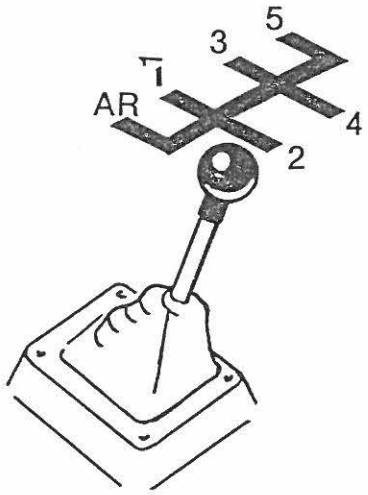
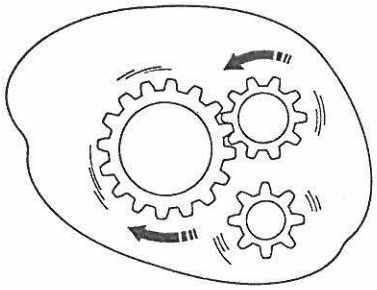
LA BOITE DE VITESSES

- POURQUOI UNE BOÎTE DE VITESSES ?





UN MOTEUR THERMIQUE EST DÉFINI PAR :

- Son ALÉSAGE
- Sa COURSE
- Son NOMBRE DE CYLINDRES

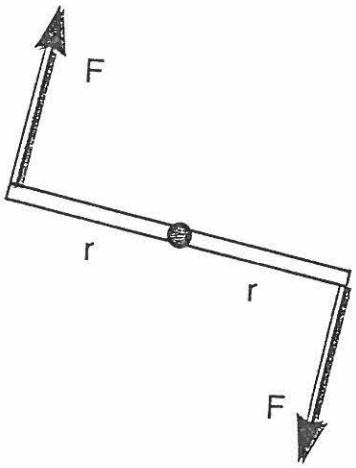
etc...

.... MAIS AUSSI ET SURTOUT PAR :

- *Son RÉGIME DE ROTATION*
- *Son COUPLE*
- *Sa PUISSANCE*

Rappels

1 - LE COUPLE



C'est l'action combinée de deux ou plusieurs forces sur des bras de levier, de telle sorte que l'axe ne soit sollicité qu'en rotation.

L'exemple le plus simple, imaginé ci-contre, représente deux forces (F) égales et opposées exerçant leurs actions perpendiculairement sur des leviers de même longueur (r).

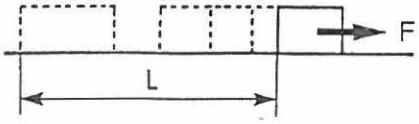
Dans cet exemple, le COUPLE (C) est égal au DOUBLE DU PRODUIT D'UNE FORCE (F) PAR LE BRAS DE LEVIER (r).

Le couple est exprimé en Newton-mètres.

$$C = 2 \times F \times r$$

N.m	N	m
(Newton-mètre)	(Newton)	(mètre)

· LE TRAVAIL



Une force qui provoque le déplacement du corps sur lequel elle s'applique produit un travail.

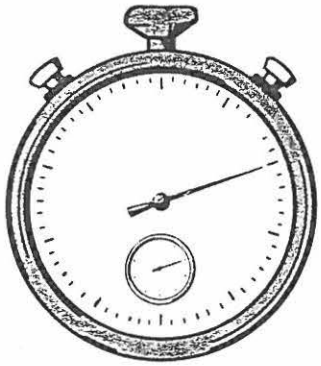
Dans notre exemple, ce travail est le produit de cette force par la valeur du déplacement exprimé en mètres.

Le travail de symbole W a pour unité le Joule (J).

$$W = F \times L$$

Joule — Newton — mètre

3 · LA PUISSANCE



La définition du travail ne fait pas intervenir la notion de temps. Or un même travail peut être effectué plus ou moins rapidement.

La PUISSANCE est obtenue en divisant un travail donné par le temps écoulé pour l'effectuer. De symbole P, elle s'exprime en WATTS (W).

Watt ← $P = \frac{W}{t}$ → Travail en Joules

→ Temps en secondes

Un moteur est d'autant plus puissant qu'il peut fournir de travail en 1 seconde.

DANS LE CAS D'UN MOUVEMENT CIRCULAIRE, LA PUISSANCE SE CALCULE SELON LA FORMULE :

$$P = C \times \omega$$

avec — C : couple

— ω (oméga) vitesse de rotation en radians par seconde.

La conversion des tours/minute (N) en radians/seconde (ω) s'obtient par $\omega = \frac{2 \pi N}{60}$

LE PONT

— GÉNÉRALITÉS

RÔLE

— *Transmettre le mouvement de la boîte de vitesses aux roues.*
— *Participer à la démultiplication totale.*
(son rapport de réduction est d'environ 1/4 ; ex : 8 x 35, 9 x 34,...).

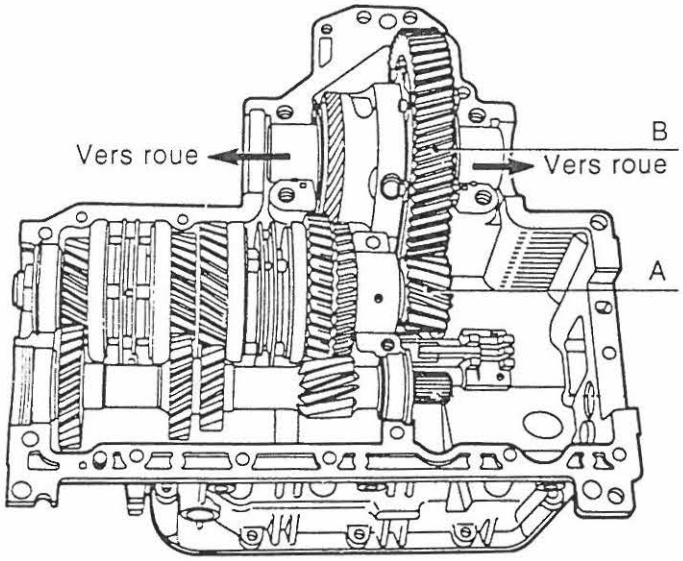
CONCEPTION

Elle dépend de l'implantation des organes dans le véhicule:
2 cas de figure sont possibles :
• le moteur est transversal
•• le moteur est longitudinal

• CAS DU MOTEUR TRANSVERSAL

L'axe de rotation du vilebrequin est parallèle à l'axe de rotation des roues. Dans ce cas les arbres de boîte sont aussi parallèles à l'axe des roues.

La démultiplication finale est obtenue par 2 pignons droits à taille hélicoïdale. Le petit pignon (A) est appelé pignon d'attaque, le grand pignon (B) est appelé couronne.



Dans l'exemple ci-dessus le pont est contenu dans le carter de boîte :

c'est UNE BOÎTE-PONT

•• CAS DU MOTEUR LONGITUDINAL

— Dans ce cas l'arbre secondaire de la boîte est longitudinal, alors que l' "essieu"-moteur est transversal.
— Il faut "renvoyer" le mouvement à 90°.
— C'est le rôle du "renvoi d'angle".

IL EXISTE PLUSIEURS TYPES DE RENVOI D'ANGLE...

- LE CARTER

Son rôle principal est d'assurer la cohésion de tous les éléments de la boîte de vitesses sans déformation notable. En outre, il doit protéger les organes de l'environnement extérieur et conserver l'huile nécessaire au graissage. Son poids doit être aussi réduit que possible.

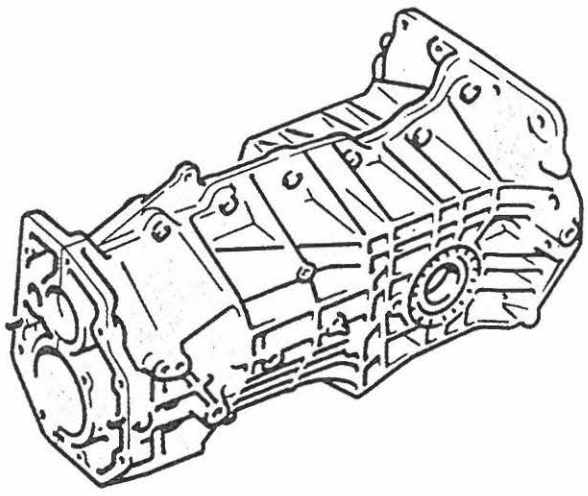
En résumé

le carter doit être :

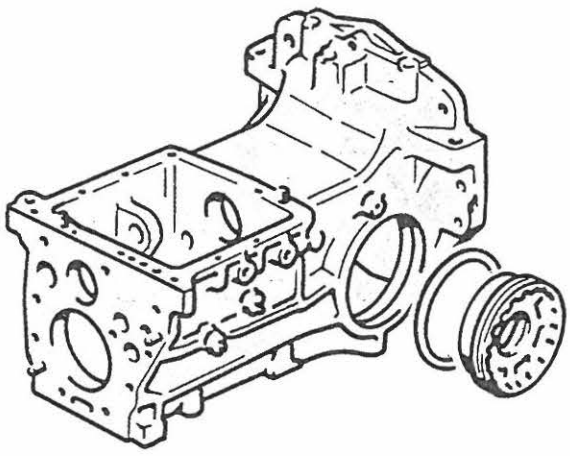
— *rigide, mais léger,*
— *étanche, mais ventilé pour éviter la mise sous pression par la température.*

Il y a 2 types de carter

LE CARTER EN 2 PARTIES



LE CARTER MONOBLOC



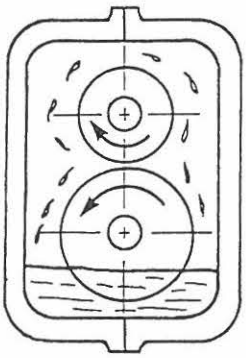
— L'étanchéité des 2 demi-carters est assurée par une pâte élastomère.
— Dans tous les cas, les couvercles sont assemblés avec interposition d'un joint : joint papier, joint liège, joint torique.
— L'étanchéité des pièces mobiles est confiée à des joints à lèvre. Ces derniers sont parfois protégés des matières abrasives (poussière, sable) par des protecteurs en feutre.
— La ventilation interne est assurée par un évent ou reniflard. Celui-ci est un petit ajutage, placé dans une zone de la boîte, à l'abri des projections d'huile.

ATTENTION !

Le barbotage est un système de lubrification très élaboré. Il y a au sein de la boîte de vitesses une véritable circulation d'huile.

BARBOTAGE ⇨ PROJECTION ⇨ RUISSELLEMENT ⇨ RETOUR

⇩ ASPIRATION

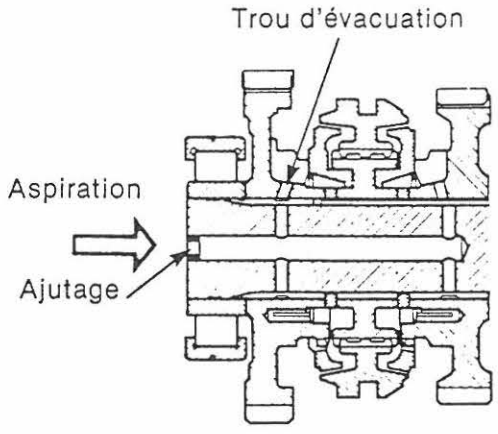


Une partie des pignons seulement est au contact du bain d'huile et l'huile prélevée en tournant assure le graissage de la denture des pignons.

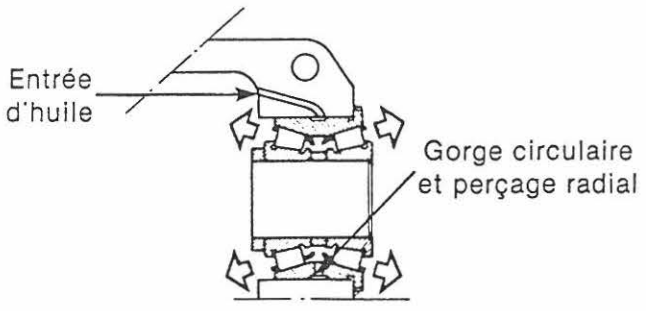
La centrifugation de l'huile provoque une pulvérisation sur tous les organes et une projection importante sur les parois du carter. Ce contact avec le carter contribue pour une grande part au refroidissement de l'huile.

De plus, la centrifugation entraîne une circulation d'huile du centre vers la périphérie des pignons. Pour mettre à profit ce phénomène, un perçage de l'arbre permet d'aspirer l'huile par le centre et de graisser ainsi l'alésage des pignons fous.
Le débit d'huile est très souvent contrôlé par un ajutage.

Une partie de l'huile de ruissellement est dirigée vers des points bien précis à l'aide de nervures, de perçages ou de gouttières rapportées.



Exemple de graissage par le centre de 2 pignons fous



Exemple de graissage d'un roulement bi-conique

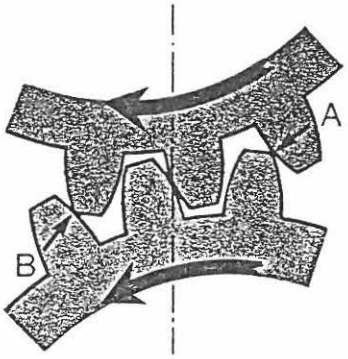
· LE GRAISSAGE

Pourquoi faut-il lubrifier ?

Le graissage est nécessaire pour :

— *diminuer les frottements*

— *évacuer la chaleur*



Considérons ces 2 pignons

Entre le point A, début de l'engrènement et le point B, fin de l'engrènement, deux dents en prise ont entre elles un mouvement composite.

Les deux dents roulent et glissent l'une contre l'autre.

Le roulement est responsable de la transmission de l'effort, tandis que le glissement génère un important dégagement de chaleur très localisé.

L'emploi d'une huile spéciale, résistante aux grandes pressions siégeant à ce niveau, permettra de minimiser l'usure des dents.

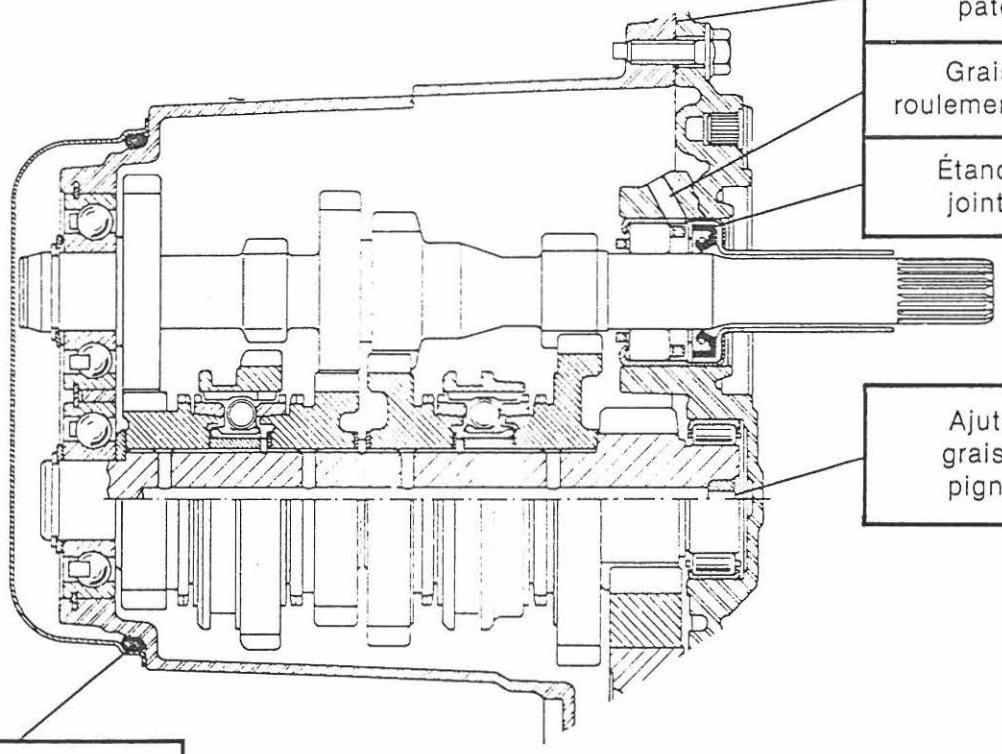
Oui, mais comment lubrifier ?

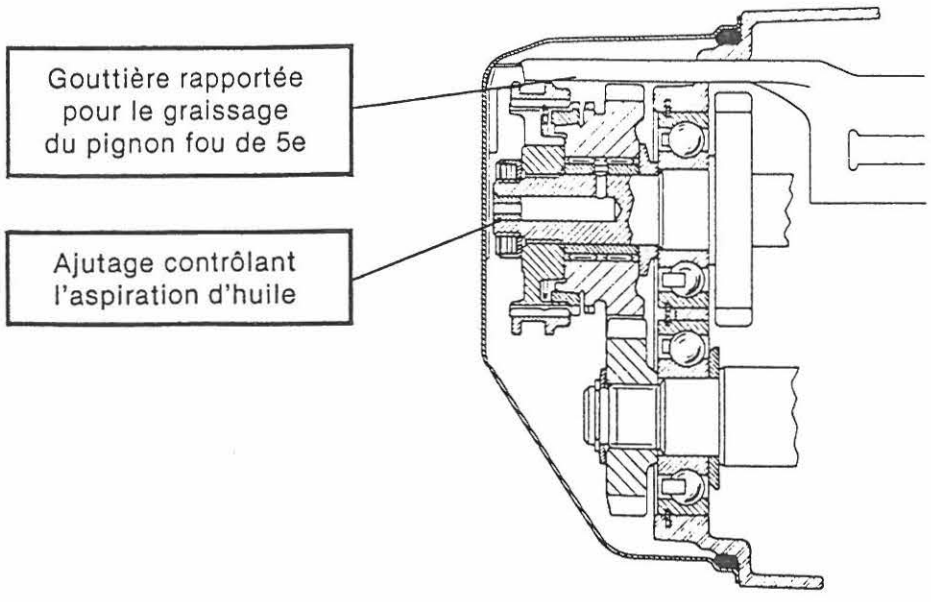
Dans la plupart des cas, ne disposant pas de pompe à huile, la boîte de vitesses est lubrifiée par le système dit de :

BARBOTAGE

APPLICATION À UNE BOÎTE DE VITESSES

Voici, par exemple, la boîte de vitesses, type JB, de la RENAULT 9 dans sa version 4 vitesses...

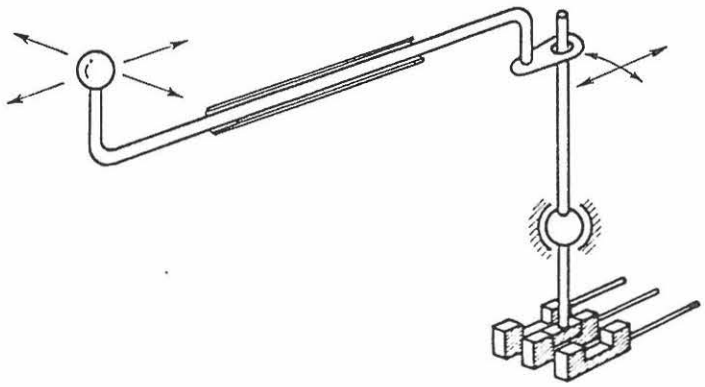




.... et dans sa version 5 vitesses

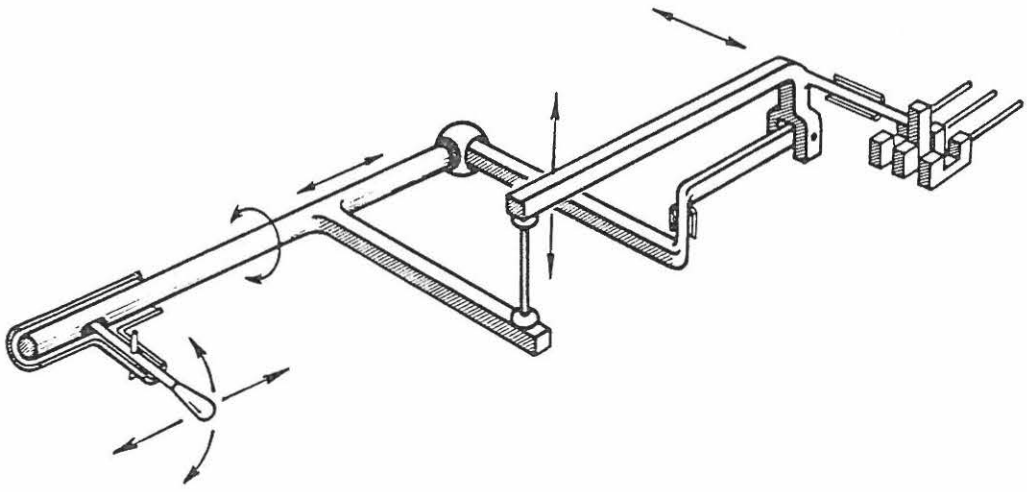
COMMANDE AU TABLEAU DE BORD

— Pour boîte disposée longitudinalement



COMMANDE AU VOLANT

— Pour boîte disposée longitudinalement



mécanique en ligne - mécanique en ligne - mécanique en ligne

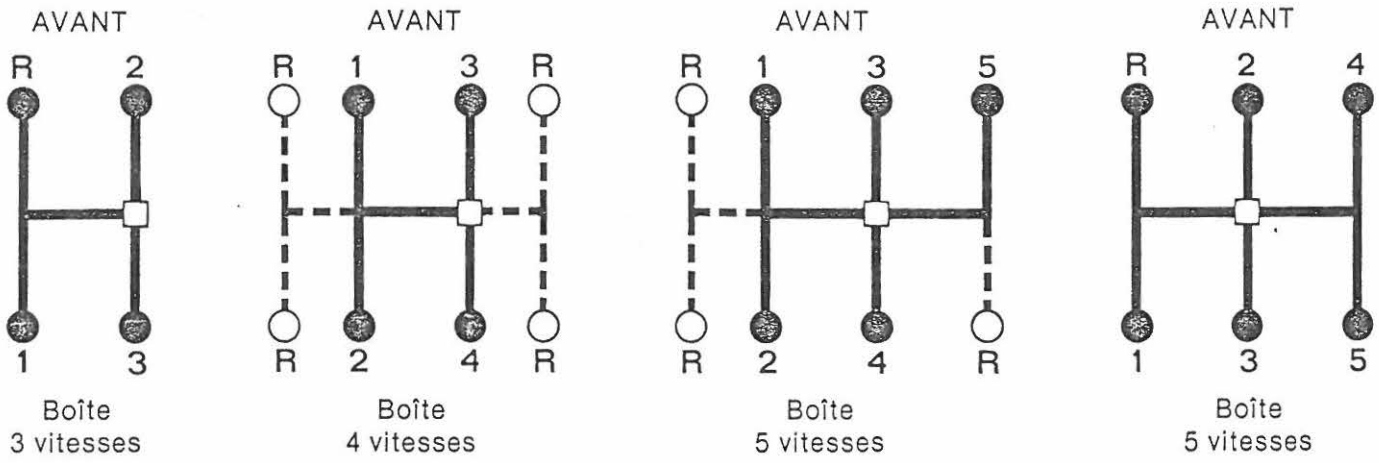
□□ LA COMMANDE EXTERNE

Elle doit présenter un certain nombre de qualités :

> — *être douce*
> — *être précise*
> — *être suffisamment démultipliée*
> — *ne pas transmettre le bruit ni les vibrations*

La boule du levier de vitesses doit être déplacée suivant une grille bien précise.

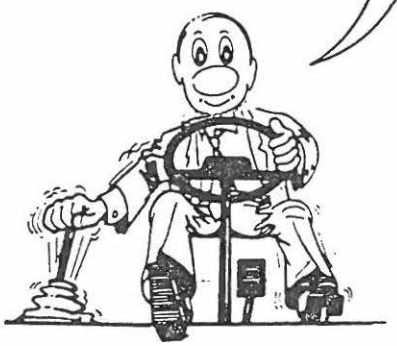
Voici quelques exemples de grilles couramment utilisées.



- Le trait en pointillés indique que la marche arrière occupe une position différente suivant les constructeurs.
- Le carré indique la position du levier la plus fréquemment rencontrée quand la boîte de vitesses est au point mort.

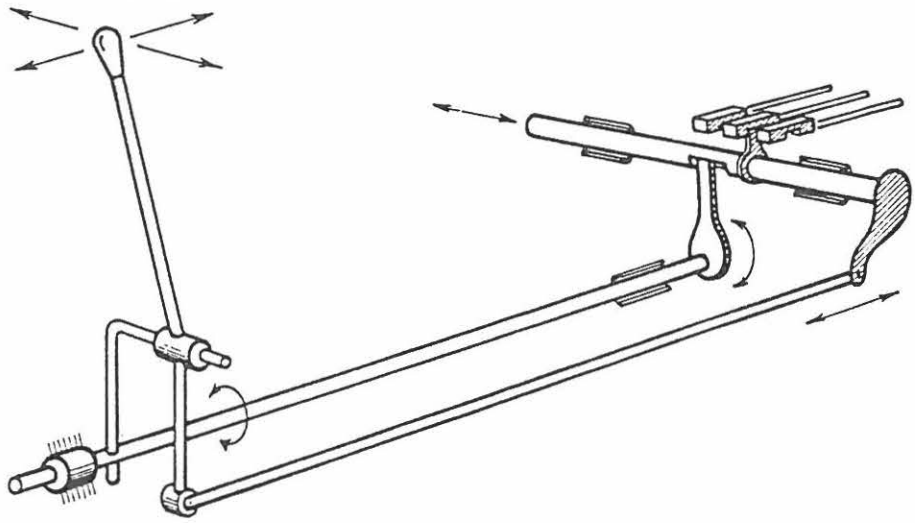
Le levier de commande peut être :
— au tableau de bord
— au volant
— au plancher

Examinons donc les schémas des principaux types de commande !



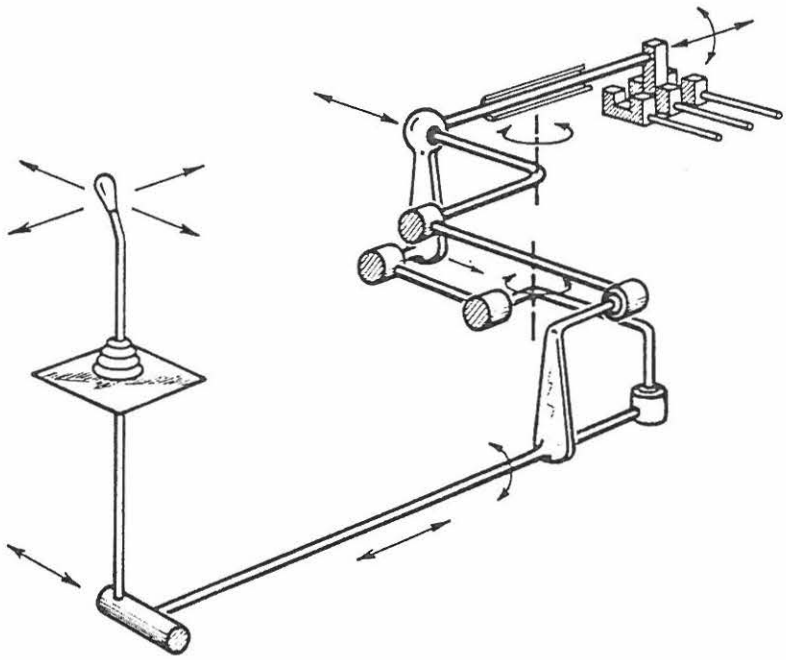
COMMANDE DOUBLE BARRES

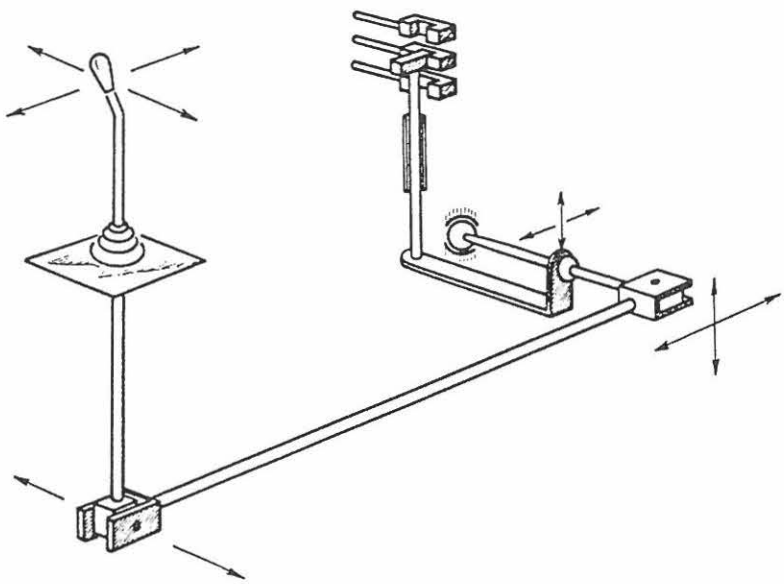
Type "double barre"



COMMANDE AU PLANCHER

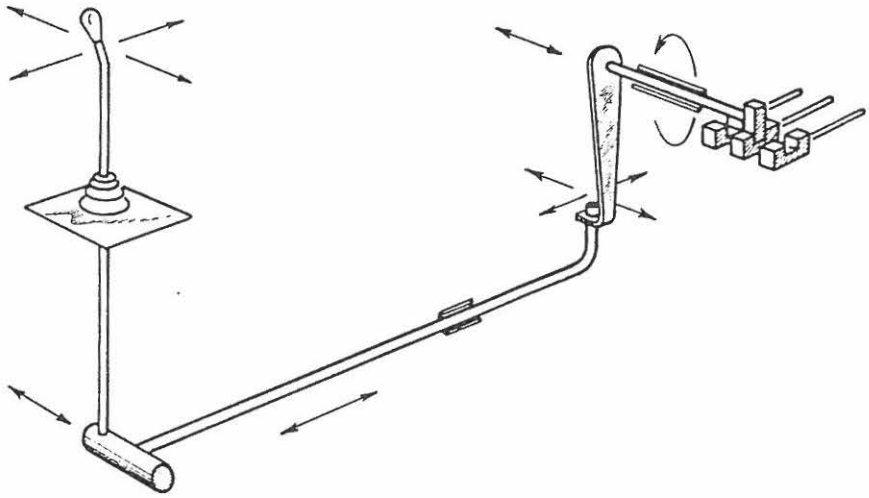
— Pour boîte transversale

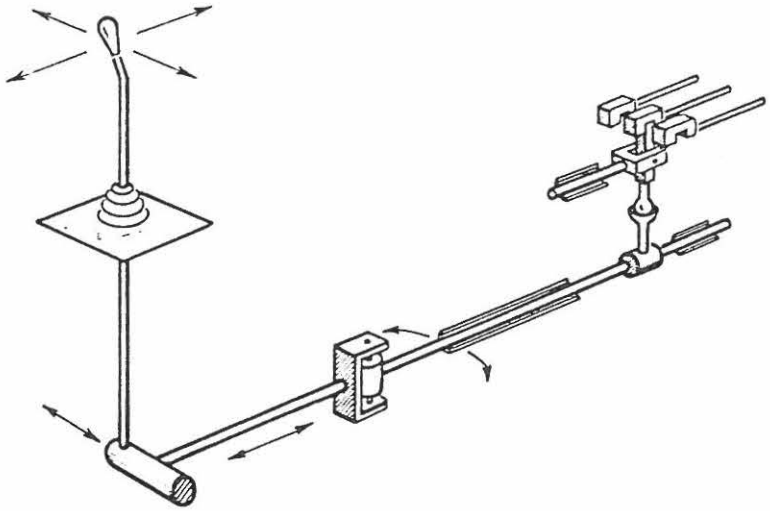




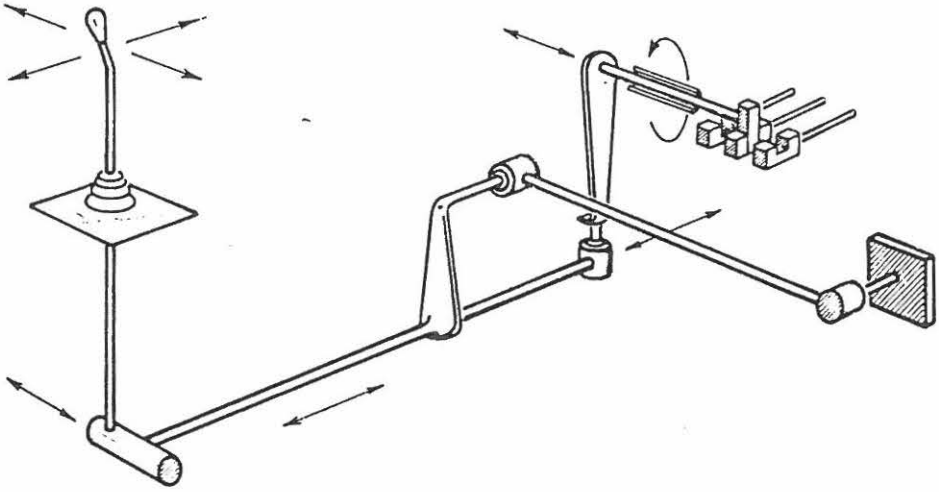
COMMANDE AU PLANCHER

— Pour boîte disposée longitudinalement



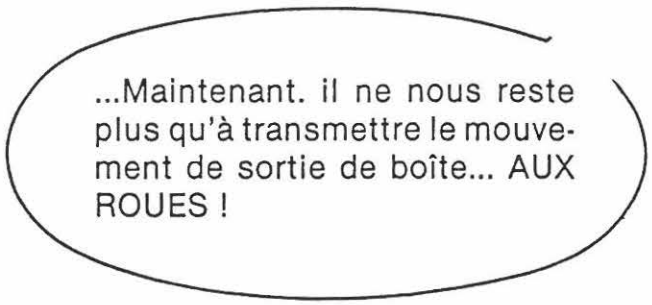


Type à biellette de réaction



— INCIDENTS ET CAUSES POSSIBLES SUR UNE BOÎTE DE VITESSES

Craquement d'une vitesse	— —
Craquement à l'enclenchement de chaque vitesse	—
Impossibilité d'enclencher les vitesses.	—
Impossibilité de maintenir les vitesses enclenchées.	— — — —
Blocage d'une vitesse.	— — —



mécanique en ligne - mécanique en ligne - mécanique en ligne

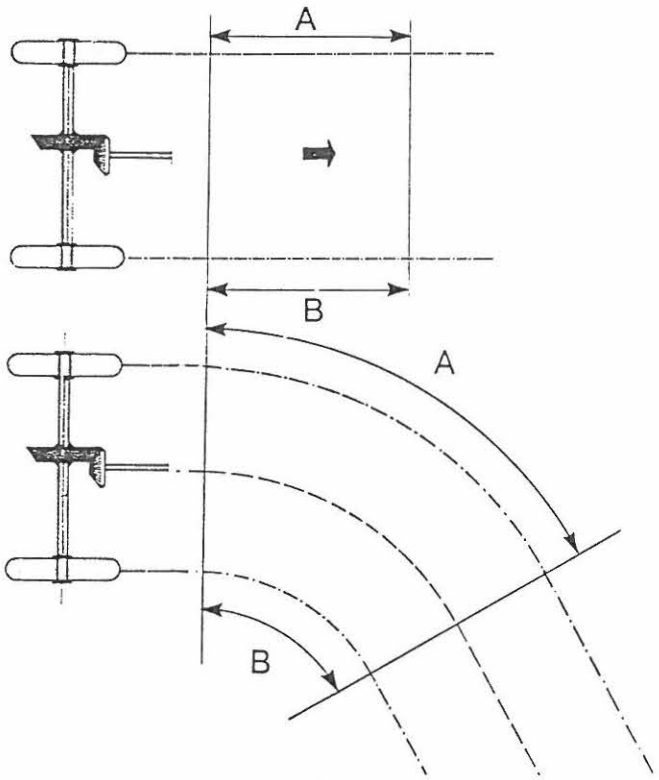
— LE DIFFÉRENTIEL

— NÉCESSITÉ DU DIFFÉRENTIEL

A quoi sert-il ?

Pour l'équilibre de la voiture, il y a toujours soit :

— 2 roues AV motrices.
— 2 roues AR motrices.
— ou 4 roues motrices.



- En ligne droite les roues parcourent la même distance : A = B.

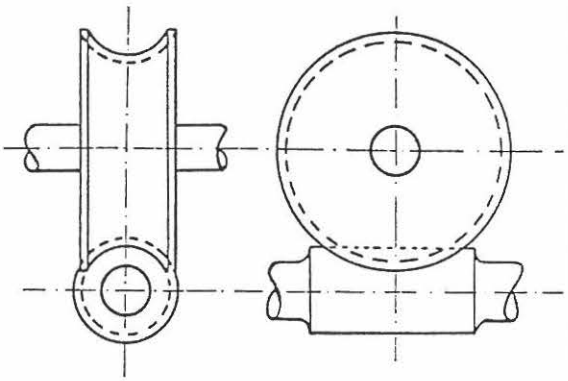
- Mais en courbe, la roue extérieure au virage parcourt une distance plus grande que la roue intérieure. A > B

Si l'arbre de roues était rigide, une des roues serait obligée de riper, l'arbre serait soumis à des contraintes en torsion très importantes, et la tenue de route du véhicule s'en trouverait perturbée.

Aussi a-t-on besoin d'un système qui permette, en virage, de répartir le mouvement communiqué à chaque roue de telle sorte que la vitesse du véhicule ne soit pas modifiée.

— LES DIFFÉRENTS TYPES DE RENVOI D'ANGLE

à roue et vis sans fin



La roue épouse la forme du pignon. Elle est dite tangente ou roue creuse.

AVANTAGES :

— Permet de GRANDES DÉMULTIPLICATIONS dans un encombrement réduit.

— Le fonctionnement est silencieux.

— Cette disposition permet d'abaisser sensiblement le centre de gravité.

INCONVÉNIENTS :

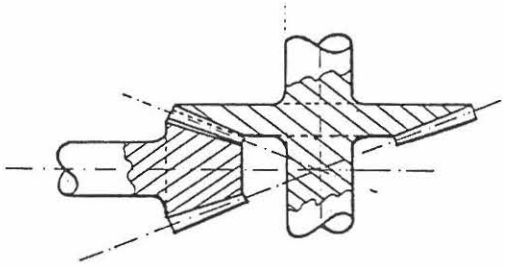
— Rendement inférieur à celui des pignons coniques env. : 0,92.

— Lubrification difficile.

— On est très souvent obligé d'utiliser un matériau noble tel que le bronze pour la réalisation de la vis.

NOTA : le pignon globique a été très peu utilisé pour des raisons de rendement.

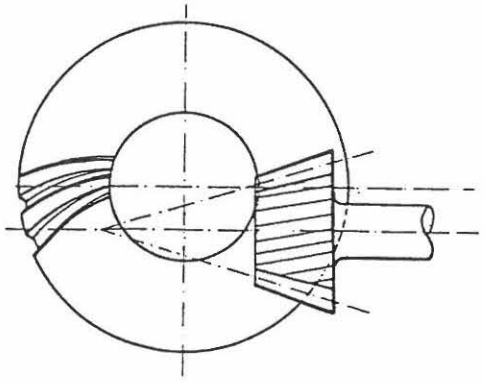
à pignons coniques



La denture des pignons coniques est du type spirale. Le taillage fait appel au procédé GLEASON.

Le rendement est meilleur que dans le cas de pignons hypoïdes ou d'un couple roue et vis mais pour de très fortes réductions, on obtient un pignon d'attaque dont la dimension est très petite par rapport à celle de la couronne.

à pignons hypoïdes

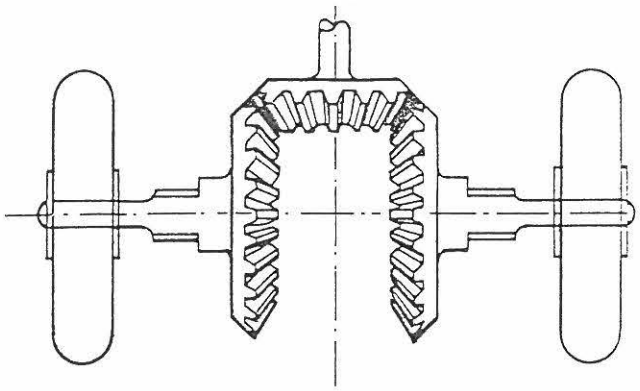


Dans ce cas, les axes de rotation des arbres ne sont plus concourants. Le décalage choisi est environ le 1/5 du diamètre moyen de la couronne. Ceci a plusieurs conséquences dont :

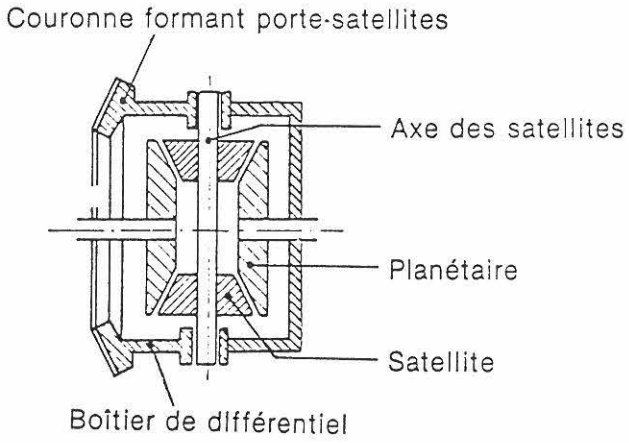
— l'augmentation du diamètre moyen du pignon ; d'où la possibilité de passer des couples plus importants avec de fortes réductions pour un encombrement identique,

— l'augmentation du nombre de dents en prise.

Par contre, le glissement des dents est plus important rendant la lubrification plus difficile.



Ces pignons très sommaires seront avantageusement remplacés par des pignons coniques. Les pignons remplaçant les crémaillères sont appelés "planétaires", tandis que le pignon entraîneur, n'ayant plus un mouvement de translation mais un mouvement de rotation autour des planétaires est appelé satellite.



L'entraînement du système se fait par l'axe du satellite, il faut donc un "Porte-Satellite" relié à la couronne motrice, c'est le boîtier de différentiel. Pour des raisons d'équilibrage et de couple à transmettre, il y aura toujours 2, 3 ou 4 satellites.

Nous venons de réaliser un train épicycloïdal particulier.

La relation $D = \frac{d_1 + d_2}{2}$ adaptée à un mouvement de rotation devient :

$$\omega = \frac{\omega_{P1} + \omega_{P2}}{2}$$

* ω : lettre grecque, se prononce oméga, désigne la vitesse angulaire.

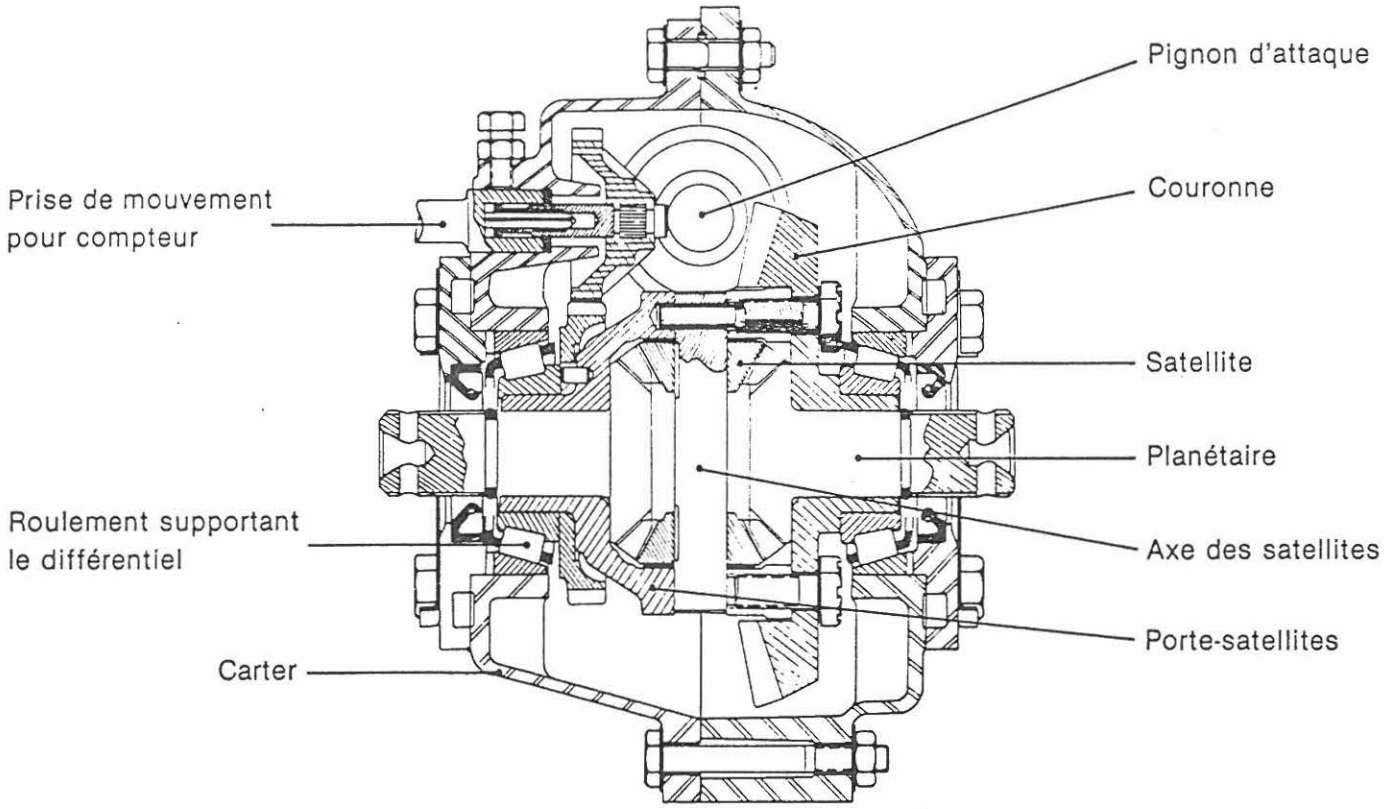
Ainsi $\frac{\omega_{P1} + \omega_{P2}}{2} = \omega_c$ veut simplement dire que :

par exemple pour une couronne tournant à 500 t/mn soit $\omega_c = 500$ t/mn.

Si : en virage, la roue droite tourne à 470 t/mn soit $\omega_{P2} = 470$ t/mn la roue gauche tournera à 530 t/mn soit $\omega_{P1} = 530$ t/mn.

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

— RÉALISATION PRATIQUE



INCONVÉNIENT DU DIFFÉRENTIEL

- Si une roue perd totalement son adhérence au sol :
  - roue embourbée (tout-terrain)
  - roue délestée en conduite rapide (compétition)

  elle tourne "dans le vide" et l'autre roue ne reçoit pas d'effort moteur.
- Conséquences :
  - en tout-terrain, le véhicule est immobilisé,
  - en compétition de nombreuses secondes sont perdues à chaque sortie de virage par manque de motricité.
- Remèdes :
  - les véhicules destinés au tout-terrain sont souvent équipés d'un différentiel muni d'un système de crabotage annulant l'effet de celui-ci.

Le système doit être enclenché manuellement, le véhicule étant immobile et ne peut être d'aucune utilité en compétition où on utilise un dispositif automatique qui bloque le différentiel dès que le rapport de vitesse des roues motrices atteint un certain pourcentage défini à l'avance. Ce dispositif est appelé différentiel auto-bloquant.