



Université Mohamed Khider de Biskra
Science et Technologie
Génie Mécanique

MÉMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences et Techniques

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : Construction Mécanique

Réf. :

Présenté et soutenu par :

Fradi Chaouki

Le :

Technologie fonctionnelle pour calcul des vitesses et couples d'une boîte à vitesse automatique

Jury :

Mr	Nine Brahim	Université de Biskra	Encadreur
Mr	Djoudi Tarek	Université de Biskra	Président
Mr	Djellab Mounir	Université de Biskra	Examineur

Année universitaire : **2020 - 2021**

Remerciements

Tous d'abord Je remercie Dieu Tout-Puissant.

*Ensuite, nos remerciements vont à mon enseignant mon directeur de recherches Dr Nine Brahim, qui nous a guidés dans notre travail, merci pour nous avoir accordé son temps
merci d'avoir été très patient avec nous.*

Je voudrais également remercier les membres du jury pour avoir accepté d'évaluer ce travail et pour toutes leurs remarques et critiques, ainsi que le personnel et les enseignants de la faculté des Sciences et de la technologie en BISKRA.

Je remercie bien vivement tout l'ensemble du corps enseignant du Département de génie mécanique qui a contribué à mes études.

Merci à ma famille qui a toujours fait bien plus que me soutenir et m'encourager.

Je remercie également très chaleureusement tous mes collègues et mes amis pour les sympathiques moments qu'on a passés ensemble, et À tous les étudiants de master de la promotion 2021.

Mes meilleurs salutations à toutes les personnes qui m'ont aidé, du près ou de loin.

Dédicace

C'est avec l'aide et la grâce du Dieu que j'ai achevé ce modeste travail que je dédie :

*A mon très cher père : **ABDELKRIM***

*A ma très chère mère : **MERIEM***

*A mes très chers frères: **NADHIR , ZIYAD , RACHAD , THABET***

*A ma sœur: **DJOUHAINA***

*À mon ami: **DJELLABI EL BACHK SAID***

Je ne peux trouver les mots justes et sincères pour vous exprimer mon affection et mes pensées, vous êtes pour moi des frères, sœurs et des amis sur qui je peux compter.

Sommaire

Listes des figures.....	i
Liste des Tableaux.....	iii
Introduction Générale	1
Chapitre I: Description de boite vitesse automatique.....	3
I.1. Introduction	4
I.2. Définition.....	4
I.3. Fonctions de l'organe.....	5
I.4. Domaine d'utilisation de la boite de vitesse	5
I.5. Le but	6
I.6. Principe.....	6
I.7. Position de la boite de vitesse dans automobile.....	7
I.8. Positions du levier sélecteur.....	8
I.9. Les différences.....	9
I.10. Eléments mécaniques de la boite de vitesse.....	10
I.10.1. Dessin d'ensemble	11
I.10.2. Commande de la boîte de vitesses	16
I.11. Les avantages et les inconvénients de boite de vitesse automatique .	17
I.11.1. Avantage	17
I.11.2. Inconvénients.....	17
I.12. Conclusion.....	18

Chapitre II: Technologie fonctionnelle de boîte vitesse automatique	19
II.1. Introduction	20
II.2. Fonctionnement de la boîte automatique	20
II.3. Fonctionnement du levier sélecteur	22
II.3.1. Blocage du levier sélecteur.....	22
II.3.2. Débloccage d'urgence	23
II.4. Convertisseur du couple	23
II.4.1. Augmentation du couple	25
II.5. Fonctionnement de l'embrayage hydrodynamique	26
II.6. Embrayage de pontage du convertisseur	26
II.6.1. L'embrayage de pontage du convertisseur Ouvert.....	27
II.6.2. L'embrayage de pontage du convertisseur Fermé.....	27
II.7. Train planétaire	28
II.8. Eléments de sélection	30
II.8.1. Embrayages à disques	30
II.8.2. Freins multidisques	33
II.8.3. Freins à ruban	34
II.8.4. Roue libre	35
II.9. Chaîne cinématique mécanique	37
II.10. Chaîne cinématique hydraulique	37
II.11. Changement automatique de rapport	38
II.12. Le fluide d'actionnement (ATF)	41
II.12.1. Fonctions de l'huile ATF	42
II.12.2. Pompe d'huile ATF.....	42
II.12.3. Refroidisseur d'huile ATF	43

II.12.4. Schéma du circuit d'huile	43
II.13. Capteurs	44
II.14. Conclusion	46
Chapitre III: Calcul des vitesses et couples de boite vitesse automatique	47
III.1. Introduction.....	48
III.2. Notions de base sur les convertisseurs de couple	48
III.2.1. Description et fonctionnement du convertisseur de couple.....	48
III.2.2. Régimes de fonctionnement.....	50
III.2.3. Rendement du coupleur hydrodynamique.....	53
III.2.4. Notion de glissement.....	54
III.2.5. Comparaison entre les rendements du coupleur et du convertisseur.....	55
III.2.6. Influence de la vitesse de rotation.....	56
III.2.7. Valeurs caractéristiques du coupleur hydrodynamique.....	58
III.3. Conclusion.....	59
Conclusion générale.....	60
Références Bibliographiques.....	62

Listes des figures

Chapitre I : Description de boîte vitesse automatique

Figure I. 1: Boîte de vitesse automatique [2].	4
Figure I. 2: Position de boîte à vitesse automatique [4].	7
Figure I. 3: Levier sélecteur [5] .	8
Figure I. 4: Vue en coupe de la boîte vitesses automatique 7G tronic plus [6].	10
Figure I. 5: Dessin d'ensemble de bva [7].	11
Figure I. 6: Boîte de vitesses composée de deux trains épicycloïdaux [8].	14
Figure I. 7: Boîte de vitesses AL 4(Document Citroën) [7].	15
Figure I. 8: Commande de la boîte de vitesses [9].	16

Chapitre II : Technologie fonctionnelle de boîte vitesse automatique

Figure II. 1: Levier selecteur [9].	22
Figure II. 2: Position convertisseur de couple [6].	24
Figure II. 3: Convertisseur de couple [6].	24
Figure II. 4: Convertisseur du couple [6].	25
Figure II. 5: Embrayage de pontage du convertisseur [6].	26
Figure II. 6: L'embrayage de pontage Ouvert [5].	27
Figure II. 7: L'embrayage de pontage fermé [5].	27
Figure II. 8: Train planétaire [6].	28
Figure II. 9: Fonctionnement Train planétaire [6].	29
Figure II. 10: Boîte ravigneaux [5].	30
Figure II. 11: Les embrayages à disques [9] .	31
Figure II. 12: Embrayage fermé [9].	32
Figure II. 13: Embrayage ouvert [9].	32
Figure II. 14: Frein fermé [9].	33
Figure II. 15 : Frein ouvert [9].	33

Figure II. 16: Freins à ruban [5].....	34
Figure II. 17: Les element Freins à ruban [5].	34
Figure II. 18: Roue libre à rouleaux [6].	35
Figure II. 19: Roue libre à cliquets [6].	36
Figure II. 20: Chaîne cinématique mécanique [5].	37
Figure II. 21: Chaîne cinématique hydraulique [5].	37
Figure II. 22: 1er rapport [9].	38
Figure II. 23: 2ème rapport [9].	39
Figure II. 24: 3ème rapport [9].	39
Figure II. 25: 4ème rapport [9].	40
Figure II. 26: 5ème rapport [9].	40
Figure II. 27: La marche arrière [9].	41
Figure II. 28: Pompe d'huile ATF [5].	42
Figure II. 29: Refroidisseur d'huile ATF [5].....	43
Figure II. 30: Schéma du circuit d'huile [5].	43
Figure II. 31: Les capteur de boîte vitesse automatique [5].	45

Chapitre III : Calcul des vitesses et couples de boîte vitesse automatique

Figure III. 1: Convertisseur de couple [10].	48
Figure III. 2: Coupleur simple [11].	50
Figure III. 3: Glissement dans un coupleur hydrodynamique en fonction du temps [13].	55
Figure III. 4: Rendements d'un coupleur et d'un convertisseur hydrodynamique [13].	55
Figure III. 5: Rendement d'un convertisseur hydrodynamique en fonction du rapport de vitesses [13].	56
Figure III. 6: Couple moteur à pleine charge(I) et à charge partielle(II) et Couple transmis en fonction de la vitesse de rotation pour différents glissements [14].	57
Figure III. 7: Influence du glissement sur le couple transmis à vitesse constante de la pompe[14].	57

Liste des Tableaux

Chapitre I : Description de boite vitesse automatique

Tableau I. 1 : Les composants de la boite vitesses automatique [6].....	10
Tableau I. 2 : Composant de la boite vitesse automatique [7].....	12

Chapitre III : Calcul des vitesses et couples de boite vitesse automatique

Tableau III. 1 : Valeurs du rapport de vitesses, du rapport du couple transmis et du couple nominal et du rendement du coupleur [15].	58
--	----

Introduction Générale

Introduction générale

Dans le monde de l'industrie et plus exactement dans les organes de transmission à plusieurs vitesses, nécessite l'utilisation des boites à vitesses, ce qui a mener notre curiosité à faire une étude d'une boite à vitesse automatique.

Pour la réalisation de notre mémoire qui s'intitule technologie fonctionnelle pour calcul des vitesses et couples d'une boite à vitesse automatique. Nous avons opté pour la structure suivante, une introduction générale, nous avons présenté en premier chapitre : une description de la boite vitesse automatique. En deuxième chapitre on donne technologie fonctionnelle de boite vitesse automatique avec leur principe de fonctionnement avec un détaille précis de la boite à vitesse automatique. Le troisième chapitre a été réservé à calcul des vitesses et couples de boite vitesse automatique et nous avons donnés aussi quelques notions sur le convertisseur de couple. Et enfin nous avons terminé par une conclusion générale.

Chapitre I:

Description de boite vitesse
automatique

I.1. Introduction

Une boîte de vitesses automatique est un moyen pour les conducteurs de contourner les limites du changement de vitesse. Il est développé par les constructeurs automobiles et prend une part de plus en plus importante du marché automobile.

I.2. Définition

La boîte de vitesses automatique est un type de transmission qui passe les vitesses automatiquement sans action du conducteur. Les voitures automatiques n'ont donc pas de pédale d'embrayage et le levier de vitesses à moins de positions qu'une boîte manuelle. Plus confortable et plus simple la boîte de vitesses automatique est aussi plus chère [1].

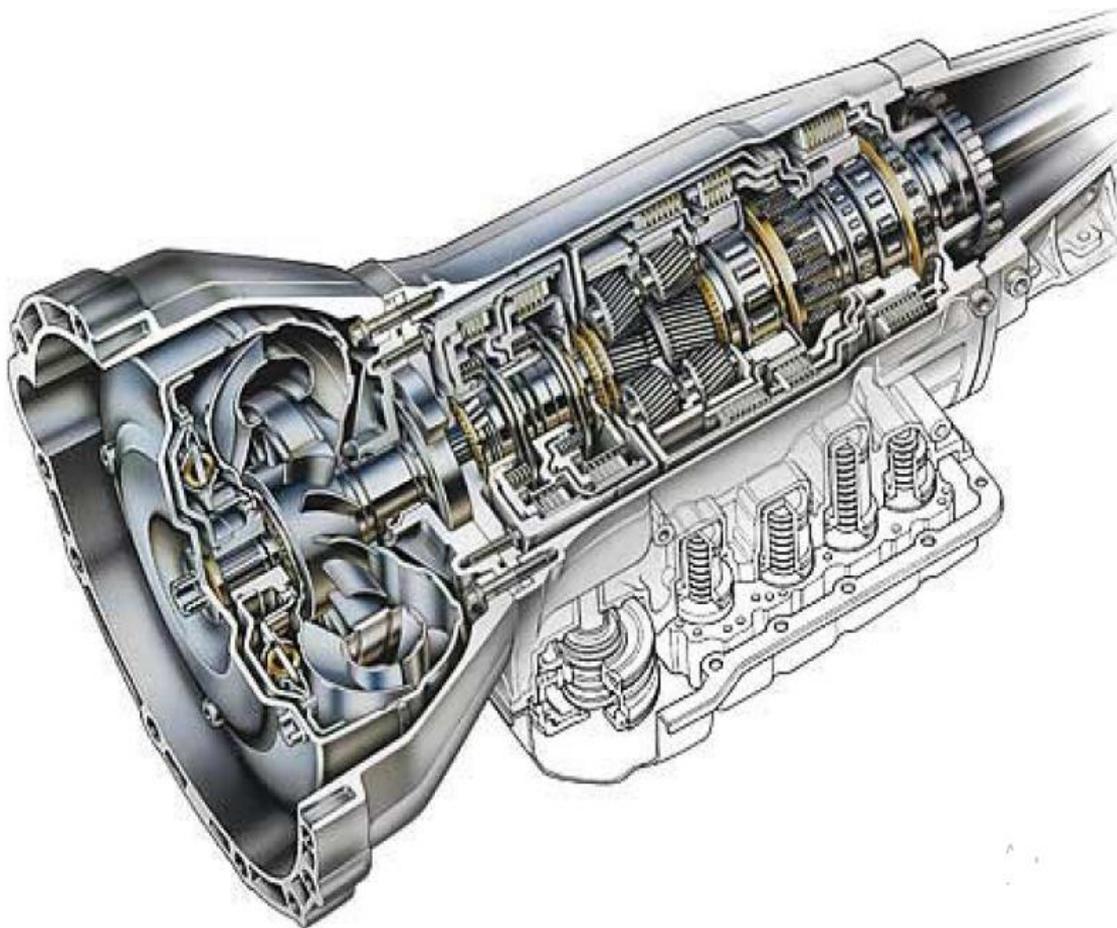


Figure I. 1:Boite de vitesse automatique [2].

I.3. Fonctions de l'organe

Les fonctions de la boîte de vitesses se résument donc par le fait qu'il faut adapter le couple moteur aux conditions de roulage : démarrage, roulage en montée, en descente, accélération, etc. ... On peut distinguer quatre fonctions principales :

- Fonction "changement de rapport"

C'est la fonction principale: il s'agit de modifier la valeur de la démultiplication entre la vitesse de rotation du vilebrequin du moteur et celle des roues du véhicule.

- Fonction "multiplicateur de couple"

Dans certaines conditions de roulage - par exemple en côte ou au démarrage - le couple fourni par le moteur est inférieur au couple résistant appliqué aux roues motrices. On profite alors d'une démultiplication de la vitesse de rotation fournie par la boîte de vitesses pour obtenir, aux roues, un couple plus élevé que celui mesuré en sortie moteur.

- Fonction "inverseur de marche"

L'utilisation courante des véhicules nécessite des manœuvres en marche arrière. Comme le sens de rotation du moteur est unique par sa conception, on inclut à la boîte de vitesses des éléments dont la disposition permet d'inverser à la demande, le sens de rotation de la transmission.

- Fonction "point mort"

Il faut avoir la faculté de faire fonctionner le moteur thermique sans qu'il entraîne le véhicule. Pour ne pas débrayer, de façon prolongée, l'organe "embrayage", on doit pouvoir interrompre la chaîne cinématique en plaçant les éléments mobiles de la boîte dans une position particulière appelée «point mort» [3].

I.4. Domaine d'utilisation de la boîte de vitesse

La boîte de vitesse utilisée dans des différents domaines tels que :

- Machines-outils.
- Engins de levage (exemple; véhicule),

I.5. Le but

Le but d'utilisation d'une boîte de vitesse dans un véhicule, premièrement assurée la transmission de puissance entre les éléments menant et les éléments menant, deuxièmement augmenter la durée de vie de moteur et les différents organes de transmission, le choix de sélection des rapports des vitesses utiles.

I.6. Principe

L'embrayage à disques que l'on connaît sur les boîtes manuelles est remplacé par un « convertisseur de couple hydraulique », qui transmet le couple moteur par l'intermédiaire d'un fluide. De par cette conception, le convertisseur peut « patiner », ce qui assure la fonction « embrayage ». C'est ce patinage qui est l'origine essentielle de la surconsommation de carburant induite par les premières BVA. Pour pallier ce défaut, un embrayage classique (dit « de pontage ») est souvent ajouté de nos jours. Il permet de court-circuiter le convertisseur dès que les conditions de fonctionnement le permettent, abaissant ainsi les pertes de charge et donc la consommation.

Le passage des vitesses se fait automatiquement grâce à des « trains épicycloïdaux » qui sont connectés entre eux grâce à des disques de friction (le tout contrôlé par hydraulique), qui autorisent un plus grand nombre de rapports de transmission dans un volume réduit (6 à 10 rapports en général).

Le dispositif, piloté hydrauliquement et électroniquement, choisit le meilleur rapport en fonction de diverses informations : position de la pédale d'accélérateur et du sélecteur de vitesse, vitesse de la voiture, charge moteur...

Un sélecteur permet de choisir parmi plusieurs modes de fonctionnement (variable selon les constructeurs) : normal, sport, neige... et aussi de passer la marche arrière ou de se placer en mode parking [2].

Le schéma synoptique du cheminement de la puissance pour un groupe motopropulseur doté d'une transmission automatique est le suivant :



I.7. Position de la boîte de vitesse dans automobile

La boîte de vitesse est après l'embrayage et l'arbre de transmission, le deuxième élément de la transmission. Classiquement, bien individualisée, elle était boulonnée derrière le moteur. Mais actuellement, dans les voitures «tout à l'avant », on tend à l'intégrer plus étroitement avec le moteur [4].

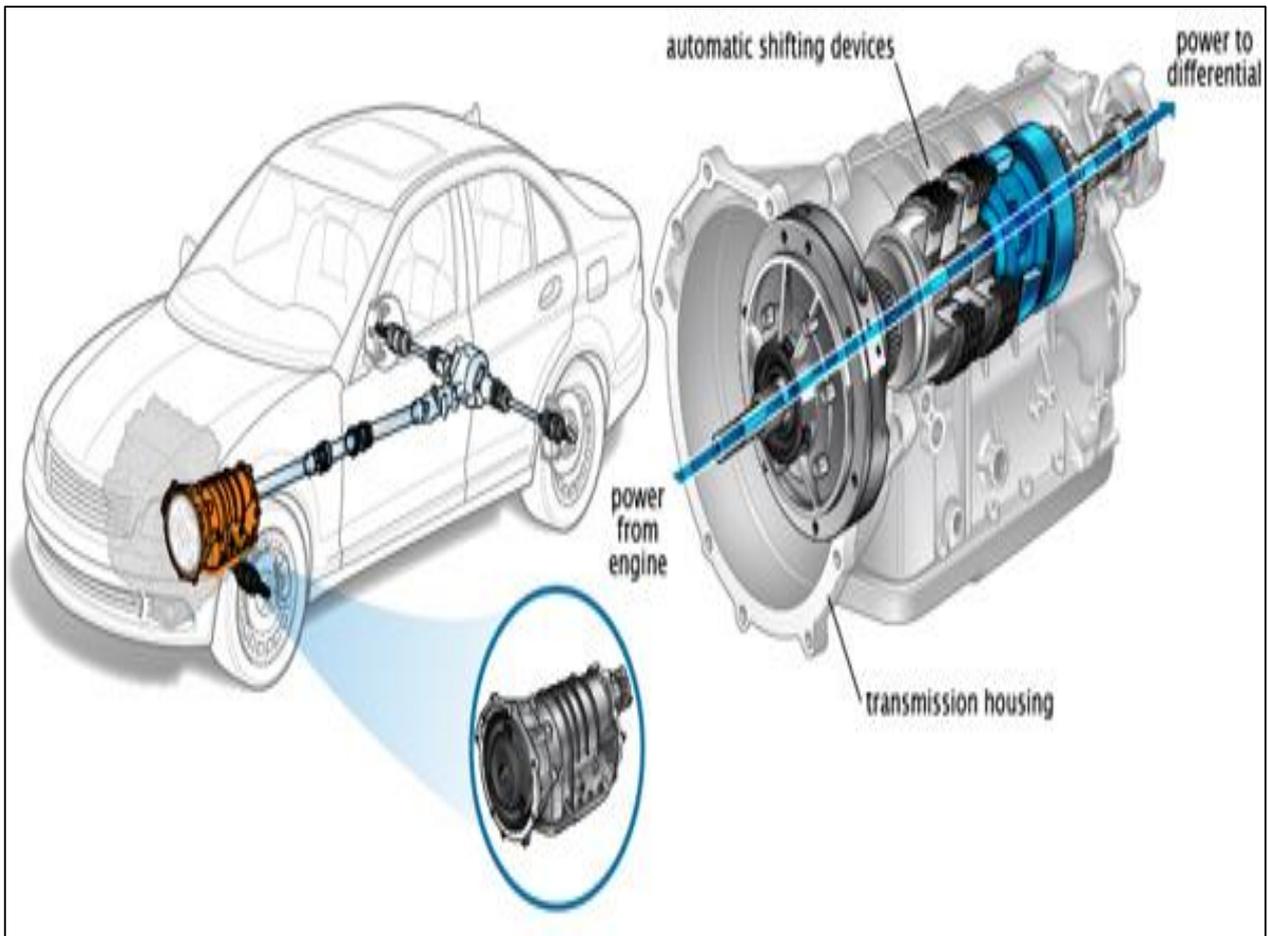


Figure I. 2 : Position de boit à vitesse automatique [4].

I.8. Positions du levier sélecteur

Le moteur ne peut être lancé que sur les positions N ou P.

La position du levier sélecteur apparaît sur un indicateur à cet effet placé dans le combiné d'instruments.

Les positions signifient ce qui suit :

- P** Verrou de stationnement et position de démarrage également :
Sortie de boîte de vitesses verrouillée mécaniquement :
la clé de contact peut être retirée.
- R** Marche AR :
Ne l'enclencher qu'à l'arrêt ou au régime de ralenti :
Le phare de recul s'allume lorsque le contact est mis.
- N** Position neutre ou ralenti;
Egalement en position de démarrage;
Pas de transmission du couple.
- D** Drive, le véhicule avançant automatiquement :
Déplacement en avant
Les 4 rapports passent automatiquement.
- 3** Déplacement en avant
Les rapports 1 à 3 s'enclenchent automatiquement :
Le 4ème rapport n'est pas utilisé.
- 2** Déplacement en avant
Les rapports 1 et 2 s'enclenchent automatiquement
Les rapports 3 et 4 ne sont pas utilisés.
- 1** Déplacement en avant
Seul le 1er rapport est utilisé [5].

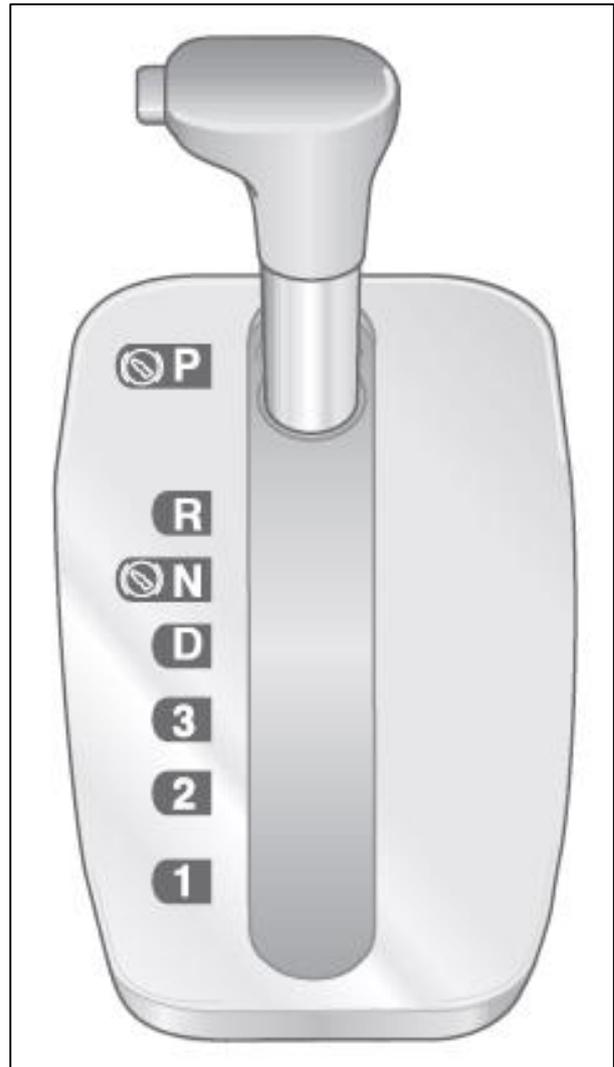


Figure I. 3 : Levier sélecteur [5] .

I.9. Les différences

En quoi diffère un véhicule à boîte mécanique d'un autre à boîte automatique ?

Le flux des forces est identique dans les deux cas.

Moteur - embrayage - boîte de vitesses - différentiel - arbres de roues - châssis-suspension [6]

- Avec boîte de vitesse mécanique	- Avec une boîte de vitesses automatique
<div data-bbox="268 521 727 880" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="204 902 826 936">-Embrayage mécanique actionné manuellement.</p> <p data-bbox="204 1122 786 1155">-Embrayage mécanique avec arbre de renvoi.</p> <p data-bbox="204 1196 810 1301">-Avec enclenchement mécanique (via levier de sélection, fourchette de sélection manchons baladeurs) pour transmettre le couple.</p> <p data-bbox="204 1379 826 1447">-Le conducteur participe à l'enclenchement des rapports. Les yeux et les oreilles sont impliqués.</p> <p data-bbox="204 1675 831 1854">-Interruption du flux des forces lors de l'enclenchement d'un rapport. En règle générale le véhicule avance en roue libre durant 1 à 2 secondes (selon le conducteur) lors de l'enclenchement d'un rapport.</p> <p data-bbox="204 1895 839 2000">-Le conducteur est plus sollicité physiquement et doit pleinement se concentrer sur ce qui se passe.</p>	<div data-bbox="946 510 1412 869" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="863 902 1477 1115">-Le convertisseur de couple désolidarise automatiquement, le véhicule étant arrêté, le moteur qui tourne de la boîte en position statique, mais doit remplir d'autres fonctions et on peut y voir aussi une boîte hydraulique dans celui-ci.</p> <p data-bbox="863 1122 1086 1155">-Boîte planétaire.</p> <p data-bbox="863 1196 1422 1339">-La condition sine qua non pour qu'une commande automatique devienne possible, transmission automatique du couple via les embrayages et les freins.</p> <p data-bbox="863 1379 1485 1630">-Moins de travail pour le conducteur, des capteurs enregistrent les résistances à la progression du véhicule. La commande électronique de la boîte de vitesses traite ces informations en vue de la sélection d'un rapport, lequel est formé par des éléments et des organes hydrauliques de sélection.</p> <p data-bbox="863 1675 1477 1854">-Le flux des forces n'est jamais interrompu dans les boîtes automatiques et celles-ci accélèrent continuellement. Leurs accélérations n'ont rien à envier à celles des boîtes mécaniques.</p> <p data-bbox="863 1895 1445 1962">-Le confort de conduite est meilleur, le stress est supprimé, la sécurité augmente au total.</p>

I.10. Eléments mécaniques de la boîte de vitesse

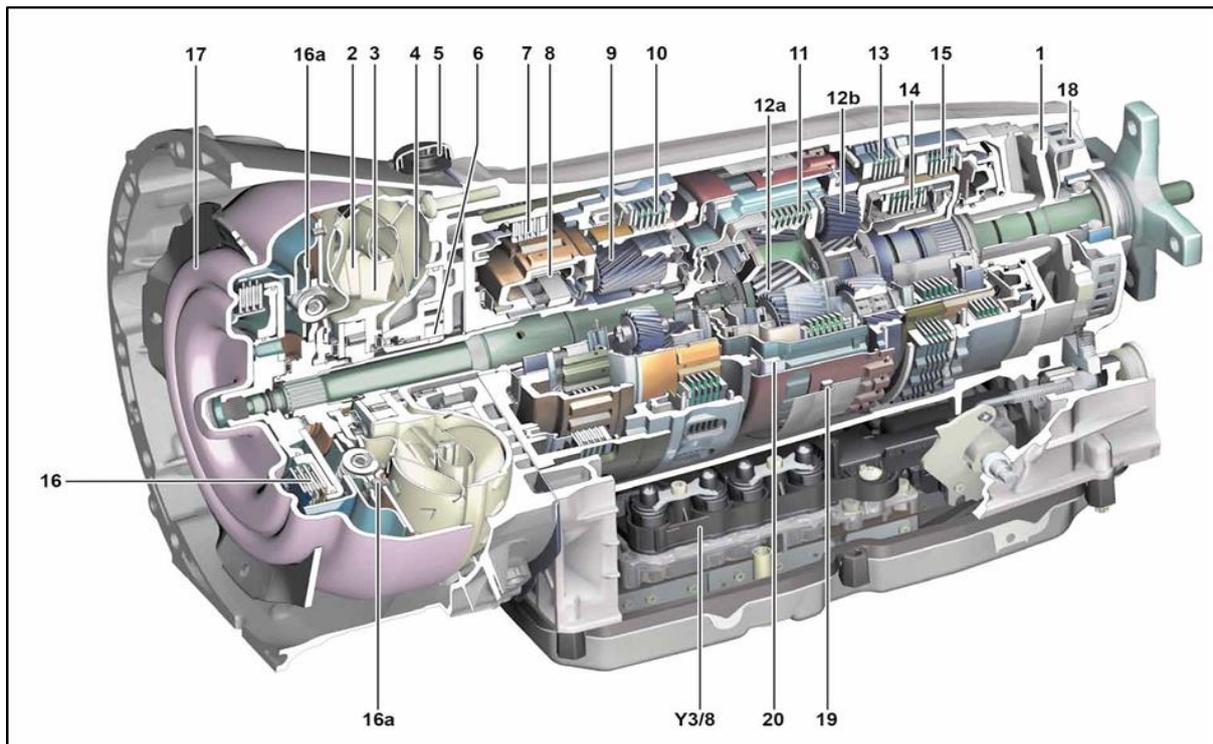


Figure I. 4 : Vue en coupe de la boîte vitesses automatique 7G tronic plus [6].

N°	Nom des pièces	N°	Nom des pièces
1	Pignon de verrou de stationnement	13	Frein multidisque BR
2	Roue de turbine	14	Embrayage multidisque K3
3	Stator	15	Frein multidisque B2
4	Roue de pompe	16	Embrayage de pontage de convertisseur
5	Purge du carter de boîte de vitesses	16a	Pendule centrifuge
6	Pompe à huile	17	Carter de convertisseur
7	Frein multidisque B1	18	Bague d'impulsions pour détection du régime
8	Embrayage multidisque K1	19	Aimant annulaire pour détection du régime
9	Train planétaire Ravigneaux	20	Aimant annulaire pour détection du régime
10	Frein multidisque B3	M4 2	Pompe à huile électrique de boîte de vitesses
11	Embrayage multidisque K2	N8 9	Calculateur pompe auxiliaire huile de boîte de vitesses
12a	Train planétaire simple avant	Y3/8	Unité de commande de boîte de vitesses en fermet intégrée
12b	Train planétaire simple arrière		

Tableau I. 1 : Les composants de la boîte vitesses automatique [6].

I.10.1. Dessin d'ensemble

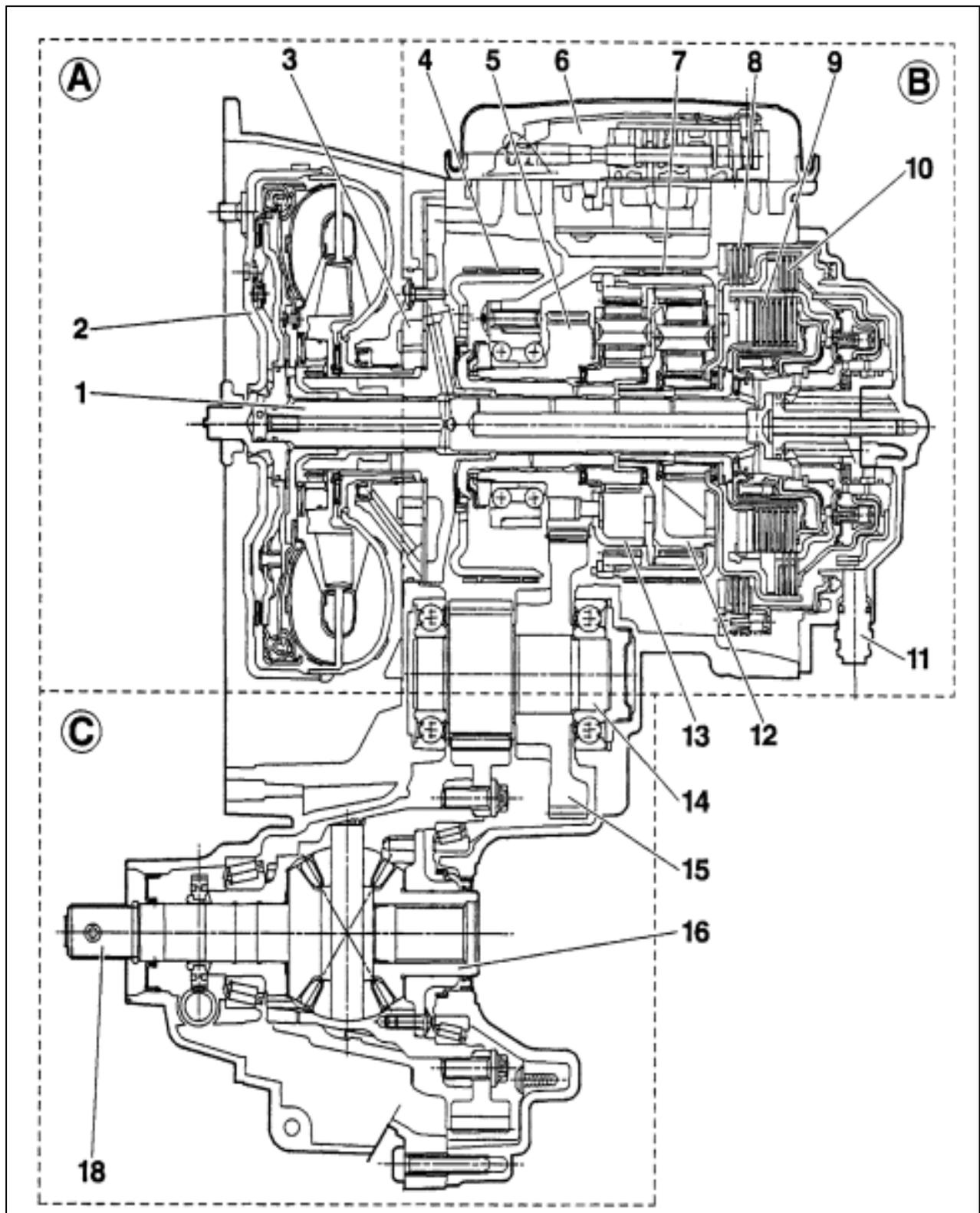


Figure I. 5 : Dessin d'ensemble de bva [7].

N°	Nom des pièces	N°	Nom des pièces
A	Carter convertisseur	9	Embrayage «E2»
B	Carter de boîte de vitesses	10	Embrayage «E1»
C	Carter de différentiel	11	Capteur de vitesse d'entrée de boîte
1	Arbre de turbine	12	Train épicycloïdal 2
2	Convertisseur de couple	13	Train épicycloïdal 1
3	Pompe à huile	14	Arbre secondaire
4	Frein «F3»	15	Pignon de descente sur arbre secondaire
5	Pignon de descente sur arbre de sortie	16	Boîtier différentiel
6	Bloc hydraulique	17	Capteur de vitesse de sortie de boîte
7	Frein «F2»	18	Arbre de sortie
8	Frein «F1»		

Tableau I. 2 : Composant de la boîte vitesse automatique [7] .

Le train épicycloïdal complexe qui permet d'obtenir jusqu'à huit rapports de marche avant bien étagés et un rapport de marche arrière.

L'ensemble de freins et d'embrayages hydrauliques multidisques, ainsi qu'une ou plusieurs roues libres, qui permettent le blocage, la mise en mouvement ou la réaction des éléments du train.

Le dispositif de distribution hydraulique qui actionne les freins et embrayage

et comprend :

- Une pompe hydraulique à engrenage (qui alimente également le convertisseur).

- Un régulateur de pression.
- Un ensemble de tiroirs de distribution actionnés mécaniquement ou hydrauliquement.
- Un récepteur hydraulique pour chaque frein et chaque embrayage.

Le dispositif de commande qui comprend une servocommande hydraulique ou électronique qui décide du passage des vitesses en fonction des informations reçues des détecteurs hydrauliques ou électriques selon le type de commande et qui relèvent :

- La vitesse du véhicule (vitesse de sortie de boîte de vitesses).
- La charge du moteur (position de la pédale d'accélérateur).

Le dispositif de commande agit sur le circuit de distribution en parallèle avec le sélecteur manuel pour effectuer la mise en action des récepteurs désirés.

Le train épicycloïdal peut se présenter sous plusieurs formes :

- Train à deux planétaires et deux jeux de satellites.
- Train à deux couronnes et deux jeux de satellites [8].

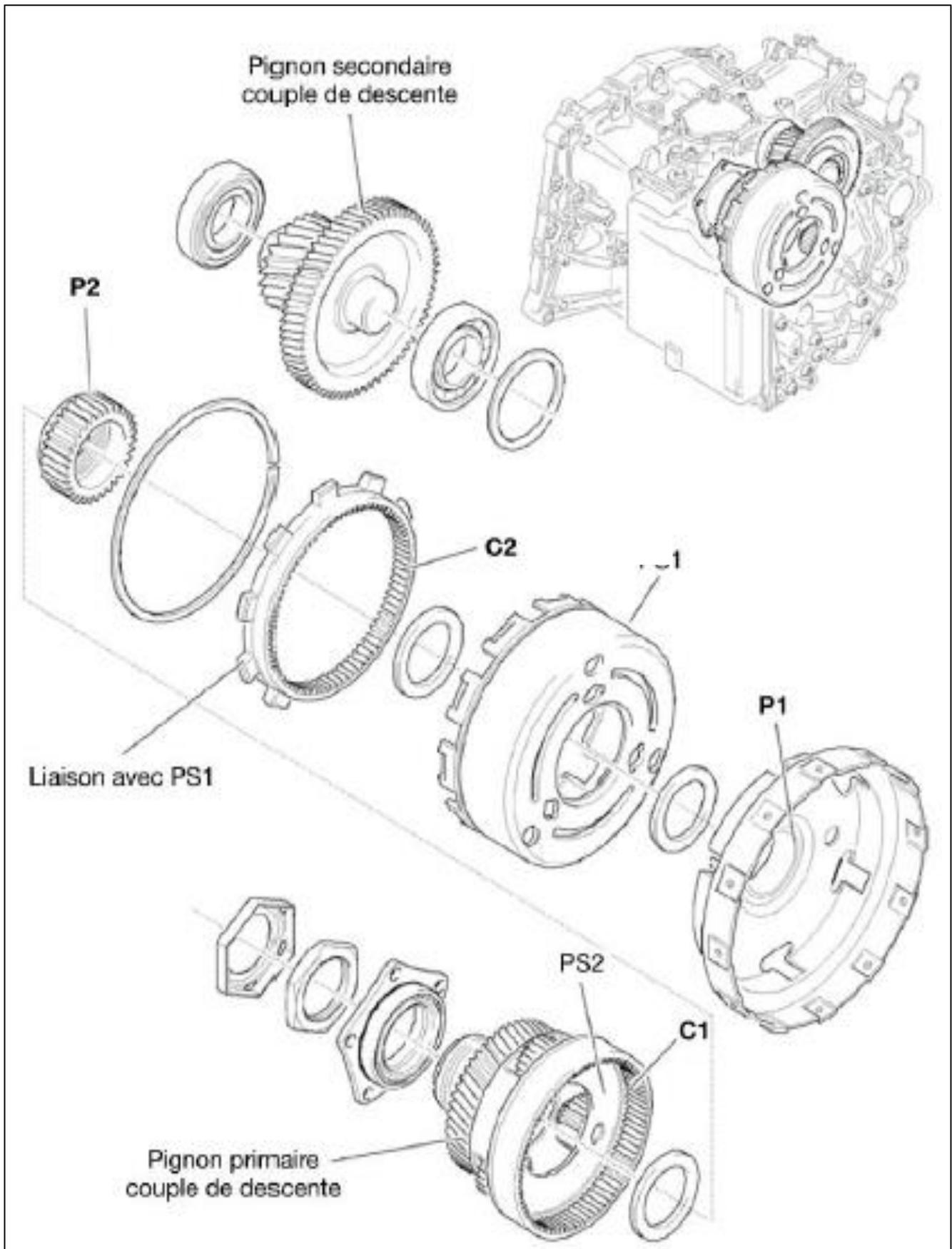


Figure I. 6: Boîte de vitesses composée de deux trains épicycloïdaux [8].

Dans l'exemple de la boîte de vitesses Citroën (AL4) qui est composée de deux trains épicycloïdaux simples, reliés entre eux, nous trouvons :

- Deux planétaires P, et P 2.
- Deux jeux de satellites S, et S2.
- Deux porte-satellites PS, et PS2.
- Deux couronnes c, et C2.
- Deux embrayages E, et E2.
- Trois freins F, F2 et F3.

Les deux trains sont reliés de la façon suivante :

- Le porte-satellite PS, et la couronne C2 sont solidaires.
- Le porte-satellite PS2 et la couronne C, sont solidaires.
- Le train n° 1 est le train se trouvant côté carter arrière.
- Le train n° 2 est le train se trouvant côté convertisseur, le mouvement sort systématiquement par son porte-satellite PS2 [7].

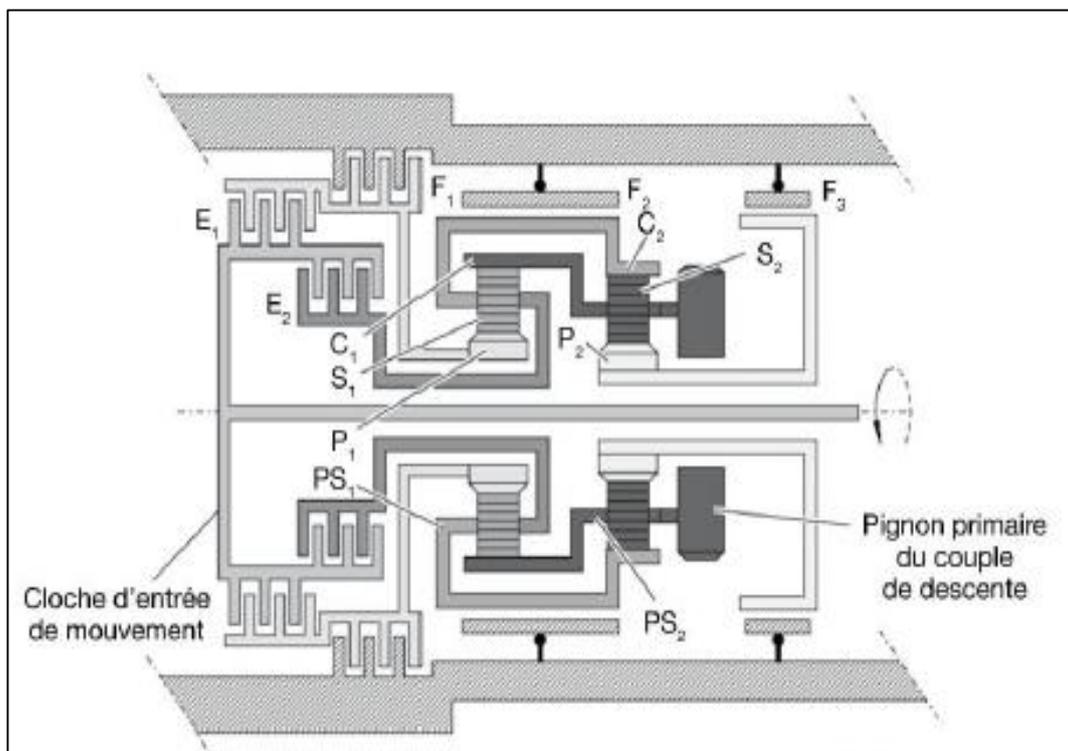


Figure I. 7: Boîte de vitesses AL 4(Document Citroën) [7].

I.11. Les avantages et les inconvénients de boîte de vitesse automatique

I.11.1. Avantage

- Confort de conduite.
- Douceur de fonctionnement.
- Accepte facilement les grosses puissances, c'est pour cela que certaines voitures de prestige ne proposent que de l'automatique, dans les versions les plus puissantes (plus rares sont les boîtes mécaniques prévues pour recevoir plus de 100 ch).
- Durée de vie et facilité d'entretien (pas d'embrayage à remplacer).
- Fiabilité éprouvée.

I.11.2. Inconvénients

- Surconsommation de carburant.
- Coût plus élevé qu'une boîte manuelle.
- Frein moteur plus faible (sauf si équipée d'un embrayage de pontage).
- Lenteur des passages de vitesses (réactivité).

.

.

I.12. Conclusion

Après cette étude, nous concluons que la boîte à vitesse est un dispositif essentiel pour la transmission du mouvement et de changement du couple moteur et la puissance du moteur. Ce dispositif donne un confort pour le fonctionnement du moteur.

Chapitre II:

Technologie fonctionnelle de
boite vitesse automatique

II.1. Introduction

Dans ce chapitre nous allons présenter la boîte à vitesse automatique et les composants de base, le fonctionnement de levier de vitesse auto et aussi les positions du sélecteur de vitesse et exécution d'un changement de vitesses.

II.2. Fonctionnement de la boîte automatique

La boîte automatique comporte en fait plusieurs éléments réunis, dans un même bloc et qui permettent d'effectuer toutes ces fonctions.

Il n'y a pas d'embrayage, mais un convertisseur de couple hydraulique, qui permet d'isoler le moteur de la transmission, à l'arrêt et le patinage lors des changements de rapport.

L'arbre d'entrée et de sortie, peuvent être placés dans le même axe ou parallèlement selon le type de boîte.

L'arbre de sortie comporte non pas des pignons, mais des trains épicycloïdaux en cascade (généralement).

Chaque train épicycloïdal comporte son propre système d'embrayage, et de frein (pour lacs décélérations).

La sélection d'un rapport s'effectue grâce à un système de répartition d'huile sous pression au train épicycloïdal concerné (bloc hydraulique).

Le système de répartition de l'huile, comporte une pompe à huile haute pression pour le moteur, un distributeur (équivalent de la carte à trou), des électrovannes.

Les premières générations de boîtes automatiques sont pilotées par des systèmes mécaniques, électromécaniques ou hydrauliques, Un câble reliant la boîte à l'accélérateur, asservit la boîte à la charge du moteur, La pression variable délivrée par la pompe donne une information proportionnelle au régime moteur, Ces paramètres permettent au système de contrôle de déclencher, le passage des rapports en fonction des besoins.

Les boîtes modernes sont dirigées par un calculateur électronique, le calculateur comporte un certain nombre de capteurs et pédale d'accélérateur, de frein, couple du moteur, régime du moteur, vitesse du véhicule, choix de fonctionnement du véhicule (position du levier de vitesse)..., permettant un choix de la répartition de l'huile sous pression, (et donc du rapport choisi) plus intelligente.

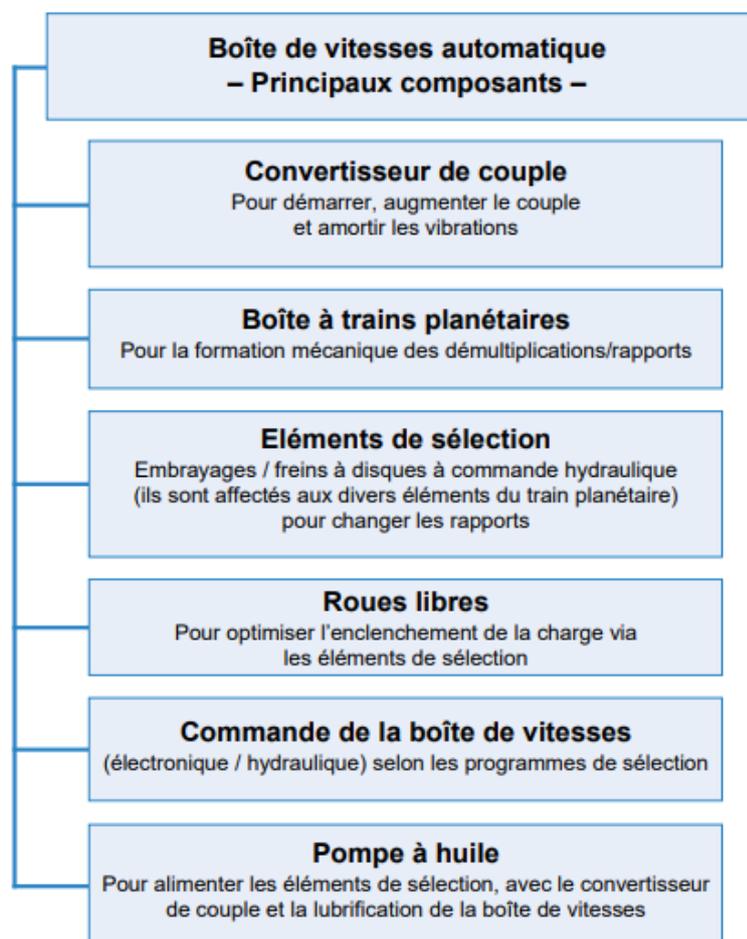
On peut dire que le convertisseur remplace la pédale d'embrayage, le système hydraulique et sa pompe remplace le bras (et son huile de coude) et le levier de vitesse, et le calculateur remplace le cerveau.

Pour réparer une boîte il faut la démonter, c'est à dire la désolidariser du moteur et de la transmissions aux roues (cardans), puis il faut ouvrir le bloc pour changer la pièce défectueuse qui peut venir de n'importe quel des éléments cités (convertisseur, pompe, trains, disques d'embrayage, calculateur, capteurs).

Lorsque nous ouvrons une boîte, nous réparons bien sur la pièce défectueuse, mais nous remplaçons également tous les éléments mécaniques sensibles, disques de freins, et d'embrayage, filtre à huile. Ainsi la boîte est entièrement reconditionnée [2].

- Les boîtes automatiques se chargent donc :
 - Du démarrage.
 - De la sélection.
 - De la démultiplication et de l'enclenchement du rapport choisi.

Un convertisseur hydrodynamique est l'unique élément utilisé pour démarrer [6].



II.3. Fonctionnement du levier sélecteur

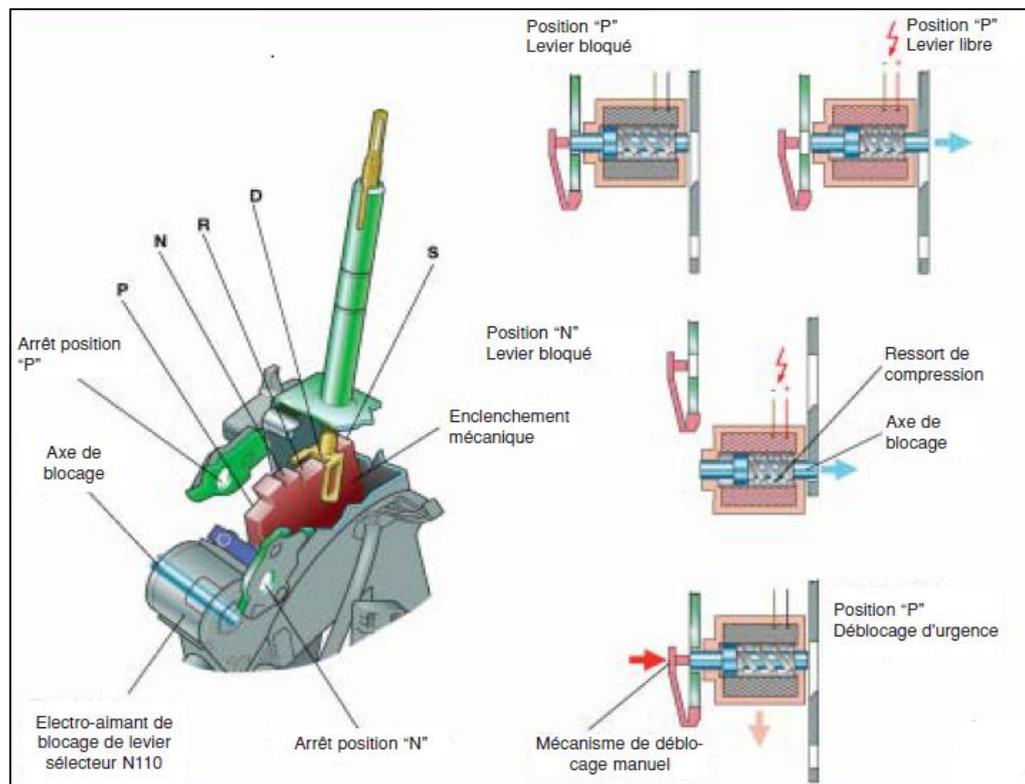


Figure II. 1: Levier sélecteur [9].

II.3.1. Blocage du levier sélecteur

Le levier sélecteur reste bloqué dans différentes positions :

- Blocage sur la position "P" : par l'axe de blocage en entrant dans l'arrêt et par l'enclenchement mécanique. Pour le débloquer, il est nécessaire d'appuyer sur le frein.
- Blocage sur la position "R" : le levier est libre vers "N" et bloqué par l'enclenchement mécanique vers "P".
- Blocage sur la position "N" : après 2 s, il est bloqué par l'axe. Le levier est bloqué par l'enclenchement mécanique si l'on souhaite passer à la position "R", mais libre s'il est déplacé à "D".
- Blocage sur la position "D" : le levier peut être déplacé vers "N" ou vers le mode Triptronic, mais il est bloqué par l'enclenchement mécanique vers "S".
- Sur la position "S" : le levier sélecteur n'est pas bloqué [9].

II.3.2. Débloccage d'urgence

Il suffit de pousser l'axe de blocage vers l'intérieur de l'électro-aimant au moyen du mécanisme de déblocage manuel. Il est ainsi possible d'amener le levier sélecteur vers la position "P" afin de pouvoir déplacer le véhicule [9].

II.4. Convertisseur du couple

Le convertisseur hydrodynamique de couple :

- Le principe du convertisseur :

Une pompe aspire un fluide - huile spéciale ATF pour boîtes de vitesses dans notre cas puis l'accélère et envoie à une turbine.

L'énergie hydrodynamique est ainsi transformée en un mouvement rotatif mécanique.

Le convertisseur de couple est formé de trois éléments essentiels:

- **La roue de la pompe** (qui est simultanément le carter du convertisseur de couple).
- **La roue de la turbine** (qui entraîne l'arbre de celle-ci et donc la boîte de vitesses).
- **La roue directrice** (reliée au carter de la boîte de vitesses par une roue libre, et ne pouvant tourner que dans le même sens que la roue de la pompe et celle de la turbine).

Le convertisseur est rempli d'une huile spéciale pour boîtes de vitesses et est soumis à une pression.

Le moteur du véhicule entraîne directement la roue de la pompe (qui fait office de carter en même temps).

Sous l'effet de la force centrifuge l'huile est refoulée vers l'extérieur, entre les pales de la roue de la pompe.

Toutefois sur l'intérieur de la paroi du carter l'huile est dirigée vers la roue de la turbine cette énergie hydrodynamique est reprise par les pales de la roue de la turbine, qui se met à tourner. L'énergie hydrodynamique est transformée en rotation mécanique. Le flux d'huile arrive à proximité de l'axe du convertisseur, traverse les ailettes de la roue directrice et retourne dans la roue de la pompe. L'huile a alors bouclé la boucle à l'intérieur du convertisseur [6].

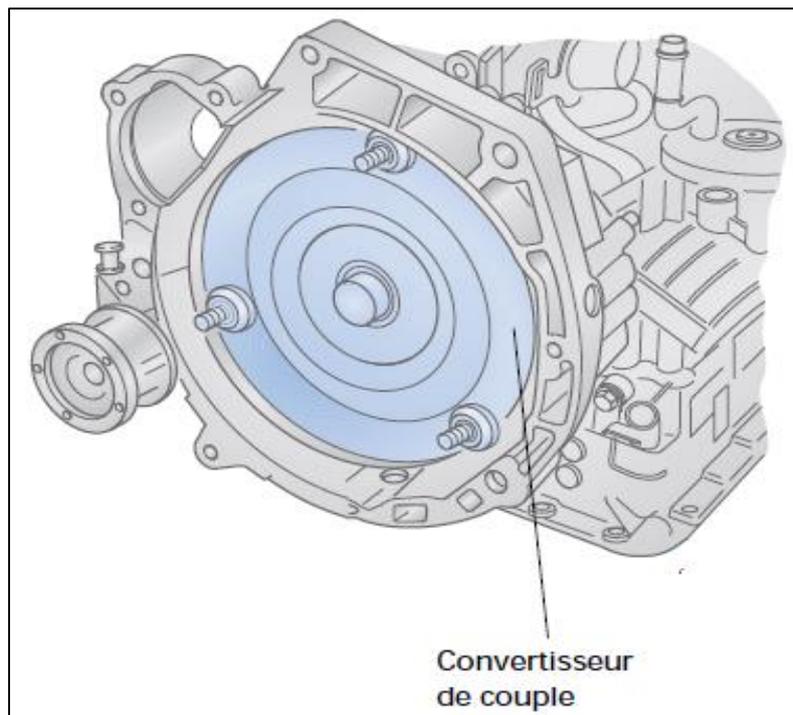


Figure II. 2 :Position du convertisseur de couple [6].

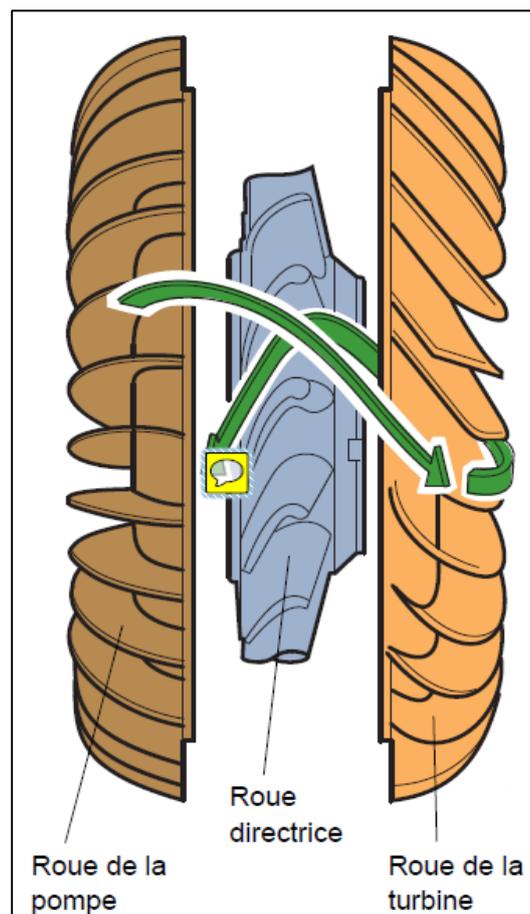


Figure II. 3 :Convertisseur de couple [6].

II.4.1. Augmentation du couple

La réduction du régime fait place à une augmentation du couple suite à l'intervention du convertisseur.

Au moment du démarrage, seule la roue de la pompe commence à tourner. La turbine est encore arrêtée.

La différence de régime - appelée glissement - s'élève à 100 %.

Le glissement diminue dans la mesure où l'huile restitue l'énergie hydrodynamique à la roue de la turbine. Les vitesses de rotation de la pompe et de la turbine convergent.

Ce glissement est absolument indispensable lors de la conversion du couple. L'augmentation du couple atteint son maximum lorsque le glissement est élevé, le flux d'huile étant donc dérivé à travers la roue directrice qu'à de fortes différences entre le régime de la roue de la pompe et celui de la roue de la turbine. C'est donc la roue directrice qui génère l'accroissement du couple pendant la phase de conversion. Le tout, pour se faire s'appuie sur le carter de la boîte de vitesses par l'intermédiaire d'une roue libre. Si le glissement est faible c'est-à-dire lorsque la roue de la pompe et celle de la turbine tournent à peu près à la même vitesse, la roue directrice ne fait plus monter le couple. Elle tourne alors grâce à la roue libre dans le même sens que la roue de la pompe et la roue de la turbine. Les pertes de rendement qu'elle provoque sont donc insignifiantes [6].

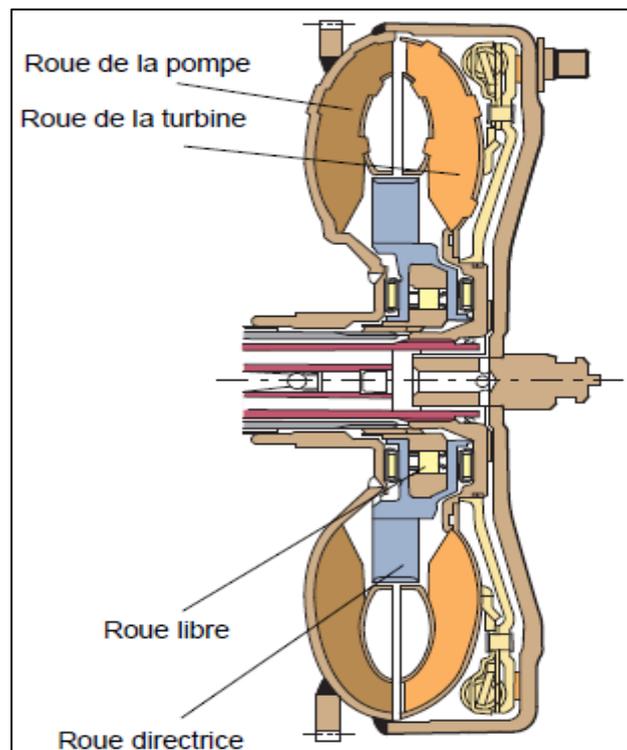


Figure II. 4: Convertisseur du couple [6].

II.5. Fonctionnement de l'embrayage hydrodynamique

Si les conditions extérieures de fonctionnement font en sorte que la conversion de régime s'accroît, donc diminution de la différence de vitesse entre la roue de la pompe et celle de la turbine, le sens d'écoulement de la roue directrice est alors modifié de telle sorte que le sens du couple de cette roue s'inverse.

Cela signifie que le couple de la turbine, conformément à $MT = MP - ML$ devient inférieur à celui de la pompe. Le couple de rotation n'est alors plus renforcé. Une roue-libre est donc placée entre la roue directrice et sa liaison avec le carter de la boîte de vitesses afin d'éviter que cela se produise. D'où la possibilité de transmettre le couple de rotation on au support de la roue directrice et ce que dans une seule direction. Il s'en suit que le couple de la roue directrice tend alors vers zéro d'où $ML = 0$. Sous l'effet de $MT = MP + 0$ le convertisseur de couple se transforme en un embrayage hydrodynamique [6].

II.6. Embrayage de pontage du convertisseur

Le convertisseur de couple devient inefficace au fur et à mesure que le régime augmente. Il ne transmet plus en effet que 85 % maximum du couple moteur aux régimes élevés.

Le carter du convertisseur de couple renferme donc un embrayage de pontage faisant en sorte que l'intégralité du couple moteur puisse être transmise. Cet embrayage, lorsqu'il est fermé, transmet mécaniquement le couple moteur à l'arbre d'entrée de la boîte de vitesses.

L'embrayage de pontage est relié à l'arbre d'entrée de la boîte de vitesses par l'intermédiaire d'une denture. Cet arbre comporte, sur son côté tourné vers le moteur, une garniture de friction en forme d'anneau. Lorsque l'embrayage de pontage du convertisseur est fermé, la garniture de friction appuie sur le carter du convertisseur de couple, lequel carter est vissé au plateau d'entraînement du moteur [6].

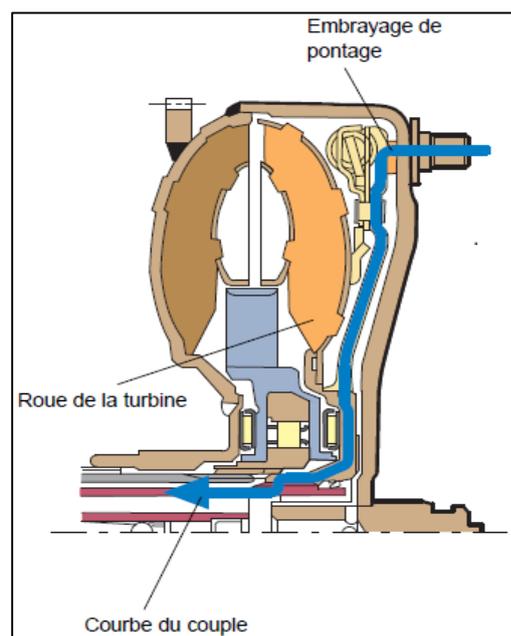


Figure II. 5 : Embrayage de pontage du convertisseur [6].

II.6.1. L'embrayage de pontage du convertisseur Ouvert

La pression de l'huile ATF arrive dans la canalisation A et donc "devant" l'embrayage de pontage via le tiroir de celui-ci, lequel se trouve dans le bloc électrohydraulique.

La pression de l'huile ATF "devant" et "derrière" l'embrayage de pontage est identique. L'embrayage est ouvert.

L'actionnement des électrovannes intervient via l'appareil de commande de la boîte de vitesses.

L'électrovanne N91 ne reçoit pas de courant [5].

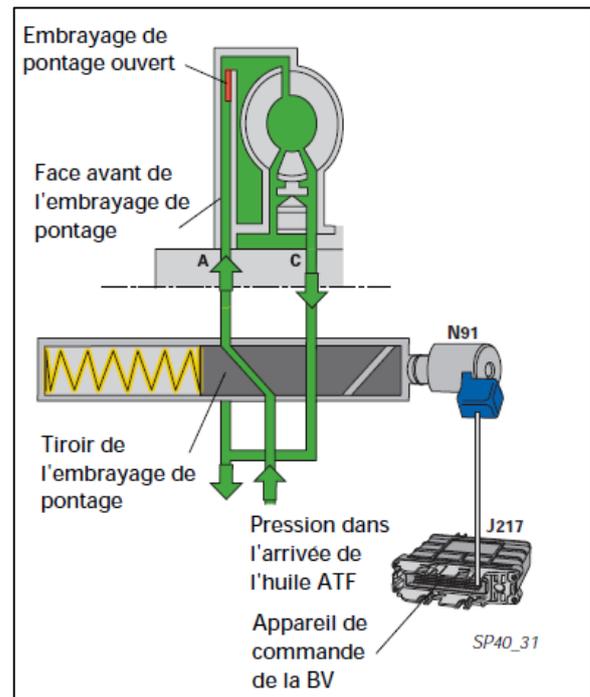


Figure II. 6: L'embrayage de pontage Ouvert [5].

II.6.2. L'embrayage de pontage du convertisseur Fermé

L'électrovanne N91 est activée afin de fermer l'embrayage de pontage.

Ce qui a pour effet d'actionner le tiroir de l'embrayage de pontage, l'huile ATF arrivant dans celui-ci par l'intermédiaire de la canalisation C "derrière".

La canalisation A est ouverte et permet l'écoulement de l'huile ATF.

La pression de l'huile "derrière" l'embrayage de pontage est alors plus élevée que "devant" celui-ci.

L'embrayage de pontage se ferme en douceur et sans à-coups.

L'adhérence mécanique est obtenue via la garniture de friction sur l'embrayage de pontage

La pression de l'huile ATF est réglée par l'électrovanne N91 [5].

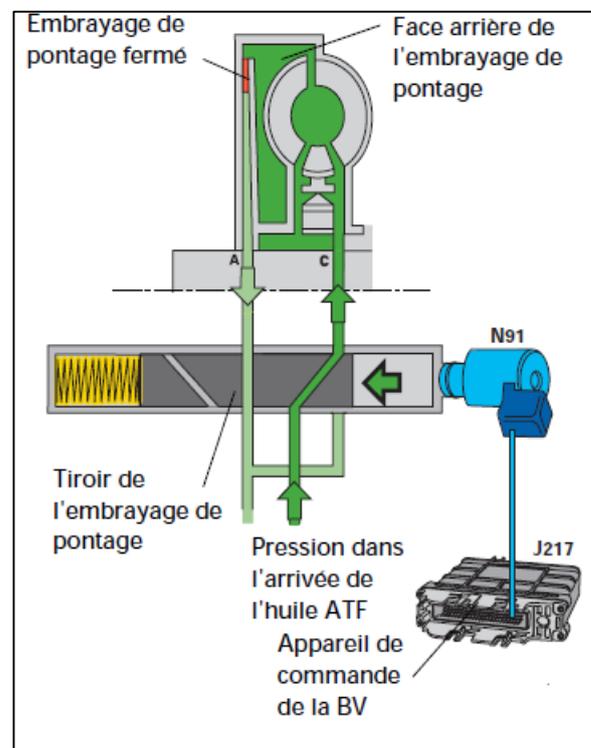


Figure II. 7: L'embrayage de pontage fermé [5].

II.7. Train planétaire

Pour les boîtes automatiques, seules des boîtes enclenchées sans interrompre le flux des forces entrent donc en ligne de compte.

Ce qui est le cas avec les boîtes à trains planétaires.

Lesquelles sont donc à la base de la quasi-totalité des boîtes automatiques.

Du fait même de leur principe, les boîtes à trains planétaires sont également appelées boîtes à engrenages épicycloïdaux.

Une boîte à trains planétaires est constituée de deux à quatre trains planétaires.

Ceux-ci sont solidaires les uns des autres ou reliés par des embrayages.

Un seul train planétaire permet d'expliquer le fonctionnement.

Un train planétaire comprend :

- un pignon central, le pignon planétaire - 1 -
- plusieurs satellites (trois à six) - 2 -
- le porte-satellites - 3 -
- une couronne extérieure à denture intérieure - 4 -

La totalité des paires de pignons est constamment en prise.

Des manchons coulissants ne sont pas nécessaires, les vitesses des pignons ne doivent pas être synchronisées [6].

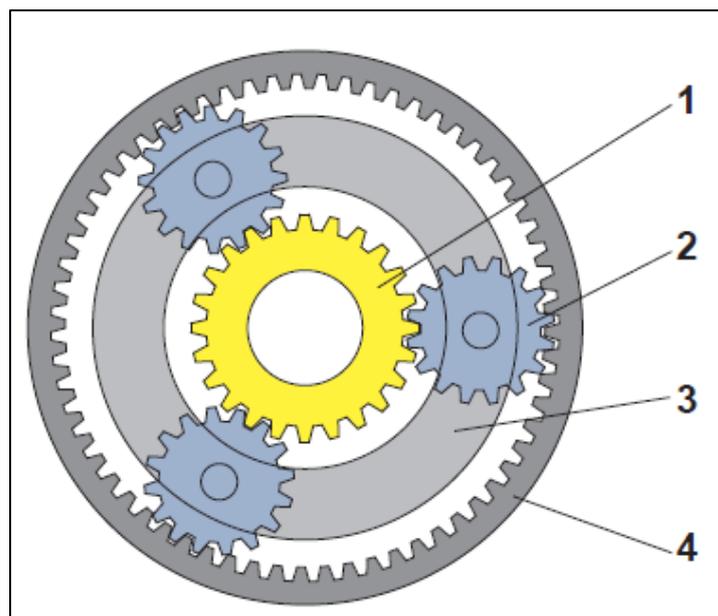


Figure II. 8: Train planétaire [6].

A l'intérieur, le pignon planétaire -1- tourne sur un axe central. Les satellites -2- viennent s'engrener dans la denture du pignon planétaire.

Ces satellites peuvent tourner aussi bien autour de leur axe que décrire un cercle autour du pignon planétaire.

Le porte-satellites -3- reçoit ceux-ci ainsi que leurs axes.

Le porte-satellites reprend le mouvement circonférentiel de ceux-ci autour du pignon planétaire et, logiquement, autour de l'axe central également.

La denture intérieure de la couronne -4- vient prendre dans les satellites et entoure la totalité du train de ceux-ci.

L'axe central est aussi le centre de rotation de la couronne. La couronne, le porte-satellites et le pignon planétaire ont chacun leur propre liaison avec l'arbre.

Lorsque l'un des éléments de la boîte de vitesses est retenu et que les deux autres interviennent à l'entrée et à la sortie, un train de satellites permet aussi bien des démultiplications plus importantes ou plus réduites pour aller plus lentement ou plus vite. Le sens de rotation est inversé lorsque le porte-satellites est retenu. La boîte à trains planétaires se bloque si deux éléments sont retenus, le rapport de démultiplication est alors de 1:1 [6].

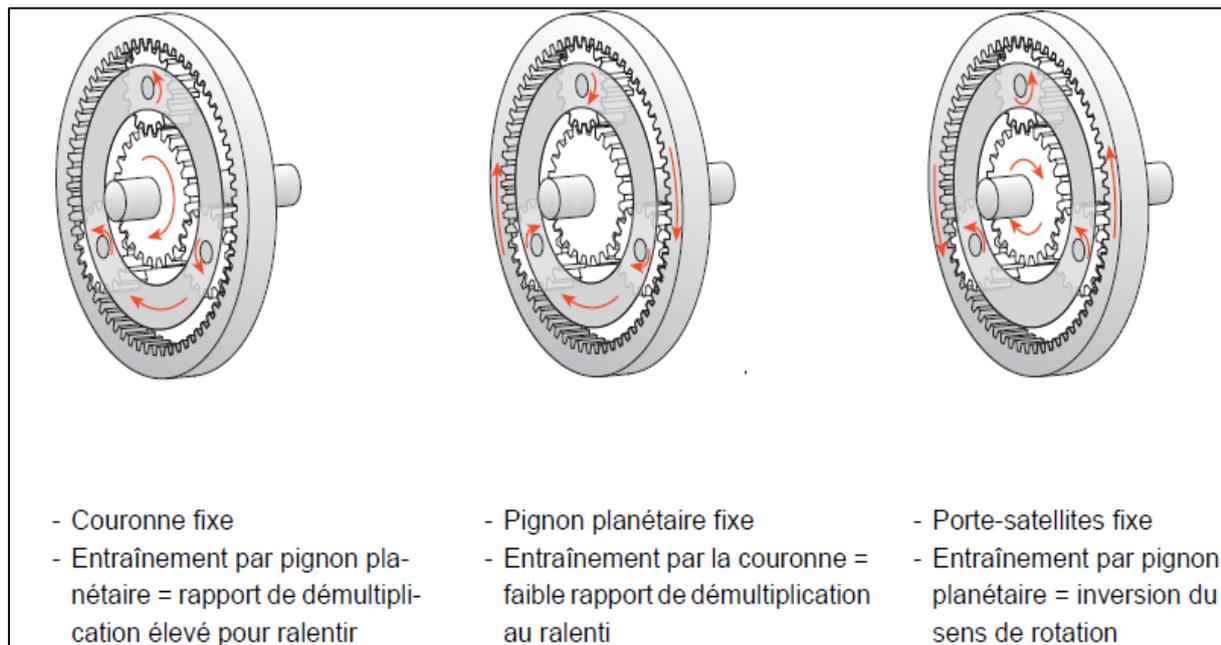


Figure II. 9: Fonctionnement Train planétaire [6].

Afin de mieux comprendre le fonctionnement, seul un satellite court et un satellite long sont représentés dans le schéma suivant.

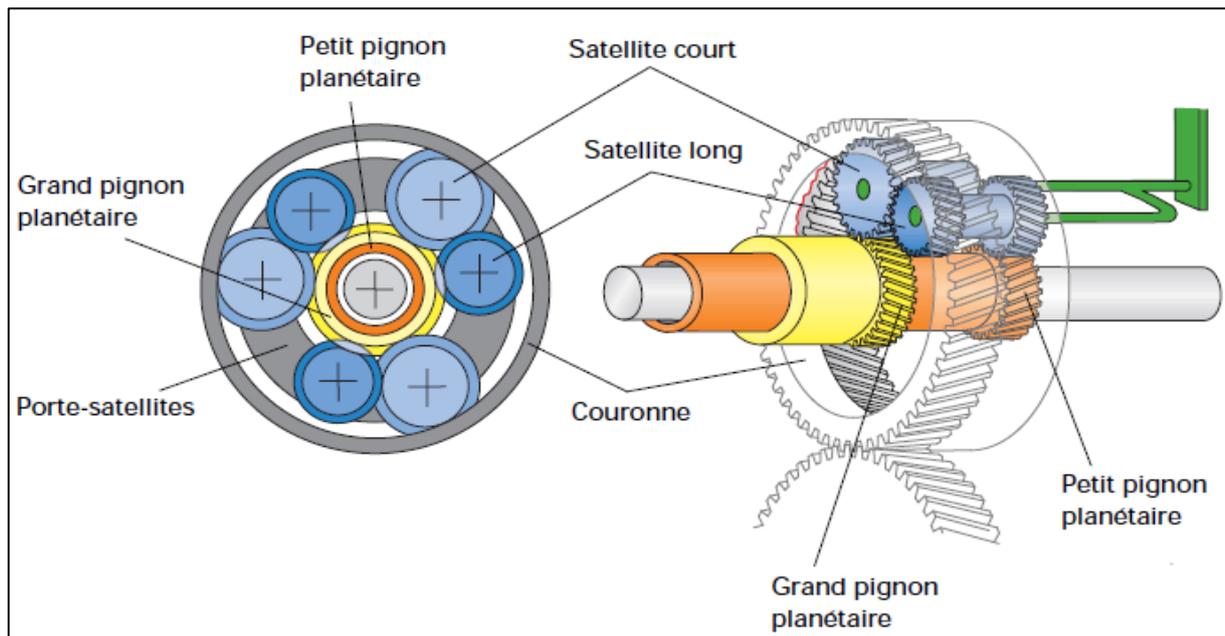


Figure II. 10 : Boîte ravigeaux [5].

II.8. Éléments de sélection

II.8.1. Embrayages à disques

Les embrayages à disques sont utilisés afin de générer le flux des forces entre l'arbre de la turbine et le train de satellites.

Ils comportent des disques, à l'intérieur et à l'extérieur, qui tous les deux, sont reliés à des pièces rotatives. Ils s'imbriquent l'un dans l'autre comme des peignes. Au repos, un entrefer se produit et ils sont remplis d'huile, de sorte qu'ils puissent tourner librement.

Le groupe de disques est comprimé par un piston hydraulique, qui tourne y compris sa charge d'huile, laquelle agit, à l'arrière, sur le piston.

L'huile arrive donc par l'intermédiaire d'un arbre creux. La détente de l'embrayage à disques est obtenue via des ressorts (ressorts de pression, mais aussi ressorts à godet) lors du débrayage.

Des soupapes à bille (partiellement dans le piston, partiellement dans le support des disques) font en sorte que la pression puisse redescendre rapidement et l'huile s'écouler lorsque le système n'est pas actionné.

Aussi bien sur la partie extérieure qu'intérieure, les supports reprennent les disques par l'intermédiaire des roues, d'où une liaison mécanique.

Les disques extérieurs sont en acier.

Les disques intérieurs sont en plastique très résistant ils servent simultanément de garniture de friction.

La structure de soutien est en cellulose.

La résistance thermique utilisée est obtenue en mélangeant des fibres d'aramide, un plastique hautement résistant.

Des minéraux sont ajoutés pour influencer la friction, et de la résine phénolique pour assurer la liaison [9].

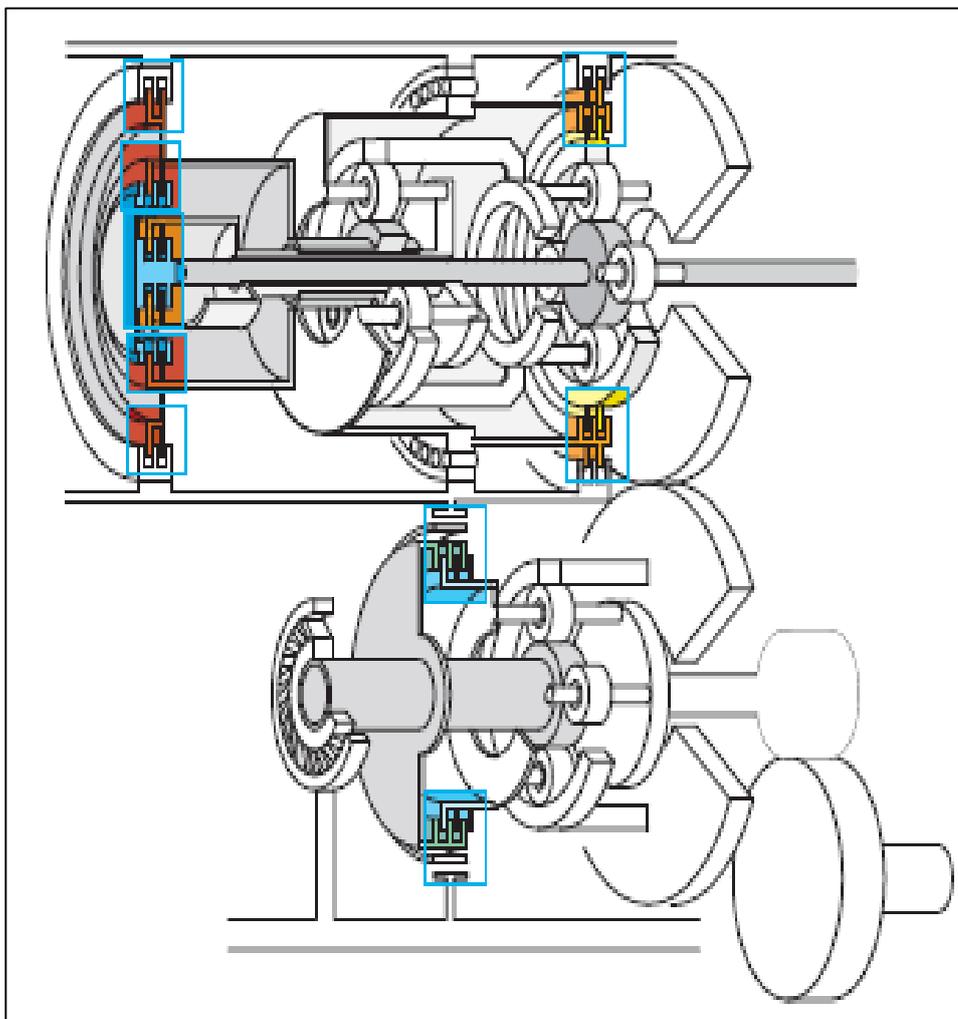


Figure II. 11: Les embrayages à disques [9] .

II.8.1.1. Fermeture de l'embrayage

L'huile ATF est refoulée dans l'espace se trouvant "devant" le piston. La vanne à bille se ferme.

L'huile ATF pousse le piston contre les disques de l'embrayage et ferme celui-ci [9].

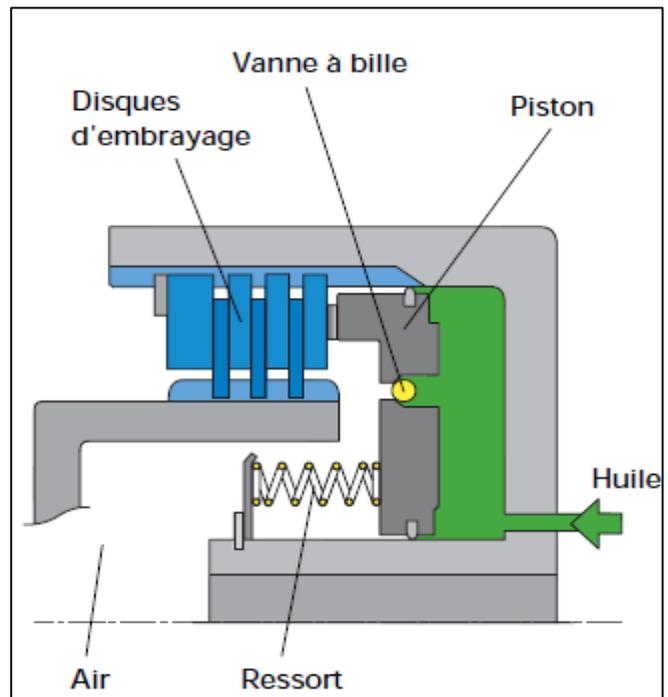


Figure II. 12: Embrayage fermé [9].

II.8.1.2. Ouverture de l'embrayage

La pression de l'huile ATF disparaît progressivement "devant" le piston.

La vanne à bille à l'intérieur du piston s'ouvre suite à la force centrifuge exercée sur la bille.

Le ressort pousse le piston dans sa position de départ.

L'huile ATF est expulsée de l'espace "devant" le piston [9].

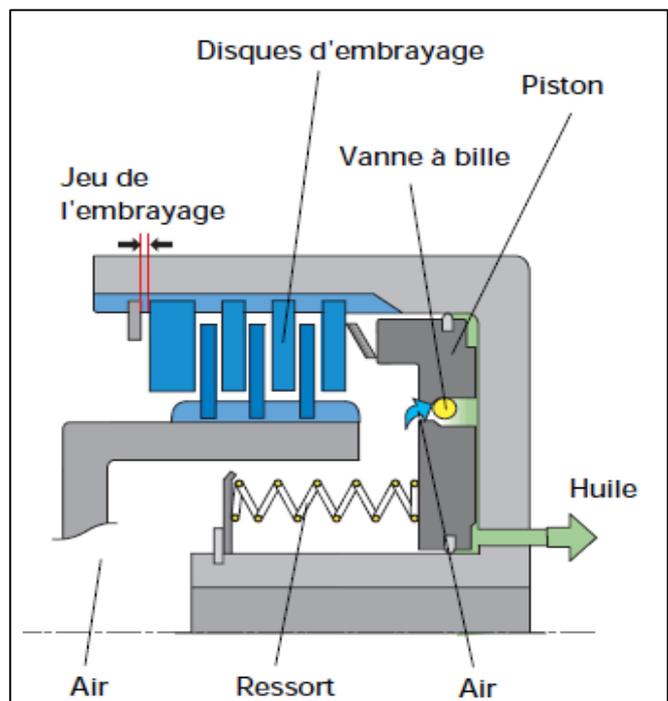


Figure II. 13: Embrayage ouvert [9].

II.8.2. Freins multidisques

Les freins multidisques sont utilisés pour obtenir une partie du train de satellites.

Ils ressemblent aux embrayages à disques et possèdent également des disques intérieurs et extérieurs.

Les disques intérieurs sont également reliés à la partie rotative via des ergots, alors que les disques extérieurs sont fixes et s'appuient sur le carter de la boîte de vitesses.

Lors de l'activation, un piston hydraulique comprime le groupe de disques.

Le piston hydraulique, contrairement à ce qui est le cas pour l'embrayage à disques, est fixe.

Le jeu entre les disques du frein est également important pour que la commande fonctionne Impeccablement et il est donc réglé séparément [9].

II.8.2.1. Frein fermé

Le frein est actionné lorsque le levier sélecteur est sur 1 et en marche arrière. Le porte satellite étant retenu, le freinage devient possible au moyen du moteur lorsque le 1er rapport est enclenché [9].

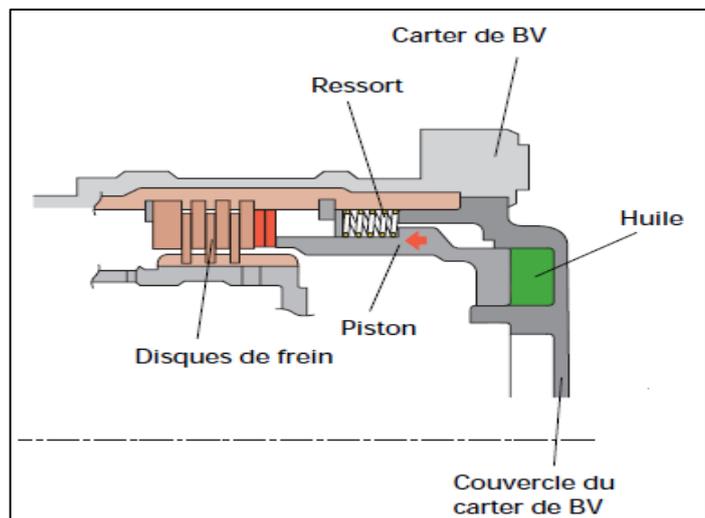


Figure II. 14: Frein fermé [9].

II.8.2.2. Frein ouvert

Le jeu fait en sorte que le frein pas actionné ne patine pas.

Le jeu doit être réajusté après des réparations [9].

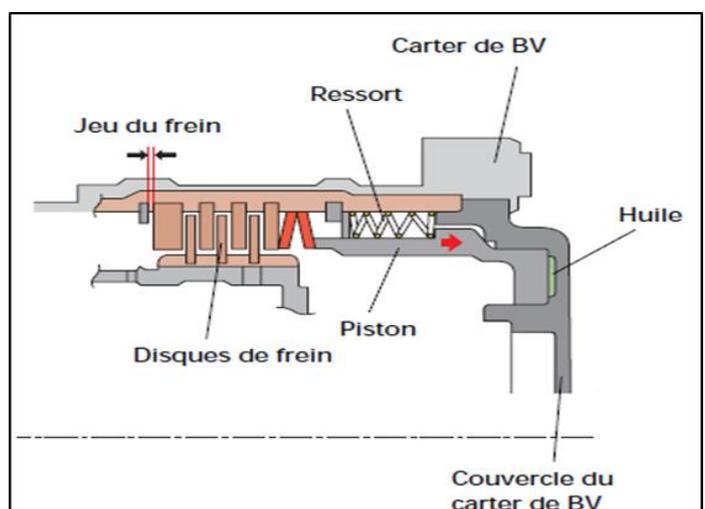


Figure II. 15 : Frein ouvert [9].

II.8.3. Freins à ruban

Les éléments d'un train de satellites peuvent également être retenus par un frein à ruban. La configuration extérieure de l'arbre est similaire à celle d'un frein à tambour.

Un ruban en acier, qui sert de frein, enserre le tambour qui tourne librement lorsque le système n'est pas actionné.

Le ruban du frein s'appuie, à une extrémité, contre le carter de la boîte de vitesses.

Lors de l'activation hydraulique, la force du piston agit sur l'autre extrémité et freine le tambour jusqu'à son arrêt complet.

Un inconvénient du frein à ruban réside dans le fait que d'importantes forces radiales agissent sur le carter de la boîte de vitesses [5].

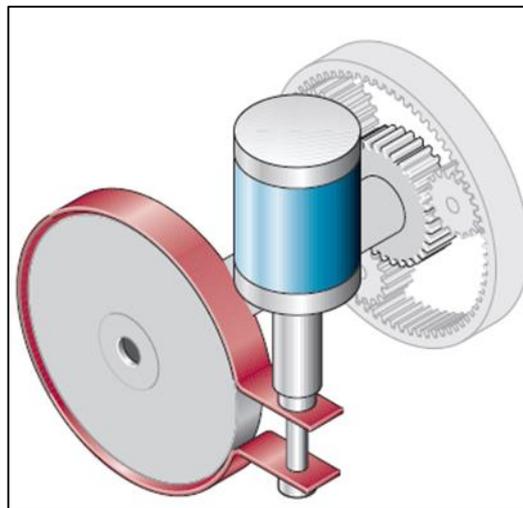


Figure II. 16 : Freins à ruban [5].

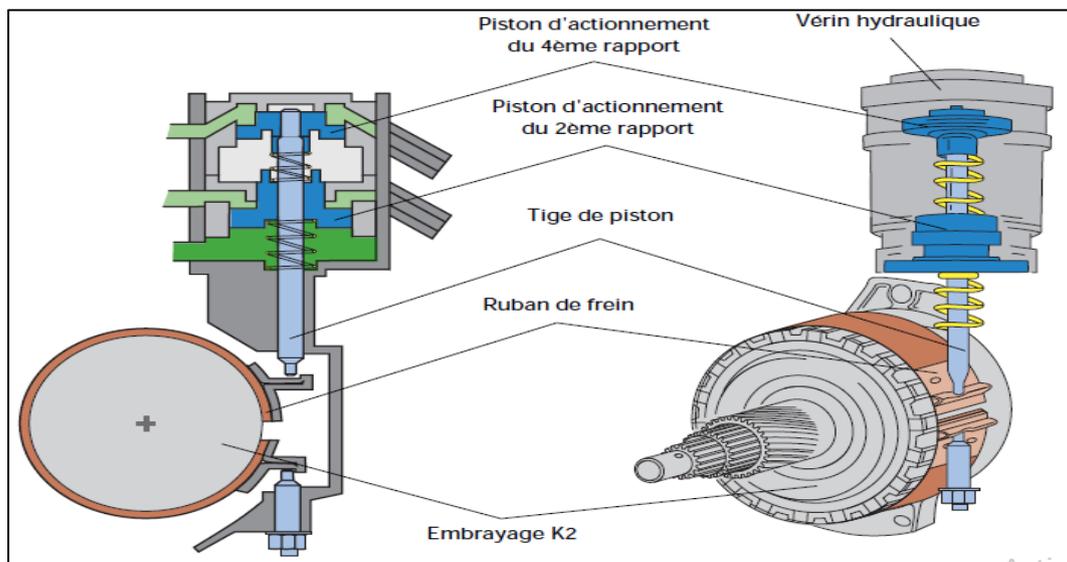


Figure II. 17 : Les élément Freins à ruban [5].

II.8.4. Roue libre

La commande de chevauchement peut être simplifiée en lui adjoignant des roues libres.

La roue libre ne transmet un couple que dans une seule direction.

Elle tourne par contre librement dans le sens opposé.

Elle est utilisée afin de simplifier, techniquement parlant, un enclenchement mais sans discontinuité de la force de traction.

Elle autorise une transition précise entre les rapports sans contraintes particulières au niveau de la commande de l'organe de sélection en train de s'ouvrir.

Le flux cinématique s'inverse lorsque le véhicule roule en frein moteur.

La roue libre s'ouvrirait alors et ne permettrait pas au frein moteur d'agir (comme la roue libre d'un vélo).

La raison pour laquelle des freins ou des embrayages sont couplés parallèlement à la roue libre [6].

II.8.4.1. Roue libre à rouleaux

Des rouleaux sont logés dans les espaces entre la bague intérieure et la bague extérieure.

Ceux-ci, dans le sens du blocage, viennent se positionner dans ces espaces devenant toujours plus étroits.

D'où une liaison entre la bague intérieure et la bague extérieure.

Des ressorts poussent des rouleaux dans l'espace de manière à obtenir un blocage impeccable.

Une roue libre à rouleaux est p.ex. installée dans la boîte de vitesses automatique 01M de la SKODA OCTAVIA [6].

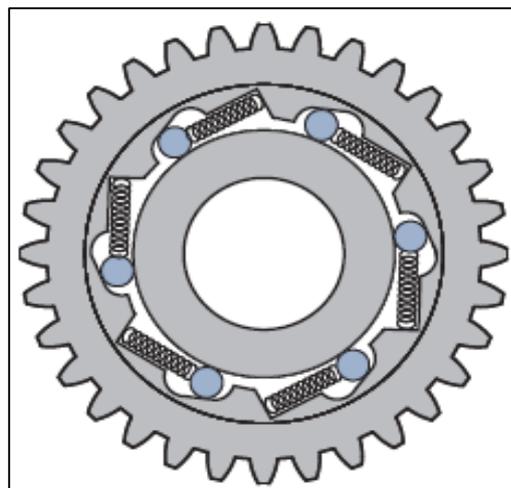


Figure II. 18 : Roue libre à rouleaux [6].

II.8.4.2. Roue libre à cliquets

Elle est plus compliquée que la roue libre à rouleaux mais autorise, avec des dimensions identiques, la transmission de couples plus élevée.

Des cliquets en forme d'haltères sont placés dans une cage à ressorts entre la bague intérieure et la bague extérieure.

Ces ressorts font en sorte que les cliquets ne puissent jamais se décoller.

Ceux-ci, en regardant dans le sens normal de rotation de la roue libre, sont basculés, mais ne gênent pas celle-ci.

Ils se redressent dans le sens de blocage.

Une roue libre à cliquets est p. ex. montée dans la boîte automatique 001 de l'Arosa [6].

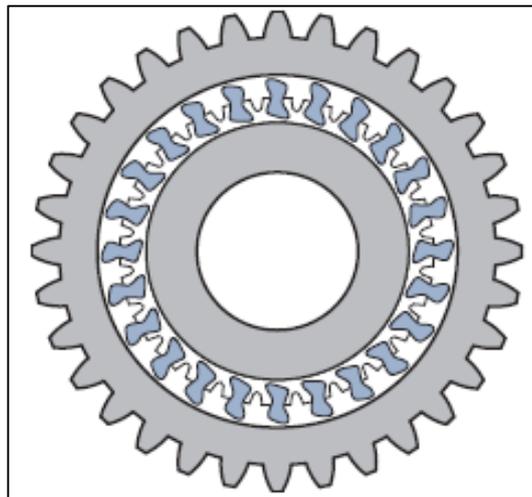


Figure II. 19: Roue libre à cliquets [6].

II.9. Chaîne cinématique mécanique

- L'embrayage de pontage est "fermé"

La force du moteur arrive à la boîte de vitesses via la garniture de friction de l'embrayage de pontage [5].

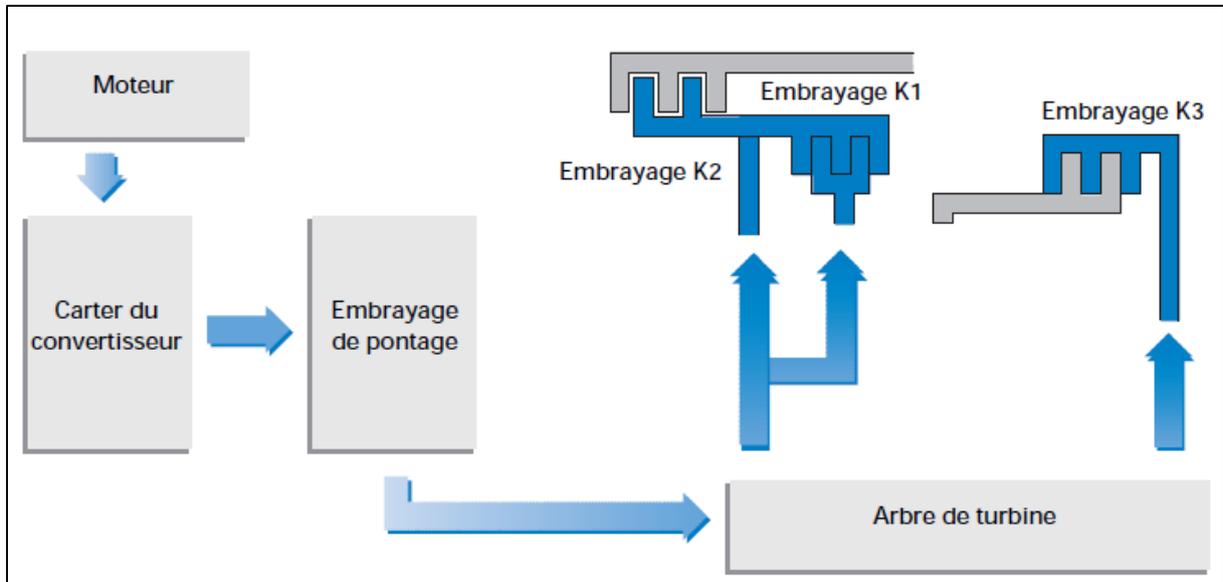


Figure II. 20 : Chaîne cinématique mécanique [5].

II.10. Chaîne cinématique hydraulique

- L'embrayage de pontage est "ouvert"

Le convertisseur de couple transmet hydrauliquement la force du moteur et la fait parvenir jusqu'à la boîte de vitesses [5].

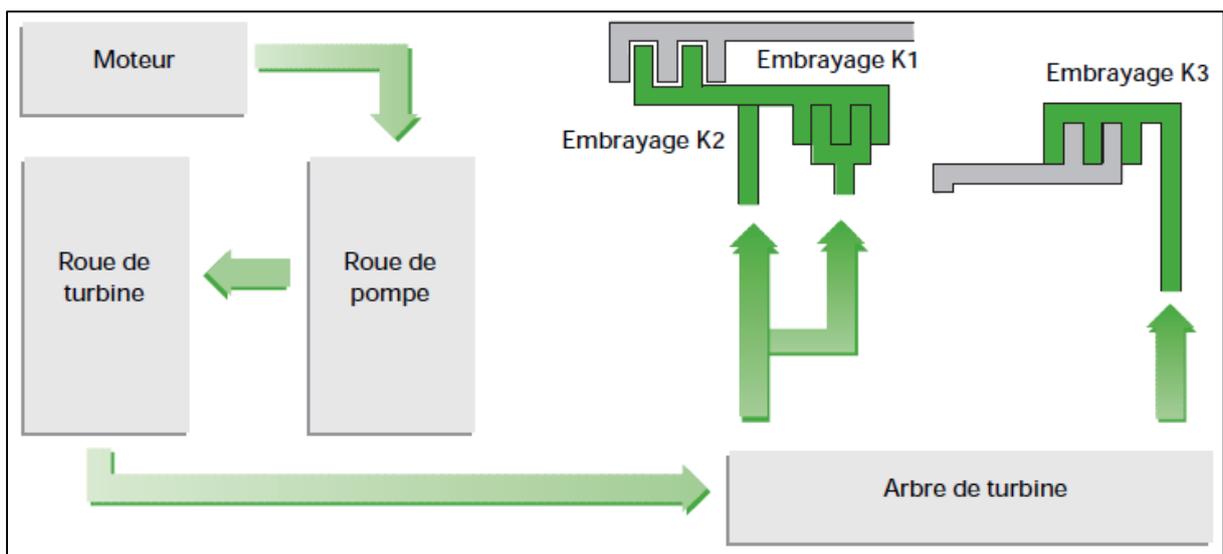


Figure II. 21 : Chaîne cinématique hydraulique [5].

II.11. Changement automatique de rapport

Dans le cas des boîtes de vitesses automatiques, les rapports ne changent pas sous l'effet d'une intervention décidée par le conducteur, mais automatiquement. Ceci grâce à un programme étudié à cet effet, le processus dépendant essentiellement de deux facteurs (vitesse du véhicule et position du papillon) [9].

- 1er rapport : Levier sélecteur en position D

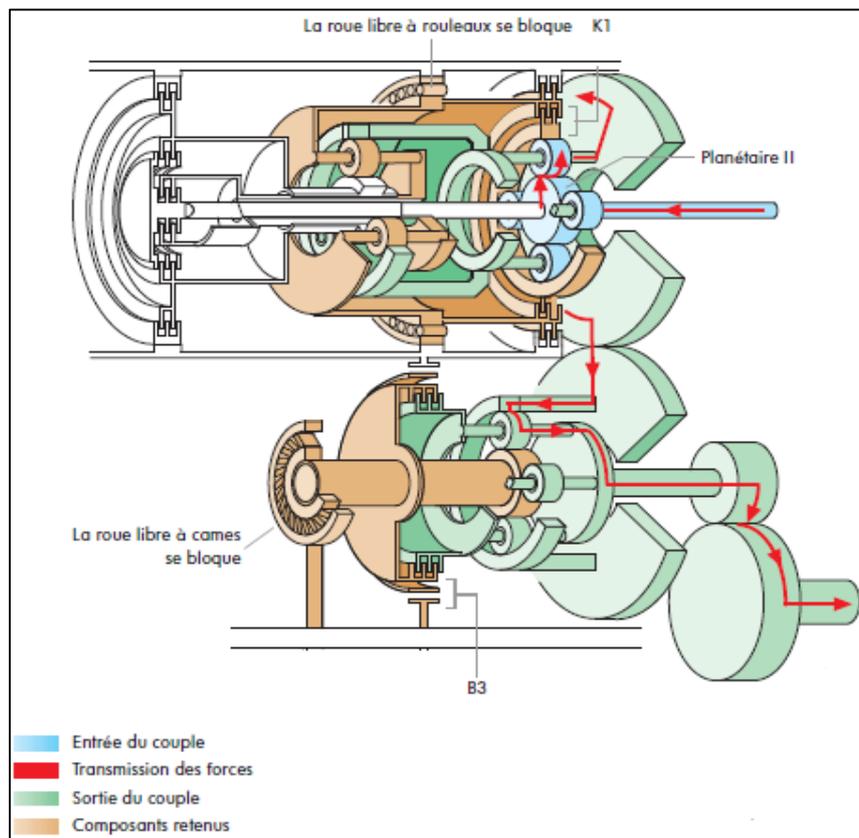


Figure II. 22: 1er rapport [9].

- Le 2ème rapport

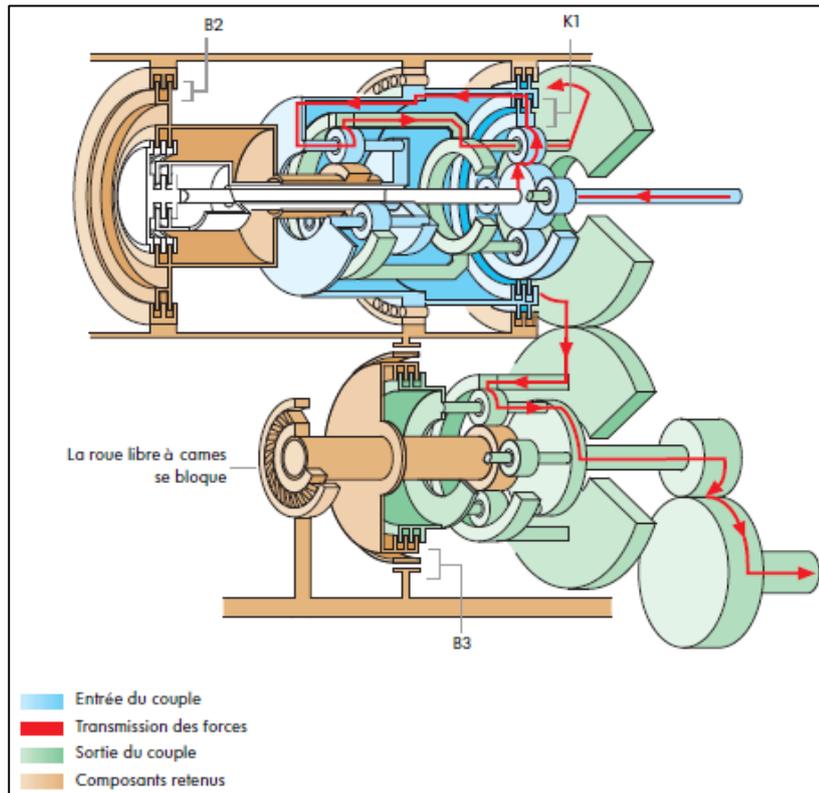


Figure II. 23: 2ème rapport [9].

- Le 3ème rapport

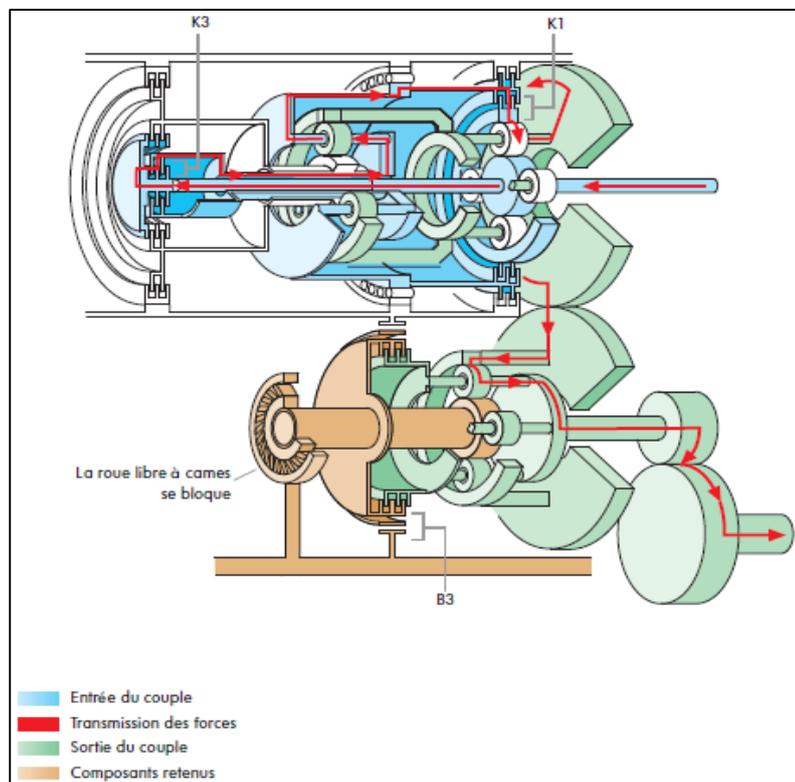


Figure II. 24: 3ème rapport [9].

- Le 4ème rapport

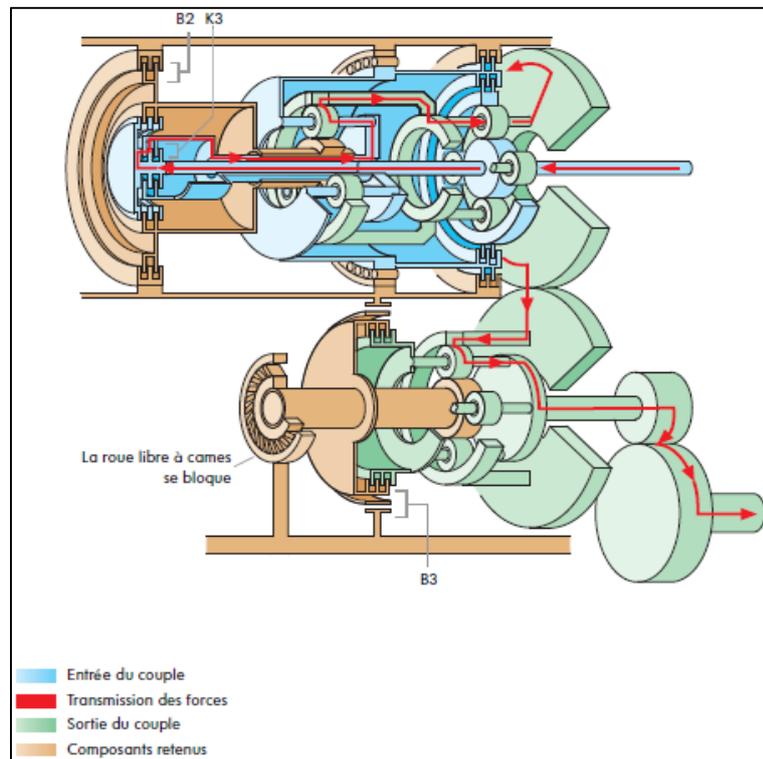


Figure II. 25: 4ème rapport [9].

- Le 5ème rapport

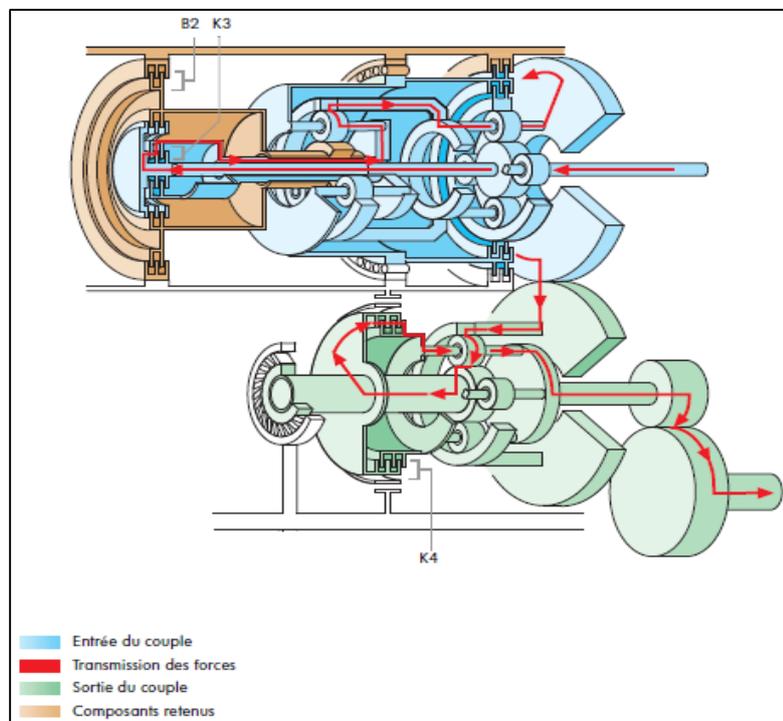


Figure II. 26: 5ème rapport [9].

- La marche arrière

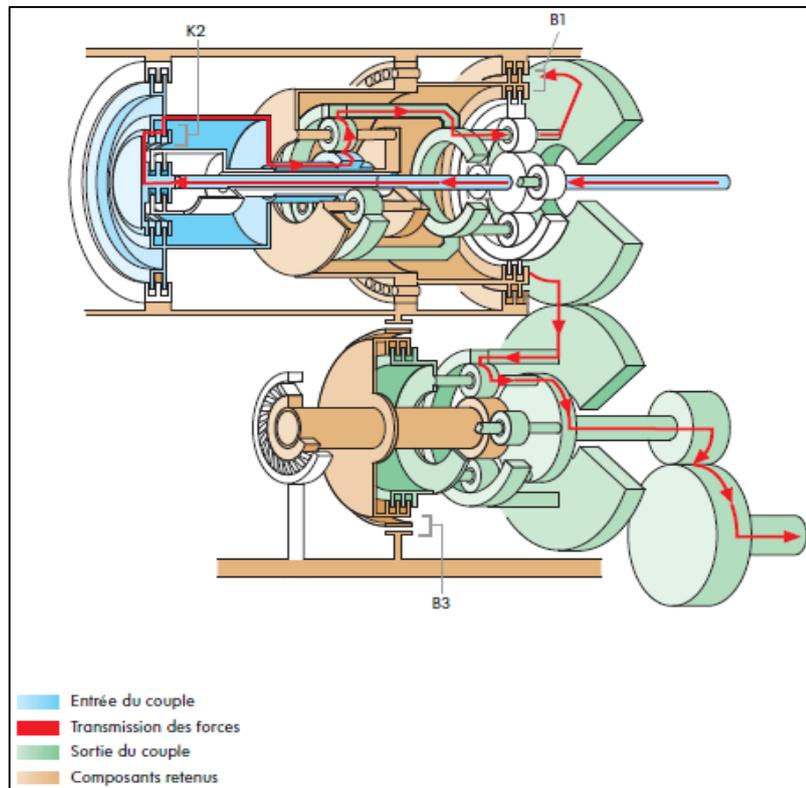


Figure II. 27: La marche arrière [9].

II.12. Le fluide d'actionnement (ATF)

Une huile spéciale pour boîtes de vitesses automatiques - l'ATF (Automate Transmission Fluide) se trouve dans le système hydraulique de la boîte.

Sous l'effet de cette huile, le couple du moteur arrive à la boîte de vitesses et par l'intermédiaire du convertisseur.

L'huile intervient entre -30 °C et $+150\text{ °C}$ env.

Elle est soumise à de très fortes contraintes. Il est donc impératif d'utiliser toujours celle prescrite.

Une huile ne convenant pas peut détruire la boîte de vitesses au bout de quelques kilomètres seulement [5].

II.12.1. Fonctions de l'huile (ATF)

- Transmission du couple au convertisseur.
- Actionnement des éléments d'enclenchement, embrayages et freins.
- Dérivation de la chaleur dans le refroidisseur d'huile ATF.
- Lubrification de toutes les pièces rotatives de la boîte de vitesses.
- Permettre la friction (dans les embrayages et les freins à disques, dans l'embrayage de pontage).
- Evacuer les particules métalliques [5].

II.12.2. Pompe d'huile (ATF)

L'entraînement est assuré par le convertisseur de couple directement relié au moteur.

La pompe aspire l'huile dans le carter et la refoule vers le circuit par l'intermédiaire du bloc électrohydraulique.

La pompe d'huile ATF fonctionne selon le principe de la pompe à engrenages [5].

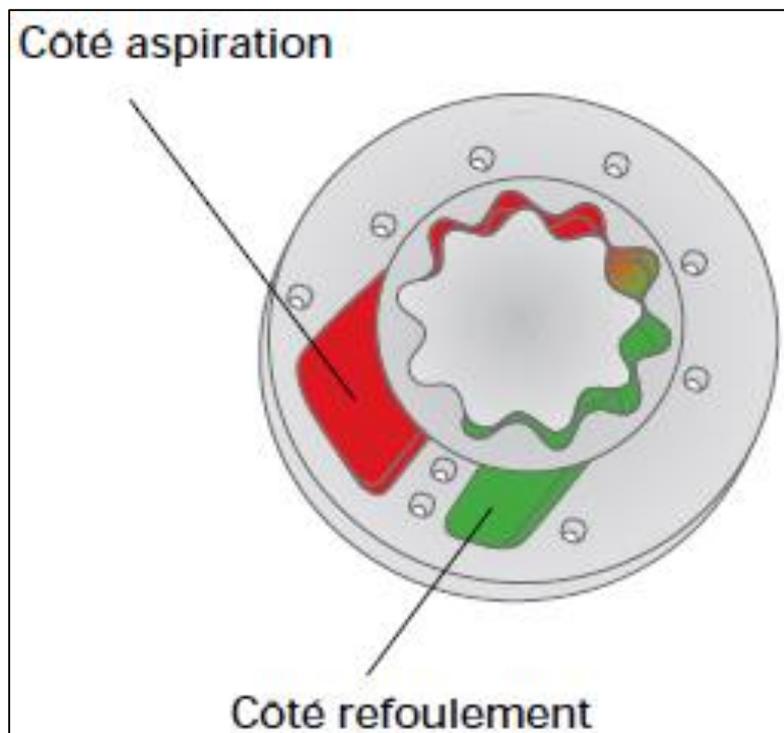


Figure II. 28: Pompe d'huile ATF [5].

II.12.3. Refroidisseur d'huile (ATF)

Un refroidisseur est intégré au circuit d'huile afin de refroidir l'ATF soumise à de très fortes températures. Ce refroidisseur est placé directement sous la boîte de vitesses et relié à la circulation de liquide de refroidissement du moteur.

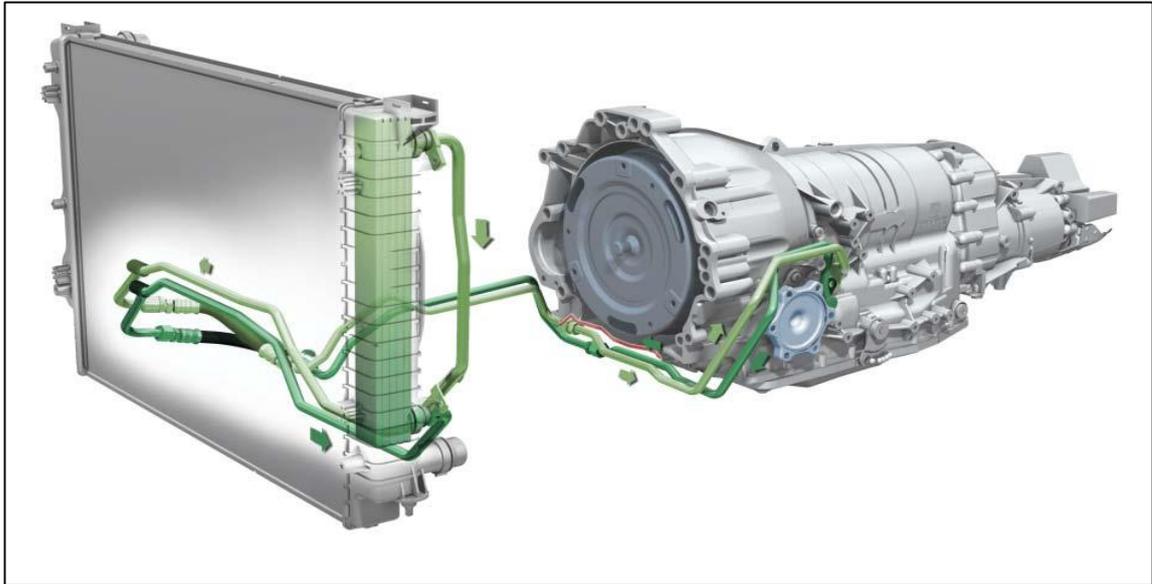


Figure II. 29: Refroidisseur d'huile ATF [5].

II.12.4. Schéma du circuit d'huile

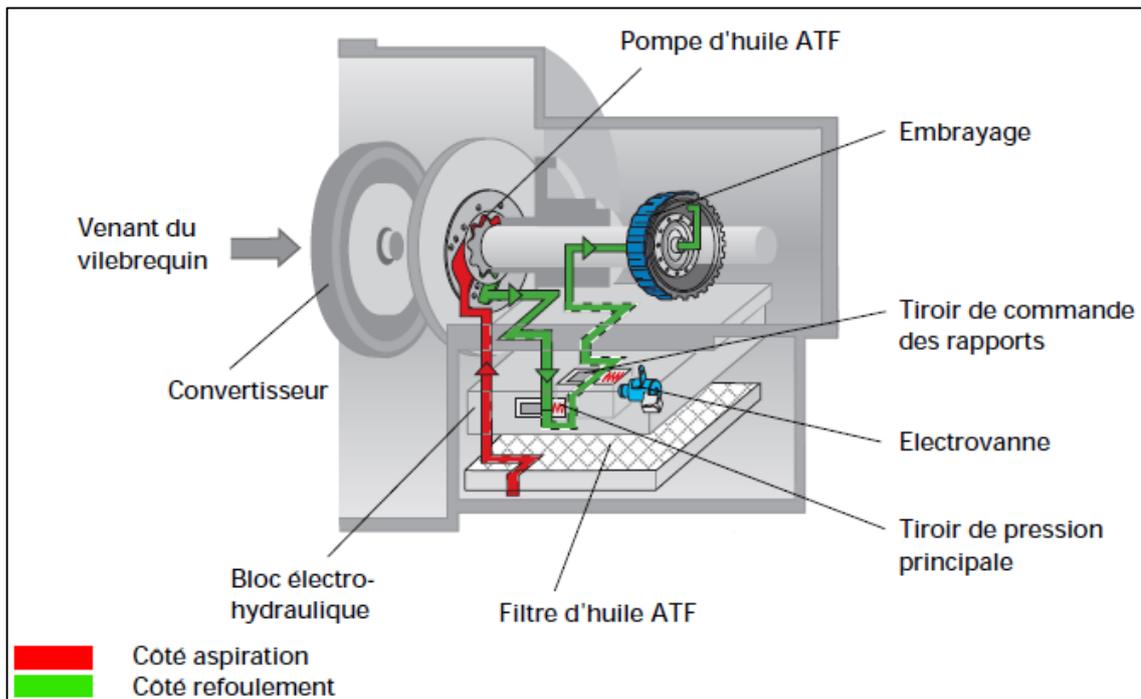
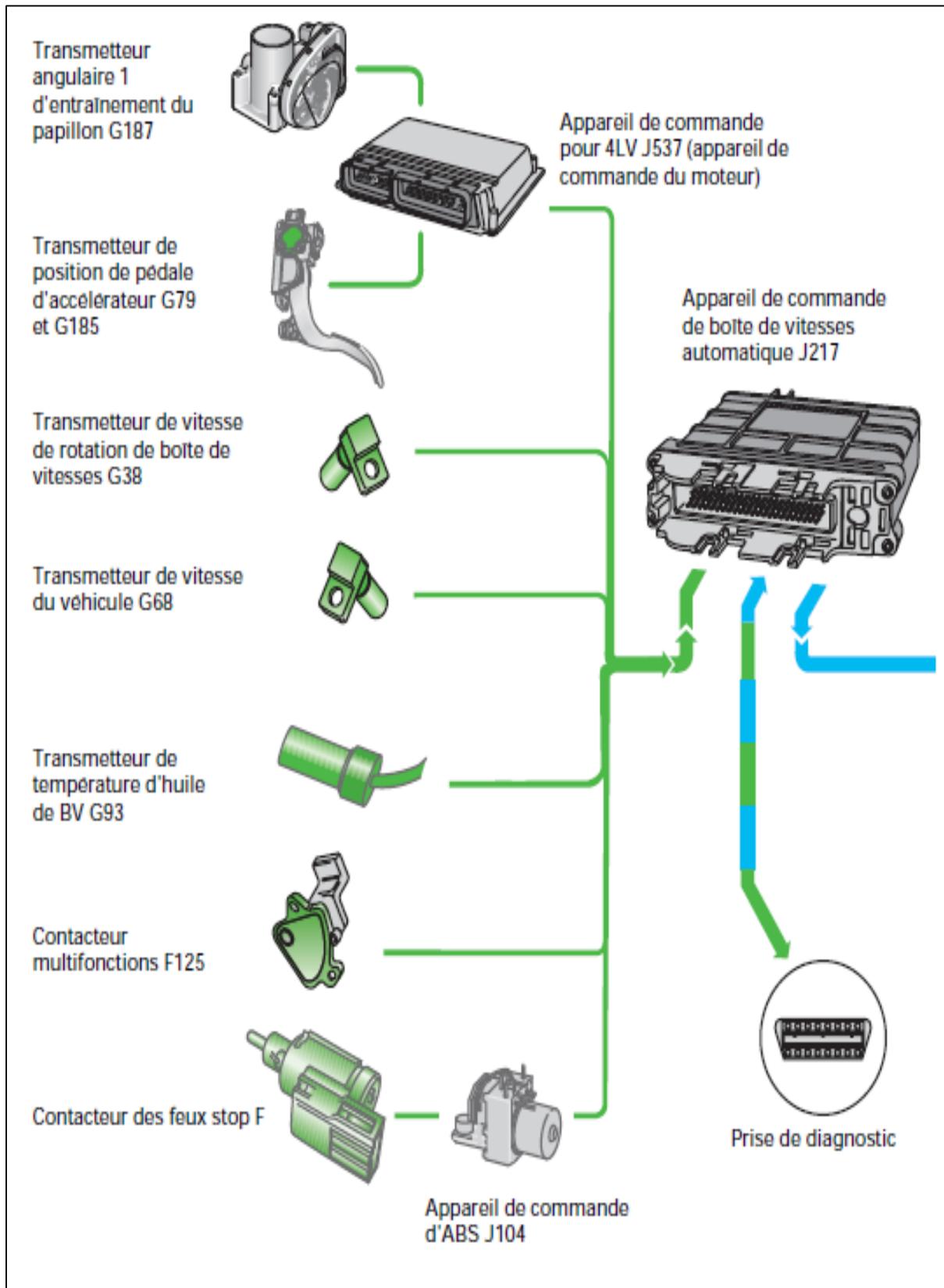


Figure II. 30: Schéma du circuit d'huile [5].

II.13. Capteurs



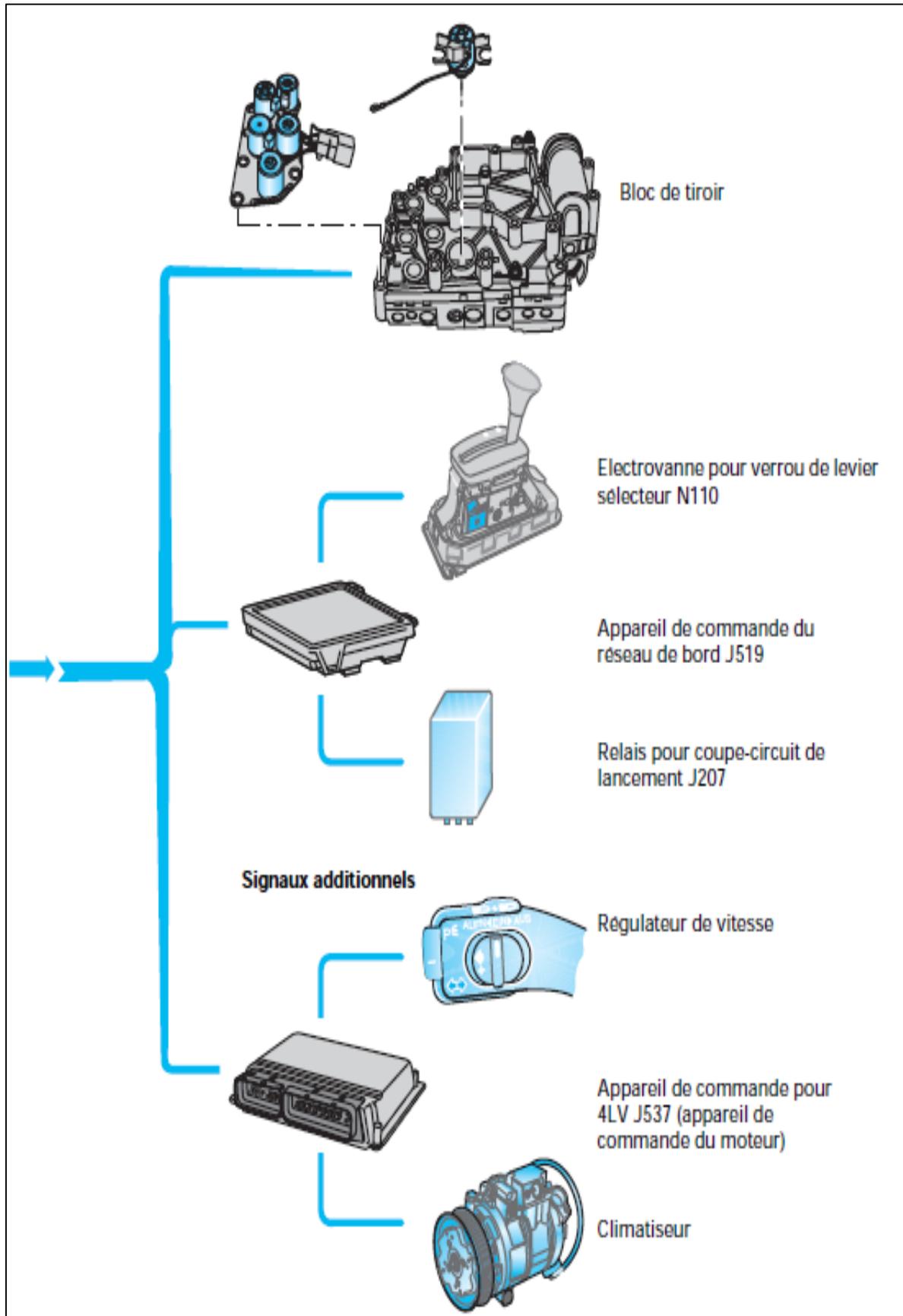


Figure II. 31 : Les capteurs de boite vitesse automatique [5].

II.14. Conclusion

Une boîte à vitesses automatique dispose d'un système capable de déterminer de façon autonome, le meilleur rapport de transmission. Ce type de boite détermine seul le bon rapport de transmission, grâce à des informations telles que le couple et la vitesse de rotation du moteur.

Chapitre III:

Calcul des vitesses et couples
de boite vitesse automatique

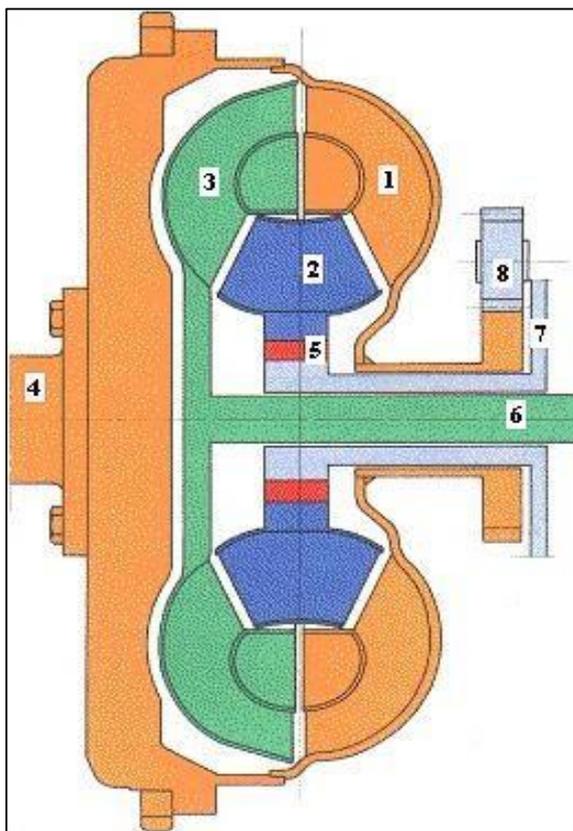
III.1. Introduction

Les travaux présentés dans ce chapitre concernent le calcul des vitesses et couples d'une boîte de vitesse automatique.

III.2. Notions de base sur les convertisseurs de couple

III.2.1. Description et fonctionnement du convertisseur de couple

Le convertisseur comprend 3 éléments principaux, la pompe (1), le stator ou le réacteur (2), la turbine (3) Figure III. 1. Ces organes sont installés dans un carter commun, dans lequel l'huile circulant en circuit fermé assure la transmission du couple. Il est relié au vilebrequin (4) à la roue libre (5), à l'arbre d'entrée de boîte (6), au support de stator (7) et à la pompe à engrenages (8) [10].



- (1) pompe
- (2) réacteur
- (3) turbine
- (4) vilebrequin
- (5) roue libre
- (6) arbre d'entrée de la boîte
- (7) support de stator
- (8) pompe à engrenages

Figure III. 1 : Convertisseur de couple [10].

- **Partie pompe**

La pompe est entraînée en permanence par le vilebrequin, elle forme en quelque sorte le couvercle de fermeture de l'ensemble hydraulique. L'aubage de la partie pompe transforme l'énergie du moteur en énergie hydro cinétique. Le fluide sort de l'aubage pompe, entre dans la turbine et retourne à l'aubage pompe, après avoir traversé le stator. La partie pompe assure également l'entraînement mécanique d'une pompe à huile à engrenages, située dans la boîte de vitesses.

- **Partie turbine**

La partie turbine est accouplée directement à l'arbre primaire, elle reçoit le mouvement moteur communiqué par la pompe et transmet celui-ci à la boîte de vitesses. Elle est reliée au carter par une roue libre qui permet une démultiplication variable entre la pompe et la turbine aux basses vitesses. La courbure des aubes est prévue pour modifier l'angle d'écoulement du fluide à la sortie de la turbine pour qu'il soit dirigé vers la pompe.

- **Partie stator ou réacteur**

Le changement de la direction du fluide dans le stator entraîne une réaction sur les aubages. La force produit un couple qui est absorbé par la fixation du stator sur le carter.

Tout comme un levier s'appuie sur son point fixe pour transformer les forces s'exerçant sur ses extrémités, le fluide utilise le stator comme point fixe pour multiplier le couple moteur. Dans ces conditions, on obtient une multiplication du couple moteur variant de 2,3 :1 quand la turbine est immobile (véhicule à l'arrêt) et à 1 :1 lorsque la turbine atteint environ 90 % de la vitesse de l'aubage d'entrée. Lorsque cette valeur est atteinte, l'angle du fluide à la sortie de la turbine est tel que le stator est entraîné dans le même sens que la turbine et la pompe. Le convertisseur devient alors un simple coupleur, il n'y a plus de multiplication du couple (rapport de transmission égal à 1), Figure III. 2. [11].

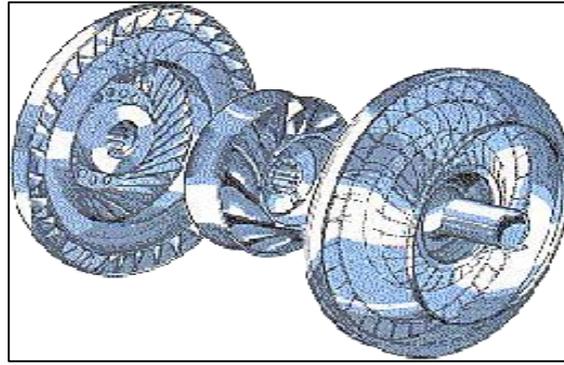


Figure III. 2: Coupleur simple [11].

En résumé, le convertisseur assure :

- Une multiplication complémentaire du couple du moteur sur les 1er et 2ème rapports de transmission de la boîte de vitesses,
- Une souplesse de fonctionnement à très basse vitesse quand la boîte est sur la 3ème,
- De bonnes accélérations, depuis les très basses vitesses, sans faire appel à un autre rapport de transmission de la boîte de vitesses,
- Au ralenti du moteur, une fonction "débrayage" avec un léger entraînement résiduel favorisant les manœuvres de garage [11].

III.2.2. Régimes de fonctionnement

Un convertisseur de couple peut fonctionner dans l'un des trois situations suivantes :

- **Démarrage depuis le point mort**

Le moteur essaye de mettre l'arbre en mouvement, mais la turbine est bloquée. Cela arrive par exemple lorsque le conducteur d'un véhicule passe une vitesse mais empêche le véhicule de démarrer en appuyant sur le frein. Au point mort, le convertisseur de couple peut développer un couple important, si on lui communique une puissance d'entrée suffisante (la démultiplication qu'on peut ainsi atteindre est appelée rapport de vitesses au démarrage). La phase de patinage dure quelques instants car au démarrage d'un véhicule, il y a encore une grande différence de vitesse de rotation entre l'arbre moteur et de la turbine.

- **Accélération**

La différence de vitesses de rotation entre l'arbre moteur et la turbine s'atténue, mais elle reste élevée. Dans ces conditions, le convertisseur produira une démultiplication inférieure à celle du « mode patinage ». Le rapport de démultiplication dépend de l'écart de vitesses, mais aussi de la conception du convertisseur.

- **Couplage**

La turbine a atteint environ 90 % de la vitesse de rotation de l'arbre moteur; le gain de couple plafonne et le convertisseur ne se comporte plus que comme un coupleur hydrodynamique. Dans les moteurs modernes, c'est souvent à ce stade que le cliquet anti-retour entre en action, ce qui améliore le rendement. C'est le corps de turbine qui permet au convertisseur de couple de démultiplier les vitesses. Avec un coupleur hydraulique classique le patinage se traduit par un retour du fluide depuis la turbine vers le moteur, qui tend à modérer la vitesse de rotation de l'arbre primaire, réduit l'efficacité du moteur et développe un échauffement considérable. Avec un convertisseur de couple, le retour de fluide est par contre réinjecté grâce au corps de turbine, de sorte qu'il favorise le mouvement de rotation du primaire au lieu de le freiner ; on récupère ainsi une grande partie de l'énergie du fluide chassé.

Le débit de la turbine s'en trouve accru, ce qui augmente le couple de sortie. Le fluide ayant tendance à tourner dans la direction inverse à celle de l'arbre moteur, le corps de turbine aura tendance lui-même à tourner en sens inverse par réaction au mouvement du fluide résistant. On bloque ce mouvement parasite par la roue libre.

Contrairement aux aubes radiales d'un coupleur hydraulique classique, qui sont plans, les aubes du rotor et du corps de turbine d'un convertisseur de couple ont une forme incurvée : les aubes du stator agissent en effet qui détournent le fluide et l'amènent à concourir à la rotation de l'arbre primaire. Le parallélisme des aubes du rotor permet de ramener le fluide contre le corps de turbine, qui change le sens de l'accélération du fluide et la fait agir dans le sens moteur.

La géométrie des aubes doit être suffisamment soignée, car même des irrégularités mineures peuvent altérer considérablement la performance du convertisseur.

Au cours des phases de patinage et d'accélération, où l'amplification de couple se produit le corps de turbine est immobile par rapport au châssis du moteur grâce à la roue libre mais à l'approche de la phase de couplage, le retour de fluide diminue peu à peu, donc la pression contre le corps de turbine diminue : le couplage entre le fluide et l'arbre est pratiquement atteint et l'essentiel du fluide est entraîné dans le même sens de rotation que l'arbre, avec une tendance à entraîner le corps de turbine dans le même sens de rotation que l'arbre. Le débrayage de la roue libre permet de libérer le corps de turbine, et tout le bloc convertisseur va tourner (à peu près) en bloc grâce aux galets à rouleaux.

Une partie de l'énergie cinétique du fluide est perdue par le frottement et la dissipation turbulente, ce qui se traduit par un échauffement du convertisseur (traité dans la plupart des applications industrielles par circulation d'un caloporteur). Cet effet est particulièrement important dans les conditions de patinage. Dans les convertisseurs modernes, la géométrie des aubes ralentit le fluide, lorsque l'arbre tourne au ralenti, ce qui permet de faire tourner le moteur au point mort sans risque de surchauffe [12].

III.2.3. Rendement du coupleur hydrodynamique

Le rendement du coupleur hydrodynamique est défini par le rapport:

$$\eta = \frac{P_T}{P_P} \quad (\text{III.1})$$

P_T : Puissance de la roue turbine

P_P : Puissance de la roue pompe

$$\eta_c = \frac{P_T}{P_P} = \frac{M_t \omega_T}{M_p \omega_p} \quad (\text{III.2})$$

ω_T : vitesse angulaire de la turbine.

ω_P : vitesse angulaire de la pompe.

$$\frac{\omega_T}{\omega_P} = i \quad (\text{III.3})$$

i : rapport des vitesses

$$M_T = M_P - \Delta M_{\text{Pct}} \quad (\text{III.4})$$

M_P : moment de la roue pompe.

M_T : moment de la roue turbine.

ΔM_{pct} : couple dû au frottement dans les paliers, dans les dispositifs d'étanchéité et aux pertes de charge par choc hydraulique. Ces pertes dépendent de la viscosité et de la turbulence du fluide.

$$\eta_c = \frac{M_T \omega_T}{M_P \omega_P} = \frac{M_P - \Delta M_{pert}}{M_P} \cdot \frac{\omega_T}{\omega_P} \quad (\text{III.5})$$

$$\eta_c = \frac{M_P - \Delta M_{pert}}{M_P} \cdot i \quad (\text{III.6})$$

En faisant abstraction des pertes d'énergie, le couple moteur devient égal à celui exercé sur la roue turbine (en régime normal): $M_T \approx M_P$ [13].

Le rendement sera égal au rapport de vitesses :

$$\eta_c = \frac{P_T}{P_P} = \frac{M_T}{M_P} \cdot \frac{\omega_T}{\omega_P} = \frac{\omega_T}{\omega_P} = i \quad (\text{III.7})$$

III.2.4. Notion de glissement

On appelle glissement (s) la différence relative des vitesses de rotation de la pompe et de la turbine [6-7]. Le glissement est différent de zéro ($s \neq 0$); tant qu'il existe une différence entre les vitesses de rotation de la pompe et de la turbine, Figure III. 3 [13].

$$s = \frac{n_p - n_T}{n_p} = 1 - \frac{n_T}{n_p} = 1 - i \quad (\text{III.8})$$

n_p : vitesse de rotation de la pompe

n_t : vitesse de rotation de la turbine

i : rapport de vitesses

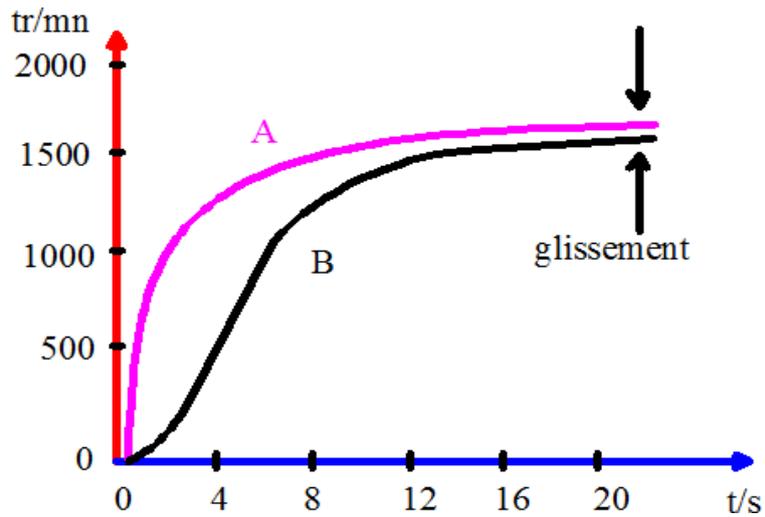


Figure III. 3: Glissement dans un coupleur hydrodynamique en fonction du temps [13].

(A : vitesse de la pompe, B : vitesse de la turbine)

Si $n_P = n_T \Rightarrow s = 0$ ($i=1$) \Rightarrow aucun transfert d'énergie \Rightarrow aucune circulation du fluide

III.2.5. Comparaison entre les rendements du coupleur et du convertisseur

La figure ci-dessous montre à titre comparatif les courbes de rendement d'un coupleur et d'un convertisseur hydrodynamique. Le point d'intersection M, appelé point de couplage représente le point de passage du convertisseur de couple pur au coupleur dans le cas d'un convertisseur hydrodynamique (Figure III.4).

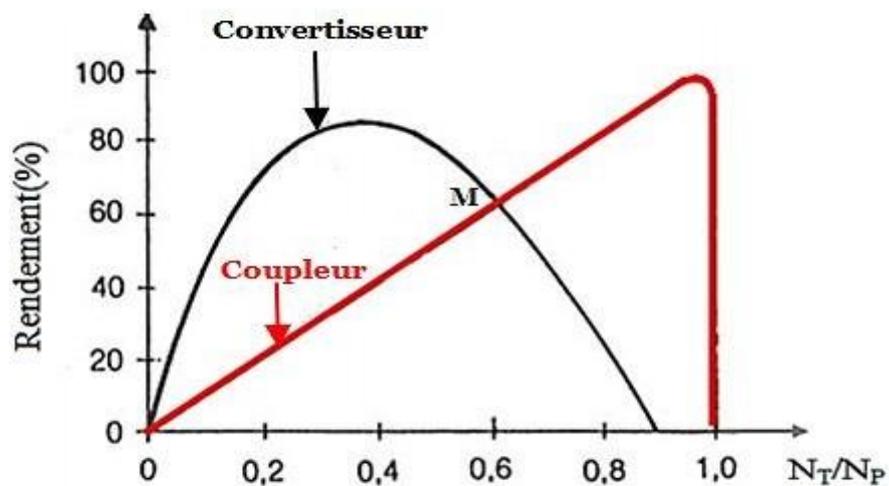


Figure III. 4: Rendements d'un coupleur et d'un convertisseur hydrodynamique [13].

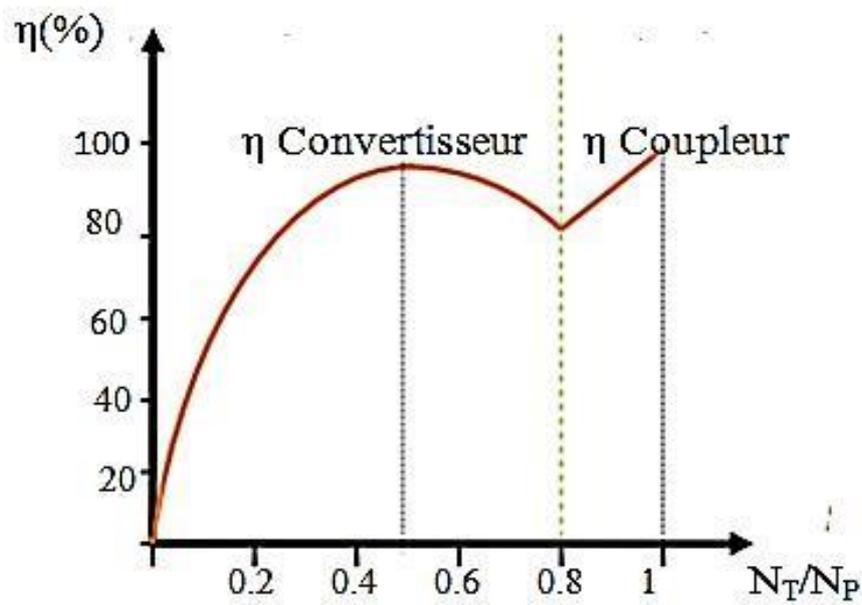


Figure III. 5: Rendement d'un convertisseur hydrodynamique en fonction du rapport de vitesses [13].

III.2.6. Influence de la vitesse de rotation

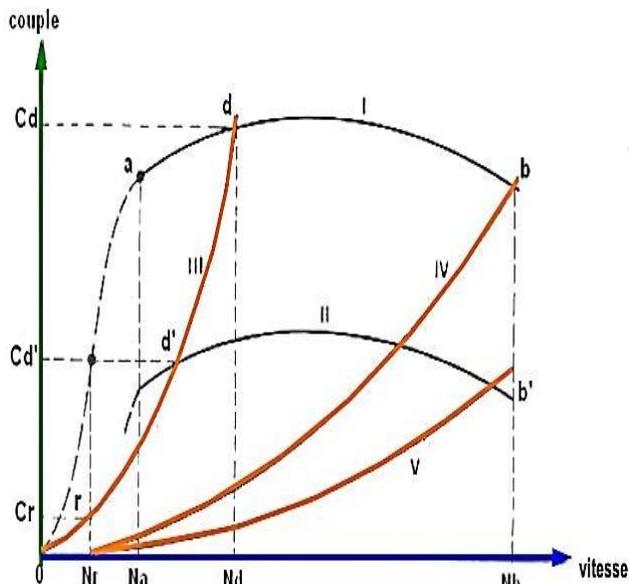
Pour un taux de remplissage et un glissement donnés, le couple transmis est proportionnel au carré de la vitesse de rotation, [Figure III.6. D'après les lois générales applicables aux turbomachines], on a :

$$M = K \cdot N^2 D_a^5 \quad (\text{III.9})$$

N : Vitesse de rotation (tr/mn)

D_a : Diamètre actif (mm)

K : Constante



Nr : régime moteur au ralenti

Mr : couple de trainé

d' : point d'accrochage

b : glissement de 5% à vitesse maximal.

b' : glissement de 1% à vitesse maximale

III: avec 100% de glissement

IV : avec 5% de glissement

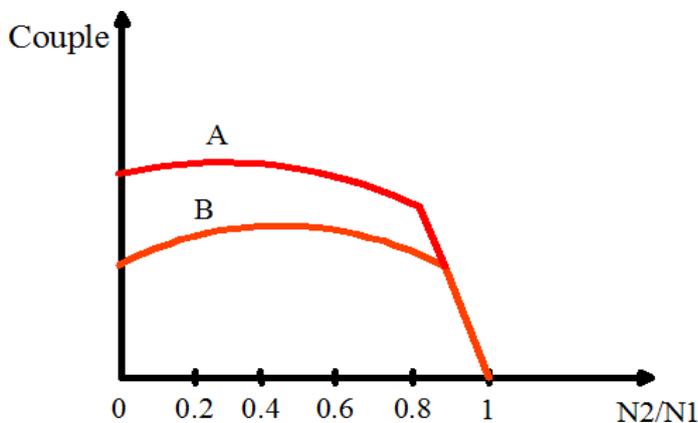
V : avec 1% de glissement

Figure III. 6: Couple moteur à pleine charge(I) et à charge partielle(II) et Couple transmis en fonction de la vitesse de rotation pour différents glissements [14].

L'existence d'un couple de trainée M_r au ralenti ne permet pas le passage de vitesse comme c'est le cas des boîtes de vitesses mécaniques. On utilise alors un organe de liaison, un embrayage mécanique.

Pour un glissement donné, le couple transmis augmente d'une manière parabolique avec l'augmentation de N_p .

Pour une vitesse de rotation N_p constante; le couple transmis diminue, quand le glissement diminue, Figure III. 7.



A- Fort remplissage du convertisseur

B- Faible remplissage du convertisseur

Figure III. 7: Influence du glissement sur le couple transmis à vitesse constante de la pompe[14].

III.2.7. Valeurs caractéristiques du coupleur hydrodynamique

D'après la relation III.10, on remarque que le couple transmis dépend fortement du diamètre actif (D_a), c.à.d. des dimensions géométriques du coupleur.

Le tableau ci-dessous donne les valeurs du rapport de vitesses, du rapport du couple transmis et du couple nominal et du rendement du coupleur indépendamment de la dimension du coupleur.

$i_n = \frac{N_T}{N_p}$	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
M/Mn	21	20.5	19.8	18.6	17.7	16.4	14.8	12.9	10.6	7.53	0
$\eta t\%$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	0

Tableau III. 1 : Valeurs du rapport de vitesses, du rapport du couple transmis et du couple nominal et du rendement du coupleur suivant les données du calculateur automatique [15].

III.3. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons calculé les vitesses et les couples de la boîte de vitesses automatique, suivis de quelques concepts sur le rendement du convertisseur de couple et son fonctionnement.

Conclusion générale

Conclusion générale

A l'issue de ce travail, nous avons abouti à la conclusion suivante : l'étude de la boîte à vitesse automatique nous a permis de mieux comprendre le fonctionnement de ces différents types leur utilités et leur avantages. L'approfondissement des méthodes de calcul nous a mené à connaître le monde très vaste des systèmes d'entraînement par la boîte à vitesse automatique.

Notre étude s'est faite sur la boîte à vitesse automatique ; par le biais de ce mémoire, nous avons découvert le monde vaste des boîtes à vitesses, et cela nous a permis d'approfondir nos connaissances dans le domaine des calculs des engrenages.

Références Bibliographiques

Bibliographie

- [1] <https://www.capcar.fr>
- [2] <http://www.fiches-auto.fr>
- [3] **Bernard Derreumaux**, "Les transmissions", Edition E.T.A.I., 1991
- [4] <https://www.avatacar.com>
- [5] <https://www.skoda.fr>
- [6] <https://fr.scribd.com>
- [7] <https://docplayer.fr>
- [8] **Hubert Me meteau**-Technologie fonctionnelle de automobile-Tome-2
- [9] <https://www.volkswagen.fr>
- [10] Convertisseur de couple, sur le site carcarecanada.ca, consulté le 5 décembre 2013.
- [11] **Michel, H.**1975.Eléments de mécanique des fluides : Hydraulique générale, Paris eyrolles, « Phénomènes de cavitation ».
- [12] **Narayan N.N. Rao**, The Basic Theory of Hydraulic Dynamometers and Retarders India SAE paper 680178.
- [13] **Khatir tawfiq** , thèse de doctorat , étude du comportement dynamique des coupleur hydrodynamique.
- [14] **Adeff, K; Höller, H;** Hercher, G. P; Tietz, M. 2001. Hydrodynamic coupling,European Patent No. EP 0801244. Munich, Germany: European Patent Office.
- [15] **Lindas, R.** 1988. Coupleurs. Techniques de l'ingénieur. B5860, B5860-1.

Résumés

Dans notre projet on a étudié la boîte à vitesse automatique, nous avons donné une description intérieur et extérieur de cette boîte, et nous avons mentionné les éléments importants pour le fonctionnement de la boîte automatique et les principes suivis dans ce mécanisme, au final nous avons utilisé des équations spéciales pour calculer les vitesses et les couples de la boîte à vitesse automatique.

ملخص المشروع

في هذا المشروع درسنا علبة التروس الأوتوماتيكية بشكل عام، وقدمنا وصفًا داخليًا وخارجيًا لعلبة التروس هذه، وذكرنا عناصر التشغيل المهمة في علبة التروس الأوتوماتيكية والمبادئ المتبعة في هذه الآلية، وفي النهاية استخدمنا معادلات خاصة لحساب سرعات علبة التروس الأوتوماتيكية وعزم الدوران.