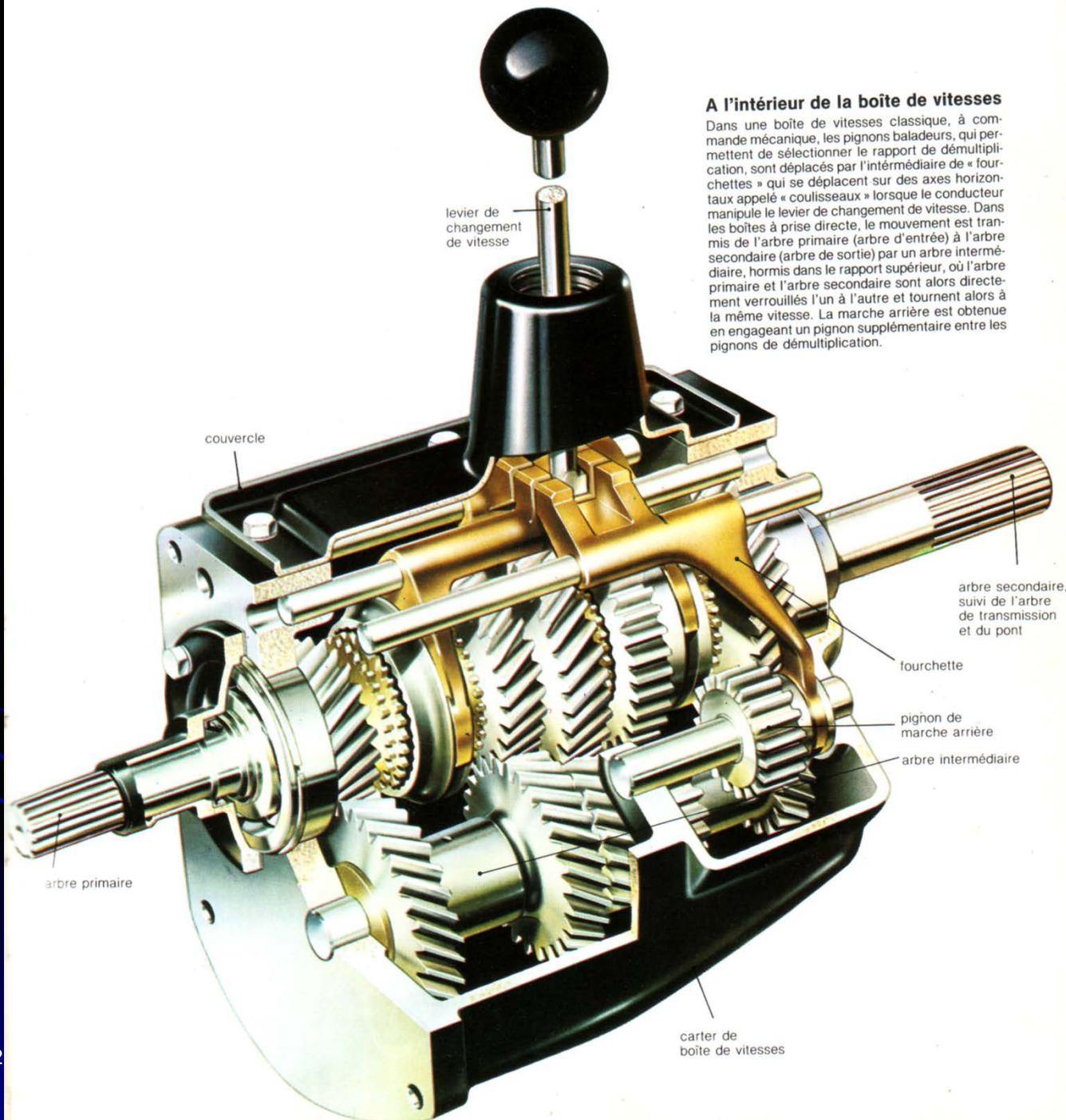
vis
du compteur
de vitesse

arbre
moteur

embrayage

commande
de sélection
des vitesses

boîte de vitesses d'une automobile.



A l'intérieur de la boîte de vitesses

Dans une boîte de vitesses classique, à commande mécanique, les pignons baladeurs, qui permettent de sélectionner le rapport de démultiplication, sont déplacés par l'intermédiaire de « fourchettes » qui se déplacent sur des axes horizontaux appelé « coulisseaux » lorsque le conducteur manipule le levier de changement de vitesse. Dans les boîtes à prise directe, le mouvement est transmis de l'arbre primaire (arbre d'entrée) à l'arbre secondaire (arbre de sortie) par un arbre intermédiaire, hormis dans le rapport supérieur, où l'arbre primaire et l'arbre secondaire sont alors directement verrouillés l'un à l'autre et tournent alors à la même vitesse. La marche arrière est obtenue en engageant un pignon supplémentaire entre les pignons de démultiplication.

levier de changement de vitesse

couvercle

arbre secondaire, suivi de l'arbre de transmission et du pont

fourchette

pignon de marche arrière

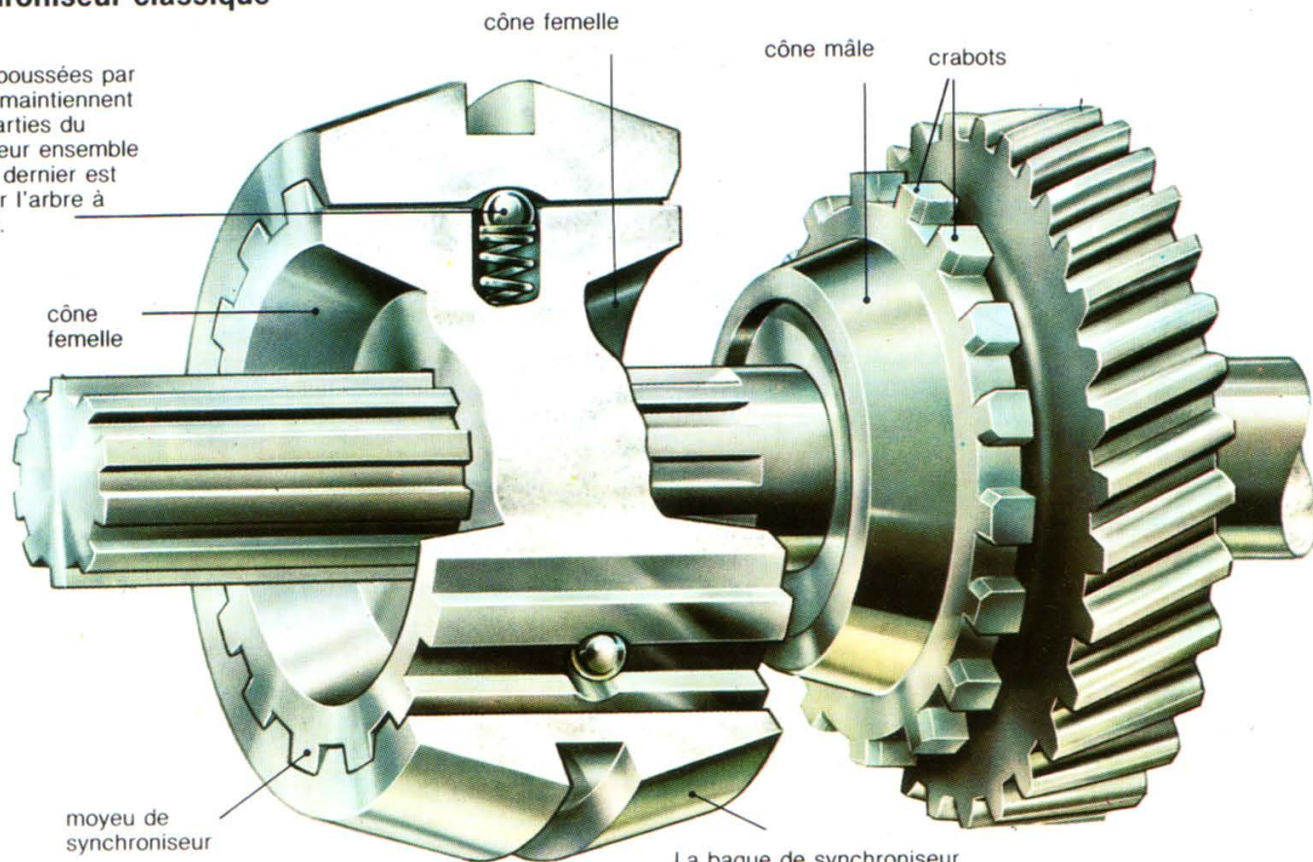
arbre intermédiaire

arbre primaire

carter de boîte de vitesses

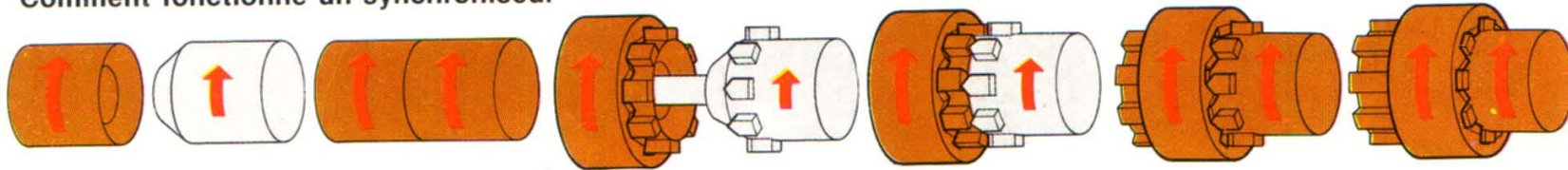
Un synchroniseur classique

Des billes poussées par un ressort maintiennent les deux parties du synchroniseur ensemble lorsque ce dernier est déplacé sur l'arbre à cannelures.



La bague de synchroniseur cannelée peut coulisser sur le moyeu.

Comment fonctionne un synchroniseur

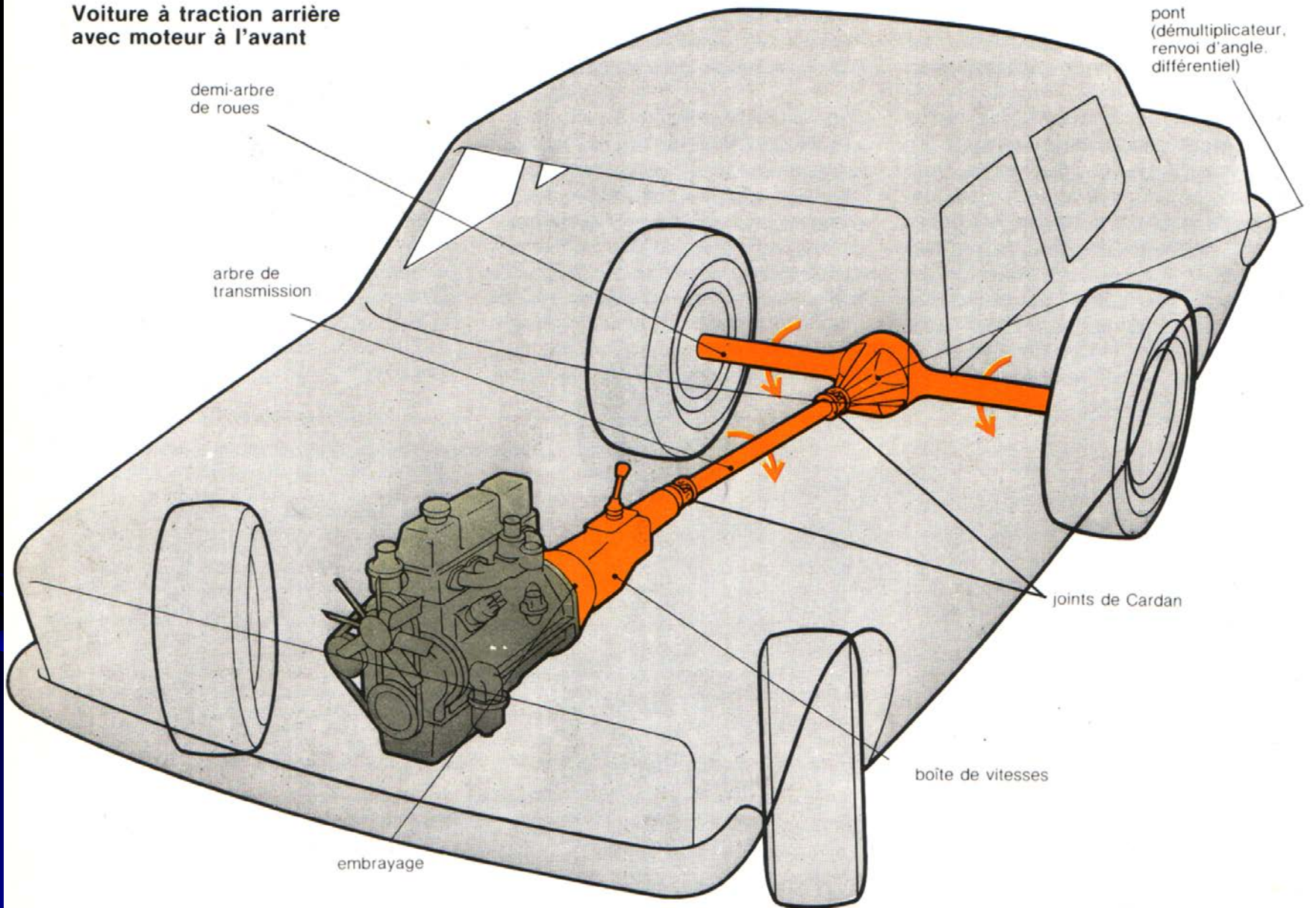


Le synchroniseur exploite la friction entre deux portées coniques usinées sur deux pièces pour modifier la vitesse de rotation de l'une d'entre elles. Ci-dessus, la pièce de gauche est le synchro-

niseur. Quand la portée conique de ce dernier et celle de la couronne du pignon monté fou entrent en contact, le frottement accélère ou ralentit la vitesse de rotation du pignon. Lorsque les deux piè-

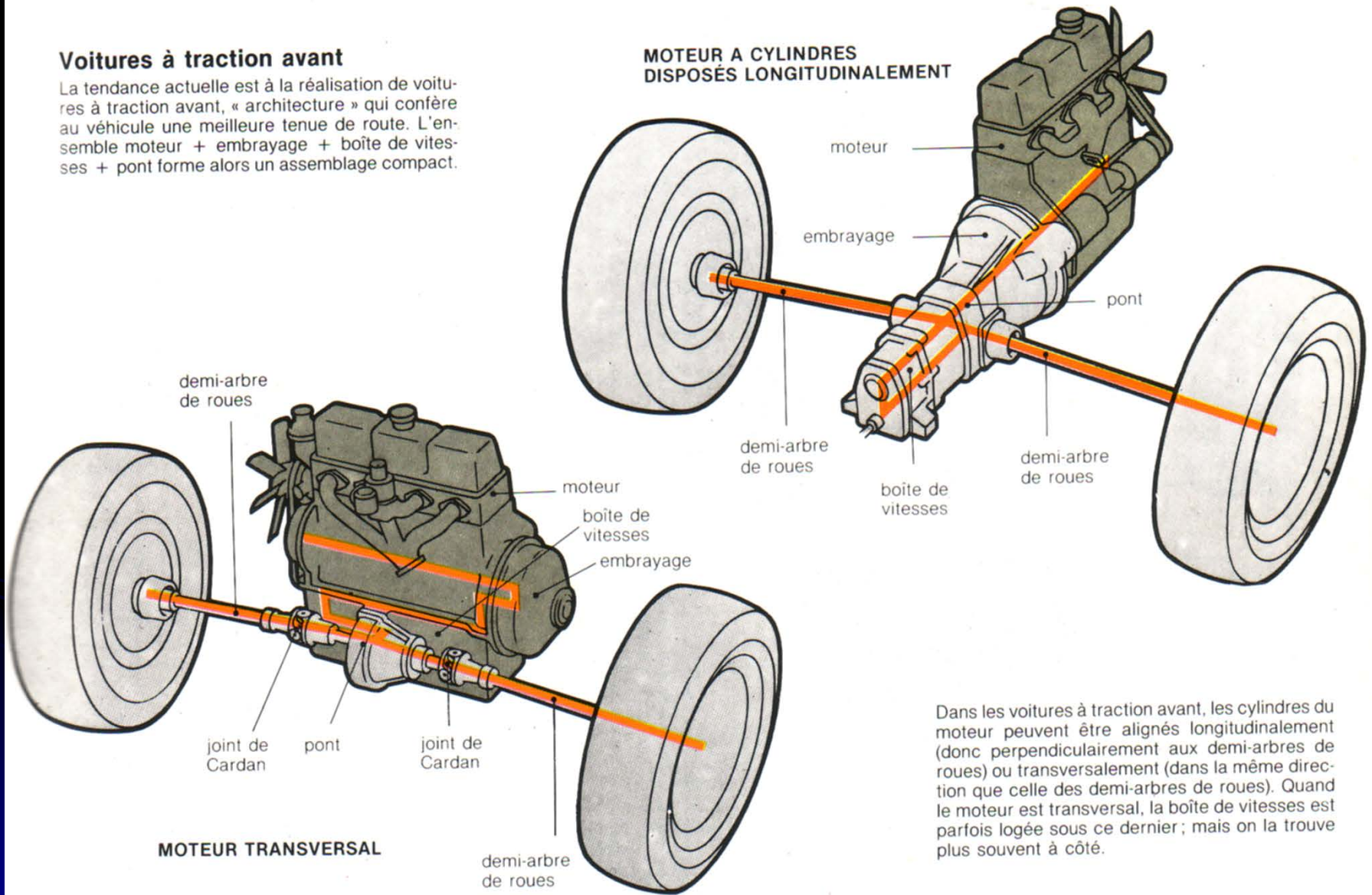
ces tournent à la même vitesse, la bague extérieure du synchroniseur, poussée par la fourchette de sélection, est amenée à coulisser et les dents des crabots s'engagent en douceur.

Voiture à traction arrière avec moteur à l'avant

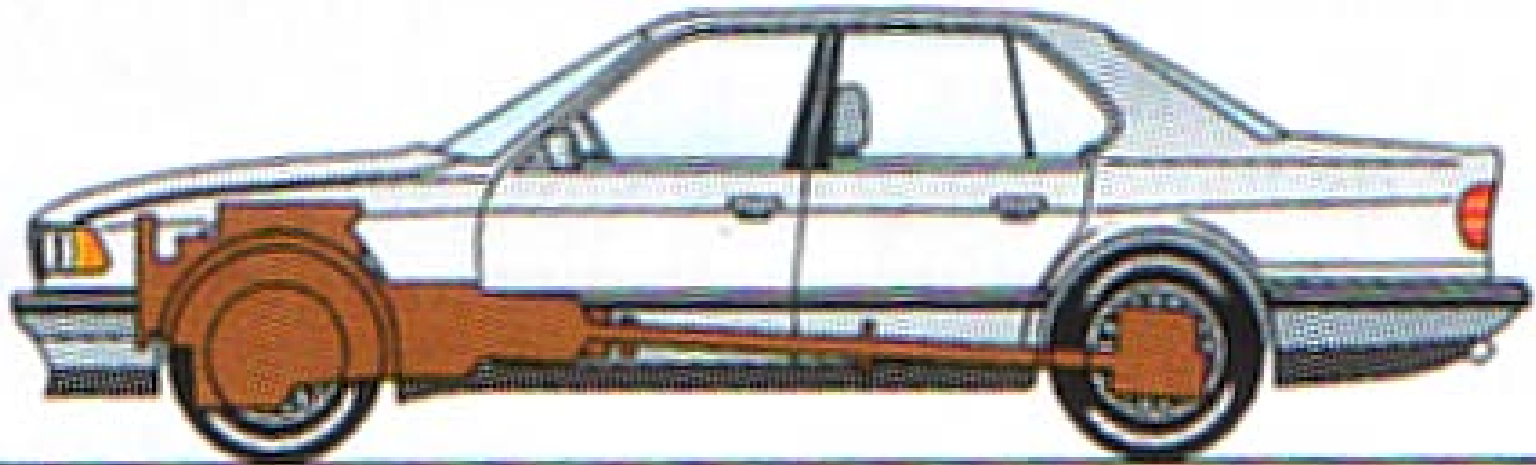


Voitures à traction avant

La tendance actuelle est à la réalisation de voitures à traction avant, « architecture » qui confère au véhicule une meilleure tenue de route. L'ensemble moteur + embrayage + boîte de vitesses + pont forme alors un assemblage compact.



Dans les voitures à traction avant, les cylindres du moteur peuvent être alignés longitudinalement (donc perpendiculairement aux demi-arbres de roues) ou transversalement (dans la même direction que celle des demi-arbres de roues). Quand le moteur est transversal, la boîte de vitesses est parfois logée sous ce dernier ; mais on la trouve plus souvent à côté.



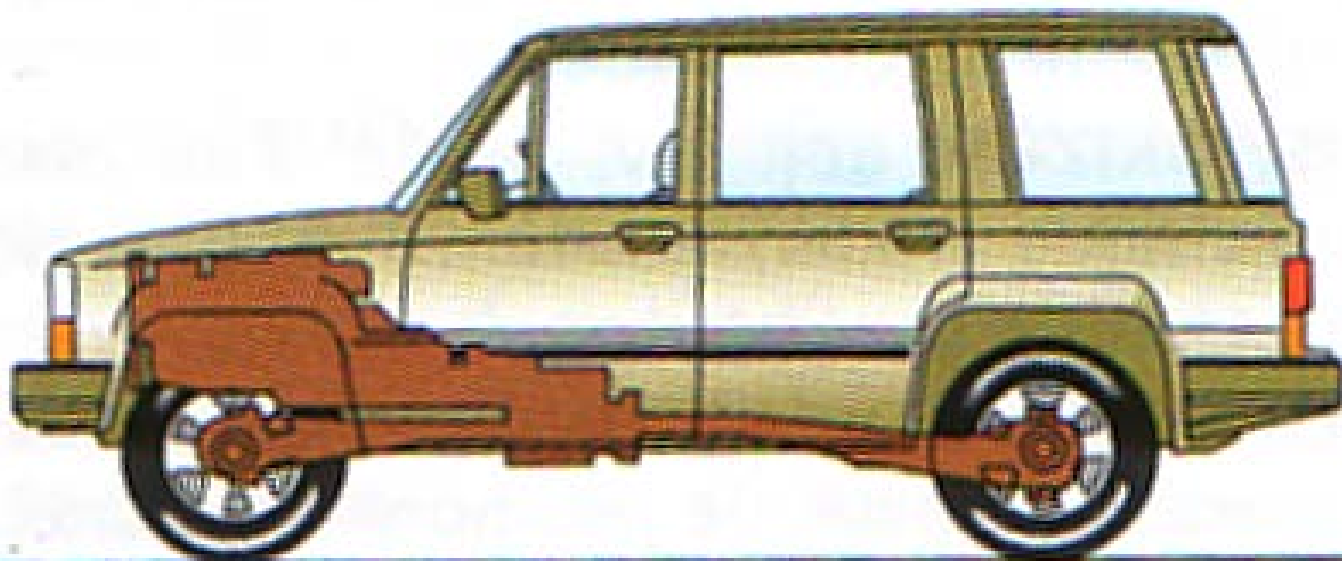
moteur avant et propulsion arrière



traction avant



moteur et propulsion arrière

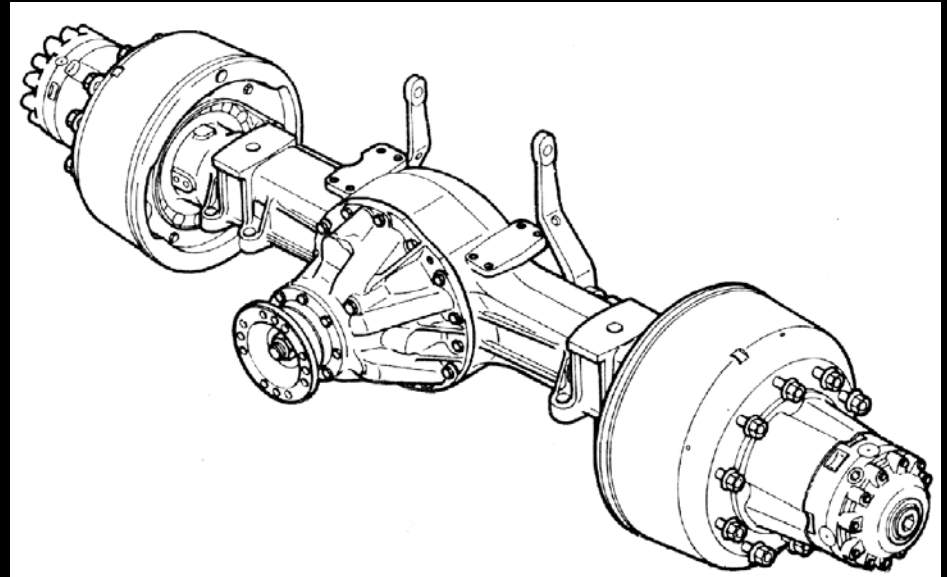


quatre roues motrices

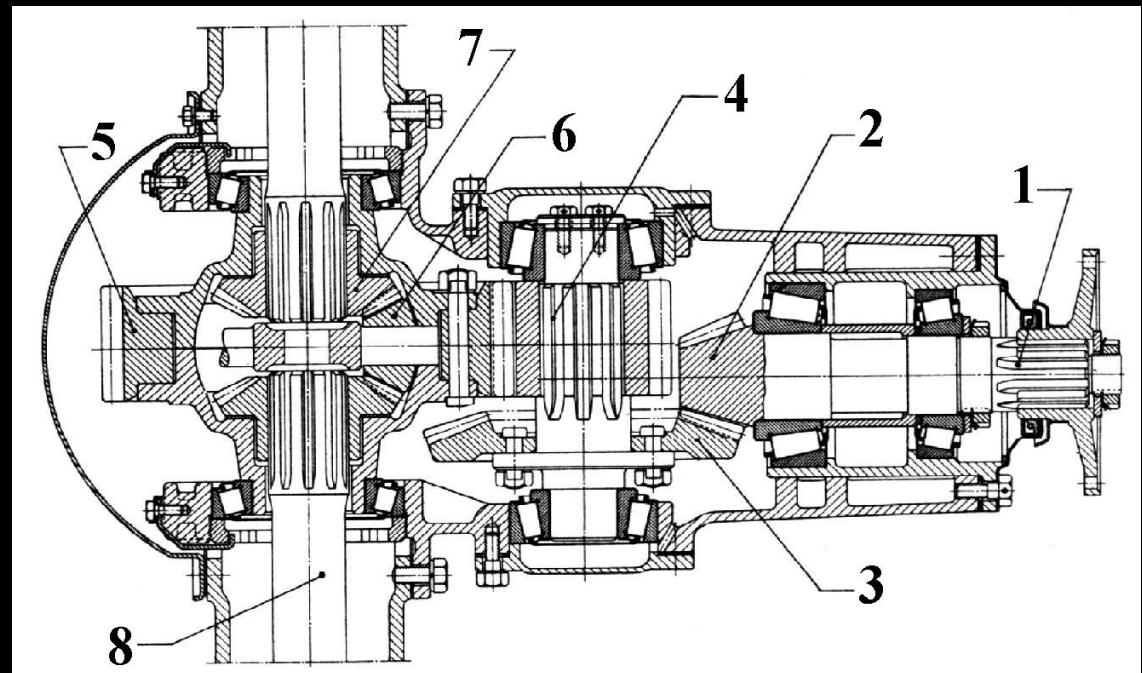
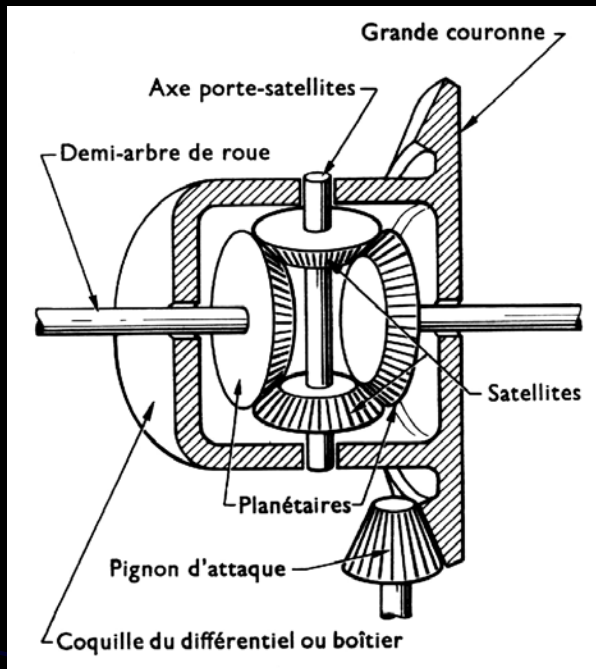
LE PONT

C'est l'ensemble composé du différentiel, des demi-arbres de roues, des freins et des moyeux support de roues.

Un véhicule peut disposer d'un pont avant dans le cas d'une traction, d'un pont arrière dans la cas d'une propulsion ou des deux si c'est un 4x4. Le pont intègre le différentiel.



LE DIFFERENTIEL

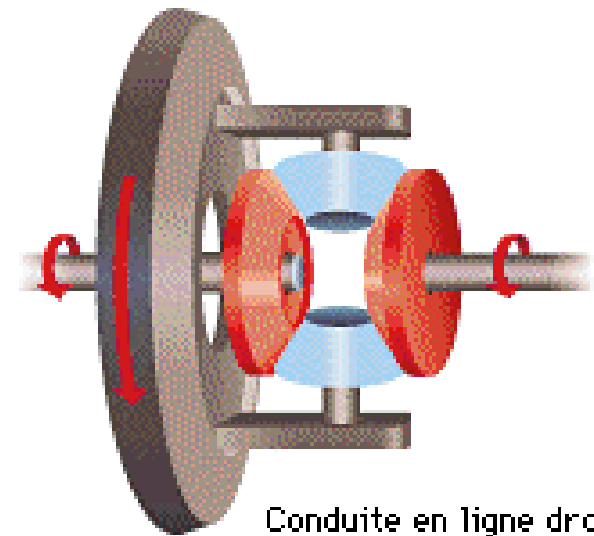
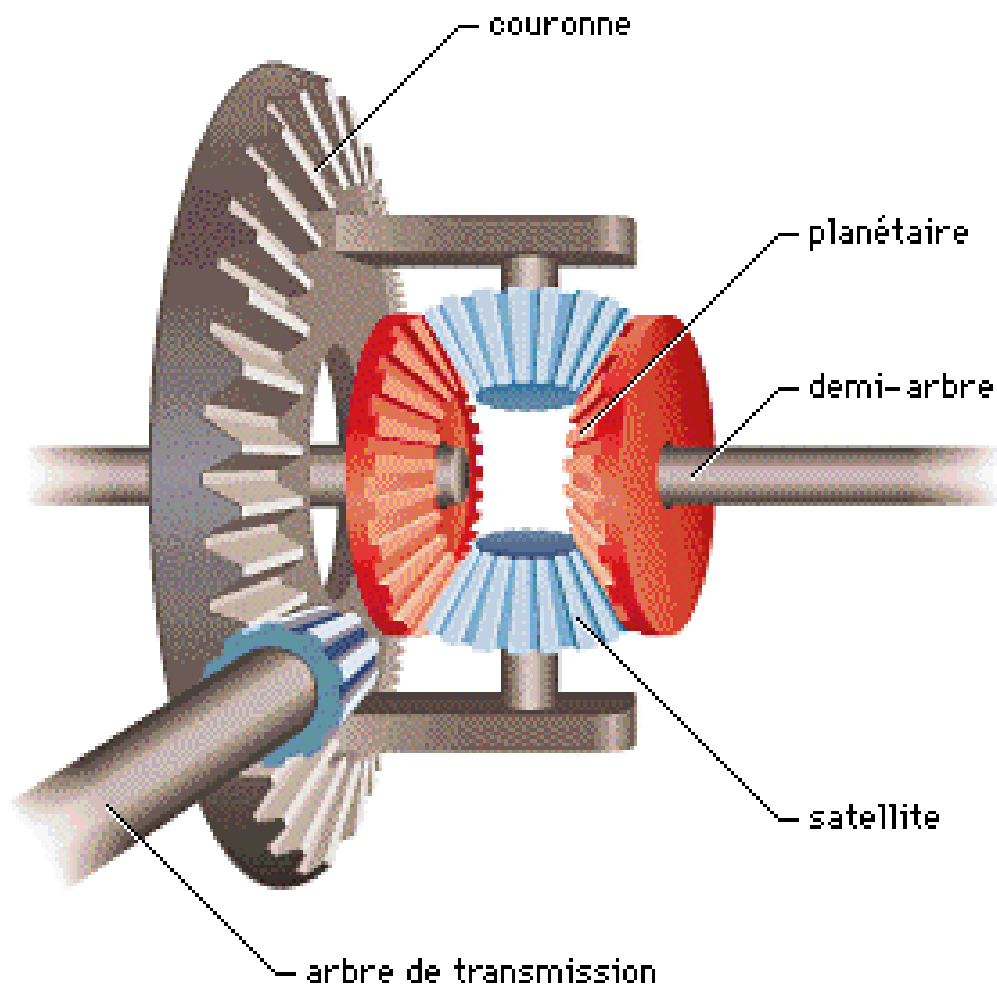


1. Arbre de transmission
2. Pignon d'attaque
3. Couronne
4. Engrenage droit solidaire de la couronne

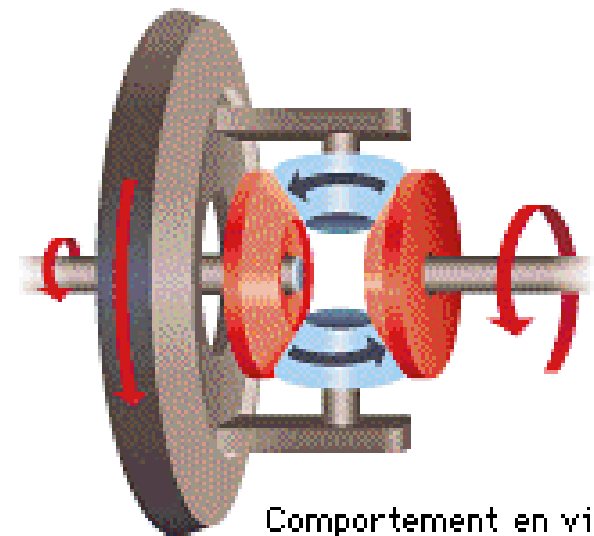
5. Engrenage droit de différentiel
6. Satellite
7. Planétaire
8. Demi-arbre de roue

FONCTIONNEMENT DU DIFFERENTIEL

Le différentiel est un engrenage qui permet aux roues motrices d'une voiture de tourner à des vitesses différentes lorsque le véhicule aborde des virages. L'arbre de transmission actionne la couronne, qui entraîne à son tour les demi-arbres reliés aux roues. Lorsque la voiture roule en ligne droite, les satellites sont inopérants et la couronne fait tourner les deux roues à la même vitesse. En revanche, quand le véhicule entre en courbe, les satellites sont soumis à une rotation inverse, ce qui contraint l'une des deux roues à tourner plus vite que l'autre.



Conduite en ligne droite



Comportement en virage

LE MOYEU

Organe sur lequel se fixe la roue, supportant le tambour ou le disque de frein, tournant sur la fusée.

1. Bague d'étanchéité
2. Roulement
3. Moyeu
4. Tambour de frein
5. Chapeau de moyeu

