

Secteur : **Métiers de l'Automobile**

Manuel de cours

# M110: Réparer les systèmes de transmission de puissance

1<sup>ère</sup> Année

Filière :

Diagnostic et  
électronique  
embarquée  
automobile



# Remerciements

---

La DRIF remercie les personnes qui ont contribué à l'élaboration du présent document :

## Équipe de conception

Mustapha BAIJI, *Directeur Centre de Développement des Compétences REM*

ZIRARI TAOUFIK, *Formateur Animateur*

Toufik EL HASSOUNI, *Formateur Animateur*

Nour Eddin EL AOUCHATI, *Formateur Animateur*

SHAMI ABDERRAZZAK, *Formateur*

## Équipe de Lecture et Validation :

EL HAJJI SOLTANI SOUFIANE, *Formateur*

MHAININA ANAS, *Formateur*

HILMI HASSAN, *Formateur*

CHACHOUAI AMINE, *Formateur*

MOUSTAGHFIR ABDELKABIR, *Formateur*

EL MERBAH YOUNES, *Formateur*

BENTAHER HAKIM, *Formateur*

AYOUB MOUNIR, *Formateur*

Les utilisateurs de ce document sont invités à communiquer à la DRIF et au CDC : Métiers de L'automobiles, toutes les remarques et suggestions afin de les prendre en considération pour l'enrichissement et l'amélioration de ce module.

Le module « Transmission de puissance » est un module qui permet aux stagiaires d'acquérir les connaissances relatives aux dispositifs de transmission d'énergie mécanique du moteur aux roues motrices. Il vise à rendre le stagiaire apte à détecter les anomalies et de réparer les systèmes de transmission de puissance.

Le module décrit la conception et le principe de fonctionnement des différents éléments de la transmission et l'évolution de ce système.

Il traite :

- Les différents types de transmission ;
- La transmission du couple moteur ;
- Transmission manuelle ;
- Transmission robotisée ;
- Transmission automatique ;
- Transmission séquentielle ;
- Transmission à variation continue (CVT) ;
- Le pont et le différentiel ;
- Transmission intégrale 4 roues motrices ;
- Arbres de transmission.

<b>COMPETENCE 10 : REPARER LES SYSTEMES DE TRANSMISSION DE PUISSANCE</b>	
<b>MODULE M110 : LA TRANSMISSION DE PUISSANCE</b>	
<b>Code de la compétence : 10</b>	<b>Durée : 85 H</b>
<b>Contexte de réalisation</b>	<b>Critères généraux de performance</b>
Individuellement <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ A partir :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- De la documentation technique et spécifique.</li> <li>- Des supports de cours sur les méthodes de diagnostic et le fonctionnement des différents systèmes de transmission de puissance.</li> <li>- D'une plainte et d'un bon de travail.</li> <li>- Sur des véhicules représentatifs du parc automobile existant.</li> <li>- Sur des embrayages conventionnels.</li> <li>-</li> <li>- Sur des boîtes de vitesses manuelles et automatiques, des boîtiers de transfert, des différentiels et des arbres de transmission</li> </ul> </li> <li>▪ A l'aide :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- D'un véhicule ou d'un matériel didactique en dysfonctionnement.</li> <li>- Du matériel et de l'outillage spécifique.</li> <li>- D'instruments et d'appareils de vérification incluant de l'équipement de nouvelle technologie.</li> <li>- L'équipement de recyclage et de récupération.</li> <li>- De matériel et de produits.</li> <li>- De la documentation technique.</li> </ul> </li> </ul> <p>Avec l'équipement de protection individuelle</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Respect des règles sur la santé, la sécurité et la protection de l'environnement.</li> <li>▪ Utilisation appropriée des outils, de l'équipement et des instruments.</li> <li>▪ Utilisation appropriée des tableaux de symptômes et de diagnostic propres à chacun des systèmes.</li> <li>▪ Consignation méthodique des résultats des mesures sur le bon de travail.</li> <li>▪ Propreté des lieux et de l'aire de travail.</li> <li>▪ Respect des couples de serrage.</li> <li>▪ Sens de l'observation développé.</li> <li>▪ Travail propre, ordonné et minutieux.</li> <li>▪ Compte rendu clair des travaux effectués sur le bon de travail.</li> <li>▪ Justification pertinente des interventions effectuées.</li> <li>▪ Utilisation appropriée de la terminologie française et anglaise</li> </ul>
<b>Éléments de la compétence</b>	<b>Critères particuliers de performance</b>
A. Effectuer la description fonctionnelle	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Description fonctionnelle détaillée des systèmes et sous-système de transmission de puissance.</li> </ul>
B. Décrire le fonctionnement d'un système de transmission de puissance.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Description détaillée du fonctionnement du système de transmission manuel</li> <li>▪ Description détaillée du fonctionnement du système de transmission automatique, séquentielle, robotisée et à variation continue.</li> <li>▪ Description détaillée du fonctionnement du système de transmission 4 roues motrices</li> </ul>
C. Contrôler le fonctionnement de chacun des constituants	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Interprétation correcte des données et des tests</li> </ul>
D. Formuler une liste des causes de dysfonctionnement.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Description des causes possibles de dysfonctionnement.</li> <li>▪ Description hiérarchisée des causes de dysfonctionnement.</li> </ul>
E. Définir les points à vérifier.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Précision de l'organigramme logique.</li> <li>▪ Ordonnancement correcte de l'application de l'organigramme.</li> </ul>
F. Choisir les appareils de mesure et de contrôle nécessaires.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pertinence du choix des appareils de mesures et de contrôle.</li> <li>▪ Maîtrise des appareils de contrôle.</li> </ul>
G. Définir la procédure de mesure.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Choix judicieux d'une procédure de mesure.</li> <li>▪ Comparaison des valeurs mesurées aux données constructeur</li> </ul>
H. Réaliser l'intervention.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Identification exacte du composant défaillant.</li> <li>▪ Conformité de la remise en état du système.</li> </ul>
I. Rédiger et illustrer la notice d'intervention	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Rédaction complète de la gamme de réparation.</li> </ul>

## I. DESCRIPTION FONCTIONNELLE

**PRELABLE** : 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.

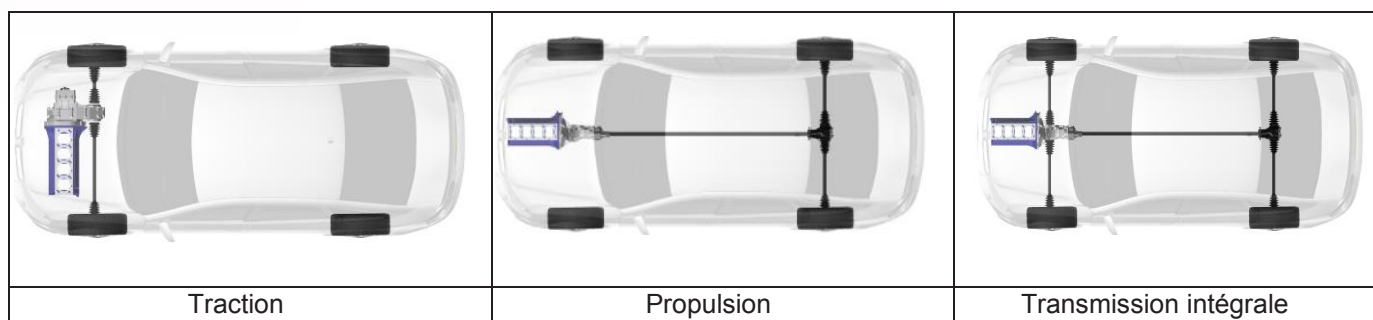
L'action motrice doit être également répartie sur les deux roues motrices du même essieu.

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.

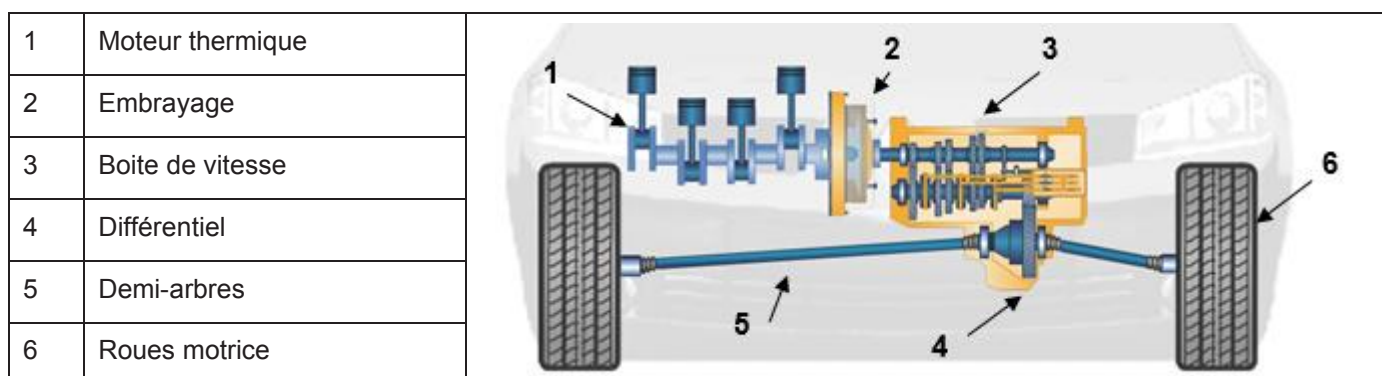
### TYPES DE TRANSMISSION

En fonction des essieux moteur, l'effort est transmis par les roues arrière, par les roues avant ou par les quatre roues



#### ➤ Traction :

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 :



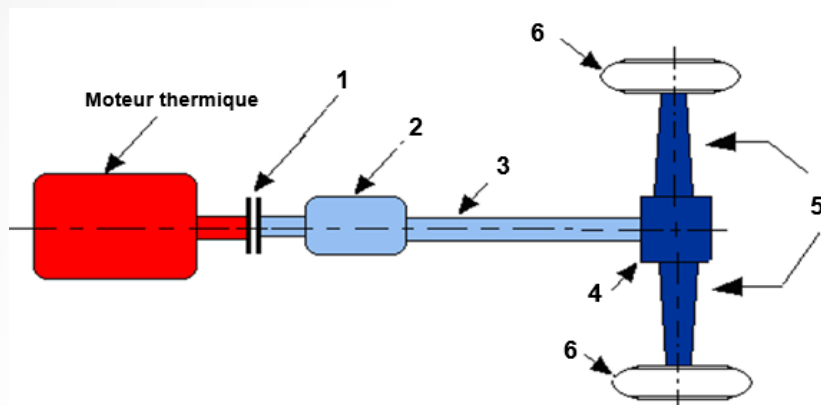
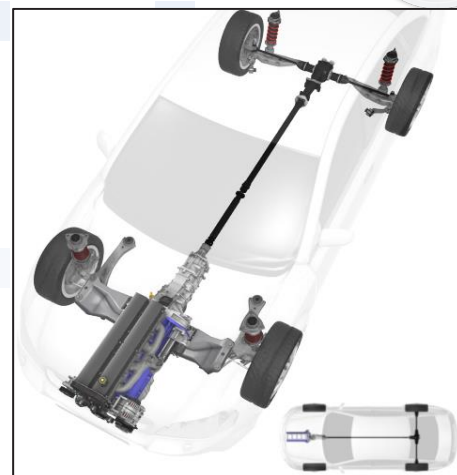
#### ➤ Caractéristiques :

- La transmission des forces latérales de guidage sur l'essieu avant est réduite car les forces motrices agissent également sur les roues de cet essieu.
- Lors l'accélération, la force de guidage latéral et de traction sur les roues motrices sont réduites car l'essieu avant est délesté par cabrage.
- Différentes forces agissant sur les roues avant influencent la tenue de route.

➤ **Propulsion :**

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

- 1- L'embrayage par frottement ;
- 2- La boîte de vitesses ;
- 3- Les joints élastiques ou les cardans ;
- 4- Le différentiel ;
- 5- Les demi-essieux (ou demi-arbres);
- 6- Les roues motrices.



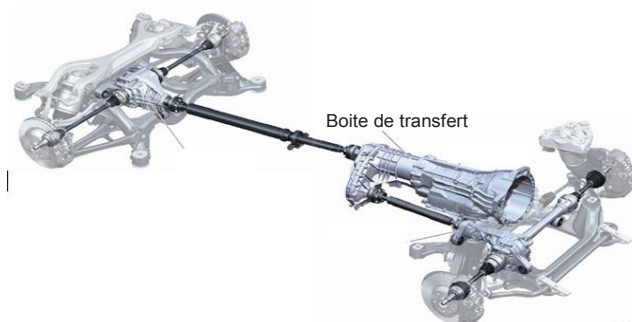
➤ **Caractéristiques :**

- Tunnel d'arbre de transmission dans l'habitacle.
- Répartition favorable du poids entre les essieux avant et arrière possible.
- Les roues avant peuvent transmettre des forces de guidage latérales élevée car seules les force de direction y agissent.
- Augmentation de la traction lors de l'accélération et des montées car l'essieu arrière est lesté par le cabrage.
- Liberté d'adaptation de la suspension avant plus grande car pas de contraintes d'arbres de roues.

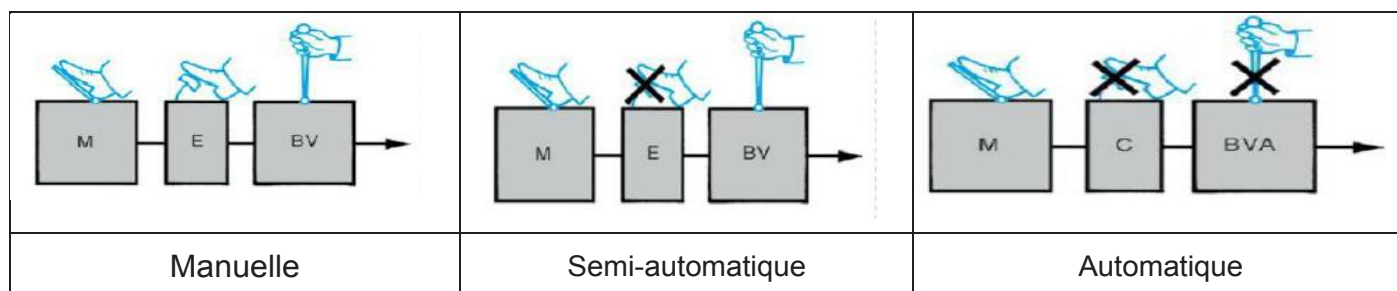
➤ **Quatre roues motrice (Transmission intégrale)**

Avec quatre roues motrices, la puissance d'entraînement est transférée à la route par les quatre roues.

Une distinction est faite entre transmission intégrale **enclenchable** et transmission intégrale **permanente** avec une répartition différenciée du couple entre les roues avant et les roues arrière.



**TYPE DE COMMANDE**



## II. TRANSMISSION MANUELLE

### Définition

Une boîte de vitesses manuelle comporte plusieurs rapports de vitesse pour la marche avant, et un rapport pour la marche arrière. Les rapports s'enclenchent en appuyant sur la pédale d'embrayage et en effectuant une manipulation du levier de vitesse. Contrairement à une boîte de vitesses automatique, la BVM nécessite l'intervention du conducteur pour passer les vitesses.

### Embrayage

#### Nécessite 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).



#### 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.

#### Conditions à satisfaire :

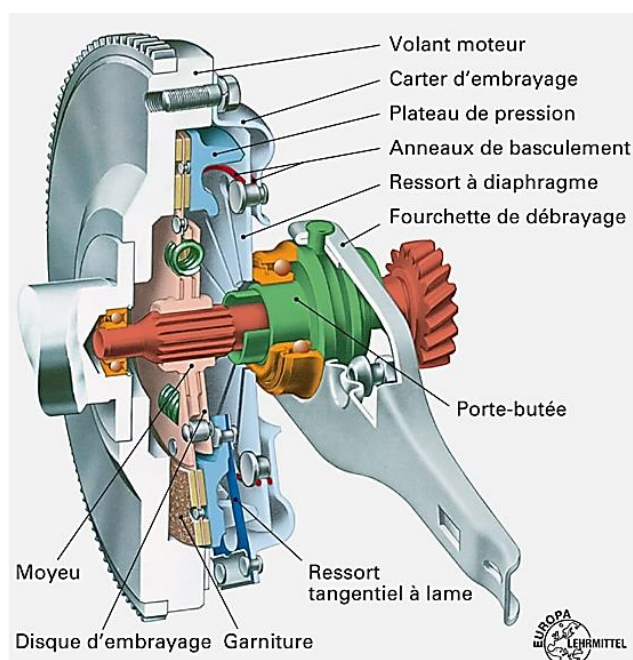
- Être progressif -----Permettre le démarrage sans brutalité grâce à un léger glissement.
- Être adhérent -----Position « embrayé », il ne doit plus patiner.
- Être résistant----- Aux frottements (usure) et aux températures élevées.
- Être facile à manœuvrer----- Peu d'effort sur la pédale
- Nécessiter peu d'entretien----- Remplacement peu aisé

#### Caractéristiques de l'embrayage :

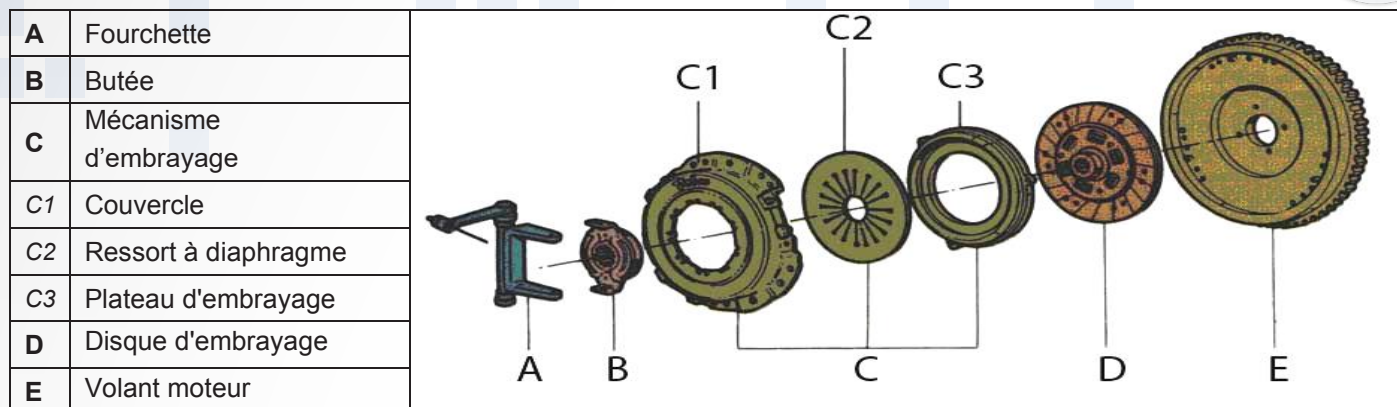
Ce dispositif d'accouplement est appelé embrayage par frottement. Le terme embrayage signifie que l'accouplement se produit avec des vitesses de moteur et de B.V. différentes. Le terme frottement signifie que l'embrayage se produit en utilisant la force d'adhérence qui se développe entre les deux surfaces (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.



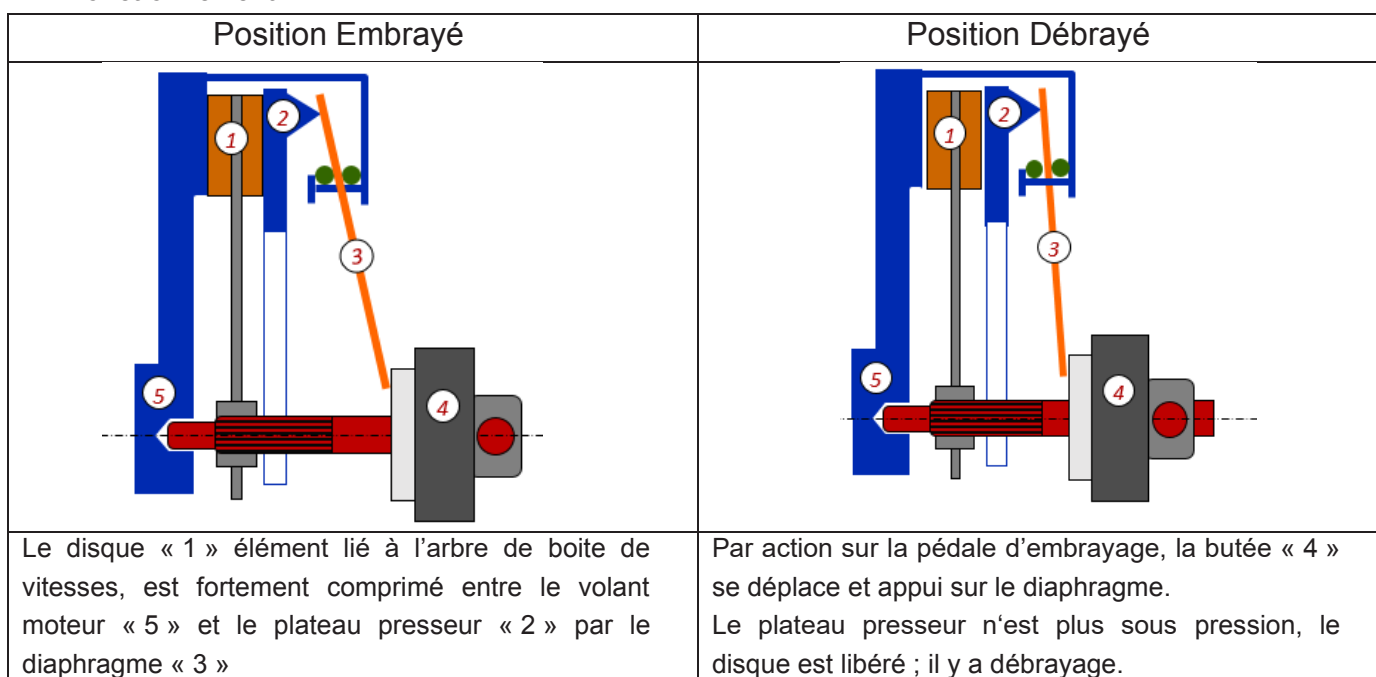
## Composants d'un embrayage MONODISQUE à sec



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 d'embrayage (D)** : il porte sur ses deux surfaces frontales, les segments qui sont respectivement utilisés, avec une face vers le volant et l'autre face vers le plateau d'embrayage ;
- **Plateau d'embrayage (C3)** : sur cet élément, le disque d'embrayage agit sur une face, et le ressort à diaphragme agit sur l'autre ;
- **Ressort à diaphragme (C2)** ; le ressort à diaphragme repose sur 2 anneaux d'appui de basculement, fixé par plusieurs boulons entretoises qui permettent un basculement des deux coté, jusqu'en butée
- **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 ;
- **Fourchette (A)** : permettent, sous l'action du conducteur qui appuie sur la pédale (si présente), ou via les organes d'actionnement électrohydrauliques (cas de B.V. robotisées), les manœuvres d'embrayage et de débrayage.

### Fonctionnement



## Disque d'embrayage :

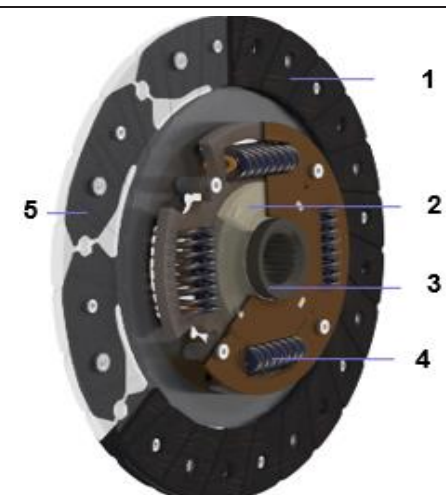
**FONCTION** : la fonction du disque entraîné est de transmettre le mouvement reçu du volant, à l'arbre primaire de la B.V. Le passage de la puissance du volant au disque entraîné se fait par adhérence. En fait, le disque entraîné est revêtu sur toute sa surface, de garnitures de frottement dont la fonction 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 coulisement 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.

N°	Désignation	Rôle	
1	Garniture	Elles sont en matériaux composites procurant un haut coefficient de frottement et une bonne résistance aux températures élevées.	
2	Anneau de friction		
3	Moyeu cannelé	Coulisse sur l'arbre d'entrée de la boîte de vitesses	
4	Ressort d'amortissement	Ils amortissent les à-coups lors des manœuvres d'embrayage ; les variations de couple moteur	
5	Toile	Elle est en tôle mince fractionnée en plusieurs secteurs afin d'éviter qu'elle ne se voile sous l'effet de l'échauffement	

Le type de disque utilisé pour un volant moteur simple comporte des ressorts afin d'absorber les variations de couple et les à-coups lors des manœuvres d'embrayage

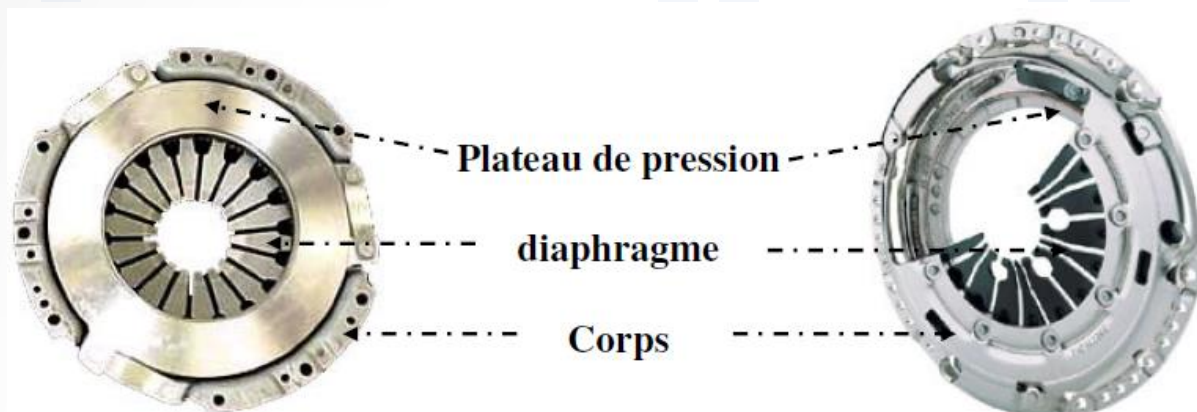


Le type de disque utiliser pour les doubles volant amortisseur peuvent ne pas comporter de ressort ces derniers étant déjà intégré au volant



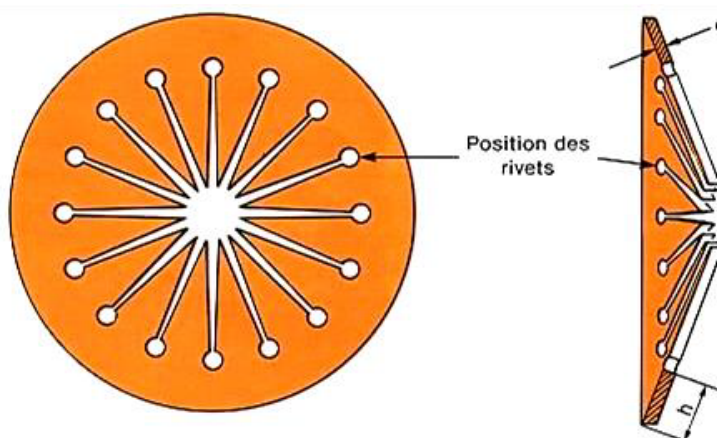
## Mécanisme d'embrayage

Le mécanisme à diaphragme : Il est fixé sur le volant moteur et assure la liaison entre celui-ci et le disque d'embrayage. Il possède un plateau de pression qui plaque le disque contre le volant moteur et un diaphragme qui joue le rôle d'une multitude de ressorts et qui a pour fonction de maintenir le plateau en pression contre le disque et le volant moteur.



### Ce système permet :

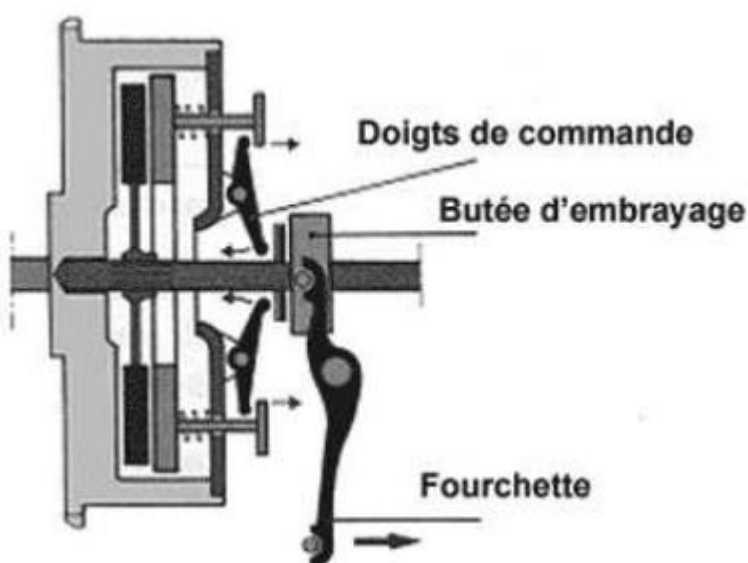
- Une grande progressivité au démarrage
- Un faible effort à exercer sur la pédale
- Une force pressante sur le disque peu variable malgré l'usure des garnitures
- Un bon équilibre dynamique et une bonne ventilation



### Mécanisme à doigt (ressorts hélicoïdaux)

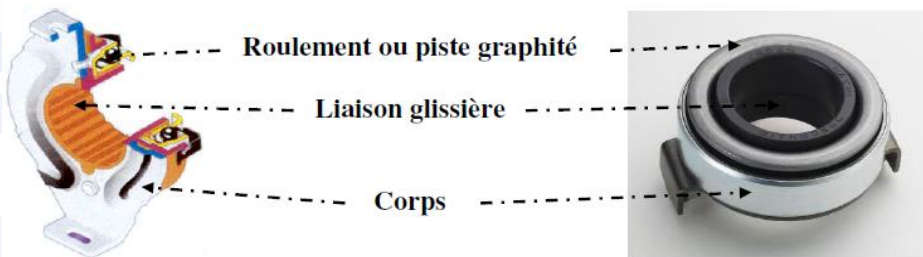
Ce mécanisme ne se trouve pas dans les véhicules de particuliers. Il est utilisé pour les camions et les motos.

Un inconvénient de l'embrayage à doigt est que la force appliquée sur le palier de butée est relativement élevée. Le dernier avantage est la linéarité de sa force ; ce qui permet d'exploiter l'embrayage avec plus de « sensation ». Ceci est particulièrement utile pour les motos.



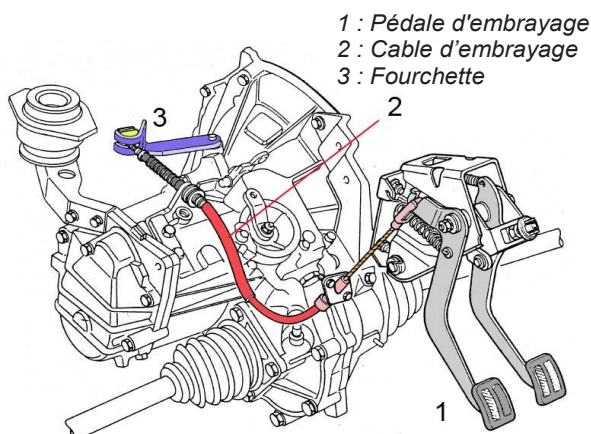
### La butée de débrayage

Son rôle consiste à commander le mécanisme de l'embrayage en transmettant une force sur le diaphragme, ce qui aura pour conséquence de libérer le disque et donc désaccoupler le moteur de la boîte de vitesse. On trouve généralement des butées à roulement ou graphité.

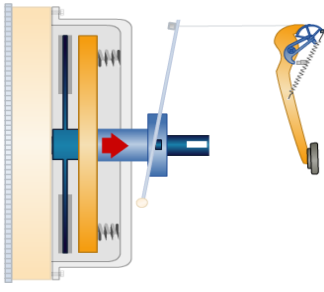
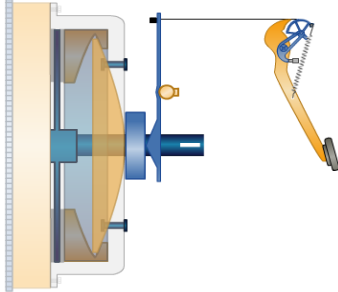


### Commande d'embrayage : Commande mécanique :

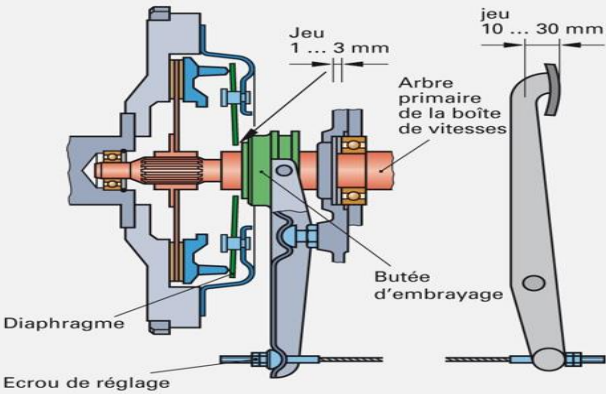
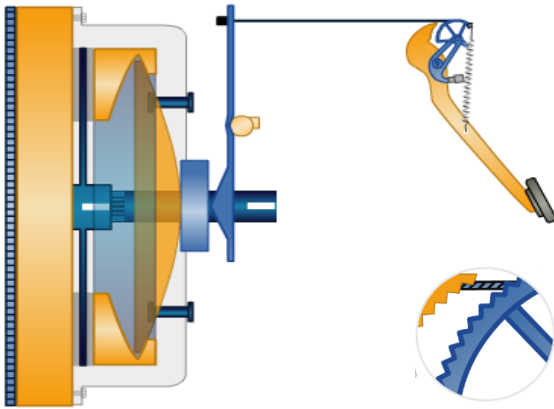
Ce type d'actionnement est adopté lorsque les efforts demandés au conducteur pour actionner la pédale ne sont pas excessifs. La commande fournie par le conducteur est transmise, via un câble flexible, à un mécanisme de levier qui opère directement la poussée sur le ressort à diaphragme, en obtenant le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



### Type de la butée

Butée tirée	Butée poussée
	

### Type de commande mécanique :

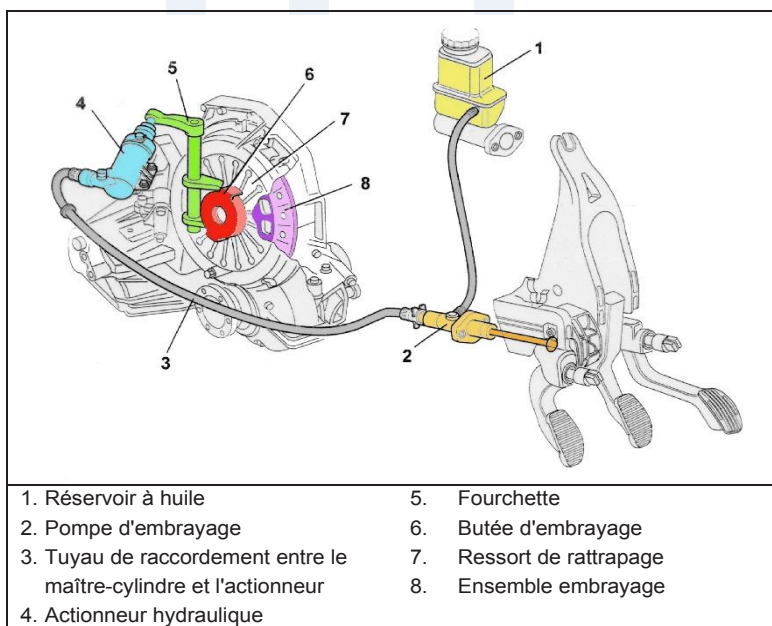
Commande mécanique sans rattrapage automatique du jeu de garde	Commande mécanique avec ajustement automatique
	
<p>Le réglage du jeu s'effectue soit au moyen de la fourchette de débrayage, soit au niveau de la pédale d'embrayage au moyen de l'écrou de réglage qui permet d'adapter la longueur du câble d'embrayage</p>	<p>Quand le conducteur appuie sur la pédale, seule celle-ci tourne autour de l'axe principal et quitte la butée. la rotation libre de la pédale se poursuit jusqu'à ce que son extrémité supérieure s'engrène avec le secteur. Le pivotement du secteur est entravé.</p>

## Type de commande hydraulique :

### ➤ Actionnement par actionneur hydraulique et fourchette

**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.

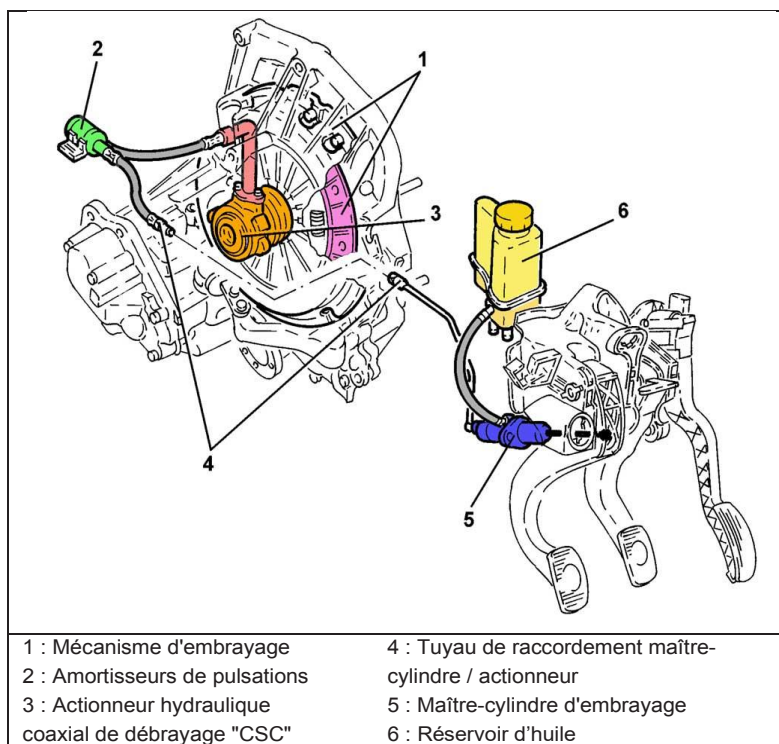
L'application de ce système permet de conserver les performances du système durant la vie opérationnelle de l'embrayage, c'est-à-dire en pratique que la course de la pédale d'embrayage ne varie pas lorsqu'elle s'use, et contribue à réduire le bruit et les vibrations transmises par la pédale.



### ➤ Actionnement CSC (coaxial shift clutch)

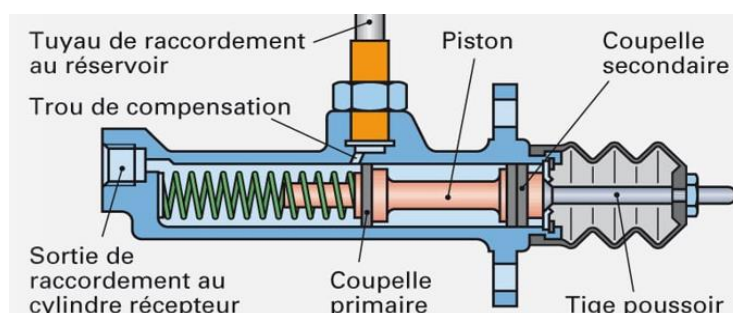
**CARACTERISTIQUES** : le système CSC est un système de débrayage de type hydraulique, dans lequel l'actionneur de débrayage est un cylindre annulaire monté sur la cloche d'embrayage, en position coaxiale par rapport à l'arbre primaire de boîte et intégré à la butée d'embrayage. L'action de débrayage 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 émetteur (Maitre-cylindre)

**CARACTERISTIQUES** : 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 coulisser 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.

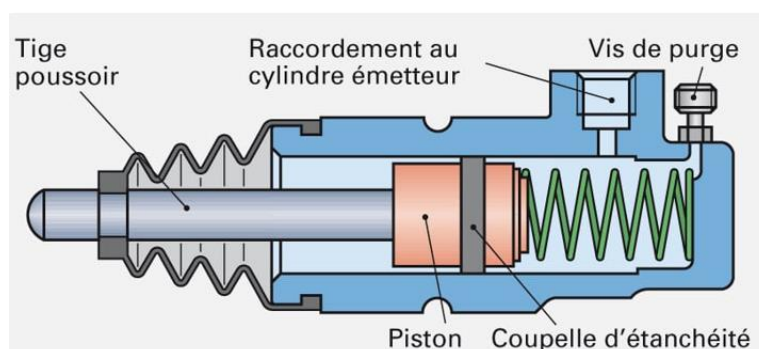
### Cylindre récepteur

Il sert à convertir en force la pression hydraulique produite dans le cylindre émetteur pour actionner le débrayage

*Il est constitué de :*

Carter ; Piston ; Vis de purge ; Tige de poussoir

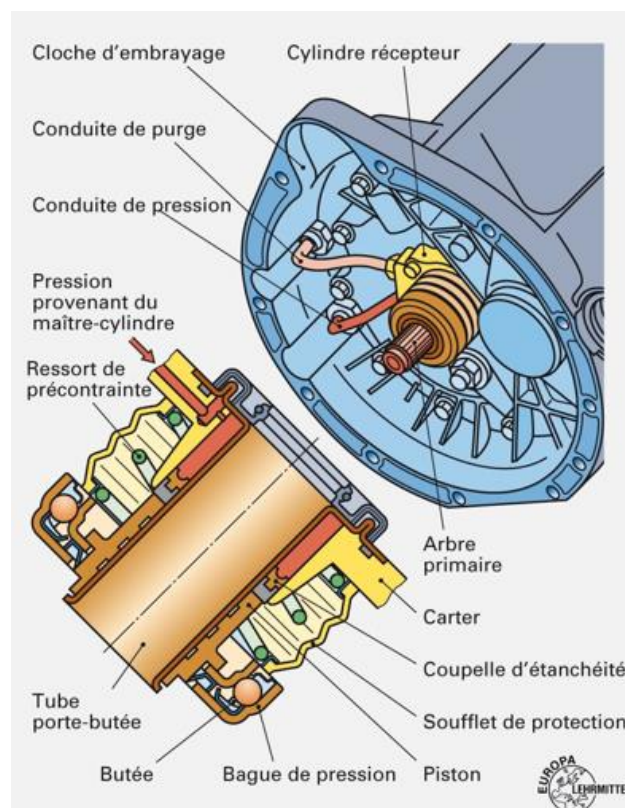
En raison de la pression du fluide, une force agit sur le piston. La tige de poussoir sort et actionne le levier de débrayage.



### ➤ Actionnement CSC (coaxial shift clutch) Butée hydraulique à guidage centrale

**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 enclenché.

**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.

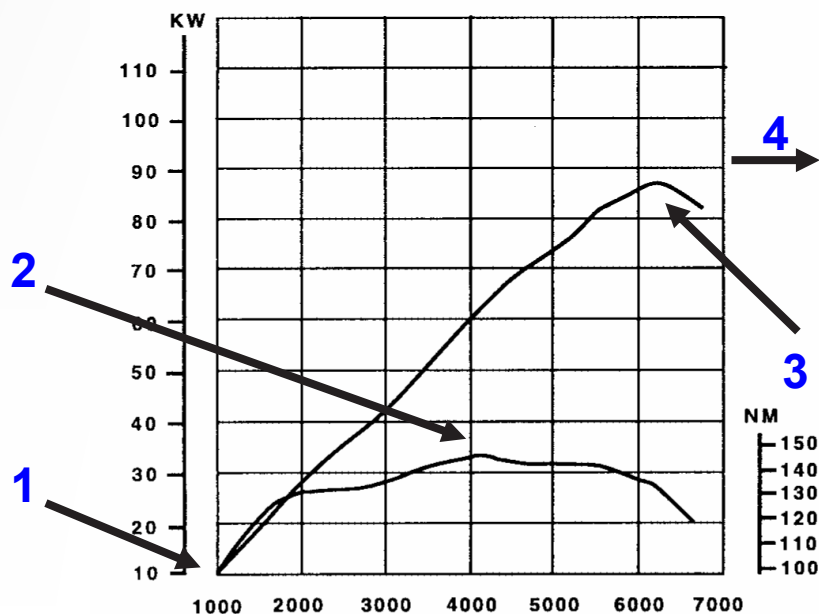


## • Boîte de vitesses manuelles BV

### 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.

### 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 accessoires. 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 PUISSANCE** : 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.

**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 "mécanique" (comme également la B.V. automatique non CVT) permet d'effectuer cette variation suivant des rapports discrets (c'est-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 inputs 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.

### Conditions à satisfaire

#### La boîte de vitesse doit permettre au véhicule :

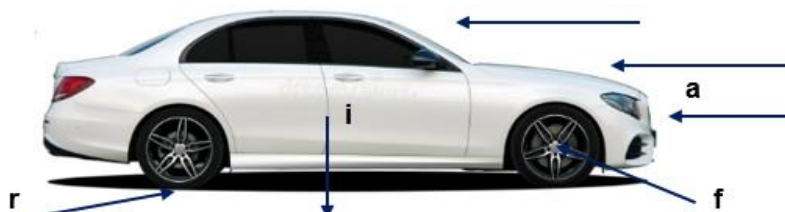
- De vaincre le **couple résistant** en adaptant le **couple moteur**
- De rouler à des vitesses **variables**, depuis son démarrage jusqu'à sa vitesse **maximum**
- De permettre le déplacement du véhicule en marche **avant** et **arrière**
- D'**isoler** la transmission pour permettre au véhicule de demeurer à l'arrêt moteur tournant (**le point mort**)

#### **Le couple résistant**

Il correspond à l'addition de l'ensemble des forces qui s'opposent à l'avancement du véhicule.

#### Il dépend principalement de :

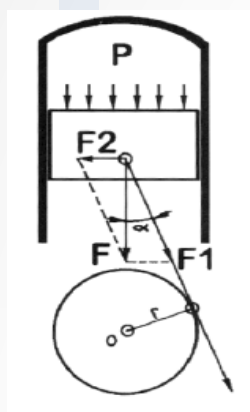
- La résistance au **frottement** (f) provenant des **engrenages** et **roulements** de la transmission
- La résistance au **roulement** (r) des roues provenant de la nature **des pneus** et de celle **du sol**
- La résistance de **l'air** (a), dont la pression exercée sur les surfaces plus ou moins verticales de l'avant du véhicule, crée une force
- L'**inertie** du véhicule (i) provenant du **poids** du véhicule



Direction de la Recherche et L'Ingénierie de Formation

### Rappels sur le couple moteur :

Le couple moteur est le produit de la force à la bielle par la longueur du bras de manivelle du vilebrequin



$$\text{Soit : } C_m = F_1 \times r$$

- $C_m \implies$  couple moteur en Newton – Mètre (N.m)
- $F_1 \implies$  force sur la bielle en Newton (N)
- $r \implies$  Longueur en mètre (m)

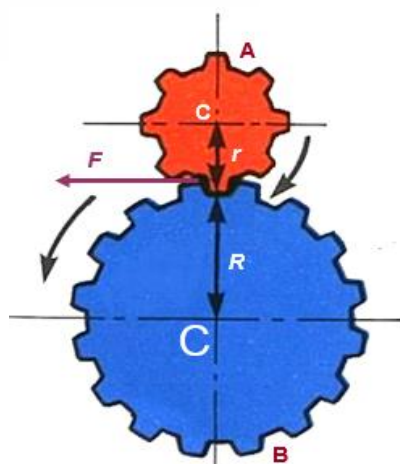
**Remarque :** Si le couple moteur est inférieur au couple résistant, le moteur cale

Les fonctions de la boîte de vitesse :

- Adapter le couple moteur au couple résistant grâce à différent rapport
- Permettre la marche AV et AR
- D'isoler la transmission pour permettre au véhicule de demeurer à l'arrêt moteur tournant (le point mort)

### Rapport de démultiplication (vitesse et couple) :

L'augmentation de couple est obtenue par l'utilisation de pignons de tailles différentes.



- Pignon « A » **menant** (moteur) :

- Il reçoit le couple moteur « C » ;
- La dent en prise de ce pignon transmet une force « F » telle que :

$$F = \frac{C}{r} \quad r = \text{rayon du pignon « A »}$$

- Pignon « B » **mené** :

- Sa dent correspondante reçoit la même force « F ».
- Cette dent va transmettre un couple tel que :

$$C = F \times R \quad R = \text{rayon du pignon « B »}$$

Si « R » est le double de « r » alors le couple de sortie est le double du couple d'entrée.

*Remarque :* - Quand le pignon « A » fait 1 tour, le « B » ne fait que 1/2 tour.

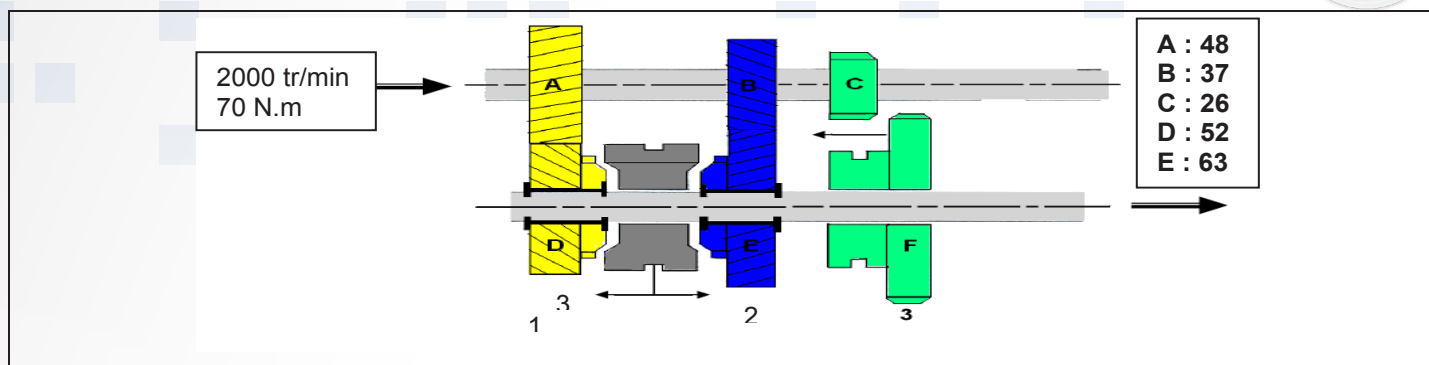
- Lorsque l'on multiplie le couple, on démultiplie la vitesse de rotation.

Le couple de sortie est égal à :

$$\text{Couple}_{\text{sortie}} = \text{Couple}_{\text{entrée}} \times \frac{\text{Nb de dents du pignon mené}}{\text{Nb de dents du pignon menant}}$$


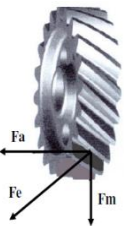

La vitesse de l'arbre de sortie est égale à :

$$\text{Vitesse}_{\text{sortie}} = \text{Vitesse}_{\text{entrée}} \times \frac{\text{Nb de dents du pignon menant}}{\text{Nb de dents du pignon mené}}$$









	Vitesse de sortie		Couple de sortie	
	Formule	Résultat	Formule	Résultat
1	$N_{\text{entré}} \times Z_C / Z_F$	$2000 \times 26 / 47 = 1106 \text{ tr/min}$	$C_{\text{entré}} \times Z_F / Z_C$	$70 \times 47 / 26 = 126 \text{ N.m}$
2	$N_{\text{entré}} \times Z_B / Z_E$	$2000 \times 37 / 63 = 1174 \text{ tr/min}$	$C_{\text{entré}} \times Z_E / Z_B$	$70 \times 63 / 37 = 119 \text{ N.m}$
3	$N_{\text{entré}} \times Z_A / Z_D$	$2000 \times 48 / 52 = 1846 \text{ tr/min}$	$C_{\text{entré}} \times Z_D / Z_A$	$70 \times 52 / 48 = 75 \text{ N.m}$

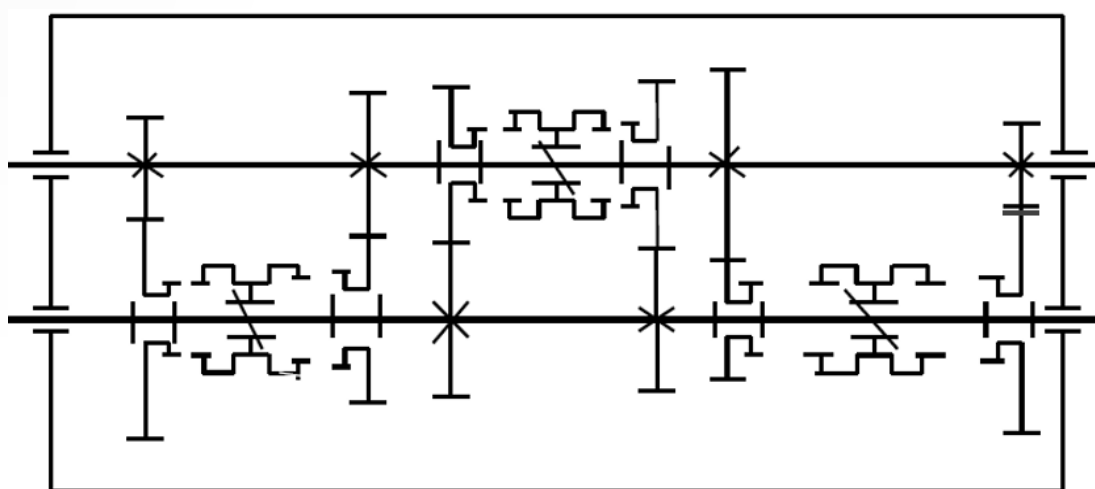
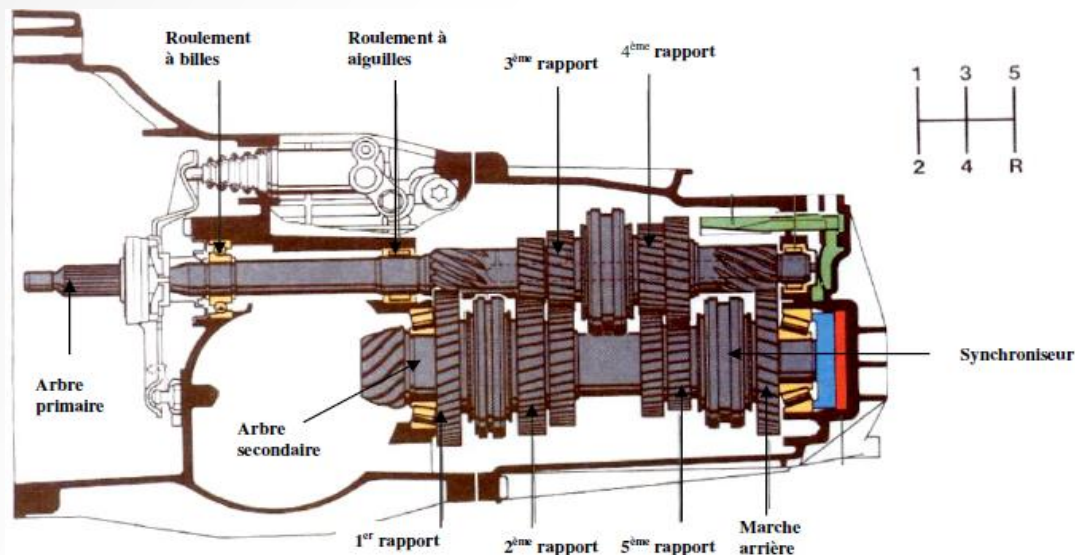
### Forme des dentures :

Pignon	Type de denture	Caractéristique
	Denture droite	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ce type de denture est souvent employé pour le pignon de marche arrière.</li> <li>- Une seule dent est en prise avec l'autre pignon.</li> <li>- L'effort du moteur passe brusquement d'une dent à l'autre, ce qui rend ce pignon bruyant et augmente l'usure</li> <li>- Il s'engrène par déplacement direct de pignon</li> <li>- La force F est perpendiculaire à la dent</li> </ul>
	Denture hélicoïdale	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ce type de denture présente l'avantage d'être plus silencieux que la denture droite, en créant moins de vibrations.</li> <li>- Les dentures hélicoïdales ont plusieurs dents simultanément en contact, ce qui permet de transmettre des efforts plus importants</li> <li>- En contrepartie ce type de denture engendre un effort axial dont l'intensité dépend de l'angle d'inclinaison de denture.</li> <li>- Les roulements ou les paliers doivent être dimensionnés pour reprendre cet effort.</li> </ul>
	Denture à chevron	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Développé par Citroën, elle présente tous les avantages de la denture hélicoïdale sans les inconvénients car elle ne génère aucun effort axial</li> <li>- Ce type de denture est peu utilisé car son coût de fabrication est très élevé.</li> </ul>

### Représentation schématique

	Type	Symbole	Mouvement	
			Translation	Rotation
	Fixe		0	0
	Fous		0	1
			0	1
			1	0

Exemple :



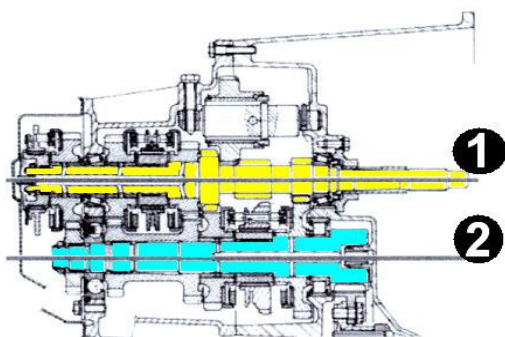
On distingue les boîtes de vitesses...

... d'après le flux de force interne

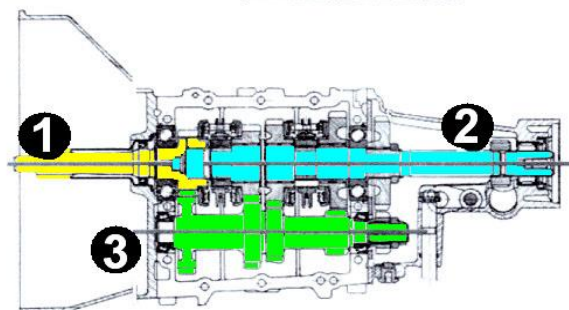
- Boîte avec arbre d'entrée et de sortie sur le même axe ;
- Boîte avec arbre d'entrée et de sortie sur deux lignes d'axe ;

...d'après leur disposition dans le véhicule :

- Longitudinale = même axe
- Transversale = sur deux lignes d'axes



**Configuration à 2 arbres**



**Configuration à 3 arbres**

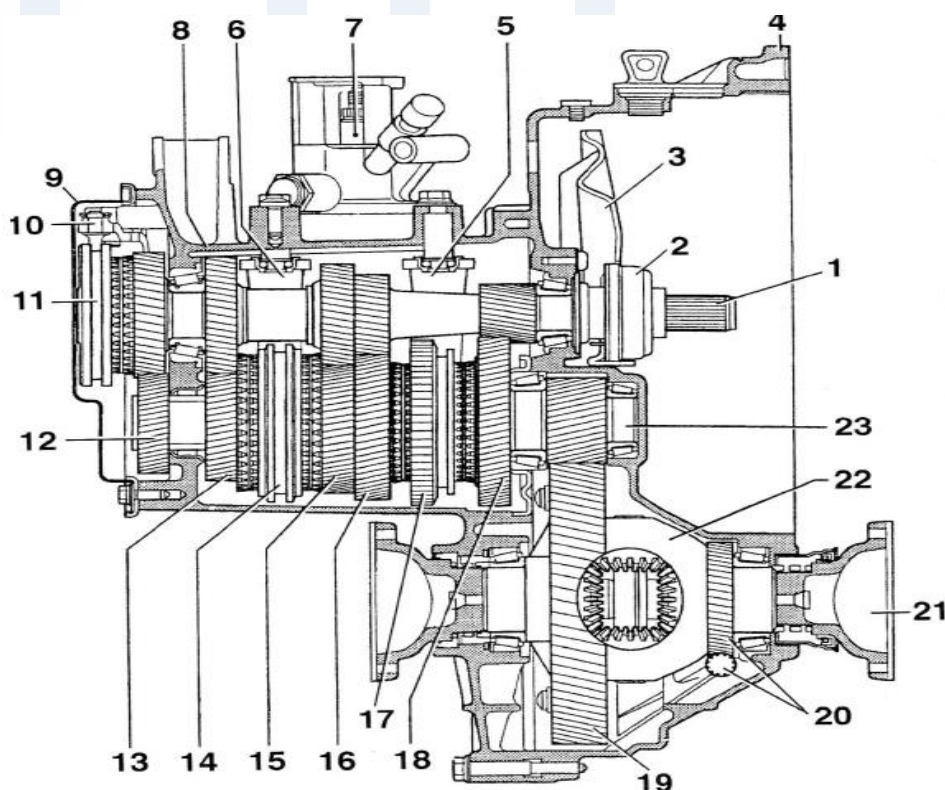
**1 : Arbre primaire** : il reçoit le couple moteur et la vitesse de rotation du vilebrequin par l'intermédiaire de l'embrayage

**2 : Arbre secondaire** : il transmet le couple modifié au pont

**3 : Arbre intermédiaire** : il transmet le mouvement de l'arbre primaire à l'arbre secondaire. Il se trouve uniquement sur les boîtes 3 arbres. (Propulsions)

## Constitution :

- 1 : Arbre primaire
- 2 : Butée
- 3 : Fourchette
- 4 : Cloche d'embrayage
- 5 : Fourchette de 1ère et 2ème Vitesse
- 6 : Fourchette de 3ème et 4ème Vitesse
- 7 : Commande
- 8 : Carter de boîte de vitesse
- 9 : Carter de 5ème Rapport
- 10 : Fourchette de 5ème rapport
- 11 : Baladeur de 5ème vitesse
- 12 : Pignon de 5ème vitesse
- 13 : Pignon de 4ème vitesse
- 14 : Baladeur de 3ème et 4ème Vitesse
- 15 : Pignon de 3ème vitesse
- 16 : Pignon de 2ème vitesse
- 17 : Baladeur de 1ère et 2ème Vitesse
- 18 : Pignon de 1ère vitesse
- 19 ; 20 ; 21 ; 22 ; Eléments de différentiel
- 23 : Arbre secondaire



**CONSTITUTION** : la **B.V.** est généralement constituée d'un carter à engrenages comprenant au moins un arbre d'entrée ou primaire, et un arbre de sortie ou secondaire 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.

**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 le bon synchroniseur 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.

## ➤ L'arbre primaire ou arbre d'entrée

### Conception

L'arbre primaire repose sur deux roulements à rouleaux coniques, dans le carter d'embrayage et dans le carter de boîte.

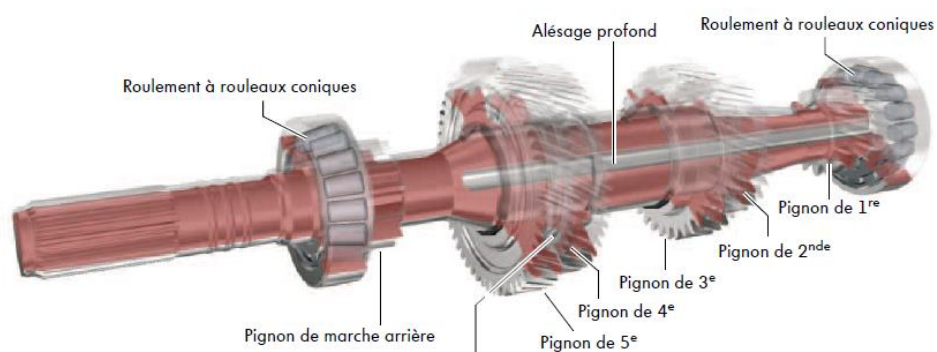
Il est monté en usine sans précontrainte. L'arbre primaire ainsi que les pignons des première et deuxième vitesses et le pignon de marche arrière (pignons fixes) sont fabriqués d'une seule pièce.

Les pignons de troisième, quatrième et cinquième vitesse sont fabriqués séparément, puis emmanchés à la presse sur l'arbre primaire.

La forme des pignons de quatrième et de cinquième vitesses, combinée à l'alésage profond de l'arbre primaire, contribuent à l'objectif de réduction du poids.

### Fonction

L'arbre primaire reçoit l'énergie motrice provenant du moteur et la transmet, par l'intermédiaire de la vitesse engagée au moment considéré, à l'arbre secondaire et au différentiel, jusqu'aux roues avant.



## ➤ L'arbre secondaire ou arbre de sortie

### Conception

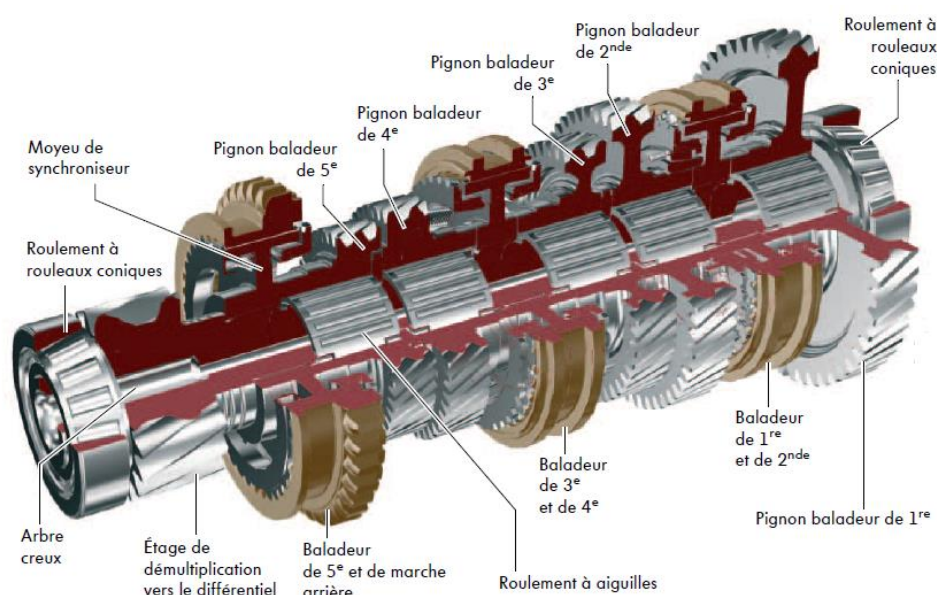
L'arbre secondaire comprend les baladeurs avec les moyeux de synchroniseur, les pignons baladeurs et l'étage de démultiplication vers le différentiel.

Pour réduire le poids de l'arbre secondaire, celui-ci est réalisé sous forme d'arbre creux. Il est équipé des mêmes roulements à rouleaux coniques que l'arbre primaire et passe dans le carter d'embrayage comme dans le carter de boîte. L'arbre est monté en usine sous précontrainte. L'arbre secondaire ne possède pas d'étagement radial, ce qui présente l'avantage que tous les roulements des pignons baladeurs sont identiques. Les pignons baladeurs sont montés sur des roulements à aiguilles ; leur poids est optimisé.

La 1<sup>re</sup> ainsi que les 3<sup>e</sup>, 4<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> sont à synchronisation simple. La 2<sup>de</sup> est à synchronisation double. Les moyeux de synchroniseur sont identiques de la 1<sup>re</sup> à la 4<sup>e</sup>.

### Fonction

À l'aide de ses pignons baladeurs, l'arbre secondaire permet d'obtenir les rapports de démultiplication correspondant aux différentes vitesses.



## ➤ La marche arrière

### Conception

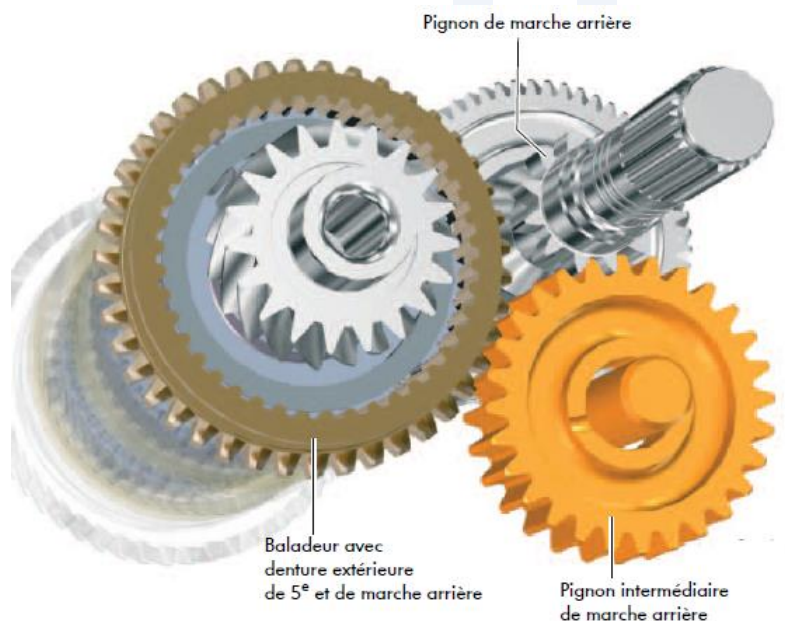
Le pignon de marche arrière fait partie intégrante de l'arbre primaire. Le pignon engrène avec un pignon intermédiaire, lequel est fixé sur un axe dans le carter d'embrayage à l'aide d'une cage d'aiguilles. Le passage de la marche arrière s'effectue au moyen du baladeur qui sert également à engager la cinquième vitesse.

Le pignon de marche arrière et le pignon intermédiaire de marche arrière sont constamment en prise.

Ce n'est que lorsque le baladeur et sa denture extérieure sont décalés sur l'arbre secondaire vers le pignon intermédiaire, et engrènent avec ce dernier, que la marche arrière est engagée.

### Fonction

Le pignon intermédiaire de marche arrière inverse le sens de rotation de l'arbre secondaire.



## ➤ La commande

### Conception

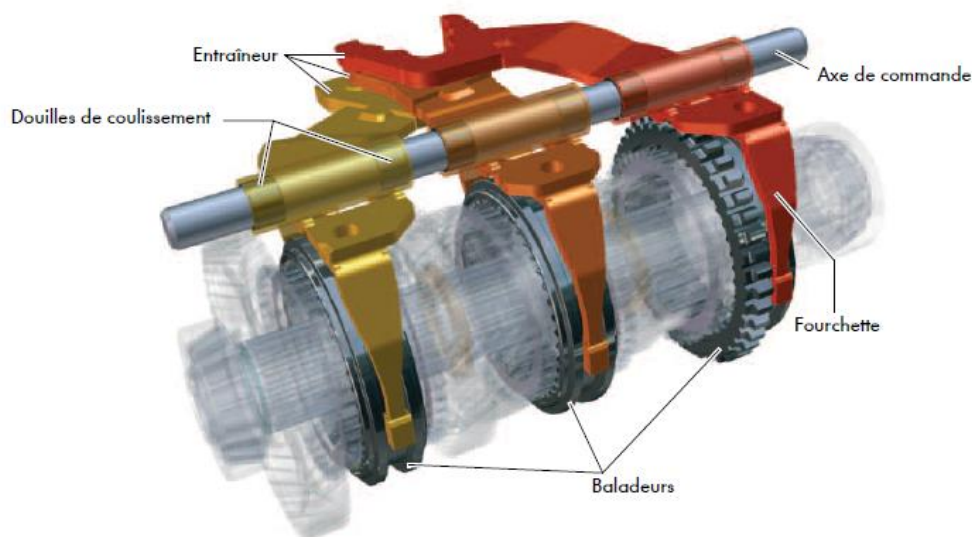
La commande par tringle se compose des éléments suivants :

- Trois fourchettes avec entraîneurs et douilles de coulissement intérieures
- Un axe de commande Les extrémités de l'axe de commande sont logées dans le carter d'embrayage et le carter de boîte.

Les fourchettes sont montées sur l'axe de commande et s'y déplacent dans le sens axial. Les fourchettes, qui sont solidaires des entraîneurs, s'engagent dans les baladeurs et les décalent.

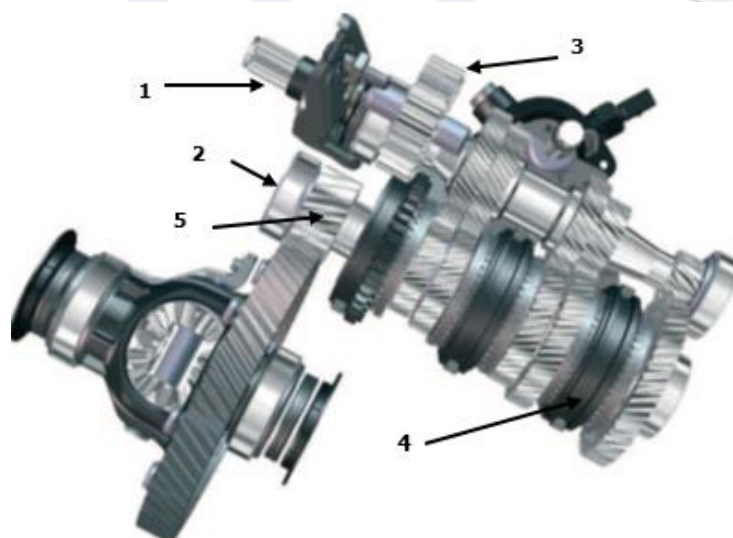
### Fonction

La commande par tringle transmet les mouvements de l'arbre de commande aux baladeurs de l'arbre secondaire. Les baladeurs engrènent avec les pignons correspondants et engagent ainsi les vitesses.

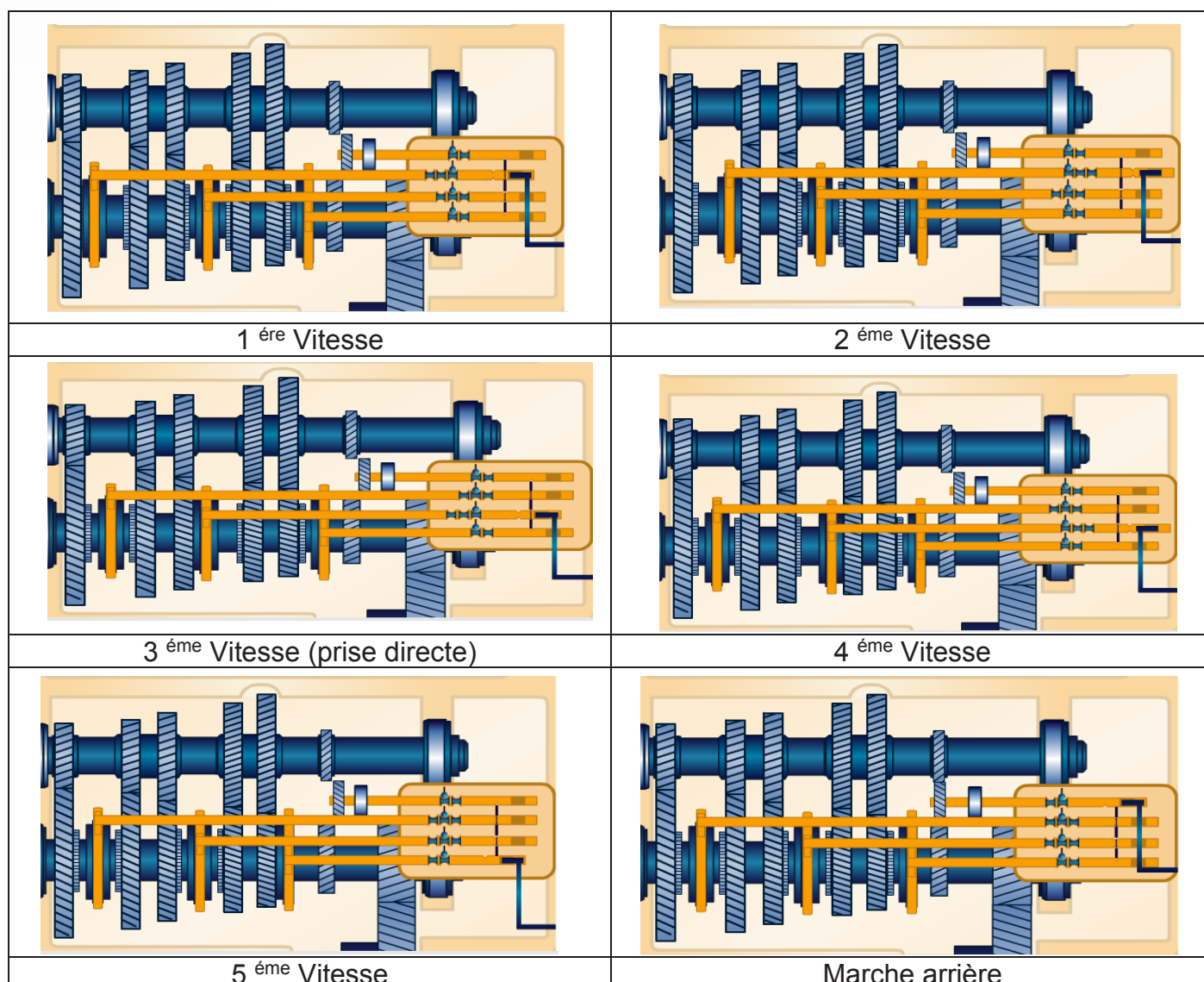


## Configuration à 2 arbres :

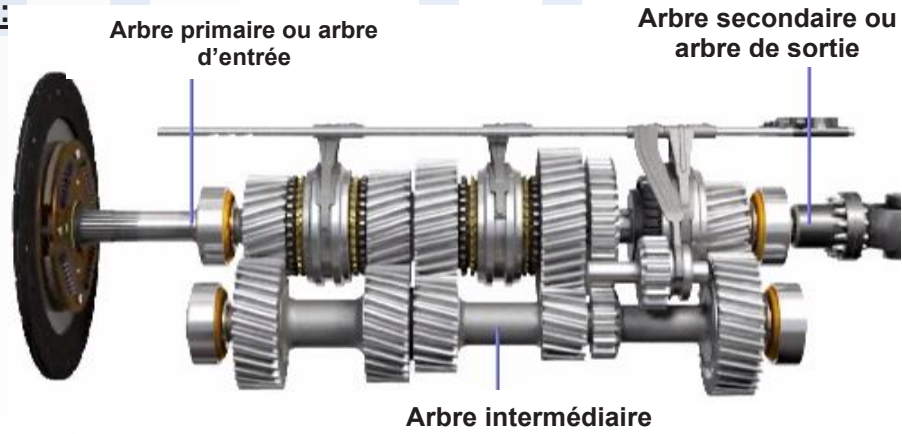
- 1 : Arbre primaire
- 2 : arbre secondaire
- 3 : Pignon intermédiaire de la marche AR
- 4 : Baladeur
- 5 : Pignon d'attaque



### Le cheminement de la puissance entre l'arbre primaire et l'arbre secondaire



## Configuration à 3 arbres :



<p>1<sup>ère</sup> Vitesse</p>	<p>2<sup>ème</sup> Vitesse</p>	<p>3<sup>ème</sup> Vitesse</p>
<p>4<sup>ème</sup> Vitesse (prise directe)</p>	<p>5<sup>ème</sup> Vitesse</p>	<p>Marche arrière</p>

### Principe de fonctionnement

Dans ces boîtes, l'arbre primaire et l'arbre secondaire sont situés sur le même axe

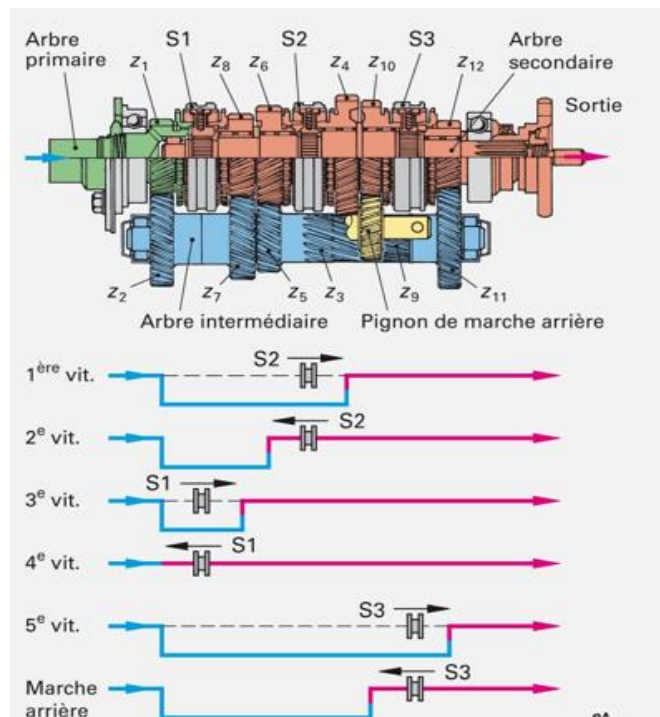
Elles sont installées dans les véhicules à propulsion avec moteur avant et sont également destinées par les terme de « boîte a trois arbres » arbre primaire, arbre secondaire et arbre intermédiaire.

**Arbre primaire :** il est relié au disque d'embrayage et entraine l'arbre intermédiaire par le pignon Z1

**Arbre intermédiaire :** Il forme, avec les pignons Z2, Z3, Z5, Z7, Z9 et Z11 un groupe de pignon fixes

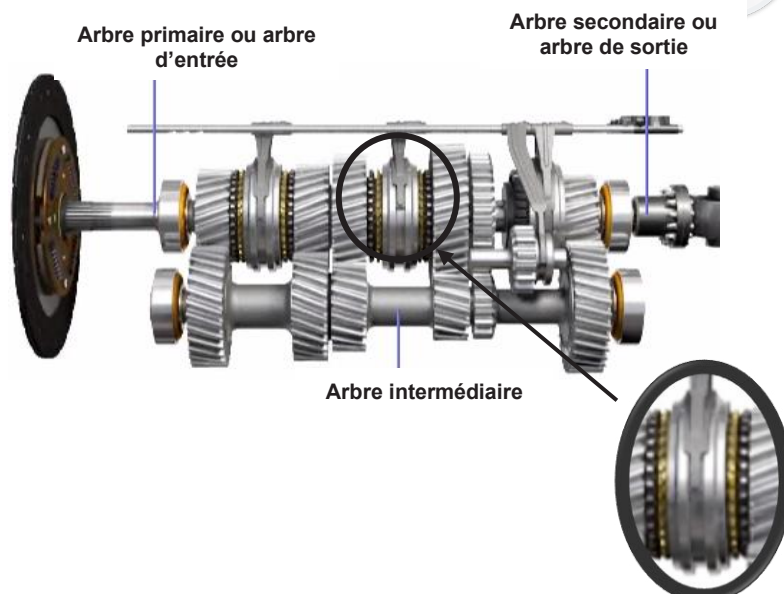
**Arbre secondaire (arbre de sortie) :** Les pignon fous Z4, Z6, Z8, Z10, Z12. Se trouvent sur cet arbre.

Pour passer les rapports, les baladeurs S1, S2 et S3 couissent à gauche et à droite, reliant ainsi par crabotage un pignon fixe avec un pignon fou de l'arbre secondaire.

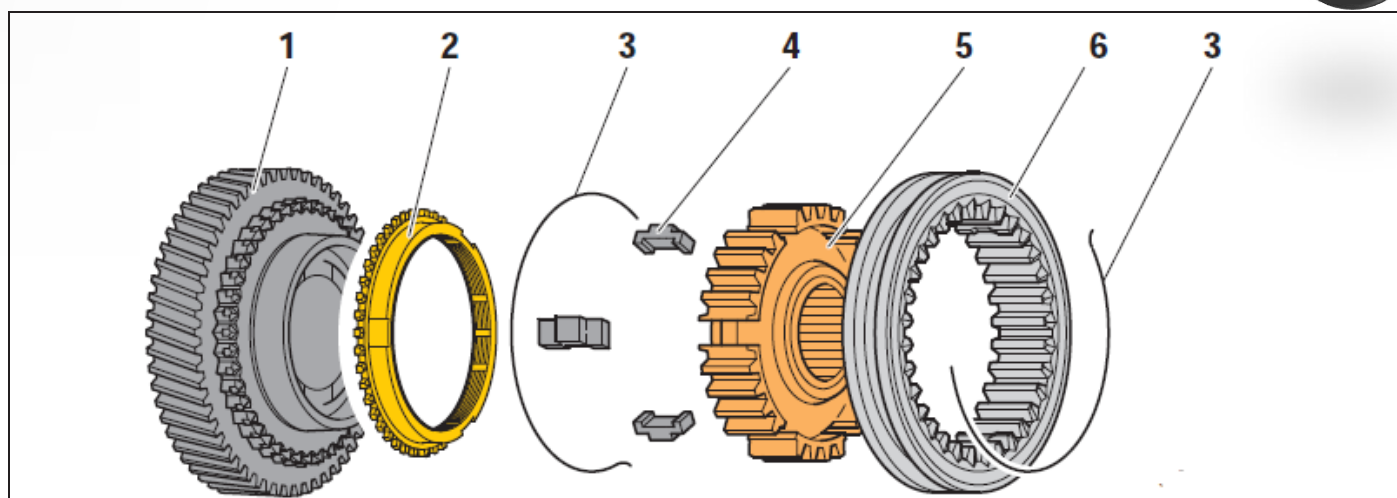


## La synchronisation

Avant qu'un pignon situé sur l'arbre primaire ne soit amené en prise avec un pignon situé sur l'arbre secondaire par le moyeu synchroniseur et les baladeurs, il faut que les pignons aient la même vitesse (qu'ils soient synchronisés, donc). Cela est réalisé durant le passage des vitesses par un cône sur le pignon et sur le baladeur du moyeu de synchroniseurs.



## Constitution



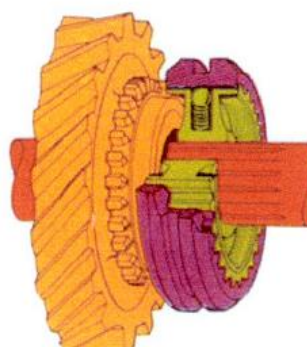
1 : Le pignon fou	2 : L'anneau de synchro	3 : Ressorts 4 : Clavettes	5 : Le moyeu	6 : Le baladeur
Le pignon fou sur l'arbre, il porte le cône mâle de friction et une denture de Crabotage	Il constitue le cône femelle de friction Il possède trois encoches à 120° pour recevoir les trois clavettes	Cet ensemble assure le déplacement souple de l'anneau de synchro quand le baladeur est mis en action	Il est totalement lié à l'arbre Il permet le coulissement du baladeur et assure le maintien des trois clavettes disposées à 120° et de leur 2 ressorts circulaires	C'est l'élément d'accouplement qui rend solidaire le pignon fou avec l'arbre par l'intermédiaire du moyeu

## Position repos

- Le pignon est fou sur l'arbre
- Le baladeur, l'anneau de synchro et le moyeu sont solidaires en rotation et tournent à la même vitesse que l'arbre

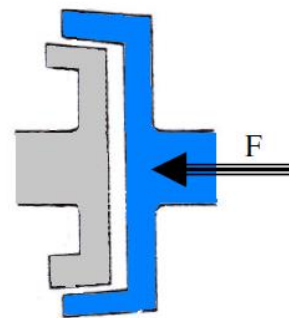
Direction de la Recherche et L'Ingénieur

Métiers De L'Automobile I I  
TRANSMISSION DE PUISSA



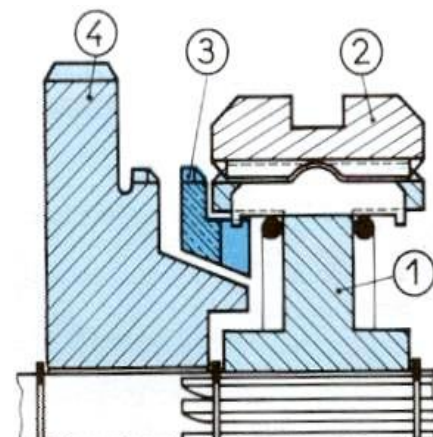
## Fonctionnement

- Le synchroniseur est un embrayage à friction conique de faible pente
- Il permet pour une faible force  $F$  de transmettre un couple très important



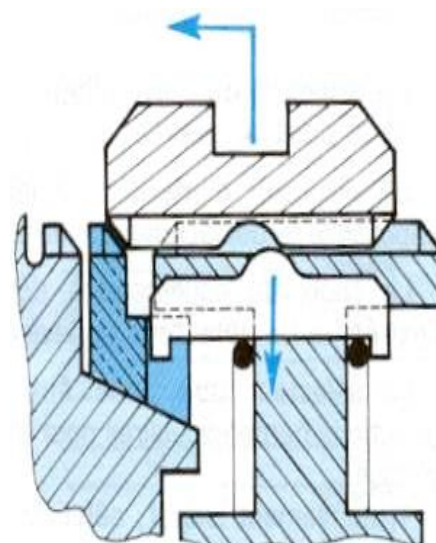
### ➤ Mise en action

- 1. Moyeu lié à l'arbre
- 2. Le baladeur à denture droite intérieure liée en rotation avec le moyeu et libre en translation
- 3. L'anneau de synchro (dispositif de friction) interposé entre le baladeur et le pignon à engrener
- 4. Le pignon fou comportant une denture latérale à crabots et l'élément de friction male



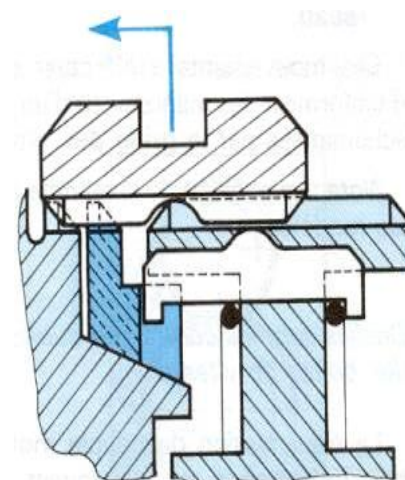
### ➤ Position synchronisation

- Lorsque le conducteur déplace son levier, la fourchette déplace le baladeur
- En se déplaçant sur les cannelures du moyeu, le baladeur entraîne l'anneau de synchro (dispositif de friction) et le plaque contre le cône male de friction du pignon.
- Les surfaces en contacts agissent comme un embrayage, accélérant progressivement le pignon fou, jusqu'à obtenir les mêmes vitesses de rotation.



### ➤ Position crabotage

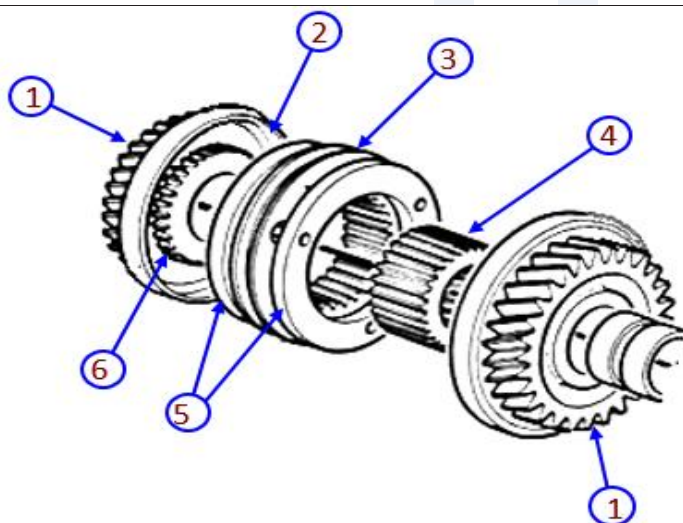
- L'ensemble tourne à la même vitesse et le conducteur exerce un léger effort
- Le baladeur vient s'engrener sur les crabots du pignon fou et de l'anneau de synchro
- Le pignon fou devient solidaire de l'arbre



## Le synchroniseur NEW PROCESS,

### Description

N°	Désignation
1	Pignon fou
2	Cône femelle
3	Baladeur
4	Moyeu
5	Cônes males
6	Denture de crabotage

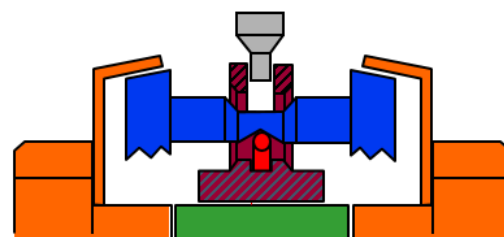


### Fonctionnement

- Les synchroniseurs présentent trois phases de fonctionnement :
- 1ère phase : - mise en contact des cônes de friction
- 2ème phase : - synchronisation, interdiction
- 3ème phase : - crabotage

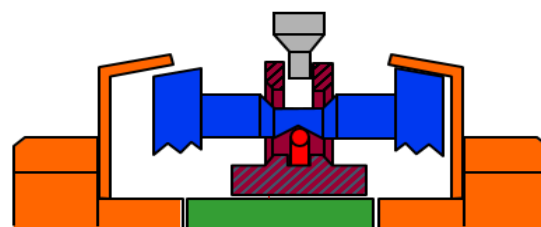
#### ➤ Position point mort

- Le baladeur est maintenu en position milieu par la commande de sélection.



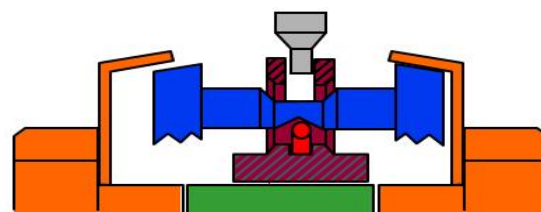
#### ➤ 1ère phase : Mise en contact des cônes

- Par l'intermédiaire de la commande de sélection, le conducteur déplace le baladeur.
- Le cône de l'anneau de synchronisation entre en contact avec le cône du pignon fou



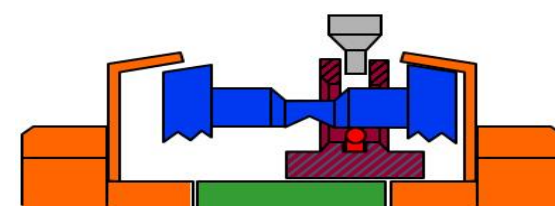
#### ➤ 2ème phase : - synchronisation, interdiction

- Le synchroniseur est en appui contre le cône du pignon fou. Si leurs vitesses de rotation respectives sont différentes, le synchroniseur est entraîné par le pignon.
- Tout effort supplémentaire sur le baladeur augmente la pression sur les cônes. Le couple de freinage augmente ; l'interdiction est renforcée.



#### ➤ 3ème phase : - crabotage

- La synchronisation étant réalisée, il n'y a plus de couple de freinage ; rien n'empêche le baladeur de continuer son mouvement et de rendre solidaire le pignon avec le moyeu du synchroniseur.

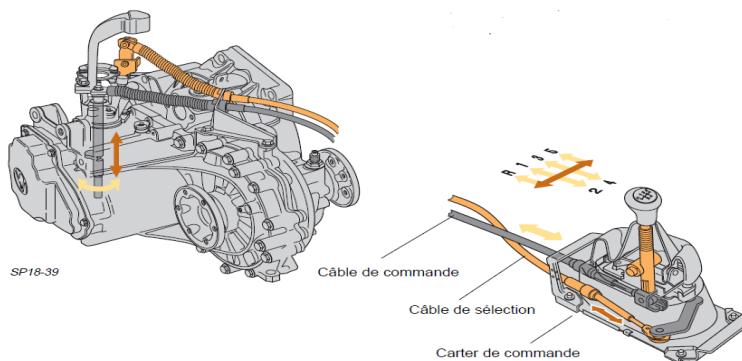


## Commande de la boîte de vitesse

La sélection se fait à l'aide du levier de vitesse. Le levier de vitesse est relié à un mécanisme qui sélectionne différentes vitesses à l'intérieur de la boîte

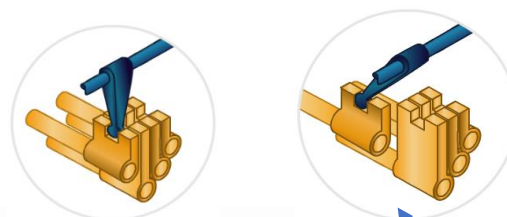
Cette liaison peut se faire de façons suivantes :

- **Directe** : le levier de vitesse est relié directement à la boîte de vitesse.
- **Liaison par sélecteur de vitesse** : le levier de vitesses est relié à la boîte de vitesse par une tringlerie (dispositif de tiges et biellettes)
- **Câble** : des câbles relient le levier de vitesses à la boîte de vitesses.



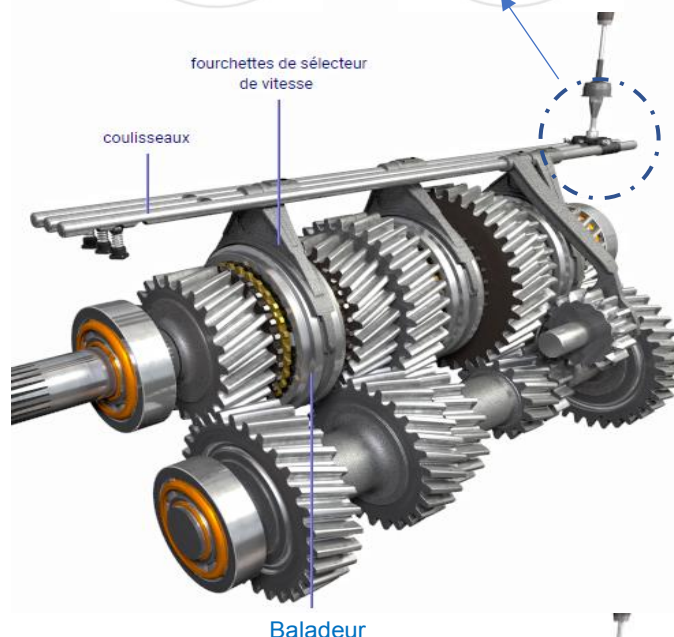
## Le doigt de sélection

Le doigt de sélection sert à choisir l'encoche de l'axe de fourchette du rapport sélectionné, et à l'entraîner dans un sens ou autre pour engager le rapport



## Coulisseaux et fourchettes :

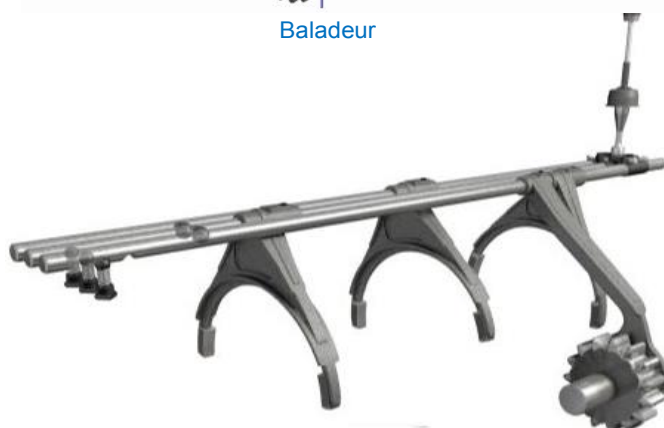
Pour sélectionner une vitesse, la couronne du synchroniseur (baladeur) doit être déplacée. Le baladeur est actionné par une fourchette de sélection de vitesse. Cette fourchette est montée dans une rainure usinée dans le baladeur



Une fourchette de sélection est montée sur chaque coulisseau.

Il existe deux types de coulisseaux

- **Fixe** : la fourchette de sélection est déplacée le long de l'axe (coulisseau)
- **Mobile** la fourchette est fixée au coulisseau. Le coulisseau en entier, est déplacée avec la fourchette



## Dispositif de verrouillage

Pour conserver le coulisseau (ou axe de sélection) en place, on utilise un dispositif de verrouillage. Chaque

Coulisseau dispose de son propre dispositif de verrouillage. Les irrégularités de la surface de la route peuvent

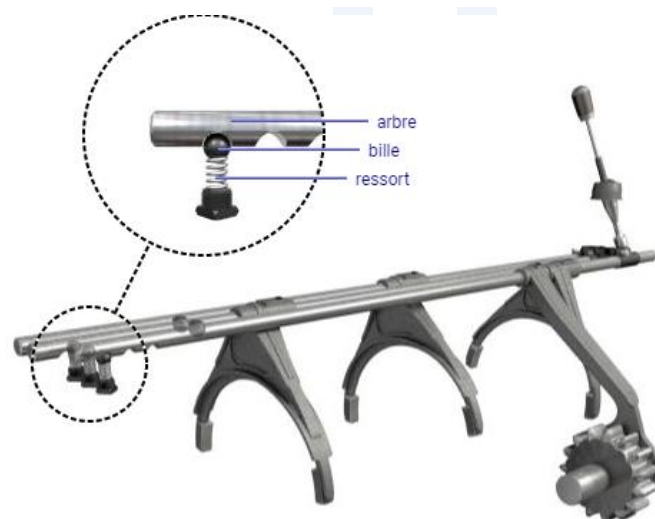
Entrainer des vibrations à l'intérieur de la boîte de vitesses, Celles-ci peuvent à leur tour, entrainer un désengagement

Indésirable d'un rapport de vitesse

Une bille est comprimée par le biais d'un ressort. Il existe trois encoches, dans lesquelles la bille peut être poussée

L'encoche du milieu est désignée pour le point mort, les encoches externes sont pour des rapports de vitesses

Spécifiques.

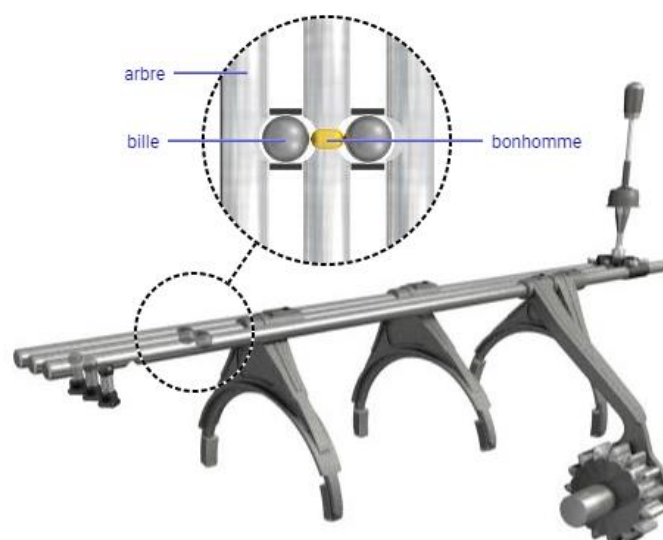


## Dispositif de d'interdiction :

Un dispositif de verrouillage évite l'engagement de deux rapports en même temps entrainerait la détérioration de la boîte de vitesses.

Ce dispositif de verrouillage consiste en un bonhomme et deux billes. Lorsqu'un coulisseau est déplacé, le

Bonhomme et les billes empêchent l'autre coulisseau de se déplacer.



### III. SYSTEME DE TRANSMISSION ROBOTISEE

#### Introduction :

Le flux de force est interrompu automatiquement par le débrayage et rétabli par **l'embrayage automatisée**

Le changement de vitesse permettant de modifier la transmission et le sens de rotation est effectué à la main par actionnement du levier de vitesse

#### Embrayage automatisée

Il s'agit d'un système de commande automatique dans lequel le débrayage et l'embrayage sont réalisés par un boîtier électronique grâce à des signaux provenant de capteurs.

Le conducteur ne devant pas embrayer ou débrayer, la pédale de débrayage n'est plus nécessaire.

Les signaux de capteurs qui influencent le procédé de

Commande sont :

- Contacteur d'allumage ;
- Régime moteur ;
- Identification du rapport engagé ;
- Identification de l'intention de changer les rapports ;
- Cours de débrayage ;
- Position de la pédale d'accélérateur ;
- Vitesse du véhicule ;
- Signaux ABS/ASR

#### Conception

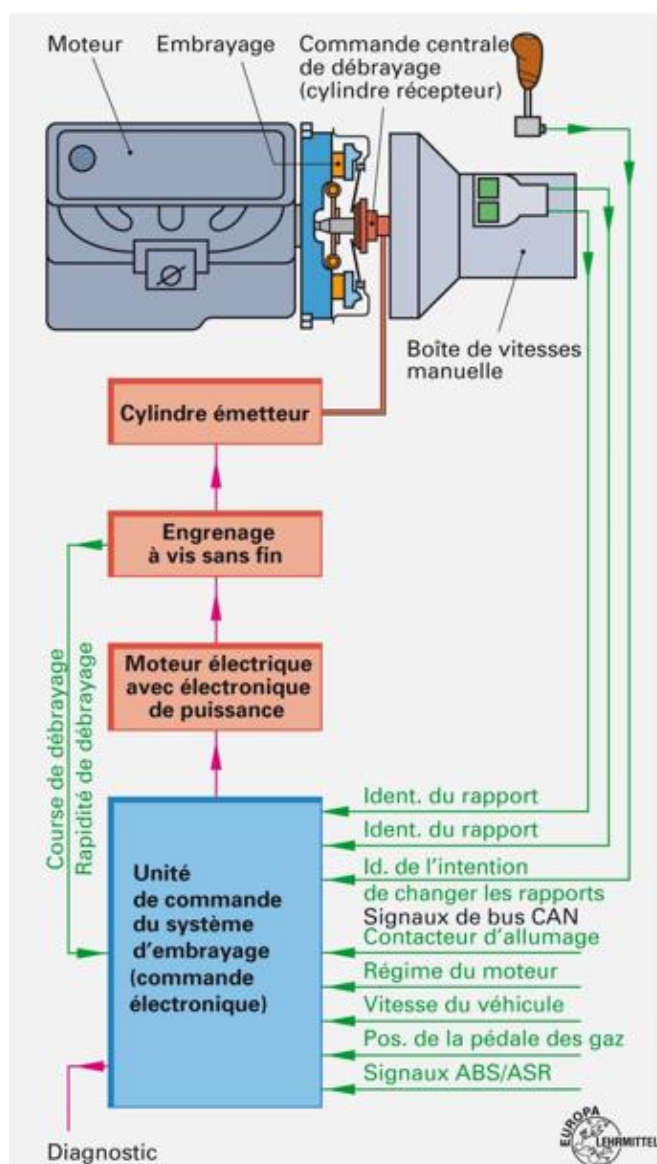
Composants du système d'embrayage

- Embrayage : monodisque autorégulant avec commande centrale de débrayage hydraulique.
- Capteurs pour l'identification de l'intention de changer les rapports, l'identification des régimes, la course et la rapidité du débrayage.
- Unité de commande du système de débrayage
- Actuateurs (organes de réglage) :
  - Moteur électrique et engrenage à vis sans fin.
  - Cylindre émetteur, cylindre récepteur, butée hydraulique centrale de débrayage.

#### **Identification de l'intention de changer les rapports,**

Elle est donnée par un capteur (potentiomètre rotatif placé sur levier de changement de vitesses

**Identification des rapports.** Elle est saisie par deux capteurs d'angle de rotation qui repèrent la position de la timonerie de changement de rapport dans la boîte de vitesses. L'unité de commande de l'embrayage reçoit aussi, par le bus CAN, des signaux venant du boîtier de gestion du moteur et de l'appareil de commande ABS/ASR.



### Fonctionnement :

Afin de saisir chaque état de fonctionnement du système, l'unité de commande reçoit, par les capteurs, des Signaux d'entrée qui sont traités à l'aide d'un logiciel d'embrayage qui les transmet aux actuateurs.

L'embrayage s'ouvre ou se ferme conformément aux signaux reçus par les actuateurs.

**Démarrage.** La centrale de commande calcule, en fonction des signaux d'entrées reçus (p.ex. fréquence de rotation des roues, régime du moteur et régime de la boîte de vitesse) la progression parfaite pour le démarrage.

### Changement de rapport :

Changement de rapport. Le capteur du levier de changement de vitesses transmet l'intention du conducteur de changer de rapport. Au moyen d'un moteur électrique à engrenage à vis sans fin, L'unité de commande met en mouvement le piston du cylindre émetteur qui produit la pression hydraulique. Par l'intermédiaire du cylindre récepteur, cette pression commande la butée et débraye. Après le changement de rapport, les capteurs d'identification indiquent quel est le rapport engagé.

Ensuite, la centrale de commande envoie un signal au moteur électrique à engrenage à vis sans fin qui provoque la fermeture de l'embrayage.

La pédale d'accélérateur ne doit pas nécessairement être lâchée lors du changement de rapport. Le débit d'injection est réduit automatiquement et ensuite rétabli.

### Conduite normale.

Pour amortir les vibrations de torsion, la centrale de commande détermine, à partir des signaux de régime du moteur et de régime d'entrée de la boîte de vitesses, la différence des régimes, si nécessaire, commande un ajustage contrôlé du glissement.

### Transfert de charge :

Lorsque la pédale d'accélérateur est actionnée brusquement, l'oscillation croissante du véhicule (effet « Bonanza ») est limitée car l'embrayage s'ouvre pour un bref instant. Il est ainsi possible d'accélérer sans à-coups.

### Descente des rapports sur route glissante.

Le signal des roues motrices bloquées est traité par la centrale de commande de telle sorte que l'embrayage s'ouvre au début du blocage et libère les roues.

### Caractéristiques

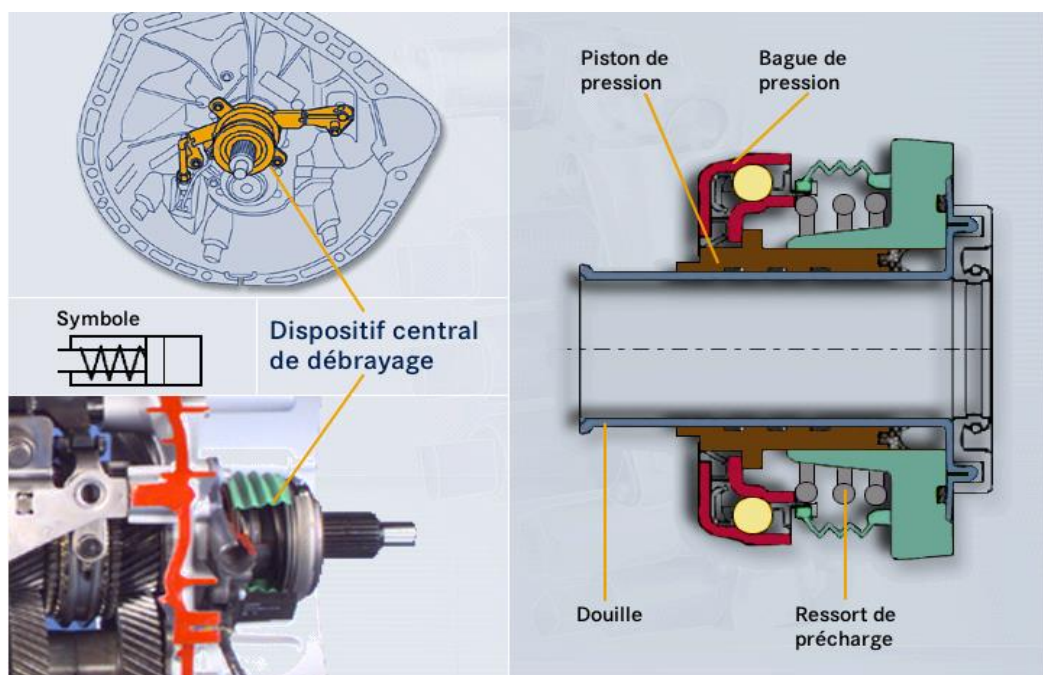
- Aucune pédale d'embrayage.
- Meilleur comportement à l'usure des garnitures d'embrayage et de la butée de débrayage.
- Le moteur ne cale pas au démarrage et au freinage.
- Les vibrations de torsion du moteur sont amorties par un glissement de l'embrayage
- Pas de réaction perturbante au transfert de charge.

Exemples pour des systèmes d'embrayage électroniques :

**EKS** : Système d'embrayage électronique ;

**EKM** : Gestion électronique d'embrayage ;

**AKS** : Système d'embrayage automatique.



## Boite de vitesse robotisée

Il s'agit d'une boîte de vitesses à 6 rapports équipée d'un robot électrohydraulique. Ce dernier permet d'automatiser les fonctions embrayage/débrayage et changement de rapports. Il effectue les changements de rapports via les leviers de sélection et d'engagement de la commande de boîte de vitesses manuelle de base.

Le carter de la boîte de vitesses « classique » a subi des modifications afin de recevoir les points de fixation du module de robotisation ainsi qu'un capteur de vitesse d'arbre primaire.

La commande de l'embrayage, ainsi que la sélection et l'engagement d'un rapport sont assurés par l'ensemble électrohydraulique. Cet ensemble est géré par le calculateur de la BVR.

### Les prestations du conducteur

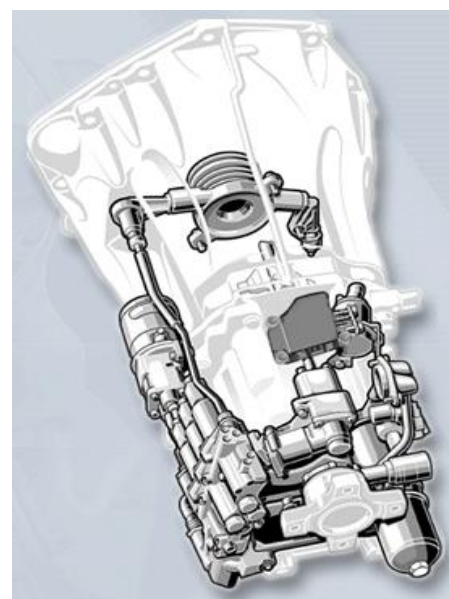
Le conducteur dispose des éléments suivants pour utiliser ce type de transmission :

- Le levier de vitesses,
- L'afficheur,
- L'interrupteur « NEIGE », -
- L'interrupteur « CHARGE », -
- Le bruiteur (intégré à l'afficheur).

### Levier de vitesses

Le levier de vitesses permet au conducteur de :

- Demander des changements de rapports (montants ou descendants),
- Demander le passage d'un rapport particulier (neutre ou marche arrière)
- Basculer entre le mode automatique et le mode manuel



- **Pompe hydraulique**

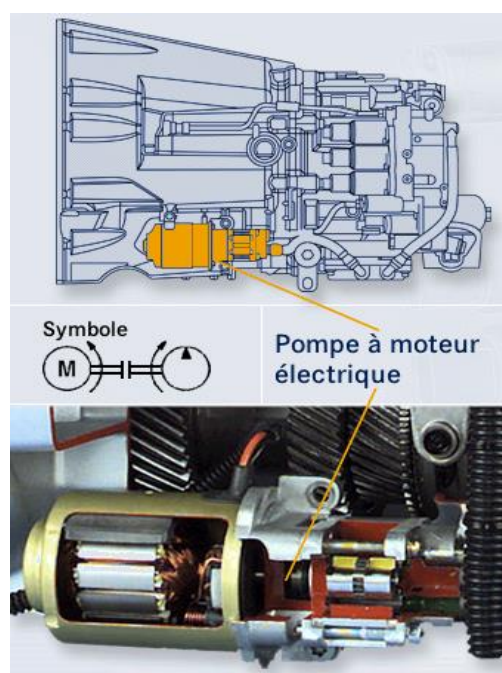
La pompe hydraulique génère le débit nécessaire à la charge de l'accumulateur. Il s'agit d'une pompe à engrenage entraînée par un moteur électrique. Ce dernier reçoit son alimentation d'un relais piloté par le calculateur.

- **Accumulateur de pression**

En conservant une quantité de liquide sous pression, l'accumulateur absorbe les variations de pression. Il permet un fonctionnement intermittent de la pompe. De plus, il permet en cas de dysfonctionnement de la pompe, de pouvoir sélectionner plusieurs fois les rapports après l'allumage du témoin de défaut.

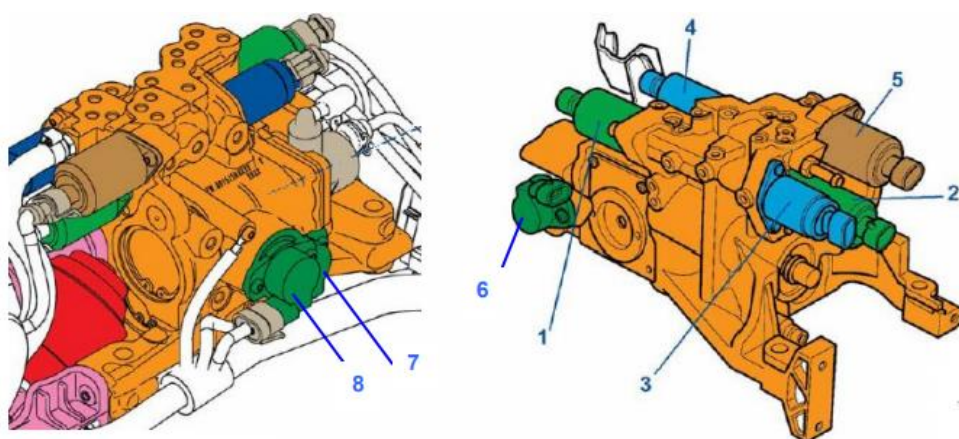
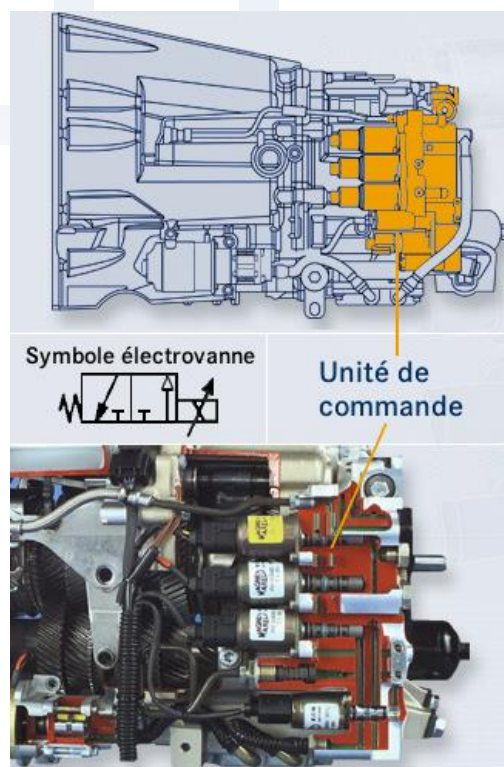
- **Capteur de pression**

Ce capteur de type PIEZO mesure la pression du circuit hydraulique. Grâce à cette information, le calculateur active ou désactive la pompe afin de réguler la pression.



- **Unité de commande**

L'obtention des rapports s'effectue grâce : - au vérin de sélection alimenté par les électrovannes EV3 et EV4 et son capteur de position, - au vérin d'engagement alimenté par les électrovannes EV1 et EV2 et son capteur de position. - au vérin d'embrayage alimenté par l'électrovanne EV0 et son capteur de position

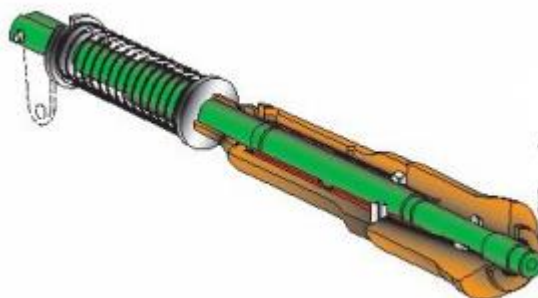


- 1 EV1 : électrovanne d'engagement de rapport.
- 2 EV2 : électrovanne d'engagement de rapport.
- 3 EV3 : électrovanne de sélection de ligne.
- 4 EV4 : électrovanne de sélection de ligne.
- 5 EV0 : électrovanne embrayage.
- 6 Capteur de sélection.
- 7 Capteur d'engagement.
- 8 Capteur d'embrayage

- **Sélection des rapports**

- **Vérin de sélection**

Ce vérin permet de positionner la commande face au rapport sélectionné. Il est alimenté en huile par les électrovannes 3 et 4.



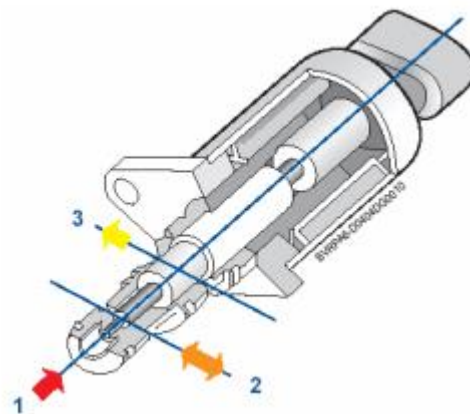
- **Capteur de position du vérin de sélection**

Ce potentiomètre (1) mesure le déplacement du vérin de sélection. Il est implanté sur le corps du module actionneur. Le calculateur utilise cette information pour positionner le doigt de sélection.



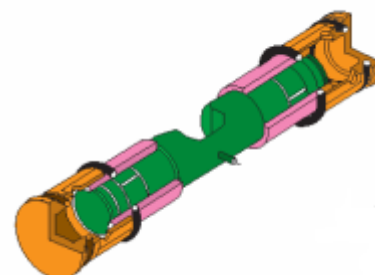
- **Electrovannes de sélection**

Au nombre de 2, elles permettent l'alimentation du vérin de sélection. Elles sont commandées par le calculateur

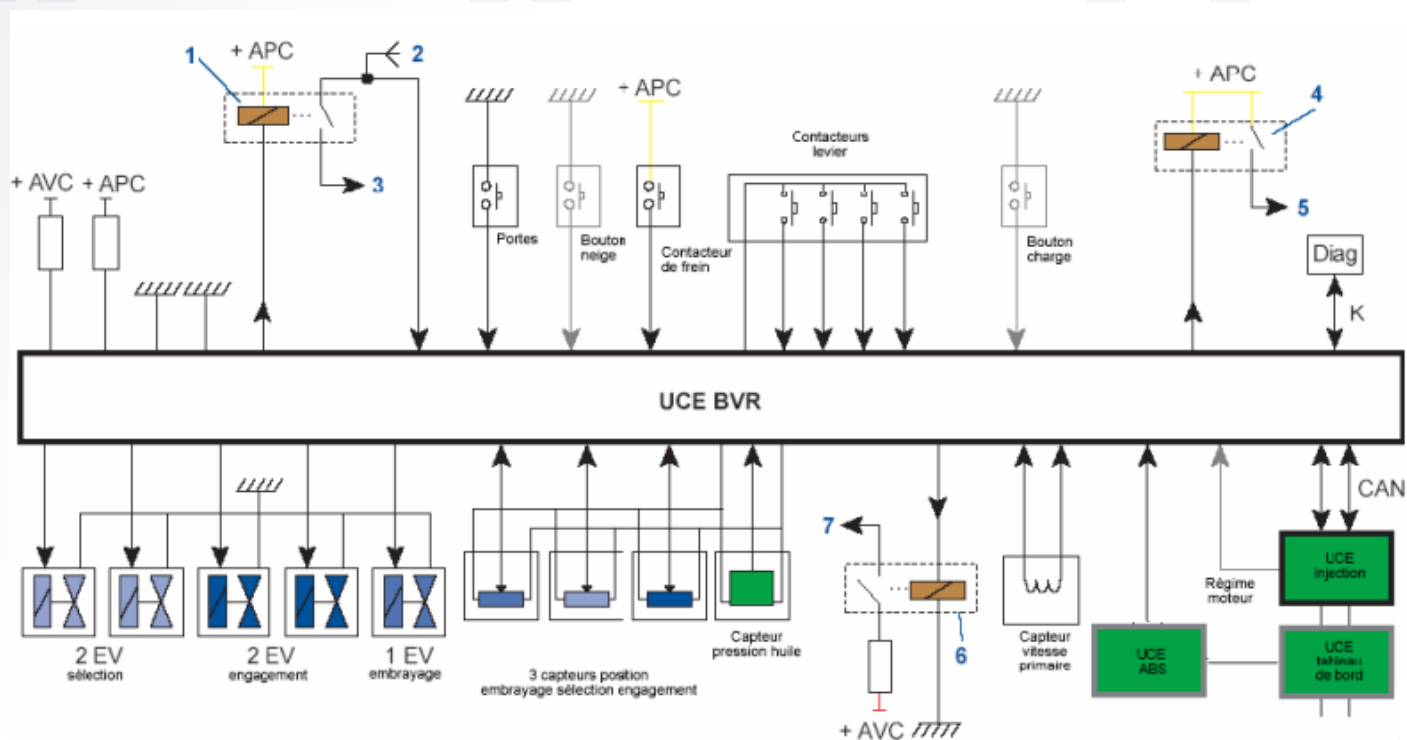


- **Vérin d'engagement**

Alimenté en huile par les électrovannes proportionnelles 1 et 2, il permet d'engager le rapport sélectionné

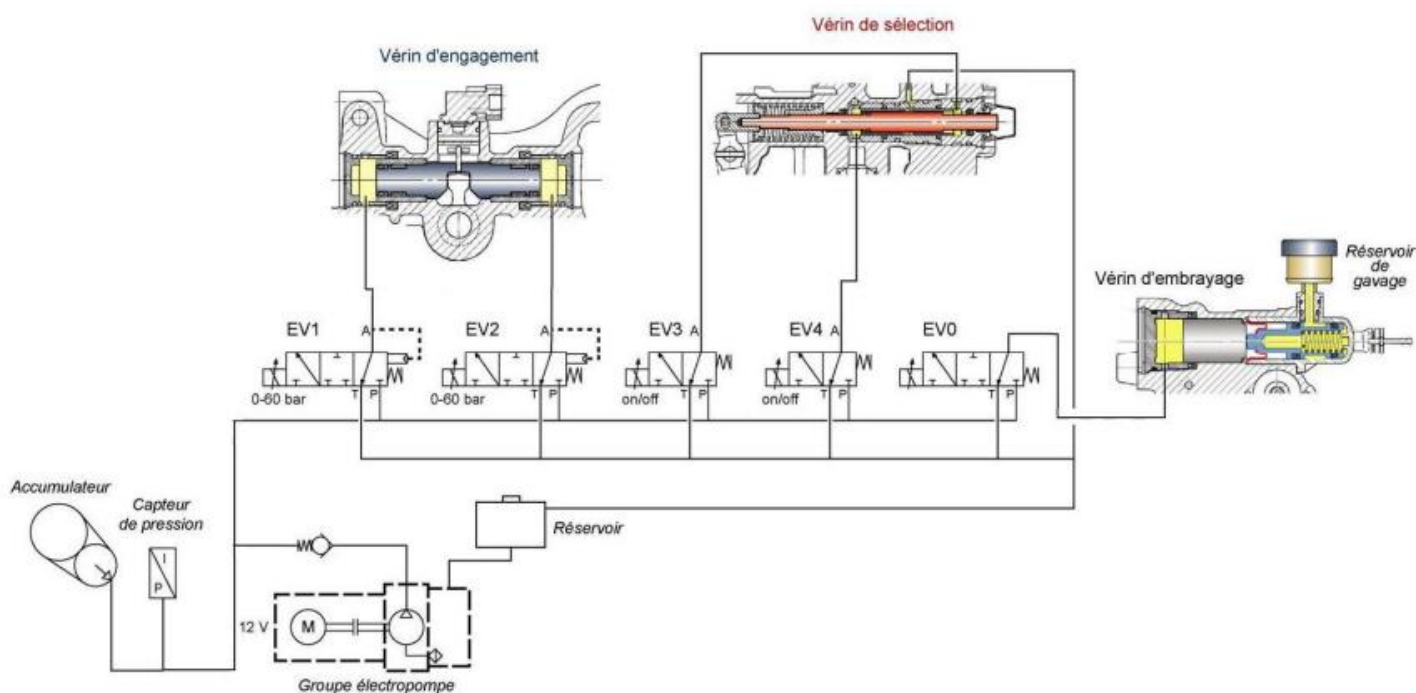


- Schéma électrique de principe



- |                                    |                                  |
|------------------------------------|----------------------------------|
| 1 Relais de démarreur.             | 5 Feu de marche arrière.         |
| 2 Contacteur de démarrage.         | 6 Relais de groupe électropompe. |
| 3 Solénoïde de démarreur.          | 7 Groupe électropompe.           |
| 4 Relais de feu de marche arrière. |                                  |

- Schéma a hydraulique de principe



## IV. Transmission automatique

### Fonction.

La boîte de vitesses automatique fournit automatiquement et selon le besoin, les rapports de transmission, entre le moteur et les roues motrices. L'unité de contrôle de la boîte de vitesses automatique détermine et sélectionne le rapport de transmission adéquat (approprié). Sans intervention du conducteur. Cela lui permet de consacrer toute son attention à la route. Une boîte de vitesses automatique peut être utilisée dans n'importe quelle configuration de traction.



### Avantages d'une boîte de vitesses automatique :

- Une meilleure utilisation des caractéristiques du moteur
- Une charge plus progressive de la chaîne cinématique
- Un confort accru : le meilleur rapport est automatiquement sélectionné

### Inconvénients

- Une augmentation de la consommation de carburant (pertes hydrauliques)
- Sa taille (poids élevé)
- Son coût
- Le véhicule ne peut pas être poussé pour le faire démarrer

L'augmentation de la consommation du carburant s'est avérée principalement pour les boîtes de vitesses automatiques conventionnelles. Cependant, le développement de nouvelles boîtes de vitesses automatiques minimise cet inconvénient.

### Fonctionnement.

La boîte de vitesses automatique possède un sélecteur ; de ce fait, le conducteur peut choisir entre PR, N, D et M. L'unité électronique de la boîte de vitesses automatique détermine quel rapport est à sélectionner.

### Configuration standard

#### « P » Parking (stationnement)

Dans cette position, l'entraînement est verrouillé. Le véhicule ne peut aller, ni vers l'avant, ni vers l'arrière.

#### « R » Reverse (marche arrière)

Dans cette position, le sens de l'entraînement est inversé. Le véhicule se déplace vers l'arrière.

#### « N » Neutre (point mort)

Dans cette position, aucun mouvement n'est transmis aux roues. Cependant, le véhicule peut être déplacé vers l'avant et vers l'arrière.

#### « D » Drive (marche avant)

Cette position est choisie pour conduire normalement.



### Manual

Dans cette position, le conducteur peut sélectionner manuellement toutes les vitesses, en déplaçant le levier de sélection, vers l'avant ou vers l'arrière.

Dans la position D, l'unité de contrôle électronique détermine la sélection des rapports de vitesse, à partir des informations reçues des différents capteurs.

## Programmes optionnels de changement de rapport :

Les véhicules dotés d'une boîte de vitesses automatique possèdent généralement un ou plusieurs programmes optionnels de changement rapports de vitesse. Ces programmes sont conçus pour offrir au conducteur, un véhicule plus sportif, plus confortable, plus économe ou procurant une conduite plus sûre. Les options disponibles diffèrent d'un véhicule à un autre.

### Les modes de sélection optionnels

#### « E » Economie

Les rapports seront choisis dans une plage idéale de régime moteur, ceci réduit la consommation de carburant

#### « S » Sport

Dans ce mode, les rapports seront changés à haut régime ; ceci améliore l'accélération.

#### « W » Hiver

Dans ce mode, les rapports de vitesses sont changés à bas régime, ce qui réduit le couple. Un couple réduit diminue le patinage des roues sur des surfaces ou des chaussées glissantes (hiver)

### Le Kick-down

Le fait d'appuyer à fond sur la pédale d'accélération active le **kick Down**, et est interprété comme la volonté d'accélérer au maximum

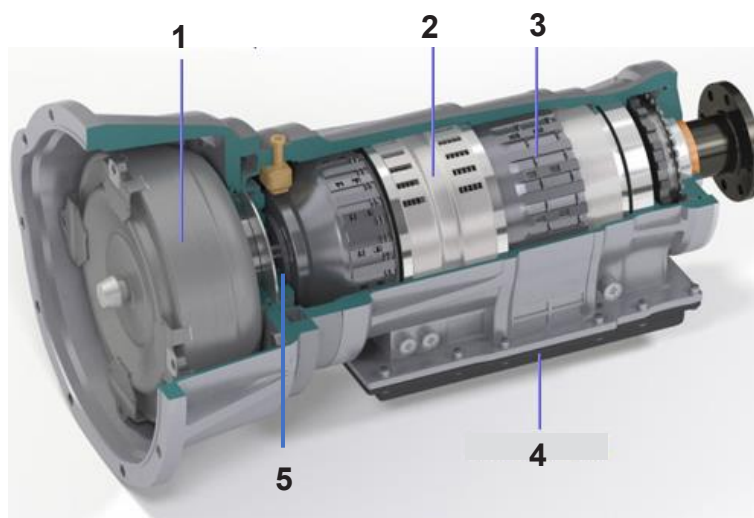
Le kick Down aboutit à disposer de l'accélération maximale possible. Pour y parvenir le rapport de transmission doit être réglé. Dans les situations réelles, les rapports sont changés d'abord vers le bas ; à régime plus élevé, les rapports seront passés à un rapport de vitesse supérieure, à nouveau.

### Les principaux composants.

La boîte de vitesses automatique se compose de quatre parties principales :

- 1 : Un convertisseur de couple
- 2 : Des embrayages et des freins multidisques
- 3 : Des trains planétaires (Trains épicycloïdaux)
- 4 : Un bloc hydraulique (vannes)
- 5 : Pompe hydraulique

Tous ces composants ont des fonctions spécifiques. Ensemble, ils transmettent le flux d'énergie du moteur aux roues motrices.



Les fonctions des composants individuels

- Le convertisseur de couple :

Transmet le couple multiplié du moteur à la transmission.

- Les trains planétaires (Trains épicycloïdaux) :

Permettent différents rapports de transmission, sans interruption du couple moteur.

- Le bloc hydraulique :

Commande les groupes d'embrayage multidisques pour engager le rapport de transmission désiré.

- L'embrayage multidisque :

Entraîne ou freine des éléments des trains planétaires (Trains épicycloïdaux).

- Pompe hydraulique :

Elle fournit la pression de commande pour activer les différents composants.

## ➤ Le convertisseur de couple

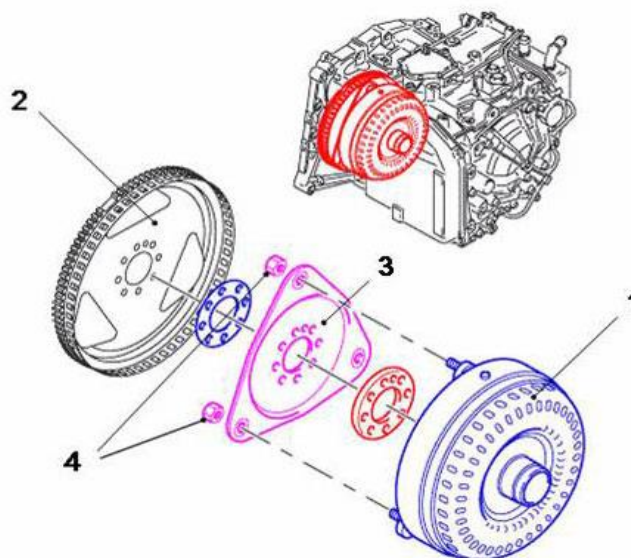
### Implantation :

Le convertisseur (1) est relié au volant moteur (2) par l'intermédiaire d'une tôle d'entraînement (3).

Elle est fixée par trois ou six écrous (4).

### Fonction :

- Transmet le mouvement à la boîte par une liaison hydraulique.
- Il remplace l'embrayage mécanique d'une boîte de vitesses manuelle.
- Son fonctionnement hydraulique permet une plus grande souplesse d'utilisation.
- De plus, un dispositif de pontage permet une liaison mécanique directe se substituant au convertisseur pour optimiser le rendement de la boîte.

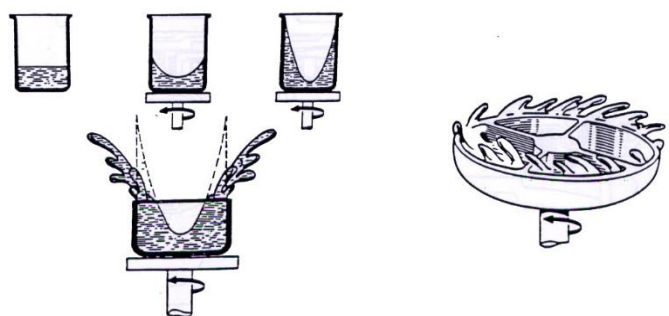


### Principe de fonctionnement :

Sur le plateau d'un tour, on place un pot avec un liquide à l'intérieur. Après avoir donné une vitesse de rotation à ce récipient le liquide monte le long des parois à cause de la force centrifuge.

Cependant au centre du pot, la vitesse de rotation est quasiment nulle.

En ajoutant des aubages, chaque goutte ou filet de liquide acquiert par la vitesse de rotation du plateau et par la direction des aubages : **force, vitesse et direction**.



### Accouplement fluide "Coupleur fluide"

Un convertisseur de couple fonctionne comme un coupleur hydraulique,

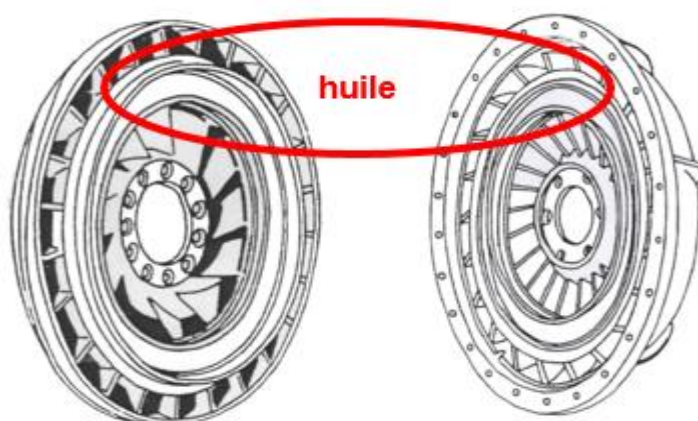
La pompe est entraînée par le moteur via le plateau d'entraînement. Du fait de la rotation de la pompe et de la conception (ou forme) de ses aubes, l'huile est forcée en direction de la turbine. L'énergie mécanique de la pompe est convertie en énergie dynamique de l'huile.

Le fluide circule dans les aubes de la turbine, en amenant cette dernière à tourner. L'énergie dynamique de l'huile est convertie en énergie mécanique à niveau de la turbine.

L'huile est propulsée vers le haut puis reflue vers la pompe.

Ce cycle est répété.

La vitesse de la turbine est toujours inférieure à celle de la pompe. Cette différence est appelée glissement. S'il n'y a pas de différence, le glissement est de 0 %, si la pompe est en mouvement et que la turbine ne l'est pas, le glissement est de 100 %.



**La turbine**  
entraîne le  
mécanisme de  
la BVA.

**La pompe ou  
impulseur** est  
entraînée par le  
moteur

## Composants.

Le convertisseur de couple se compose des éléments suivants

1 : Impulseur ou Pompe :

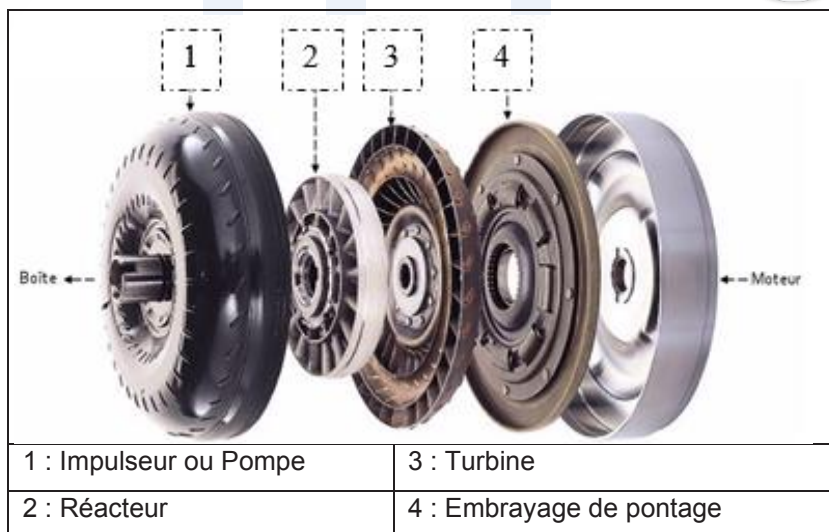
Entraînée par le vilebrequin du moteur.

2 : Un réacteur (stator)

Qui génère une multiplication de couple quand on le désire.

3 : Une turbine :

Qui entraîne l'arbre d'entrée de la boîte de vitesses automatique.



Le convertisseur de couple est rempli de l'huile pour transmission automatique, synthétique à basse viscosité. L'huile transmet le couple de la pompe à la turbine.

## Caractéristiques.

Les inconvénients d'un couplage fluide (coupleur hydraulique) sont

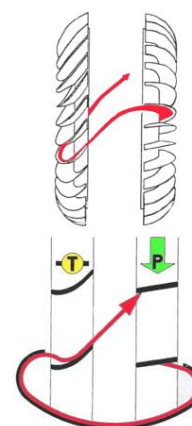
Une réponse lente

Une perte inévitable d'énergie

Dans un convertisseur de couple, ces inconvénients sont minimisés, en utilisant un réacteur (ou stator), ainsi qu'un embrayage de pontage (ou lock-up).

Un convertisseur de couple présente les caractéristiques suivantes :

- Un couple plus élevé, lors de l'accélération
- Une transmission du couple variable sans l'intervention du conducteur
- Lors de la décélération et de l'arrêt du véhicule, le moteur ne calera pas
- Les vibrations sont amorties
- L'usure et l'entretien sont réduits au minimum



Turbine

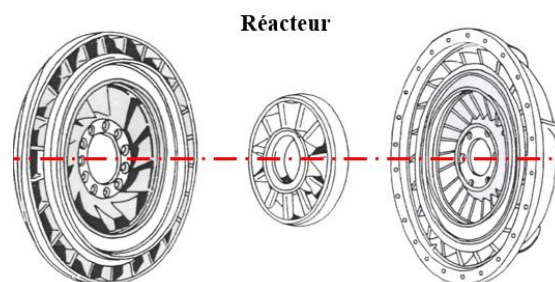
Pompe ou Impulseur

## Multiplification du couple.

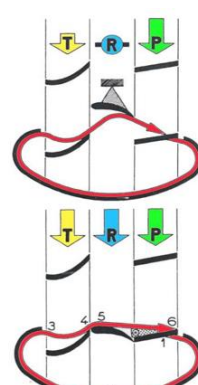
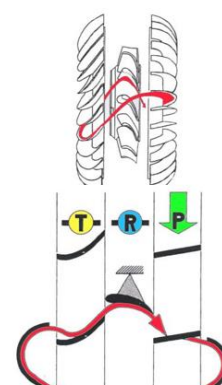
En retournant de la turbine vers la pompe, le flux d'huile ralentit la pompe (et donc le moteur). Ce problème est résolu en installant un réacteur (ou stator) entre la pompe et la turbine.

Le flux est dévié par le réacteur (stator) ; ce dernier accélère le flux entrant à la pompe. De cette façon, le flux d'huile élève la vitesse, en entrant dans la pompe, dans le sens correct ; et en aidant effectivement le moteur par l'augmentation de l'énergie dynamique. L'énergie dynamique ainsi augmentée entraîne la turbine plus rapidement. Le réacteur comporte une roue libre pour le bloquer dans cette phase.

Lorsque la vitesse de la turbine est augmentée, la multiplication de couple diminuera. Au-dessus d'une certaine vitesse, le réacteur entrave le flux d'huile et là il peut y avoir une diminution du couple. Pour éviter cela, le réacteur agit maintenant comme une roue libre, ce qui lui permet de tourner avec la pompe et la turbine.



Réacteur



### L'embrayage de pontage (lock-up)

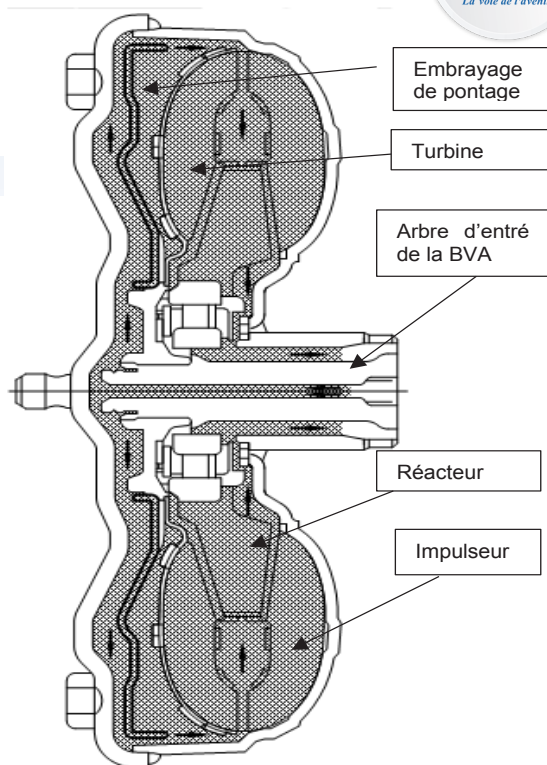
Le convertisseur de couple a l'inconvénient de glissement, ce qui provoque une perte d'énergie. Cela a un effet négatif sur l'économie de carburant.

Un embrayage de pontage (ou lock-up) minimise la perte d'énergie en empêchant le glissement.

### Fonctionnement de l'embrayage de pontage.

L'embrayage de pontage est fixé à la roue de la turbine. L'embrayage de pontage est commandé hydrauliquement. En augmentant la pression d'huile, l'embrayage de pontage est poussé fermement contre le boîtier du convertisseur de couple. Le boîtier est relié à la pompe, qui à son tour est reliée au moteur. Le convertisseur de couple tourne comme une seule unité.

Le moteur est directement lié à la chaîne de transmission, lorsque l'embrayage de pontage est activé. De ce fait, les vibrations et irrégularités du moteur sont transmises à la transmission. Pour amortir ces vibrations et irrégularités, l'embrayage de pontage est équipé de ressorts de vibrations et de torsion. Ceux-ci fournissent également un accouplement et désaccouplement progressif, lorsque l'embrayage de pontage est activé et désactivé.



- **Etat libre**

Fonctionnement dit normal avec glissement.  
Environ 200 Tr/mn

- **Etat ponté**

Transmission intégrale du couple.  
On lie la turbine par l'intermédiaire de l'embrayage de pontage au convertisseur.

**Avantage :**

- Frein moteur
- Économie de carburant
- Refroidissement de l'huile

**Inconvénient :**

Pas de filtration des cyclismes moteur

Sur quel rapport peut-on être ponté ?

- Sur 2 ; 3 ; 4 ; ....

Pourquoi ?

Pour assurer l'augmentation du couple

- **Etat piloté**

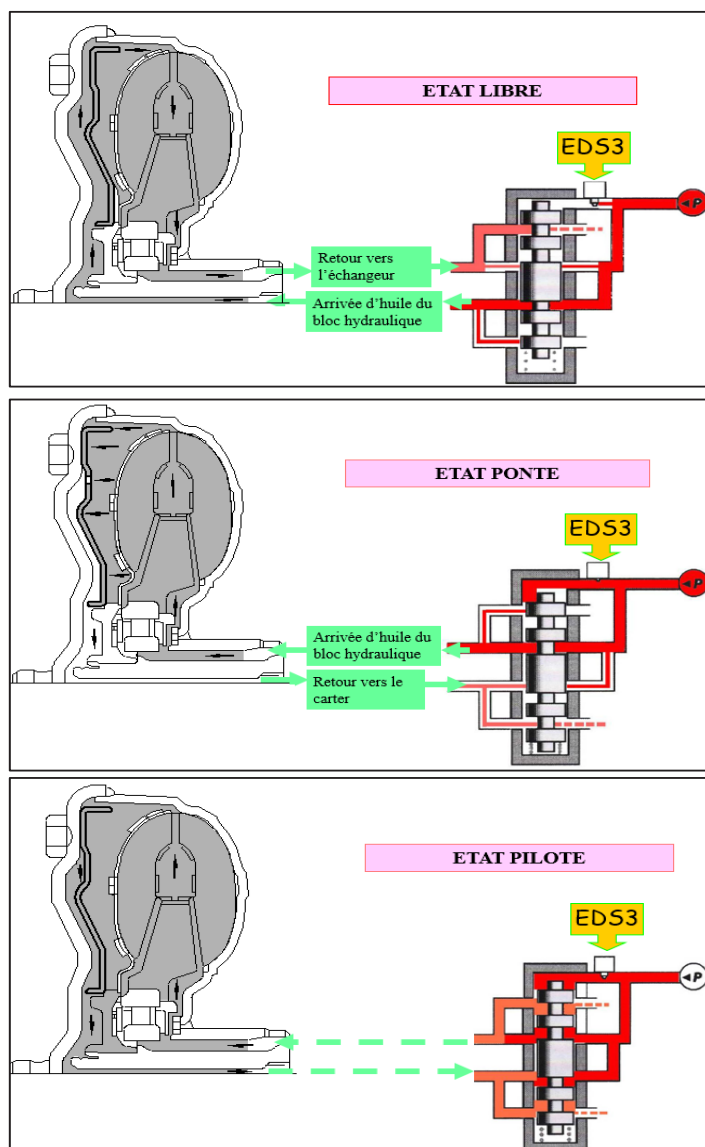
On permet un léger glissement entre la pompe et la turbine d'environ 50 tr/mn

**Avantages**

- Filtration des cyclismes moteur
- Filtration des à-coups moteur lors d'une variation importante de la charge moteur.

On a aussi dans une moindre mesure :

- économie de carburant
- frein moteur
- réduction de l'échauffement de l'huile dans le convertisseur.



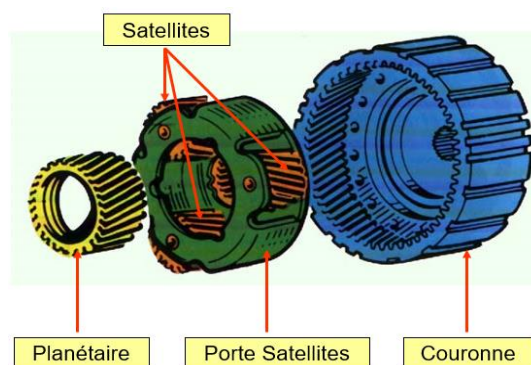
### Les défauts principaux d'un convertisseur de couple :

Le défaut	Cause possible
Manque de couple et de puissance à bas régime	Le réacteur ne se bloque pas (libre dans les 2 sens).
Manque de couple et de puissance à haut régime limitant la vitesse de véhicule :	Le réacteur reste bloqué.
Perte de puissance à tous les régimes avec bruit :	Un ou des aubages dessertis.
Le véhicule n'avance pas :	Pas d'huile dans le convertisseur ou pas d'entraînement de la pompe à huile.

### ➤ Train planétaire (ou train épicycloïdal)

Les trains planétaires (ou trains épicycloïdaux) peuvent être rencontrés dans différentes configurations

- Train planétaire simple
- Train planétaire SIMPSON
- Train épicycloïdal RAVIGNEAUX
- Train épicycloïdal WILSON
- Train planétaire LEPELLETIER
- Train planétaire mixte « combiné »



Un train épicycloïdal simple se compose de :

- Un planétaire
- Trois ou plusieurs satellites
- Un porte-satellites
- Une couronne

Un rapport de transmission est établi en :

- Reliant un élément au moteur (élément moteur ou menant).
- Bloquant un ou plusieurs éléments (élément bloqué, fixe aux corps de la BVA).
- Reliant un élément à l'arbre de sortie (sertie de mouvement).

Dans le tableau, vous pouvez remplir la façon dont chaque rapport est établi, et le sens de rotation

Élément moteur	<b>P</b>	<b>P.S</b>	<b>C</b>	<b>P</b>	<b>C</b>	<b>P.S</b>	<b>P et C</b>
Élément bloqué	<b>P.S</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>C</b>	<b>P.S</b>	<b>C</b>	
Sortie de mouvement	<b>C</b>	<b>C</b>	<b>P.S</b>	<b>P.S</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P.S</b>
Sens de Rotation	<b>MAR</b>	<b>MAV</b>	<b>MAV</b>	<b>MAV</b>	<b>MAR</b>	<b>MAV</b>	<b>MAV</b>
Rapport	<b>-0,5</b>	<b>1,5</b>	<b>0,67</b>	<b>0,33</b>	<b>-2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>

**P** = Planétaire  
**C** = Couronne  
**PS** = Porte-Satellite

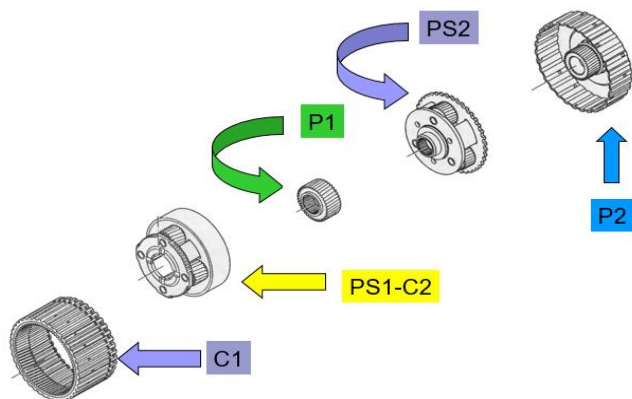
Un train épicycloïdal simple peut généralement fournir 7 rapports de transmission différents ; toutefois, pour une raison pratique, seule quelques-unes de ces possibilités sont utilisées.

### Train planétaire Simpson

Le train planétaire Simpson se compose de deux trains planétaires simple ; ses composants sont

- Deux planétaire
- Deux porte-satellites
- Deux jeux de satellites
- Deux couronnes

Le nombre de dents des couronnes et des satellites peuvent différer. Le porte-satellites du train planétaire avant sont fixés à la couronne du train arrière.



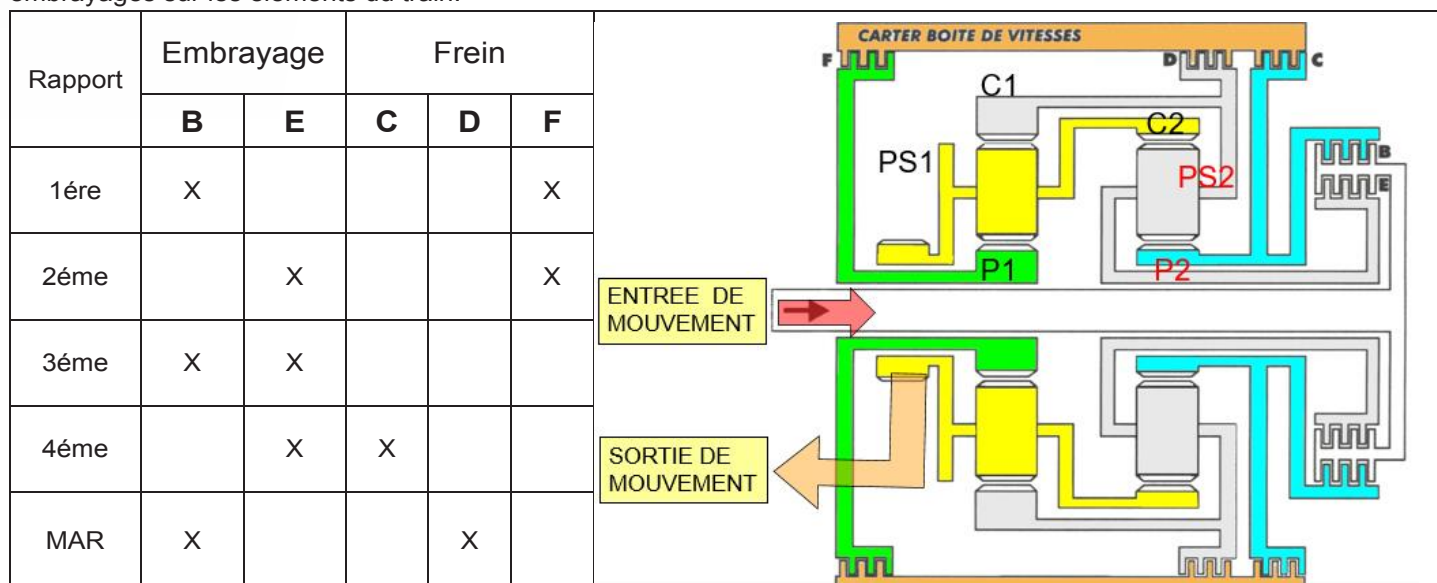
Le train planétaire Simpson est largement utilisé dans les boîtes de vitesses automatiques à 4 rapports,

### Principe de fonctionnement

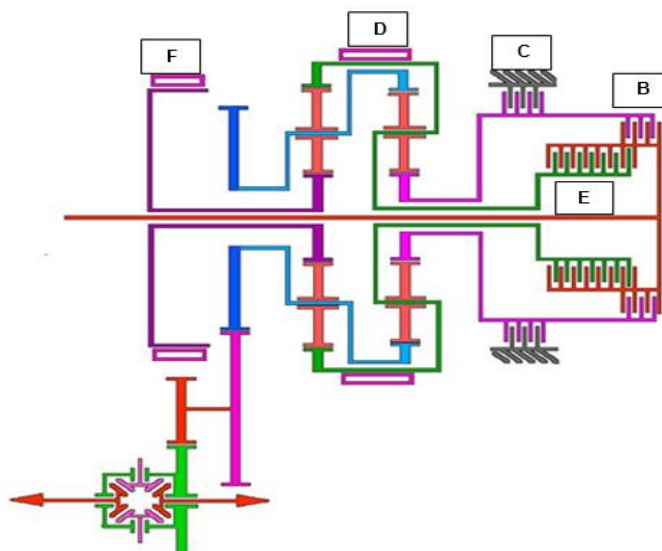
Le train épicycloïdal Simpson est composé de 2 trains simples accouplés.

Les récepteurs comprennent 2 embrayages multidisques qui servent à rendre moteur un élément du train, et 3 freins multidisques qui servent à bloquer un élément du train.

Les rapports de la boîte (4 marches avant et 1 marche arrière) sont obtenus par l'action des différents freins et embrayages sur les éléments du train.



### Schéma symbolisé



## Train planétaire LEPELLETIER

Se base sur un train épicycloïdal simple et un double train épicycloïdal de type Ravigneaux.

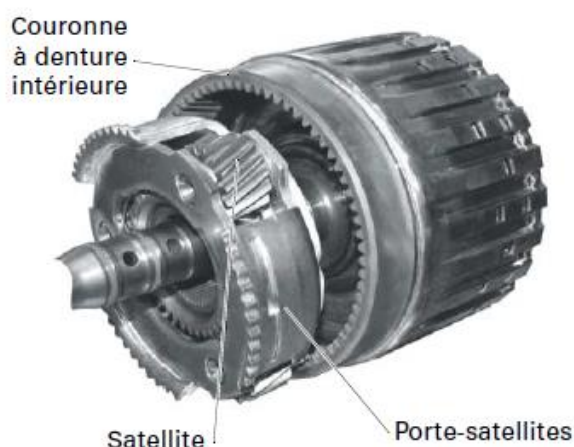
L'idée géniale de monsieur LEPELLETIER consiste à entraîner les planétaires et le porte-satellites du double train épicycloïdal à des régimes différents. Ces régimes d'entrée différents dans le double train épicycloïdal doublent les possibilités de démultiplication par rapport à une boîte automatique à cinq rapports, offrant dix Rapports moins un. Les planétaires du double train épicycloïdal sont entraînées au régime de sortie démultiplié du train épicycloïdal simple. Le porte-satellites du double train épicycloïdal est entraîné au régime d'entrée de boîte. Les planétaires et le porte-satellites présentent donc des régimes différents. Cette boîte automatique concrétise, avec six rapports de marche avant et un rapport de marche arrière, l'idée géniale de Monsieur LEPELLETIER.

### Principe :

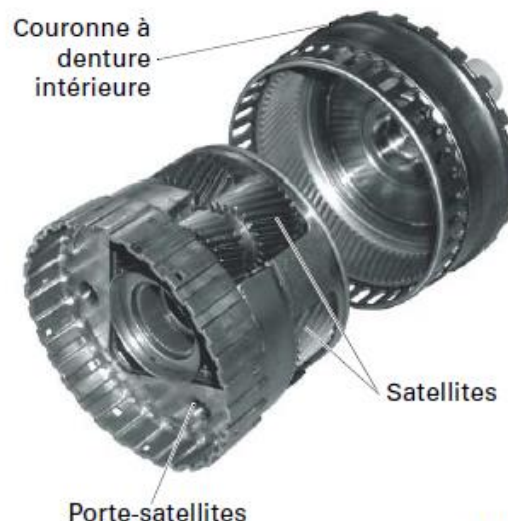
En amont du train épicycloïdal double de type RAVIGNEAUX est monté un train épicycloïdal simple, qui entraîne selon deux vitesses différentes le train de type RAVIGNEAUX. La sortie se fait toujours par la couronne à denture intérieure du train RAVIGNEAUX.

Une autre caractéristique est l'exploitation multiple des freins et embrayages.

#### **Train épicycloïdal primaire, train épicycloïdal simple**



#### **Train épicycloïdal secondaire, train épicycloïdal de type Ravigneaux**

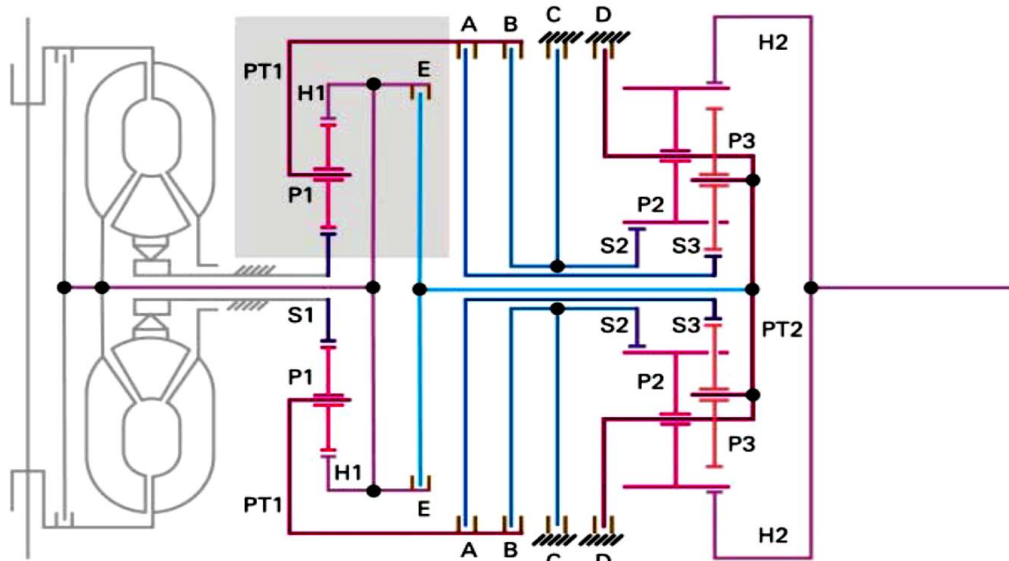


### Avantages du train épicycloïdal LEPELLETIER :

- La conception très compacte permet une réduction de la longueur malgré l'extension de la plage totale des rapports de transmission, un nombre plus important de rapports et la transmission d'un couple élevé.
- La nette réduction du nombre de composants permet de réduire considérablement non seulement le poids, mais aussi les coûts de fabrication.

La transmission du couple pour les différents rapports de transmission est obtenue par l'introduction du couple via différents éléments des trains épicycloïdaux et l'immobilisation d'autres éléments correspondants ou par une liaison entre deux éléments d'un train.

Représentation schématique du train épicycloïdal de type M. LEPELLETIER



**Train épicycloïdal simple :**

- Planétaire (S1) = fixe
- Porte-satellites (PT1) = embrayage A/B
- Couronne à denture intérieure (H1) = arbre de turbine/embrayage E transmission

**Train épicycloïdal type Ravigneaux :**

- Grand planétaire (S2) = embrayage B frein C
- Petit planétaire (S3) = embrayage A
- Porte-satellites (PT2) = embrayage E frein D
- Couronne à denture intérieure (H2) = sortie

Description des rapports / transmission du couple

Transmission du couple en 1<sup>e</sup>

Eléments de commande : embrayage A et frein D

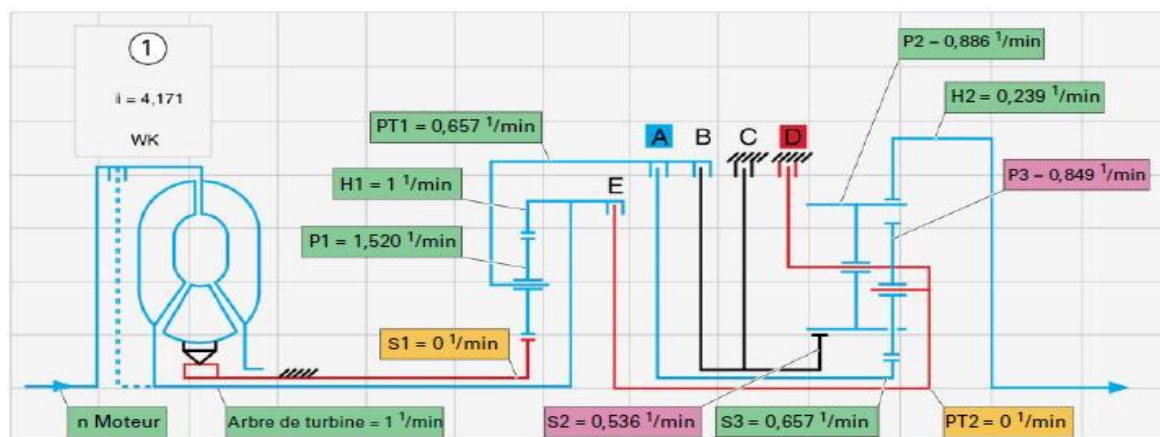
L'arbre de la turbine entraîne la couronne à denture intérieure H1 du train épicycloïdal primaire.

La couronne à denture intérieure H1 entraîne les satellites P1, qui tournent en prenant appui sur le planétaire fixe S1.

Le porte satellites PT1 est alors entraîné à son tour.

L'embrayage A relie le porte-satellites PT1 au planétaire S3 et transmet ainsi le couple au train épicycloïdal secondaire.

Le frein D bloque le porte-satellites PT2. Le couple est transmis par le planétaire S3 aux satellites courts P3 et, de là, aux satellites longs P2. En prenant appui sur le porte-satellites PT2, le couple est transmis à la couronne à denture intérieure H2, reliée à l'arbre de sortie.



### Transmission du couple en 2<sup>e</sup>

Eléments de commande : embrayage A et frein C

L'arbre de la turbine entraîne la couronne à denture intérieure H1 du train épicycloïdal primaire.

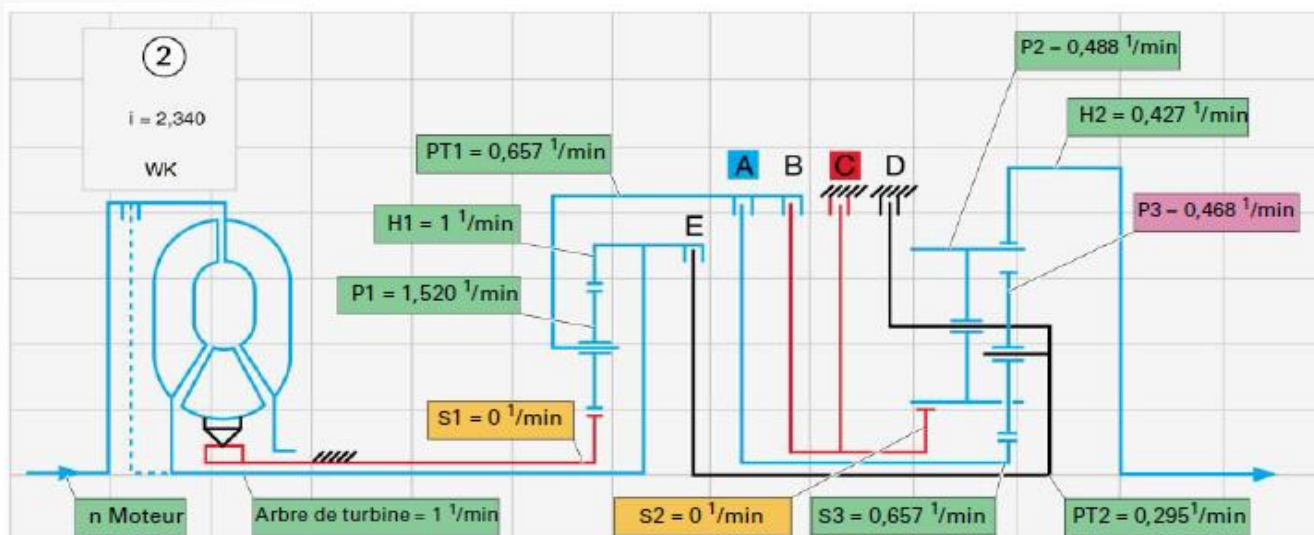
La couronne à denture intérieure H1 entraîne les satellites P1, qui tournent en prenant appui sur le planétaire fixe S1.

Le porte-satellites PT1 est alors entraîné.

L'embrayage A relie le porte-satellites PT1 au planétaire S3 et transmet ainsi le couple au train épicycloïdal secondaire.

Le frein C bloque le grand planétaire S2. Du planétaire S3, le couple est ensuite transmis aux satellites courts P3 et de là aux satellites longs P2.

Les satellites longs P2 tournent en prenant appui sur le planétaire fixe S2 et entraînent la couronne à denture intérieure H2.



### Transmission du couple en 3<sup>e</sup>

Eléments de commande : embrayage A embrayage B

L'arbre de la turbine entraîne la couronne à denture intérieure H1 du train épicycloïdal primaire.

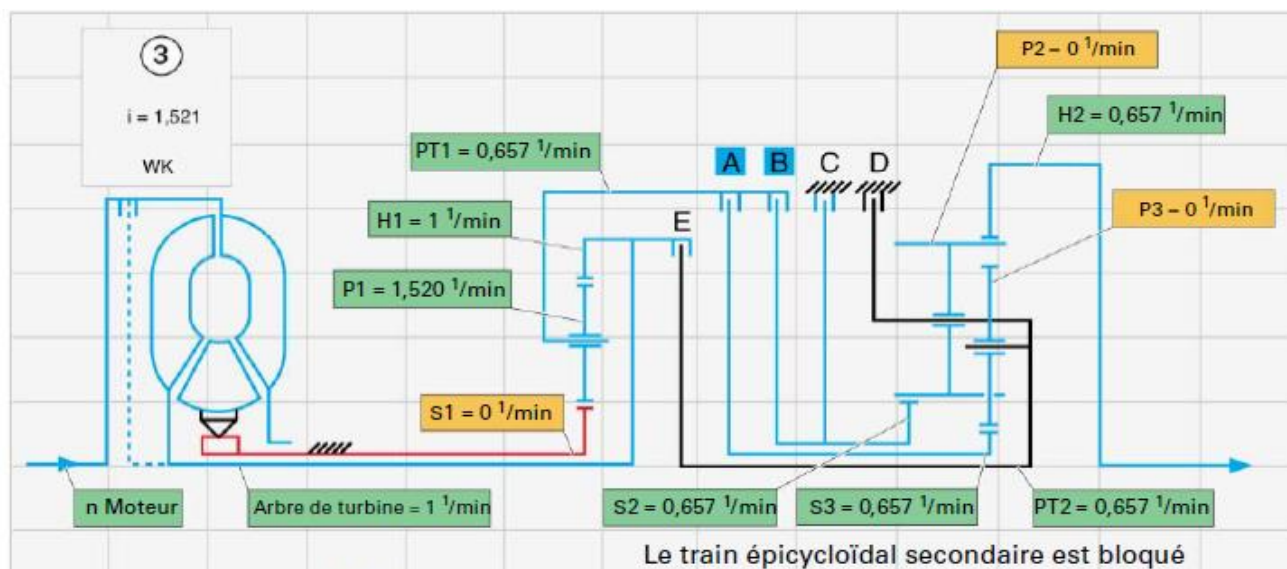
La couronne à denture intérieure H1 entraîne les satellites P1, qui tournent en prenant appui sur le planétaire fixe S1.

Le porte-satellites PT1 est alors entraîné.

L'embrayage A relie le porte-satellites PT1 au planétaire S3 et transmet ainsi le couple au train épicycloïdal secondaire.

L'embrayage B transmet donc également le couple au train épicycloïdal secondaire sur le planétaire S2.

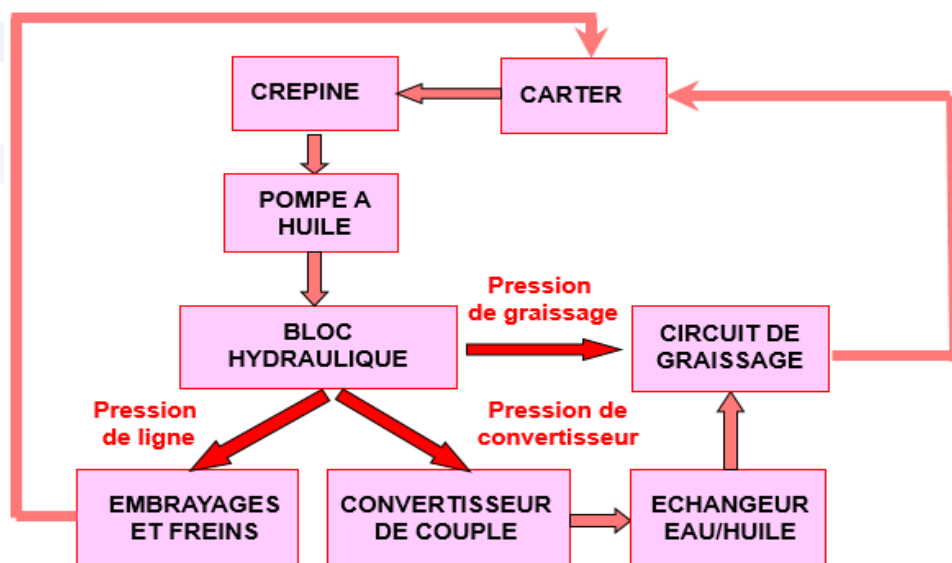
La fermeture des deux embrayages A et B bloque le train épicycloïdal secondaire. Le couple est alors transmis directement par le train épicycloïdal primaire à l'arbre de sortie.



## ➤ LE CIRCUIT HYDRAULIQUE

Synoptique du circuit hydraulique :

- On note qu'il existe 3 pressions différentes.
- Pression de graissage 1 à 1,5 bars.
- Pression de ligne : 5 à 21 bars.
- Pression de convertisseur environ 6 bars.



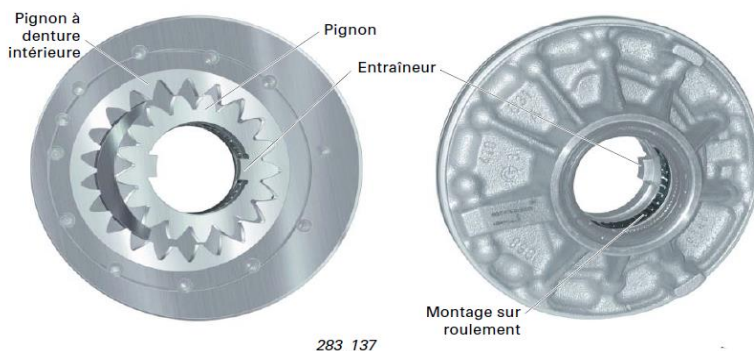
### La crépine

Filtre les impuretés de l'huile en amont de la pompe, elle est prévue pour la durée de vie de la boîte (filtrage = 63 $\mu$ ).



### La pompe à huile

Est entraînée par l'impulseur, donc le moteur. Le débit de la pompe est proportionnel au régime, c'est à dire qu'au démarrage du moteur, la pompe débite.



### L'échangeur

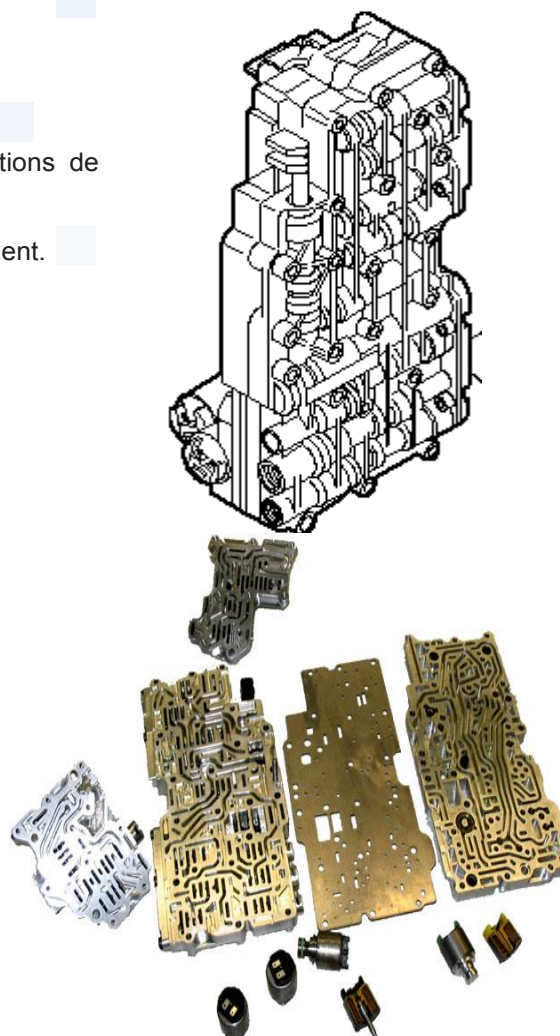
Thermique reliée au circuit de refroidissement du moteur refroidit et stabilise l'huile dans la BVA.



## Le distributeur hydraulique (Bloc Hydraulique)

### C'est le cœur du système hydraulique

- Assure les débits et pressions quelles que soient les conditions de fonctionnement.
- Alimente ou met à zéro les embrayages, les freins.
- Alimente les circuits convertisseur, graissage et de refroidissement.
- Commande l'embrayage de lock-up.



Dans la partie supérieure du bloc hydraulique nous avons la vanne manuelle lié au sélecteur de vitesse, c'est-elle qui donne la position de la volonté du conducteur.

Il y a aussi différentes vannes et leurs ressorts qui sont commandés hydrauliquement.

À l'intérieur du bloc il y a un certain nombre de canaux qui permettent le fonctionnement hydraulique de la boîte.

Il y a aussi des dampers et des pastilles d'ajustage.

## Embrayage et Frein

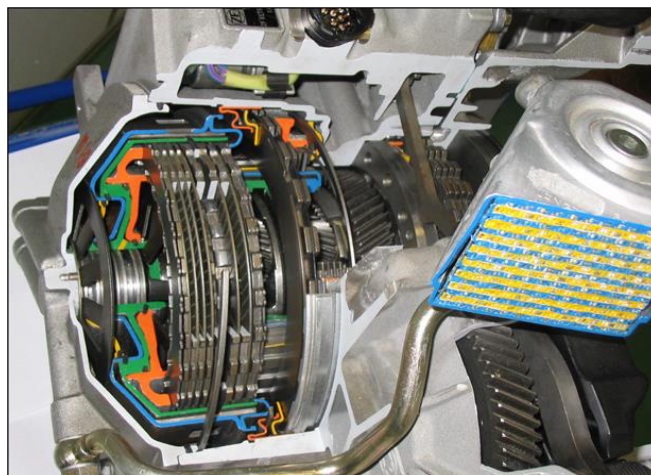
### Embrayage multidisque

Entraînent en position fermée les deux planétaires et le porte-satellites du double train épicycloïdal.

En fonction du rapport à passé, ils sont alimentés en pression d'huile par l'appareil de commande de boîte automatique, via une électrovanne se trouvant dans le distributeur hydraulique et se ferment.

Chaque embrayage multidisque est alimenté en pression d'huile par une électrovanne distincte.

Le nombre de paires de disques montés par embrayage varie en fonction du couple maximal transmissible.

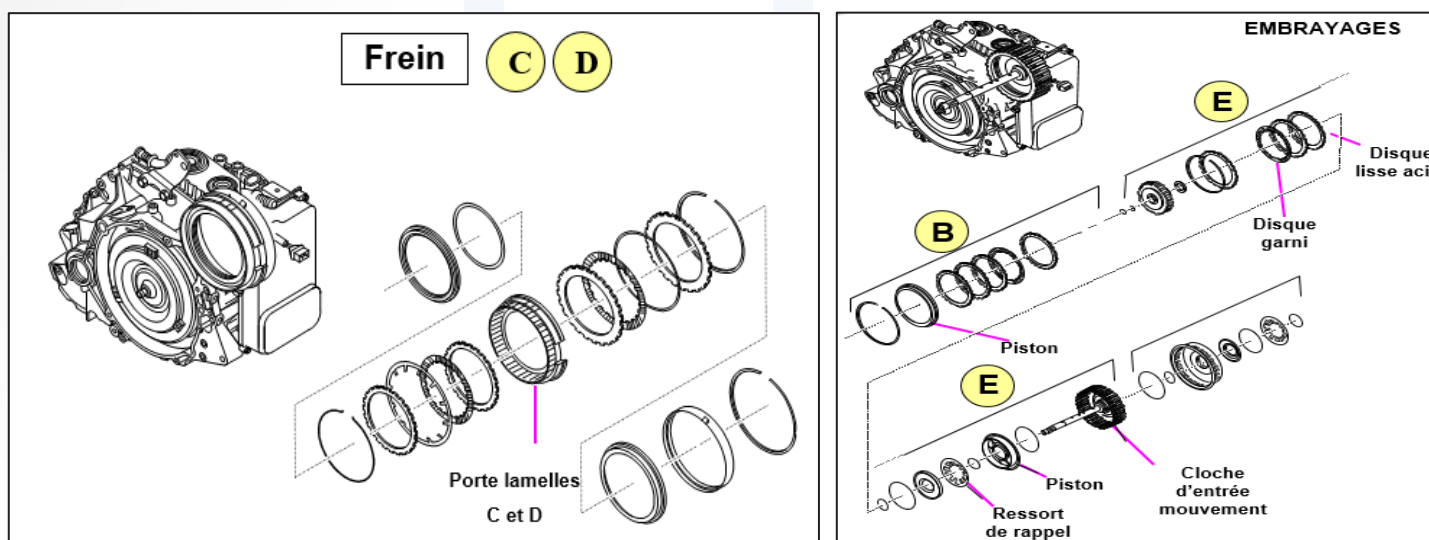


## Frein multidisque

Bloquent à l'état ferme des pièces des trains épicycloïdaux.

Ils sont alimentés en pression d'huile par l'appareil de commande de boîte automatique via une électrovanne ou via la vanne manuelle.

Les disques extérieurs des freins multidisques viennent en appui sur le carter de boîte.



## Frein à bande

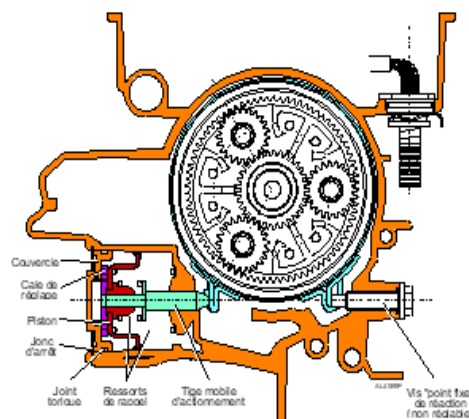
La bande est une garniture qui agit directement sur une partie mobile : le tambour, lié à l'élément que l'on veut bloquer.

Cette garniture est circulaire, elle comporte deux points mobiles qui sont reliés à deux tiges :

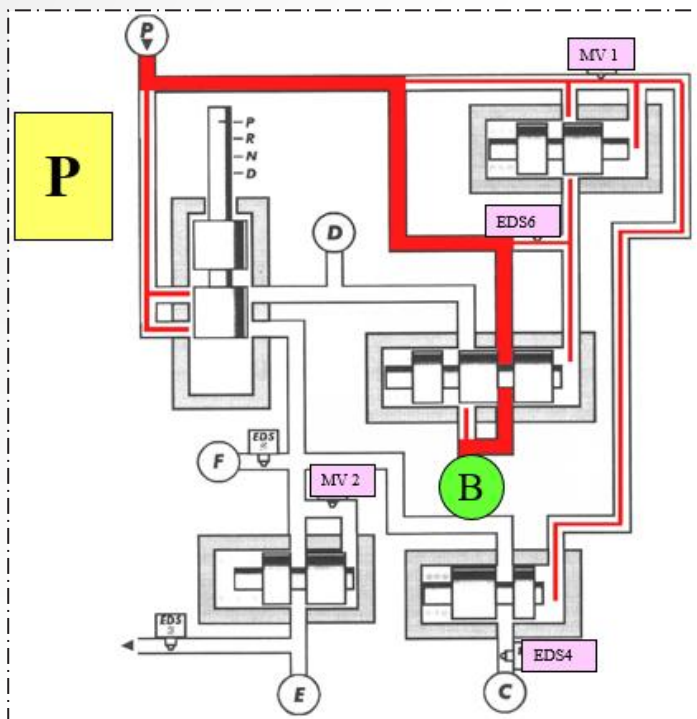
- une tige fixe faisant office de point d'appui à la bande,
- une tige mobile reliée à un piston. Cette tige, par opposition au point fixe, va provoquer le serrage de la bande ; pour cela, il suffit d'appliquer une pression sur le piston supérieure à la tension d'un ressort de rappel. La bande s'enroule alors autour du tambour dans le sens de rotation de celui-ci.

Lorsque les freins à bande ne sont pas utilisés (par exemple en troisième et quatrième), ils permettent de réduire la traînée de la boîte grâce à leur faible couple résistant par rapport aux freins multidisques. Ils contribuent ainsi à la réduction de la consommation du véhicule.

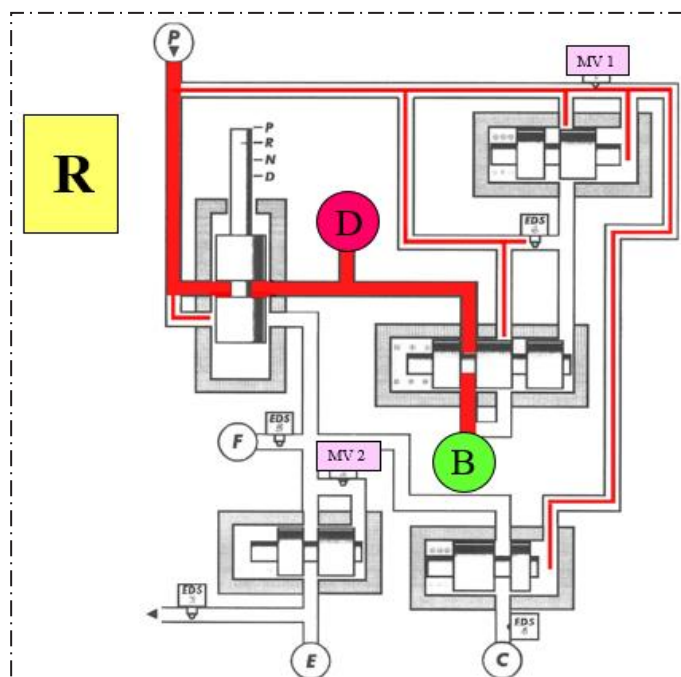
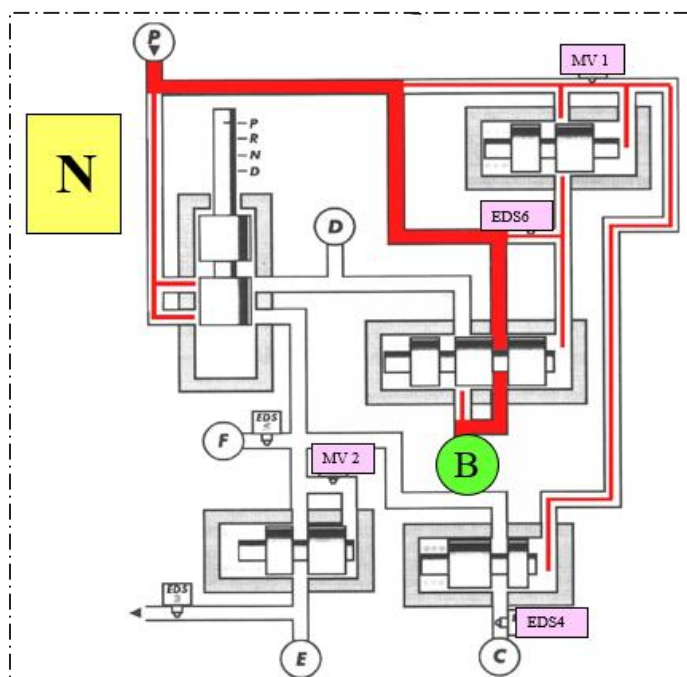
## Frein à bande :

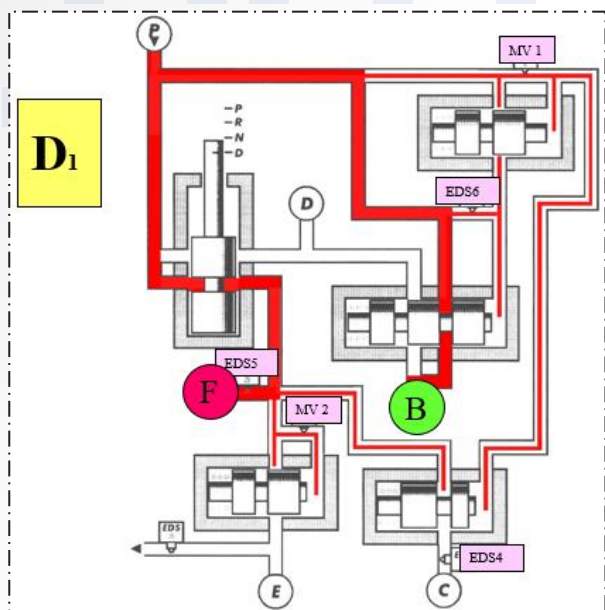


## Principe de fonctionnement du circuit hydraulique



Rapport	EMBRAYAGES		FREINS		
	B	E	C	D	F
1 <sup>ère</sup>	X				X
2 <sup>ème</sup>		X			X
3 <sup>ème</sup>	X	X			
4 <sup>ème</sup>		X	X		
MAR	X			X	





**D<sub>1</sub>**

**Quels sont les embrayages et freins en action ?**

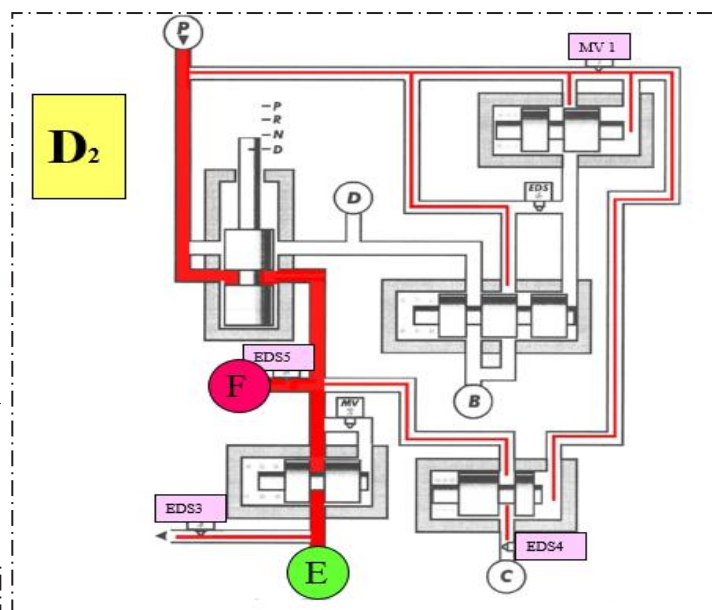
F frein (P1) B embrayage (P2)

**Sur quels éléments agissent-ils ?**

P1 et P2

EDS6 est alimenté et permet la commande de B.

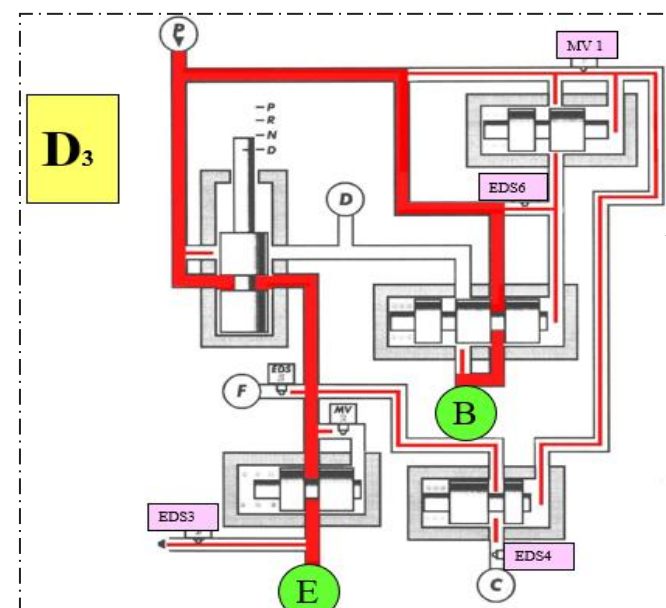
EDS5 est alimenté et permet aussi la



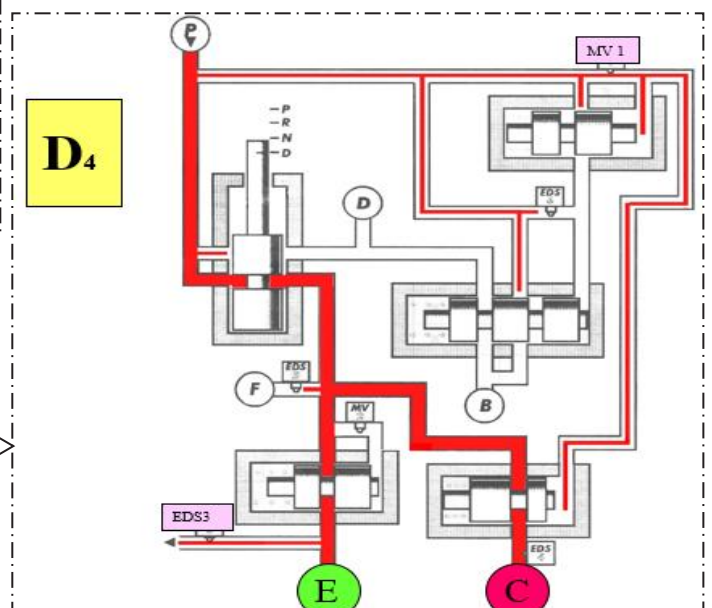
**D<sub>2</sub>**

EDS6 n'est plus alimenté et stoppe l'alimentation de B.  
MV2 n'est plus alimenté et permet la commande de E.  
EDS5 commande F.

EDS6 est alimenté et permet la commande de B.  
EDS5 n'est plus alimenté et stoppe la commande de F.  
E reste commandé.



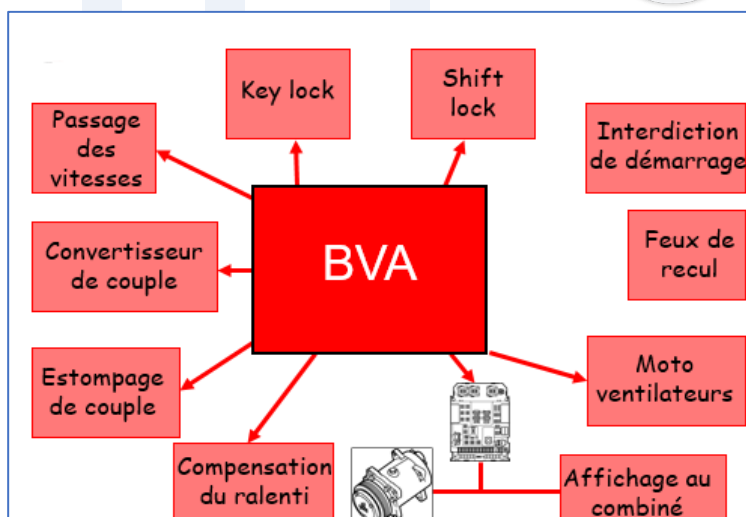
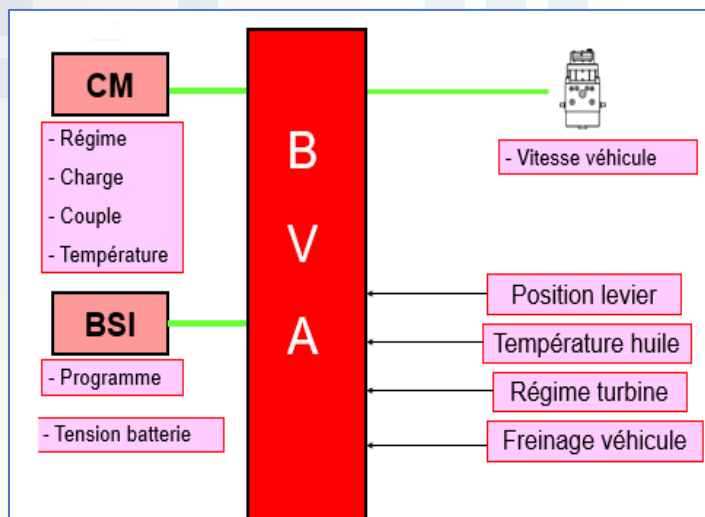
**D<sub>3</sub>**



**D<sub>4</sub>**

EDS6 n'est alimenté, il ne permet plus l'alimentation de B.  
EDS4 n'est plus alimenté et autorise la commande de F.

## Les entrées et sorties calculateur



**Key lock** : Il faut obligatoirement se mettre en position parking pour enlever la clé.

**Passage des vitesses** : Gestion des passages des rapports, des pressions, du pontage.

**Estompage de couple** : C'est quoi ?

En boîte mécanique pour passer d'un rapport à un autre, on lève le pied de l'accélérateur, donc on diminue la charge.

Dans le cas d'une boîte automatique, pour favoriser l'agrément de conduite le calculateur BVA demande un retrait d'avance au calculateur injection.

**Compensation du ralenti** : lorsque le véhicule est à l'arrêt, en Drive, pédale de freins enfoncée, comme on un rapport d'engagé, on a une charge donc on augmente le ralenti pour éviter de caler le véhicule.

**Affichage au combiné Rappel** de la position du levier au combiné.

**Moto ventilateur Comme** l'huile est refroidie par le liquide de refroidissement, le calculateur demande l'enclenchement des ventilateurs si la température de l'huile de la boîte est trop élevée.

**Calculateur de Climatisation** : La calculateur BVA peut interdire tout changement d'état du compresseur de climatisation (par l'intermédiaire du calculateur de climatisation 8080) lors d'un changement de rapport. Pourquoi ? Lors d'une phase de changement de rapport, le couple moteur doit rester constant pour éviter tout à coup.

## LES ELEMENTS ELECTRIQUES

### LE CONTACTEUR MULTIFONCTIONS

**INFORMATION POSITION DU LEVIER DE SELECTION**  
Cette information est fournie au boîtier électronique par le contacteur multifonctions.  
Il est monté sur l'arbre de sélection qui pilote la vanne manométrique.  
Elle permet :

- la gestion des rapports imposés,
- l'affichage au combiné de la position du levier,
- l'interdiction de démarrage dans une autre position,
- l'allumage des feux de recul en position R.

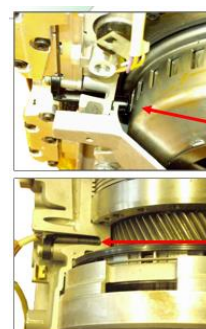
Remarque : Le contacteur multifonctions n'est pas réglable



### LES CAPTEURS DE REGIME DE BOÎTE

Ces deux capteurs fournissent au calculateur :

- L'information vitesse d'entrée de la boîte de vitesses, en mesurant la vitesse de rotation de la turbine du convertisseur afin de permettre au calculateur de déterminer le glissement du convertisseur de couple,
- L'information vitesse de sortie de la boîte de vitesses, en mesurant la vitesse de rotation de la roue de parc liée au pignon secondaire du couple de descente, afin de permettre au calculateur :



Vitesse d'entrée de boîte (turbine)

Vitesse de sortie de boîte

- de prendre la décision de changement de rapport, et de changement d'état du lock-up,
- de choisir le jeu de lois approprié,
- de déterminer le glissement des embrayages et des freins lors d'un changement de rapport et ainsi, d'ajuster le temps de passage de rapport.

#### ▪ **SONDE DE TEMPERATURE D'HUILE**

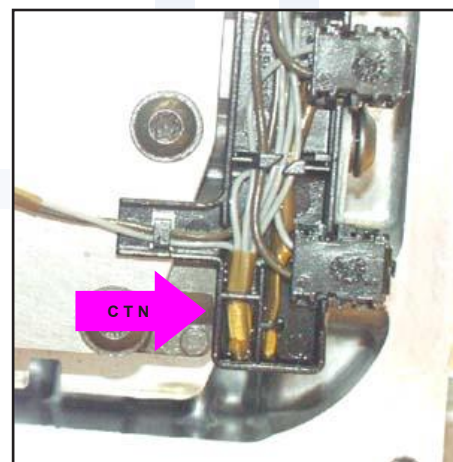
Elle est implantée dans le bloc hydraulique. Elle est intégrée au faisceau interface électrohydraulique de la boîte de vitesses.

**ROLE :**

Elle informe le calculateur de la température de l'huile de la boîte de vitesses.

Elle lui permet :

- de corriger la pression hydraulique principale (pression de ligne),
- d'obtenir un fonctionnement adapté de la boîte de vitesses dans des conditions de haute température,
- de ponter le convertisseur de couple et d'intervenir sur la stratégie de pontage,
- d'informer le conducteur d'une surchauffe anormale de l'huile.



#### ▪ **LES ÉLECTROVANNES**

##### **Ensemble de solénoïdes à 3 voies (S1,S2)**

Les solénoïdes sont enclenchés (ON) et coupés (OFF) en réponse aux signaux sortis par le calculateur. Selon la condition ON ou OFF de S1 ou S2, le frein moteur de 1ère est actionné ou la boîte passe en marche arrière.

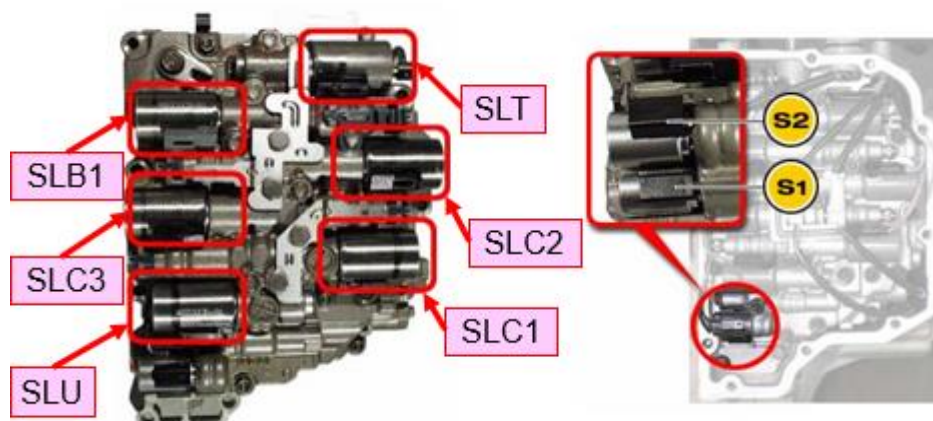
Ensemble de solénoïdes de contrôle de changement de vitesses (SLC1, SLC2, SLC3, SLB1)

Les solénoïdes contrôlent linéairement la pression hydraulique en réponse aux signaux sortis du calculateur. Par conséquent, ils contrôlent la pression hydraulique de l'embrayage (C1, C2, C3) et des freins (B1) pour fournir un changement de vitesses en douceur.

Selon la combinaison de l'état ON ou OFF de l'ensemble de solénoïdes de contrôle de changement de vitesses, la boîte de vitesses passe de la 1ère en 6ème et vice versa.

Solénoïdes de contrôle de changement de vitesses (SLT) contrôlent la pression hydraulique (de ligne) de l'embrayage et des freins garantissant un changement de vitesses en douceur.

Solénoïdes de contrôle de pontage (SLU) il contrôle linéairement la pression hydraulique du système de pontage.



#### ▪ **Capteur de PRESSION D'HUILE**

**ROLE :**

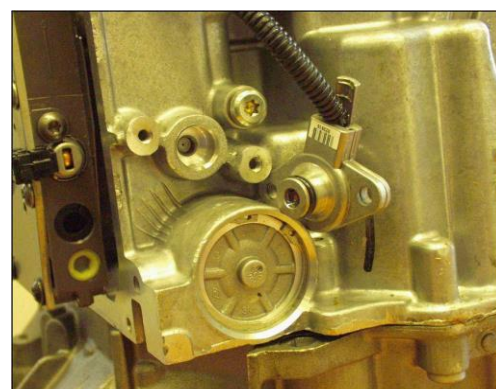
Implanté sur le carter de la boîte de vitesses, il fournit au calculateur la valeur de la pression de ligne.

Cette information permet au calculateur de corriger la valeur de la pression de ligne par rapport à sa valeur de consigne.

**FONCTIONNEMENT :**

C'est un capteur de pression relative de type piézo-résistif se composant principalement de jauges de contraintes reliées à un pont de mesure.

Ces jauges de contraintes se déforment sous l'action de la pression, et il en résulte un signal de tension proportionnel à cette pression.

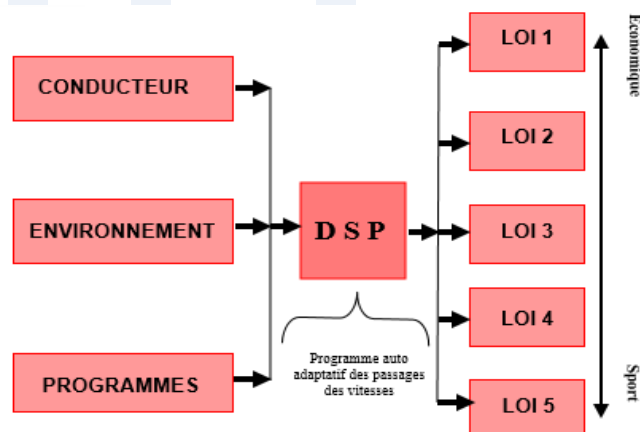


## LOIS DE PASSAGE ET PROGRAMMES

En fonctionnement normal, le calculateur de boîte de vitesses automatique utilise des paramètres évolutifs pour adapter au mieux les seuils de passage de vitesses, loi de pontage, etc....  
Les paramètres évolutifs sont les suivants :

- Style de conduite,
- Charge moteur du véhicule,
- Sélecteur de programme.

NOTA : Les paramètres évolutifs permettent de faire varier à l'infini les lois de passage de vitesses.



- **Informations du conducteur :**

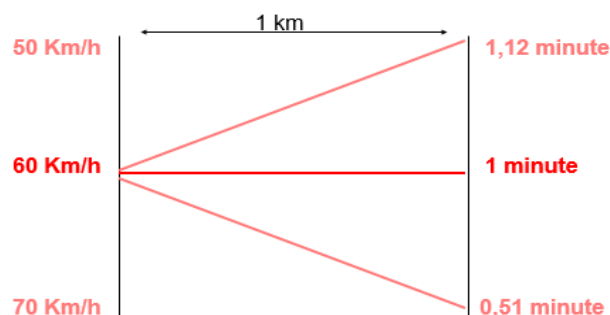
- La position de la pédale accélération
- La vitesse d'action sur la pédale accélération
- La fréquence de passage en rétro commande
- Le temps resté en rétro commande
- L'action sur la pédale de freins

- **Informations externes (Environnement)**

Comment le calculateur peut-il savoir si le véhicule est dans une pente, sur un sol plat ou dans une descente ?

**Par exemple :**

- Pour une charge de 50%, sur un sol plat, le véhicule va mettre 1 minute à parcourir 1 km s'il a roulé à 60 km/h.
- Pour la même charge et la même distance, si le véhicule met 1,12 minute, le calculateur détecte une montée.
- Dans les mêmes conditions, le véhicule met 0,51 minute, le calculateur détecte une descente.



- **Les Programmes**

- **PROGRAMME "VERT" :**

- Le programme "Vert" favorise la mise en température optimale du groupe motopropulseur par rapport à un compromis global entre les paramètres suivants :
  - Emission de gaz polluant
  - Consommation de carburant
  - Agrément de conduite
- Le programme "Vert" utilise deux programmes :
  - Programme "Mise en température" permettant une montée en température rapide du groupe motopropulseur
  - Programme "Super éco" permettant la mise en température complète du groupe motopropulseur dans les cas de températures d'huile de boîte de vitesses automatique les plus basses.

- **PROGRAMME "ADAPTATIF" :**

- Le programme "Adaptatif" permet une adaptation à la sportivité du conducteur et une adaptation à la charge moteur du véhicule.
- L'adaptation se fait par décalage des lois de passage de référence par interpolation.
- **PROGRAMME "ADAPTATION À LA DESCENTE" :**
- Le programme "Adaptation à la descente" permet d'adapter le choix du rapport de boîte de vitesses automatique au roulage en descente.
- Le programme "Adaptation à la descente" adopte le même principe d'interpolation que le programme "Adaptatif".

- **PROGRAMME "ROULAGE EN EMBOUTEILLAGE" :**

- Lorsque la condition "Roulage en embouteillage" est détectée, le programme "Roulage en embouteillage" permet de limiter les changements de rapports à faible vitesse véhicule.

- **PROGRAMME "SÉLECTION SPORT" :**

- Le programme "Sélection Sport" fonctionne sur le même principe d'interpolation que dans le programme "Adaptatif" avec un indice minimum de sportivité imposé.

- **PROGRAMME "NEIGE" :**

- Lorsque les conditions d'adhérence deviennent précaires, le conducteur peut activer le mode "Neige" par appui sur le bouton "Neige".
- Ce programme fait appel à trois types de lois de passage :
  - Lois de passage dédiées au roulage en montée.
  - Lois de passage dédiées au roulage sur sol plat.
  - Lois de passage dédiées au roulage en descente.
- Effets du programme "Neige" :
  - Interdiction du passage en première vitesse.
  - Démarrage sur la deuxième vitesse sur sol plat ou en montée.
  - Démarrage sur la troisième vitesse en descente.
  - La réduction de la fréquence des changements de rapports et la limitation des rétrogradages multiples.
  - L'indice de sportivité n'est pas pris en compte dans le programme "Neige".

- **PROGRAMME "ESP" :**

- Le système de contrôle de la dynamique véhicule peut réaliser une demande de programme particulier. Ce programme fait appel à un jeu de lois associées.

- **PROGRAMME "MANUEL" (OU COMMANDE MANUELLE IMPULSIONNELLE) :**

- Le programme "Manuel" est sélectionnable par le conducteur (levier en position "M").
- Lorsque le mode manuel est activé, les modes "Neige" ou "Sport" sont désactivés.

- **PROGRAMME "RÉGULATION ET LIMITATION DE VITESSE VÉHICULE" :**

- Le programme "Régulation et limitation de vitesse véhicule" est activé lors de la mise en action des fonctions régulation ou limitation de vitesse véhicule.
- Le programme est désactivé lorsque les fonctions régulation ou limitation de vitesse véhicule sont désactivées ou en attente.
- Le programme "Régulation et limitation de vitesse véhicule" fait appel à deux lois de passage de rapports en fonction de la charge moteur du véhicule :
  - Une loi de passage pour sol plat ou descente.
  - Une loi de passage pour la montée.
- Les seuils de passage de rapports sont déterminés par interpolation entre les lois de référence en fonction de la charge moteur du véhicule.

- **PROGRAMME "PROTECTION HAUTE TEMPÉRATURE" :**

- Le programme "Protection haute température" permet de protéger le moteur et la boîte de vitesses automatique contre les hautes températures.
- Il fait appel à trois types de lois de passage :
  - Une loi pour le mode "Protection thermique moteur" qui permet d'aider préventivement le moteur dans des conditions de type montagne (fortes charges moteur du véhicule à faibles vitesses) ou vitesse maximale.
  - Une loi pour le mode "Protection thermique boîte de vitesses automatique préventive", qui prévient une augmentation excessive de température d'huile boîte de vitesses automatique liée à un manque du système de refroidissement.
  - Une loi pour le mode "protection thermique boîte de vitesses automatique curative" qui permet d'éviter la casse de la boîte de vitesses automatique et un fonctionnement dans des conditions de température d'huile extrême.

## LOI DE PASSAGE DES VITESSES

Le point de fonctionnement de la boîte de vitesses automatique est défini par les informations suivantes :

- degré d'ouverture du papillon,
- vitesse et charge moteur du véhicule.

En fonctionnement, la décision de changement de rapports est prise par le calculateur de boîte de vitesses automatique à partir d'un jeu de courbes appelé "loi de passage".

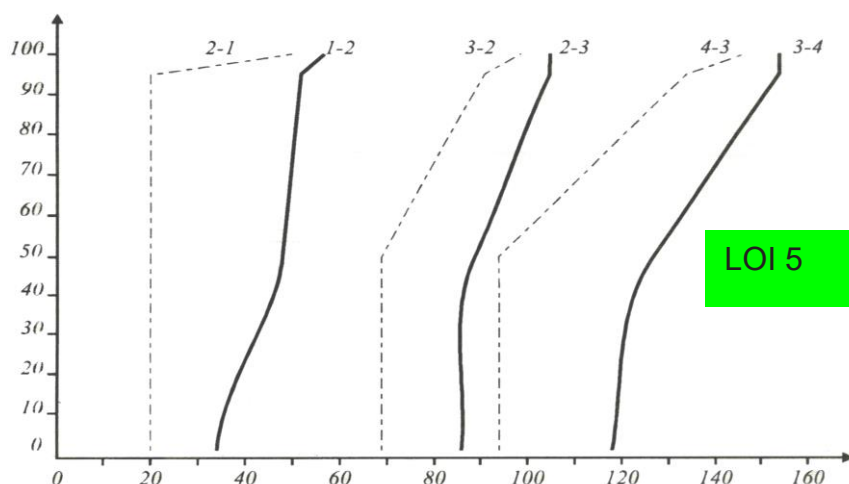
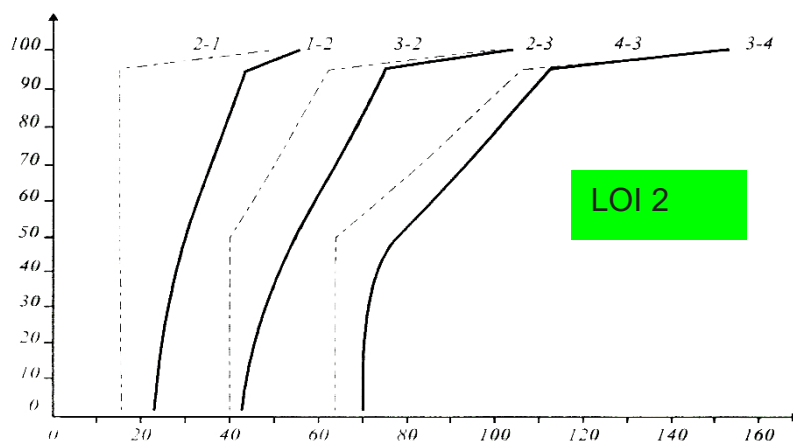
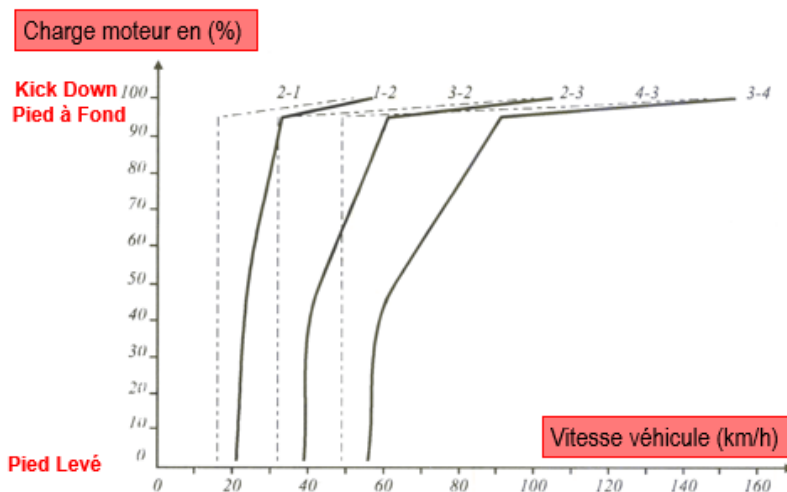
Chaque loi de passage comprend :

- les seuils de changement de rapport (montée et rétrogradage de rapports),
- les seuils de pontage du convertisseur de couple (courbes de pontage),
- les points "kick-down ».

**NOTA** : Les courbes sont modifiées en fonction de critères évolutifs (sportivité du conducteur, charge du véhicule, etc...), ce qui entraîne une infinité de solutions (point de passage vitesses, seuil de pontage, etc...).

**NOTA** : Les seuils de passage sont différents, en montée et en descente de rapports, de manière à éviter des changements de rapports répétés.

Dans tous les cas, les lois de passage permettent, sur sollicitation du conducteur, d'obtenir les performances maximales du véhicule. En cas d'enfoncement total de la pédale d'accélérateur au-delà du point dur pédale, le calculateur de boîte de vitesses automatique passe automatiquement à la vitesse inférieure.



## V. Système de transmission séquentielles

### Introduction :

A l'heure actuelle, le secteur des boîtes de vitesses est dominé en Europe par les boîtes mécaniques et aux Etats-Unis ainsi qu'au Japon par l'utilisation de boîtes automatiques. Ces deux types de boîte présentent des avantages et des inconvénients spécifiques.

Les avantages d'une boîte mécanique sont, entre autres :

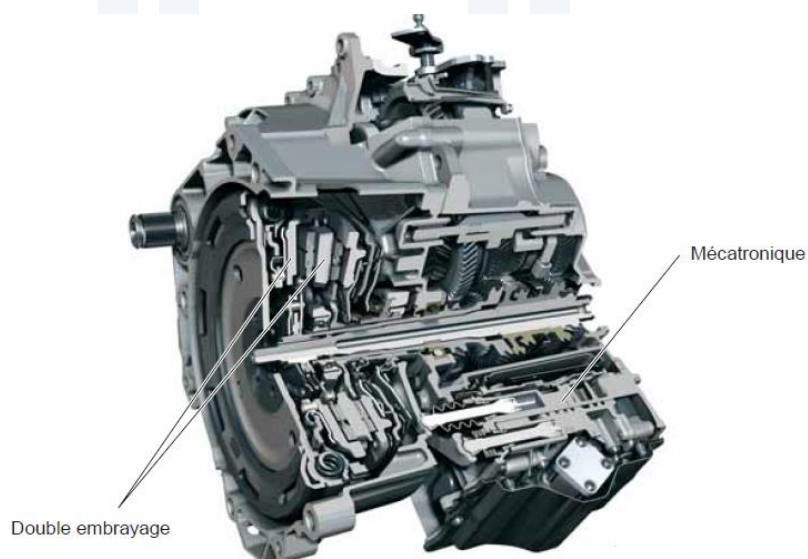
Un rendement important

Ainsi qu'une certaine robustesse et sportivité

Les avantages d'une boîte automatique sont, entre autres :

Un grand confort, surtout lors du changement de rapports, qui s'effectue sans interruption de la force motrice.

Dans ce contexte, Volkswagen s'est fixée comme objectif de combiner les avantages de ces deux types de boîte pour créer une génération entièrement nouvelle de boîte manuelle robotisée ou à double embrayage, appelée DSG.



### Utilisation

Le levier de sélection est également utilisé sur un véhicule avec boîte de vitesses automatique. La boîte de vitesses avec double embrayage offre également la possibilité d'une commande Tiptronic.

Le levier de sélection dispose également, comme sur les véhicules avec boîte de vitesses automatique, d'un verrou de levier sélecteur ainsi que d'un verrou pour l'extraction de la clé de contact de l'antivol de direction. La fonction de blocage est la même que jusqu'à présent.

La conception est nouvelle.

#### Position du levier de sélection :

##### **P - Stationnement**

Pour déplacer le levier de sélection de cette position, il faut que le contact soit „mis“ et que la pédale de frein soit enfoncée. En outre, il faut enfoncer le contacteur de sûreté sur le levier de sélection.

##### **R - Marche arrière**

Pour enclencher ce rapport, il faut appuyer sur le contacteur de sûreté.

##### **N - Point mort**

Dans cette position, la boîte de vitesses tourne au ralenti. Si le levier de sélection se trouve dans cette position pendant un certain temps, il faut appuyer de nouveau sur la pédale de frein pour quitter cette position.

##### **D - Position permanente pour la marche avant**

(Programme normal)

Dans cette position de marche (Drive = Marche), toutes les vitesses de marche avant sont enclenchées automatiquement.

##### **S - Sport**

La sélection automatique du rapport de boîte a lieu en fonction de la caractéristique „Sport“ mémorisée dans l'unité de commande.

+ / – Les fonctions Tiptronic peuvent être exécutées dans le couloir droit du levier de sélection et sur les commandes du volant.



Contacteur de Tiptronic sur Volant E389



## Principe fondamental

La boîte de vitesses automatique avec double embrayage OAM est composée essentiellement de deux boîtes partielles indépendantes l'une de l'autre.

Chaque boîte partielle est conçue comme une boîte de vitesses mécanique pour le côté fonctionnel et un embrayage est affecté à chacune d'entre elles.

Pour ce qui est des embrayages, ils sont conçus comme des embrayages secs.

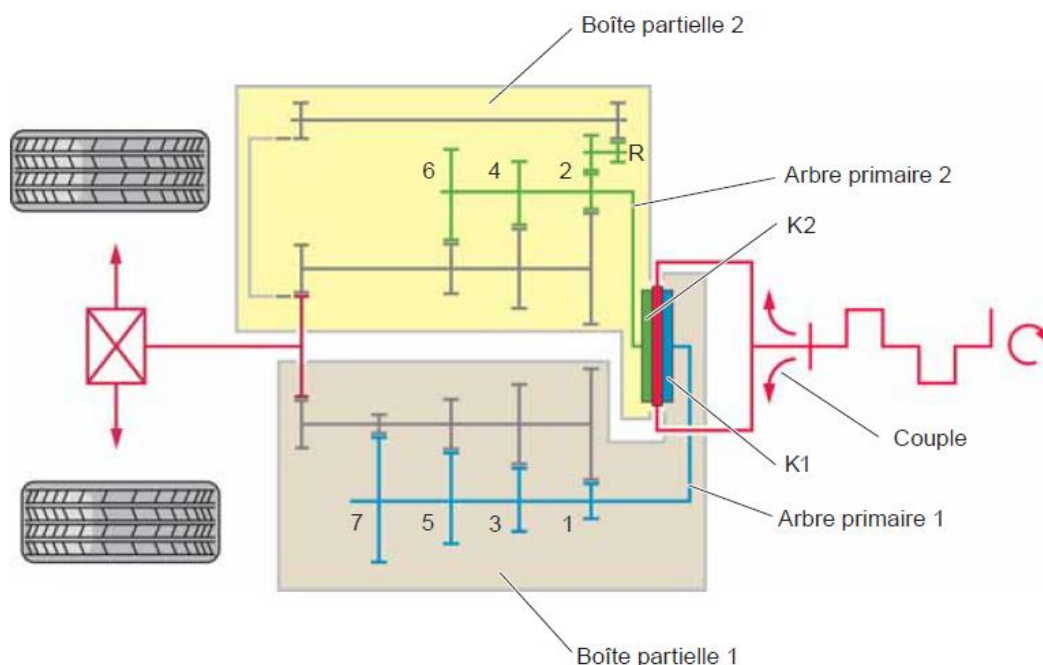
Ils sont activés et désactivés par la mécatronique en fonction du rapport de boîte enclenché.

Les vitesses 1, 3, 5 et 7 sont enclenchées par l'embrayage K1 et l'arbre primaire 1 qui se trouvent dans la boîte partielle 1 (K1).

Les vitesses 2, 4, 6 et la marche arrière (R) font partie de la boîte partielle 2 (K2) et sont enclenchées par l'embrayage K2 et l'arbre primaire 2.

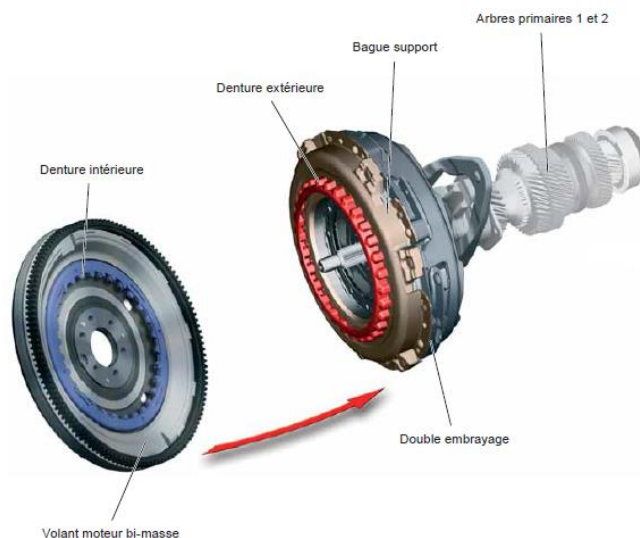
Le couple n'est toujours transmis principalement aux roues que par une boîte partielle. Dans la deuxième boîte partielle, le rapport suivant est déjà pré-enclenché, toutefois, l'embrayage pour cette vitesse ou pour cette boîte de vitesses est encore toujours déconnecté.

Chaque rapport de boîte est affecté à une unité de commande et de synchronisation classique d'une boîte de vitesses mécanique.



## Entrée du couple

Le couple est transmis du volant moteur bi-masse (fixé au vilebrequin) au double embrayage. Le volant moteur bi-masse est doté d'une denture intérieure qui s'engrène dans la denture extérieure sur la bague support du double embrayage. De là, le couple est ensuite transmis au double embrayage.



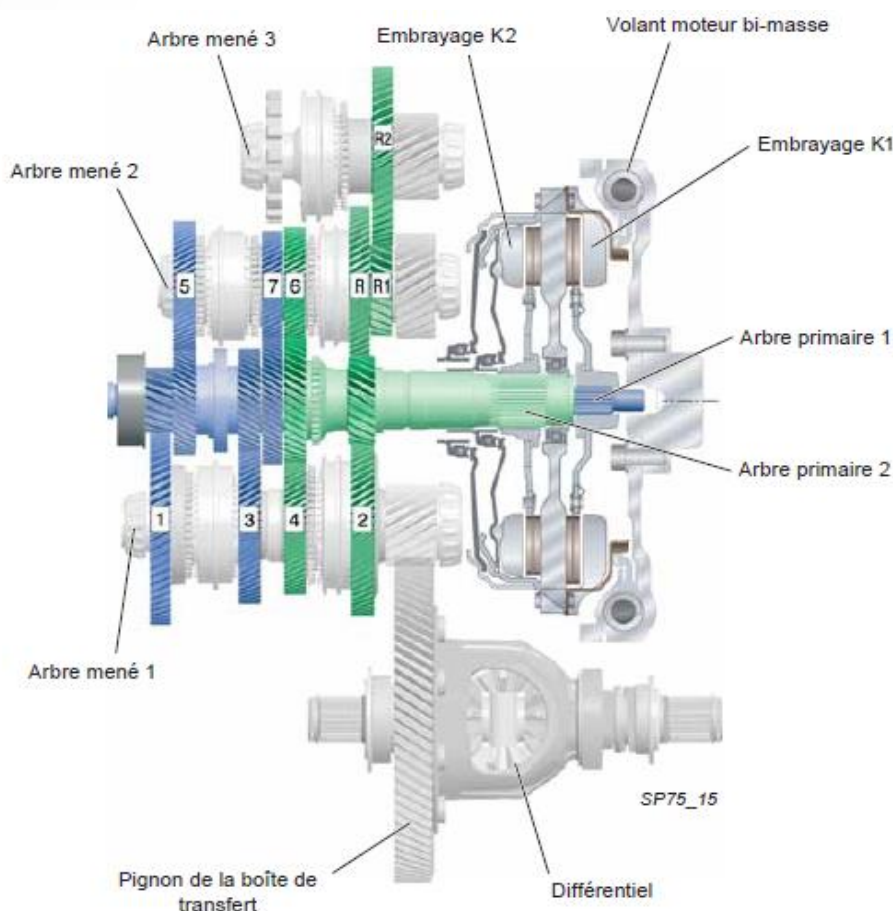
## Double embrayage et profil du couple

Le double embrayage se trouve dans la cloche de la boîte de vitesses.

Elle est composée de deux embrayages classiques qui font partie du corps du double embrayage. Dans les Manuels de formation technique, les embrayages sont désignés ensuite par K1 et K2. L'embrayage K1 transmet le couple à l'arbre primaire 1 via la rainure longitudinale. Le couple est ensuite transmis de l'arbre primaire 1 à l'arbre mené 1 pour les rapports de boîte 1 et 3 et à l'arbre mené 2 pour les rapports de boîte 5 et 7.

L'embrayage K2 transmet le couple à l'arbre primaire 2 via la rainure longitudinale. Le couple est ensuite transmis de celui-ci à l'arbre mené 1 pour les rapports de boîte 2 et 4 et à l'arbre mené 2 pour le rapport de boîte 6 et la marche arrière (R). Le couple est ensuite transmis au pignon de la marche arrière R2 et à l'arbre mené 3 via le pignon enclenché de la marche arrière R1.

Les trois arbres entraînés sont reliés au pignon de la boîte de transfert du différentiel.



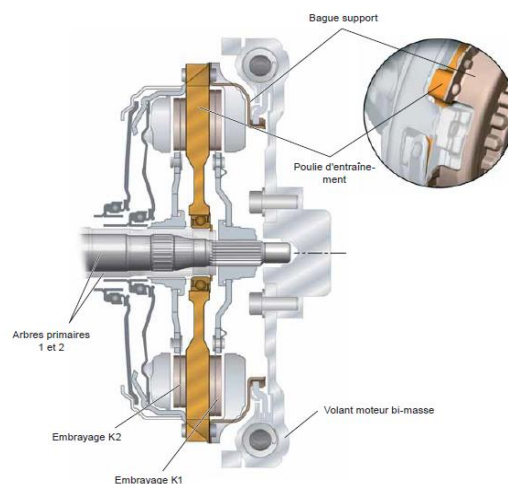
## Poulie d'entraînement du double embrayage

Le couple est transmis à la poulie d'entraînement dans le double embrayage par la bague support.

La bague support et la poulie d'entraînement sont solidement reliées entre elles. La poulie d'entraînement repose librement sur l'arbre primaire 2.

## Fonctionnement

Si un des deux embrayages (K1 ; K2) est couplé, le couple est transmis au disque d'embrayage concerné par la poulie d'entraînement et ensuite à l'arbre primaire concerné.



## Embrayages

Deux embrayages secs autonomes (K1; K2), qui transmettent le couple à une boîte partielle, fonctionnent dans le double embrayage.

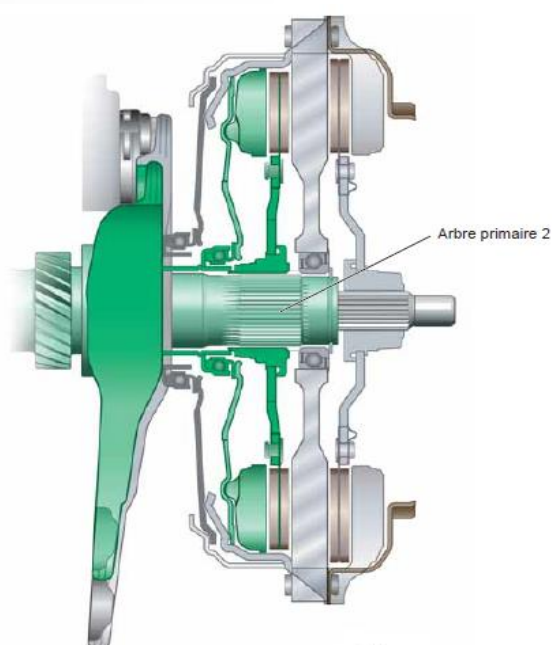
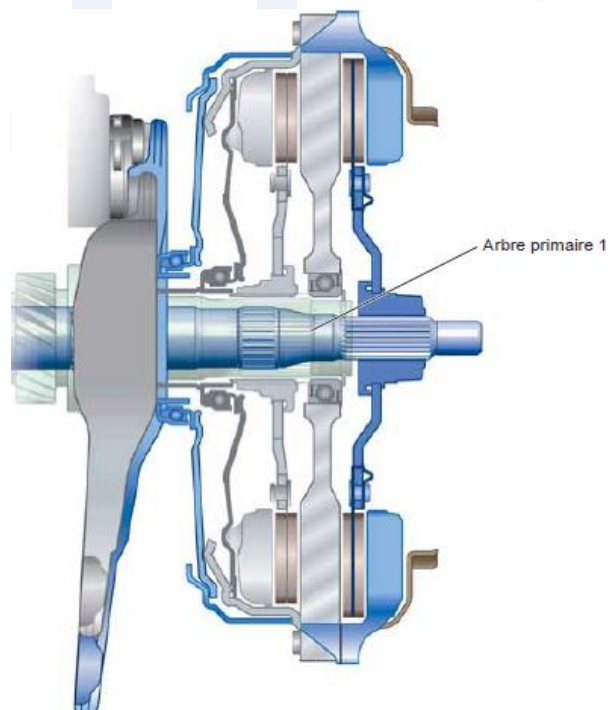
Positions de l'embrayage :

- si le moteur est arrêté et en roue libre, les deux embrayages sont découplés.
- en roulant, un seul des deux embrayages est couplé.

### Embrayage K1

L'embrayage K1 transmet le couple pour les rapports de boîte 1, 3, 5 et 7 via l'arbre primaire 1.

Embrayage K1 en position non couplée



### Embrayage K2

L'embrayage K2 transmet le couple pour les rapports de boîte 2, 4, 6 et la marche arrière (R) via l'arbre primaire 2.

Embrayage K2 en position non couplée

## Arbres primaires

Les arbres primaires se trouvent dans le carter de la boîte de vitesses.

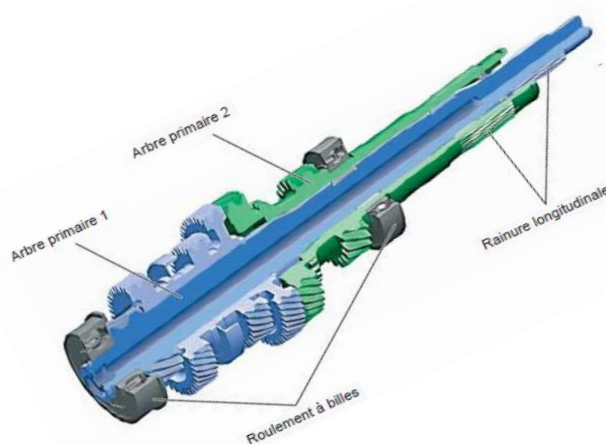
Ils transmettent le couple du moteur aux arbres entraînés en fonction du rapport de boîte enclenché.

Chaque arbre primaire est relié à l'embrayage par une rainure longitudinale.

L'arbre primaire est percé dans le sens de la longueur.

L'arbre primaire 1 passe à travers l'ouverture percée.

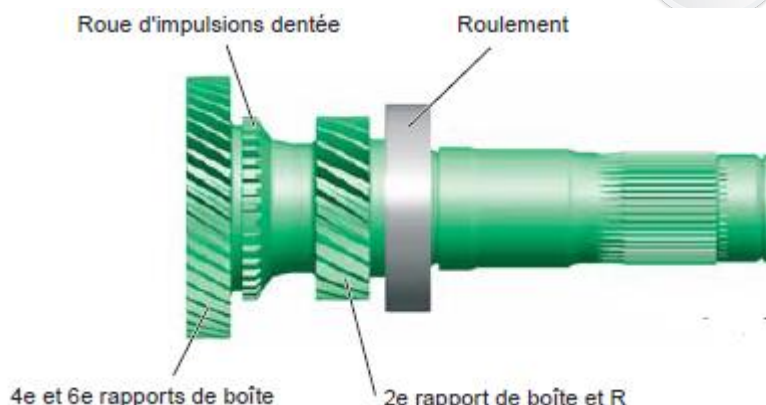
Chaque arbre primaire est doté d'un roulement à billes grâce auquel les arbres sont logés dans le carter de la boîte de vitesses.



L'arbre primaire 2 est décrit avant l'arbre primaire 1 à cause de sa position de montage.

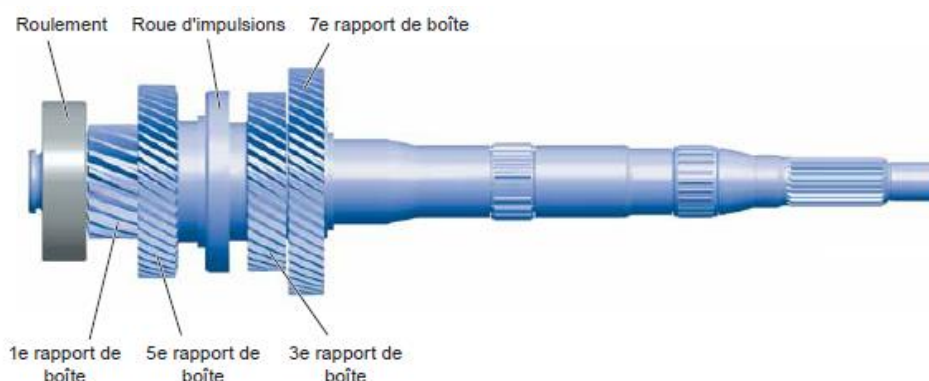
### Arbre primaire 2

L'arbre primaire 2 est un arbre creux et il est relié à l'embrayage 2 par la rainure longitudinale. Les rapports de boîte 2, 4, 6 et R sont enclenchés par l'arbre primaire 2. Pour déterminer le régime d'entrée (régime de l'arbre primaire 2), une roue d'impulsions dentée du transmetteur 2 du régime d'entrée G612 se trouve sur l'arbre



### Arbre primaire 1

L'arbre primaire 1 est relié à l'embrayage K1 par la rainure longitudinale et les rapports de boîte 1, 3, 5 et 7 sont enclenchés par celui-ci. Pour déterminer le régime d'entrée de boîte (régime de l'arbre primaire 1), la roue d'impulsions du transmetteur 1 du régime d'entrée de boîte G632 se trouve sur l'arbre primaire.



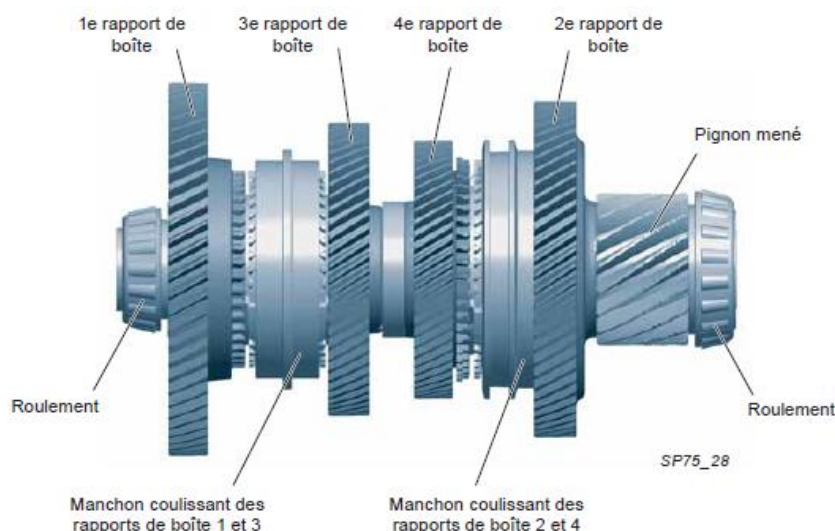
### Arbres menés

3 arbres menés se trouvent dans le carter de la boîte de vitesses. En fonction du rapport de boîte enclenché, le couple du moteur est transmis des arbres primaires aux arbres entraînés. Chaque arbre mené est équipé d'un pignon mené via lequel le couple est transmis au pignon de la boîte de transfert du différentiel.

### Arbre mené 1

Sur l'arbre mené 1 se trouvent :

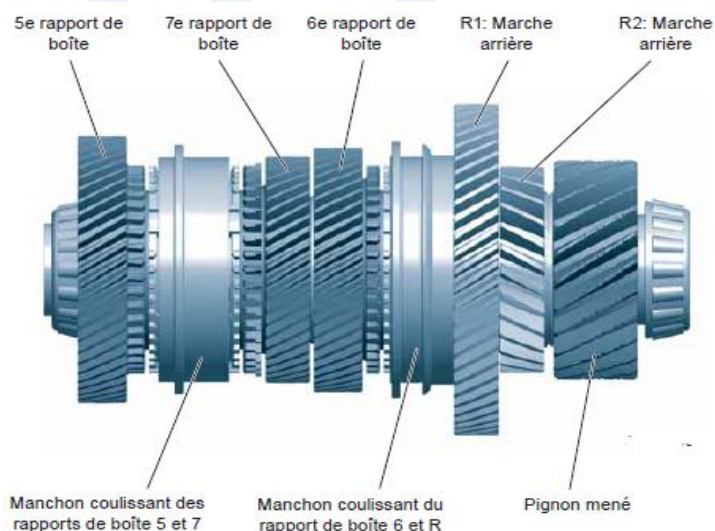
- trois engrenages de changement de vitesse synchronisés pour les rapports de boîte 1, 2 et 3
- deux engrenages de changement de vitesse synchronisés du rapport de boîte 4



## Arbre mené 2

Sur l'arbre mené 2 se trouvent :

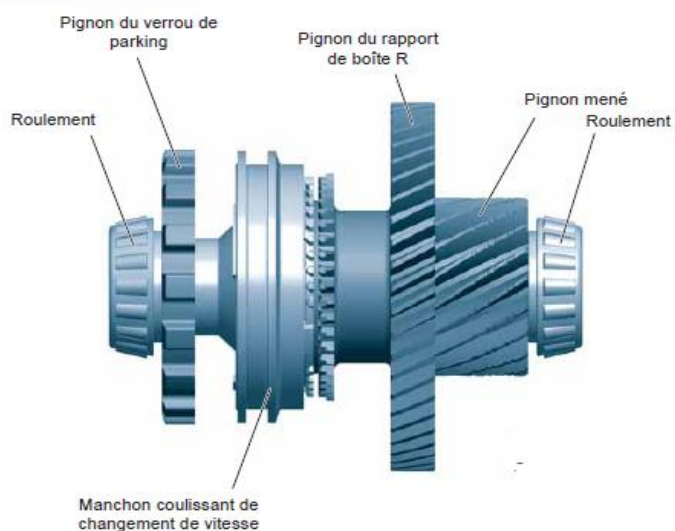
- un engrenage de changement de vitesse synchronisé pour les rapports de boîte 5, 6 et 7
- les pignons incorporés du rapport de boîte R1 et du rapport de boîte R2 de la marche arrière



## Arbre mené 3

Sur l'arbre mené 3 se trouvent :

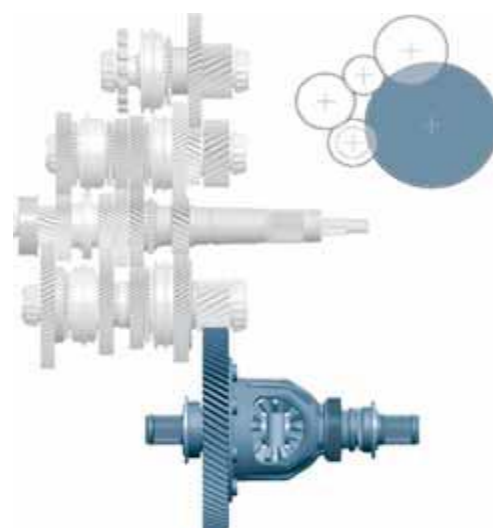
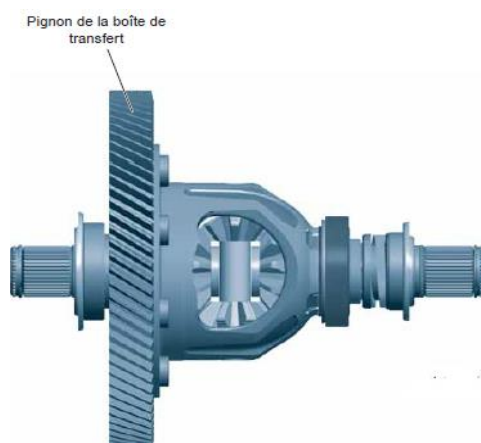
- un engrenage de changement de vitesse synchronisé du rapport de boîte R

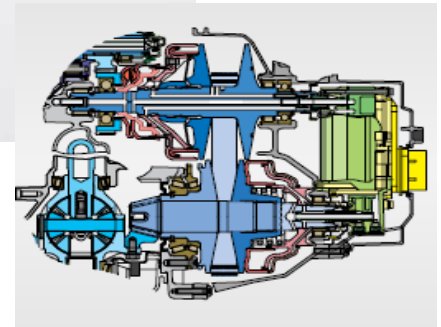
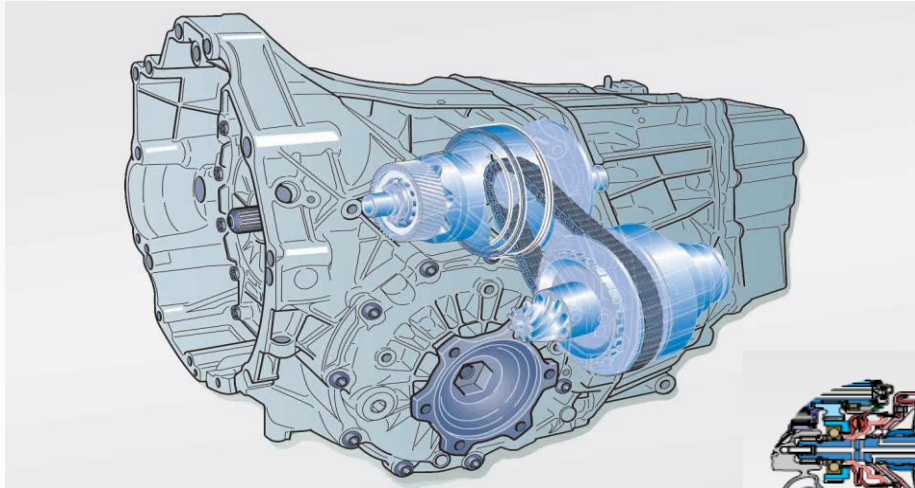


## Différentiel

Le différentiel transmet le couple aux arbres à cardan et ceux-ci le répartissent ensuite sur les roues du véhicule

- Le pignon de la boîte de transfert





### Introduction :

Les transmissions servent à harmoniser la caractéristique de couple des moteurs à combustion en fonction du véhicule.

Les principaux types de BV sont les boîtes étagées, telles que les boîtes mécaniques manuelles, les boîtes mécaniques robotisées et les boîtes automatiques à étagement des rapports. Une boîte étagée (boîte à passage de rapports) constitue toujours un compromis entre dynamique du véhicule, consommation et confort de conduite.

Le couple d'un moteur à combustion ne se déploie pas par étapes, mais en continu. C'est pourquoi une démultiplication en continu constitue la meilleure solution en vue d'une exploitation optimale du potentiel de la transmission.

Les concepts CVT disponibles jusqu'ici sur le marché font déjà appel au "principe du variateur". Du fait de leur transmission de

### Principe de base

Le variateur constitue la pièce maîtresse de la transmission CVT. C'est lui qui permet de faire varier en continu les rapports de démultiplication entre les démultiplications de démarrage et finale.

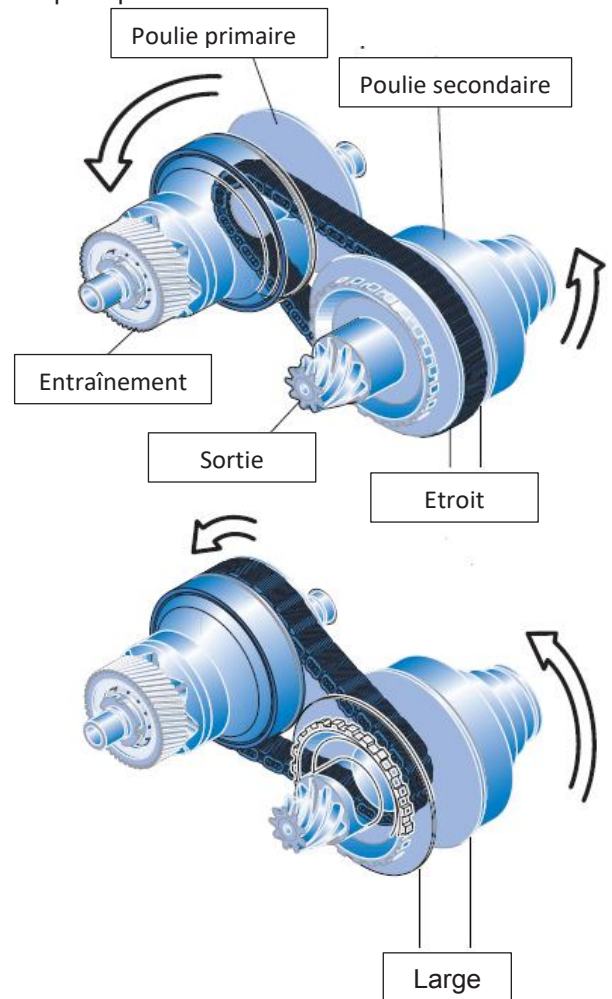
Ainsi, on dispose en permanence d'une démultiplication adaptée. Le moteur peut toujours fonctionner dans la plage de service optimale, en cas d'une orientation puissance comme d'une orientation consommation.

Le variateur se compose de deux poulies à flasques coniques, la poulie principale (poulie 1) et la poulie secondaire (poulie 2) ainsi que d'une chaîne spéciale (la "courroie") passant dans la gorge en V formée par les deux flasques coniques des deux poulies. La chaîne constitue l'élément de transmission.

Le poulie 1 est entraînée par le moteur, par l'intermédiaire d'un réducteur. Le couple moteur est transmis par la chaîne à la poulie 2 et, de là, à la transmission.

Sur chaque poulie, un flasque conique peut se déplacer sur l'arbre, ce qui permet de faire varier en continu le diamètre d'enroulement de la chaîne et donc la démultiplication.

Les deux poulies doivent être déplacées simultanément de sorte que la chaîne soit toujours tendue et que la force de serrage des flasques nécessaire à la transmission soit assurée.



### Fonction.

La boîte de vitesse CVT peut enclencher tout rapport de vitesse et choisit le meilleur rapport de vitesse, en fonction des conditions de conduite.

### Avantages d'une CVT :

- Transmission à réglage continu
- Pas de soubresaut lors d'un changement de vitesse
- Pour chaque situation le meilleur rapport sera sélectionné
- Le moteur peut fonctionner continuellement dans une situation optimale
- Plus économique à produire qu'une transmission automatique classique

### Inconvénient d'une CVT :

Système moins approprié pour une puissance élevée : le couple maximal qui peut être transmis est limité.

### Le concept de BV

Le couple-moteur est induit dans la boîte, en fonction de la motorisation, via une unité amortisseur/volant-moteur ou un volant bi-masse.

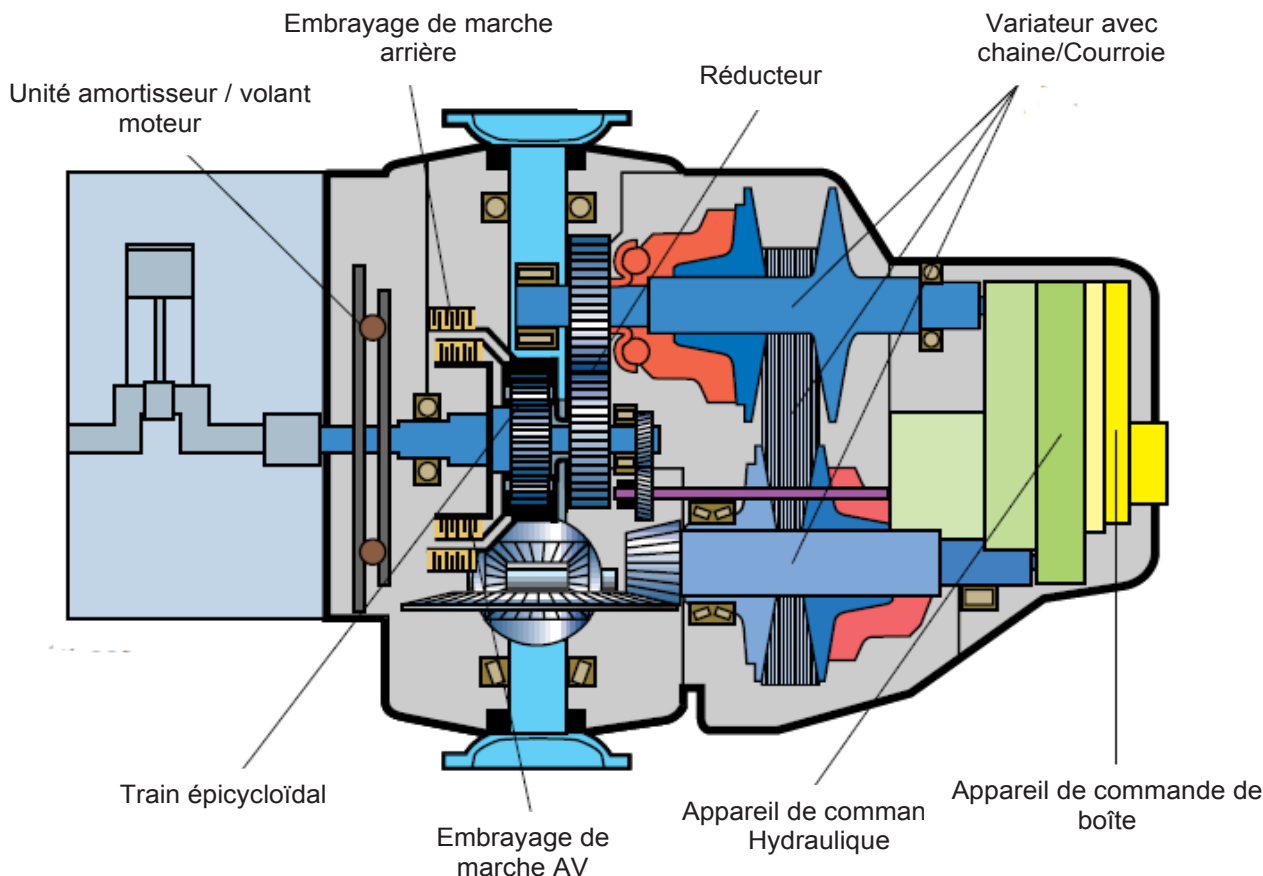
L'embrayage de démarrage est assuré respectivement par un embrayage multidisque "en bain d'huile" pour la marche avant et la marche arrière.

Un train épicycloïdal génère l'inversion du sens de rotation pour la marche arrière.

Un réducteur assure la transmission du couple-moteur au variateur et, de là, à la transmission.

L'une des innovations consiste dans la transmission du couple via une chaîne de traction (cf. description du variateur et de la chaîne).

La commande électrohydraulique et l'appareil de commande de boîte sont regroupés en une unité, logée dans le carter de boîte.



## Les embrayages de marche avant/marche arrière avec train épicycloïdal

### • Le train épicycloïdal

Le train épicycloïdal est en exécution réversible et sert uniquement au renversement du sens de rotation pour la marche arrière.

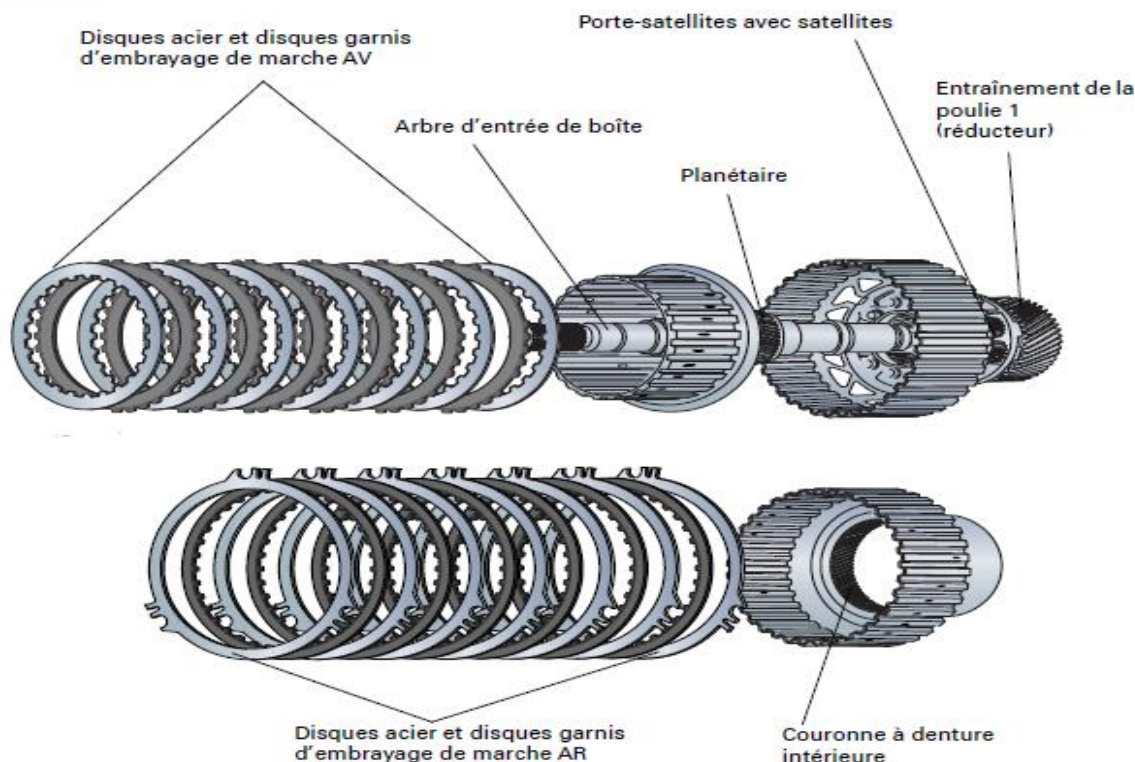
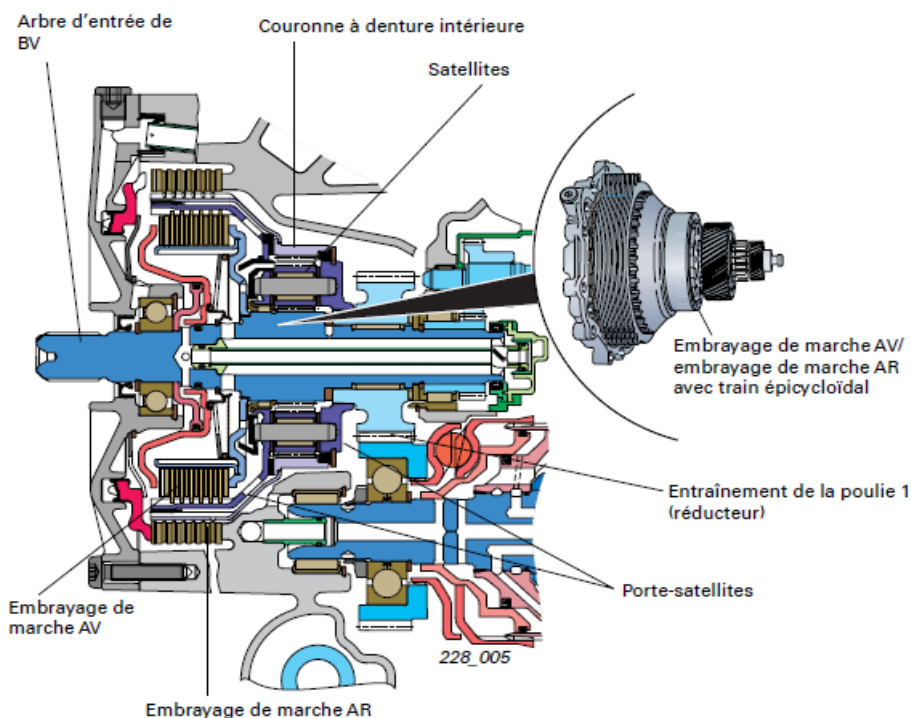
Le rapport de démultiplication dans le train épicycloïdal est, en marche arrière, de 1 :1.

### Appariement des composants

**Le planétaire** (entraînement) est relié à l'arbre d'entrée de boîte et aux disques acier de l'embrayage de marche avant.

**Le porte-satellites** (sortie) est relié au pignon d'entraînement du réducteur et aux disques garnis de l'embrayage de marche avant.

**La couronne à denture intérieure** est reliée aux satellites et aux disques garnis de l'embrayage de marche arrière.



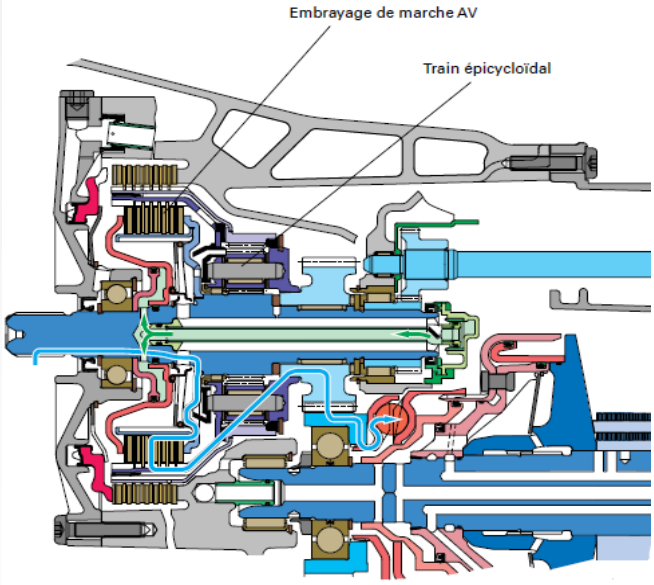
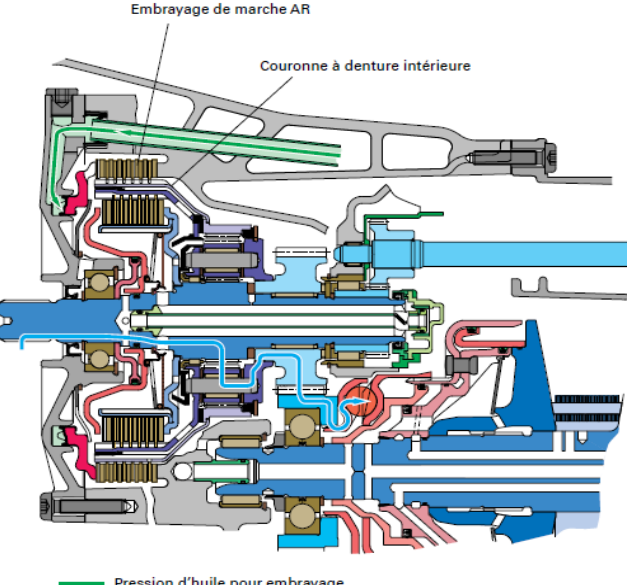
### Train épicycloïdal

Le couple est induit dans le train épicycloïdal via le planétaire relié à l'arbre d'entrée et entraîne les satellites 1. Les satellites 1 entraînent les satellites 2, en prise avec la couronne à denture intérieure.

Le porte-satellites (sortie du train épicycloïdal) est immobile étant donné qu'il constitue l'entraînement du réducteur et que le véhicule n'est pas encore en mouvement.

La couronne à denture intérieure tourne à vide, à un régime équivalent à la moitié de celui du moteur, dans le sens de rotation du moteur.

## Chaîne cinématique du train épicycloïdal

 <p>Embrayage de marche AV Train épicycloïdal</p> <p>— Pression d'huile pour embrayage — Flux du couple</p>	 <p>Embrayage de marche AR Couronne à denture intérieure</p> <p>— Pression d'huile pour embrayage — Flux du couple</p>
<p><b>Chaîne cinématique de marche avant</b></p>	<p><b>Chaîne cinématique de marche arrière</b></p>
<p>Les disques acier de l'embrayage de marche avant sont reliés au planétaire et les disques garnis au porte-satellites.</p> <p>Lorsque l'embrayage de marche avant est entraîné, il relie l'arbre d'entrée de boîte et le porte-satellites (sortie). Le train épicycloïdal est bloqué et tourne dans le sens de rotation du moteur, la transmission du couple s'effectuant selon un rapport de 1 :1.</p>	<p>Les disques garnis de l'embrayage de marche arrière sont reliés avec la couronne à denture intérieure et les disques acier avec le carter de boîte.</p> <p>Lorsque l'embrayage de marche arrière est entraîné, il maintient la couronne à denture intérieure fixe et supporte ainsi le couple au niveau du carter de boîte. Le couple est maintenant transmis au porte satellites, qui commence à tourner dans le sens inverse de celui du moteur. Le véhicule roule en marche arrière.</p>

### Le réducteur

Pour des raisons d'encombrement, le couple est transmis au variateur par un réducteur.

Les différentes démultiplications du réducteur permettent l'adaptation de différentes variantes de moteur à la boîte.

Le variateur fonctionne ainsi dans sa plage de couple optimale.

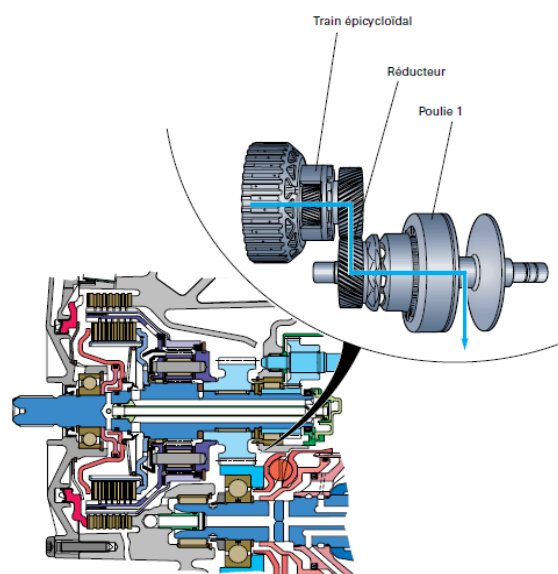
### Le variateur

#### Commande de la démultiplication

#### Régulation électronique

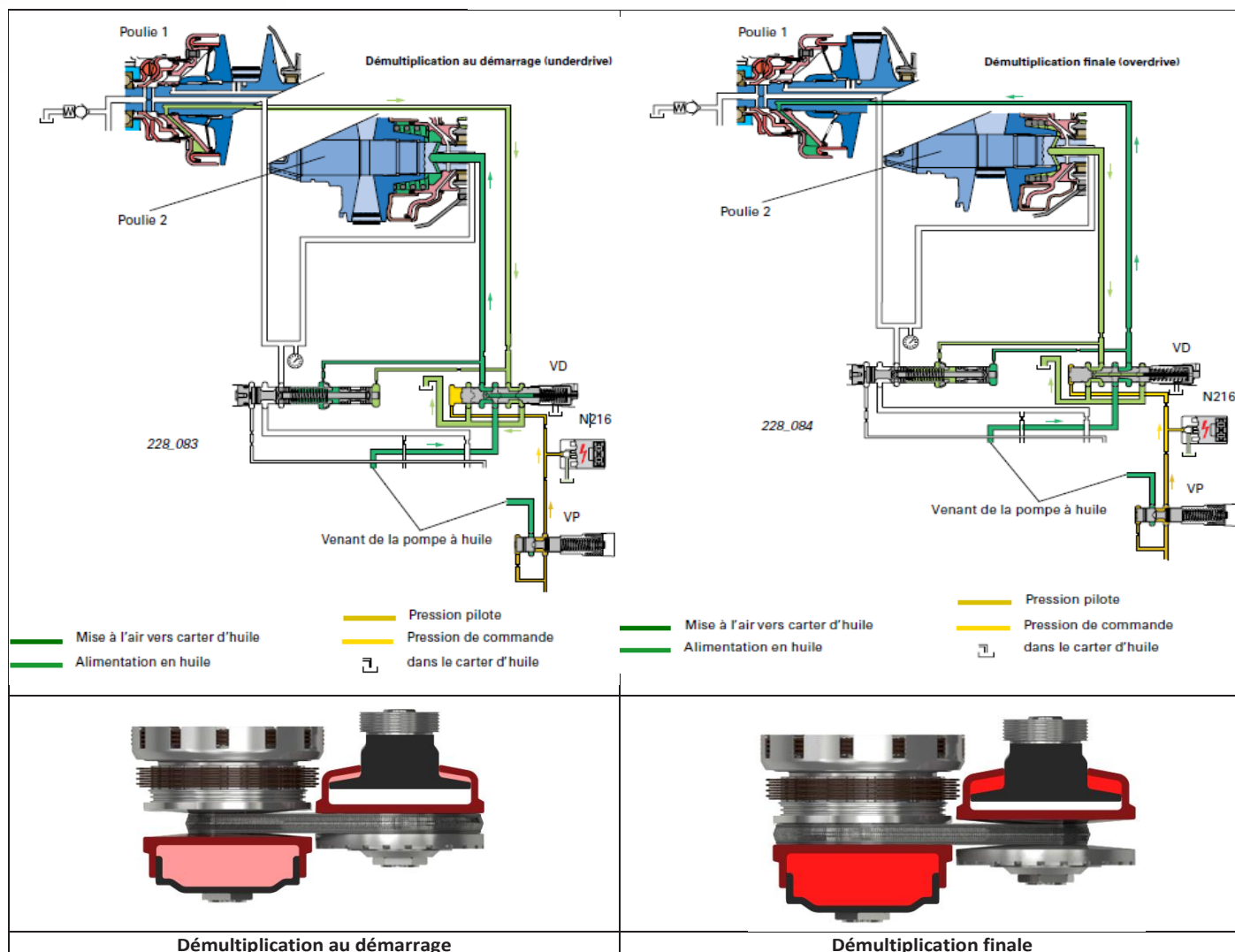
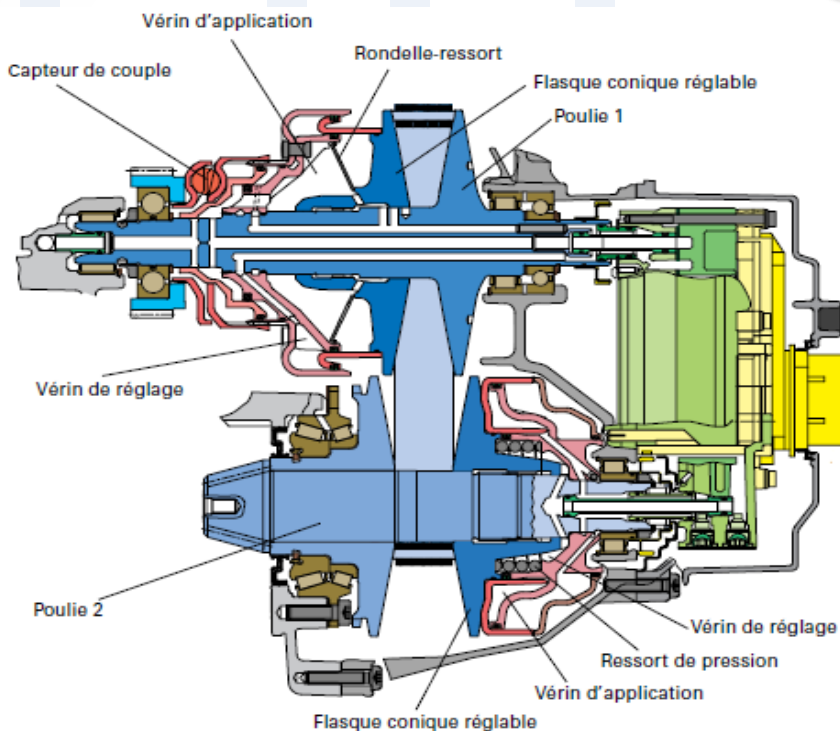
En vue du calcul de la valeur assignée du régime de transmission, l'appareil de commande de la boîte CVT dispose d'un programme de régulation dynamique (DRP). Il s'agit d'un perfectionnement du programme dynamique de passage des rapports (DSP) que l'on rencontre sur les boîtes automatiques étagées. Souhait du conducteur et état de marche sont déterminés en vue de fournir la démultiplication de boîte optimale quelle que soit la situation routière

Un régime de transmission assigné est calculé, en fonction des conditions marginales, par le programme de régulation dynamique.



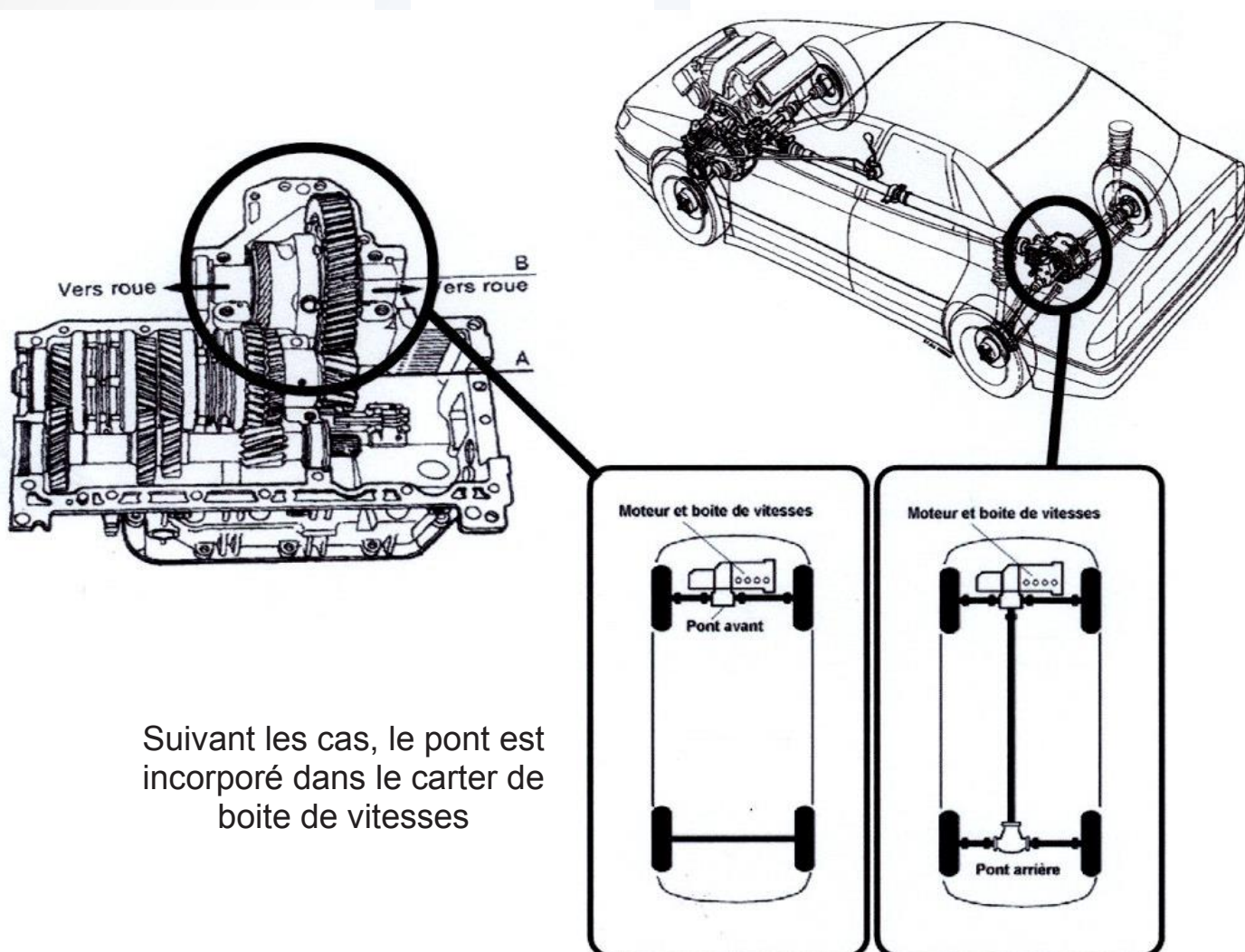
Le transmetteur G182 saisit le régime d'entrée de BV au niveau de la poulie 1. A l'appui d'une comparaison valeur assignée/ valeur réelle, l'appareil de commande de boîte calcule un courant de commande pour la vanne de régulation de pression N 216. La vanne N216 génère une pression de commande pour la vanne hydraulique de démultiplication pratiquement proportionnelle au courant de commande.

Pour la surveillance de la commande de la démultiplication, la plausibilité réciproque des signaux du transmetteur de régime d'entrée de BV G182, du transmetteur de régime en sortie de boîte G195 ainsi que du régime-moteur fait l'objet d'une surveillance.



## VII. LE PONT ET LE DIFFERENTIEL

### Mise en situation



Suivant les cas, le pont est incorporé dans le carter de boîte de vitesses

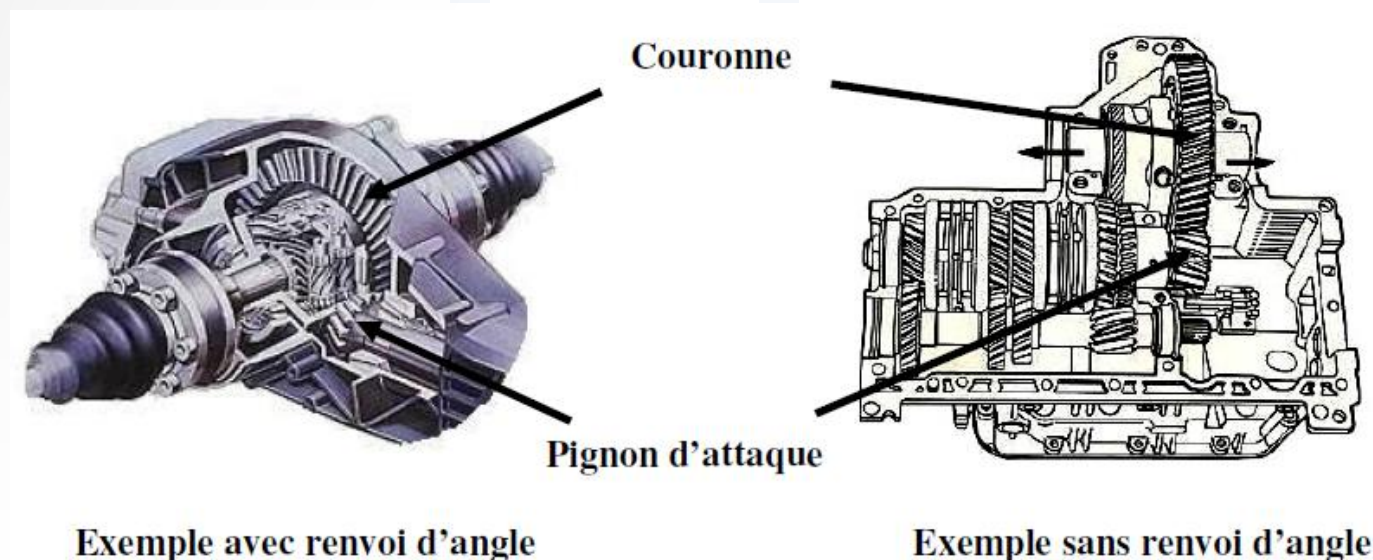
### Définition :

Le pont et le différentiel forment l'ensemble des pièces réalisant la transmission du mouvement aux roues et permettant à celles-ci, des vitesses de rotation différentes. Ils participent à la démultiplication de la vitesse et à la multiplication du couple moteur

**Le pont :**

**Conception :**

Il peut être contenu dans le carter de boîte de vitesses ou dans un carter séparé. Le petit pignon est appelé pignon d'attaque, le grand pignon est appelé Couronne. L'ensemble des deux s'appelle le couple conique. Il participe à la démultiplication totale, il est en moyenne très proche de 0.25 (ex : 8/35, 9/34)



**Calcul du rapport :**

$$\text{Rapport de pont} = \frac{\text{Nbre de dents du pignon d'attaque}}{\text{Nbre de dents de la couronne}}$$

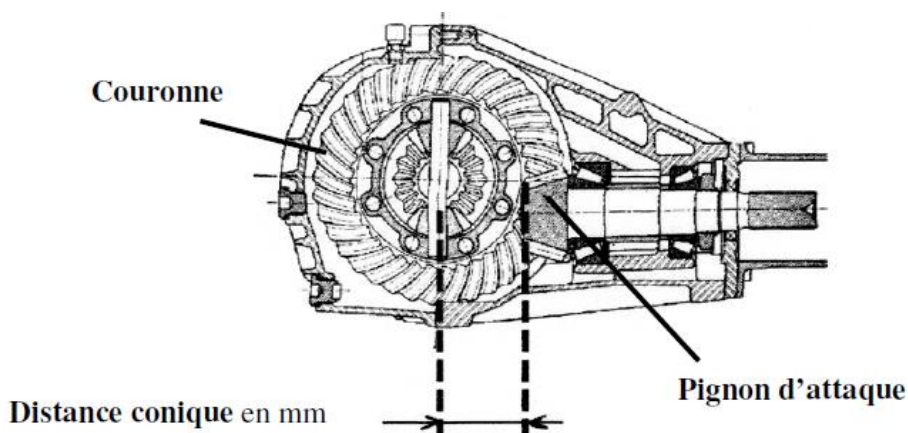
Pour obtenir la démultiplication totale du système de transmission, il convient de réaliser le produit du rapport de boîte de vitesses par le rapport de pont

**Rapport total = Rapport de boîte X Rapport de pont**

**La distance conique :**

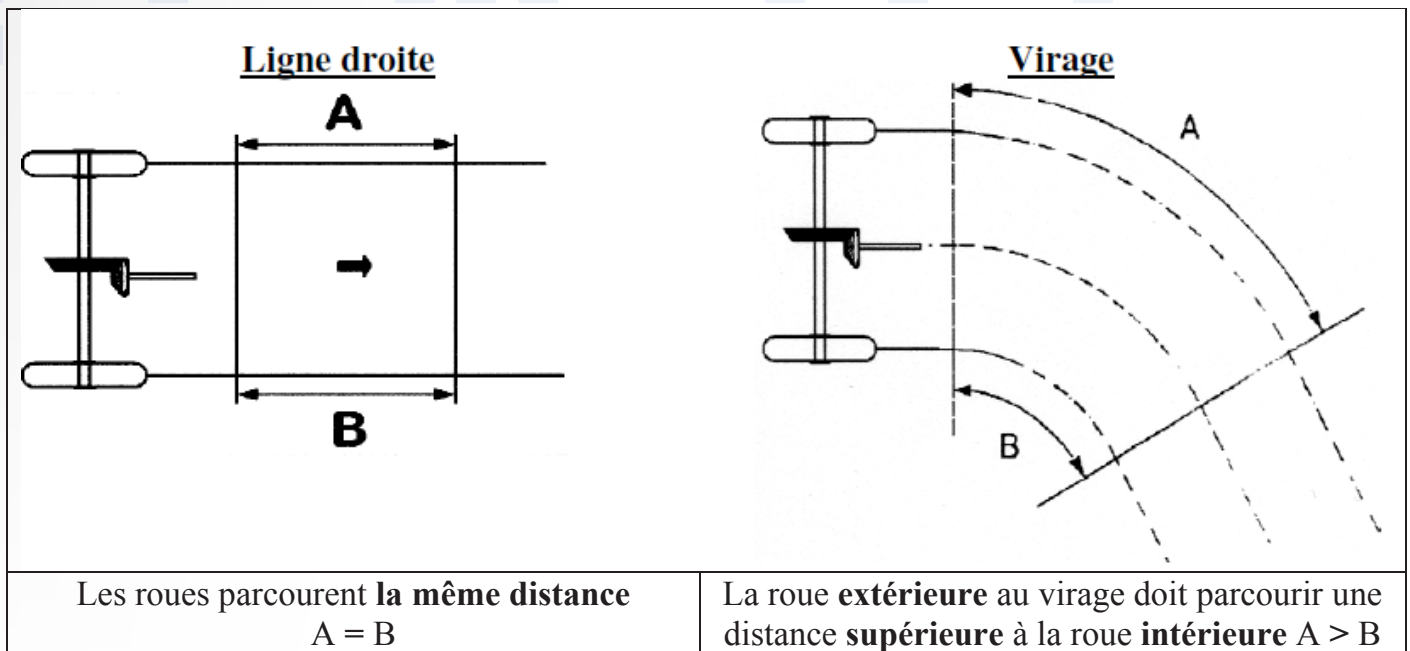
Le pignon d'attaque et la couronne sont usinés ensemble. Un numéro est gravé sur chaque élément et ils sont indissociables :

- En cas d'échange, il faut remplacer les deux éléments
- Un réglage peut être réalisé, le réglage de la distance conique



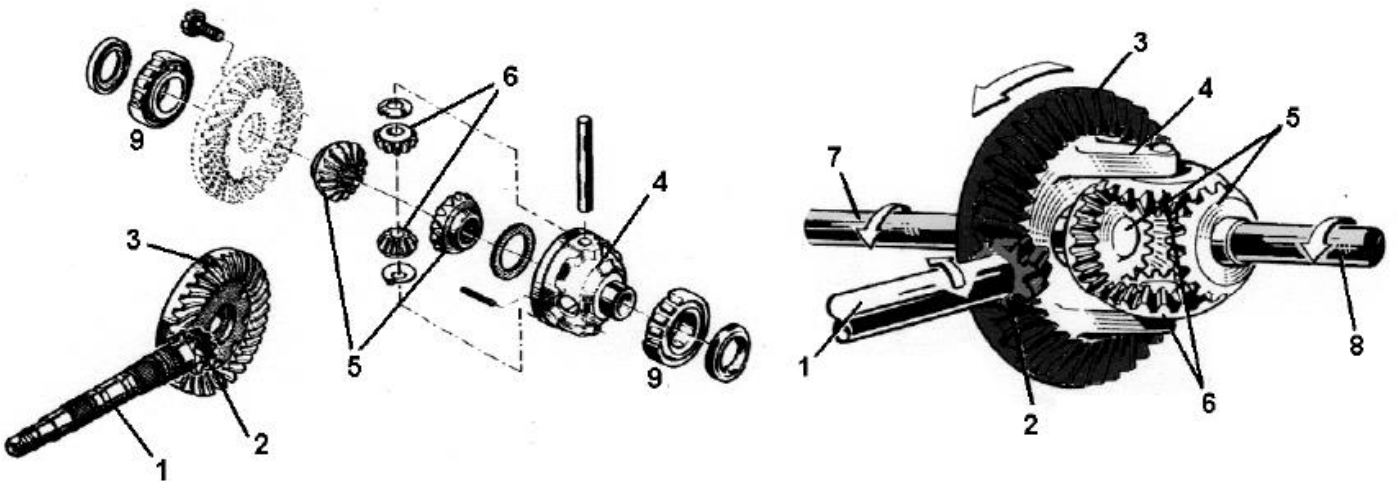
Le différentiel :

Nécessité :



**Conclusion :** Si la transmission était rigide (Karting), une des roues serait obligée de **ripper**

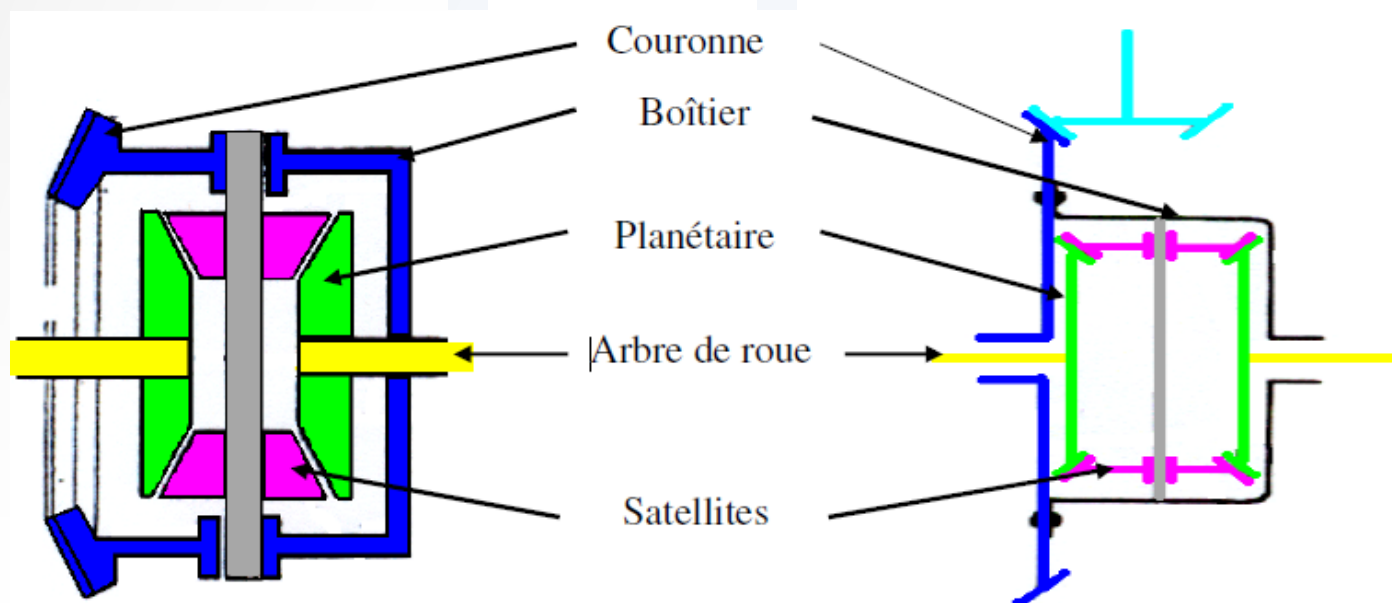
### Constitution



N°	Désignation	N°	Désignation
1	Arbre secondaire	6	Satellites
2	Pignon d'attaque	7	Arbre de roue gauche
3	Couronne	8	Arbre de roue droit
4	Boîtier de différentiel	9	Roulements
5	Planétaires		

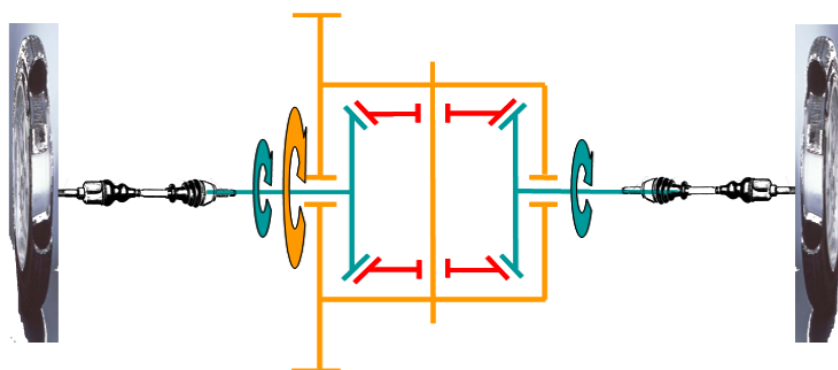
Le différentiel comprend un boîtier de différentiel (4) solidaire de la couronne (3), deux planétaires (5) liés aux arbres de transmission et deux satellites (6) montés « fou » sur leur arbre. Les deux satellites sont engrainés sur les planétaires

### Représentation schématique :



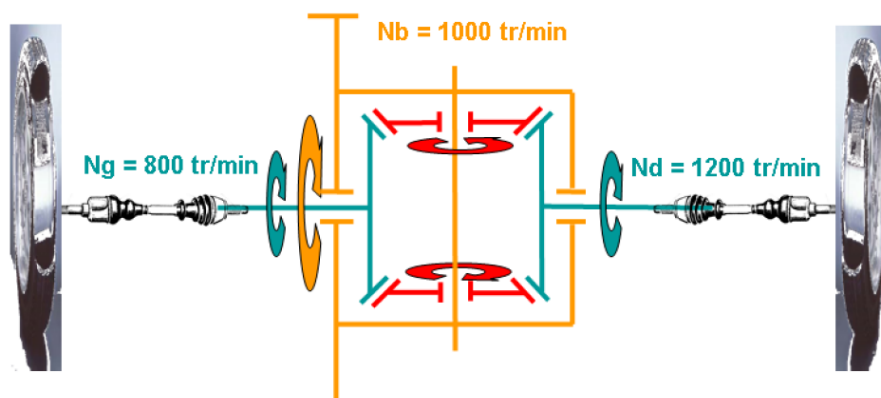
### Fonctionnement en ligne droite

Les roues gauche et droite ont la même distance à parcourir, les planétaires tournent donc à la même vitesse que le boîtier différentiel tandis que les satellites ne tournent pas.



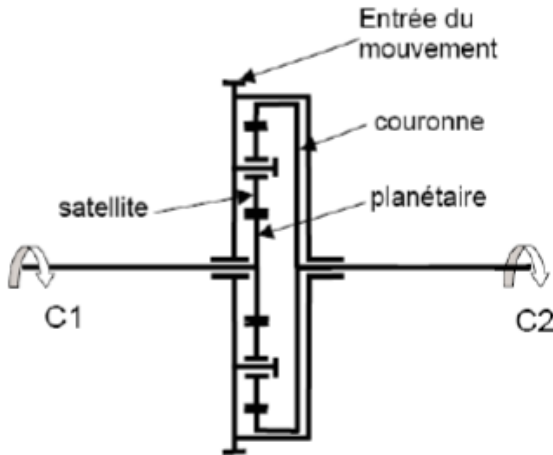
### Fonctionnement en virage

Les roues gauche et droite n'ont pas la même distance à parcourir, les planétaires et le boîtier différentiel ne tournent pas à la même vitesse et les satellites sont obligés de tourner. Dans l'exemple ci-dessous, le véhicule aborde un virage sur la gauche



## Technologies des différentiels

### Problématique



On parle de couple total (CT), le couple transmis aux roues et servant à propulser le véhicule.

Sachant que  $C1 = C2$  pour un différentiel classique alors  $CT = C1 + C2$

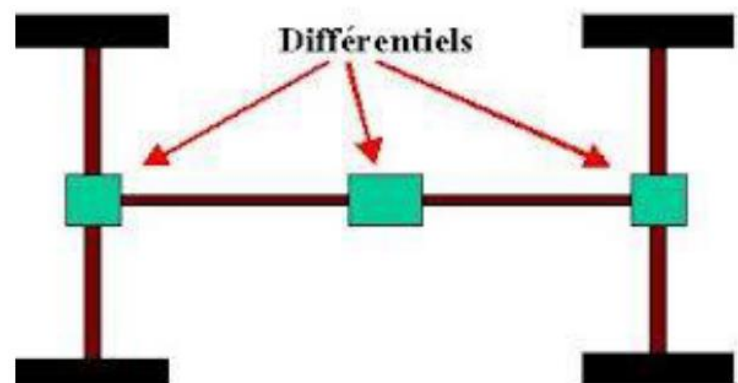
La conséquence directe du CT est que si l'une des deux roues perd son potentiel d'adhérence et que son couple tend vers 0 N.m, alors CT tend lui aussi vers 0 N.m malgré la possibilité d'adhérence de l'autre roue.

Dans une situation moins limite, si une roue perd 50% de son potentiel et que l'autre le conserve à 100%, la réduction de CT sera de 50%, ce qui montre bien la mauvaise exploitation des possibilités de motricité par le véhicule.

Le potentiel est influencé par le coefficient de frottement roue/sol mais il faut penser également que les accélérations latérales du véhicule créent une forte dissymétrie de charges sur les roues ce qui réduit le potentiel de la roue intérieure et pénalise la motricité du véhicule en virage.

### Conclusion :

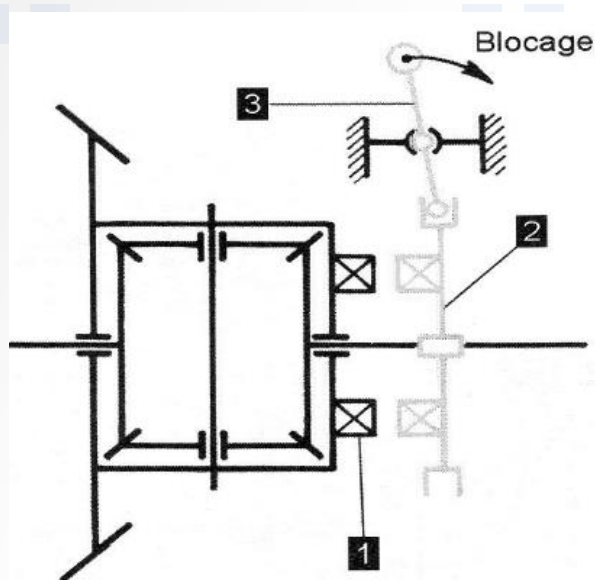
Imaginons un véhicule 4 roues motrices équipé de 3 différentiels classiques. Si une seule roue parmi les 4 perd tout son potentiel d'adhérence, l'essieu auquel elle appartient voit sa motricité chuter à zéro et donc l'autre essieu devient lui aussi incapable de transmettre le moindre effort moteur.



Ce véhicule 4x4 pourrait alors se trouver en difficulté avec 3 roues en situation adhérente ! La fonction "différentiel" est donc nécessaire pour gérer la motricité du véhicule mais il faut parfois l'assortir de mécanismes qui limitent son action sinon elle perturbe la motricité elle-même.

## Blocage du différentiel

### ➤ Différentiel à blocage mécanique



Un véhicule peut être immobilisé par manque d'adhérence sur une roue. Pour remédier à ce problème, on peut utiliser :

Un blocage du différentiel qui consiste à rendre un des planétaires solidaires du boîtier du différentiel donc de Ps, ce qui a pour effet de bloquer le train épicycloïdal. Le planétaire et le porte-satellites tournant à la même vitesse, empêchent toute rotation du satellite sur lui-même. Ce dernier entraîne, par sa denture, le second planétaire.

Ce système comprend :

- Un caboteur lié en rotation à un des arbres de roues et libre en translation grâce à ces cannelures.
- Une denture à crabots montée sur le boîtier de différentiel.

1 : Denture à crabots solidaires du boîtier de différentiel

2 : Caboteur lié en rotation avec un des arbres de transmission, libre en translation

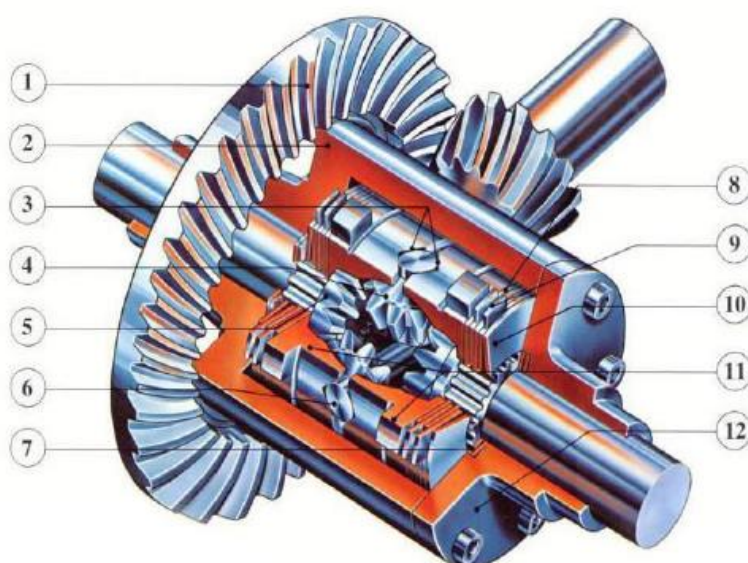
3 : Levier de commande

### ➤ Différentiel autobloquant ou différentiel à glissement limité

Ils provoquent la neutralisation automatique de la différence de régime entre les roues motrices d'un essieu. La roue motrice présentant les meilleures conditions d'adhérence reçoit ainsi plus de couple.

#### Le différentiel à glissement limité avec embrayage multidisques

À partir d'une valeur prédéfinie, la différence de vitesses des roues comprime un embrayage multidisque qui solidarise alors les deux arbres de roue.



1) Couronne du couple conique

2) Cloche

3) Cames en forme d'encoches triangulaires

4) Satellite

5) Planétaire

6) Axe du croisillon porte-satellites

7) Rondelle de butée.

8) Disque intérieur, solidaire en rotation du planétaire d'un arbre de roue

9) Disque extérieur solidaire de la cloche

10) Rondelle Belleville de précharge

11) Coquilles

12) Couvercle

## Fonctionnement

Dans ce type, le serrage des embrayages multidisques latéraux est obtenu indépendamment de l'engrènement satellites - planétaires.

La cloche (2) contient deux coquilles, droite et gauche, solidaires de ladite cloche en rotation mais coulissantes axialement.

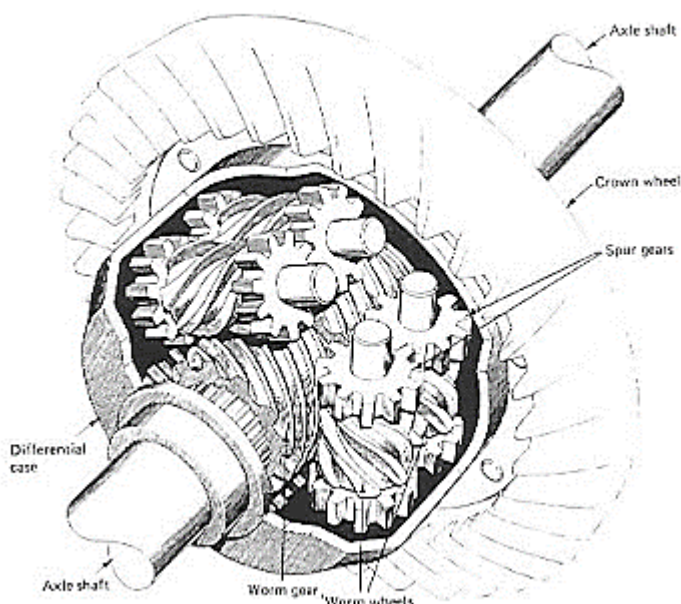
L'axe ou le croisillon porte-satellites est inséré entre elles dans des logements non circulaires, par exemple des encoches en V prenant place de chaque côté de l'axe et formant une came en losange du fait de leur face à face.

Lorsqu'un couple moteur est appliqué, la force de réaction due au transfert de ce couple à l'axe ou au croisillon des satellites par l'intermédiaire des cames provoque l'écartement des deux coquilles. Cet écartement serre les embrayages multidisques d'autant plus forts que le couple d'entrée est important.

## Le différentiel à glissement limité de type TORSEN

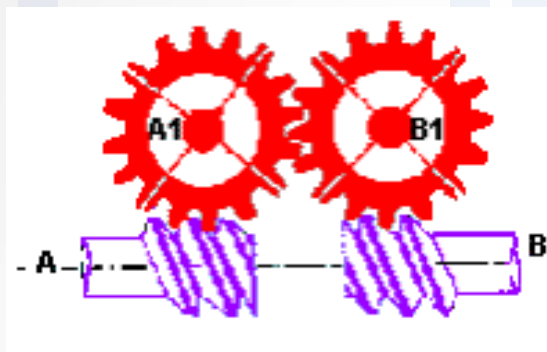
### Principe de fonctionnement

Avec un différentiel classique, lorsqu'une des roues motrices d'un véhicule vient à perdre de l'adhérence, l'ensemble du couple moteur est transmis à la roue rencontrant le moins de résistance, ce qui fait que le véhicule n'avance plus ou presque plus. Les différentiels à glissements limités ont été conçus afin de résoudre ces problèmes. Ils sont conçus de telle manière que si une roue venait à tourner "dans le vide" (plus d'adhérence), une rotation apparaîtrait alors dans le différentiel, un des arbres de transmission tournerait alors plus vite que l'autre. La différence de vitesse va créer un couple de frottement qui aura pour incidence de freiner la roue rapide et de transmettre du couple à la roue lente et donc de permettre au véhicule d'avancer.



### Fonctionnement

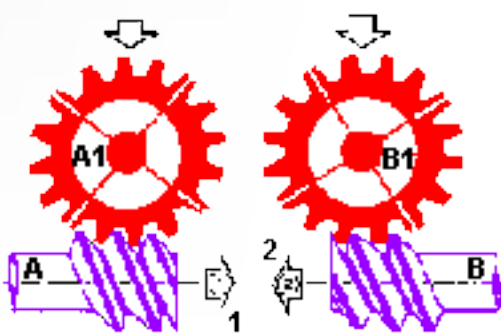
On y voit : les deux planétaires à denture hélicoïdale (au centre), les satellites engrenant sur les planétaires, le boîtier du différentiel, la couronne, fixée au boîtier, engrenant avec un pignon relié à l'arbre de transmission du véhicule. Enfin, de chaque côté du boîtier, il y a les arbres de roues destinés à transmettre le couple moteur aux roues.



Chaque demi-arbre de transmission est terminé par une vis sans fin (A et B), tous deux ayant les mêmes caractéristiques ainsi qu'un sens d'hélice identique.

Sur chacune d'elles engrène un pignon (A1 et B1). Leur diamètre étant identiques de telle sorte que en approchant les deux ensembles, les pignons puissent engrèner.

Dans la pratique A1 et B2 sont composés d'une denture centrale hélicoïdale, qui engrène respectivement sur A et B, et d'une partie externe à denture droite.



Supposons que le véhicule entame un virage, les deux n'ont donc plus la même vitesse.

A, vu du sens de la flèche 1, tourne alors dans le sens horaire entraînant A1 dans le sens anti-horaire.

B, vu du sens de la flèche 2, tourne également dans le sens horaire entraînant à son tour B1 dans le sens horaire.

En rapprochant les deux ensembles, on constate que A et B tournent en sens contraire, ainsi que A1 et B1 qui peuvent donc tourner sur leur axe.

Supposons maintenant que le véhicule roule en ligne droite.

A et A1 tournent toujours dans le même sens.

B tourne maintenant dans le sens anti-horaire entraînant B1 dans le sens anti-horaire.

En rapprochant les ensembles on constate qu'il y a blocage, deux pignons tournants dans le même sens ne peuvent engrèner.

Le rendement entre le planétaire (ici a ou B) et le satellite (A1 ou B1) est tel que le planétaire peut entraîner le satellite mais pas le contraire (on parle d'irréversibilité). Lors de la perte d'adhérence de l'une des roues, le satellite correspondant n'est plus sollicité par le planétaire. Le satellite opposé ne rencontrant plus de résistance à l'engrènement aurait tendance à l'entraîner en sens inverse mais les frottements importants entraînent une irréversibilité du système, ce qui permet donc de garder de l'adhérence.

## VIII. Transmission intégrale 4 roues motrices

### Problématique

Si, du fait d'une pente trop prononcée ou de l'inconsistance du terrain, la résistance du sol devient inférieure à l'effort exercé par les roues motrices, les roues patinent. Le véhicule n'avance plus.

La force d'adhérence, sur un sol donné, étant proportionnelle au poids porté par les essieux, la solution consiste à rendre les deux essieux moteurs afin de répartir l'effort sur les quatre roues dans les cas difficiles.

On appelle « 4x4 » un véhicule dont quatre roues sur quatre sont motrices et « 4 x 2 » un véhicule deux seulement deux roues sur quatre sont motrices.

On distingue deux sortes de 4 x 4 :

- Les véhicules qui fonctionnent en permanence avec les quatre roues motrices ;
- Les véhicules pouvant fonctionner en 4 x 2 et en 4 x 4. Dans ce cas, le passage d'un mode de transmission à l'autre est obtenu par une boîte de transfert dont la manœuvre est indépendante du levier de vitesse.

En « 4 x 2 » le couple moteur appliqué aux roues est réparti sur les deux roues motrices (compte tenu du rapport total de démultiplication).

En 4 x 4, le couple moteur après démultiplication sera réparti sur les quatre roues.

Il est apparu nécessaire, pour les utilisations exceptionnelles (très fortes pentes), d'augmenter le couple disponible à chaque roue.

À cet effet, les véhicules 4 x 4 pour tout terrain sont équipés d'un réducteur supplémentaire actionné par le conducteur grâce à un levier. Le réducteur situé dans la boîte de transfert est en série avec la boîte de vitesses et le pont.

Le rapport de démultiplication total en vitesse " réduite " est donc égal à :

### Rapport de BV x rapport réducteur x rapport de pont

En utilisation, les différences possibles des vitesses des roues avant par rapport aux roues arrière imposent la présence d'un différentiel intermédiaire. Ce troisième différentiel est situé dans la boîte de transfert entre les arbres de transmission avant et arrière. Il peut être commandé manuellement ou être autobloquant.

### Définition

La transmission intégrale (à quatre roues motrices) existe dans les véhicules de tourisme avec le moteur à l'avant.

Le moteur peut être monté longitudinalement ou transversalement.

La transmission intégrale peut être permanente ou temporaire.

La répartition de la puissance sur les quatre roues garantit une meilleure motricité surtout lorsque les conditions d'adhérence sont difficiles. Il y a peu de chance que les roues patinent.

Avantages de cette configuration :

- Une grande stabilité de la conduite
- Plus de confort
- Une meilleure motricité lors des accélérations (reprises)

Inconvénients :

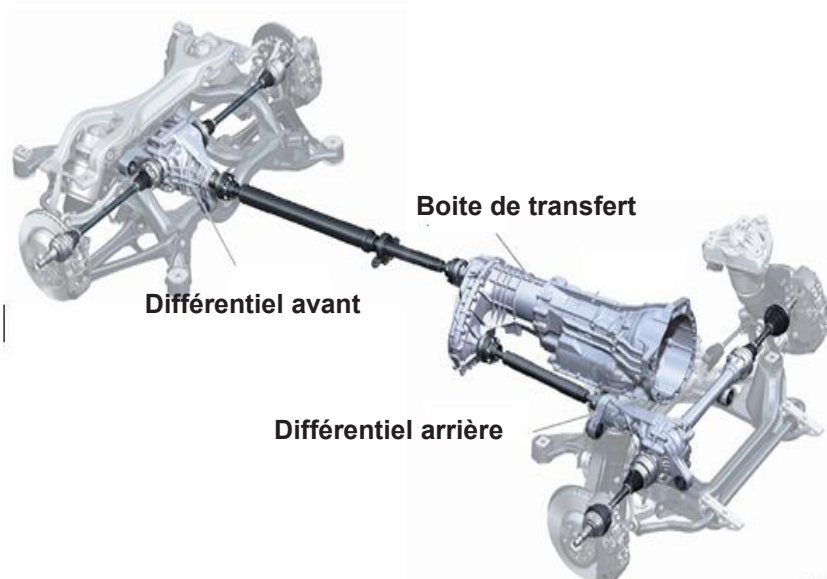
- Une construction complexe
- Une construction lourde
- Des risques élevés d'usure des composants
- Une consommation de carburant plus élevée
- Des coûts de production plus élevés



## Boîte de transfert

### Définition

La boîte de transfert permet de répartir la puissance du moteur à l'ensemble des quatre roues sur une voiture fonctionnant avec une transmission intégrale (4 roues motrices). La boîte fait alors le transfert de la puissance entre l'essieu qui reçoit la puissance moteur vers l'autre essieu. Sur un moteur propulsion, la boîte transfère vers les roues avant. Et sur une traction, la boîte de transfert agit vers les roues arrière.



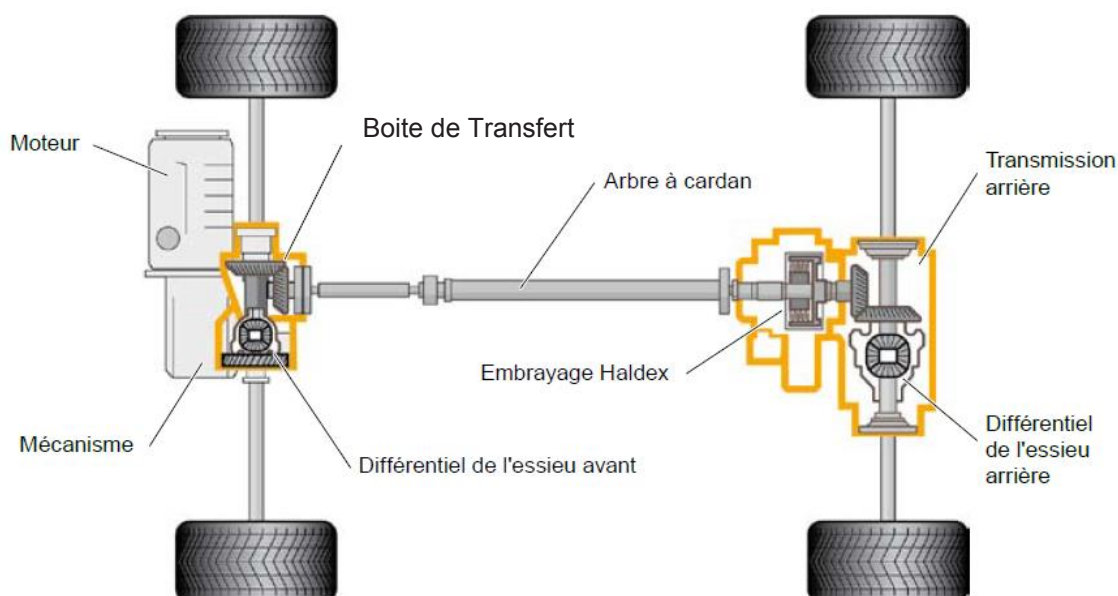
### Fonctionnement

La boîte de transfert fonctionne avec un carter qui assure la bonne lubrification des pièces. La commande du transfert de puissance peut se faire de façon manuelle (levier de boîte de transfert à actionner à la main) ou automatique (en appuyant sur un bouton ou la voiture le fait elle-même).

### Transmission intégrale avec embrayage Haldex

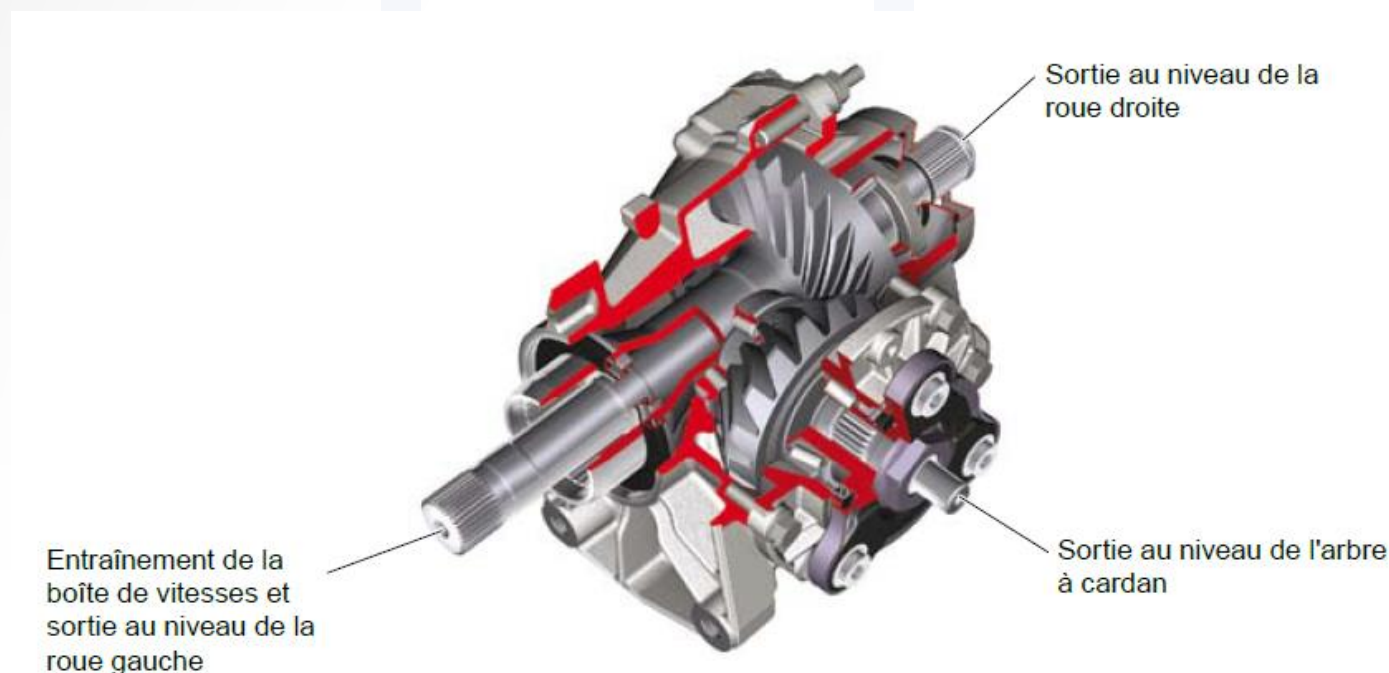
#### La conception

Les roues avant sont entraînées conventionnellement par le différentiel de l'essieu avant. Simultanément à partir de ce différentiel, le couple est transmis à l'arbre à cardan via un renvoi angulaire bridé. Celui-ci est relié à l'embrayage Haldex. Selon le degré d'ouverture de l'embrayage Haldex, un couple adapté à la situation de conduite est e



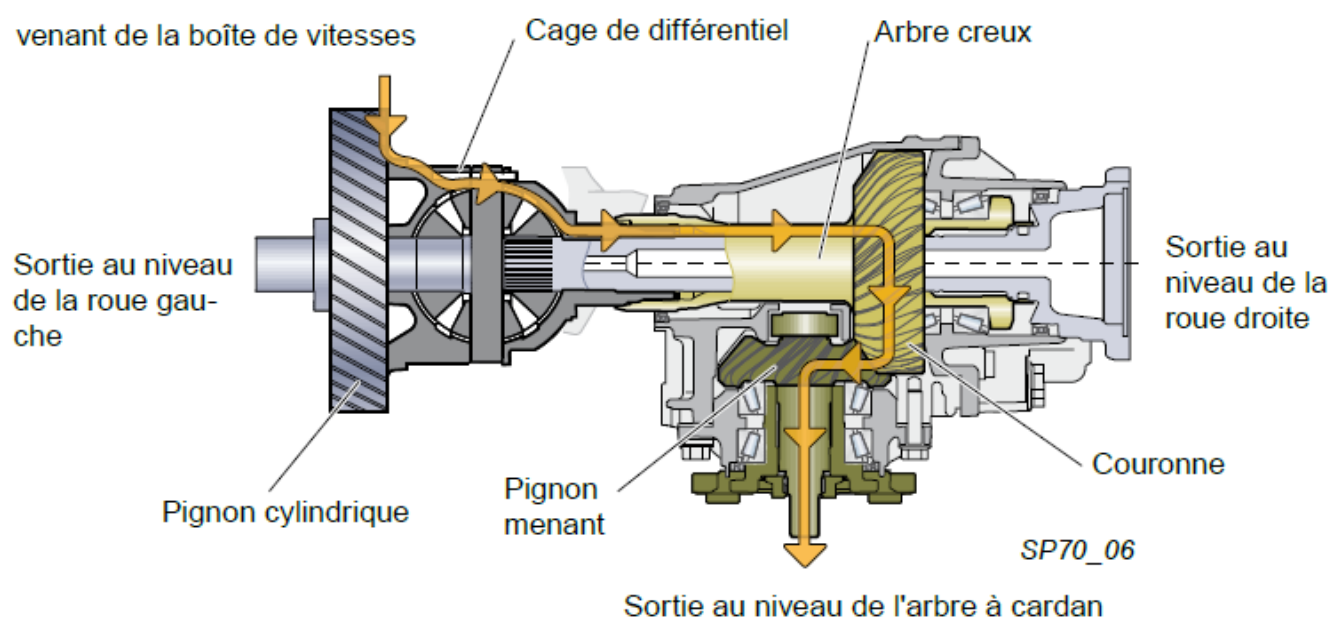
Direction de la Recherche et L'Ingénierie de Formation

La boîte de transfert augmente le régime de l'arbre à cardan avec un facteur (rapport de démultiplication) de 1,6 (c.-à-d. que le régime de l'arbre à cardan est 1,6 fois plus élevé que le régime de l'arbre au niveau de la transmission de la boîte de vitesses). Ainsi, l'arbre peut avoir un diamètre plus petit puisqu'il doit transmettre un couple plus faible. Dans la transmission arrière, le régime est ensuite redescendu avec le même facteur.



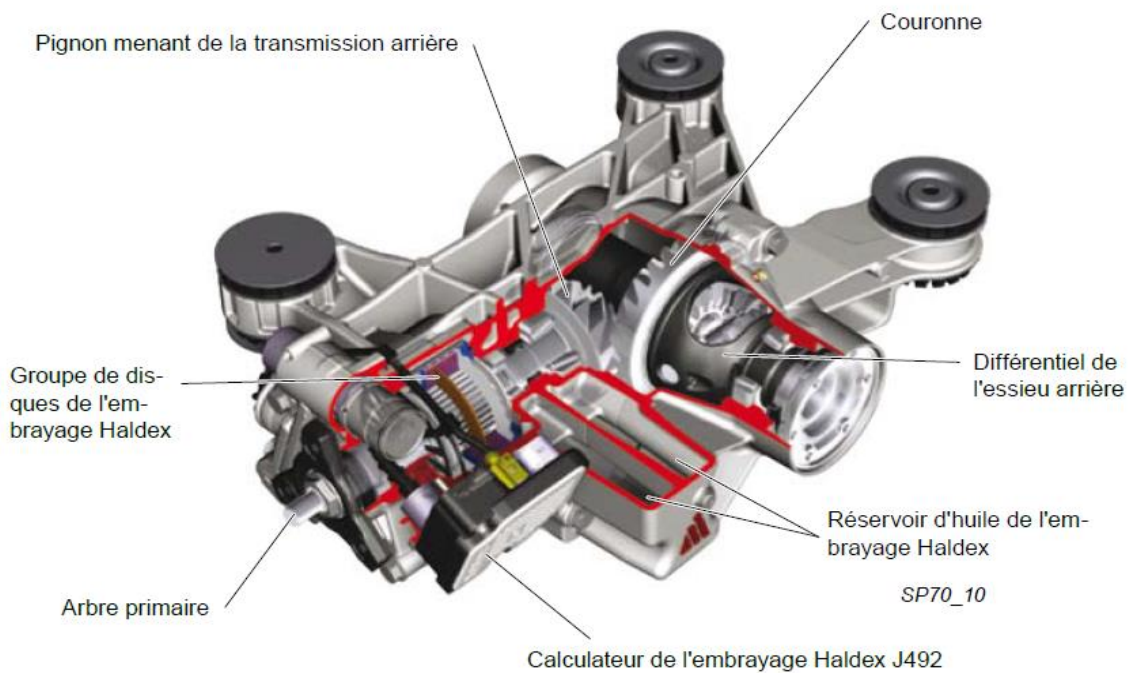
## Le sens d'application de la force

Le couple est transmis à l'arbre à cardan par le pignon cylindrique via la cage de différentiel au niveau de l'arbre creux avec couronne et du pignon menant.



## La transmission arrière

L'embrayage Haldex est intégré à la transmission arrière.

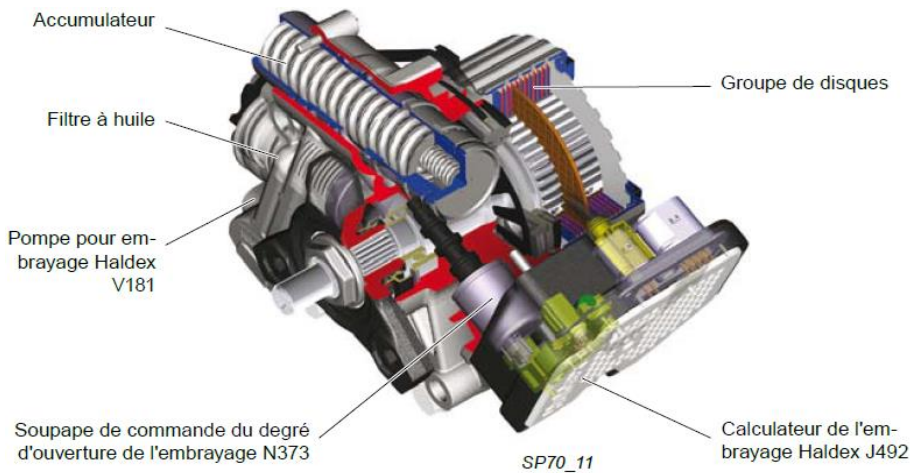


## L'embrayage Haldex de la génération IV

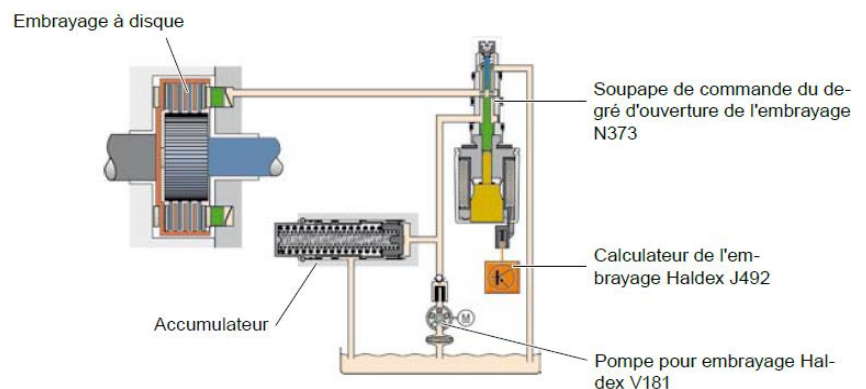
### Rôle

L'embrayage Haldex est monté entre l'arbre à cardan et la transmission arrière et commande le couple d'entraînement pour l'essieu arrière. Il transmet, selon le degré d'ouverture, le couple d'entraînement nécessaire à l'essieu arrière.

### Structure



### Le circuit d'huile



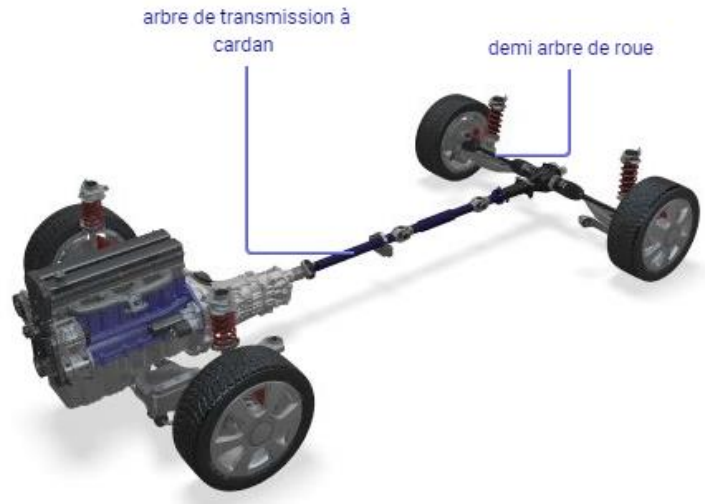
### Fonction

Un arbre de transmission permet un transfert constant de couple et de la vitesse de rotation. Il doit également être en mesure de s'adapter à une modification de l'angle entre les arbres d'entrée et de sortie

Un arbre de transmission n'a pas de rapport de transmission.

Il existe deux types d'arbre qui sont largement utilisés :

- Arbre de transmission à cardan
- Demi-arbre de roue



### Conception

La conception d'un arbre de transmission dépend de :

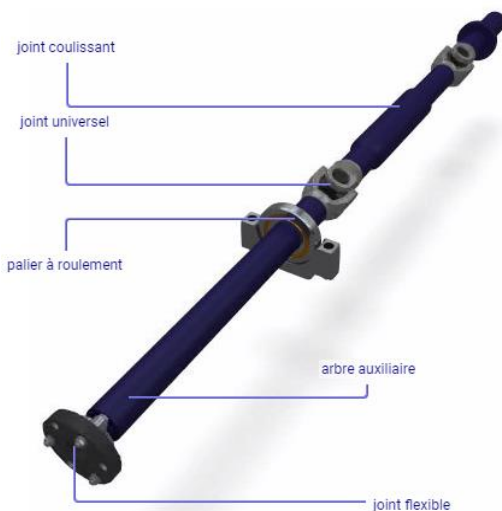
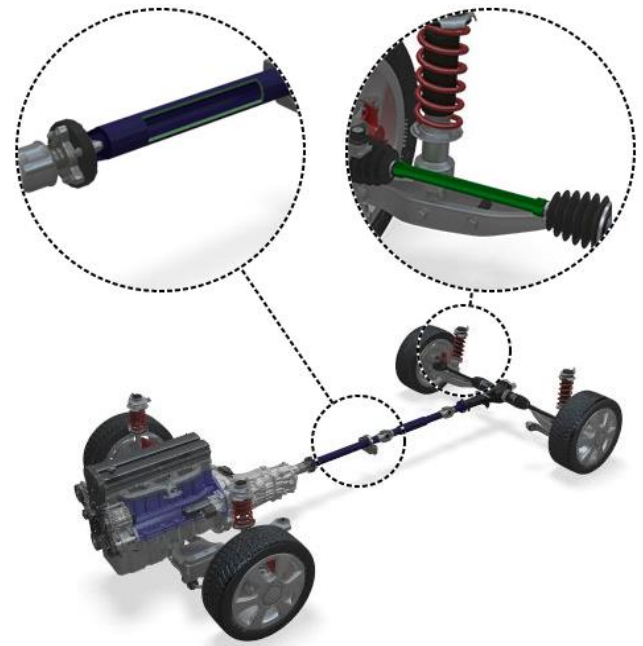
La valeur du couple à transmettre  
La vitesse de rotation  
La longueur de l'arbre

Il existe deux versions

- Arbres pleins
- Arbres creux

Les arbres plus courts sont généralement pleins ; Les arbres plus longs sont généralement creux  
Les arbres creux peuvent transmettre un couple nettement supérieur en comparaison avec un arbre plein du même poids.

Les arbres de transmission sont généralement réalisés en acier.



Dans un véhicule à propulsion arrière, l'arbre de transmission à cardan relie le moteur monté à l'avant avec l'essieu.  
Dans un véhicule à quatre roues motrices, un arbre de transmission à cardan relie la boîte de transfert aux arbre d'entraînement avant et arrière. L'arbre supplémentaire est également connu comme arbre de sortie.

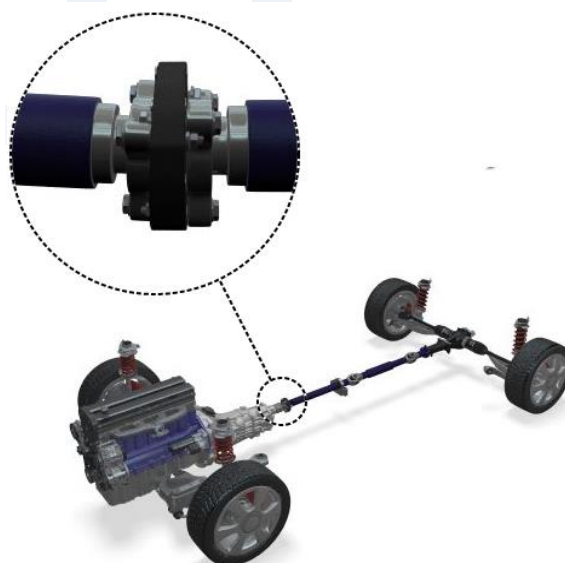
Un arbre de transmission à cardan est généralement creux Il est toujours placé dans un sens longitudinal.

De grandes variations de la longueur sont gérées par un joint homocinétique. Des cannelures dans les deux arbres s'adaptent à une variation de la longueur de l'arbre de transmission à cardan.

Un joint élastique est monté pour absorber les pointes de charge dans les sens axial et radial (rotation). Ce joint à une qualité homocinétique, mais son angle maximal est limité à 5°

Un arbre de transmission à cardan peut être décomposé en éléments suivants : joint à cardan arbre de transmission joint coulissant joint élastique palier à roulement

Un arbre de transmission non-équilibré peut provoquer des vibrations. Ces vibrations peuvent causer une conduite inconfortable, voire dangereuse



## Demi-arbres de roue « JOINTS HOMOCINETIQUES »

Les demi arbres de roue relient le pont arrière aux roues. Ces arbres apparaissent dans la traction avant, la propulsion arrière et dans la traction à quatre roues motrices.

Un demi-arbre est généralement plein. Les arbres sont toujours montés dans un sens transversal.




Le joint interne (Côté BV) est un joint tripode. Ce joint est conçu spécialement pour pouvoir s'adapter aux variations de longueur, mais il a un degré de flexion limité : jusqu'à 25°. Ceci est particulièrement utile pour gérer le mouvement vertical de la carrosserie du véhicule.

Le joint externe (Côté roue) est un joint à billes. Ce joint ne peut pas s'adapter aux variations de longueur, mais sa flexion est relativement importante : Ceci est particulièrement utile pour la gestion d'un grand angle de braquage

Tous ces deux joints possèdent des qualités à vitesse constante.



## Les types des joints homocinétiques

		
TRIPODE	WEISS	LOBRO