



**ROYAUME DU MAROC**

**مكتب التكوين المهني وإنعاش الشغل**

**Office de la Formation Professionnelle et de la Promotion du Travail  
DIRECTION RECHERCHE ET INGÉNIERIE DE FORMATION**

**RÉSUMÉ THÉORIQUE  
&  
GUIDE DE TRAVAUX PRATIQUES**

**MODULE N°:11**

**ENTRETIEN D'UN SYSTÈME DE  
TRANSMISSION**

**SECTEUR : RÉPARATION DES ENGINS À MOTEUR**

**SPÉCIALITÉ : RÉPARATION DES ENGINS À MOTEUR  
OPTION : AUTOMOBILE**

**NIVEAU : TECHNICIEN**

## Sommaire

1. LA TRANSMISSION DU MOUVEMENT DU MOTEUR AUX ROUES.....	3
1.1. CHAINE CINEMATIQUE.....	4
2. EMBRAYAGE.....	5
2.1 GENERALITES SUR LES EMBRAYAGES .....	5
2.2 CONSTITUTION DE L'EMBRAYAGE .....	8
2.2.1. COMPOSANTS D'UN EMBRAYAGE MONODISQUE A SEC .....	9
2.2.2. DISQUE ENTRAINE .....	10
2.2.3. RESSORTS DE COMPENSATION.....	11
2.2.4. RESSORT A DIAPHRAGME.....	12
2.2.5. EMBRAYAGE A TRACTION OU A POUSSEE .....	13
2.2.6. TYPE D'ACTIONNEMENT DE L'EMBRAYAGE .....	15
2.2.6.1. COMMANDE MECANIQUE .....	15
2.2.6.3. ACTIONNEMENT CSC (Coaxial Shift Clutch).....	18
2.2.7. EMBRAYAGE LUK AVEC DISPOSITIF SAC (SELF – ADJUSTING CLUTCH).....	21
2.3 ANOMALIE D'EMBRAYAGE .....	24
3. B.V.(BOITE A VITESSES) .....	31
3.1 COURBES CARACTERISTIQUES DU MOTEUR .....	31
3.2 REQUIS DES ORGANES DE LA TRANSMISSION.....	32
3.3 BOITE DE VITESSES .....	33
3.3.1. B.V. MECANIQUE A DEUX ARBRES AVEC SECONDAIRE A RENVOI FIXE.....	34
3.3.2. B.V. MECANIQUES A TROIS ARBRES.....	35
4. COMPOSANTS D'UNE BOITE DE VITESSES .....	36
4.1 PIGNONS.....	38
4.1.1.CARACTERISTIQUES DES PIGNONS .....	39
4.1.2. RAPPORT DE TRANSMISSION .....	40
4.1.3. PIGNONS CYLINDRIQUES A DENTS HELICOIDALES .....	40
4.1.4. TYPOLOGIE DES TRANSMISSIONS A ENGRENAGES .....	41
4.1.5. FORCES ECHANGEES ENTRE LES DENTS .....	44
4.1.5.1. PIGNONS CYLINDRIQUES A DENTS DROITES .....	44
4.1.5.2. PIGNONS CYLINDRIQUES A DENTS HELICOIDALES .....	44
4.1.5.3. PIGNONS CYLINDRIQUES BI-HELICOIDAU.....	45
4.1.5.4. PIGNONS CONIQUES .....	45
4.1.5.5. VIS SANS FIN.....	45
4.1.6. CYCLE DE FABRICATION DES ENGRENAGES .....	46
4.1.7. TRAIN D'ENGRENAGES .....	47
4.1.7.1. RAPPORT DE TRANSMISSION .....	48
4.1.7.2. TRAINS D'ENGRENAGES EPICYCLOIDAU.....	49
4.2 ARBRES .....	49
4.3. SUPPORTS .....	51
4.3.1. TYPE DE ROULEMENTS .....	52
4.4. SYNCHRONISEURS .....	54
4.4.1. TYPES DE SYNCHRONISEURS .....	55
4.5. RENVOI FIXE.....	56
4.6. SYSTEME D'ENCLENCHEMENT ET DE SELECTION DES VITESSES.....	57
4.7. COMMANDES EXTERIEURES A LA B.V.....	58
4.8. DIFFERENTIEL .....	59
4.8.1. CARACTERISTIQUES DU DIFFERENTIEL .....	61
5. PARTICULATRITE DES B.V MECANIQUES A TROIS ARBRES.....	64
5.1. B.V. GETRAG .....	64
5.1.1. Transmission du mouvement aux différentes vitesses.....	65
5.2. B.V. F40 .....	68
5.2.1. Synchroniseurs .....	72
5.3. AUTRES TYPES DE B.V.....	73
5.3.1. BOITE DE VITESSES ROBOTISEE .....	73
5.3.2. B.V. AUTOMATIQUES.....	75

## 1. LA TRANSMISSION DU MOUVEMENT DU MOTEUR AUX ROUES

PREALABLE : le déplacement d'un véhicule est fondé par une poussée exercée sur l'essieu des roues motrices, générée par l'adhérence de ces roues sur la chaussée.

Cette poussée, en marche AV ou en marche AR suivant le sens du couple moteur exercé sur les roues, est la résultante des actions qui se développent entre la roue et la chaussée.

Dans le cas des automobiles, les roues motrices appartiennent au même essieu et sont disposées de manière symétrique par rapport au plan de symétrie du véhicule.

La poussée résultante sur le véhicule doit s'exercer sur le plan médian, sinon des actions de correction de conduite seraient demandées au conducteur.

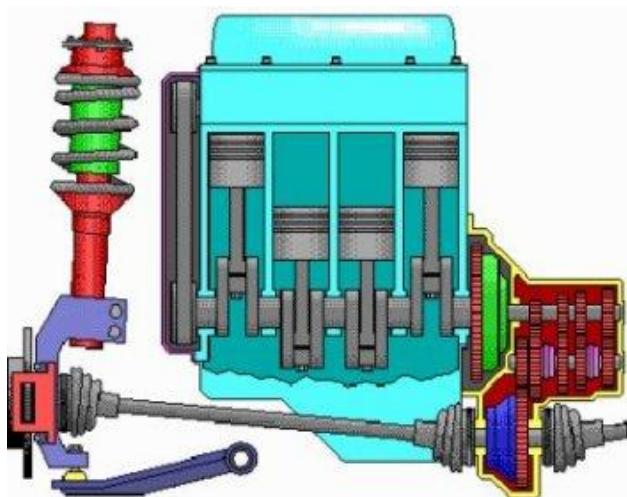
L'action motrice doit être également répartie sur les deux roues motrices du même essieu.

LA "TRANSMISSION" : le concept de transmission représente l'ensemble des organes et des systèmes qui ont pour fonction de transmettre le couple moteur, du moteur aux roues, et nécessaire au déplacement du véhicule.

Dans la pratique, il s'agit d'organes reliés entre eux, en mesure de transmettre aux roues le couple moteur, en fonction des conditions de route et des caractéristiques du moteur.

Dans le cas d'un véhicule équipé d'un moteur à l'avant et d'une traction AV, les organes de transmission à partir du moteur sont :

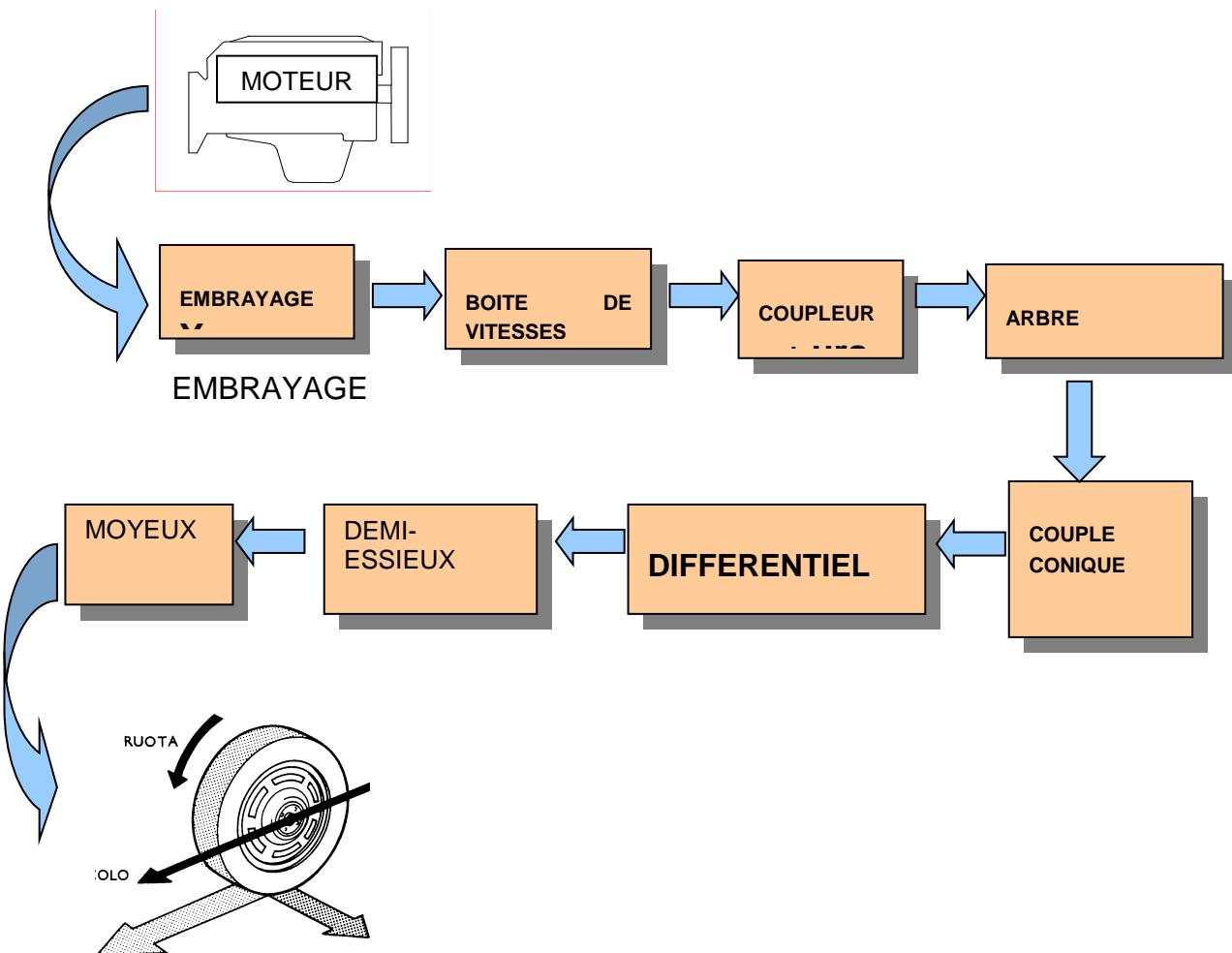
- l'embrayage par frottement;
- la boîte de vitesses;
- le différentiel;
- les demi-essieux (ou demi-arbres);
- les moyeux de roue.



Dans le cas d'un véhicule équipé d'un moteur à l'avant et d'une traction AR, les organes de transmission à partir du moteur sont :

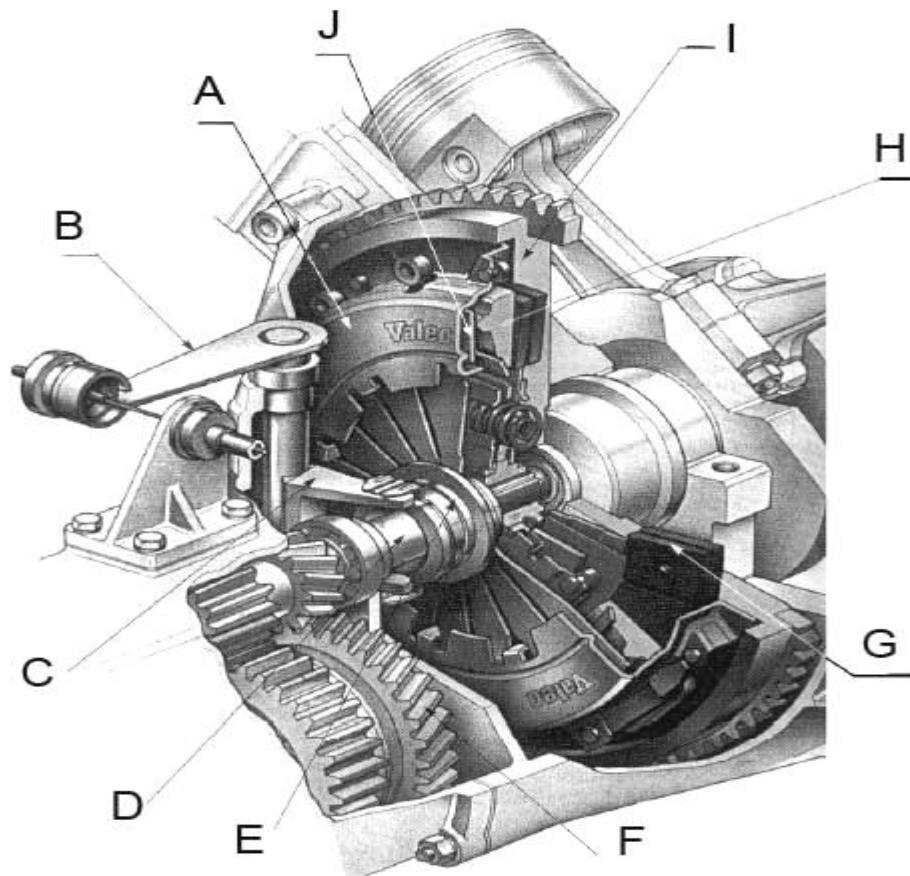
- l'embrayage par frottement;
- la boîte de vitesses;
- les joints élastiques ou les cardans;
- l'arbre de transmission;
- le couple conique de réduction;
- le différentiel;
- les demi-essieux (ou demi-arbres);
- les moyeux de roue.

### 1.1. CHAINE CINEMATIQUE



## 2. EMBRAYAGE

### 2.1 GENERALITES SUR LES EMBRAYAGES



- A. plateau d'embrayage
- B. fourchette d'embrayage/débrayage
- C. fixation fourchette-butée d'embrayage
- D. butée d'embrayage
- E. engrenages de B.V.
- F. boîte de vitesses
- G. embrayage
- H. coupelle
- I. volant
- J. ressort à diaphragme

**FONCTION :** L'embrayage est le premier organe de transmission d'une voiture, et sa fonction est de raccorder en douceur et progressivement le moteur (côté volant) à la B.V. (côté arbre d'entrée ou primaire), et puis à l'arbre de transmission et aux roues motrices du véhicule. Le débrayage rend le moteur indépendant de la transmission et donc des conditions de déplacement ou d'arrêt du véhicule.

**NECESSITE DE L'EMBRAYAGE** : le moteur endothermique à combustion présente le désavantage de ne pas pouvoir être démarré en charge. En fait, par l'analyse des courbes caractéristiques du moteur, on constate que ce dernier développe, au ralenti, une puissance limitée à peine suffisante pour vaincre les frottements internes. Donc, si le moteur était directement relié aux roues, il serait impossible de démarrer le véhicule à cause de son inertie et des forces de frottements. Il est donc nécessaire d'interposer, entre le moteur et la B.V., un dispositif capable d'accoupler un organe en mouvement (le moteur) et un organe arrêté (la transmission).

**CARACTERISTIQUES DE L'EMBRAYAGE** : ce dispositif d'accouplement est appelé embrayage par frottement. Le terme embrayage signifie que l'accouplement se produit avec des vitesses de moteur et de B.V. différentes. Le terme frottement signifie que l'embrayage se produit en utilisant la force d'adhérence qui se développe entre les deux surfaces (l'une solidaire du moteur et l'autre de l'arbre en entrée de B.V.), appuyées l'une contre l'autre par la réaction de ressorts spécifiques.

**ACTIONNEMENT DE L'EMBRAYAGE** : sur les B.V. manuelles, l'enclenchement de l'embrayage est contrôlé par le conducteur (sur les B.V. semi-automatiques, l'enclenchement est contrôlé par la centrale électronique, alors que sur les B.V. automatiques, l'embrayage est très souvent absent). L'action s'effectue sur une pédale spécifique qui commande la séparation et contrôle son patinage afin de favoriser un démarrage souple du moteur.

**REQUIS** : l'embrayage par adhérence doit respecter les requis suivants :

sécurité de fonctionnement : lorsque l'embrayage est enclenché, il ne doit plus se produire de glissements entre les surfaces de contact. Ces glissements sont dangereux car ils provoquent une usure rapide des surfaces de travail et la perte de la puissance transmise, suite à la dissipation d'une partie de la puissance développée, sous forme de chaleur;

action d'enclenchement progressive : lorsque le moteur fonctionne, l'accouplement entre le volant et l'arbre d'entrée de la B.V. doit s'effectuer en douceur, sinon la transmission est soumise à des sollicitations anormales;

facilité de contrôle, de réglage et d'entretien : les surfaces de frottement de l'embrayage sont soumises à usure. Celle-ci provoque une modification des caractéristiques de l'embrayage, en rendant ainsi nécessaire le contrôle périodique, le réglage et éventuellement l'entretien de l'embrayage;

faible inertie de rotation : la partie entraînée de l'embrayage doit avoir une faible inertie de rotation, il est donc nécessaire que sa vitesse de rotation puisse augmenter ou diminuer rapidement, de façon à ne pas entraver la manœuvre de la B.V.

**PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT** : les embrayages à disque (utilisés sur les voitures) transmettent le mouvement en exploitant l'adhérence qui se produit entre des surfaces appuyées l'une contre l'autre sous l'action de ressorts spécifiques. La poussée exercée par les ressorts, multipliée par le coefficient d'adhérence des surfaces en contact, doit fournir une résistance de frottement, supérieure ou égale au couple maximum transmis par le moteur. Lorsque le conducteur appuie sur la pédale d'embrayage, il interrompt l'action d'écrasement du ressort et libère le disque entraîné qui n'est plus solidaire du disque entraînant. Lorsque la pédale d'embrayage est relâchée, les deux disques viennent progressivement en contact jusqu'à ce que l'action d'écrasement du ressort ne suffise plus à les rendre solidaire. La progressivité de l'enclenchement est assurée par la caractéristique élastique du ressort du plateau d'embrayage qui permet au conducteur, en agissant sur la pédale, de "doser" l'accouplement des deux disques.

- **FORCE D'ADHERENCE**

La force d'adhérence maximum qui peut être générée sur les surfaces du disque, est déterminée par la nature du matériau des segments d'embrayage et surtout, de la force de poussée axiale du ressort agissant sur le plateau d'embrayage, d'après la fameuse formule :

$$F_a = f N [N]; \quad \text{où } N \text{ est la poussée du ressort.}$$

D'autres ressorts disposés tangentiellement entre le disque et le moyeu porte-disque, amortissent les contre-coups et protègent contre l'usure des segments d'embrayage sur le disque, en augmentant leur durée de vie.

- **PUISANCE TRANSMISSIBLE**

La puissance transmissible s'exprime par la formule :

$$P = f N R_m n / 9,5 [W];$$

Dans laquelle :  $f N R_m$  est le couple maximum transmissible;  
n le nombre de tours maximum.

La puissance transmissible tient compte de deux limites, l'une de couple maximum transmissible et l'autre de nombre de tours maximum, ou de la vitesse maximum périphérique du disque.

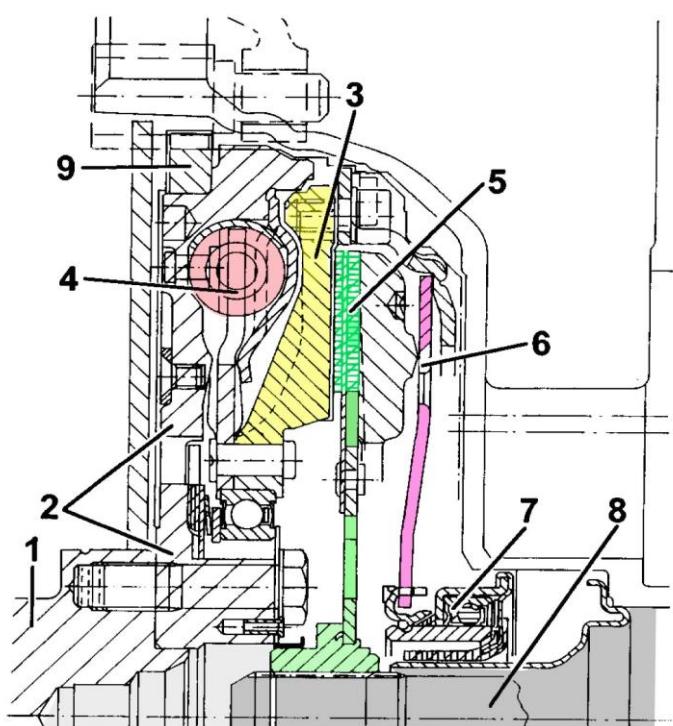
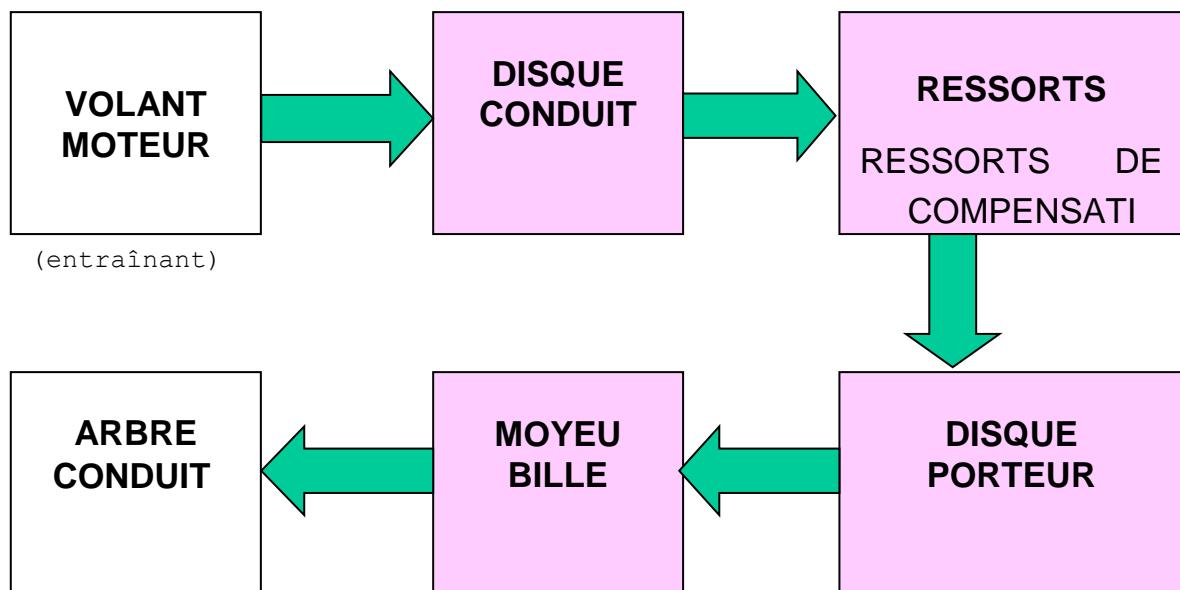
En ce qui concerne le couple transmissible, il faut tenir compte de l'usure des segments d'embrayage, qui entraîne la distension du ressort agissant sur le plateau d'embrayage, entraînant la réduction de la force  $N$ . Quindi il maggior rischio di slittamento si ha quando le superfici di attrito sono maggiormente consumate.

La plus grande usure de l'embrayage aura lieu dans les phases d'enclenchement au démarrage du véhicule, lorsque la vitesse entre le volant et l'arbre en entrée de la B.V., sont très différentes et le patinage plus important.

Sur les B.V., par contre, l'action forte et rapide du ressort résulte au minimum le patinage et donc l'usure des surfaces de frottement et la puissance dissipée.

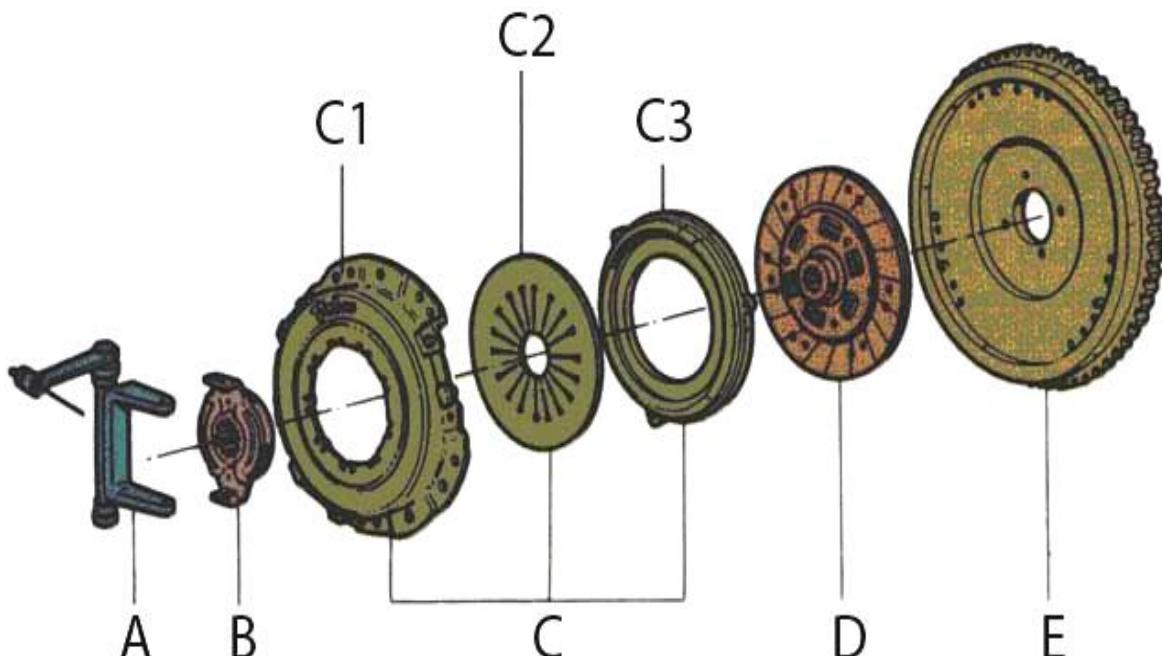
**TYPOLOGIE** : il existe de nombreux types d'embrayages à frottement. Suivant le nombre de disques d'embrayage, on dispose d'embrayages monodisque ou multi-disques. Suivant que ces disques travaillent à sec ou dans un bain d'huile, on parle d'embrayage à sec ou à bain d'huile. Enfin, suivant le mécanisme de débrayage, on a des embrayages "tirés" (ou à traction) ou "poussés" (ou à poussée). Dans le domaine de l'automobile, on utilise les embrayages monodisque à sec avec actionnement du type poussé ou tiré.

## 2.2 CONSTITUTION DE L'EMBRAYAGE



1. vilebrequin
2. masse solidaire du vilebrequin
3. masse solidaire de l'arbre primaire de la B.V.
4. système élastique torsionnel d'amortissement
5. disque d'embrayage
6. ressort de plateau de pression
7. butée d'embrayage
8. arbre primaire de B.V.
9. couronne dentée du volant

### 2.2.1. COMPOSANTS D'UN EMBRAYAGE MONODISQUE A SEC



- A. fourchette
- B. roulement
- C. mécanisme
- c1. couvercle
- c2. ressort à diaphragme
- c3. plateau d'embrayage
- D. disque d'embrayage
- E. volant

L'ensemble embrayage est essentiellement constitué des éléments suivants :

- **volant moteur (E)** : solidaire du vilebrequin, le disque entraîné de l'embrayage portant les segments de frottement, agit sur sa face;
- **disque entraîné (D)** : il porte sur ses deux surfaces frontales, les segment qui sont respectivement utilisés, avec une face vers le volant et l'autre face vers le plateau d'embrayage;
- **plateau d'embrayage (ou disque portant) (C3)** : sur cet élément, le disque entraîné agit sur une face, et le ressort à diaphragme agit sur l'autre;
- **ressort à diaphragme (C2);**
- **couvercle (C1)** : ferme l'ensemble embrayage;
- **butée d'embrayage (B)** : roulement, dont la fonction est de transmettre le mouvement axial des organes de commande sur le ressort à diaphragme, lors des manœuvres de débrayage et d'embrayage, pour permettre la rotation de l'arbre primaire de la B.V. auquel il est solidaire;
- **organes de commande (A)** : permettent, sous l'action du conducteur qui appuie sur la pédale (si présente), ou via les organes d'actionnement électro-hydrauliques (cas de B.V. robotisées), les manœuvres d'embrayage et de débrayage.

## 2.2.2. DISQUE ENTRAINE



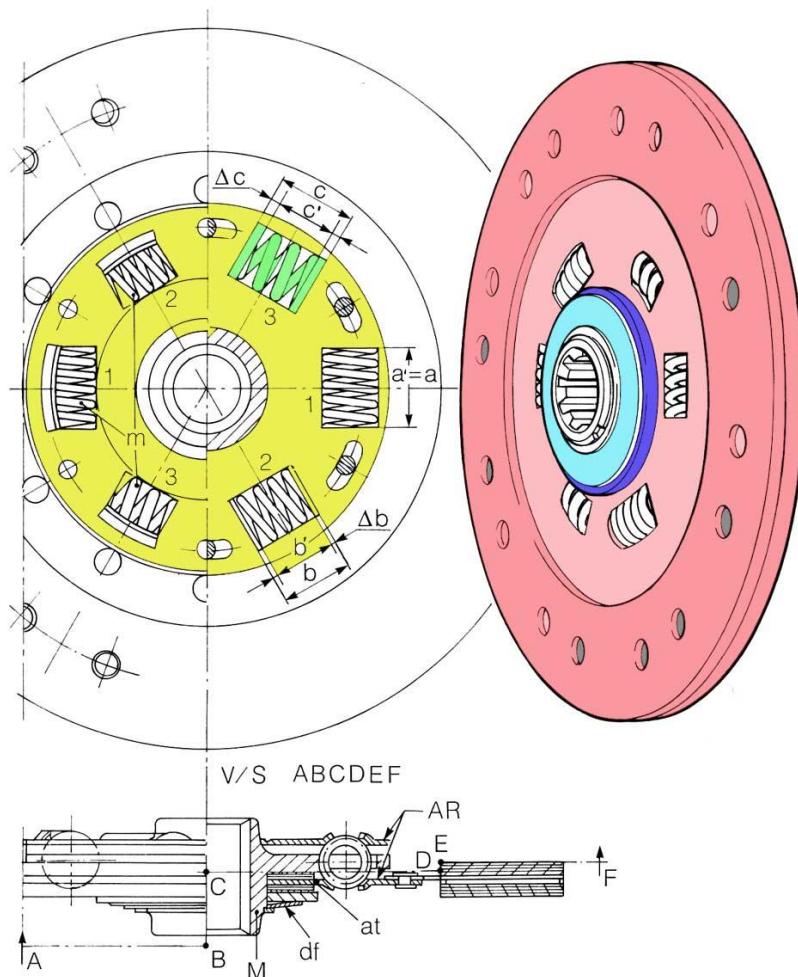
**FONCTION** : la fonction du disque entraîné est de transmettre le mouvement reçu du volant, à l'arbre primaire de la B.V. Le passage de la puissance du volant au disque entraîné se fait par adhérence. En fait, le disque entraîné est revêtu sur toute sa surface, de garnitures de frottement dont la fonction est d'augmenter le coefficient d'adhérence entre le volant et le disque entraîné. Le passage du disque entraîné à l'arbre primaire de la B.V. s'effectue grâce à l'accouplement billé, entre le disque entraîné et l'arbre primaire.

**COUPLE TRANSMIS** : elle est assurée par la force d'adhérence, tangentielle le long de la couronne, pour son rayon d'action par rapport à l'axe du disque.

**COUPLE MAX TRANSMISSIBLE** : il est proportionnel au coefficient de frottement statique, à la force perpendiculaire de son disque d'écrasement, entre le plateau d'embrayage et le contre-disque (volant), exercée sur le ressort.

**MATERIAU** : disque d'acier monté sur un moyeu billé qui est, à son tour, calé sur l'arbre d'entrée de la B.V. Le billage permet au disque un coulissolement axial de quelques millimètres pour les phases d'embrayage et de débrayage. Sur les deux faces du disque, sont fixées les garnitures de frottement, dotées d'un fort coefficient d'adhérence et d'une résistance élevée aux hausses de température. Les garnitures sont composées de matériaux sans amiante (kevlar, araldites, bronze, cuivre, etc.), exceptionnellement revêtues de céramique.

### 2.2.3. RESSORTS DE COMPENSATION



M moyeu

AR armature

a, b, c largeur des fenêtres de logement des ressorts

a', b', c' longueur des ressorts déchargés

$\Delta b$ ,  $\Delta c$ , jeu des ressorts dans les fenêtres 2-2 et 3-3;

at amortisseurs de frottement

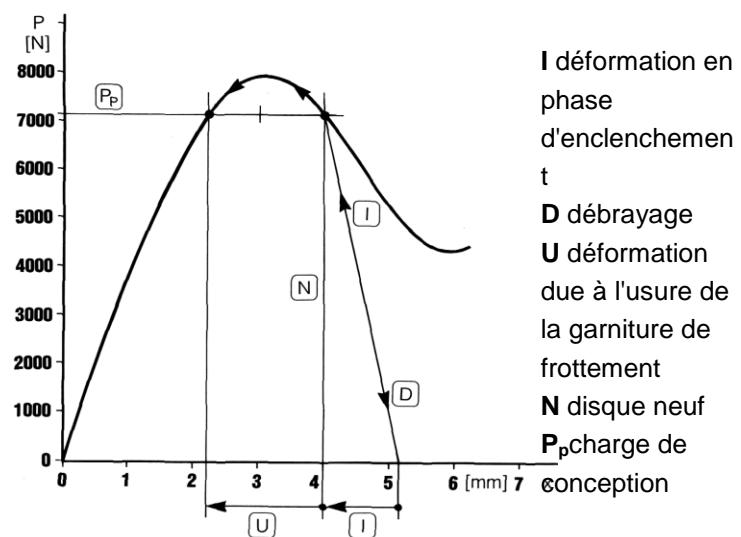
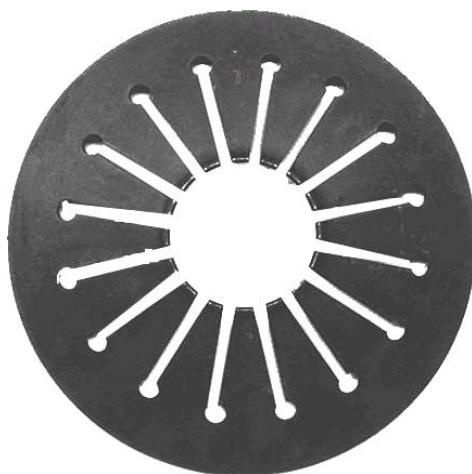
df ressort à diaphragme pour la charge des garnitures d'embrayage de l'amortisseur à frottement

**FONCTION :** pour rendre l'enclenchement plus élastique et plus doux, le disque est doté de ressorts de compensation, dont la fonction est d'absorber les irrégularités du couple moteur, les vibrations et les surcharges instantanées, en évitant ainsi la traînée qui se produit au début de l'enclenchement, rendant l'accouplement progressif et continu.

**CARACTERISTIQUES :** le disque entraîné est généralement doté de "ressorts de compensation". Dans ce cas, il est usuel de diviser le disque en deux parties : le moyeu et l'armature, entre lesquels sont interposés des ressorts, généralement à hélice cylindrique avec axes perpendiculaires au rayon. Ces ressorts non pré-tarés, sont logés avec précision dans des logements aménagés dans l'armature et disposés symétriquement par rapport à l'axe du disque. Chaque couple de ressorts réagit au moment appliqué à l'arbre, avec une caractéristique linéaire fonction de l'angle de rotation arbre / armature correspondant. Dans le cas illustré sur le schéma, le couple de ressorts 1-1 réagit immédiatement à cet angle de rotation, alors que les couples suivants, toujours plus rigides et montés sur des fenêtres spécifiques avec jeu, réagissent à des angles plus grands.

**AMORTISSEURS DE FROTTEMENT :** le ressort de compensation est complété par des amortisseurs de frottement. Ces amortisseurs sont constitués de joints de frottement annulaires soumis à la charge axiale de pré-tarage d'un ressort à diaphragme, et leur fonction est de dissiper l'énergie élastique accumulée lors de la déformation des ressorts du ressort de compensation.

## 2.2.4. RESSORT A DIAPHRAGME



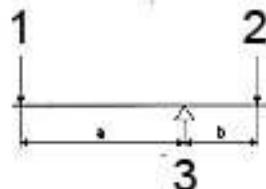
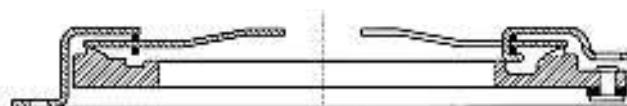
**FONCTIONNEMENT :** il s'agit d'un ressort particulier de rattrapage, qui fonctionne avec des charges et des déformations en direction axiale, appliquées au centre de l'action de la butée d'embrayage. La particularité géométrique (appendices radiaux vers le centre), entraîne un comportement efforts-déformations représenté sur le diagramme du schéma. Comme on peut le voir sur le graphique indiqué ci-dessus, la charge ne descend jamais en dessous d'une valeur de conception, qu'il assume aussi bien avec un disque neuf ou avec des garnitures de frottement usées. En phase de débrayage, la charge des ressorts est décroissante. En phase de débrayage, le ressort est chargé jusqu'à assumer la concavité opposée à la configuration indéformée.

### AVANTAGES :

- pression uniforme de la charge sur le plateau d'embrayage;
- force de charge du ressort en phase de débrayage moindre par rapport à l'application avec ressorts hélicoïdaux, car la caractéristique de rigidité du ressort à diaphragme n'est pas constante lors de la déformation, en réduisant ainsi la force de déformation en phase initiale de la concavité négative (débrayage);
- meilleur équilibrage des forces centrifuges agissant sur le ressort, car elle est fabriquée d'un seul morceau et avec une géométrie symétrique par rapport à l'axe, en obtenant une amélioration du comportement par rapport aux ressorts hélicoïdaux, avec l'augmentation du nombre de tours et des dimensions;
- légèreté, plus grande précision de fabrication, simplification des procédures de montage.

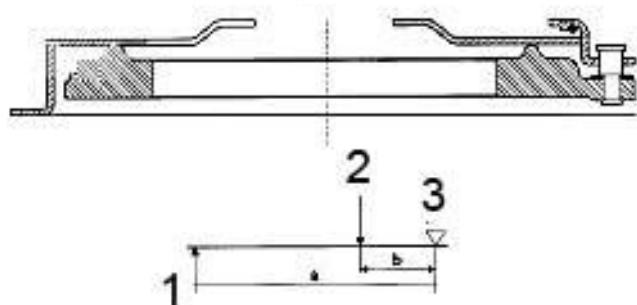
### 2.2.5. EMBRAYAGE A TRACTION OU A POUSSEE

A



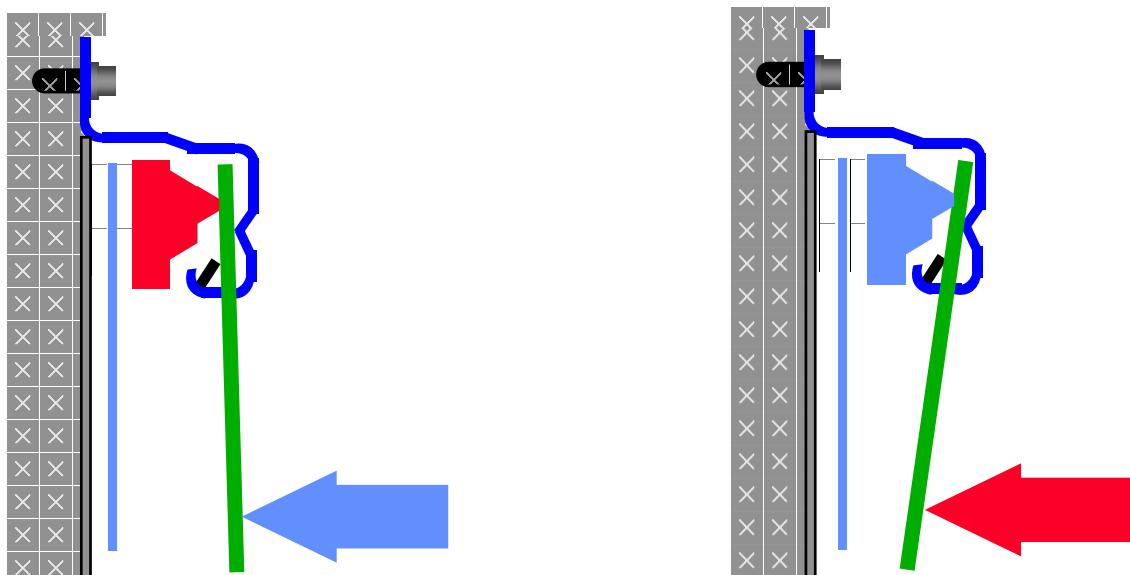
- A. par poussée
- B. par traction
- 1. action
- 2. réaction
- 3. pivot

B

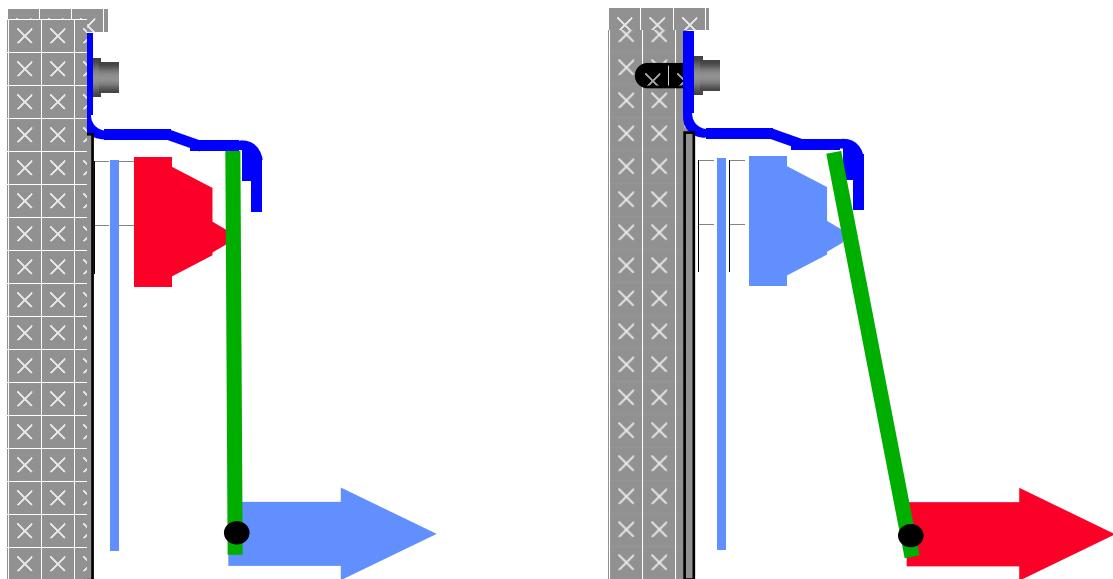


**DIFFERENCES :** dans un embrayage appelé à poussée, le ressort à diaphragme est situé sur la cloche, en un point intermédiaire alors qu'il appuie sur l'anneau du plateau d'embrayage sur le diamètre extérieur. Pour effectuer le débrayage, le manchon baladeur qui effectue la commande du conducteur, pousse le ressort à diaphragme qui cède, en libérant le disque entraîné. L'embrayage par traction, par rapport à l'embrayage par poussée, réalise une sorte de levier avec pivot à l'extrémité, donc plus avantageux car il utilise toute la longueur du bras comme levier. Il en résulte que la cloche est plus rigide, réduisant de manière appréciable, la déformation de l'ensemble de commande.

- **MECANISME A POUSSEE**



- MECANISME A TRACTION



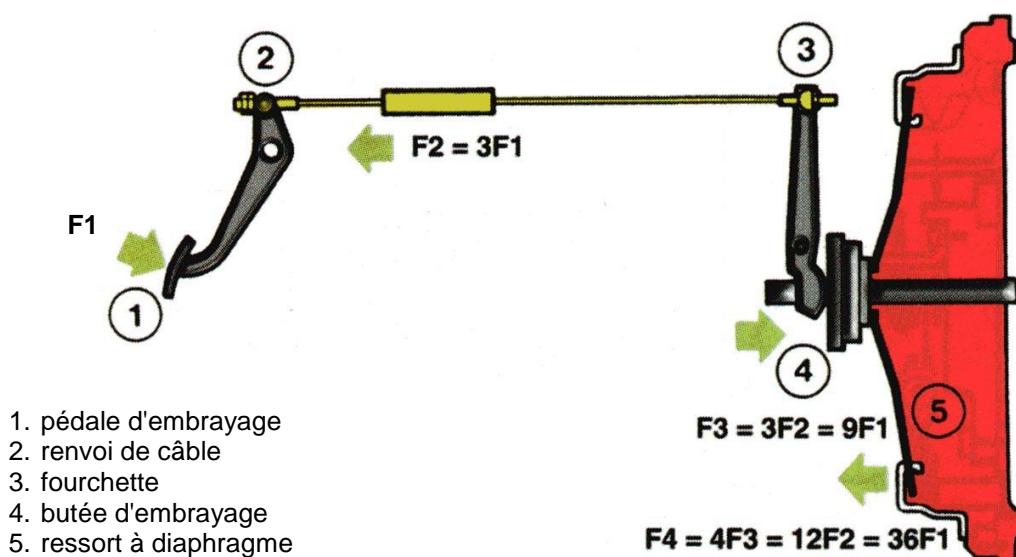
**AVANTAGES DE L'EMBRAYAGE A TRACTION :** à égalité de force d'embrayage, on dispose d'un charge supérieure sur le plateau d'embrayage, donc une force accrue d'écrasement du disque d'embrayage qui permet un meilleur couple maximum transmissible. Une forme améliorée du plateau d'embrayage augmentant son poids et sa capacité thermique. Augmentation du diamètre du ressort pour un même encombrement de groupe. Une usure des points d'appui réduite. Un couvercle plus simple et plus rigide, réduisant le risque qu'il se détache. En modifiant le système de fixation, on modifie l'hystérésis du système. La course de la force de traction nécessaire au débrayage, est réduite.

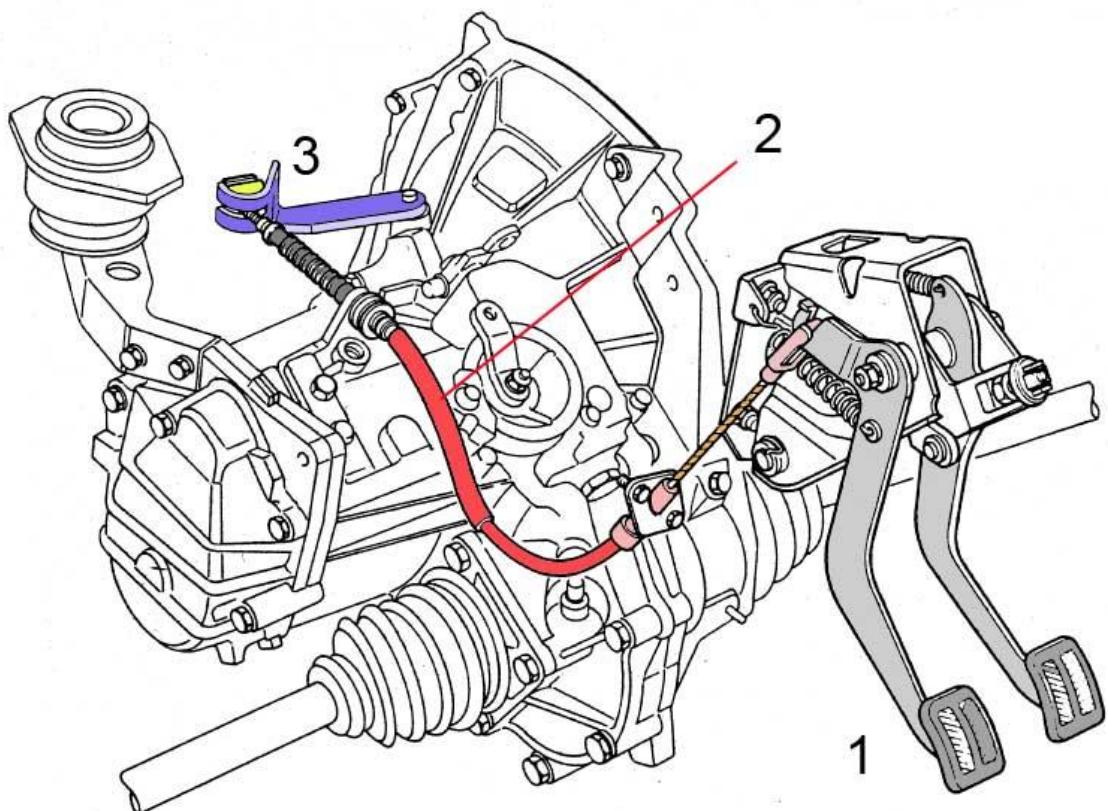
### 2.2.6. TYPE D'ACTIONNEMENT DE L'EMBRAYAGE

Commande	Organe de commande	Forme d'énergie
MECANIQUE	Pédale d'embrayage - système de levier	mécanique
HYDRAULIQUE	Pédale d'embrayage - maître cylindre - cylindre opérateur -	hydraulique
HYDROPNEUMATIQUE	Pédale d'embrayage - maître cylindre - servofrein -	Hydraulique - pneumatique
AUTOMATISEE	Levier de commande de sélection d'embrayage - centrale électronique de commande et de contrôle - cylindre actionneur	Electrique - hydraulique

#### 2.2.6.1. COMMANDE MECANIQUE

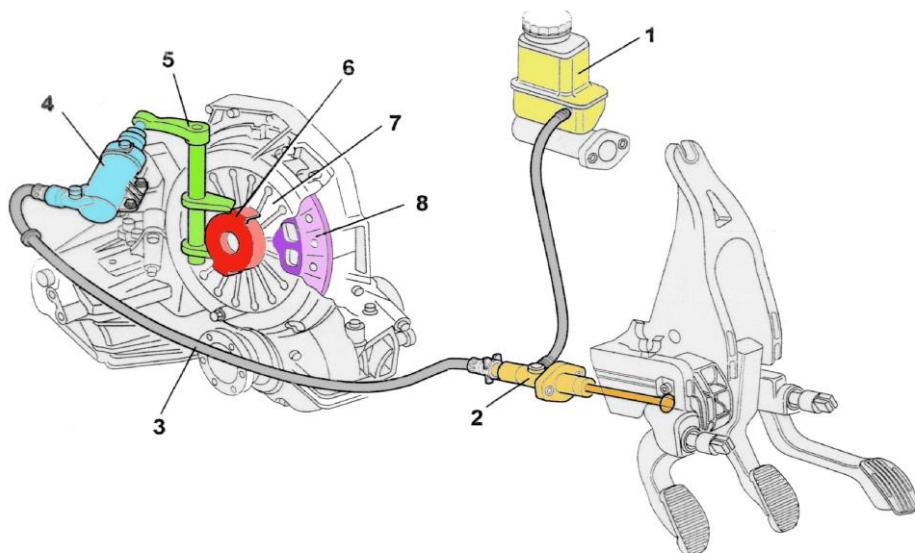
Ce type d'actionnement est adopté lorsque les efforts demandés au conducteur pour actionner la pédale ne sont pas excessifs. La commande fournie par le conducteur est transmise, via un câble flexible, à un mécanisme de levier qui opère directement la poussée sur le ressort à diaphragme, en obtenant le débrayage.





1. pedale d'embrayage
2. renvoi de cable
3. fourchette

## 2.2.6.2. ACTIONNEMENT PAR ACTIONNEUR HYDRAULIQUE ET FOURCHETTE

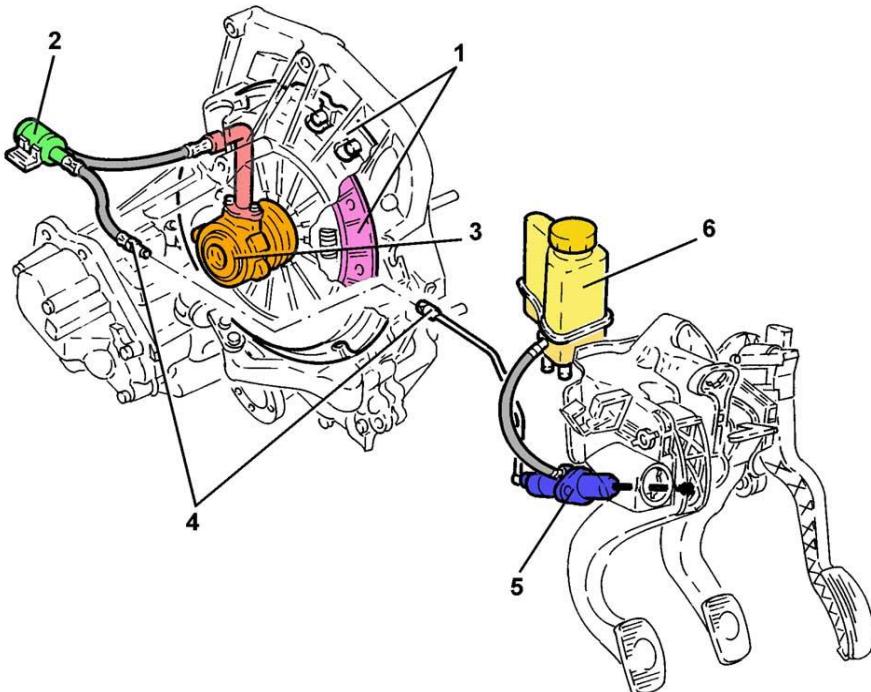


1. réservoir à huile dot4
2. pompe d'embrayage
3. tuyau de raccordement entre le maître-cylindre et l'actionneur
4. actionneur hydraulique
5. fourchette
6. butée d'embrayage
7. ressort de rattrapage
8. ensemble embrayage

**CARACTERISTIQUES :** c'est un système de débrayage de type hydraulique, dans lequel le dispositif de débrayage est constitué d'un actionneur monté à l'extérieur de la B.V., au-dessus de la cloche d'embrayage. Celui-ci agit sur une fourchette qui, en tournant, fait coulisser la butée d'embrayage sur l'arbre primaire de la B.V. La butée agit sur le ressort de rattrapage du plateau d'embrayage et permet l'embrayage/débrayage.

L'application de ce système permet de conserver les performances du système durant la vie opérationnelle de l'embrayage, c'est-à-dire en pratique que la course de la pédale d'embrayage ne varie pas lorsqu'elle s'use, et contribue à réduire le bruit et les vibrations transmises par la pédale.

## 2.2.6.3. ACTIONNEMENT CSC (Coaxial Shift Clutch)

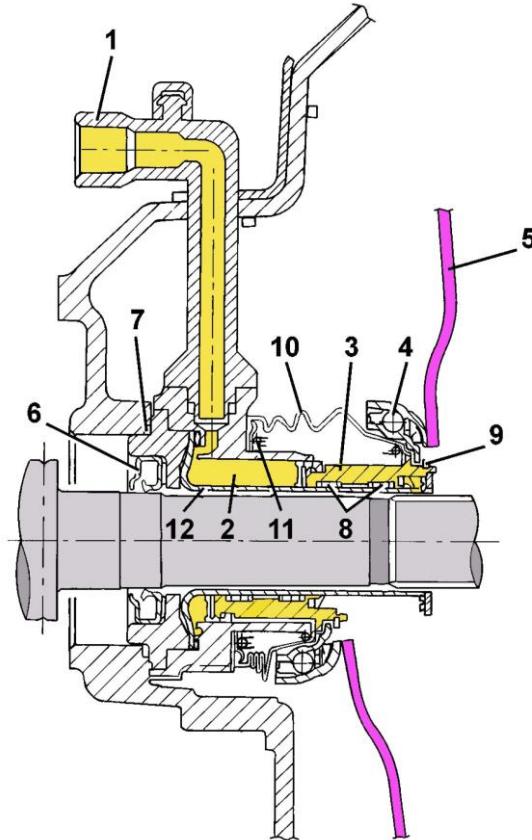


1. mécanisme d'embrayage
2. amortisseurs de pulsations
3. actionneur hydraulique coaxial de débrayage "CSC"
- 4 - tuyau de raccordement maître-cylindre / actionneur
- 5 - maître-cylindre d'embrayage
6. réservoir dot4

**CARACTERISTIQUES :** le système CSC est un système de débrayage de type hydraulique, dans lequel l'actionneur de débrayage est un cylindre annulaire monté sur la cloche d'embrayage, en position coaxiale par rapport à l'arbre primaire de boîte et intégré à la butée d'embrayage. L'action de débrayage s'exerce directement sur le ressort du plateau d'embrayage, sans interposition de tringles de renvoi comme sur les systèmes traditionnels. Ce système permet de conserver des performances optimales pendant toute la durée de vie de l'embrayage et contribue à réduire les bruits et les vibrations transmis par la pédale.

**CONSTITUTION :** Les deux principaux composants du système CSC sont la pompe de débrayage et l'actionneur hydraulique. La première génère le débit d'huile nécessaire pour réaliser le débrayage, et effectuer ce dernier.

- CYLINDRE ACTIONNEUR HYDRAULIQUE

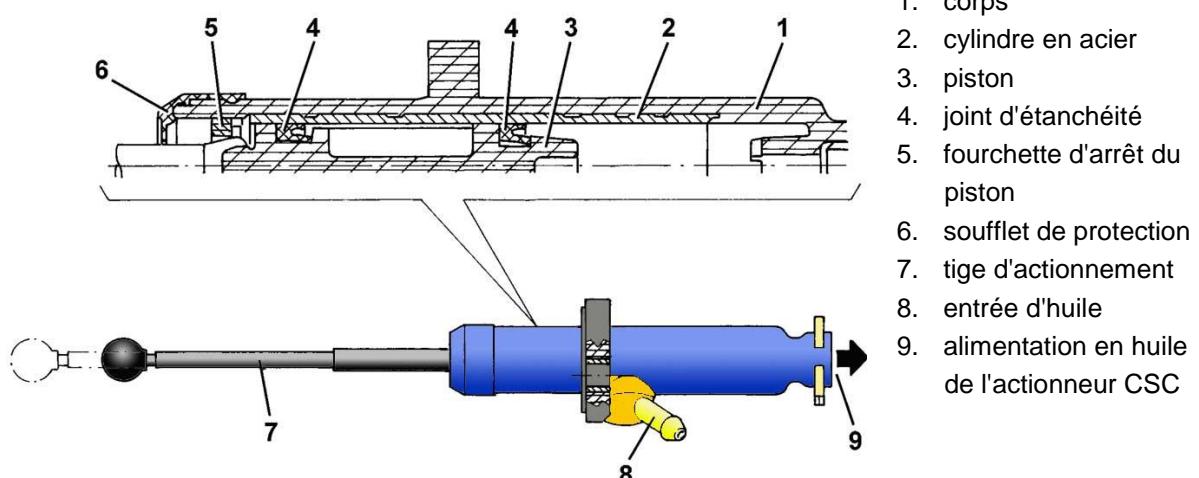


1. tuyau d'entrée d'huile
2. chambre de détente
3. piston
4. rondelle d'épaulement
5. ressorts du plateau d'embrayage
6. joint pare-huile
7. joint torique
8. patins anti-usure
9. étanchéité d'huile
10. soufflet en caoutchouc
11. ressort
12. tube-guide

**CARACTERISTIQUES :** le cylindre actionneur est un cylindre hydraulique coaxial (à l'arbre primaire de la B.V.), dont le piston (annulaire) est en contact (via la butée d'embrayage) avec le ressort à diaphragme de l'embrayage. Il est maintenu en position de repos par la réaction du ressort à diaphragme. C'est pour cela, qu'en absence d'huile sous pression, l'embrayage est normalement enclenchée.

**FONCTIONNEMENT :** le débit d'huile envoyé par la pompe provoque le déplacement du piston qui coulisse dans le tube-guide avec une faible adhérence grâce à l'interposition de patins en téflon. La présence de ces patins en téflon évite même un éventuel durcissement du piston en position de débrayage. L'action du piston se transmet, via la butée d'embrayage, au ressort à diaphragme en permettant le débrayage. Lorsque le conducteur relâche la pédale d'embrayage, en annulant la pression de l'huile, le ressort à diaphragme pousse le piston en position arrière, en rétablissant les conditions d'embrayage et en faisant s'écouler l'huile vers le réservoir. L'incompression de l'huile garantit un fonctionnement progressif de l'embrayage, car lorsque le conducteur maintient la pédale dans une position intermédiaire, la colonne de fluide emprisonnée, empêche le mouvement du piston qui conserve sa position.

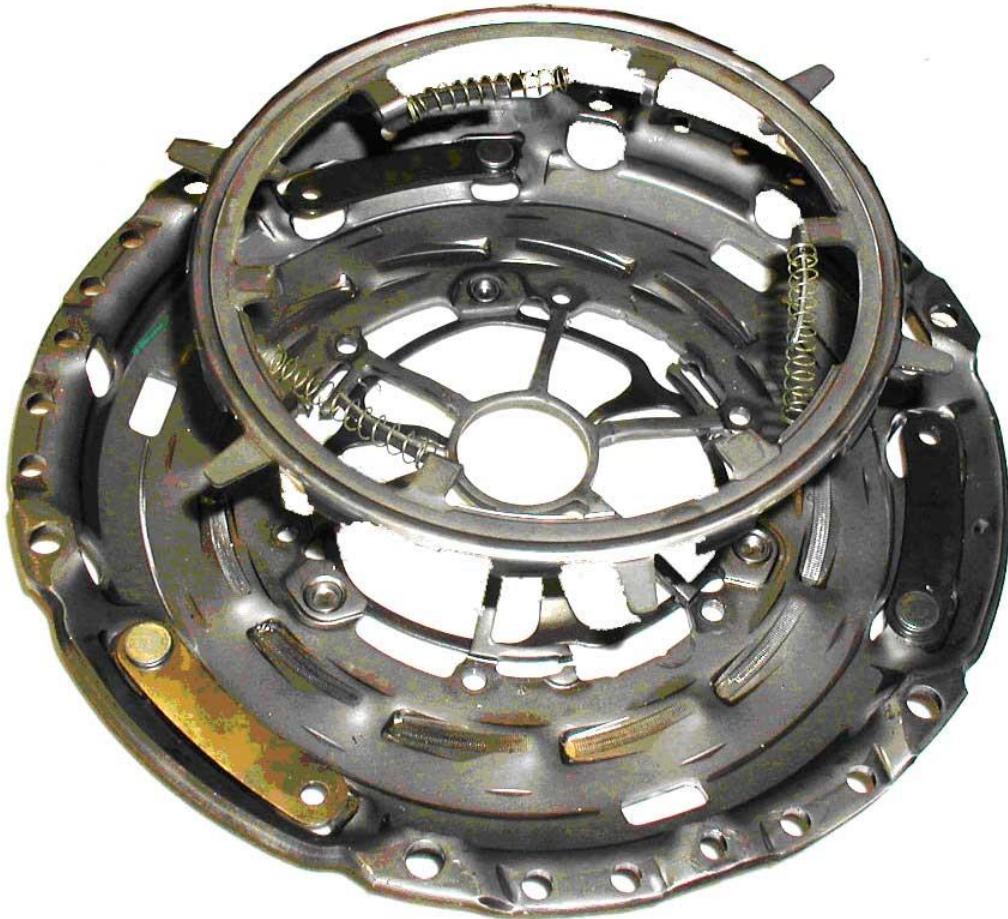
- MAITRE-CYLINDRE DE DEBRAYAGE



**CARACTERISITIQUES :** le maître-cylindre d'embrayage est un cylindre hydraulique qui fonctionne comme une pompe. Sa caractéristique principale réside dans le fait que le corps du cylindre et le piston sont fabriqués en matière plastique afin de réduire le poids. La partie intérieure du cylindre où coulisse le piston a été, quant à elle, revêtue d'acier pour éviter l'usure du cylindre et les déformations dues à la pression de l'huile.

**FONCTIONNEMENT :** en condition de repos, la tige du maître cylindre est complètement distendue et la chambre du cylindre est raccordée avec le cylindre actionneur plein d'huile. Lorsque le conducteur appuie sur la pédale d'embrayage, le mouvement correspondant du piston, ferme d'abord le raccordement entre le réservoir et le maître-cylindre, puis pressurise l'huile en créant le débit nécessaire au débrayage. Puis, lorsque la pédale est relâchée, en annulant la pression d'huile, cette dernière est aspirée par la ligne de branchement maître-cylindre (d'où s'écoule l'huile) et enfin, lorsque la lumière de raccordement avec le réservoir est découverte, du réservoir même (appelé en fait réservoir de réserve), afin de compenser les éventuelles fuites d'huile.

2.2.7. EMBRAYAGE LUK AVEC DISPOSITIF SAC (SELF – ADJUSTING CLUTCH)

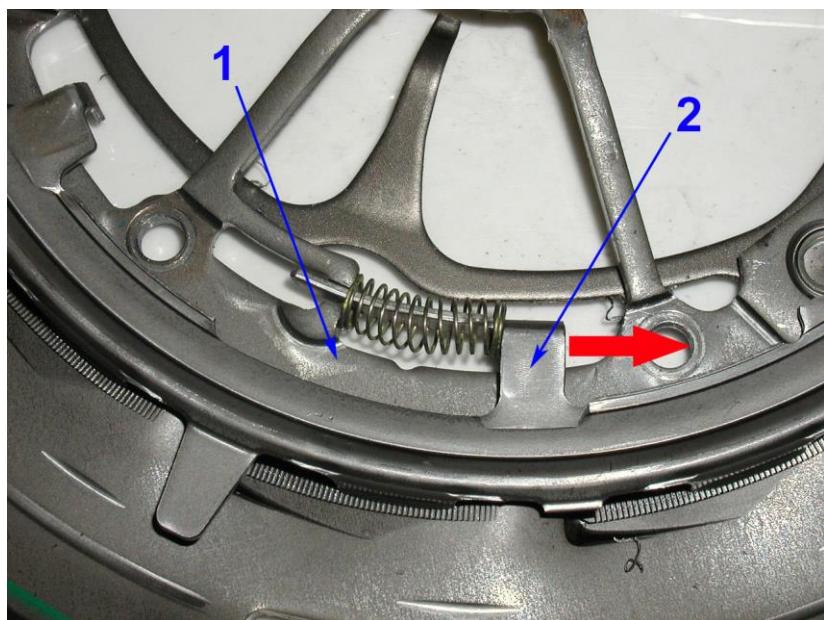


L'embrayage LUK est un embrayage monodisque à sec avec système de débrayage à poussée. Cela signifie que la manœuvre de débrayage se produit lorsque le manchon pousse le ressort à diaphragme, en rabattant la concavité du ressort à diaphragme.

Ce type d'embrayage intègre deux dispositifs :

- dispositif de récupération automatique de l'usure du disque entraîné;
- ressort auxiliaire dont le but est de rendre constant l'effort sur la pédale, demandée au conducteur, durant la manœuvre d'embrayage ou de débrayage.

### 2.2.7.1 DISPOSITIF SAC



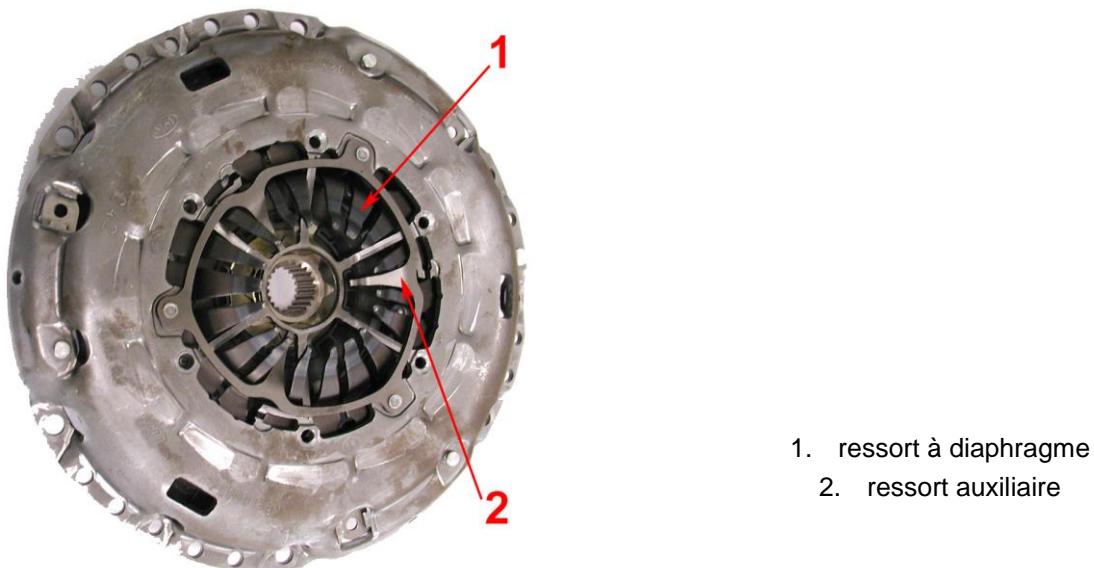
1. côté solidaire du carter d'embrayage
2. côté solidaire de l'anneau

Le mécanisme s'appuie sur deux plans inclinés moletés.  
Grâce à l'action des ressorts,  
l'usure du disque entraîné permet  
le mouvement dans le sens de la  
circonference de l'anneau.



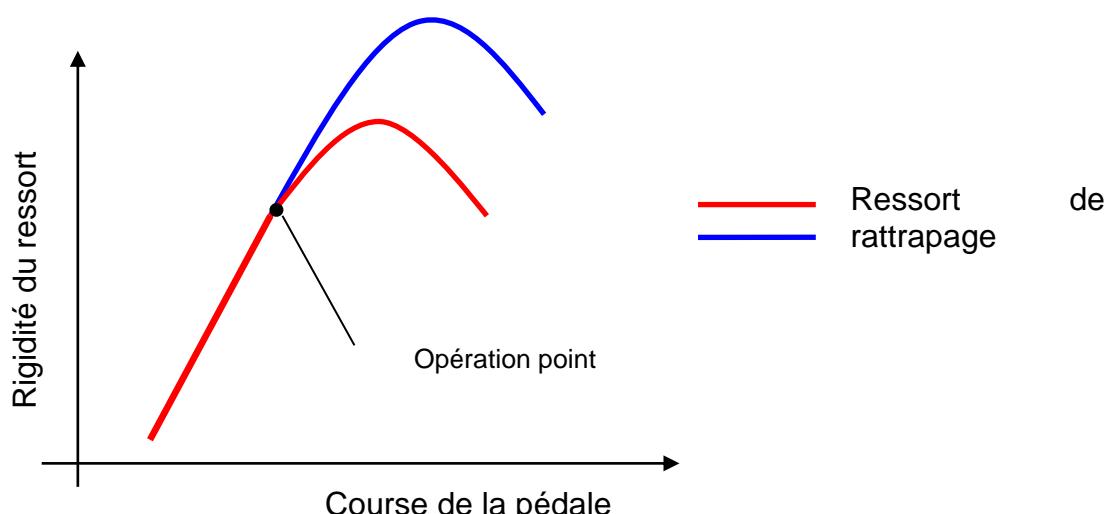
Dans sa rotation, comme il doit suivre le profil des plans inclinés,  
l'anneau se soulève en récupérant  
le jeu du disque entraîné.

## 2.2.7.2. DOUBLE RESSORT A DIAPHRAGME



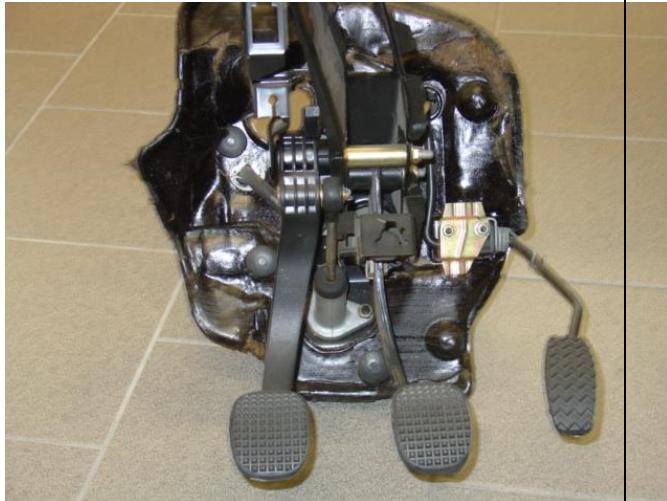
**FONCTION** : maintenir constant l'effort demandé à la pédale, en compensant par l'intervention d'un ressort auxiliaire, le "fléchissement" du ressort à diaphragme, dû à sa rigidité.

**FONCTIONNEMENT** : (se référer au schéma en bas) : le ressort à diaphragme présente une rigidité non linéaire, qui a pour effet le "fléchissement" de la pédale lorsque le ressort inverse sa concavité. La présence d'un ressort auxiliaire, compense ce fléchissement car son point d'intervention (ou "point mort") est placé de façon à ce que sa caractéristique se superpose à celle du ressort à diaphragme, et le conducteur perçoit un effort constant sur la pédale. Ceci augmente notablement le confort de conduite, car la force que doit exercer le conducteur sur la pédale d'embrayage est constante pendant toute sa course. Pour illustrer cette idée : la pédale d'embrayage acquiert une souplesse identique à celle de la pédale d'accélérateur.



## 2.3 ANOMALIE D'EMBRAYAGE

- GROUPE EMBRAYAGE : **vibre ou broute**

<b>Plainte du client</b>	On sent des vibrations ou "des à-coups" dans la pédale d'embrayage. Lorsque la pédale est relâchée, le véhicule ne démarre pas doucement, mais avec des à-coups ou des vibrations	
<b>Motorisation</b>	Essence / diesel	
<b>Diagnostic en phase de réception</b>	<p><b>1)</b>Contrôler la course de la pédale d'embrayage, en constatant qu'il n'y a pas de durcissements, ni en descente ni en remontée de la pédale.</p> <p><b>2)</b>contrôler l'état et la fixation du support motopropulseur et de la biellette de fixation du moteur (qu'il n'y a pas de tensions).</p> <p><b>Si l'on ne constate aucune anomalie suite aux contrôles effectués, il faut procéder à la dépose de la B.V., pour contrôler le groupe embrayage.</b></p>	

- GROUPE EMBRAYAGE : patine

<b>Plainte du client</b>	En phase d'accélération on constate une forte augmentation du nombre de tours moteur sans augmentation correspondante de la vitesse.	
<b>Motorisation</b>	Essence / diesel	
<b>Diagnostic en phase de réception</b>	<p>Effectuer un essai du véhicule, en parcourant une portion de chaussée rectiligne en quatrième, à 2.500/3.000 tours/mn. Dans ces conditions de route, appuyer et relâcher RAPIDEMENT la pédale d'embrayage, en contrôlant qu'en relâchant la pédale (embrayage fermé), le moteur ne monte pas en régime.</p> <p><b>Dans le cas contraire, il faudrait réviser le groupe embrayage.</b></p>	

- GROUPE EMBRAYAGE : ne se détache pas

Plainte du client	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Difficulté d'enclenchement de la première vitesse et de la marche AR (durcissement)</li> <li>- effort excessif en appuyant la pédale d'embrayage</li> </ul>	
Motorisation	Diesel 2.4 20V multijet (embrayage LUK avec dispositif SAC)	
Diagnostic/essai en phase de réception	<p>Non utilisation, ou utilisation incorrecte du kit spécifique n° <b>1.871.003.100</b></p> <p>lors de l'assemblage de l'embrayage LUK, on peut constater l'anomalie indiquée ci-dessus.</p> <p>Il ne faut donc pas effectuer d'éventuelles opérations sur la B.V., si l'on n'a pas utilisé d'abord l'outil indiqué ci-dessus.</p>	

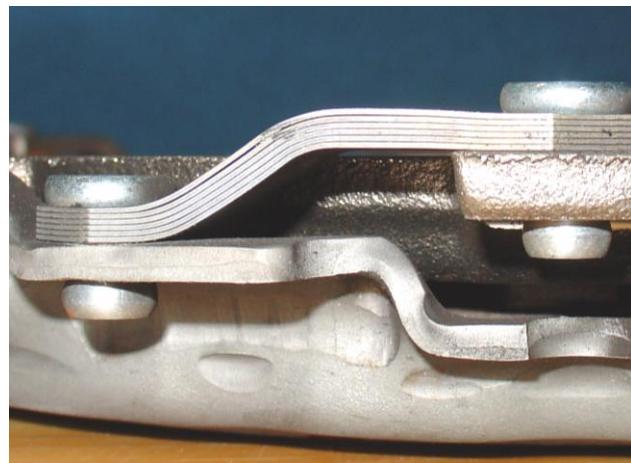
<b>Plainte du client</b>	Embrayage / désembrayage difficile.	
<b>Motorisation</b>	Essence / diesel	
<b>Diagnostic/essai en phase de réception</b>	<p><b>1)</b>Contrôler si, avec le moteur en marche et le véhicule à l'arrêt, l'enclenchement est difficile (durcissement) pour toutes les vitesses (l'embrayage se détache pas)</p> <p><b>2)</b>Contrôler que la pédale d'embrayage effectue toute la course. Dans le cas contraire, contrôler :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) le bon coulissemement de la pédale sur le support pédalier.</li> <li>b) le coulissemement de l'élément pompant du maître-cylindre d'embrayage</li> <li>c) le jeu axial du vilebrequin suite à une éventuelle usure des rondelles d'épaulement</li> </ul> <p><b>3)</b>Actionner la pédale d'embrayage et vérifier qu'elle n'est pas trop élastique. Si elle l'était, contrôler : le niveau de liquide dans le réservoir d'embrayage ( si le niveau est faible, inspecter les tuyaux, le maître-cylindre/actionneur, pour vérifier qu'il n'y a pas de fuites).</p> <p>Effectuer, enfin, la purge de l'air du circuit.</p> <p><b>Si, lors des trois précédents contrôles, tout s'avérait normal, il faudrait procéder à la dépose et au contrôle du groupe embrayage.</b></p>	

**CAS A:**

**SYMPTOME :** L'EMBRAYAGE NE SE DETACHE PAS

**ANOMALIE :** LANGUETTES DE CONTACT DU DISPOSITIF D'EMBRAYAGE DISTENDUES

**CAUSE :** INVERSION DE COUPLE (par ex., hors régime)



**CAS B :**

**SYMPTOME :** -L'EMBRAYAGE NE SE DETACHE PAS

-L'EMBRAYAGE BROUTE

**ANOMALIE :** UNE LANGUETTE DE CONTACT DU DISPOSITIF D'EMBRAYAGE EST DISTENDUE

**CAUSE :** - INVERSION DE COUPLE (par ex., hors régime)

- CHOC EN USINE AVANT LE MONTAGE



**CAS C :**

**SYMPTOME** : L'EMBRAYAGE BROUTE

**ANOMALIE** :

DISQUE D'EMBRAYAGE BARBOUILLE D'HUILE S'ECOULANT PAR LES VIS DE FIXATION DU VOLANT  
(faire noter les deux côtés du disque : le disque présente une usure anormale côté volant)

**CAUSE** : Fuite d'huile des vis du volant



**CAS D :**

**SYMPTOME** : PATINAGE DE L'EMBRAYAGE

**ANOMALIE** :

DISQUE D'EMBRAYAGE BARBOUILLE D'HUILE S'ECOULANT DE LA B.V.

(faire noter les deux côtés du disque : côté B.V., le disque présente une usure anormale mais uniforme)

**CAUSE** : Fuite d'huile de la B.V.



**CAS E :**

**SYMPTOME :** DURCISSEMENT LORS DE L'ENCLENCHEMENT DES VITESSES

**ANOMALIE :**

DISQUE D'EMBRAYAGE BARBOUILLE D'HUILE S'ECOULANT DE LA B.V.

(faire noter les deux côtés du disque : le disque présente une usure anormale côté B.V.)

**CAUSE :** FUITE D'HUILE DE LA B.V.

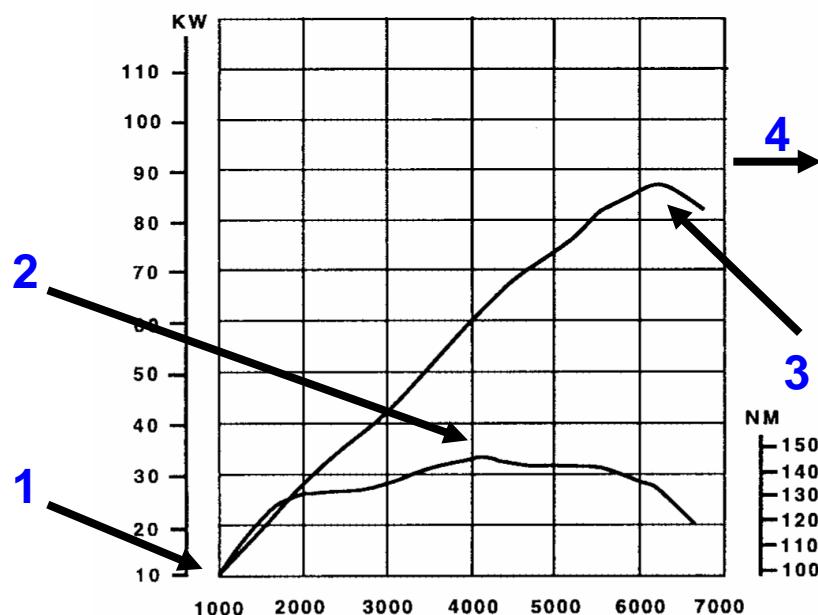


### 3. B.V.(BOITE A VITESSES)

#### INTRODUCTION

Avant d'introduire la B.V. comme composante de la chaîne cinématique de la transmission du mouvement, nous devons d'abord analyser quelques notions qui sont exprimées ci-dessous, pour mieux comprendre sa fonction et son importance.

#### 3.1 COURBES CARACTERISTIQUES DU MOTEUR



**POINTS IMPORTANTS DU FONCTIONNEMENT:** en se référant aux courbes de performances du moteur, en termes de couple et de puissance, on peut déterminer quatre points notables de fonctionnement :

- **point de fonctionnement au “ralenti” (1)** : le moteur ne fournit que la puissance pour commander les accesssoires. A une vitesse à peine inférieure, le moteur s'arrêterait, à cause de l'irrégularité de la vitesse de rotation, fortement croissante avec sa diminution;
- **point de couple maximum (2)** : la vitesse de rotation est d'environ la moitié du maximum;
- **point de puissance maximum fourni au vilebrequin (3)**;
- **pointe, ou mieux champ de vitesse**, au-delà duquel il est conseillé d'utiliser le moteur pour des raisons fonctionnelles et structurelles (4). Actuellement, cette limite est imposée par le système électronique de régulation d'admission des gaz au moteur.

**CHAMPS DE COUPLE ET DE PUISSEANCE** : les courbes de performance du moteur sont liées à l'admission maximum (pédale d'accélérateur complètement enfoncée). Tous les moteurs ont donc la possibilité de modifier la puissance transmise (ou le couple développé) à chaque régime de rotation, entre un maximum et un minimum (en agissant sur la pédale d'accélérateur). Pour lesquels, au lieu de

courbes de performance du moteur il faudrait plutôt parler de champ de puissance et de couple. Pour simplifier, on peut dire que ces champs coïncident avec les zones comprises entre les courbes respectives (de couple et de puissance) et l'axe des abscisses. Il serait donc théoriquement possible d'obtenir pour chaque vitesse de rotation du moteur, un couple déterminé et, par conséquent, une certaine puissance en agissant simplement sur la pédale d'accélérateur. Un tel réglage seul n'est néanmoins pas admissible pour une série de raisons qui seront expliquées par la suite.

### 3.2 REQUIS DES ORGANES DE LA TRANSMISSION

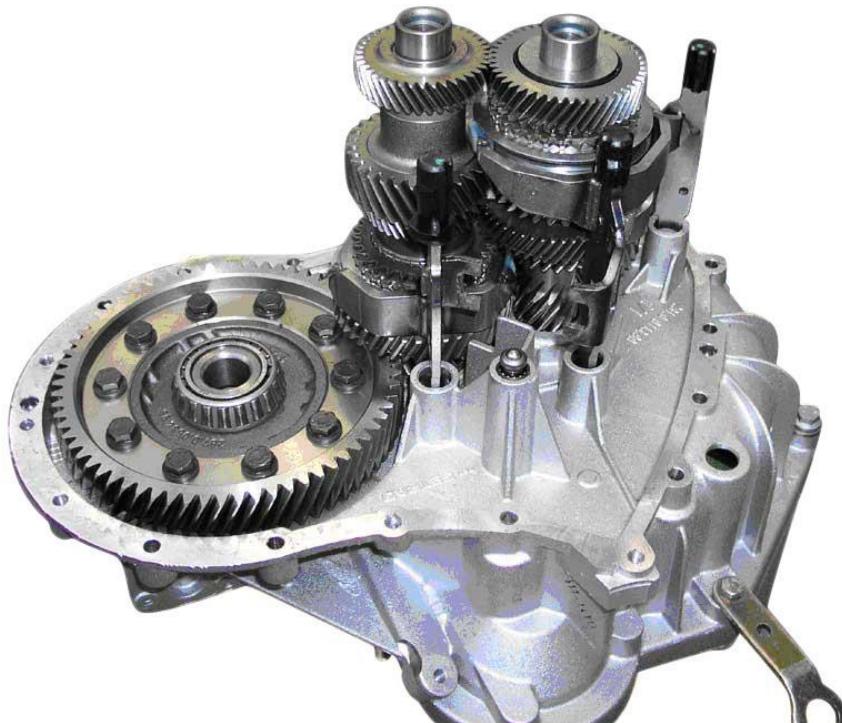
Malgré l'amplitude du champ de puissance et de couple fourni par le moteur, on se rend compte de la nécessité de lier, dans la mesure du possible, la vitesse de rotation du moteur à celle des roues et donc du véhicule. La raison de ce choix est évident si l'on se réfère aux deux exemples indiqués ci-dessous.

**DEMARRAGE RAPIDE DU VEHICULE** : si l'on veut, par exemple, avoir un démarrage rapide du véhicule, il faut appliquer aux roues un couple moteur élevé. Au lieu d'utiliser un moteur qui "en prise directe", fournit ce couple à bas régimes (avec tout ce que cela comporte), il est plus commode d'interposer un différentiel qui amène une multiplication du couple appliqué aux roues (étant donné les bas régimes de rotation nécessaires);

**CIRCULATION SUR AUTOROUTES** : en circulant sur une autoroute, les faibles couples demandés peuvent s'obtenir tranquillement avec une accélération partielle. Avec un moteur en prise directe, il faudrait faire fonctionner le moteur à hauts régimes de rotation, pour garantir la vitesse adéquate, mais au détriment de la consommation (la courbe des consommations en fonction de la vitesse de rotation connaît son maximum à bas régimes, et non à régimes élevés). Même dans ce cas, il serait commode d'avoir un différentiel qui multiplierait les vitesses de rotation des roues par rapport à celle du moteur, pour assurer le fonctionnement de ce dernier dans la zone de consommation minimum, tout en assurant la vitesse de marche demandée.

**BOITE DE VITESSES** : comme on l'a vu sur ces deux exemples, il est nécessaire d'interposer entre le moteur et les roues un dispositif qui permette d'avoir, dans certains cas, une réduction de la vitesse du moteur et dans d'autres, une multiplication. Ce dispositif prend le nom de boîte de vitesses et assume, précisément, la fonction de réaliser la variation du rapport de transmission entre le moteur et les roues. La B.V. dite "mecanique" (comme également la B.V. automatique non CVT) permet d'effectuer cette variation suivant des rapports discrets (cest-à-dire que la variation continue du rapport de transmission n'est pas possible), à partir habituellement de cinq ou de six vitesses, plus la marche AR. La B.V., dite automatique à variation continue (appelée également CVT), permet une variation continue du rapport de transmission. Bien sûr, dans ce dernier cas, la sélection du rapport de transmission est confiée à une centrale électronique en fonction de ce qui est enregistré dans sa mémoire et des imput reçus. Dans le cas d'une B.V. mécanique, la sélection de la vitesse appropriée est confiée au conducteur qui agit sur un levier spécifique. Même les B.V. appelées semi-automatique (qui sera traité plus en avant), effectuent une variation discrète du rapport de transmission et également dans ce cas, la sélection de la vitesse est confiée au conducteur, même si la réalisation de l'enclenchement est obtenue par un système assisté.

### 3.3 BOITE DE VITESSES



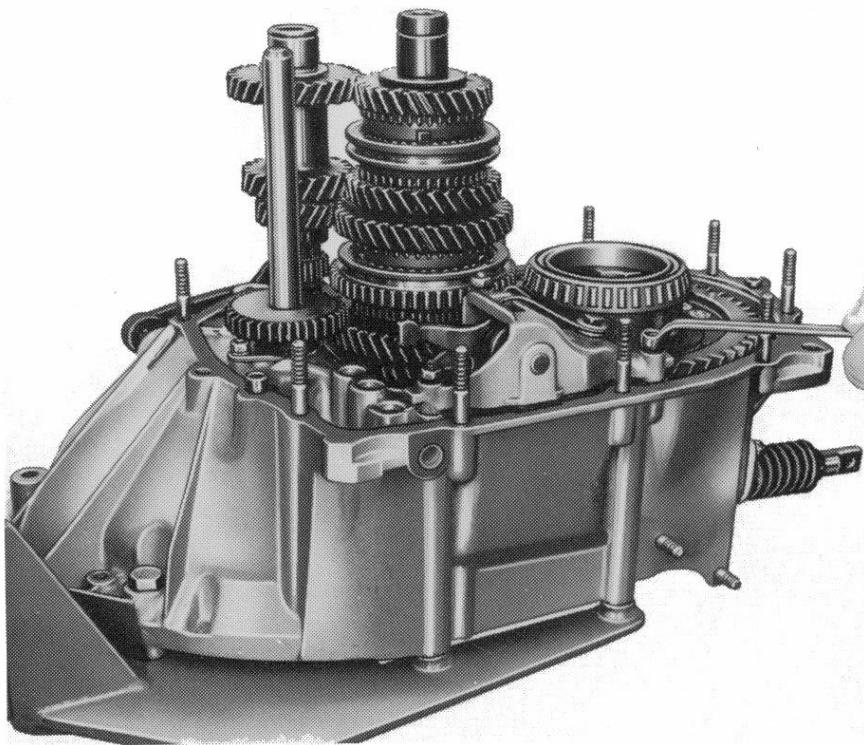
**CONSTITUTION :** la **B.V.** est généralement constituée d'un carter à engrenages comprenant au moins un arbre d'entrée ou d'entraînement, et un arbre de sortie ou entraîné qui supportent autant de couples de pignons qu'il y a de rapports de transmission voulus et le dispositif d'enclenchement des vitesses, constitué d'une série de tringleries et de leurs synchroniseurs. Les arbres sont à leur tour supportés par des roulements radiaux, habituellement deux par arbre, et un seul pour certains avec une capacité également axiale : par exemple, un roulement avec une couronne de billes sur gorges obliques et un à rouleaux cylindriques, disposés sur le support généralement chargé radialement. Ou bien, on utilise des roulements à rouleaux coniques.

**TYPOLOGIE :** les trois types de **B.V.** adoptés dans le domaine de l'automobile, sont les suivants :

- **B.V.** avec secondaire à renvoi fixe,
- **B.V.** avec secondaire à contre-arbre
- **B.V.** à trois arbres;

Sur les véhicules du Groupe **FIAT**, ont adopté le type de **B.V.** avec secondaire à renvoi fixe, dans laquelle le raccordement entre l'arbre secondaire de la **B.V.** et le différentiel se produit au moyen d'un accouplement pignon et couronne (coïncidant habituellement avec la couronne du différentiel), qui réalise une réduction de la vitesse de rotation transmise, et la **B.V.** à trois arbres, qui sera traitée par la suite.

### 3.3.1. B.V. MECANIQUE A DEUX ARBRES AVEC SECONDAIRE A RENVOI FIXE



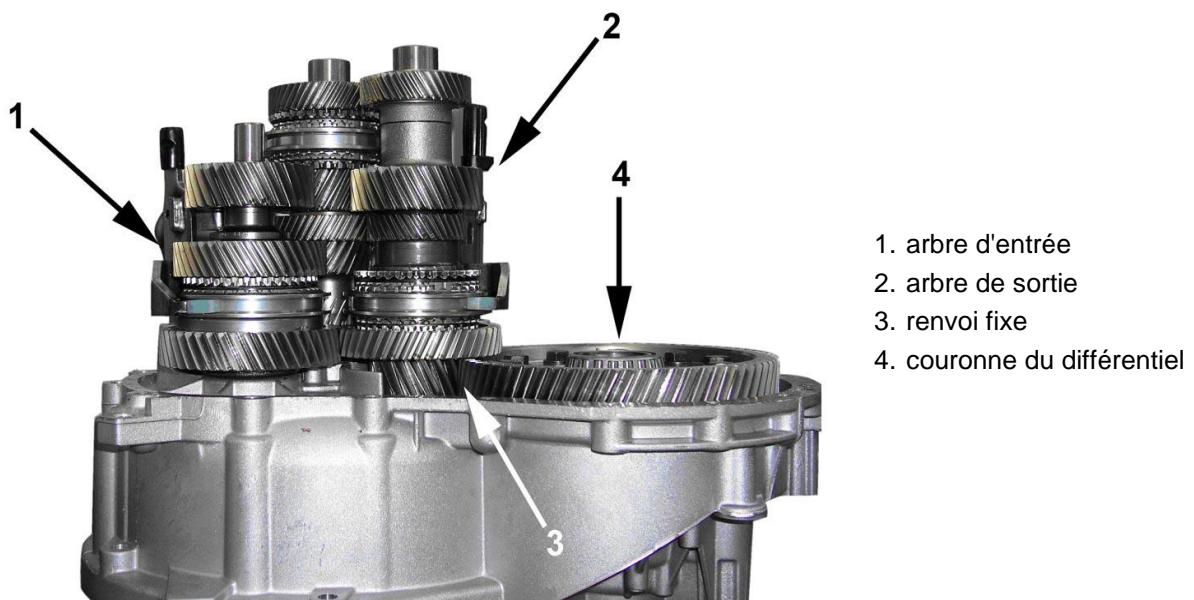
**FONCTIONNEMENT** : sur ce type de **B.V.**, les engrenages accouplés sont toujours en prise entre eux. Pour permettre l'état de "point mort", c'est-à-dire aucun rapport enclenché, tous les couples doivent disposer d'un engrenage point mort sur un arbre. Naturellement, un seul engrenage peut être, à son tour, bloqué sur l'arbre. L'enclenchement de la vitesse sélectionnée est, en fait, réalisé en rendant solidaire l'engrenage qui normalement tourne au point mort avec l'arbre sur lequel il est calé par un dispositif appelé synchroniseur. L'actionnement du synchroniseur est obtenu par une fourchette commandée par le mécanisme d'enclenchement, qui fait coulisser axialement le synchroniseur en raccordant progressivement (par la présence d'un embrayage), l'engrenage de l'arbre respectif. Le mécanisme d'enclenchement est contrôlé par le levier d'enclenchement des vitesses qui se trouve dans l'habitacle et actionné par le conducteur. Lorsque le conducteur sélectionne une vitesse en agissant sur le levier, celui-ci transmet la commande au mécanisme d'enclenchement qui se charge de commander la bonne synchronisation et d'enclencher la vitesse choisie. Ce mécanisme garantit l'enclenchement exclusif d'une seule vitesse à la fois. Etant donné la structure de la **B.V.**, l'enclenchement simultané de deux vitesses pourrait avoir des conséquences désastreuses sur un véhicule en mouvement. De plus, il se charge de maintenir la vitesse sélectionnée lorsque le conducteur relâche le levier.

Pour les **B.V.** à deux arbres, utilisées sur les véhicules du Groupe Fiat, se référer au tableau ci-dessous :

Type de B.V.	Type de véhicule
C530	Stilo abarth 156 147 Bravo '07
C510	Musa 1.3 mjt Idea 1.3 mjt Punto 1.3 jtd

	Panda 1.3 jtd Grande punto 1.3mjt 500 1.3 mjt Alfa gt Alfa 156
C514	Musa essence Idea essence Panda essence Grande punto essence 500 Véhicules avec motorisations essence Fire
C543	159 Croma
BE4R	Scudo 1.6
ML6C	Scudo Ulysse Phedra
MLUC	Ducato

### 3.3.2. B.V. MECANIQUES A TROIS ARBRES



Les principales caractéristiques de la B.V. à trois arbres sont (*voir chap 5*):

- encombrement axial réduit
- excellente maniabilité à toutes les vitesses
- fonctionnement parfaitement silencieux.
- couple de transmission plus élevé

**FONCTIONNEMENT** : sur ce type de B.V., les engrenages accouplés sont toujours en prise entre eux, comme sur la version précédente, mais sont logés sur trois arbres au lieu de deux. De cette façon, l'encombrement axial de la B.V. se réduit notablement, en permettant dans l'accouplement moteur-B.V., un encombrement total également favorable sur des véhicules dotés d'un moindre espace utile. De plus, en ayant trois arbres, il est facile de monter une éventuelle 6ème vitesse, sans en modifier l'encombrement.

Une chose non moins importante est que, grâce à son axe réduit, elle permet un couple de transmission supérieur car les trois arbres, étant plus courts, disposent d'une résistance à la torsion bien plus élevée.

Pour les **B.V.** à trois arbres, utilisées sur les véhicules du Groupe Fiat, se référer au tableau ci-dessous :

Type de B.V.	Type de véhicule
C538(GETRAG)	Stilo 1.9jtd Idea Musa
F40	Brera 159 Thesis
M20	Véhicules avec motorisation 1.3mjt 90cv
M32	159 Croma
M40	Ducato 3.0

## 4. COMPOSANTS D'UNE BOITE DE VITESSES

Une **B.V.** mécanique à commande manuelle est constituée des principaux composants suivants :

- **pignons:** ils sont responsables de la transmission du mouvement suivant le rapport de transmission voulu. On en compte, sur les **B.V.** à contre-arbres, un nombre égal au double du nombre de vitesses prévues pour la **B.V.** examinée, plus un. Pour une **B.V.** à cinq rapports, il y a 10 vitesses plus une pour inverser le mouvement lorsque l'on sélectionne la marche AR. Bien sûr, il faut ajouter à ce nombre, les pignons nécessaires à la réalisation du renvoi fixe (habituellement 2);

- **arbres:** ils ont pour but de supporter les pignons, de recevoir le couple moteur provenant de l'embrayage (arbre primaire) et de le transférer aux organes suivants de la chaîne cinématique (arbre secondaire).

- **supports:** il s'agit habituellement, de roulements. On distingue les roulements (à billes ou à rouleaux) qui supportent les arbres et qui en permettent le mouvement relatif par rapport à la carcasse, et les roulements (habituellement à rouleaux) qui supportent les pignons et en permettent le mouvement relatif par rapport aux arbres sur lesquels sont calés les pignons. Ces derniers assurent l'indépendance de la rotation entre l'arbre et le pignon;

- **synchroniseurs:** commandés par le conducteur via le levier de sélection des vitesses, la fonction de ces éléments est de raccorder le pignon de la vitesse sélectionnée à l'arbre sur lequel il est calé, en permettant le transfert de couple de l'arbre au pignon et de celui-ci au pignon avec lequel le premier est accouplé. Le synchroniseur doit également assurer un enclenchement des vitesses en douceur et sans faire "gratter" les vitesses;

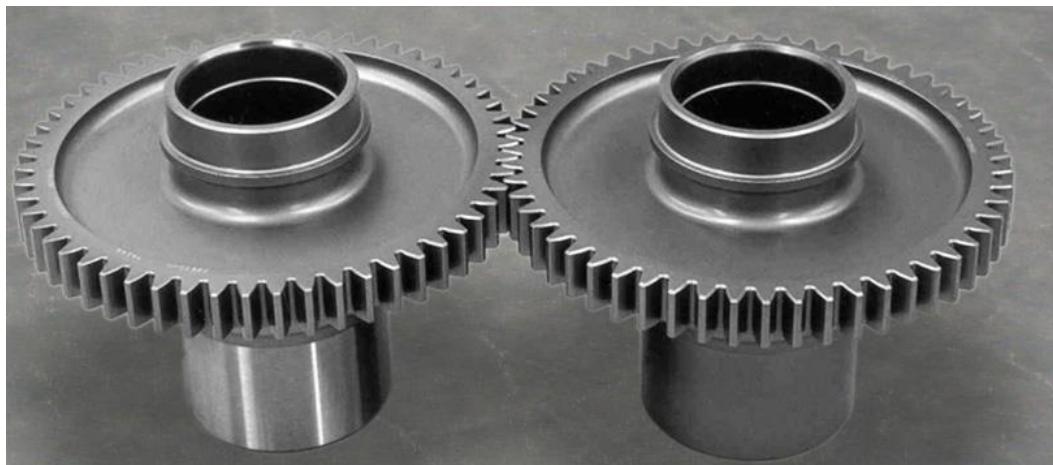
- **renvoi fixe:** le but de ce composant a déjà été expliqué dans les pages précédentes;

- **commandes extérieures de la B.V.:** cet ensemble de composants constitue l'interface entre la **B.V.** et le conducteur. Au moyen du levier, le conducteur sélectionne et enclenche les différentes vitesses. La commande est transférée à des tringleries internes à la **B.V.** qui, à leur tour, actionnent les synchroniseurs

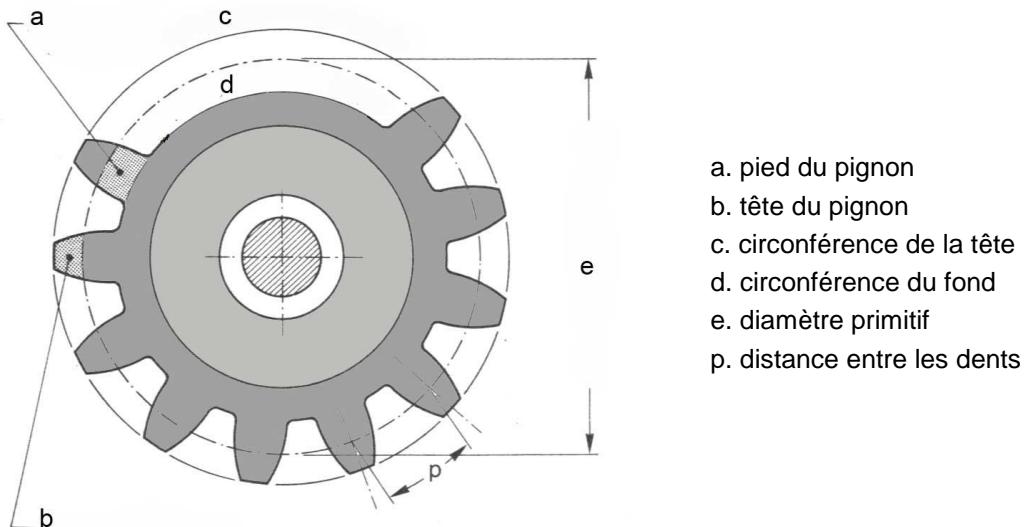
• ***differentiel***: le but du différentiel est de répartir uniformément le couple entre les roues dans toutes les conditions de marche. Ce dispositif ne fait pas à proprement partie de la **B.V.**, mais sa présence à l'intérieur du boîtier de **B.V.** en justifie la présence sur cette liste;

• ***dispositifs d'enclenchement automatique***: à la différences des **B.V.** précédentes, à commande manuelle, dans les **B.V.** appelés semi-automatiques ou robotisées (telle que la **B.V. Slespeed**), on trouve des composants d'enclenchement hydrauliques et mécaniques dont la commande n'est pas directement effectuée par le conducteur.

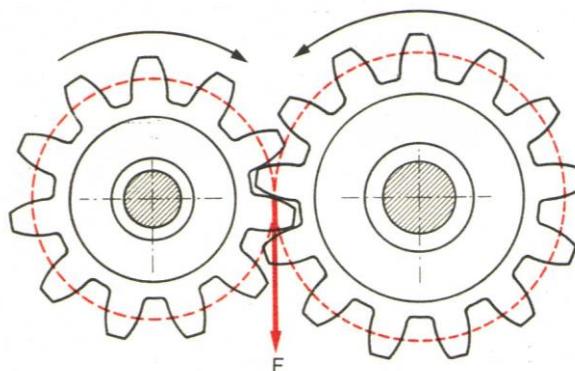
#### 4.1 PIGNONS



Les groupes de transmission, tels que **B.V.** et différentiel, sont constitués d'engrenages, donc de pignons. Les caractéristiques de ces derniers déterminent de manière univoque, le type de transmission du groupe auquel ils appartiennent. C'est pour cette raison, qu'il est nécessaire d'approfondir les types principaux et les caractéristiques des pignons.



L'engrenage de deux pignons se produit entre dents dotées des mêmes caractéristiques géométriques, de résistance mécanique et de dureté de surface identiques pour présenter une usure uniforme. Par contre, le nombre de dents des deux pignons est différent, ceci pour permettre la variation des paramètres de la puissance transmise.



#### 4.1.1.CARACTERISTIQUES DES PIGNONS

**Le profil du pignon** peut être de différents types et réalisé suivant différents niveaux de précision, au cours de son processus de fabrication. Cette caractéristique influe sur la durée, le bruit, le rendement de la transmission, etc.

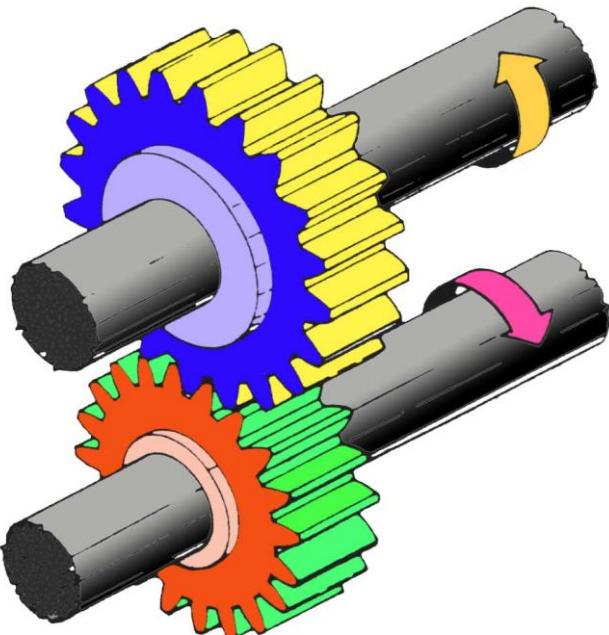
**Le nombre minimum de dents** du plus petit pignon représente la limite en dessous de laquelle, la régularité de la transmission n'est plus garantie (au moins deux dents en prise).

**La dimension de la dent**, est déterminée par la force maximum échangée entre les dents en prise et par le matériau qui la compose.

**Le choix des matériaux** est déterminé par les charges sur les dents et par l'importance de la réduction des encombrements et du nombre d'heures de fonctionnement prévues pour l'engrenage.

**Le rendement des pignons** est le rapport entre la puissance transmise au pignon entraîné et la puissance du pignon d'entraînement.

#### 4.1.2. RAPPORT DE TRANSMISSION

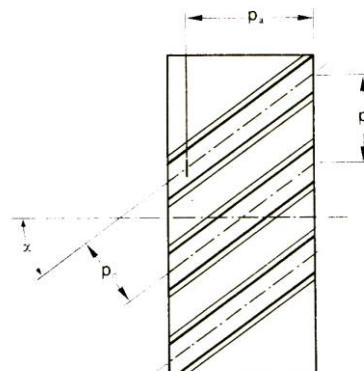


Le rapport de transmission entre deux pignons conjugués est fourni par le rapport du nombre de dents des deux pignons, qui permet d'obtenir le rapport des nombres de tours des deux arbres respectifs :

$$\text{. - } n^{\circ} \text{ entraîné}/n^{\circ} \text{ entraîneur.}$$

De cette façon, avec une réduction du nombre de tours transmis, on obtient une augmentation inversement proportionnelle du couple transmis, en vertu du principe que la puissance transmise reste constante.

#### 4.1.3. PIGNONS CYLINDRIQUES A DENTS HELICOÏDALES

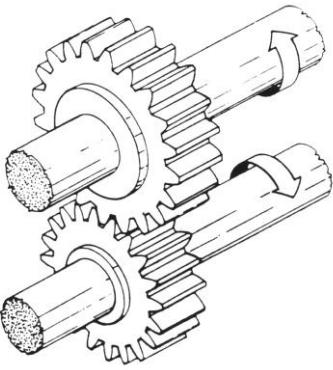
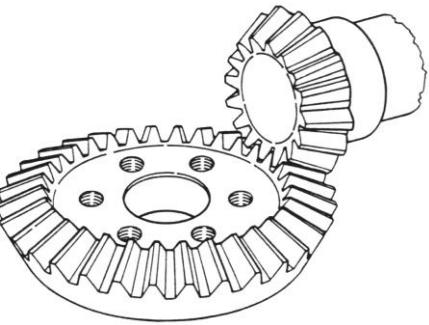
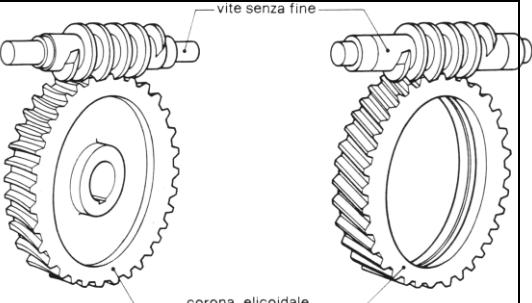
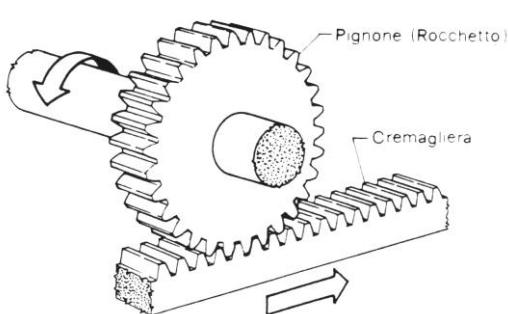


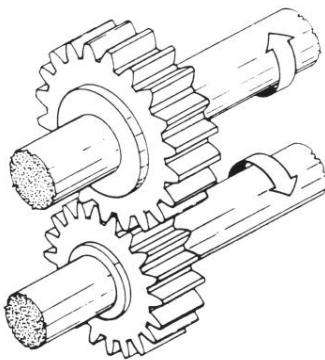
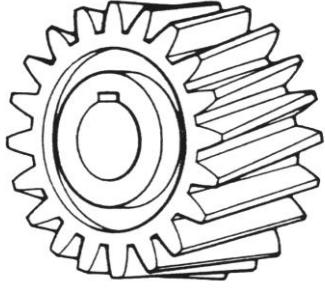
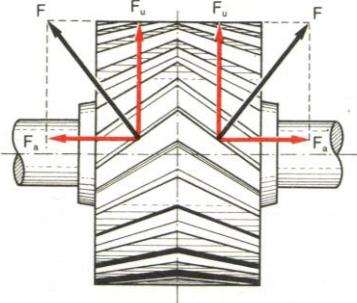
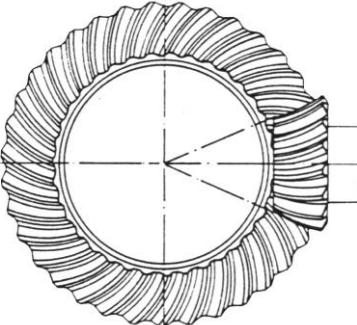
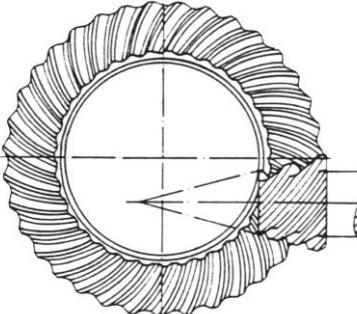
Pour pouvoir augmenter le nombre de dents simultanément en prise, il faut disposer de pignons cylindriques dotés de dents hélicoïdales.

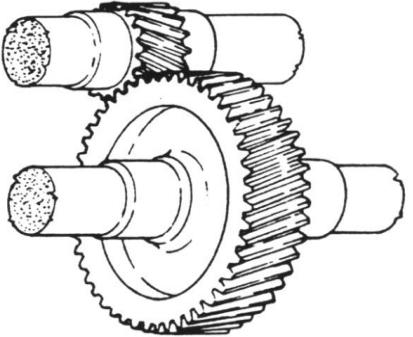
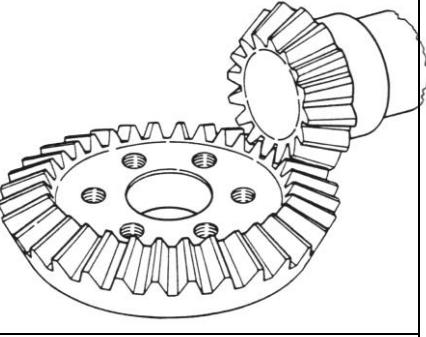
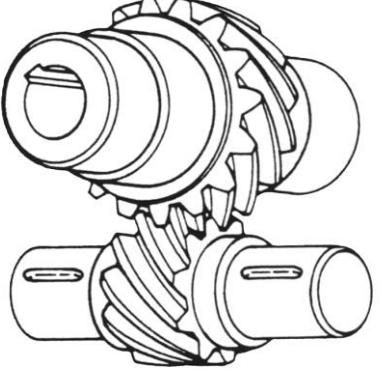
Cette condition améliore la répartition des forces échangées entre les dents des pignons conjugués, c'est-à-dire qu'à égalité de charges on peut utiliser des pignons plus petits, avec gain d'encombrement et de poids. De plus, il y a moins de chocs entre les dents grâce à un accès plus régulier des dents dans la zone d'engrenage, à l'avantage de la durée et du silence de fonctionnement.

Tout ce qui a déjà été dit sur les pignons cylindriques à dents droites, s'applique également au rapport de transmission, aux matériaux, etc.

#### 4.1.4. TYPOLOGIE DES TRANSMISSIONS A ENGRANAGES

ENGRENAGES	<i>Pignons cylindriques</i>	
	<i>Pignons coniques</i>	
	<i>Vis sans fin</i>	
	<i>Cremaillère</i>	

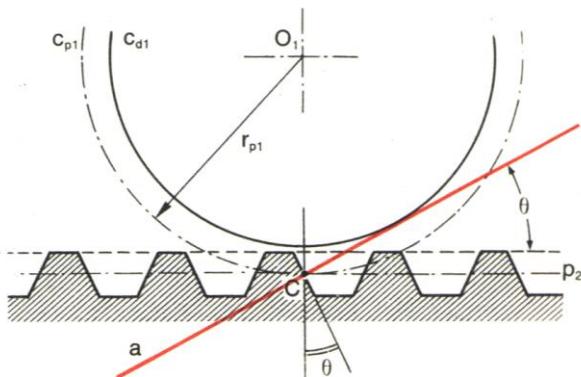
<i>DENT ET PROFIL</i>	<i>Droit</i>	
	<i>Hélicoïdal</i>	
	<i>Bi-hélicoïdal</i>	
	<i>Spiroïdal</i>	
	<i>Ipoïdal</i>	

DISPOSITION DES AXES	Parallèles	
	Perpendiculaires	
	Obliques	

#### 4.1.5. FORCES ECHANGEES ENTRE LES DENTS

La force échangée entre les dents le long de l'arc d'engrenage maintient une ligne d'action constante, grâce au profil particulier de la dent.

##### 4.1.5.1. PIGNONS CYLINDRIQUES A DENTS DROITES

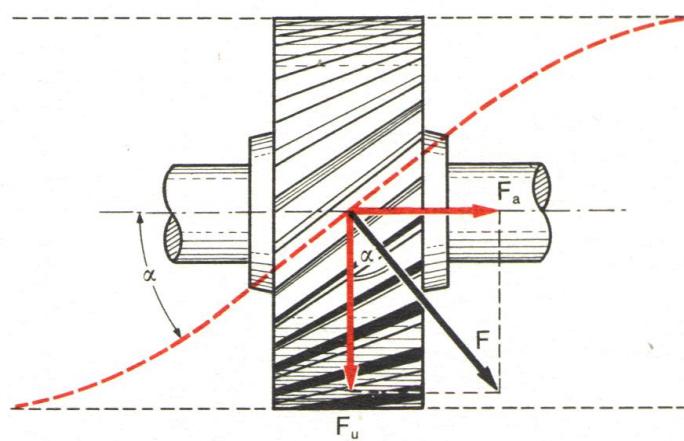


Dans le cas de pignons cylindriques à dents droites, la ligne d'action (a) forme un angle de pression ( $\theta$ ) constant. La force  $F$  échangée entre les dents est la résultante de deux composants : radial et tangentiel.

Le couple du pignon est obtenu par la composante tangentielle  $F_u$  multipliée par le rayon de la circonference primitive ( $r_{p1}$ ).

Les deux composantes se déchargent sur les supports de l'arbre du pignon.

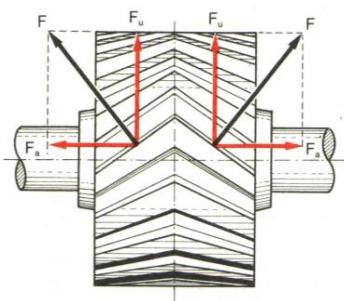
##### 4.1.5.2. PIGNONS CYLINDRIQUES A DENTS HELICOÏDALES



Dans le cas de pignons cylindriques à dents hélicoïdales, les composantes de la force  $F$  sont au nombre de trois : tangentielle  $F_u$ , axiale  $F_a$ , radiale  $F_r$ ; le couple s'obtient de la même façon que dans le cas précédent.

Différente, par contre, est la charge sur les supports de l'arbre qui, dans ce cas, doivent également équilibrer la force axiale, en demandant à cette fin, des roulements spécifiques en mesure de réagir aux charges axiales.

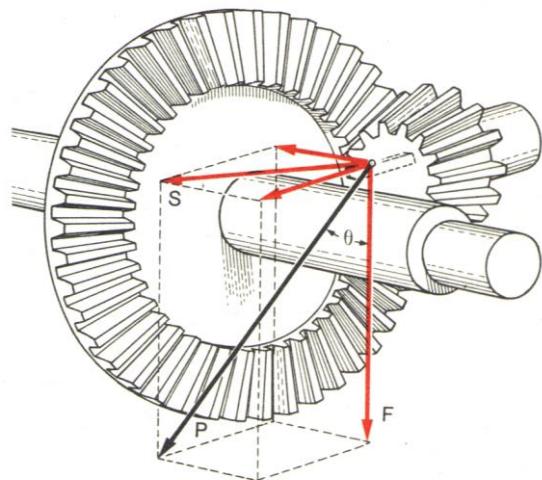
#### 4.1.5.3. PIGNONS CYLINDRIQUES BI-HELICOÏDAUX



La fonction du pignon cylindrique bi-hélicoïdal est d'équilibrer, sur un même arbre, les composantes axiales générées par les forces échangées entre les dents.

On aura donc uniquement sur les supports, des charges radiales;

#### 4.1.5.4. PIGNONS CONIQUES

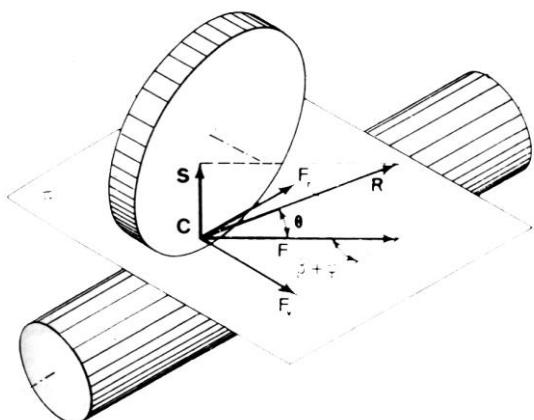


Dans la transmission pignon-couronne du couple conique, même dans le cas le plus simple de dents droites, la force échangée entre les dents  $P$ , et décomposée, donne lieu :

- à la composante tangentielle  $F$  qui détermine, avec les rayons des primitives, les couples sur les deux arbres;
- à la composante  $S$  qui, à son tour, génère les composantes radiale et tangentielle, qui se déchargent sur les supports des arbres.

Donc, quel que soit le type de dent des pignons coniques du couple, les roulements devront également résister aux poussées axiales.

#### 4.1.5.5. VIS SANS FIN



Dans la transmission entre vis sans fin - pignon à dents hélicoïdales, la force résultante  $R$  donne lieu à :

- $F_t$  (tangentielle pour la vis, et axiale pour le pignon);
- $F_r$  (axiale pour la vis, et tangentielle pour le pignon);
- $S$  (composante radiale pour les deux arbres).

La valeur de la composante axiale pour la vis sans fin exige d'appliquer, sur les supports, des rondelles d'épaulement ou de robustes roulements axiaux-radiaux.

#### 4.1.6. CYCLE DE FABRICATION DES ENGRÈNAGES

**ESTAMPAGE** : les engrenages sont estampés à chaud, puis subissent ensuite un traitement de recuisson isothermique.

**TOURNAGE** : opération nécessaire pour obtenir les dimensions des circonférences des épaulements de l'engrenage. Il sera laissé, sur le trou intérieur, un excès de métal pour permettre sa rectification effectuée après le traitement.

**DENTURE** : une machine spéciale réalise la coupe prévue à la création du pignon, aussi bien pour des engrenages à dents droites qu'hélicoïdales. Un excès de métal sera laissé pour réaliser la finition de la dent.

**CHANFREINAGE** : opération effectuée avec une chanfreineuse, nécessaire pour éliminer les bavures d'élaboration de la dent, et créer le chanfrein du profil.

**FRAISAGE ET PERCAGE** : sur tous les engrenages qui nécessitent une lubrification.

**EBARBAGE** : travail nécessaire à la finition de la dent. La dent est rectifiée si besoin.

**SERTISSAGE** : sous presse, de la bague dentée de synchronisation, sur l'engrenage.

**SOUDURE** : effectuée avec une soudeuse au laser ou à faisceau électronique.

**FILETAGE** : sur la surface conique du cône d'accouplement où cela est demandé.

**TREMPE DE LA SURFACE** : traitement de cémentation et de trempe.

**RECTIFICATION** : trou, appuis et cône.

**POLISSAGE** : opération qui s'effectue sur les engrenages de 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> vitesse.

**LAVAGES** : dans le processus de fabrication, les lavages représentent une opération essentielle pour éviter qu'il existe une incompatibilité avec les réfrigérants; en soudure pour éviter que durant l'opération ne se forment des fêlures, etc.; lors du traitement thermique, pour garantir une homogénéité de pénétration du traitement. Une fois terminé le cycle de fabrication, le lavage final garantit une bonne propreté au montage interne de la B.V.

#### 4.1.7. TRAIN D'ENGRENAGES



Les trains d'engrenages sont des mécanismes constitués de deux ou plusieurs pignons engrenés entre eux, dans le but de transmettre la puissance mécanique de l'arbre d'entrée à l'arbre de sortie du système, en modifiant les valeurs de ses paramètres (couple et nombre de tours).

Le train d'engrenages s'appellera **réducteur** lorsque le nombre de tours de l'arbre de sortie du mouvement sera inférieur par rapport à celui de l'arbre en entrée, on obtient dans ce cas une multiplication du couple de sortie par rapport au couple entrant. Dans le cas opposé, il s'appellera **multiplicateur**.

Le **rapport de transmission** du train d'engrenages est donné par le nombre de tours de l'arbre en entrée par rapport à celui de sortie.

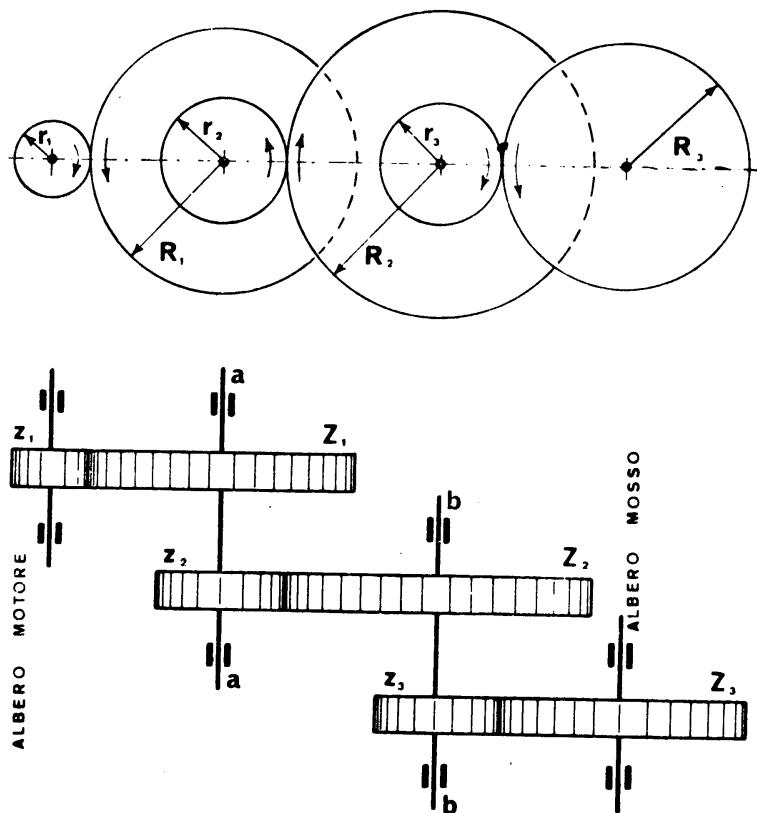
$$\tau = n_i / n_o$$

Lorsque le système de train d'engrenages, au moyen d'organes de commande opportuns, est en mesure de modifier le rapport de transmission de l'ensemble (n rapports de transmission), il prend le nom de boîte de vitesses.

Les trains d'engrenages se divisent en :

- **train d'engrenages ordinaires** (les axes de tous les pignons sont fixes);
- **train d'engrenages épicycloïdaux** (dont les pignons se distinguent par leurs planétaires, c'est-à-dire ceux à axe fixe et satellites, ceux dotés d'axes en rotation autour d'un autre axe du train d'engrenages).

#### 4.1.7.1. RAPPORT DE TRANSMISSION



Le train d'engrenages représenté sur le schéma est constitué de :

- 4 arbres (arbre moteur en entrée, a et b intermédiaires, arbre mouvant en sortie);
- 6 pignons, tous solidaires de leurs arbres respectifs.

Le rapport de transmission global du train d'engrenages est donné par le produit des rapports de transmission des couples de pignons engrenés.

$$\tau = (n_1 / n_2) (n_2 / n_3) (n_3 / n_4) = n_1 / n_4 ;$$

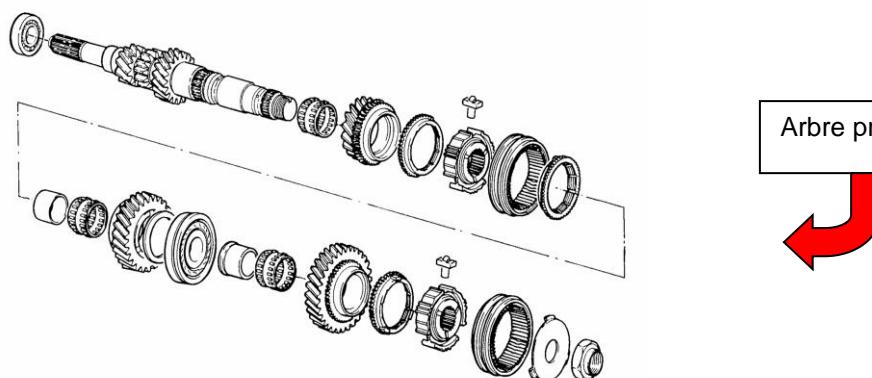
$$\tau = (Z_1 / z_1) (Z_2 / z_2) (Z_3 / z_3) ;$$

#### 4.1.7.2. TRAINS D'ENGRENAGES EPICYCLOIDaux

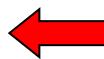
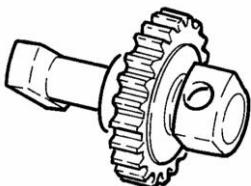
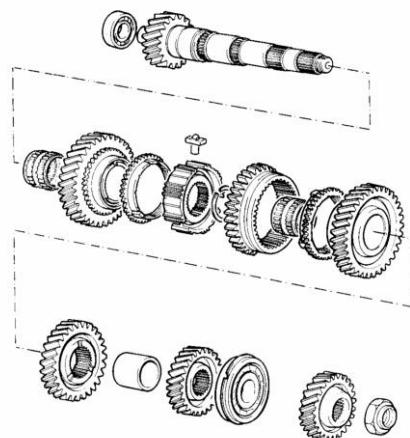


Ces trains d'engrenages sont caractérisés par la présence de certains pignons (satellites) qui sont transportés avec leur axes d'un équipage mobile (porte-train), alors que les autres pignons, à denture extérieure ou intérieure, sont à axe fixe (planétaires).

#### 4.2 ARBRES



Arbre secondaire de la B.V. C510



Arbre de marche AR

**CONSTITUTION :** l'arbre primaire est constitué des pignons de première et de seconde, ainsi que de la marche AR, tirés de la pièce, c'est-à-dire tirés de l'arbre au moyen de travaux mécaniques, alors que les pignons des autres vitesses (3<sup>e</sup>, 4<sup>e</sup>, 5<sup>e</sup>) sont montés sur des roulements avec leurs synchroniseurs correspondants. Bien sûr, pour l'arbre secondaire, les pignons de 1<sup>e</sup> et de 2<sup>e</sup> sont montés sur des roulements à rouleaux avec leurs synchroniseurs correspondants, alors que les autres sont calés sur l'arbre à l'aide d'accouplements cannelés. De cette façon, pour chaque accouplement denté, un pignon tourne libre sur l'arbre correspondant en permettant, d'une part, que les roues soient toujours en prise, et d'autre part, qu'elles puissent tourner librement lorsque la **B.V.** est au point mort.

**SOLLICITATIONS :** les arbres de la **B.V.** mécanique sont soumis à un moment de torsion, dû au couple transmis, et à un moment de flexion, dû aux réactions que s'échangent les pignons lors du fonctionnement.

### 4.3. SUPPORTS

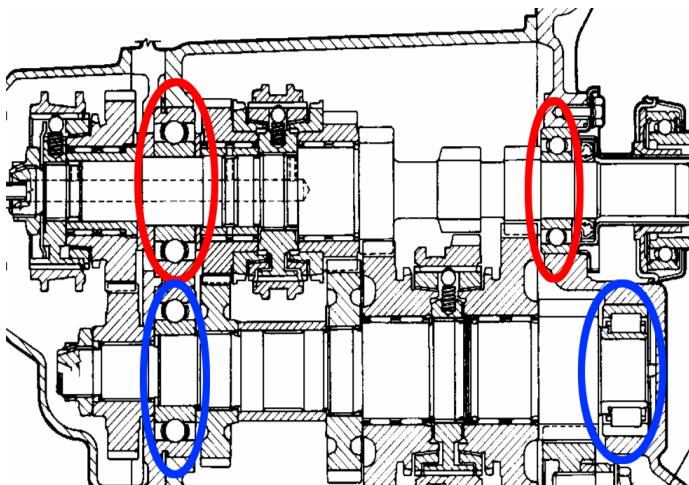
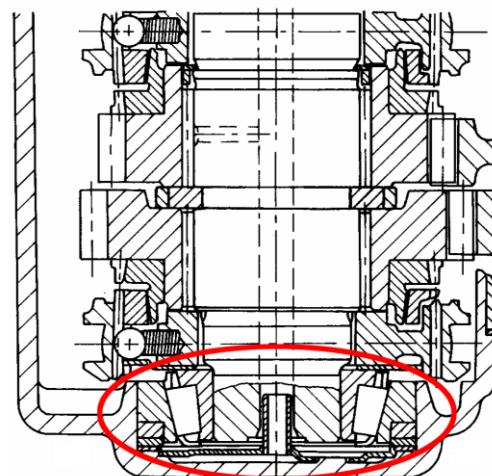


Schéma des supports de B.V. C510



Détail d'un roulement à rouleaux coniques pour B.V. C530



**FONCTION** : la fonction des roulements est de supporter les arbres sur lesquels ils sont calés, en déchargeant les forces et les moments (exceptées les forces de flexion), auxquels il sont soumis dans le boîtier de la **B.V.** En même temps, les roulements permettant la rotation relative de l'arbre par rapport à la caisse avec une adhérence réduite. On utilise, pour cette raison, des roulements roulants (à billes ou à rouleaux), qui permettent de satisfaire les requis exposés, en garantissant un faible frottement de roulement et un fonctionnement silencieux.

#### 4.3.1. TYPE DE ROULEMENTS

IMAGE	TYPE	APPLICATION
	ROULEMENTS RADIAUX A BILLES	
	ROULEMENTS RADIAUX ROULEAUX	A
	ROULEMENTS AXIAUX A BILLES	
	ROULEMENTS AXIAUX A ROULEAUX	
	ROULEMENTS RADIAUX - AXIAUX A ROULEAUX A VOUTE	
	ROULEMENTS ORIENTABLES ROULEAUX CONIQUES	A

Les principaux types de supports utilisés dans les B.V. des véhicules du Groupe Fiat, sont les suivants :

- **ROULEMENTS A BILLES** : dans les B.V. moins chargées (voir à ce sujet la B.V. C510), on utilise des roulements radiaux à billes qui, bien que conçus pour supporter des charges dans le sens radial, peuvent également supporter des efforts limités dans le sens axial, en garantissant en même temps, un fonctionnement silencieux. Dans ce type de roulements, il n'est pas nécessaire d'effectuer certaines opérations de réglage de précharge, comme cela se fait pour d'autres types de roulements, ce qui simplifie leur montage.
- **ROULEMENTS A ROULEAUX CONIQUES** : ce type de rouleaux mérite d'être utilisé lorsque les efforts qu'ils doivent supporter, dans le sens radial et axial, sont importants (voir le détail de la B.V. C530). Ils sont habituellement montés au couple avec règle en opposition. Ils nécessitent un réglage du jeu ou une précharge de fonctionnement. D'autre part, ce type de roulement offre un guidage plus précis à l'arbre et assure donc un fonctionnement silencieux.

**NOTE :**

- Les roulements obliques à rouleaux coniques, pour des besoins qui exigent de la rigidité, comme dans les pignons coniques ou dans les mandrins de machines outils, sont montés avec une certaine précharge.
- Normalement, dans les B.V. mécaniques, l'arbre primaire, bien qu'étant monté sur des roulements coniques, n'est pas préchargé, alors que le secondaire est monté avec une certaine précharge. Cette condition est nécessaire pour éviter des durcissements dans l'enclenchement des vitesses. En pratique, on facilite l'alignement des deux arbres en phase d'enclenchement.
- L'ordre de grandeur de la précharge des roulements coniques est de  $0,08 \div 0,12$  mm

#### 4.4. SYNCHRONISEURS

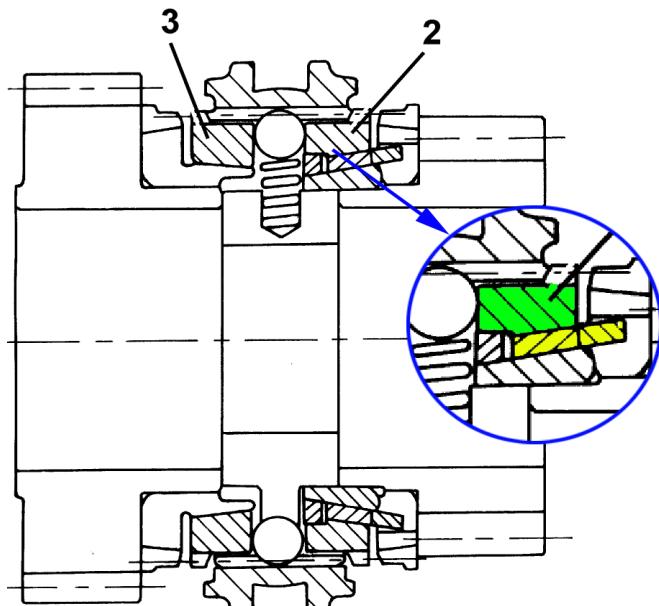


**CONSTITUTION :** le synchroniseur est essentiellement constitué d'un manchon mis en mouvement sur commande du conducteur par les tringleries de B.V., du vrai synchronisateur qui n'est rien d'autre, en réalité, qu'un embrayage conique, du tampon de présynchronisation et du moyeu qui est solidaire de l'arbre sur lequel est monté le pignon fou.

**FONCTIONNEMENT :** le but du synchroniseur est de faciliter le changement de vitesse, en favorisant l'alignement des vitesses de rotation des engrenages avec des clabots frontaux. L'action du synchroniseur rend solidaire le pignon de la vitesse sélectionnée, avec l'arbre sur lequel ce dernier est calé, en exploitant l'action conjuguée d'un embrayage conique et d'un clabot frontal. Dans une B.V. mécanique, la manœuvre de changement de vitesse se traduit par la libération du pignon de la vitesse précédemment sélectionnée, et en rendant solidaire de l'arbre primaire ou secondaire, le pignon de la nouvelle vitesse choisie qui tournait avant, libre. Lors de la manœuvre d'enclenchement de la nouvelle vitesse, il est donc nécessaire que la vitesse de rotation du pignon et de l'arbre soient rendues égales, avant que ces deux éléments soient rendus solidaires en torsion, grâce à l'action du clabot (frontal ou radial). Le synchroniseur permet d'effectuer cette opération, car avant l'intervention du clabot, se produit l'action d'un embrayage conique (le vrai synchroniseur) qui aligne les deux vitesses de rotation. En fait, le déplacement du manchon provoque d'abord l'engrenage de la denture intérieure du manchon avec celle extérieure de l'embrayage. De cette façon, c'est le manchon qui entraîne le pignon à la même vitesse que l'arbre. Une fois que les deux vitesses ont alignées, il est possible de poursuivre avec l'engrenage suivant de la même denture intérieure du manchon avec la denture extérieure solidaire du pignon, en réalisant un accouplement stable entre pignon et arbre.

#### 4.4.1. TYPES DE SYNCHRONISEURS

SYNCHRONISEUR A CONE SIMPLE et DOUBLE CONE

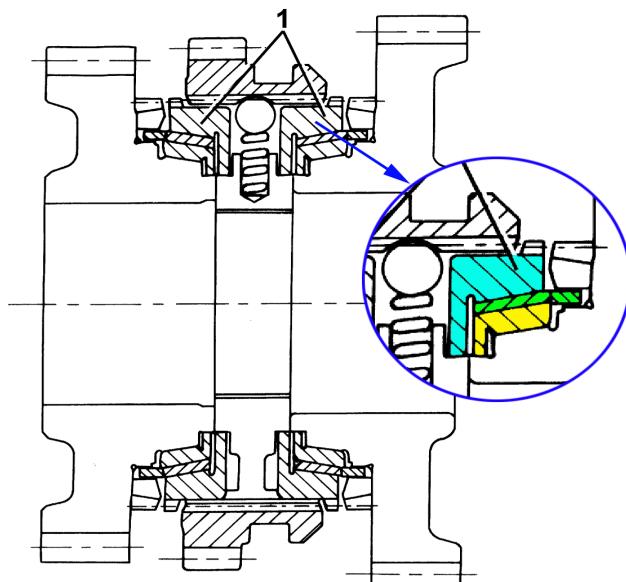


Les synchroniseurs à cône simple sont constitués d'un embrayage conique unique.

Les synchroniseurs à double cône sont constitués d'un groupe de deux embrayages coniques (ici la légende), dont le but est de répartir la charge due à la synchronisation des vitesses du pignon et de l'arbre sur les deux surfaces de frottement, plutôt que sur une seule. De cette manière, même la manœuvre d'enclenchement de la vitesse s'avère plus facile.

3. synchroniseur à simple cône
2. synchroniseur à double cône

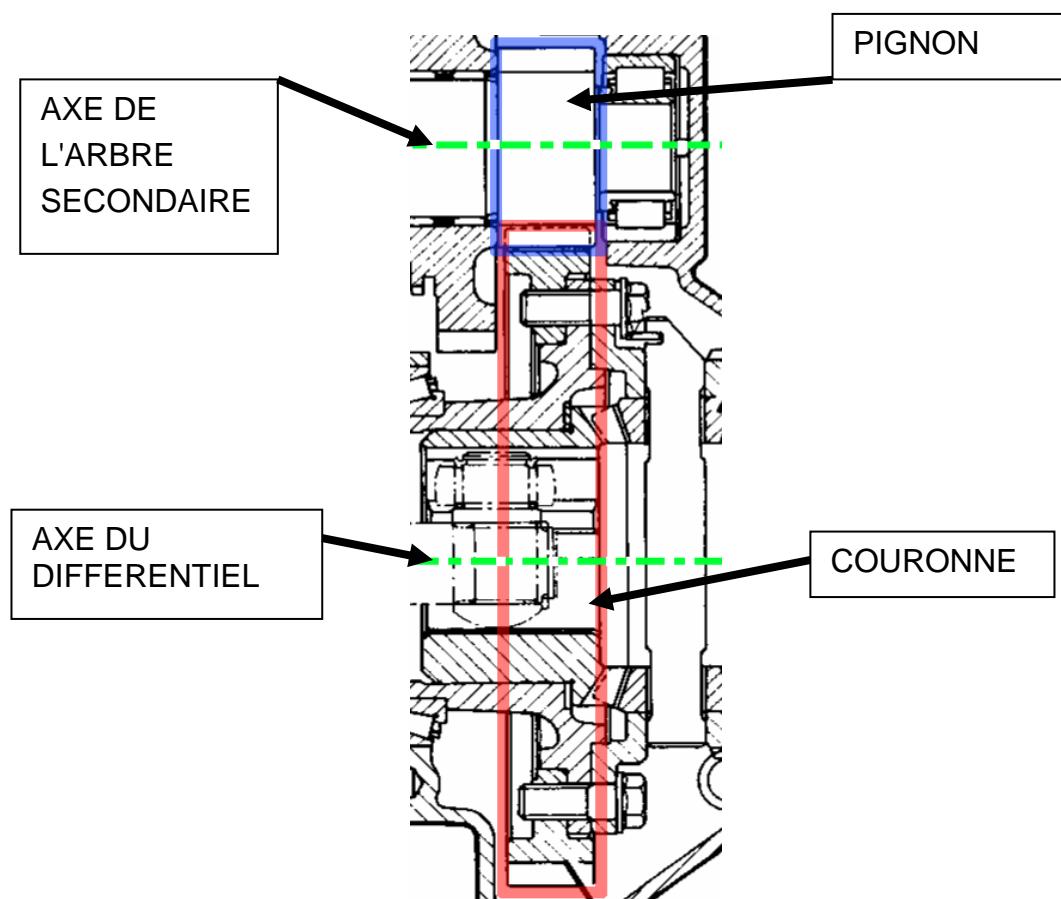
SYNCHRONISEUR TRIPLE CONE



Ces synchroniseurs sont constitués d'un groupe de trois embrayages coniques (ici la légende "à triple cône"), dont le but est de répartir la charge due à la synchronisation des vitesses du pignon et de l'arbre sur les trois surfaces de frottement, plutôt que sur une seule. De cette manière, même la manœuvre d'enclenchement de la vitesse s'avère facile.

1. synchroniseur à triple cône

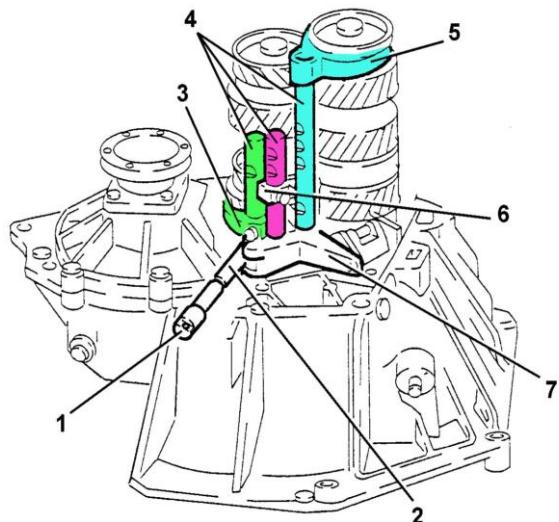
#### 4.5. RENVOI FIXE



**FONCTION** : il renvoi fixe opère une autre réduction de la vitesse de rotation transmise, afin de rendre compatible la vitesse de rotation du moteur avec celle des roues. En d'autres termes, le renvoi fixe peut être défini comme un second niveau de réduction de la vitesse en sortie de B.V. mécanique. L'adoption de cette solution permet d'obtenir un rapport de transmission total avec un seul niveau (et la possibilité de calculer pour chacun, le meilleur rapport de transmission). Cela est valable si l'on pense que réaliser un rapport de réduction très élevé (comme par exemple, la 1ère), en un seul niveau entraîne des problèmes d'encombrements et de durée de vie du pignon. Il est donc préférable d'ajouter une autre accouplement à engrenages, qui opère une translation constante du rapport de transmission obtenu par la B.V. mécanique.

**CONSTITUTION** : le renvoi fixe est essentiellement constitué d'un pignon solidaire de l'arbre secondaire de la B.V., et d'une couronne dentée qui est, au contraire, solidaire du boîtier de différentiel. Habituellement, on utilise un pignon à dents droites.

#### 4.6. SYSTEME D'ENCLENCHEMENT ET DE SELECTION DES VITESSES



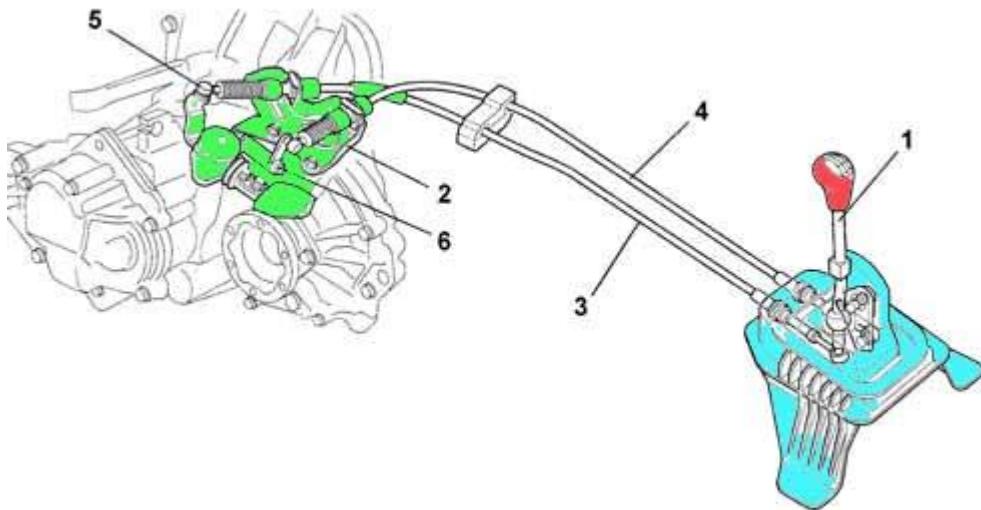
1. commande oscillante
2. coulisseau sélecteur
3. fourchette de sélection / enclenchement 1ère et 2ème
4. tiges coulissantes



5. fourchette de sélection / enclenchement 5ème
6. fourchette de sélection / enclenchement 3ème et 4ème
7. fourchette de sélection / enclenchement marche AR

**CONSTITUTION :** le système de sélection et d'enclenchement des vitesses, logé à l'intérieur du carter de B.V., est constitué d'une commande oscillante (actionnée à son tour par le conducteur par l'intermédiaire du levier dans l'habitacle), relié au coulisseau sélecteur qui actionne, à son tour, les tiges coulissantes sur lesquelles sont fixées les fourchettes de commande des manchons de synchronisation. On trouve également des dispositifs de sécurité dont la fonction est d'éviter l'enclenchement involontaire de la marche AR.

**FONCTIONNEMENT :** l'action du conducteur sur le levier de sélection des vitesses se transmet à la commande oscillante qui actionne le coulisseau sélecteur. En fonction de la vitesse sélectionnée, le coulisseau sélecteur déplace la tige de la vitesse sélectionnée qui commande la fourchette du synchroniseur. Chaque synchroniseur est affecté à l'enclenchement de deux vitesses, pour lesquelles les tiges disposent également des mêmes caractéristiques. En fait, il existe une tige pour la sélection de la première et de la seconde vitesse, une pour la sélection de la troisième et de la quatrième, une pour la sélection de la cinquième. Le coulisseau sélecteur réalise donc les phases de sélection et d'enclenchement des vitesses : la présence de fin de course empêche que, une fois atteinte la bonne position d'enclenchement, les tiges ne puissent être poussées au-delà. De plus, le coulisseau sélecteur est maintenu en position d'enclenchement grâce à l'action de billes chargées par des ressorts qui agissent à partir d'empreintes aménagées sur les tiges. Une autre empreinte sert à maintenir le coulisseau en position libre.

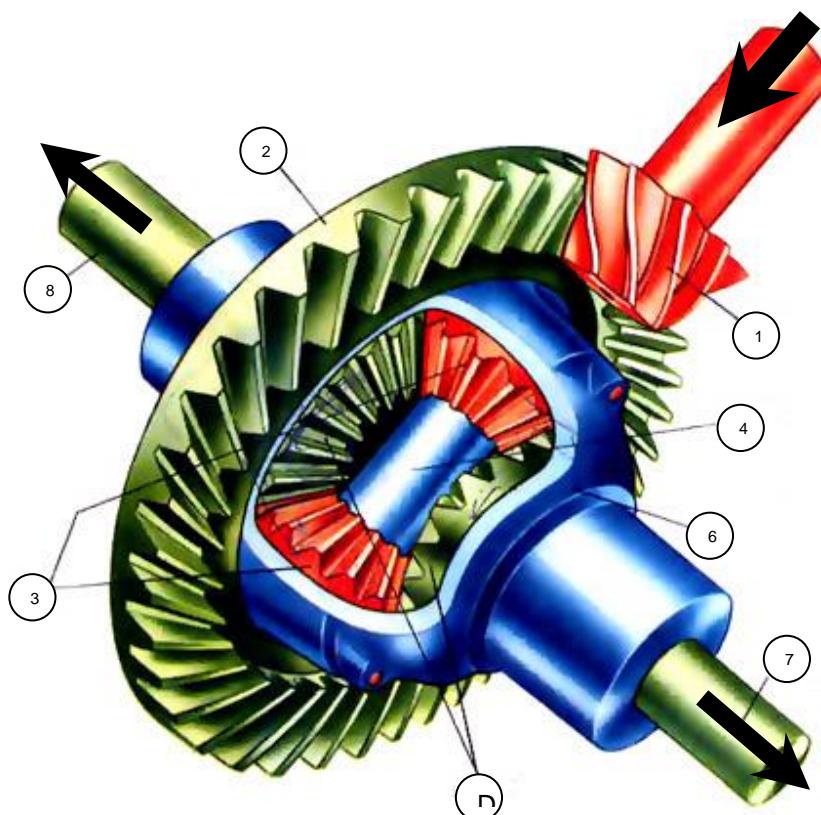
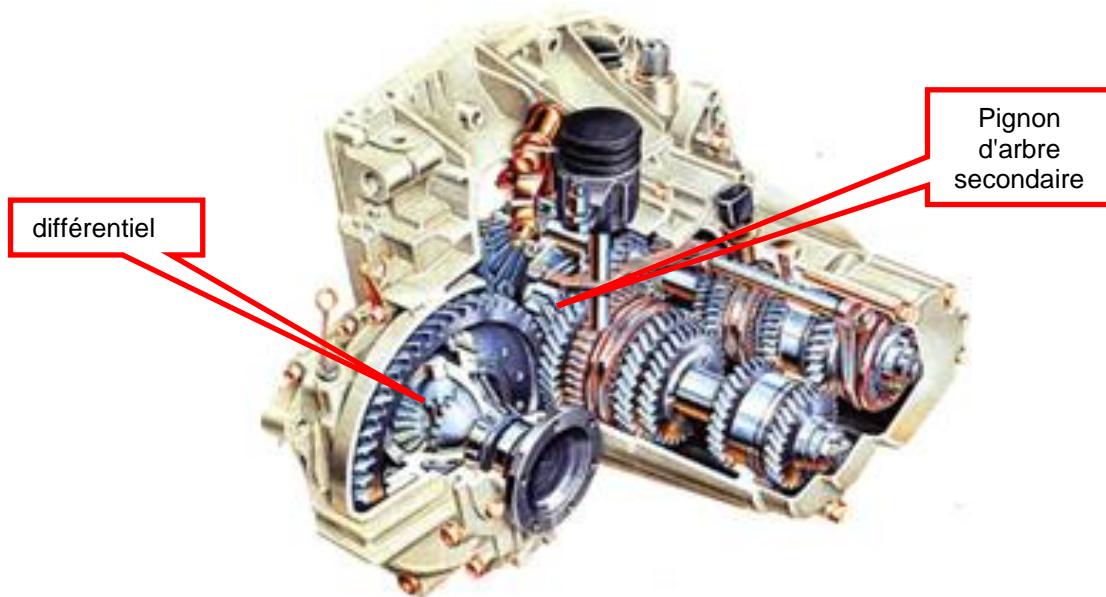
**4.7. COMMANDES EXTERIEURES A LA B.V.**

**CARACTERISTIQUES** : la commande extérieure de la **B.V.** mécanique est obtenue à l'aide d'un système à double flexible qui transmet l'action sur le levier de la **B.V.** au système d'enclenchement et de sélection se trouvant à l'intérieur du carter de **B.V.** La répartition des masses d'inertie vers la **B.V.** permet d'effectuer des changements précis et d'améliorer le confort de fonctionnement.

**MATERIAUX** : ce système est réalisé à partir de matières plastiques dotées de caractéristiques mécaniques élevées, telles que résistance à la fatigue, pouvoir auto-lubrifiant et poids réduit.

#### 4.8. DIFFERENTIEL

**PREALABLE :** Dans la chaîne cinématique d'une voiture à traction avant, le différentiel fait partie intégrante de la B.V., et s'engrène directement avec le pignon de l'arbre secondaire.



1. pignon conique
2. couronne conique
3. satellites
4. axe porte-satellites
5. planétaires
6. carter
7. demi-essieu D
8. demi-essieu G

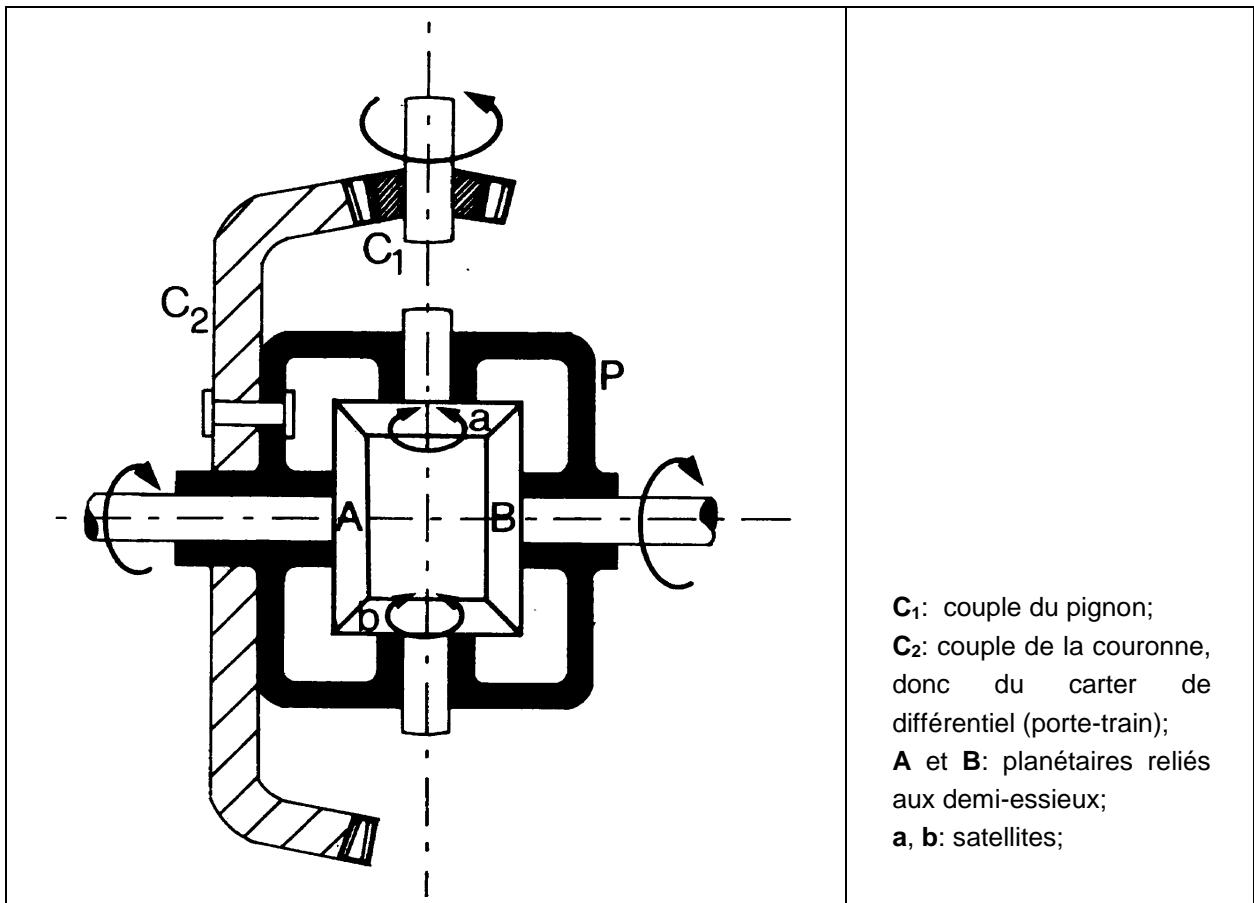
Il s'agit d'un dispositif mécanique directement engrréé avec l'arbre de sortie du mouvement de B.V. (arbre secondaire), et qui permet d'assumer deux fonctions fondamentales pour la marche du véhicule :

- répartir équitablement le couple moteur provenant de la transmission par l'intermédiaire d'une prise de mouvement, entre les deux arbres en sortie du différentiel, lesquels peuvent être ou bien les deux demi-essieux solidaires des roues, ou bien les essieux pour la transmission du mouvement vers l'avant/l'arrière, dans le cas où le différentiel est en position centrale (application typique des tractions intégrales);
- permettre aux roues d'un même essieu, ou bien aux roues de deux essieux, d'assumer un régime de rotation différent.

Ce dernier aspect est particulièrement important : en virage, en fait, les roues d'une même essieu sont obligées de parcourir des trajectoires différentes. Et plus particulièrement, celle parcourue par la roue extérieure a un rayon plus grand que celle à l'intérieur.

**CONSTITUTION** : le différentiel est constitué de deux demi-carters qui forment le carter intérieur du différentiel, rendu solidaire de la couronne du renvoi fixe au moyen de vis et de boulons. Les deux demi-carters renferment, en correspondance de la surface de jonction correspondante, un axe sur lequel sont montés libres deux pignons coniques à denture droite, appelés satellites. Les satellites sont en prise directe avec deux pignons à denture droite, appelés planétaires. Ceux-ci tournent libres dans des logements spécifiques du carter intérieur du différentiel et présentent, à l'intérieur, un profil cannelé sur lequel s'insèrent les deux joints avec flasque raccordés aux deux demi-arbres qui transmettent le mouvement aux roues. Le différentiel est supporté par deux roulements à rouleaux coniques montés en X, pour lesquels il est nécessaire de régler une précharge en révision. Sur l'extérieur du carter différentiel, est calé un pignon de commande pour le renvoi du compteur-kilométrique.

#### 4.8.1. CARACTERISTIQUES DU DIFFERENTIEL



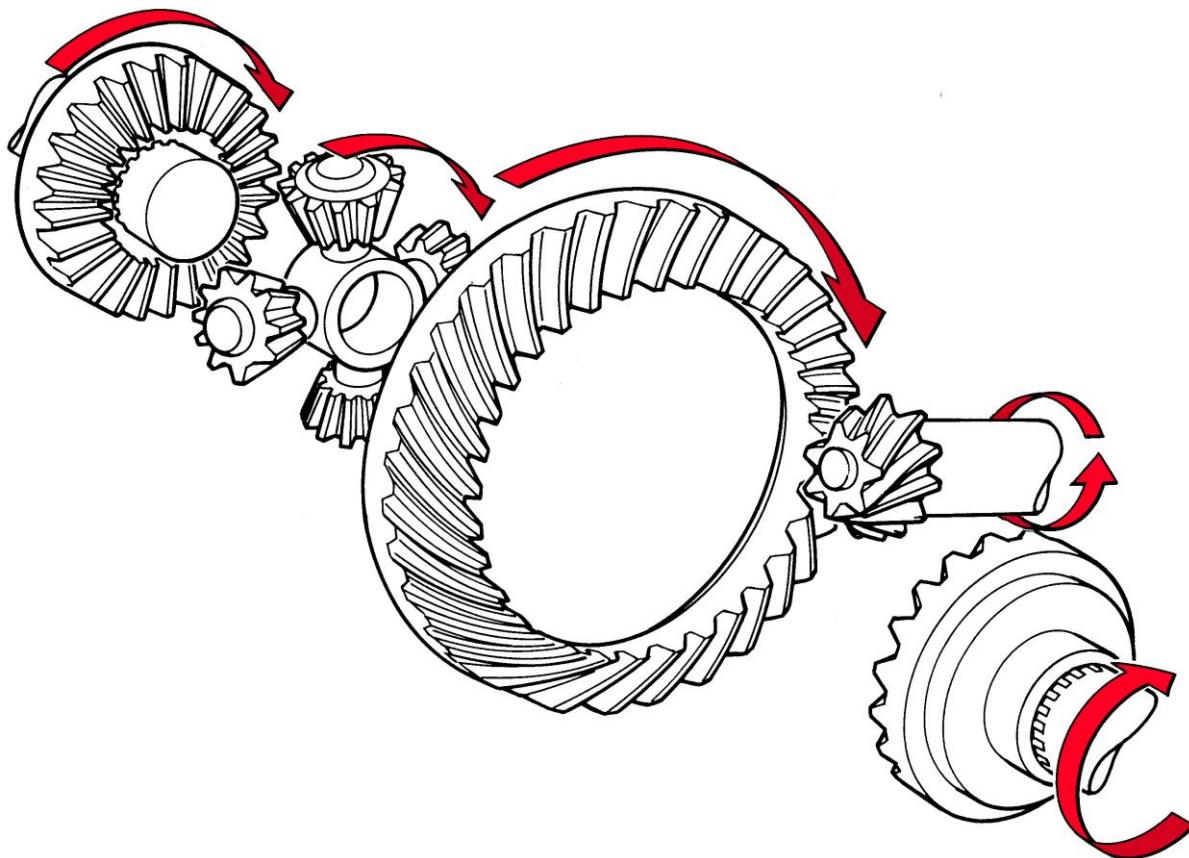
$$\omega = (\omega_A + \omega_B) / 2 ;$$

La vitesse du carter de différentiel est la moyenne de celle des demi-essieux.

$$C_A = C_B = C_P / 2 ;$$

Dans chacune de conditions, le différentiel répartit équitablement le couple en entrée C<sub>P</sub> entre les deux couple en sortie C<sub>A</sub> et C<sub>B</sub>.

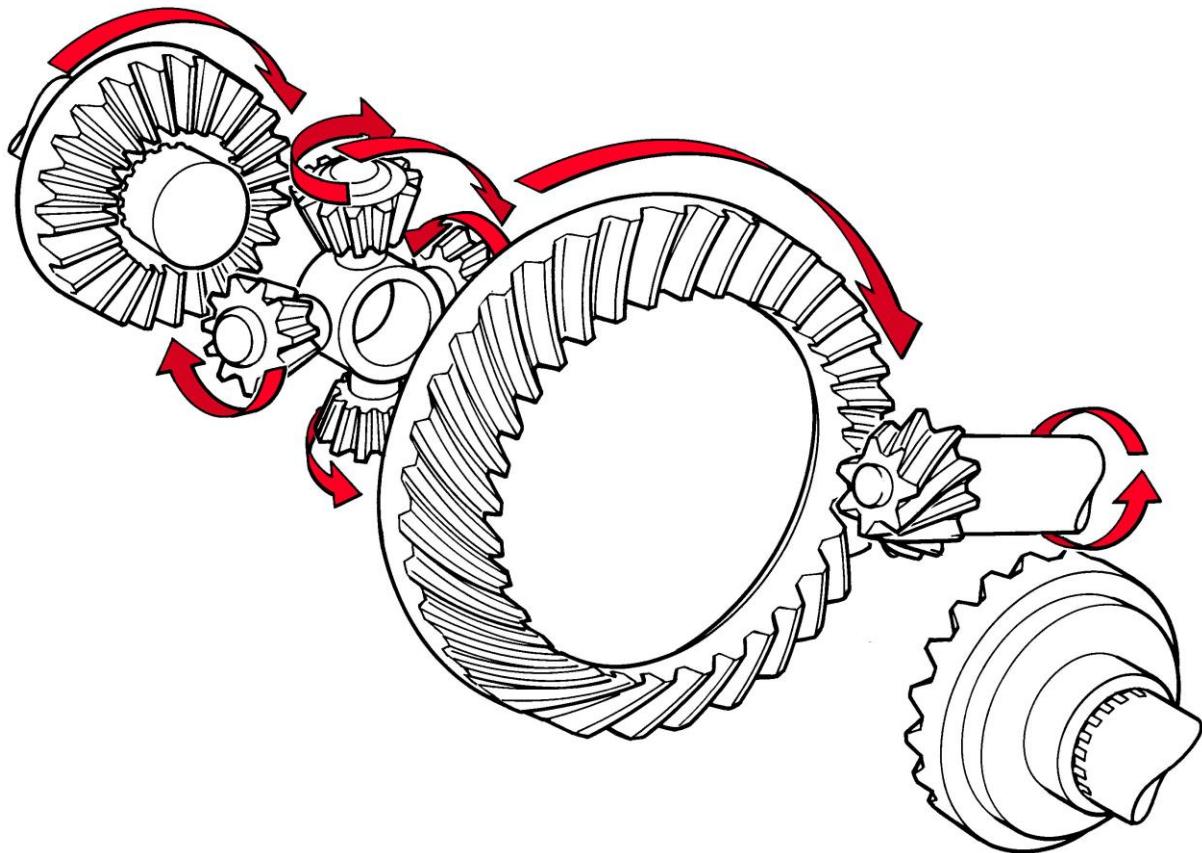
## FONCTIONNEMENT SUR PARCOURS RECTILIGNE



**CONDITIONS** : sur un trajet rectiligne et sur chaussée régulière, en supposant égaux les rayons de braquage des deux roues, les vitesses de rotation des deux demi-essieux sont égales. D'autre part, le couple fourni aux roues motrices doit être uniformément réparti entre les deux demi-arbres.

**RENOVI FIXE** : la couronne de renvoi fixe transmet le mouvement au carter de différentiel et donc à l'arbre porte-satellites avec lequel le carter est solidaire.

**SATELLITES** : les satellites mettent, à leur tour, les planétaires en mouvement de révolution autour de leur axe, mais ne tournent pas sur eux-mêmes car les vitesses de rotation des roues sont égales. Le couple est uniformément réparti entre les deux demi-arbres. Lors de cette phase, le différentiel reste inactif, en se comportant comme un simple couple conique.

**FONCTIONNEMENT EN VIRAGE**

**CONDITIONS** : le différentiel entre en jeu lorsque le véhicule amorce un virage, ou bien à chaque fois que la vitesse de rotation des deux roues sont différentes. Dans ces situations, le différentiel doit permettre aux deux roues d'assumer des vitesses différentes et, dans le même temps, doit garantir une répartition équivalente du couple pour que la poussée motrice reste toujours dirigée vers le milieu du véhicule.

**RENOVI FIXE** : l'action du renvoi fixe reste, dans ces situations, inaltérée.

**SATELLITES** : les satellites sont animés d'un mouvement de révolution à l'intérieur des axes des planétaires mais, à cause de la différence de vitesse angulaire des demi-arbres (et donc des planétaires), ils sont animés d'un mouvement de rotation autour de leur propre axe, qui compense précisément la différence de vitesse et évite le glissement des roues (entraînant la dégradation des caractéristiques des pneumatiques). Malgré tout, les satellites continuent à transmettre le couple moteur aux deux demi-arbres et donc, à permettre au véhicule de continuer à avancer. Les couples transmis aux deux demi-arbres continuent à être équitablement répartis et ceci évite le rique d'embardée en virage.

## 5. PARTICULARITE DES B.V MECANIQUES A TROIS ARBRES

### 5.1. B.V. GETRAG

La configuration B.V. est du type transversal à trois arbres, avec différentiel interne. Tous les engrenages sont dotés de dentures HRC avec une finition spéciale après traitement thermique;

Les boîtes de vitesses et d'embrayage ont été optimisées par calcul (FEM/FINITE ELEMENT METHOD), afin de réduire au minimum le poids tout en maintenant la même résistance.

Toutes les vitesses sont synchronisées, y compris la marche arrière. Les bagues de synchro sont en laiton de type Borg Warner.

Les engrenages de 1ère et 2e vitesse, y compris les bagues de synchro, sont montés sur un arbre de renvoi, entre arbre primaire et arbre secondaire.

Pour la 3e et 4e vitesse, le groupe d'engrenages de synchro est situé sur l'arbre primaire, pour la 5e et la marche AR sur l'arbre secondaire.

Sur la 1ère et la 2e, les vitesses les plus utilisées, les bagues de synchro sont en double cône et assurent un effort d'enclenchement réduit par rapport à un synchro traditionnel ou à bague unique.

Le système de commande interne des vitesses est réalisé sur trois plans de sélection avec positionneur des vitesses central et doté de roulement.

La commande d'embrayage est hydraulique. Elle est équipée du système C S C coaxial sur l'arbre primaire, à l'intérieur de la B.V.

La lubrification des trains d'engrenages et des organes assurant le mouvement à l'intérieur de la B.V. s'effectue de manière dynamique par la canalisation de flux d'huile qui emprunte les passages sur les carters et les orifices sur les arbres, en plus des canalisations en plastique supplémentaires. Ceci permet un meilleur rendement dans la transmission de couple et une meilleure résistance à l'usure. Ce système comprend aussi un dispositif de rattrapage de l'usure du disque d'embrayage qui permet de maintenir une charge constante sur la pédale d'embrayage pendant toute la durée de vie du véhicule.

**Les avantages du système en question sont les suivants :**

- la réduction du bruit,
- la réduction de l'effort d'embrayage,
- l'absence de vibrations et de secousses du levier.

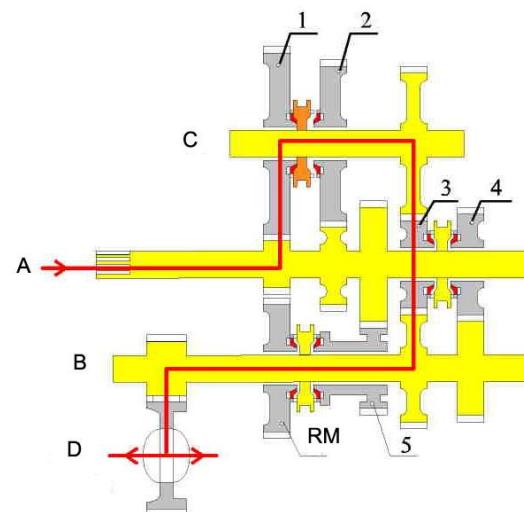
### 5.1.1. Transmission du mouvement aux différentes vitesses

#### Première vitesse

Le mouvement qui entre par l'arbre primaire, est transmis à l'arbre intermédiaire au moyen de l'enclenchement du synchro et de l'engrenage de la 1ère vitesse (calé sur l'arbre intermédiaire).

L'engrenage de la 3e vitesse (calé sur l'arbre primaire, et à ce moment "fou"), permet la transmission du mouvement de l'arbre intermédiaire au secondaire, et puis au différentiel, ce qui complète la chaîne cinématique de la première vitesse.

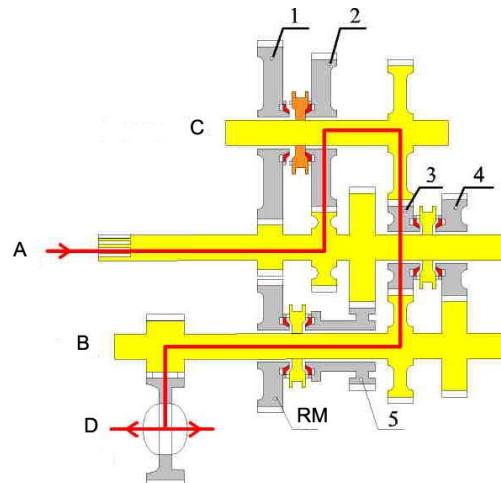
- A - entrée arbre primaire
- B - arbre secondaire
- C - arbre intermédiaire
- D - sortie différentiel



#### Deuxième vitesse

Le mouvement qui entre par l'arbre primaire, est transmis à l'arbre intermédiaire au moyen de l'enclenchement du synchro et de l'engrenage de la 2ème vitesse (calé sur l'arbre intermédiaire). L'engrenage de la 3e vitesse (calé sur l'arbre primaire, et à ce moment "fou"), permet la transmission du mouvement de l'arbre intermédiaire au secondaire, et puis au différentiel, ce qui complète la chaîne cinématique de la première vitesse.

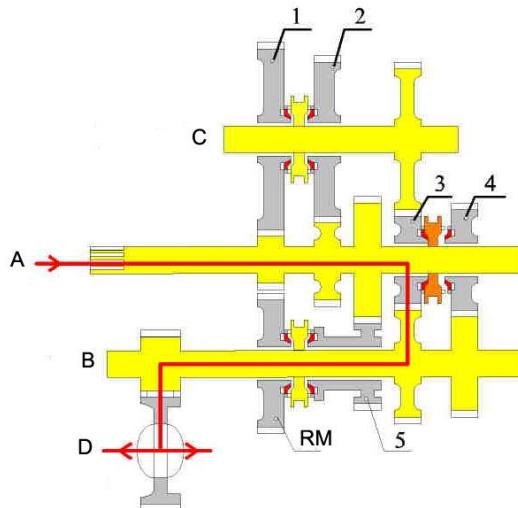
- A - entrée arbre primaire
- B - arbre secondaire
- C - arbre intermédiaire
- D - sortie différentiel



### Troisième vitesse

Le mouvement qui entre par l'arbre primaire est transmis directement à l'arbre secondaire et puis au différentiel, au moyen de l'enclenchement du synchro et de l'engrenage de la 3e vitesse (calé sur l'arbre primaire) ce qui complète la chaîne cinématique de la troisième vitesse.

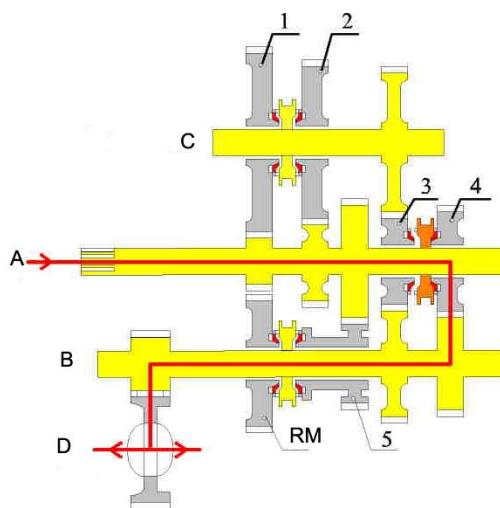
- A - entrée arbre primaire
- B - arbre secondaire
- C - arbre intermédiaire
- D - sortie différentiel



### Quatrième vitesse

Le mouvement qui entre par l'arbre primaire est transmis directement à l'arbre secondaire et puis au différentiel, au moyen de l'enclenchement du synchro et de l'engrenage de la 4e vitesse (calé sur l'arbre primaire) ce qui complète la chaîne cinématique de la quatrième vitesse.

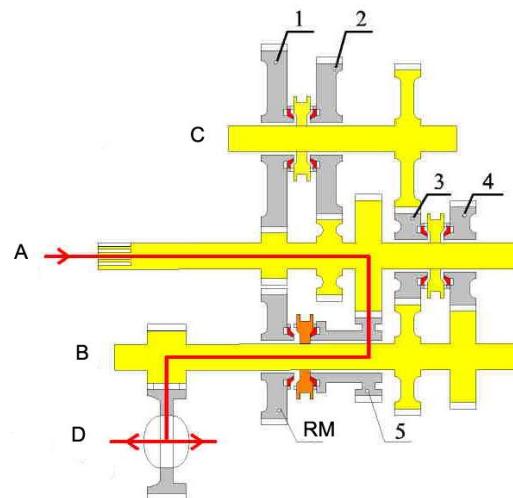
- A - entrée arbre primaire
- B - arbre secondaire
- C - arbre intermédiaire
- D - sortie différentiel



### Cinquième vitesse

Le mouvement qui entre par l'arbre primaire est transmis directement à l'arbre secondaire et puis au différentiel, au moyen de l'enclenchement du synchro et de l'engrenage de la 5e vitesse (calé sur l'arbre secondaire) ce qui complète la chaîne cinématique de la cinquième vitesse.

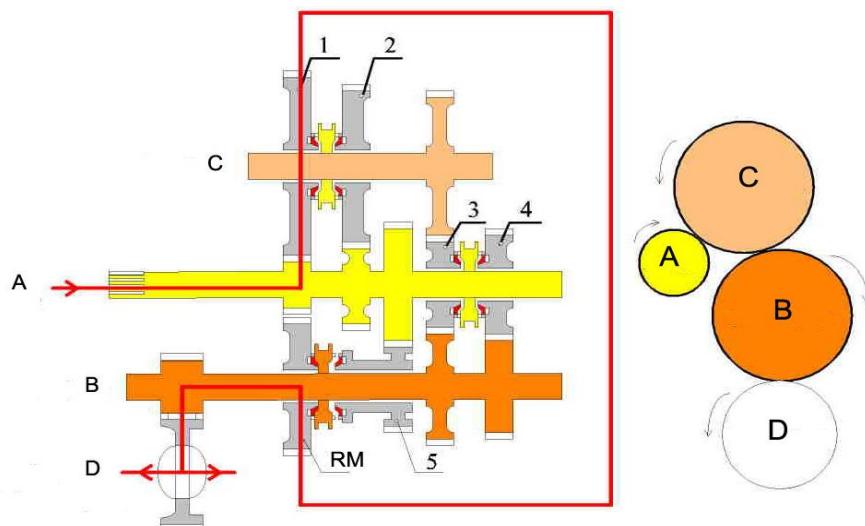
- A - entrée arbre primaire
- B - arbre secondaire
- C - arbre intermédiaire
- D - sortie différentiel



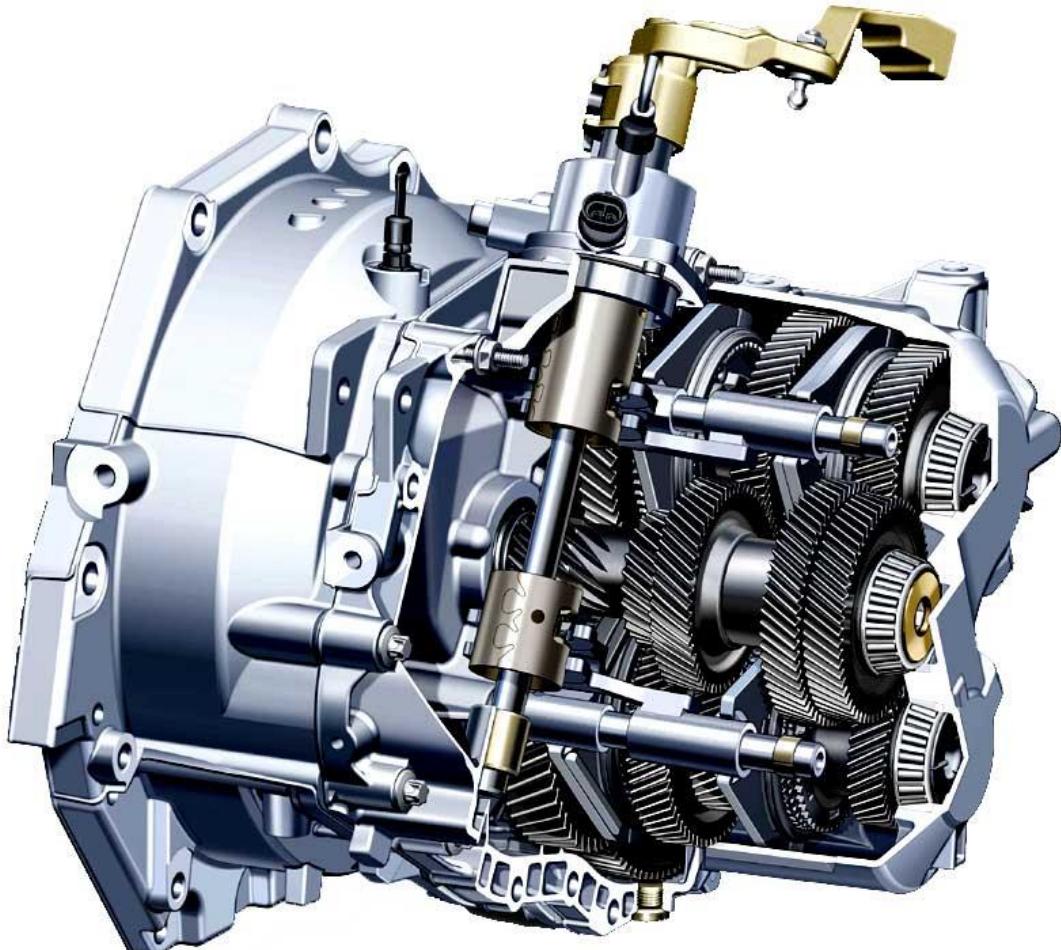
### Marche AR

Le mouvement qui entre par l'arbre primaire est transmis à l'arbre secondaire à travers la chaîne cinématique réalisée entre engrenage de la 1ère (assemblé sur l'arbre intermédiaire et à ce moment "fou") et celui de la marche AR (calé sur l'arbre secondaire) lors de l'enclenchement du synchro correspondant. Dans cette configuration, le mouvement est transmis au différentiel, en réalisant la chaîne cinématique relative à la cinquième vitesse.

- A - entrée arbre primaire
- B - arbre secondaire
- C - arbre intermédiaire
- D - sortie différentiel

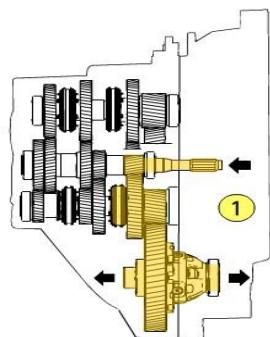


## 5.2. B.V. F40

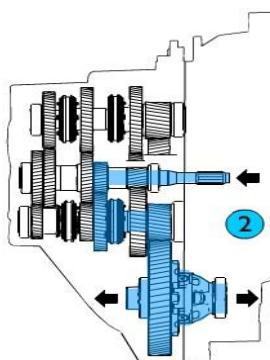


**CARACTERISTIQUES :** La **B.V. F40** est une **B.V.** à six rapports, utilisée pour optimiser l'accouplement avec le propulseur, en terme d'exploitation maximum de la puissance de couple moteur et, en même temps, d'adapter la série de rapports aux systèmes de transmissions intégraux, afin d'obtenir un comportement optimal du véhicule.

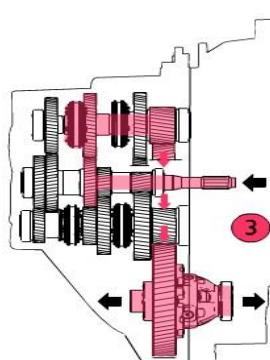
**Enclenchements des vitesses :**



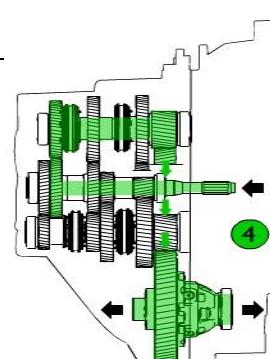
Enclenchement 1<sup>ère</sup> Vitesse  
Rapport : 3,917



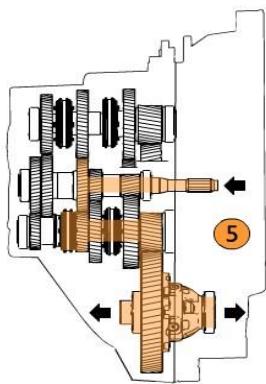
Enclenchement 2<sup>ème</sup> Vitesse  
Rapport : 2,040



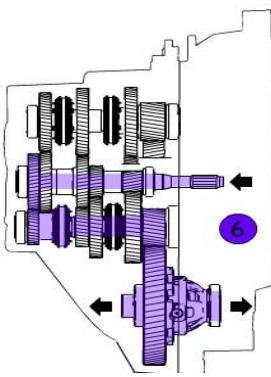
Enclenchement 3<sup>ème</sup> Vitesse  
Rapport : 1,365



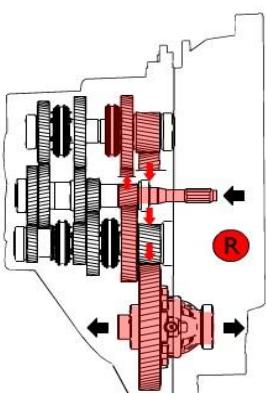
Enclenchement 4<sup>ème</sup> Vitesse  
Rapport : 1,048



Enclenchement 5<sup>ème</sup> Vitesse  
Rapport : 0,846



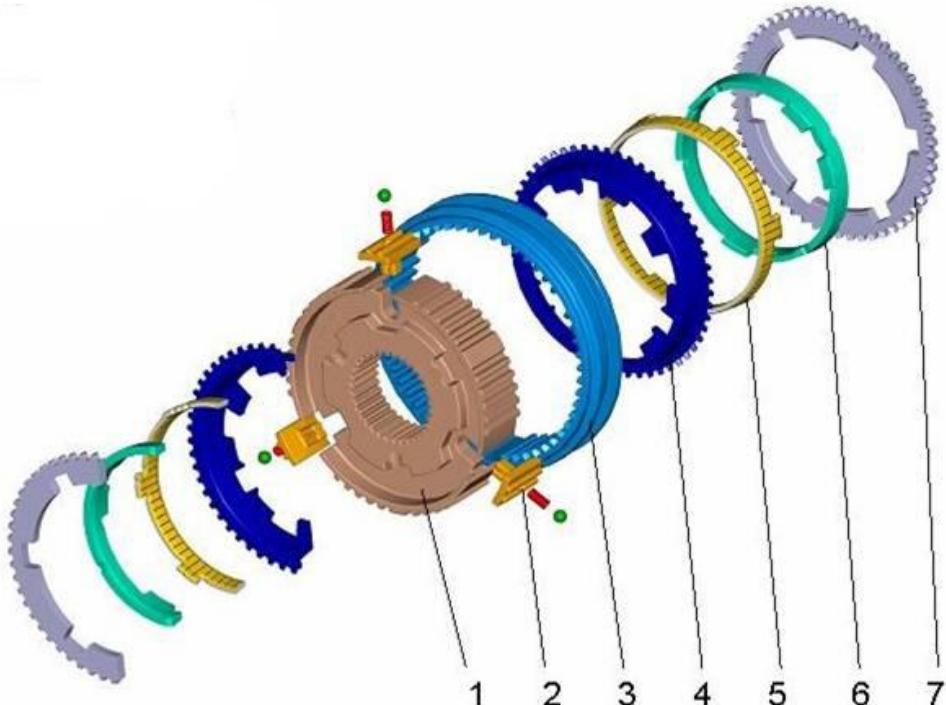
Enclenchement 6<sup>ème</sup> Vitesse  
Rapport : 0,740



Enclenchement de la marche AR  
Rapport : 3,749



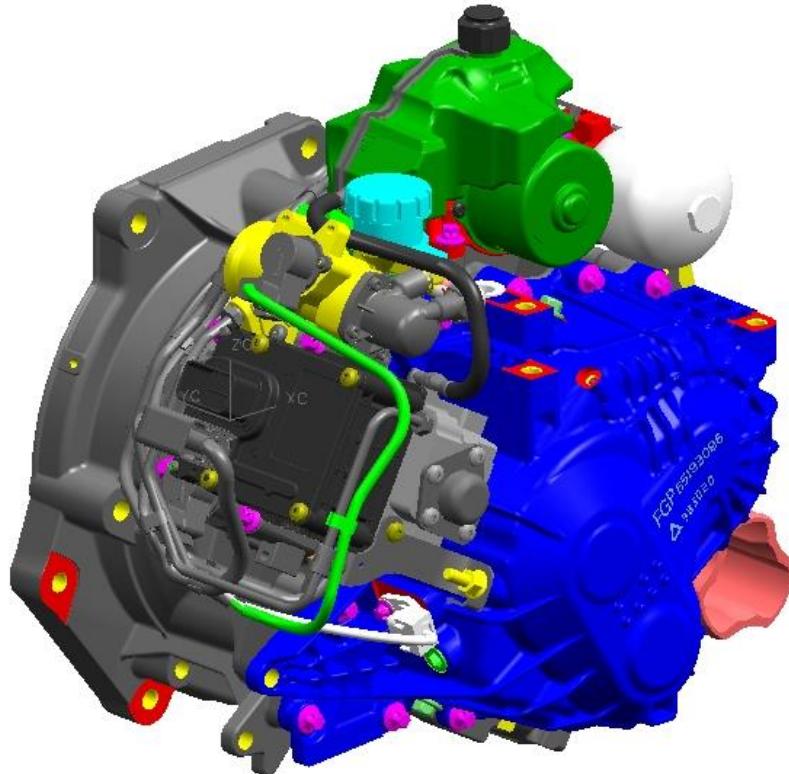
### 5.2.1. Synchroniseurs



1. Moyeu du manchon baladeur
2. Blocage du manchon
3. Manchon baladeur
4. Bague extérieure de synchro
5. Double cône
6. Bague intérieure de synchro
7. Patte

### 5.3. AUTRES TYPES DE B.V.

#### 5.3.1. BOITE DE VITESSES ROBOTISEE



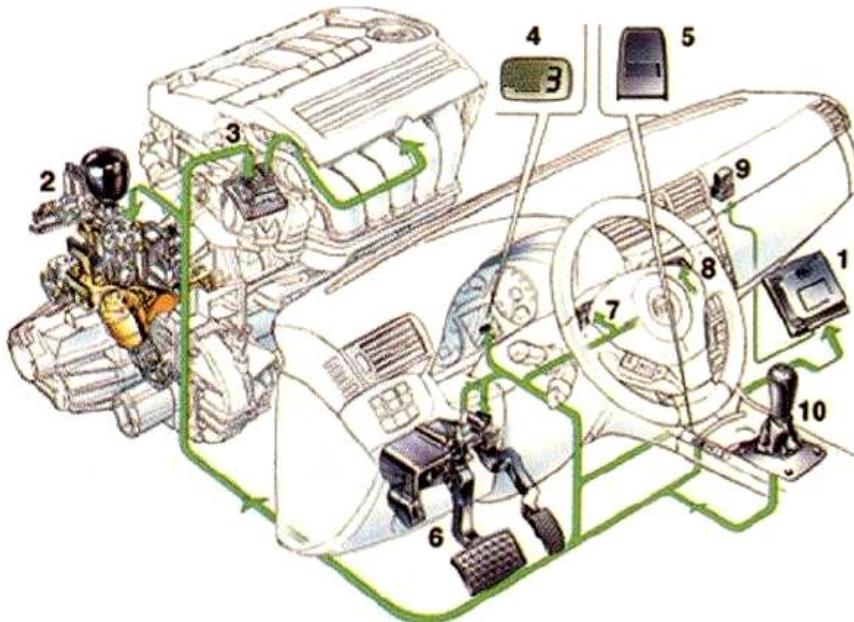
**CARACTERISTIQUES :** La conception du système de transmission Selespeed pour la Fiat Stilo, a pour objectif d'améliorer les performances des composants de la transmission mécanique manuelle. Il évite, au conducteur, l'obligation de contrôler la pédale d'embrayage et le levier de sélection de la **B.V.**, en lui laissant le plaisir de la conduite qui découle du contrôle direct de la transmission. Améliore la sécurité de la conduite, grâce au contrôle direct qui empêche les erreurs du conducteur et le mauvais contrôle du système de transmission. Offre au conducteur une interface véhicule plus sophistiquée.

Le système de compose principalement d'une transmission mécanique, avec embrayage monodisque à sec et d'une **B.V.** mécanique C530, actionnés par un asservissement hydraulique. Il n'y a aucune modification de l'embrayage, ni de la **B.V.**, pour l'installation des actionneurs hydrauliques destinés à commander la course de l'embrayage et les enclenchements et sélections des vitesses. Une centrale électronique gère une logique de fonctionnement complexe, qui permet l'utilisation de la **B.V.** :

- **en condition "semi-automatique"**, dans lequel le conducteur gère l'enclenchement des vitesses par l'intermédiaire d'un levier placé sur la console, via deux boutons sur le volant;
- **en mode automatique**, appelé "**Auto**", dans lequel la décision de changer les vitesses, est déléguée au système électronique.

Lé pédale d'embrayage a été éliminée, le traditionnel levier en "H" des transmisions mécaniques a été remplacé par un levier "Joystick" spécifique et par deux boutons "UP-DOWN", situés sur le volant.

## ARCHITECTURE DU SYSTEME



1. Centrale (TCU)
2. Groupe électrohydraulique avec pompe
3. Centrale de contrôle du moteur (Bosch ME 3.1)
4. Ecran de sélection des vitesses
5. Bouton mode "Auto"
6. Interrupteur sur la pédale de frein
7. Bouton de descente des vitesses (Down)
8. Bouton de montée des vitesses (Up)
9. Avertisseur sonore : "buzzer"
10. Levier de sélection des vitesses

**SYSTEME D'ASSERVISSEMENT** : il est essentiellement constitué d'un groupe électrohydraulique (2), monté directement sur le carter de B.V., et qui gère, par l'intermédiaire d'un seul actionneur, le mouvement de sélection et d'enclenchement des vitesses.

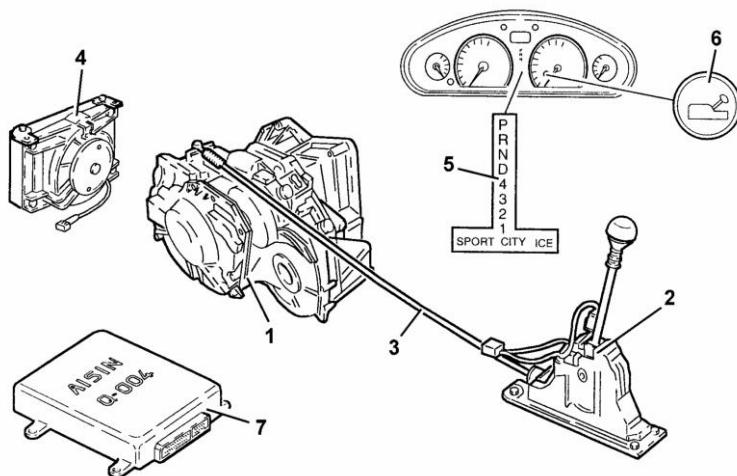
L'actionneur est commandé par un groupe d'électrovalves alimentées par une électropompe et un accumulateur, qui fournissent la puissance hydraulique demandée.

Une centrale électronique (1) décrypte les instructions transmises par le conducteur au moyen du levier (9), ou des boutons (6) et (7), et gère de manière autonome le changement de vitesse en contrôlant directement l'embrayage, la B.V. et le couple moteur. Lors du changement de vitesse, le contrôle du moteur est asservi au contrôle de la boîte.

**INTERFACAGE MOTEUR B.V.** : améliore notablement les performances du système et libère le conducteur de tous les besoins de synchronisation des mouvements embrayage-accélérateur lors du changement de vitesse, qui peut être effectué avec l'accélérateur toujours appuyé. Le système se charge, également, de neutraliser toute demande de changement de vitesse erronée, et éviter des coupures indésirées du moteur.

En terme d'assistance à la conduite, le système assure la disponibilité immédiate de la première vitesse lorsque le véhicule s'arrête et rétrograde automatiquement en cas de forte décélération.

### 5.3.2. B.V. AUTOMATIQUES



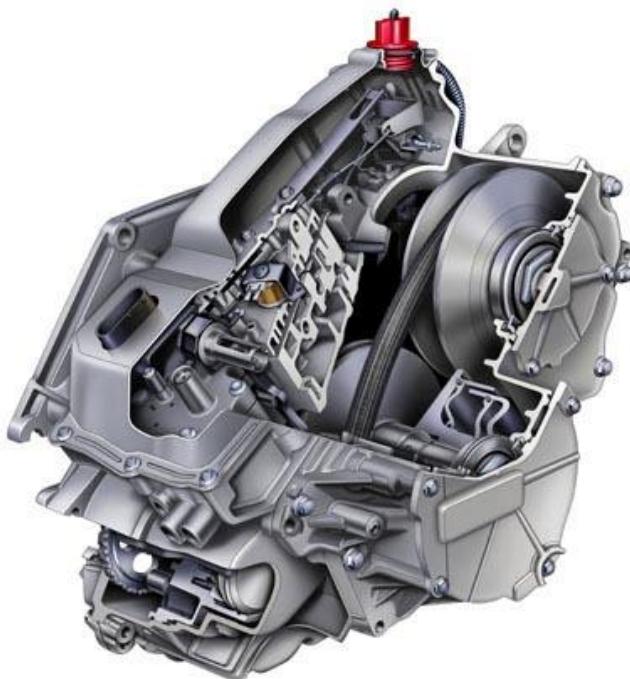
- boîte de vitesses automatique
- levier de sélection des vitesses
- flexible de commande des vitesses
- radiateur de refroidissement du circuit hydraulique
- indicateur de position de vitesse
- témoin de température d'huile / anomalie du circuit
- centrale électronique

**TRASMISSIONS MANUELLES** : la transmission du mouvement aux roues demande la présence de quatre organes distincts : l'embrayage, la **B.V.**, le renvoi fixe et le différentiel. Les deux premiers demandent chacun, dans une transmission ordinaire (ni automatique, ni semi-automatique), un système de commande via un levier à la disposition du conducteur : la pédale d'embrayage et le levier de la **B.V.**. Ces deux leviers s'ajoutent à la pédale d'accélérateur et de frein. Le conducteur dispose donc de quatre commandes distinctes pour mettre en oeuvre son choix, dont trois font partie du groupe de propulsion.

**OBJECTIF DE LA TRANSMISSION AUTOMATIQUE** : l'attention du conducteur est néanmoins absorbée par les caractéristiques de puissance du propulseur, l'adhérence des roues sur la chaussée, la stabilité de marche, etc. Il serait donc souhaitable que la décision du conducteur, par rapport à la gestion du groupe propulseur, s'applique par l'intermédiaire d'une seule commande : en laissant les autres commandes agir de façon coordonnée. Les transmissions automatiques ont précisément cet objectif, limité au seul système de propulsion, en ne conservant que la commande sur l'accélérateur. Le frein reste donc une commande séparée. Un second objectif des transmission automatiques est de gérer la coordination des commandes avec l'accélérateur dans le meilleur mode de fonctionnement.

**CENTRALE ELECTRONIQUE** : c'est pour cette raison que la gestion des paramètres relatifs à la **B.V.** est confiée à une centrale électronique de gestion de la **B.V.** qui, en toute cohérence avec les autres dispositifs de contrôle du véhicule (par exemple, avec la centrale de contrôle du moteur), suivant "les logiques" programmées, contrôle et gère le fonctionnement de la **B.V.** pour s'adapter aux exigences du conducteur, en évitant, en même temps, des dysfonctionnements (ou des mauvaise manœuvres de la part du conducteur), qui pourraient endommager la **B.V.** ou compromettre la sécurité de conduite.



**B.V. AUTOMATIQUE FUJI CVT**

**DESCRIPTION :** la Fiat Punto utilise un groupe **B.V.** automatique et différentiel **FUJI CVT** à variation continue, spécialement conçu pour des véhicules à traction AV et moteur transversal. Il est doté d'un circuit de contrôle électronique connecté à la centrale de contrôle du moteur. La centrale électronique de contrôle de la B.V. est connectée avec les différents capteurs et actionneurs, avec la centrale de contrôle du moteur et avec le levier de sélection, pour l'échange d'informations concernant le moteur et au combiné de bord, pour l'affichage des conditions de fonctionnement.

**CARACTERISTIQUES DE FABRICATION :** une transmission **CVT** (Continuously Variable Transmission) de nouvelle génération a été installée sur le véhicule. Elle est caractérisée par un mécanisme de transmission à variation de vitesse continue, afin d'obtenir une transmission sans paliers ou "sauts", pour améliorer les performances et réduire la consommation. L'adoption d'un convertisseur de couple avec lock-up, permet d'améliorer les accélérations du véhicule. Pour le mécanisme d'inversion des vitesses avant - marche AR, il a été également adopté un groupe hépicycloïdal avec satellites à double pignons combiné avec un embrayage multi-disques hydraulique. Pour augmenter la maniabilité et le plaisir de conduite, il a été ajouté la possibilité d'utiliser manuellement la transmission à sept rapports (pour la version 1242 16v Sporting Speedgear) ou de la transmission à six rapports (pour la version 1242 16v ELX Speedgear). Le filtre à huile a été logé au sommet de la transmission afin d'améliorer l'élimination des substances étrangères présentes dans l'huile. L'huile adoptée est de type : il s'agit notamment de "**TUTELA CVT NG**".

**B.V. ZF 4HP20**



La **B.V. ZF 4HP20** est entièrement automatique à commande électrohydraulique à 4 vitesses plus une marche AR. Sa gestion s'adapte automatiquement (c'est-à-dire de s'adapter au style du conducteur) et transmet la puissance de manière continue et avec un temps d'enclenchement des vitesses très rapide.

Elle a été conçue pour des véhicules à traction AV et moteur transversal. Elle est dotée d'un circuit à contrôle électronique connecté à la centrale de contrôle du moteur et à la centrale A.B.S. (ligne CAN).

La logique électronique de contrôle de la BV automatique réside dans une centrale électronique qui gère :

- le convertisseur de couple,
- les changements de vitesses,
- les programmes spécifiques.

Ce système permet d'utiliser le véhicule en mode complètement automatique, comme en conditions manuelles séquentielles.

La centrale est reliée via les différents capteurs et actionneurs à la centrale ABS/ESP, à la centrale de contrôle du moteur et au levier sélecteur afin d'échanger les informations relatives au moteur et au combiné de bord/écran pour l'affichage des conditions de fonctionnement.

# TRAVAUX PRATIQUES

# CONTROLER ET RÉGLER LA GARDE D'EMBRAYAGE

## Objectif:

□ S'assurer qu'en position débrayée le mécanisme n'est pas sollicité. Dans le cas contraire, le disque risque de patiner lorsque la transmission est en prise.

## MATÉRIELS, CONSOMMABLES ET DOCUMENTS NÉCESSAIRES

- La revue technique du véhicule
- L'outillage courant

## ORGANISER SON POSTE DE TRAVAIL

### *Relever dans la revue technique du véhicule*

- > Le type de garde d'embrayage.
- > Le type de commande (par câble ou hydraulique).
- > La valeur du jeu.
- > La méthode préconisée.

### *Contrôles préliminaires*

- > La butée est toujours en appui sur le mécanisme.
  - > Mesurer le jeu entre la position de repos de la pédale et sa position en fin de course haute.
- Nota :** on observe dans ce cas que les pédales de frein et d'embrayage sont à la même hauteur.

### *Vérifier*

- > L'absence d'obstacles (sur tapis...) sur la course de la commande de débrayage.
- > L'emboîtement du câble de commande de débrayage sur le tablier.
- > Le cheminement du câble de commande de débrayage.

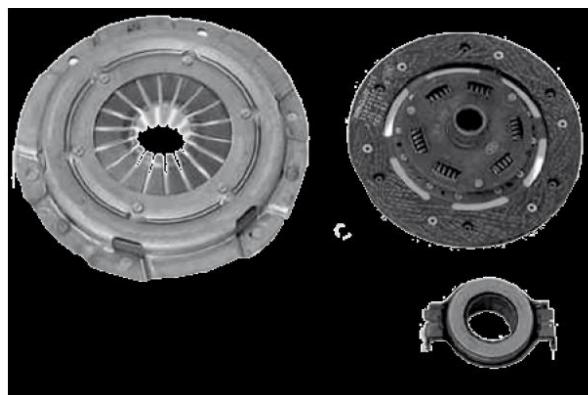
### *Régler*

1. Débloquer le contre-écrou situé sur la tige filetée ou sur la gaine selon le cas.
2. Tourner l'écrou de réglage pour ajuster le jeu à la valeur demandée.
3. Resserrer le contre-écrou..
4. Contrôler à nouveau.

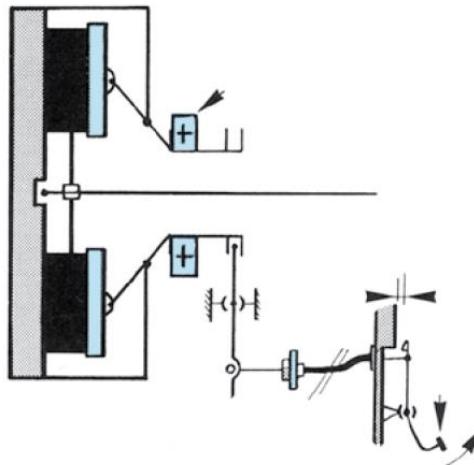
Dans le cas d'une commande par câble à rattrapage automatique il faut consulter la méthode de constructeur.

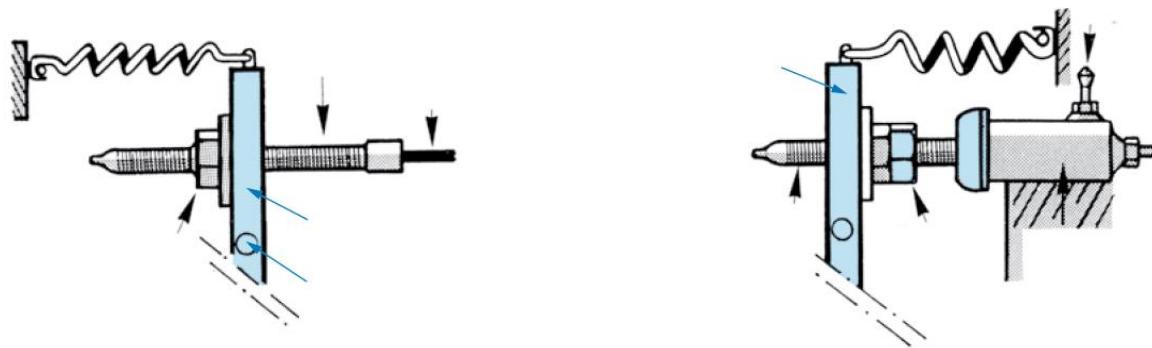
Dans le cas d'une commande hydraulique, le réglage s'effectue sur la tige de poussée du cylindre récepteur. Le cylindre récepteur ne comporte pas toujours de réglage. Dans ce cas lorsque la garde est trop importante, il faut effectuer une purge du circuit (voir méthode constructeur).

Pour effectuer la purge du circuit ne pas utiliser d'appareil de purge automatique (risque d'émulsion du liquide dans le circuit) et n'utiliser que du liquide de frein neuf.



Kit embrayage





### Régler la garde

#### Contrôler

1. **Serrer** fortement le frein à main ou mettre une cale. Faire tourner le moteur.
2. **Débrayer** et passer la 4e ou la 5e vitesse.
3. **Accélérer** le moteur fortement et lâcher la pédale d'embrayage : le moteur doit caler immédiatement.
4. Si après un **réglage** complet de la garde, le moteur ne cale pas immédiatement, il peut s'agir :
  - De l'usure des garnitures du disque ou d'une faiblesse du mécanisme
  - De la présence d'huile sur la garniture du disque.
  - Dans les deux cas, le remplacement de l'embrayage est nécessaire (voir fiche suivante).

#### À NOTER

Pour les véhicules à embrayage automatique, leur bon fonctionnement est lié en parti au niveau correct de l'huile du convertisseur.

## REEMPLACER ET CONTRÔLER UN EMBRAYAGE

### Objectifs:

- Réaliser le diagnostic du système d'embrayage
- Déposer, reposer l'embrayage.

### MATÉRIELS, CONSOMMABLES ET DOCUMENTS NÉCESSAIRES

- La revue technique du véhicule
- L'outillage courant
- Un centreur d'embrayage
- Une clé dynamométrique
- Un kit d'embrayage neuf (en cas de remplacement complet)

### ORGANISER SON POSTE DE TRAVAIL

#### *Relever dans la revue technique du véhicule*

- > La méthode de démontage.
- > Les couples de serrage.
- > La méthode de réglage de la garde d'embrayage (si elle est réglable).

#### *Préparer*

Déposer la boîte de vitesses :

- > Vidanger la boîte de vitesses.
- > Déposer les roues, les étriers de frein...
- > Déposer les transmissions gauche et droite.
- > Déposer le démarreur.
- > Déboîter la timonerie de boîte de vitesses.
- > Déposer le collier d'échappement côté collecteur.
- > Déposer les vis de fixation de la cloche d'embrayage.
- > Désaccoupler le moteur de la boîte.



Centreur d'embrayage



Examen de l'état de la piste de frottement du volant moteur

### RÉALISER L'INTERVENTION

#### *Déposer*

1. Repérer la position du mécanisme par rapport au volant moteur. Immobiliser le volant moteur.
2. Dévisser progressivement les vis de fixation du mécanisme.
3. Déposer le mécanisme en empêchant le disque de tomber. Observer immédiatement le sens du disque (déport côté volant moteur ou côté boîte).
4. Déposer la butée.

#### *Contrôler*

1. Le disque :

- Usure de la garniture par rapport aux rivets.
- Traces d'huile sur la garniture.
- Ressorts cassés ou ayant trop de jeu.
- Cannelures abîmées.

**2. Le mécanisme :**

- Déformation du diaphragme.
- Usure des extrémités par frottement de la butée.
- Rayures ou bleuissement du plateau presseur.

**3. La butée :**

- Essayer d'élancer la bague tournante, elle doit tourner sans bruit et s'arrêter rapidement.
- Ergots de maintien (non cassé, non tordu).

**4. La fourchette : usure des extrémités****5. Le volant moteur :**

- Face d'appui rayée ou bleue (parfois possibilité de rectification).

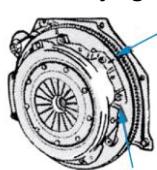
**Préparation pour la repose de l'embrayage****1. Nettoyer et dégraissier :**

- Le volant moteur.
- La cloche d'embrayage.

**2. Toiler le plateau presseur du mécanisme.****3. Lubrifier très légèrement :**

- Le guide de la butée.
- Les appuis et articulations de la fourchette.
- La bague pilote de l'arbre primaire ou le roulement.
- Les cannelures de l'arbre primaire.

**Nota :** Utiliser le berlingot de graisse fourni avec le kit. Tout excès entraînera à terme un échange de l'embrayage

**Reposer****1. Enduire** légèrement de graisse les cannelures du disque.**2. Remonter** le disque en plaçant le centreur d'embrayage dans la bague du volant moteur (attention au sens du disque).**3. Reposer** le mécanisme en respectant les repères faits au démontage (en cas de remontage de l'ancien mécanisme).**4. Serrer** progressivement en croix les vis de fixation du mécanisme jusqu'au couple préconisé.**5. Monter** la butée sur son guide en prenant soin de vérifier sa position et son accrochage.**6. Reposer** la boîte de vitesses.**7. Régler** la garde d'embrayage si nécessaire (voir fiche précédente).**À NOTER**

**Ne pas oublier de remettre l'huile dans la boîte de vitesses et mettre à niveau, de régler la garde d'embrayage si nécessaire et de tester l'efficacité.**

**En cas de remplacement, il est préconisé de changer le kit complet (disque+ mécanisme + butée).**

## REEMPLACER UNE TRANSMISSION

### Objectif:

- Démonter et remonter une transmission d'un véhicule.

### MATÉRIELS, CONSOMMABLES ET DOCUMENTS NÉCESSAIRES

- La revue technique du véhicule
- L'outillage courant
- Un arrache - rotule
- La douille de gros diamètre correspondant à l'écrou de transmission (écrou de moyeu)
- La transmission neuve

### ORGANISER SON POSTE DE TRAVAIL

#### ***Relever dans la revue technique du véhicule***

- > La méthode particulière au type de véhicule.
- > La contenance d'huile de la boîte de vitesses.
- > Les couples de serrage (écrou de moyeu, rotules, étrier de frein...).

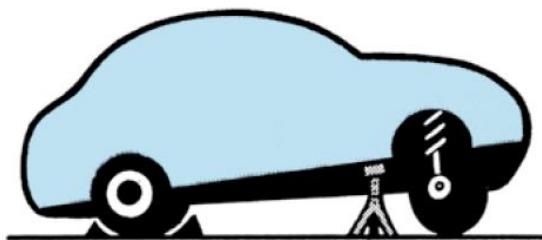
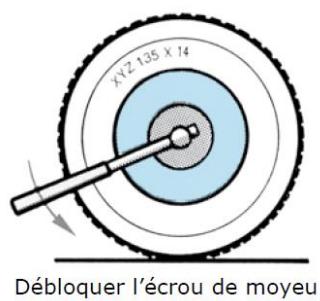
#### ***Préparer***

- > Vidanger la boîte de vitesses.

#### ***Déposer***

1. **Déposer** si nécessaire l'enjoliveur de roue
2. **Si** la roue comporte un trou central, **débloquer** l'écrou de moyeu (couple en général élevé) sinon utiliser l'outil de blocage.  
Débloquer les vis de la roue. Lever le côté avant à démonter, placer une chandelle, déposer la roue.  
Dévisser complètement l'écrou de moyeu.
3. **Déposer** l'étrier de frein complet et le suspendre afin que le flexible ne soit pas en tension (ne pas dévisser le flexible).
4. **Extraire** la rotule de direction à l'aide d'un arrache-rotule.
5. **Séparer** le porte-fusée du bras de suspension inférieur (rotule inférieure).
6. **Écarter** le porte-fusée tout en repoussant la transmission vers l'intérieur.

**Attention :** En cas de point dur, revisser légèrement l'écrou de moyeu. Frapper avec un gros marteau par l'intermédiaire d'un jet en bronze.



7. **Dégager** l'extrémité de la transmission du porte-fusée.

8. **Déposer** le système de maintien côté boîte pont si la transmission en compte un.

9. **Tirer** sur la transmission en plaçant la main derrière le soufflet pour éviter un déboîtement éventuel.

#### ***Reposer***

1. **Nettoyer** au dégraissant les portées de la transmission neuve aux deux extrémités.

2. **Emboîter** le côté boîte-pont en vérifiant la bonne mise en place.

- 3. Emmancher** les cannelures dans le moyeu. Ne pas frapper. Visser l'écrou (neuf).
- 4. Fixer** le porte-fusée sur le bras inférieur. Visser la rotule de direction (écrou neuf).
- 5. Visser** l'étrier sur son support (clé dynamométrique).
- 6. Remonter** les plaquettes, vérifier l'état de l'ensemble du frein (fuites, usure, rayures sur le disque).
- 7. Remonter** la roue et reposer le véhicule. Serrer l'écrou de moyeu au couple.
- 8. Remettre** l'huile dans la boîte de vitesses et faire le niveau. Appuyer plusieurs fois sur la pédale de frein afin de rapprocher les plaquettes sur le disque.
- 9. Faire** un essai du véhicule.

**À NOTER**

Mettre de l'huile neuve pour le remplissage de la boîte de vitesses.

## REEMPLACER UN SOUFFLET DE TRANSMISSION (joint tripode)

### Objectif:

□ Remplacer un soufflet de transmission après avoir constaté un déchirement du soufflet ou un jeu important dans la transmission.

### MATÉRIELS, CONSOMMABLES ET DOCUMENTS NÉCESSAIRES

- La revue technique du véhicule
- L'outillage courant
- Cône de montage (tulipe)
- Pince à ressort (pour soufflet)
- Un soufflet neuf avec la quantité de graisse suffisante.

### ORGANISER SON POSTE DE TRAVAIL

#### ***Relever dans la revue technique du véhicule***

- > La méthode de démontage particulière au type de joint homocinétique.
- > Identifier le type de montage de la transmission.

#### **Préparer**

- > Déposer la transmission du côté concerné (voir fiche précédente).  
Dans le cas du joint tripode, c'est un remplacement de soufflet côté roue. Pour les soufflets côté boîte, il faut voir la méthode préconisée par le constructeur.

#### **Démonter**

1. **Couper**, à l'aide d'une pince, les colliers existants en prenant garde de ne pas blesser les gorges du bol fusée.
2. **Enlever** un maximum de graisse.
3. **Dégager** le bol fusée de l'arbre de transmission en soulevant une à une les branches de l'étoile de retenue (2, figure 1).

#### **Nota :**

- Ne pas tordre les branches de l'étoile.
  - Récupérer la rotule d'appui, le ressort, la cale sous rotule.
  - La cale sous rotule est d'épaisseur adaptée au jeu axial d'origine. Cette cale est à conserver et sera réutilisée au montage.
4. **Dégraissier** totalement les pièces.



Pince pour collier de soufflet de transmission (pince à ressort)

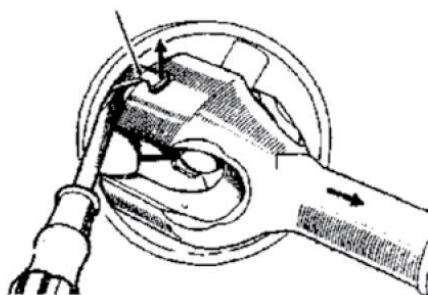


Figure 1

#### **Remonter**

1. **Placer** la transmission inclinée dans un étau muni de mordaches.
2. **Engager** l'outil à fond sur la tulipe (figure 2).
3. **Lubrifier** soigneusement et copieusement avec de l'huile moteur propre:

- L'ensemble de l'outil (branche et centrage),
- La partie intérieure du soufflet.

**4. Présenter** le soufflet sur l'extrémité de l'outil.

**5. Disposer** un chiffon propre autour d'une main et la placer sur le soufflet de façon à bien étendre le premier pli.

**6. Disposer** l'autre main autour de la première et tirer en veillant à ne pas replier le premier pli du soufflet.

**7. Amener** le soufflet le plus près possible de la partie cylindrique de l'outil et le laisser revenir jusqu'à mi-course (figure 3).

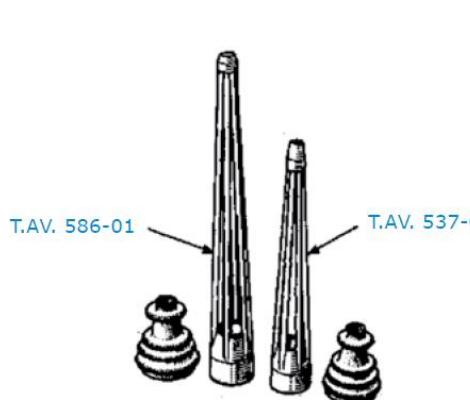


Figure 2

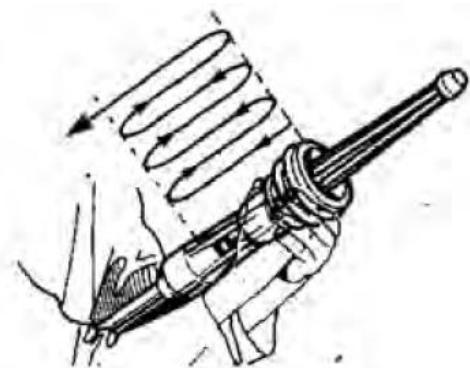


Figure 3

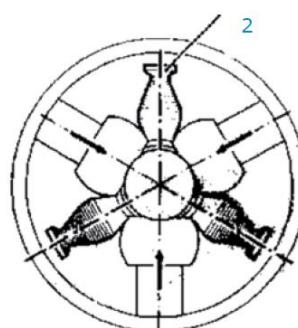


Figure 4

**8. Recommencer** cette opération plusieurs fois (maximum 5 fois) de façon à assouplir le caoutchouc du soufflet. Ne pas hésiter à lubrifier les branches de l'outil en cours d'opération. Lorsque l'on sent que le coulissolement devient plus facile, faire passer le soufflet sur la partie cylindrique de l'outil sans marquer de temps d'arrêt.

Placer le ressort et la rotule d'appui dans le tripodode.

**9. Amener** les galets vers le centre. Positionner l'étoile de retenue (2, figure 4).

**10. Engager** la tulipe dans le bol fusée. Basculer l'arbre pour engager une branche de l'étoile de retenue dans une encoche de la tulipe et appuyer pour la centrer correctement.

La mise en place des deux autres branches sera facilitée en utilisant par exemple un tournevis dont l'extrémité sera modifiée.

**11. S'assurer** que les branches de l'étoile de retenue sont en place dans leur logement.

Incliner l'arbre dans le plan d'une des branches de l'étoile, la rotule sous l'effet du ressort décolle.

**12. Introduire** la cale sous la tête de rotule. Celle-ci ne doit pas dépasser de la tête de rotule.

Vérifier le fonctionnement du joint à la main. Aucun point dur ne doit apparaître.

**Répartir** dans le soufflet et dans le bol la quantité de graisse préconisée.

**13. Positionner** les deux talons du soufflet dans les gorges du bol fusée et bien en appui sur le tube de transmission.

**14. Fixer** les deux colliers du soufflet avec la pince appropriée.

**À NOTER**

Il est possible de remplacer le soufflet quel qu'il soit, côté roue, sans déposer la transmission du véhicule à l'aide d'un cône approprié et d'un soufflet standard spécifique à cet usage.

## REEMPLACER UN SOUFFLET DE TRANSMISSION (joint à billes)

### Objectif:

□ Remplacer un soufflet de transmission quelque soit le type de montage après avoir constaté un déchirement du soufflet ou un jeu important dans la transmission.

### MATÉRIELS, CONSOMMABLES ET DOCUMENTS NÉCESSAIRES

- La revue technique du véhicule
- L'outillage courant
- Cône de montage (tulipe)
- Pince à ressort (pour soufflet)
- Un soufflet neuf avec la quantité de graisse suffisante

### ORGANISER SON POSTE DE TRAVAIL

#### *Relever dans la revue technique du véhicule*

> La méthode de démontage particulière au type de joint homocinétique.

> Identifier le type de montage de la transmission.

#### *Préparer*

> Déposer la transmission du côté concerné (voir fiche 25).

### RÉALISER L'INTERVENTION

Dans le cas du joint à billes, c'est un remplacement de soufflet côté roue. Pour les soufflets côté boîte, il faut voir la méthode préconisée par le constructeur.

#### *Démonter*

1. **Couper** le collier et le soufflet sur toute sa longueur.

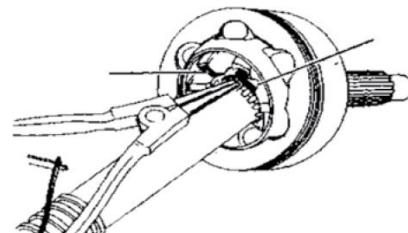
2. **Enlever** le maximum de graisse.

3. **Écarter** le segment d'arrêt (7, figure cicontre) et simultanément, appliquer quelques coups de maillet sur la face frontale du moyeu à billes (5).

4. **Séparer** ainsi le joint de l'arbre.



Pince pour collier de soufflet



Segment d'arrêt

#### *Remonter*

1. **Engager** sur l'arbre: le collier caoutchouc (A), le soufflet (3).

2. **Emmancher** le joint à billes (1) muni de son segment d'arrêt sur les cannelures de l'arbre jusqu'en butée du segment de la gorge (B) de l'arbre.

3. **Répartir** dans le soufflet et dans le bol de fusée la quantité de graisse préconisée.

4. **Positionner** les lèvres du soufflet dans les gorges du bol et de l'arbre de transmission.

5. **Fixer** les deux colliers du soufflet avec la pince appropriée.

#### *À NOTER*

Il est possible de remplacer le soufflet quel qu'il soit, côté roue, sans déposer la transmission du véhicule à l'aide d'un cône approprié et d'un soufflet standard spécifique à cet usage.

# CONTRÔLER ET RÉGLER UNE BOÎTE DE VITESSES

## Objectifs:

- Démonter et remonter entièrement une boîte de vitesses dans le but d'identifier et de contrôler les différents éléments
- Déterminer et remplacer un élément défectueux de la boîte de vitesses.

## MATÉRIELS, CONSOMMABLES ET DOCUMENTS NÉCESSAIRES

- La revue technique du véhicule
- Une fiche de relevé des contrôles
- L'outillage courant
- Une clé dynamométrique
- L'outillage spécialisé préconisé

## ORGANISER SON POSTE DE TRAVAIL

### *Relever dans la revue technique du véhicule*

- > La méthode de réparation de constructeur.
- > Les couples de serrage.
- > Les valeurs de réglage.
- > Les références des outillages spécialisés.

### *Préparer*

- > Vidanger la boîte de vitesses.
- > Déposer la boîte de vitesses (voir la fiche 24 et la revue technique).
- > Placer si possible la boîte sur un support approprié.
- > Travailler sur un établi propre et dégagé.
- > Préparer des boîtes de rangement afin de classer les pièces scrupuleusement.

## RÉALISER L'INTERVENTION

### *Démonter*

1. **Suivre** méticuleusement les instructions du constructeur en ce qui concerne la chronologie de démontage et les outils à utiliser. Repérer la longueur des vis sur les carters et les noter.

2. **Repérer** les éléments de la boîte de vitesses, leur sens, leur position et les noter. Les classer séparément dans des boîtes de rangement :

- arbre primaire et ses éléments de mise en position,
- arbre secondaire et ses éléments de mise en position,
- pigeonneriez des 1<sup>re</sup>, 2<sup>e</sup>, 3<sup>e</sup>, 4<sup>e</sup>, 5<sup>e</sup> vitesses et les synchroniseurs,
- pignonnerie et renvoi de marche arrière,
- coulisseaux, fourchettes et verrouillages,
- couronne et boîtier de différentiel, éléments de mise en position (boîte-pont).

### *Contrôler et remplacer (si nécessaire)*

1. **Les** dents des pignons ne doivent pas être trop fines, ni présenter d'arrachement côté attaque.

2. **Les** bagues des synchroniseurs ne doivent pas présenter de traces d'usure.

3. **L'entrée** des crabots ne doit pas être coupante.

4. **Le** système de verrouillage des synchroniseurs (bielettes, ressorts, clavettes) ne doit pas être détérioré.

5. **L'état** des roulements (bruits, jeu).

6. **L'usure** des fourchettes en les replaçant dans les gorges des synchroniseurs.

7. **Les** coulisseaux, marqués aux cavités des billes de verrouillage.

8. **Les** billes et ressorts de verrouillage, l'état du système d'interdiction.

9. **L'état** du sélecteur côté commande et côté coulisseau.

### **Remplacer si nécessaire les éléments défectueux.**

### *Remonter et régler*

1. **Remonter** chaque arbre dans sa position précise. Elle est assurée à une seule extrémité (pour prévenir les contraintes mécaniques et thermiques). On doit retrouver les 4 points de contact :

□ arbre dans roulement:

- immobilisation d'un côté → □épaulement sur l'arbre ;
- immobilisation de l'autre côté → □écrou avec serrage au couple.

□ ensemble arbre + roulement dans carter:

- immobilisation d'un côté → □lamage, rainure dans le carter ;
- immobilisation de l'autre côté → □appui d'un couvercle.

**2. Effectuer les réglages demandés selon le type de boîte en utilisant l'outillage spécifique préconisé.**

Exemple sur une boîte-pont pour moteur longitudinal : distance conique, jeu de denture, précontrainte des roulements.

**Lorsqu'une boîte de vitesses ayant un kilométrage élevé présente une usure généralisée, il est préférable de prévoir son échange standard, ou son remplacement pour une boîte de vitesses neuve.**

