

# La boîte de vitesses automatique

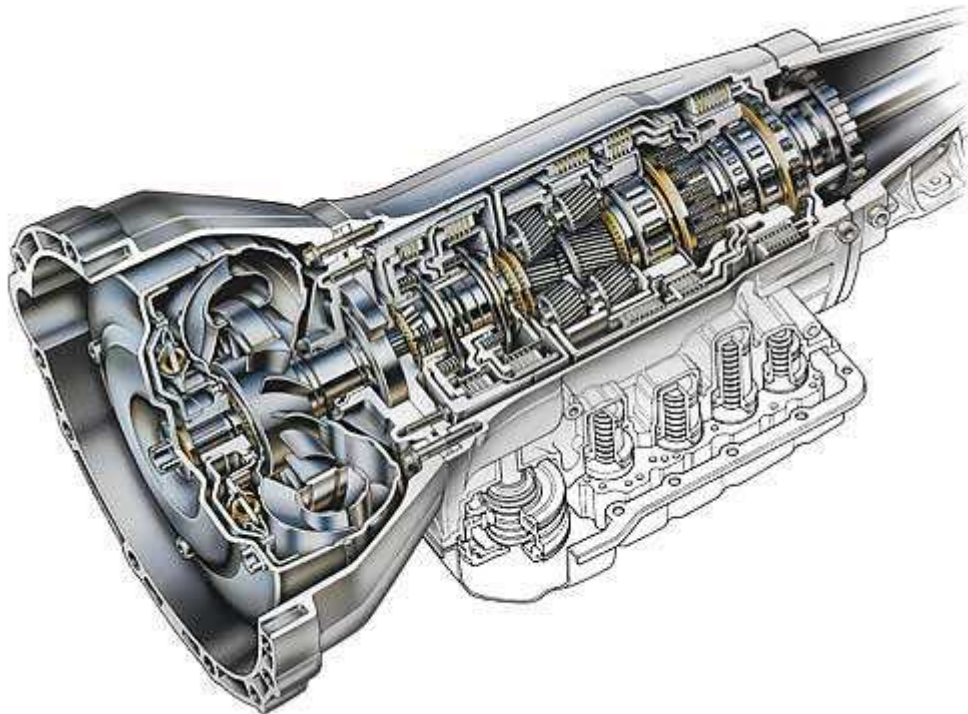
*Code 14LC0806*

**Lourde, lente, vorace en énergie... voilà ce que l'on entendait de la boîte de vitesse automatique. Les technologies modernes ont réussi à la transformer en une transmission compétitive, tant en termes de plaisir de conduite, en nombre de rapports (jusqu'à 7) et rendement.**

**Présentation détaillée de son fonctionnement et des évolutions.**

## INTRODUCTION

Le principal avantage d'une boîte automatique conventionnelle (BVA) réside dans sa capacité à changer de rapports sous charge, c'est-à-dire sans interruption de la force de traction - à part bien entendu le fait qu'elle est capable de sélectionner automatiquement le rapport le mieux adapté en fonction de la vitesse du véhicule, de la puissance demandée par le conducteur et des courbes d'utilisation du moteur.



Une telle boîte ne comporte pas d'embrayage, mais plutôt un convertisseur hydrodynamique de couple, organe qui constitue en fait un variateur continu à rapport infiniment variable. Cependant, comme son rendement est mauvais à basse vitesse du véhicule, on lui adjoint une boîte mécanique qui comporte, en plus d'une marche arrière, un certain nombre de rapports distincts.

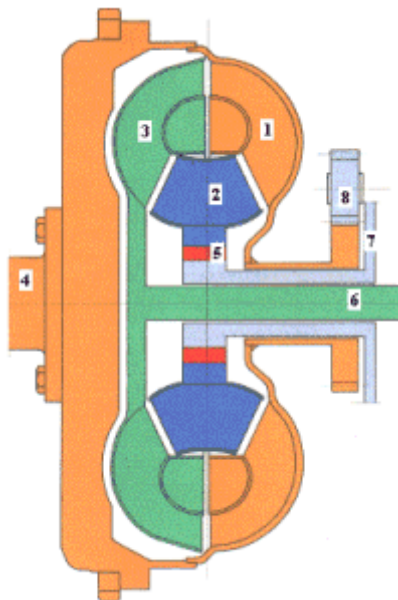
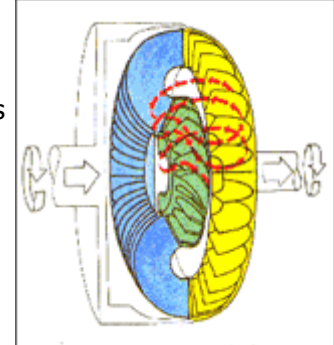
La conception des transmissions automatiques constitue un chef d'œuvre technique extraordinaire dont le développement et le perfectionnement doivent beaucoup à l'ingéniosité de quelques inventeurs et aux crédits d'état alloués durant les années 30 et 40 pour la mise au point de transmissions destinées notamment aux chars d'assaut.

# La boîte de vitesses automatique

## LE PRINCIPE DU CONVERTISSEUR HYDRODYNAMIQUE DE COUPLE (1/2)

Ce convertisseur, dit aussi hydrocinétique, est généralement installé entre le moteur thermique et une boîte à vitesses planétaire à plusieurs rapports - plus marche arrière - enclenchables sous charge.

C'est un organe torique et concentrique rempli d'huile hydraulique et dont le tore est divisé en trois parties : un impulseur (ou pompe), une turbine et un réacteur (ou stator).



L'impulseur (1), mis en rotation par le vilebrequin (4), centrifuge l'huile contre les aubes de la turbine (3).

Comme celle-ci tourne moins vite que la pompe et en raison de l'inclinaison des aubes, le flux d'huile retourne à l'impulseur en passant par le réacteur ou stator (2) - connecté au carter (7) - qui le redirige dans le sens de la rotation.

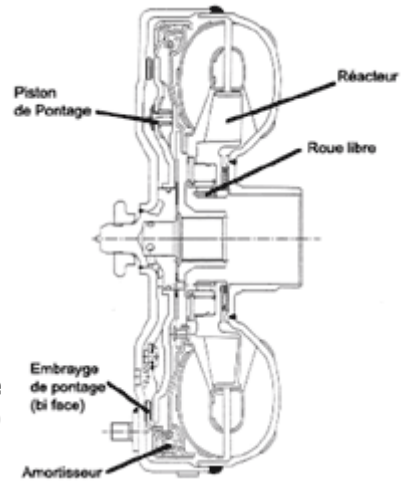


# La boîte de vitesses automatique

## LE PRINCIPE DU CONVERTISSEUR HYDRODYNAMIQUE DE COUPLE (2/2)

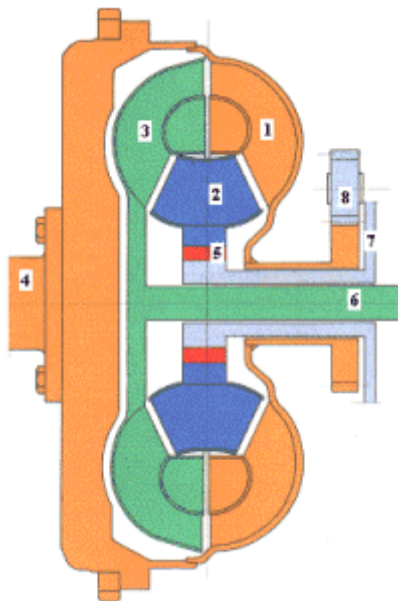
On obtient ainsi un variateur autorégulant capable de multiplier 2 à 2,5 fois (en technique automobile) le couple du moteur.

Ses caractéristiques sont bien adaptées à la traction par roues, d'autant plus que cet organe filtre remarquablement les chocs et autres vibrations de torsion.



[Cliquez pour agrandir](#)

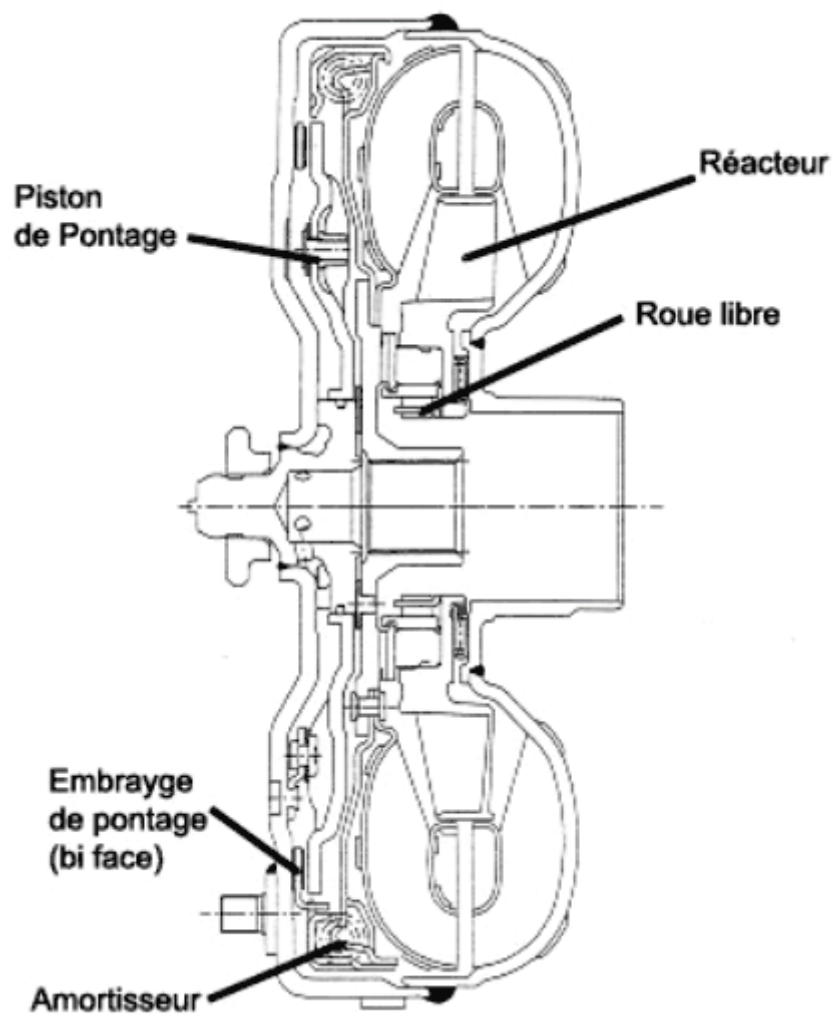
## Le convertisseur pontable de la boîte Renault Proactive (DPO)



Naturellement, le rendement de cette turbo-machinerie est bas, passant par un maximum d'environ 85% au point d'adaptation, lorsque le régime de la turbine est de l'ordre de la moitié de celle de la pompe. Mais si l'on monte le réacteur sur roue libre (5), il se met ensuite en rotation libre lorsque le rapport des vitesses atteint une certaine valeur (0,7 à 0,8).

Dès lors, le dit réacteur devient inactif et le convertisseur fonctionne en coupleur avec un rendement croissant jusqu'à 97% - 98% au régime nominal. Toutes les boîtes automatiques actuelles sont néanmoins équipées d'un embrayage de pontage (lock-up) qui solidarise la pompe et la turbine lorsque le convertisseur n'est pas nécessaire.

La pompe hydraulique est entraînée par le moteur (8).

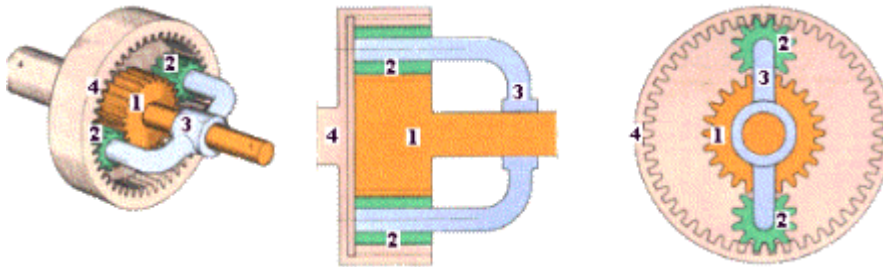


# La boîte de vitesses automatique

## LE TRAIN PLANÉTAIRE SIMPLE

Afin d'utiliser autant que possible le convertisseur dans sa plage de rendement la plus favorable, cet organe est secondé par une boîte à vitesses.

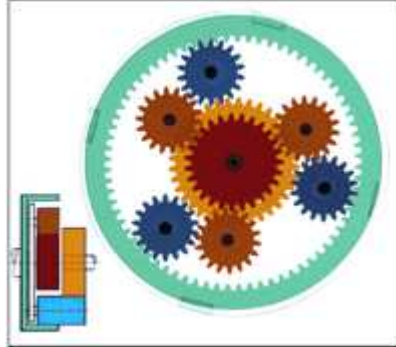
Mais, comme il a été mentionné, une bonne transmission automatique se doit de changer de rapports - si rapports distincts il y a - sous charge, c'est à dire sans interruption de la force de traction, ceci afin qu'un changement survenant inopinément ne mette pas le conducteur en difficulté par une soudaine interruption momentanée de la force de traction.



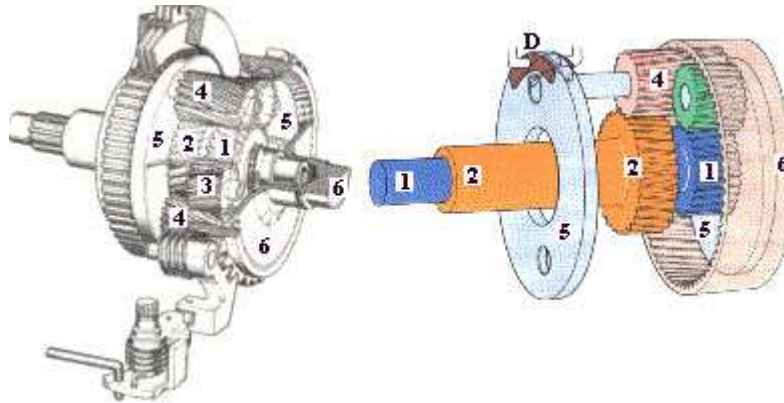
Pour cette raison les transmissions automatiques sont généralement conçues autour d'une boîte à engrenages planétaires, dits aussi épicycloïdaux, dont les éléments en rotation (planétaire 1, porte satellites 3, couronne 4) peuvent être bloqués ou solidarisés au moyen d'embrayages et de freins multidisques ou à bande directement sur la périphérie de la couronne.

# La boîte de vitesses automatique

## LE TRAIN PLANÉTAIRE RAVIGNEAUX



Les figures ci-dessus et ci-dessous montrent un train planétaire complexe de type Ravigneaux.

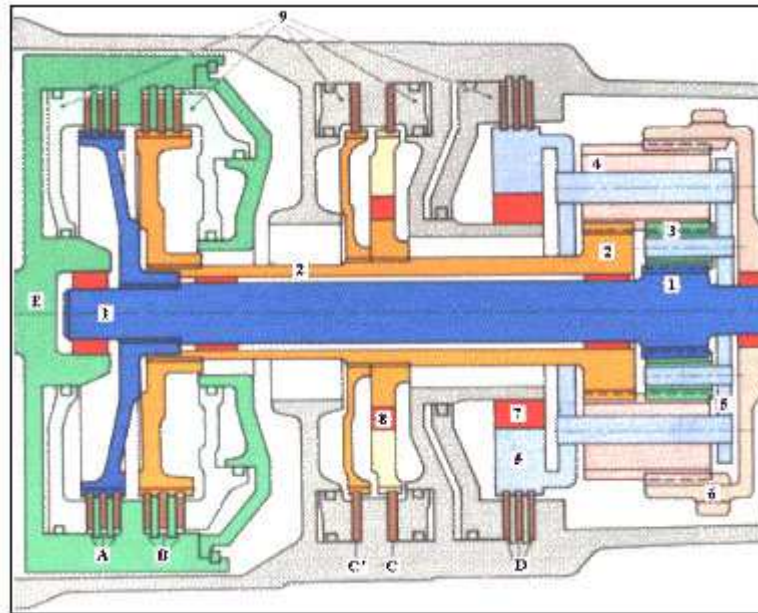


Il permet jusqu'à 4 rapports plus une marche arrière. L'arbre planétaire primaire est en bleu (1), le secondaire en brun (2). Il y a deux trains de 3 satellites, longs en rose et courts en vert (4), le porte-satellites est en bleu clair (5) et la couronne solidaire de l'arbre de sortie porte le numéro 6.

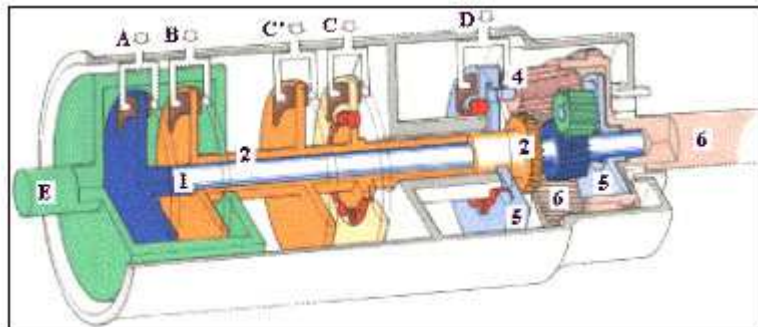
On voit sur le dessin ci-dessus un frein multidisques (D) d'immobilisation du porte-satellites, ainsi qu'un dispositif de blocage de la couronne (frein de stationnement).

## LA BOÎTE A TRAIN PLANÉTAIRE

Les deux éclatés suivants montrent ce train avec ses freins et embrayages de contrôle dans une ZF 3 HP-12, boîtes montées sur les Peugeot 404 / 504 et BMW 2002 / 1800 / 2000 entre 1965 et 1975. Le principe des transmissions actuelles ne diffère guère.



En 7 nous avons une roue libre anti-recul pour les départs en côte et en 8 une autre roue libre affectée à l'embrayage C qui permet de bloquer l'arbre planétaire secondaire. Les pistons hydrauliques de commande sont représentés en 9. Les embrayages A et B sont solidaires de l'arbre d'entrée E alors que le D bloque le porte-satellites (5), comme déjà vu sur les figures précédentes. Les parties non rotatives sont représentées en gris.



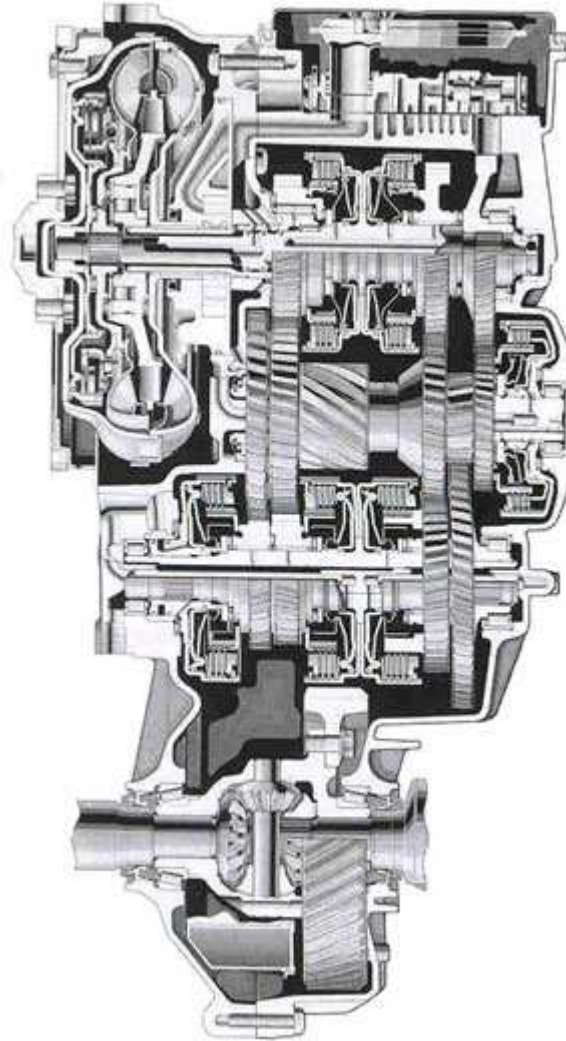
D'autres conceptions de trains planétaires sont, elles aussi, couramment utilisées :

- Un groupe de 2 trains simples en série.
- Le train Simpson qui permet 3 rapports et marche arrière par un arrangement de deux trains simples sur un planétaire unique avec deux couronnes et deux porte-satellites.
- Le récent concept, dû à l'ingénieur Lepelletier, qui permet 6 rapports et marche arrière au moyen de seulement 3 embrayages et 2 freins. Il consiste en une combinaison particulière d'un train Ravigneaux avec un train simple.

# La boîte de vitesses automatique

## LES BOITES AUTOMATIQUES SUR ARBRES PARALLÈLES

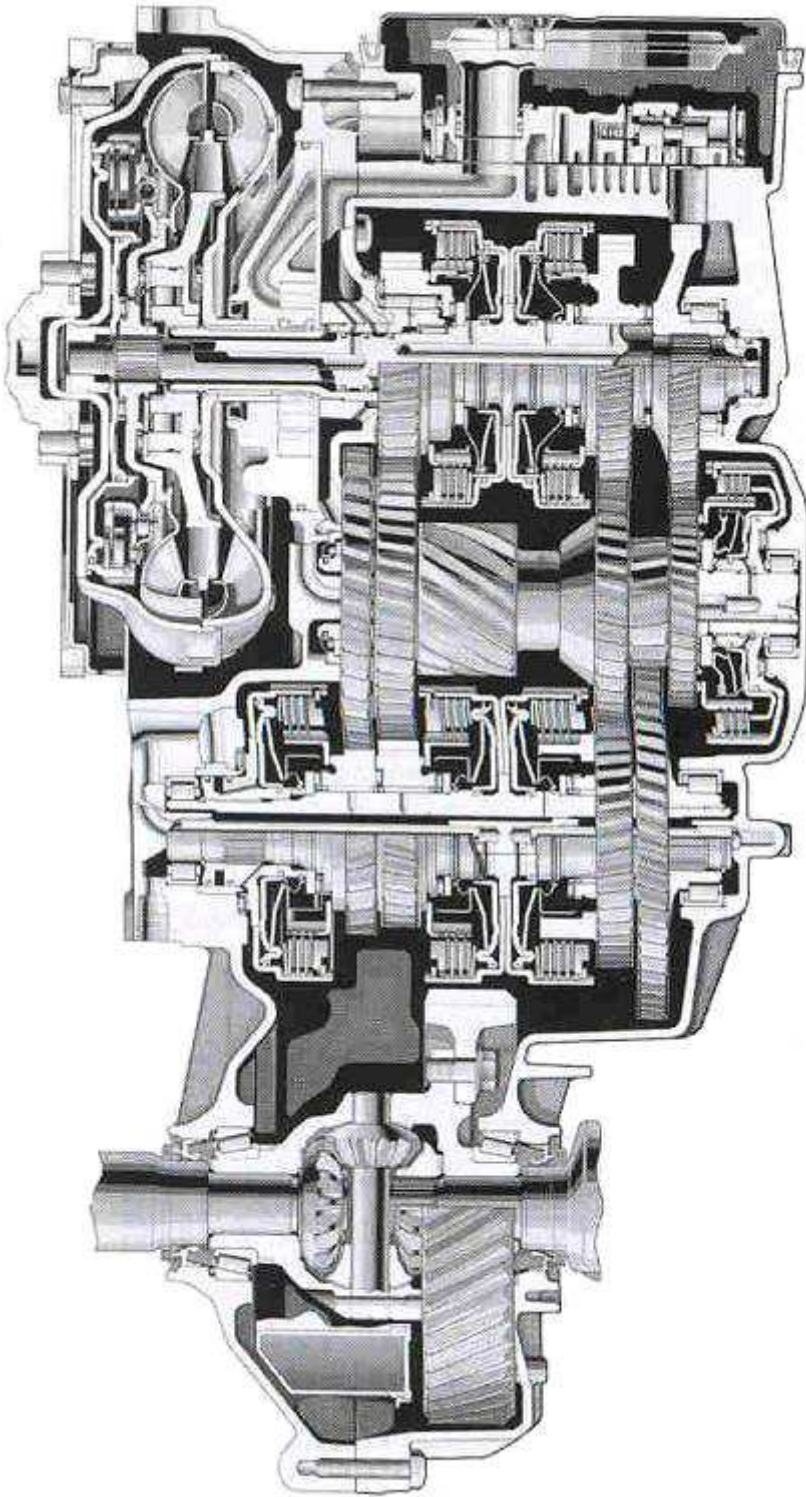
Il est évidemment possible d'utiliser, en lieu et place de l'agencement coaxial à trains planétaires, des engrenages sur arbres parallèles comme dans une boîte manuelle. Dans ce cas, les baladeurs avec leurs synchroniseurs sont remplacés par des embrayages multidisques à bain d'huile.



**La transmission W5A180 des Mercedes Classe A**  
[Cliquez pour agrandir](#)

Logique pour une disposition transversale du groupe motopropulseur, cette solution est utilisée par Honda, GM Saturn et Mercedes sur la Classe A. La transmission à 5 rapports de cette dernière est disposée sur 3 axes, ce qui permet une longueur de 315 mm seulement.



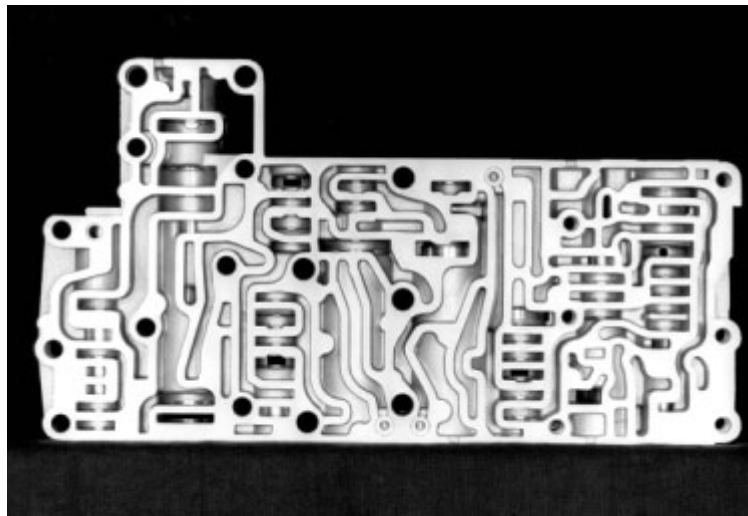


## LE CIRCUIT HYDRAULIQUE

Les transmissions automatiques US des années 50 et 60 comportaient deux pompes à huile, une en amont de la boîte et entraînée par le moteur, l'autre en aval assurant le remplissage du convertisseur lors d'un lancement du moteur en poussant la voiture.

Les BVA actuelles n'ont plus qu'une seule pompe. Elle pourvoit au gavage du convertisseur sous faible pression mais à haut débit pour éviter sa surchauffe. Elle fournit également au bloc de commande la pression et le débit nécessaires pour le serrage des freins et embrayages et elle alimente le circuit de lubrification et de refroidissement.

Comme l'huile s'échauffe fortement dans le convertisseur lorsque le rapport des régimes entrée/sortie est élevé, elle passe dans un échangeur de chaleur qui est souvent intégré dans le radiateur de refroidissement du moteur.



Document ZF

La régulation automatique de la pression d'huile de serrage envoyée aux différents freins et embrayage est confiée à un bloc hydraulique à tiroirs asservi à la position du sélecteur (P-R-N-D-2-1), à la charge du moteur et aux régimes de sortie et d'entrée, parfois conjointement avec une régulation centrifuge.

Aujourd'hui, ce bloc est piloté électroniquement, ce qui permet d'ajuster plus finement les lois de changement de rapport et d'en prévoir plusieurs, par exemple D pour conduite "normale" et S pour conduite "sportive".

Les pompes hydrauliques utilisées sont généralement du type à engrenage interne et croissant. Une telle pompe est décrite en détail dans notre dossier concernant [la transmission automatique Multitronic](#).

# La boîte de vitesses automatique

## LE PASSAGE DES RAPPORTS

Lors d'un changement de rapport, un embrayage ou un frein est desserré alors que l'autre est serré simultanément. La calibration et la mise au point des organes de commande demande beaucoup d'attention afin que ses deux opérations soient accomplies en parfaite synchronisation. Si cette coordination est mauvaise on aura :

- soit un recouvrement du serrage trop important, ce qui va soumettre les disques des embrayages et freins à des frictions inutiles et freinera momentanément le véhicule,
- Ou un bref instant où la boîte se retrouvera au point mort, d'où un emballement temporaire du moteur lors des passages aux rapports supérieurs.

Afin d'éviter ce problème, beaucoup de boîtes automatiques utilisent des roues libres qui autorisent le serrage de l'embrayage (ou du frein) du rapport suivant avant le desserrage de l'embrayage (ou du frein) du rapport inférieur.

En principe, une boîte automatique doit changer de rapport au moment le mieux approprié pour que la consommation soit minimale par rapport à la puissance demandée. Mais, afin d'éviter d'incessants passages d'un rapport à l'autre lorsque la vitesse du véhicule et la charge du moteur restent près du point fixé pour ce changement, une certaine hystérésis est indispensable. C'est-à-dire que les points de passage sont retardés par rapport à l'optimal afin d'obtenir un certain recouvrement.

Par exemple, si pour une position de l'accélérateur identique le passage de 3e en 4e se fait à 70 km/h, la rétrogradation de 4e en 3e n'est programmée qu'à 60 km/h. Un conducteur conscient de cet état de fait obtiendra le passage en 4e à moins de 70 km/h s'il relâche légèrement et momentanément le pied. Étant donné qu'une BVA ne peut ni voir la route ni prévoir, elle ne sait pas si le conducteur désire laisser le véhicule rouler sur sa lancée ou ralentir en utilisant le frein moteur. Elle est donc programmée pour monter les rapports lorsque l'accélérateur est relâché, laissant le soin au conducteur de rétrograder manuellement s'il désire ralentir plus fortement.

Si la gestion électronique a permis d'améliorer quelque peu cette situation, surtout lorsqu'elle bénéficie d'informations communiquées par un ESP et autres contrôles actifs de suspension, il n'en reste pas moins qu'un accroissement du nombre de rapport complique le problème.

En effet, si la boîte dispose de 3 rapports, une pression sur l'accélérateur ne provoque habituellement que la rétrogradation de 3e en 2e. Avec 5, 6, voire 7 rapports, chaque mouvement du pied droit risque de causer le passage d'un ou plusieurs rapports ce qui conduit à des changements de vitesse incessants, inutiles et malvenus.

# La boîte de vitesses automatique

## LA DIVISION DE PUISSANCE

La tendance actuelle est de confier moins de travail au convertisseur et davantage à la boîte planétaire qui lui est associée, car son rendement est meilleur.

En plus de l'embrayage de pontage et de la multiplication du nombre de rapports (jusqu'à 6, comme sur les récentes ZF 6 HP-26 et 6 HP-32, voire 7 sur la Mercedes 7G-Tronic ), on a parfois recours à la division de puissance.



**Convertisseur de la transmission  
de la Cadillac XLR**

[Cliquez pour  
agrandir](#)

Elle consiste à ne faire transiter par le convertisseur qu'une partie du couple moteur, par exemple 40%, le reste étant transmis mécaniquement. On obtient ce résultat grâce à l'interposition d'un différentiel planétaire. Par exemple, en le disposant en entrée de la transmission, on accouple son porte-satellites au vilebrequin, sa couronne directement à la boîte épicycloïdale et son planétaire (pignon central) à la pompe du convertisseur.



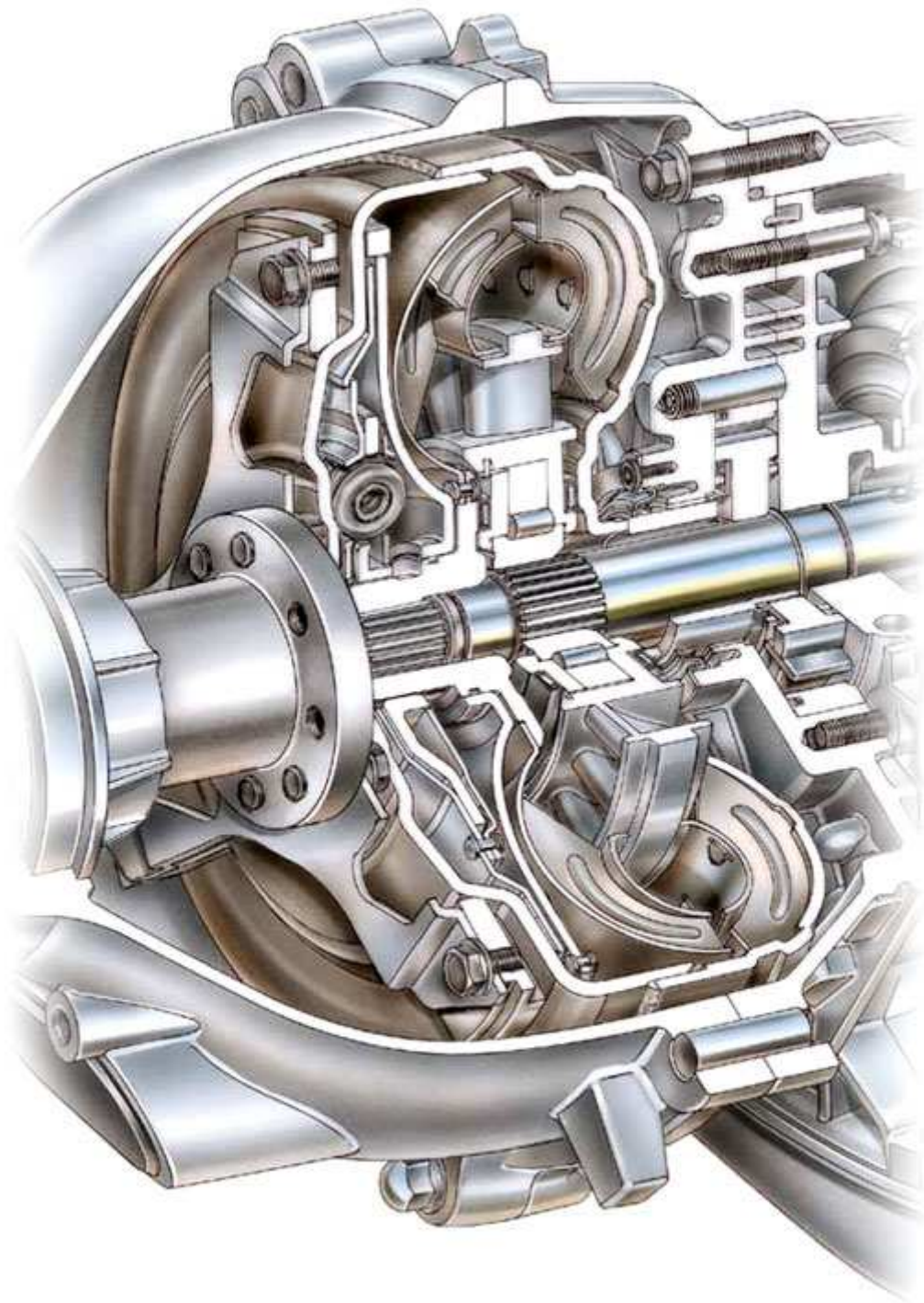
**Transmission de la Cadillac XLR**

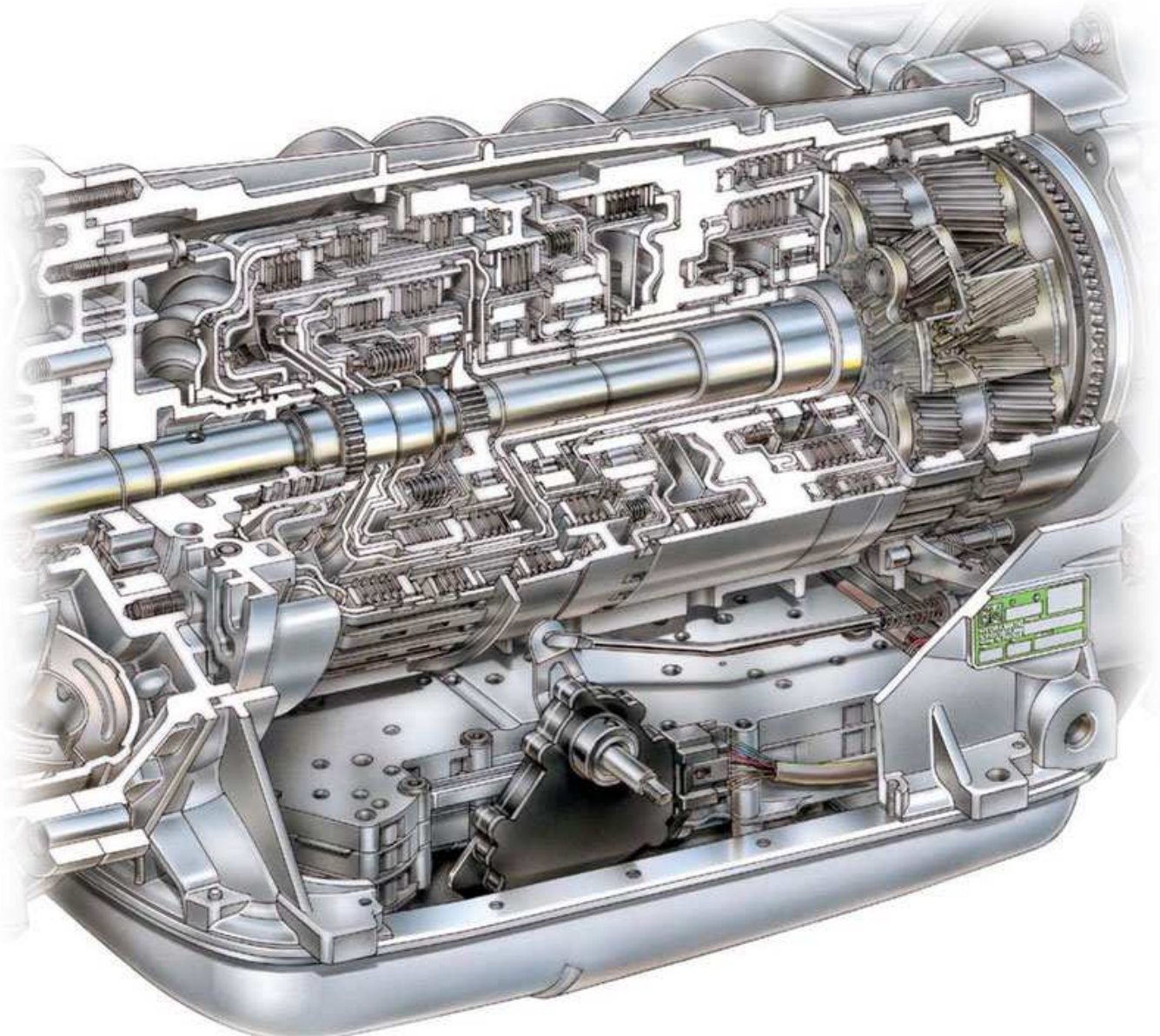
[Cliquez pour agrandir](#)

Cette dernière ne reçoit ainsi que la fraction du couple déterminée par les nombres respectifs de dents des différents éléments. Comme la turbine est solidaire de l'arbre d'entrée de la boîte, le couple qu'elle produit s'additionne à celui qui a été directement transmis.

Ainsi, au démarrage, toute la puissance du moteur passe par le convertisseur hydrodynamique puisque la couronne du différentiel est stationnaire tant que le véhicule n'avance pas (on sait que la puissance est le produit du couple par le régime ; si l'une des deux composantes est nulle, la

puissance le sera aussi). Puis, au fur et à mesure que le véhicule prend de la vitesse, la couronne se met progressivement en rotation et la puissance transmise directement augmente.



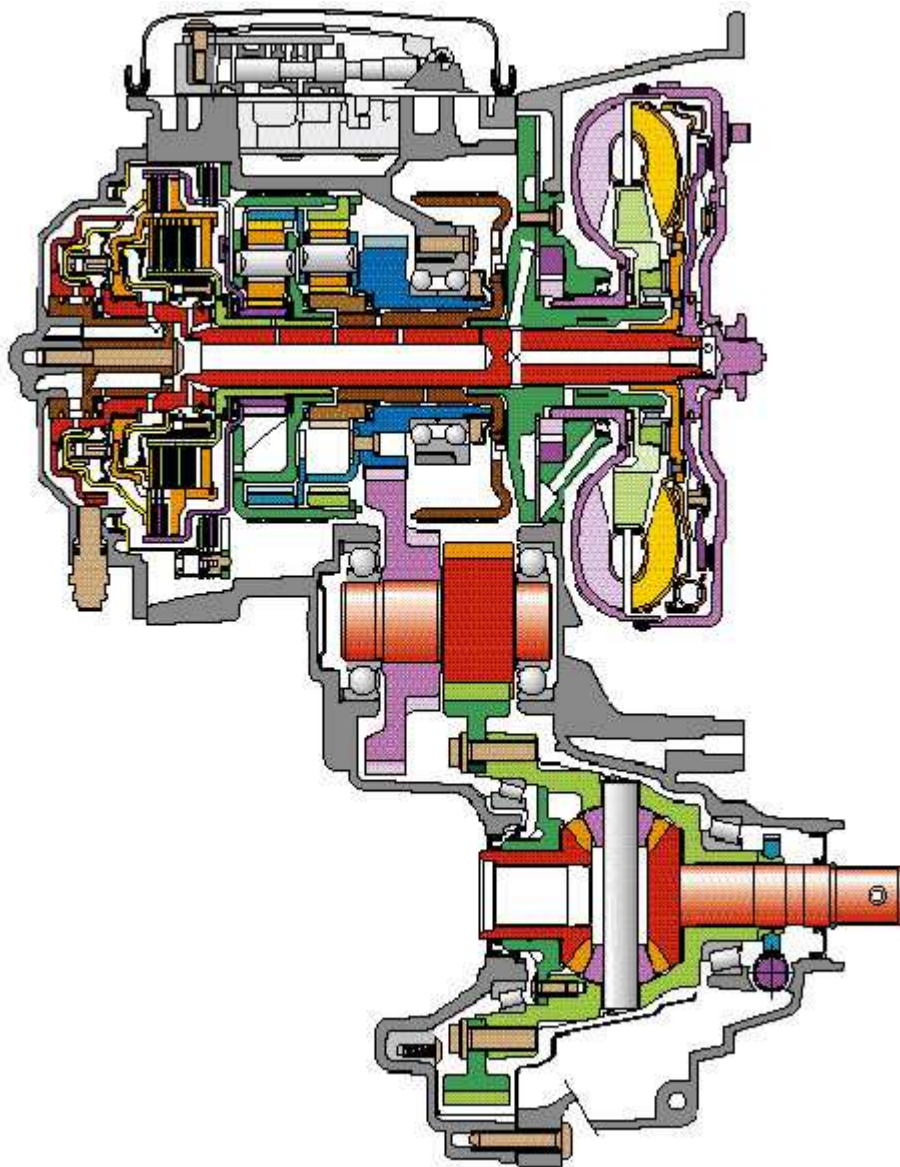


# La boîte de vitesses automatique

## LE RENDEMENT

Par rapport à celui d'une boîte manuelle, le rendement d'une boîte automatique est inférieur en raison des pertes dues au glissement du convertisseur (lorsqu'il n'est pas ponté), de la puissance absorbée par la pompe à huile, des frictions dans les engrenages planétaires et des couples de traînée dans les embrayages et freins multidisques à bain d'huile.

Le rendement varie selon le rapport engagé, le couple transmis, les vitesses d'entrée et de sortie.



Coupe de la transmission Renault DP0

Sous plein couple, convertisseur ponté, une BVA a un rendement d'environ 92 %. Le rendement maximum des nouvelles ZF 6HP26 et 32 oscille entre 94,5% et 96% selon le rapport.