



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 :
Djellabi Elbachek Said

Le:

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

Jury :

Mr	Nine Brahim	Université de Biskra	Encadreur
Mr	Djellab Mounir	Université de Biskra	Président
Mr	Djoudi Tarek	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 : **EL HACHMI***

*A ma très chère mère : **ZARFA***

*A mes très chers frères: **FADI et BADRO***

*A mes sœurs : **HOUDA et SARA***

*À ma petite sœur : **NIBRASE***

*A toute ma grande famille : **DJELLABI***

*Et ma belle princesse : **Dounia***

*Et Ma meilleure amie : **Houda***

*Et tous ceux qui m'ont aidé à arriver ici : **Fares, Ilyese, azeddine, chaouki, issam, nadjib, belkacem.***

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

Liste des tableaux.....	i
Liste des figures.....	ii
Introduction générale.....	1
Chapitre I : Description de boite vitesse manuelle.....	3
I.1 Introduction	4
I.2 Généralités	4
I.3 Description de boite vitesse manuelle	5
I.4 Fonctionnement.....	6
I.5 Position de la boite de vitesse dans automobile.....	7
I.6 Rôle de la boite de vitesse.....	8
I.7 Composition d'une boite de vitesse.....	9
I.8 Constitutions d'une boite de vitesses.....	10
I.9 Les trois arbres.....	11
I.9.1 L'arbre d'entrée (ou primaire).....	11
I.9.2 L'arbre de sortie (ou secondaire).....	12
I.9.3 Le troisième arbre.....	13
I.10 L'arbre intermédiaire.....	13
I.11 Vue des ensembles des pignons.....	14
I.12 Synchroniseur.....	14
I.12.1 Système de synchronisation.....	15
I.12.2 Rôle du synchroniseur.....	16
I.13 Conclusion.....	18

Chapitre II : Technologie Fonctionnelle de boîte vitesse manuelle.....19

II.1	Introduction.....	20
II.2	Fonctionnement.....	20
II.3	Engrenages.....	21
	II.3.1 Définition.....	21
II.4	Caractérisation des engrenages.....	22
	II.4. 1 Les engrenages cylindriques à denture droite.....	22
	II.4. 2 Les engrenages cylindriques à denture hélicoïdale.....	22
	II.4. 3 Engrenages coniques.....	23
	II.4. 4 Les engrenages gauches : le système roue - vis sans fin.....	23
II.5	Roulement.....	25
II.6	La commande des vitesses.....	25
	II.6.1 Fonctions.....	25
	II.6.2 Composition.....	26
II.7	Commande interne.....	27
	II.7.1 Principe de fonctionnement.....	27
II.8	Commande d'externe.....	28
	II.8.1 Fonctions d'une commande.....	28
	II.8.2 Principe.....	29
II.9	Commande par tringlerie.....	30
II.10	Synchroniseur.....	30
	II.10.1 Généralités.....	30
	II.10.2 Avantages du synchro.....	31
	II.10.3 Fonctionnement du synchro.....	31
	II.10.4 Position synchronisation (1 Temps).....	32
	II.10.5 Position crabotage:(2me Temps).....	32
II.11	Différents types de synchro.....	33
	II.11.1 Borg – Warner.....	33
	II.11.2 Renault.....	34

II.11.3	Citroën.....	35
II.12	Exécution d'un changement de vitesses.....	35
II.13	Entré du mouvement sur la boîte de vitesses.....	38
II.14	Boîte de vitesses à trains parallèles (denture hélicoïdale).....	40
II.15	Conclusion.....	41
Chapitre III : Calcule des vitesses et couples de boîte vitesse.....		42
III.1	Introduction.....	43
III.2	Le couple résistant.....	43
III.2.1	Rappels sur le couple moteur.....	43
III.3	Rapport de démultiplication (vitesse et couple).....	44
III.3.1	Rapport de vitesse.....	44
III.3.2	Rapport de couple.....	44
III.4	Calcule les vitesses et couples.....	45
III.4.1	Calcule les rapports de vitesse.....	45
III.4.2	Calcule les rapports de couples.....	46
III.5	Forme des dentures.....	47
III.5.1	Denture droite.....	47
III.5.2	Denture hélicoïdale.....	47
III.5.3	Denture à chevron.....	47
III.6	Conclusion.....	48
Conclusion générale.....		50
Bibliographie.....		53

Liste des Tableaux

Chapitre I :

Tableau I. 1 : Composant de l'extérieur de la boîte de vitesse [7].	9
Tableau I. 2 : Composant de l'intérieur de la boîte de vite [8].	10
Tableau I. 3 : Les composants de l'arbre primaire [7].	11
Tableau I. 4 : Les composants de l'arbre secondaire [7].	12
Tableau I. 5 : Les composants d'ensemble pignon [10].	14
Tableau I. 6 : Les composants du synchroniseur [8].	15

Chapitre II :

Tableau II. 1 : Représentation normalisée [14].	24
--	----

Chapitre III :

Tableau III. 1 : Calcul des rapports de vitesse.	46
Tableau III. 2 : Calcul les couples.	46

Liste des Figures

Chapitre I :

Figure I. 1 : Boite de vitesse manuelle [2].	4
Figure I. 2 : Une description simple de boite vitesse manuelle [4].	5
Figure I. 3 : Une description simple de boite vitesse manuelle [5].	6
Figure I. 4 : Position de boite vitesse manuelle [4].	7
Figure I. 5 : Représentation schématique de boite vitesse [5].	8
Figure I. 6 : Extérieur de la boite de vitesse [7].	9
Figure I. 7 : Intérieur de la boite de vitesse [8].	10
Figure I. 8 : L'arbre primaire [7].	11
Figure I. 9 : L'arbre secondaire [7].	12
Figure I. 10 : L'arbre intermédiaire [9].	13
Figure I. 11 : Ensemble de pignon [10].	14
Figure I. 12 : Vue interne d'un synchroniseur [8].	15
Figure I. 13 : Synchroniseur [10].	16
Figure I. 14 : Vue d'ensemble de la boite vitesse [12].	17

Chapitre II :

Figure II. 1 : Principe de fonctionnement d'une boite de vitesse manuelle [13].	20
Figure II. 2 : Engrenages [14].	21
Figure II. 3 : Engrenage cylindrique à denture droite [14].	22
Figure II. 4 : Engrenage cylindrique à denture hélicoïdale [14].	22
Figure II. 5 : Engrenages coniques [14].	23
Figure II. 6 : Engrenages gauches [14].	23
Figure II. 7 : Roulement [15].	25
Figure II. 8 : Commande des vitesses – boîte manuelle [16].	26
Figure II. 9 : Constitution d'un synchroniseur simple [16].	27
Figure II. 10 : présentation d'entraîneur [16].	28
Figure II. 11 : boite 4 vitesse [16].	29
Figure II. 12 : boite 5 vitesse [16].	29
Figure II. 13 : déplacement de levier de vitesse [16].	29
Figure II. 14 : tringlerie [16].	30
Figure II. 15 : le pignon à craboter le baladeur et le moyeu [17].	31
Figure II. 16 : synchroniseur avec les arbres [17].	31
Figure II. 17 : description de synchro " Borg Warner" [18].	33
Figure II. 18 : description de synchro " Renault " [18].	34

Figure II. 19 : description de synchro “ Citroën ” [18].....	35
Figure II. 20 : position point mort.	35
Figure II. 21 : position première vitesse.	36
Figure II. 22 : position deuxième vitesse.....	36
Figure II. 23 : position troisième vitesse.	37
Figure II. 24 : position quatrième vitesse.	37
Figure II. 25 : position de marche arriérée.	38
Figure II. 26 : principe d’une boite vitesse à 4 rapports et March arrière [21].....	40
Figure II. 27 : schémas de pignon [22].	40

Chapitre III :

Figure III. 1 : les forces appliquées sur le véhicule [23].	43
Figure III. 2 : les pignons de boite vitesse [19]	45

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 boîtes à vitesses, ce qui a mené notre curiosité à faire une étude d'une boîte à vitesse. Les boîtes à vitesse sont de différents types tel que boîte de vitesse manuelle, boîte de vitesse automatique, boîte de vitesse semi-automatique, boîte de vitesse à variation continue.

L'objectif de ce travail porte sur la technologie fonctionnelle de la boîte vitesse manuelle.

La première partie est consacrée à donner une vision plus large sur la boîte manuelle et de sa description générale, et sa position par rapport au véhicule et au moteur.

Pour la seconde partie on a présenté les pièces cachées à l'intérieur de la boîte vitesse manuelle et comment y faire entrer le mouvement.

Concernant le troisième chapitre on a abordé le calcul des vitesses et des couples de boîte vitesse manuelle par des formules. Et nous avons donné aussi quelques notions. Et enfin nous avons terminé par une conclusion générale.

Chapitre I:

Description de boite vitesse manuelle

I.1 Introduction

Les boîtes de vitesse manuelle sont les plus couramment utilisées dans notre pays, ce type de boîte présente quelques points forts par rapport aux boîtes automatiques, elles sont d'une conception simple et robuste, elles peuvent être réparées par n'importe quel garagiste, sans matériel spécifique.

I.2 Généralités

La boîte de vitesses manuelle est un système mécanique ou hydraulique qui permet de faire avancer ou reculer un véhicule en transmettant la puissance et le couple moteur aux roues par le biais d'un arbre et/ou de demi arbre de transmission, les rapports de la boîte ont tous une démultiplication différente afin que la transmission puisse tourner plus vite, moins vite, ou à vitesse égale que celle du moteur.

Les boîtes de vitesses manuelles sont des mécanismes à engrenages qui permettent de faire varier la vitesse dès les arbres récepteurs alors que celle de moteur constante.

La plupart des boîtes de vitesse, étant à rapports discrets, les utilisations d'engrenage pour assurer les différentes démultiplications, s'est imposée comme la solution la plus efficace [1].



Figure I. 1 : Boîte de vitesse manuelle [2].

I.3 Description de boîte vitesse manuelle

Ce type de boîte est constitué généralement de deux arbres portant des pignons :

- L'arbre d'entrée (ou primaire) lié à l'arbre moteur via l'embrayage, porte les pignons primaires fixes. Il y a autant de pignons que de rapports de boîte.
- L'arbre de sortie (ou secondaire) portant des pignons fous (engrènent respectivement avec un pignon de l'arbre d'entrée), les systèmes de crabotage et les synchroniseurs.
- Le troisième arbre intervient pour la marche arrière uniquement. Il contient un pignon pouvant coulisser et s'intercaler entre un pignon de l'arbre d'entrée et un autre de l'arbre de sortie; ainsi on dispose d'un engrenage de plus entre les deux arbres (soit deux inversions de sens de rotation au lieu d'une), d'où la marche inversée. C'est le seul cas où l'engrenage n'est pas toujours en prise.
- L'arbre de sortie est lié au couple conique du différentiel, intégré au carter de la boîte (pour les véhicules à traction avant) ou reporté sur le pont arrière (pour les véhicules à propulsion).
- Le changement de rapport se fait par manipulation de coulisseaux actionnant crabots et synchroniseurs grâce aux fourchettes de commandes liées temporairement au levier de vitesses [3].

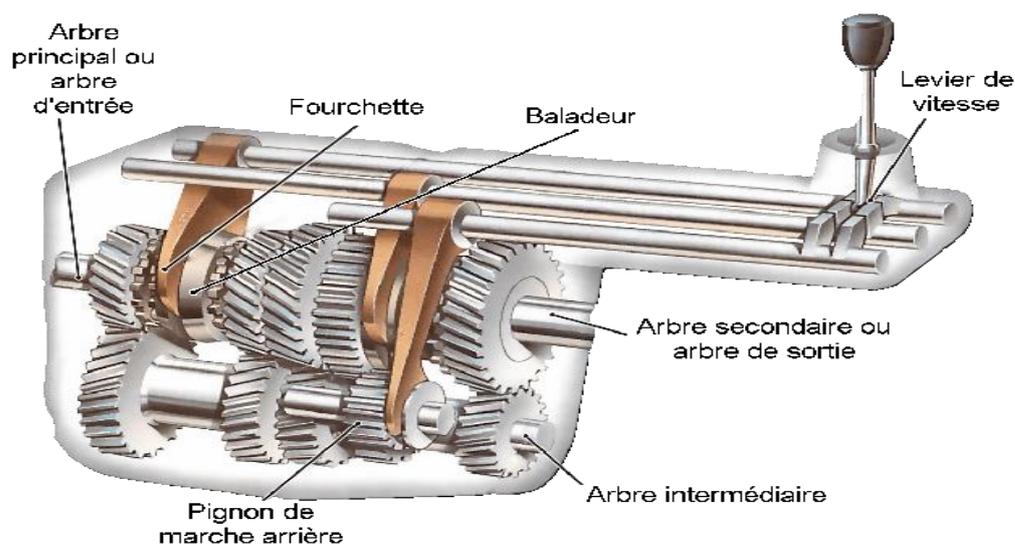


Figure I. 2 : Une description simple de boîte vitesse manuelle [4].

I.4 Fonctionnement

Une boîte à vitesses moderne d'automobile comporte 5 ou 6 rapports, alors que les poids-lourds en ont jusqu'à 16, ces rapports, engendrés par des engrenages qui constituent des systèmes de leviers rotatifs, sont dits de démultiplication (réduction), ou de surmultiplication. Un pignon de 10 dents entraînant une roue de 40 dents, réalise un rapport de démultiplication de 4, c'est à dire que la roue dentée tournera 4 fois moins vite que le pignon. Comme la puissance est le produit du couple multiplié par la vitesse de rotation, il en résulte que le couple de la roue de 40 dents sera, si l'on néglige les pertes par friction, 4 fois plus importantes que le couple appliqué sur le pignon de 10 dents. Pour clarifier laissons les roues motrices convertir ce couple en force de traction. Cette force est proportionnelle au couple exercé sur les dites roues. Donc toutes conditions étant égales par ailleurs, la force de traction est proportionnelle au rapport de boîte. On en déduit qu'à régime moteur égal la vitesse du véhicule, est inversement proportionnelle au rapport de démultiplication ou réciproquement. Pour démarrer un lourd véhicule, en montée une grande force de traction, est nécessaire, donc un rapport de démultiplication important (dit "court"). Afin que le moteur ne mouline pas lorsque le véhicule est lancé en vitesse de croisière, et que la force de traction nécessaire est réduite, il faut au contraire un rapport dit "long". Ce besoin est d'autant plus grand que le véhicule est aérodynamique. Et entre ces deux extrêmes, toutes sortes de conditions surviennent et chacune nécessiterait un rapport différent. En pratique on se contente de compromis car on ne peut multiplier à l'infini, le nombre de rapports d'une transmission à engrenages, ne serait-ce que du fait que les nombres de dents doivent nécessairement être entiers [5].

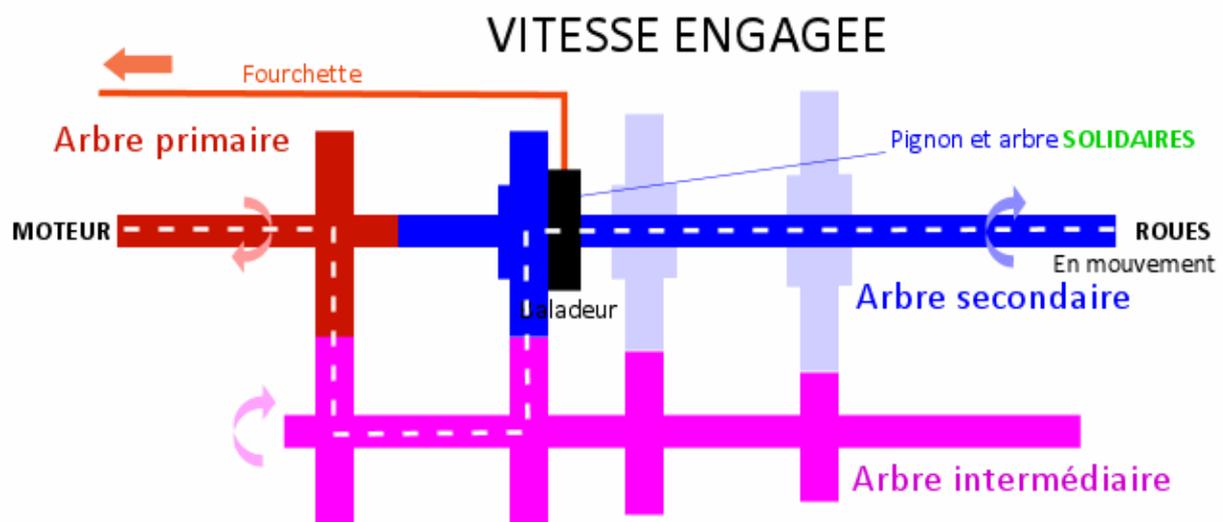


Figure I. 3 : Une description simple de boîte vitesse manuelle [5].

I.5 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 [6].

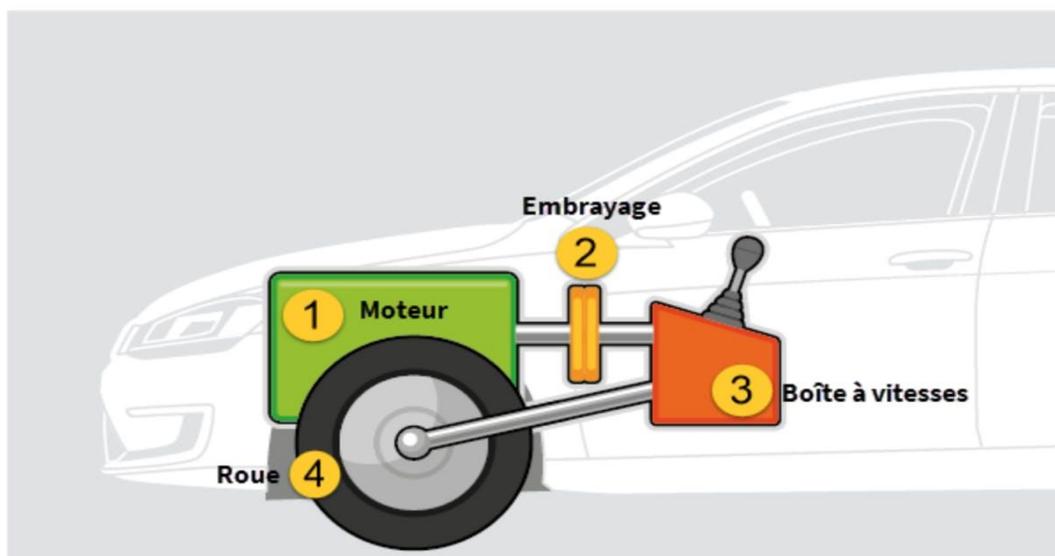
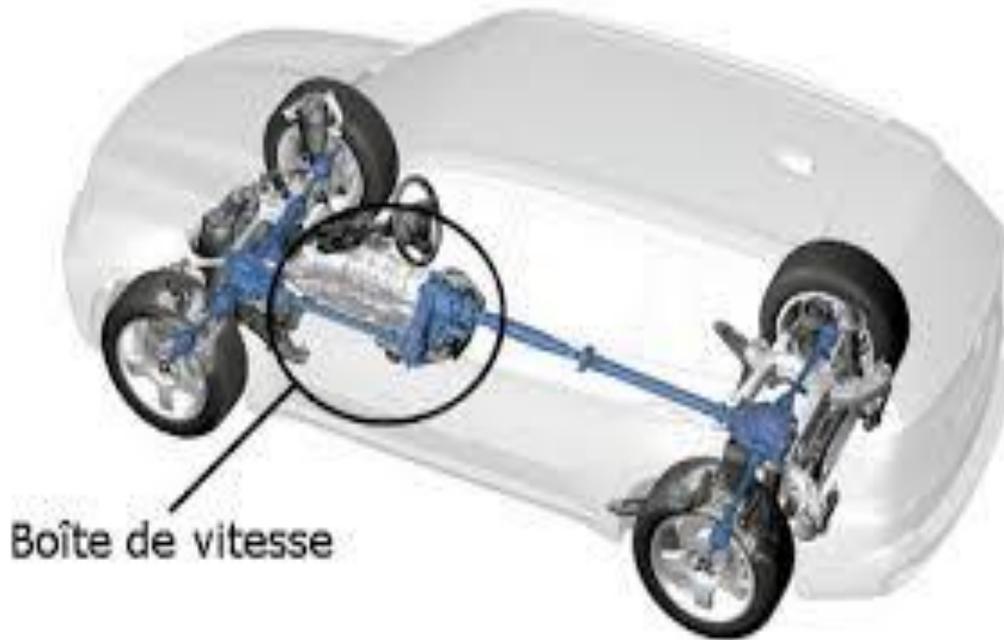


Schéma des éléments / © Antoine Levesque

Figure I. 4 : Position de boîte vitesse manuelle [4].

I.6 Rôle de la boîte de vitesse

C'est le mécanisme qui permet le déplacement du véhicule à différentes vitesses, pour cela il transforme le couple moteur et le transmet aux roues. Il permet aussi le déplacement du véhicule en marche arrière, c'est un boîtier comprenant:

- Un arbre d'entrée.
- Un ou plusieurs liaisons de sortie.
- Des engrenages qui donnent les rapports de vitesses voulues.

Sur une boîte de vitesse, il faut s'assurer du bon fonctionnement du système en contrôlant la tringlerie et en réglant les systèmes de commande [6].

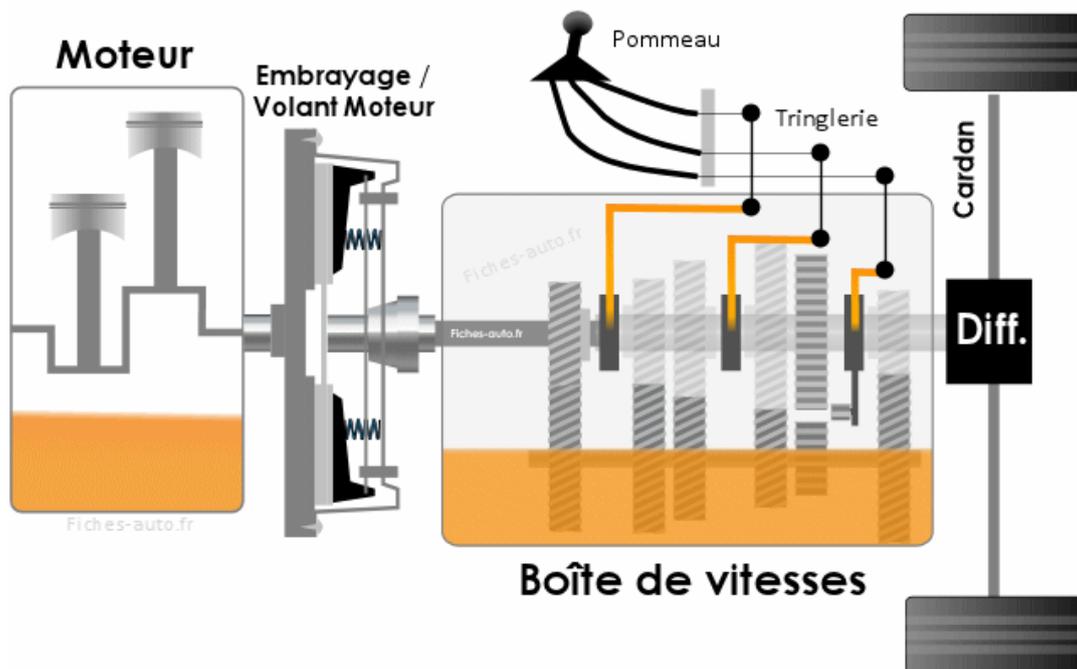


Figure I. 5 : Représentation schématique de boîte vitesse [5].

I.7 Composition d'une boîte de vitesse

La boîte manuelle dite «à pignons toujours en prise» «à prise constante» est la plus utilisée de nos jours; elle se distingue sur ce point des boîtes de machines-outils qui disposent d'engrenages désaccouplés. Ce type de boîte est constitué généralement de deux arbres portant de pignons [7].

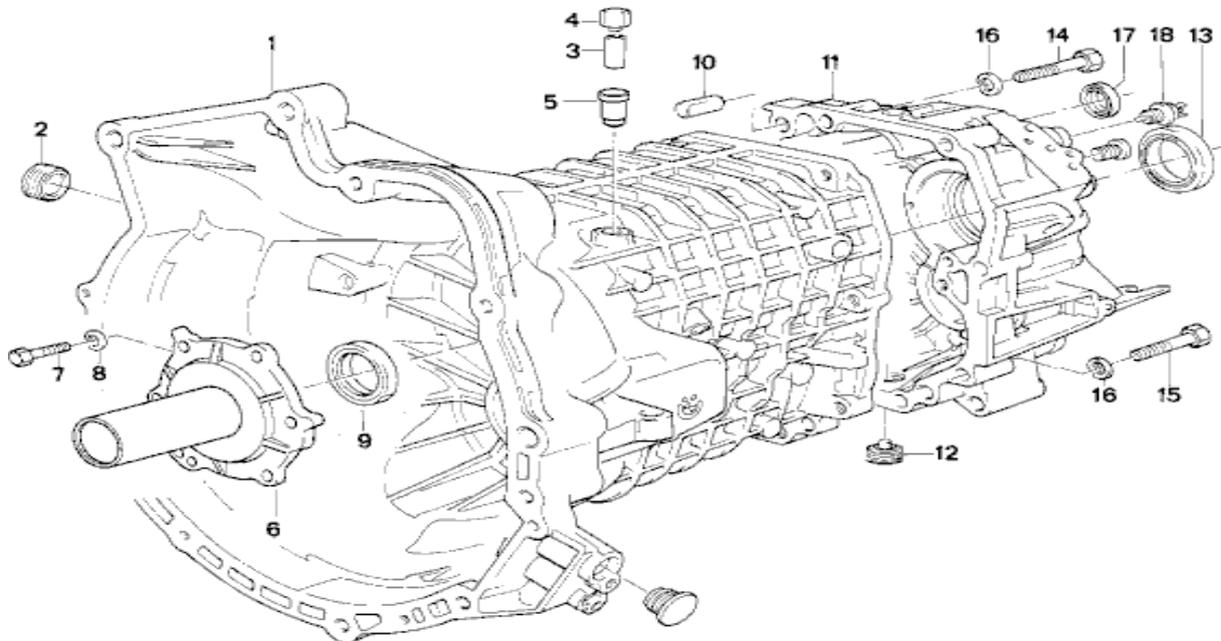


Figure I. 6 : Extérieur de la boîte de vitesse [7].

N°	Nom des pièces	10	Goupille cylindrique
1	Carter de boîte de vitesse	11	Couvercle de boîte de vitesse
2	Vis bouchon	12	Vis bouchons
3	Douille	13	Joint d'arbre
4	Soupape de dépression d'air	14	Vis six pans
5	Event d'acier	15	Vis six pans
6	Couvercle de carter	16	Rondelle élastique
7	Vis six pans	17	Joint d'arbre
8	Rondelle élastique	18	Interrupteur de phare de recule
9	Joint d'arbre		

Tableau I. 1 : Composant de l'extérieur de la boîte de vitesse [7].

I.8 Constitutions d'une boîte de vitesses

La boîte de vitesses se compose d'un carter en fonte ou en aluminium, de quatre arbres, d'une série de pignons, de dispositifs de synchronisation, de roulements et d'une commande de changement de vitesses [8].

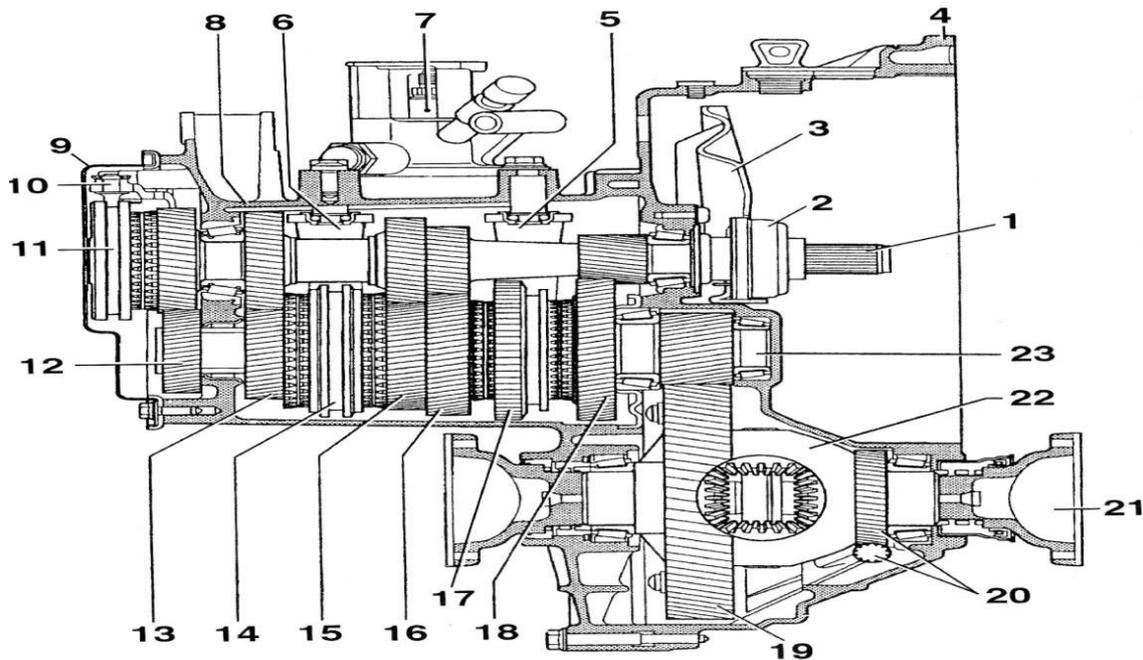


Figure I. 7 : Intérieur de la boîte de vitesse [8].

N°	Nom des pièces	12	Pignon mené de 5ème
1	Arbre primaire	13	Pignon mené de 4ème
2	Butée d'embrayage	14	Baladeur/synchroniseur de 3ème/4ème
3	Fourchette d'embrayage	15	Pignon mené de 3ème
4	Carter d'embrayage	16	Pignon mené de 2ème
5	Fourchette 1ère /2ème	17	Baladeur/synchroniseur de 2ème /1ère avec la MA
6	Fourchette de 3ème /4ème	18	Pignon mené de 1ère
7	Arbre de commande	19	Couronne de différentiel
8	Carter de boîte de vitesses	20	Couple tachymétrique
9	Couvercle arrière	21	Bride d'arbre de transmission
10	Fourchette de 5ème	22	Boîtier de différentiel
11	Baladeur de 5ème	23	Arbre secondaire

Tableau I. 2 : Composant de l'intérieur de la boîte de vite [8].

I.9 Les trois arbres

I.9.1 L'arbre d'entrée (ou primaire)

Lié à l'arbre moteur via l'embrayage, porte les pignons fixes. Il y a autant de pignons que de rapport de boîte [7].

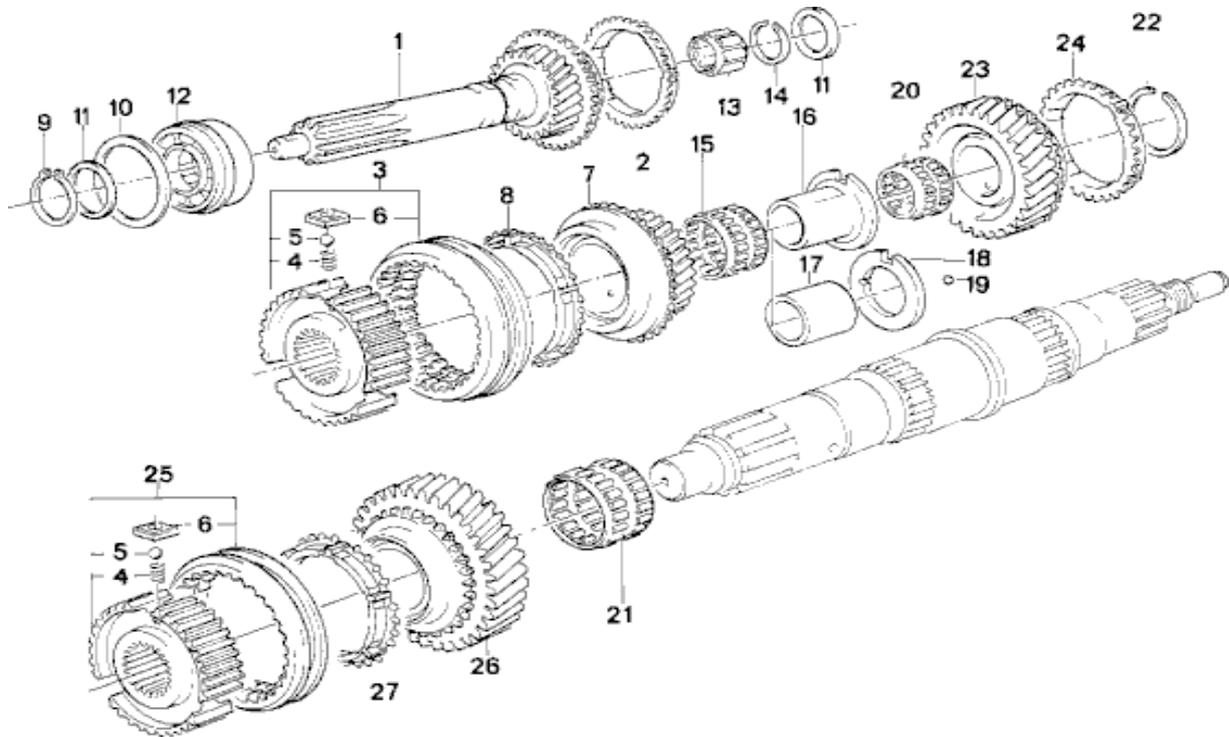


Figure I. 8 : L'arbre primaire [7].

N°	Nom des pièces	14	Circlip
1	Arbre primaire	15	Cage a aiguille
2	Bague de synchro	16	Entretoise
3	Bague de synchro de 3ème et 4ème	17	Entretoise
4	Ressort de pression	18	Rondelle
5	Bille	19	Bille
6	Coulisseau	20	Cage a aiguille
7	Pignon de 3ème vitesse	21	Cage a aiguille
8	Bague de synchro	22	Bague de sécurité
9	Circlip	23	Pignon 2 ème vitesse
10	Rondelle entretoise	24	Bague de synchro
11	Rondelle de support	25	Douille de guidage 1ère et 2 ème vitesse
12	Roulement à bille	26	Pignon de 1ère vitesse
13	Cage a aiguille	27	Bague de synchro

Tableau I. 3 : Les composants de l'arbre primaire [7].

I.9.2 L'arbre de sortie (ou secondaire)

Portant des pignons fous (engrenant respectivement avec un pignon de l'arbre d'entrée), les systèmes de crabotage et le synchros [7].

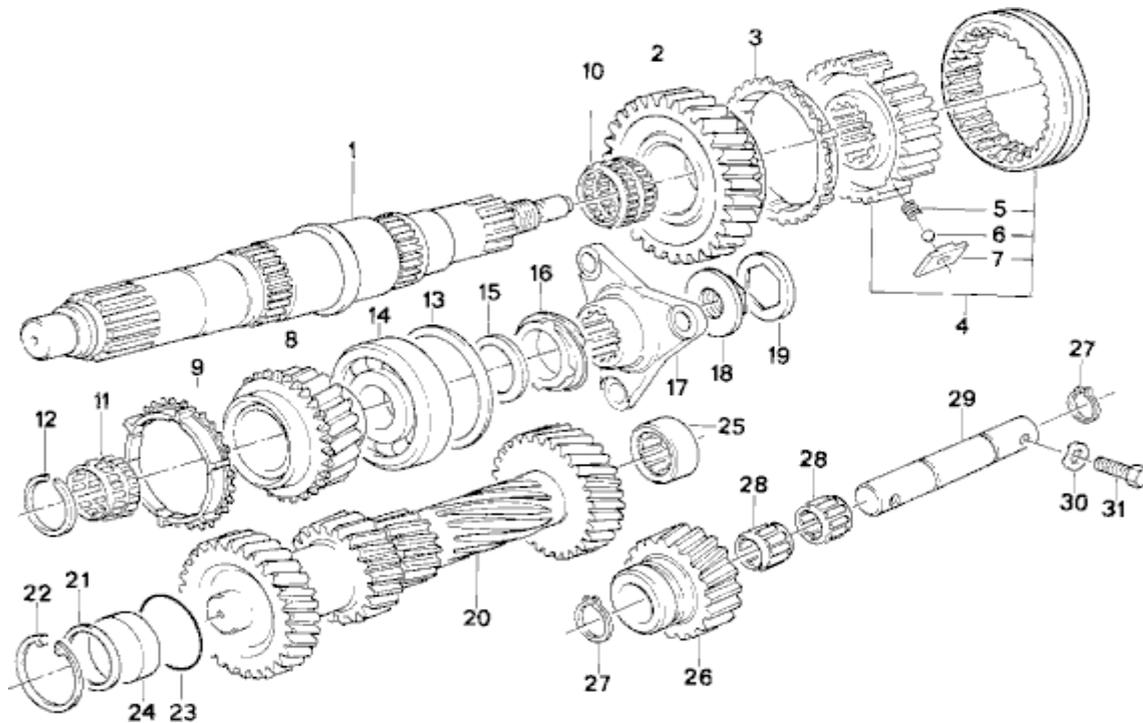


Figure I. 9 : L'arbre secondaire [7].

N°	Nom des pièces	16	Rondelle
1	Arbre de sortie	17	Flasque de sortie
2	Pignon de marche arrière	18	Ecrou a collet
3	Bague de synchro	19	Plaque de sécurité
4	Douille de guidage de 5ème et M R	20	Arbre intermédiaire
5	Ressort de pression	21	Rondelle entretoise
6	Bille	22	Bague de sécurité
7	Coulisseau	23	Joint torique
8	Pignon 5ème vitesse	24	Roulement a rouleaux
9	Bague de synchro	25	Douille a rouleau
10	Cage a aiguille	26	Pignon double marche arrière (M R)
11	Cage a aiguille	27	Circlip
12	Bague de sécurité	28	Cage a aiguille
13	Rondelle entretoise	29	Axe pour pignon double
14	Roulement a bille	30	Rondelle élastique
15	Rondelle	31	Vis six pans

Tableau I. 4 : Les composants de l'arbre secondaire [7].

I.9.3 Le troisième arbre

N'intervient que pour le marché arrière. Il contient un pignon pouvant coulisser et s'intercaler entre un pignon de l'arbre d'entrée et un autre de l'arbre de sortie; ainsi, on dispose d'un engrenage de plus entre les deux arbres (soit deux inversions de sens de rotation au lieu d'une), d'où la marche inversée. C'est le seul cas où l'engrenage n'est pas toujours en prise [7].

I.10 L'arbre intermédiaire

L'arbre de sortie est lié au couple conique du différentiel, intégré au carter de la boîte (pour les véhicules traction) ou reporté sur le pont arrière (pour les véhicules propulsion). Le changement de rapport se fait par manipulation de coulisseaux actionnant crabots et synchroniseurs grâce aux fourchettes de commandes liées temporairement au levier de vitesses. L'arbre intermédiaire portant des pignons fixes au-dessus du l'arbre d'entrée et de sortie [7].



Figure I. 10 : L'arbre intermédiaire [9].

I.11 Vue des ensembles des pignons

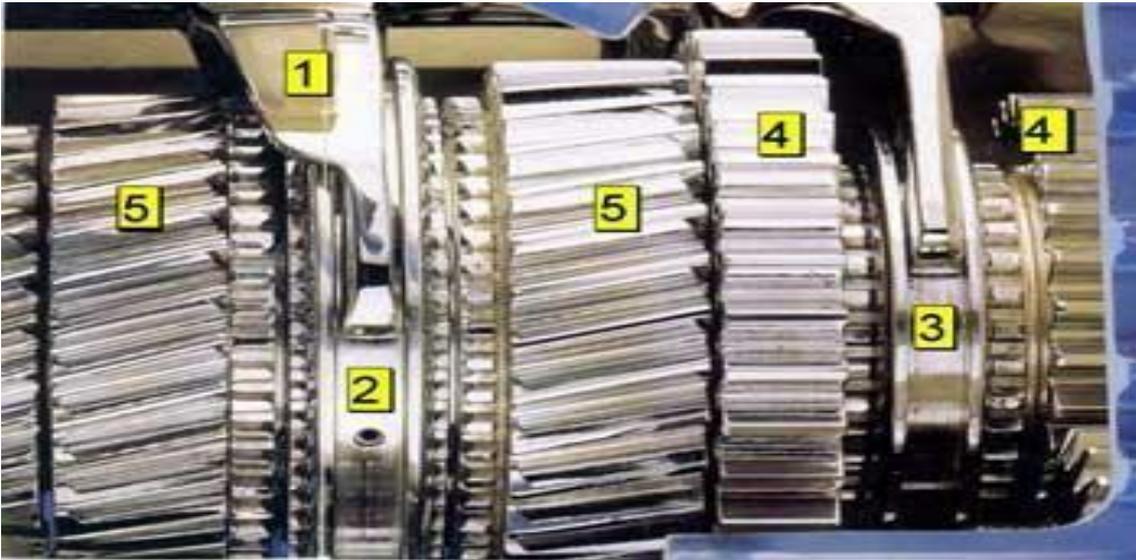


Figure I. 11 : Ensemble de pignon [10].

N°	Nom de l'élément	3	Baladeur de synchronisation 1ère-2ème
1	Fourchette	4	Pignon à denture droite (M. AR)
2	Baladeur de synchronisation 3ème-4ème	5	Pignon dit «fou» à denture hélicoïdale

Tableau I. 5 : Les composants d'ensemble pignon [10].

I.12 Synchroniseur

Dans les boîtes de vitesses des automobiles actuelles, les engrenages des rapports de marche avant sont constamment en prise.

La liaison cinématique se fait au moyen de crabots qui se présentent, si la liaison est radiale, comme un ensemble de deux dentures conjuguées, une extérieure liée au pignon et l'autre Intérieure à un manchon coulissant sur un moyeu lié à l'arbre secondaire on, si la liaison est axiale, sous forme de pavés conjugués.

La marche arrière reste encore à pignon intermédiaire baladeur. Son engagement ne peut donc se faire qu'à l'arrêt quasi complet de la rotation de l'arbre primaire, ce qui peut demander un temps assez long pour les grosses boites pour lesquelles les inerties du disque d'embrayage et de la pignonerie sont assez importantes Pour faciliter cet engagement et le rendre.

Sensiblement équivalent à celui d'un rapport avant synchronisé, on équipe les boîtes modernes d'un dispositif de freinage de l'arbre primaire-voire d'une fonction synchronisation complète [11].

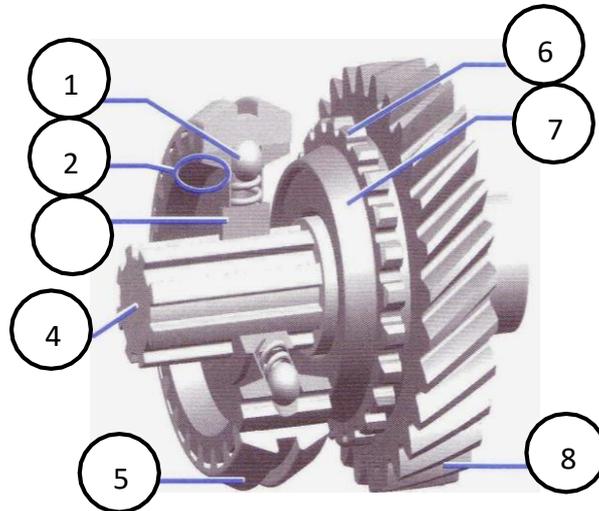


Figure I. 12 : Vue interne d'un synchroniseur [8].

N°	Nom de l'élément	5	Bague de synchroniseur
1	Bille de verrouillage	6	Crabot sur le pignon
2	Cône femelle du moyeu	7	Cône male du pignon
3	Moyeu de synchroniseur	8	Pignon fou sur l'arbre
4	Arbre de la boîte de vitesses		

Tableau I. 6 : Les composants du synchroniseur [8].

I.12.1 Système de synchronisation

Les boîtes de vitesses manuelles sont des systèmes mécaniques assez simples.

Les interactions entre les éléments de base (carters, roulements, engrenages) sont généralement bien maîtrisées autant en statique qu'en dynamique et les synchroniseurs de vitesse restent des éléments spécialisés à cause de la diversité des fonctions à réaliser et des conditions imposées.

Souvent, la complexité de tels éléments impressionne le concepteur qui soit envisagé, ce qui est connu en espérant ne pas dépasser les limites du raisonnable, doit s'en remettre à des super spécialistes en espérant bien poser son problème.

Les synchroniseurs sont des éléments de liaison :

- Constitués de pièces imbriquées avec des géométries compliquées (cônes, cannelures, crabots, ...) et divers matériaux (acier, alliage, revêtement, huile).
- Soumis à des conditions de fonctionnement hautement variables sur des temps très courts (inférieur à la seconde).
- Devant présenter des caractéristiques de fonctionnement reproductibles et qui s'inscrivent dans la durée (la durée de vie de la boîte de vitesse) [11].

I.12.2 Rôle du synchroniseur

Le rôle du synchroniseur est d'amener les pignons de la vitesse sélectionnée à engrener à des vitesses de rotation identiques avant de réaliser le crabotage [11].



Figure I. 13 : Synchroniseur [10].

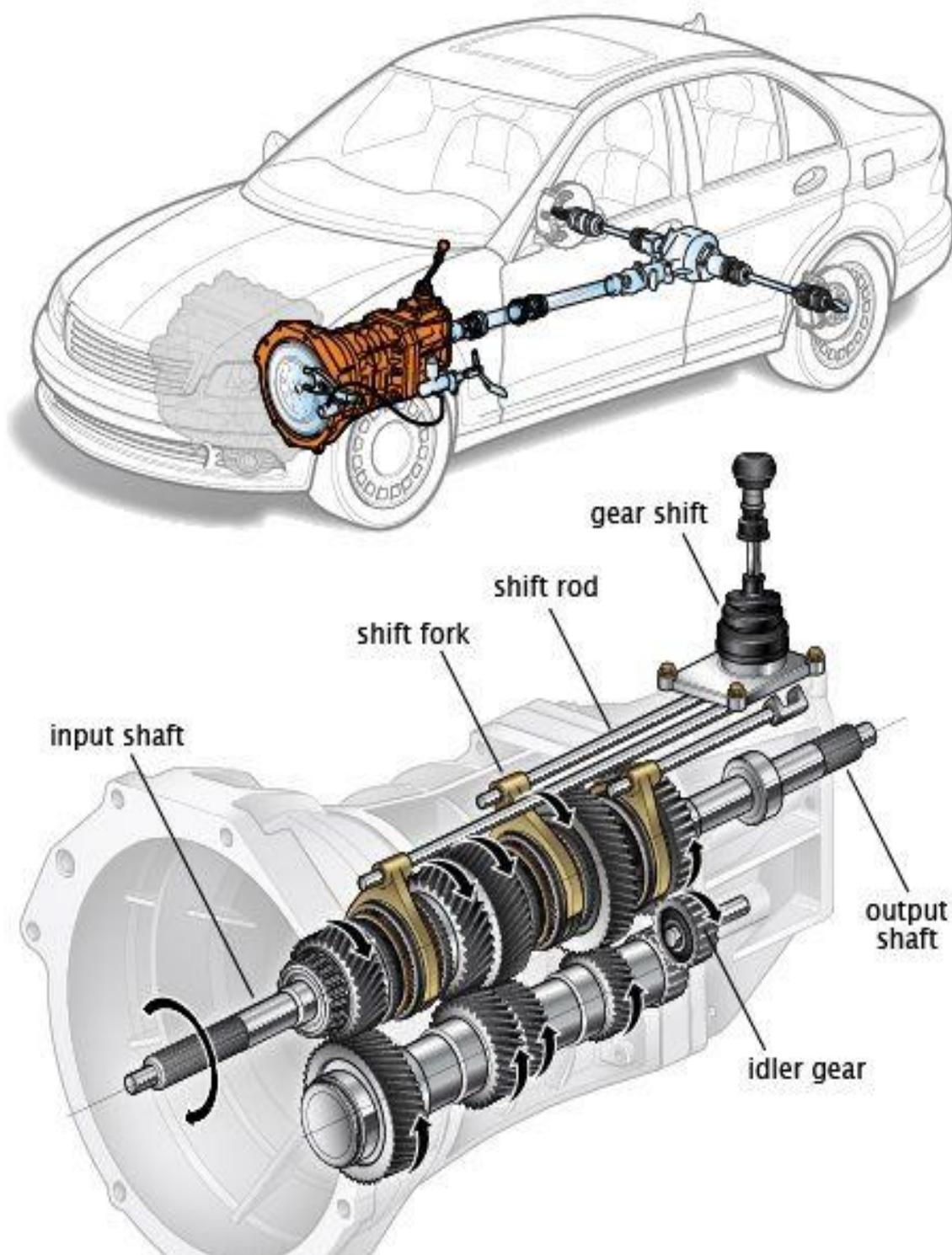


Figure I. 14 : Vue d'ensemble de la boîte vitesse [12].

I.13 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 manuelle

II.1 Introduction

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

II.2 Fonctionnement

Dans une voiture, la boîte de vitesses permet de transmettre la puissance générée par le moteur thermique aux roues motrices en démultipliant plus ou moins la vitesse de rotation de l'arbre de sortie moteur selon la vitesse. Car un moteur thermique est limité à une plage de régime précise (ex : de 1000 à 5000 t/min maximum). Si la roue était directement reliée au moteur (donc pas de boîte) les roues ne pourraient tourner qu'à une fréquence comprise entre 1000 et 5000 tours si je reprends mon exemple entre parenthèses. La boîte de vitesse permet d'accroître les possibilités de rotations des roues.

Cette puissance doit être adaptée aux différentes conditions de la conduite du véhicule, la résistance au roulage étant évidemment autre si l'on est en situation de démarrage que lorsque la voiture est lancée. On nomme rapports de transmission les coefficients de démultiplication ou de réduction appliqués à la puissance issue du moteur et communiquée au système de roulement (les roues). La technique employée pour assurer ces variations repose sur l'utilisation d'engrenages [5].

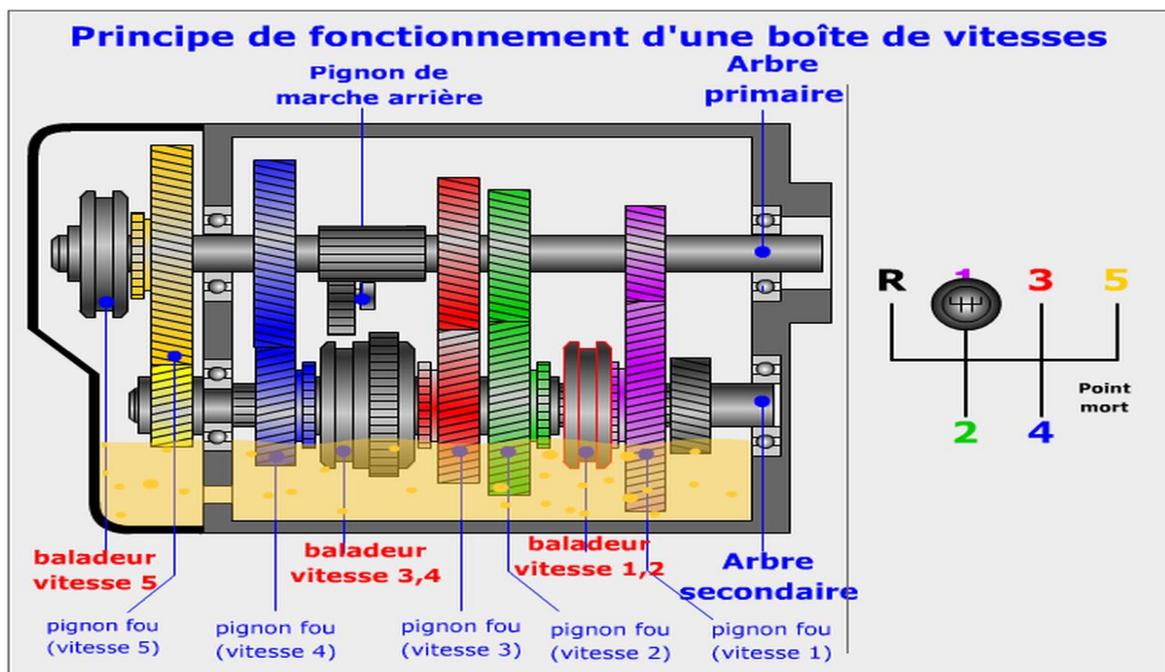


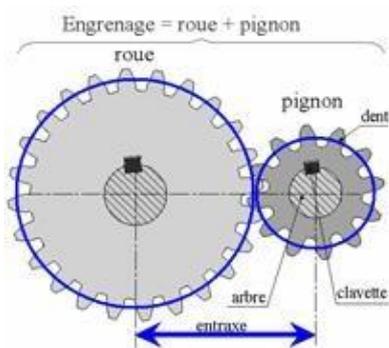
Figure II. 1 : Principe de fonctionnement d'une boîte de vitesse manuelle [13].

II.3 Engrenages

II.3.1 Définition

Un engrenage est un mécanisme élémentaire constitué de deux roues dentées ou plus, mobiles autour d'axes de position relative invariable, et dont l'un entraîne l'autre par l'action des dents successivement en contact.

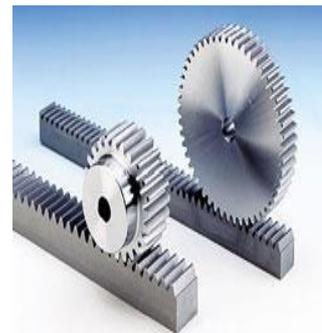
- **Pignon** : la petite roue.
- **Roue** : la grande roue extérieure.
- **Couronne** : la grande roue intérieure.
- **Crémaillère** : barre dentée. L'engrènement d'une roue avec une crémaillère transforme le mouvement de rotation de la roue en un mouvement de translation de la crémaillère.
- **Train d'engrenages** : C'est une combinaison d'engrenages [14].



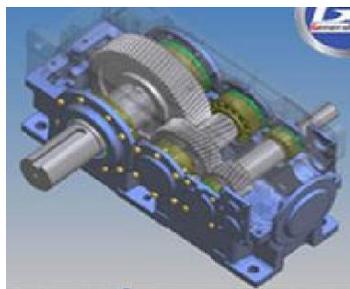
Roue et pignon



Couronne



Pignon et Crémaillère



Trains d'engrenages



Engrena

Figure II. 2 : Engrenages [14].

II.4 Caractérisation des engrenages

II.4.1 Les engrenages cylindriques à denture droite

C'est un engrenage dont les axes sont parallèles. Dans ce type d'engrenage, les cylindres de fonctionnement roulent sans glisser l'un sur l'autre. Sur les cylindres primitifs de référence, les lignes de flanc sont des génératrices.

C'est le type de denture le plus courant. Il est utilisé dans toutes les applications de mécanique générale. C'est ce système qui permet de transmettre le maximum d'effort, son principal défaut est d'être bruyant [14].



Figure II. 3 : Engrenage cylindrique à denture droite [14].

II.4.2 Les engrenages cylindriques à denture hélicoïdale

C'est un engrenage dont les axes sont parallèles. Sur les cylindres primitifs de référence, les lignes de flanc sont des hélices les engrenages à denture hélicoïdale permettent une transmission plus souple, plus progressive et moins bruyante que les engrenages à dentures droite [14].

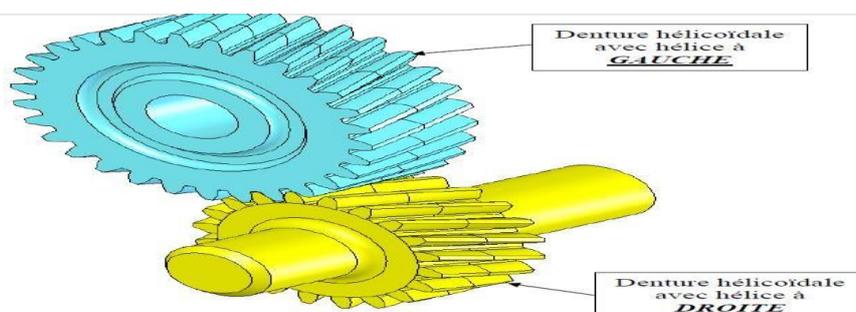


Figure II. 4 : Engrenage cylindrique à denture hélicoïdale [14].

II.4.3 Engrenages coniques

Ce sont des engrenages dont les axes sont concourants. Ils sont utilisés pour transmettre le mouvement de rotation entre deux arbres non parallèles. La denture peut être droite ou hélicoïdale ou spirale [14].

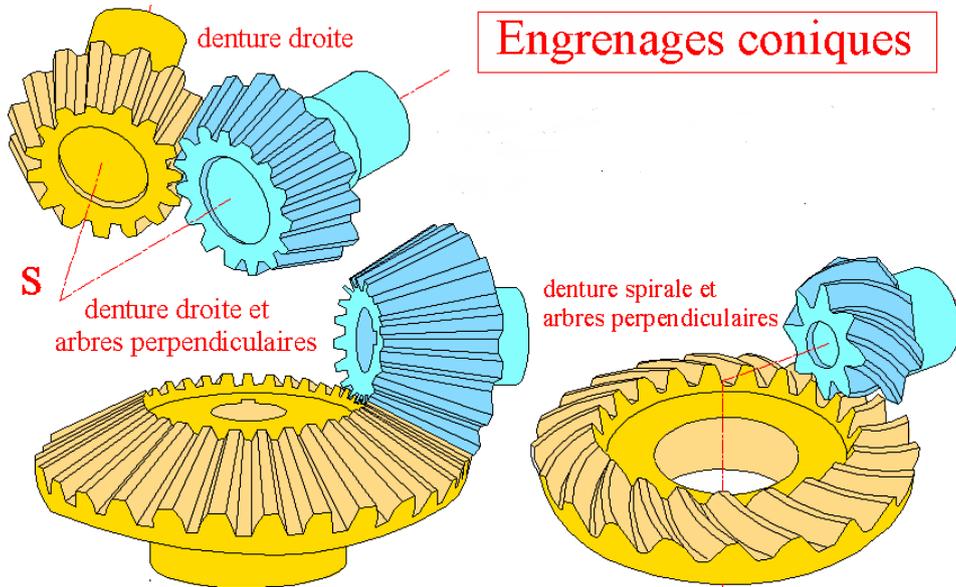


Figure II. 5 : Engrenages coniques [14].

II.4.4 Les engrenages gauches : le système roue - vis sans fin

Ce sont des engrenages dont les axes sont gauches dans l'espace, c'est-à-dire ne sont pas dans le même plan. Les surfaces primitives roulent et glissent l'une sur l'autre. Ces engrenages permettent de grands rapports de réduction [14].

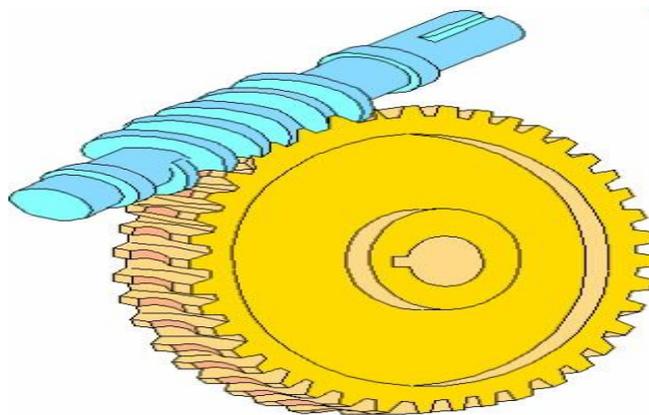


Figure II. 6 : Engrenages gauches [14].

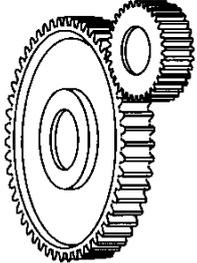
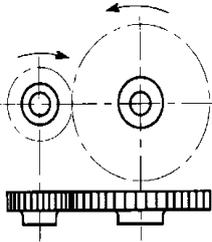
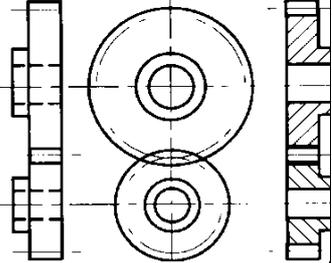
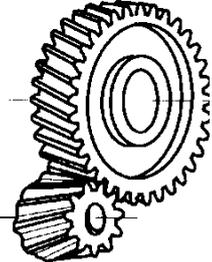
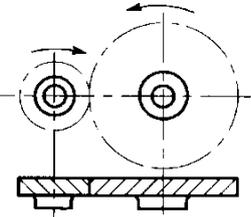
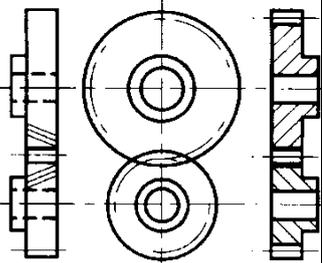
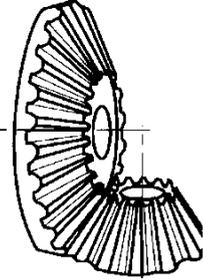
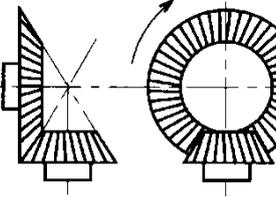
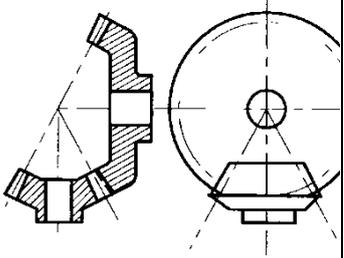
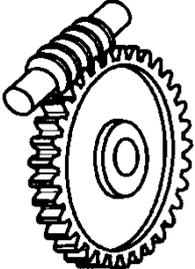
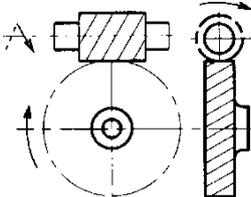
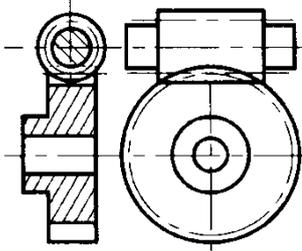
<p>Engrenages droits à denture droite</p>			
<p>Engrenages droits à denture hélicoïdale</p>			
<p>Engrenages coniques</p>			
<p>Engrenages à roue et vis sans fin</p>			

Tableau II. 1 : Représentation normalisée [14].

II.5 Roulement

Caractéristiques de la liaison pivot entre arbres et carter dans une boîte de vitesse: -elle est réalisée par des roulements qui remettent la rotation de arbres dans les logements du carter

Les couples transmis par les engrenages à taille hélicoïdale génèrent sur les arbres des charges radiales et axiales.

Ces charges supportées par les roulements, conditionnent le type, les dimensions et le montage de ceux-ci [2].



Figure II. 7 : Roulement [15].

II.6 La commande des vitesses

II.6.1 Fonctions

Le système de commande des vitesses permet [16] :

- de sélectionner une vitesse dans la boîte de vitesses.
- de n'engager qu'une seule vitesse.
- de maintenir la vitesse enclenchée sans l'insistance du conducteur.

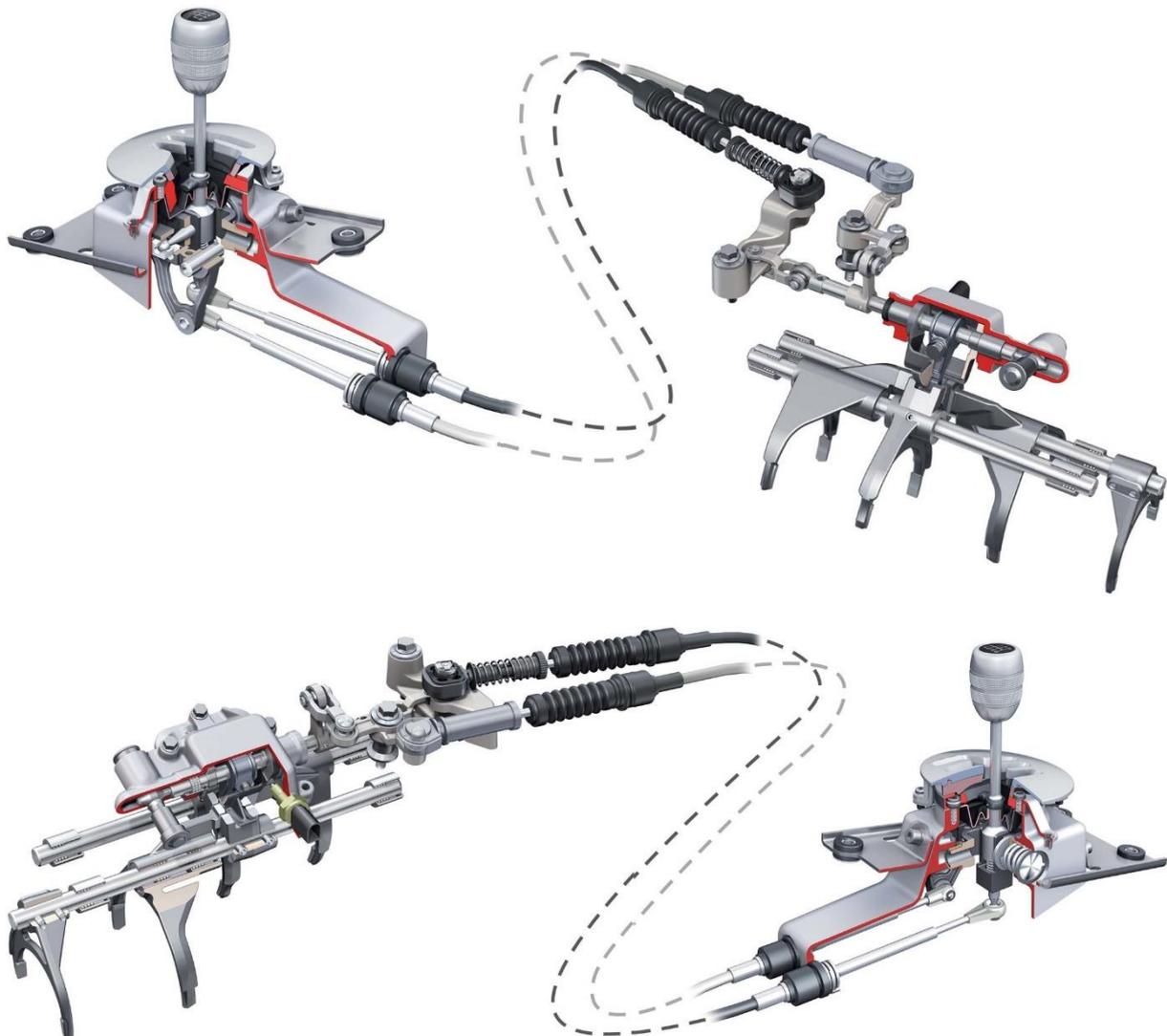


Figure II. 8 : Commande des vitesses – boîte manuelle [16].

II.6.2 Composition

Le système de commande des vitesses comprend trois parties :

La commande externe qui se trouve dans l'habitacle peut être soit

- ✚ au plancher.
- ✚ au tableau de bord.
- ✚ au volant.

- ✚ la tringlerie se trouve généralement sous le plancher da véhicule, peut comporter plusieurs barres de commande et une biellette de réaction.
- ✚ la commande interne qui se trouve soit sur le dessus, soit sar le coté de arbres primaire et secondaire à l'intérieure de la boite de vitesses [16].

II.7 Commande interne

Les commandes de boite de vitesses internes doivent permettre de craboter un pignon fou sur un arbre, ou de relier un arbre avec un autre (passer une vitesse) depuis le poste de conduite. Pour cela, il est nécessaire de déplacer le baladeur da synchroniseur en translation [16].

II.7.1 Principe de fonctionnement

Le déplacement du baladeur est réalisé par une fourchette. La translation de cette fourchette doit permettre l'engagement d'une vitesse.

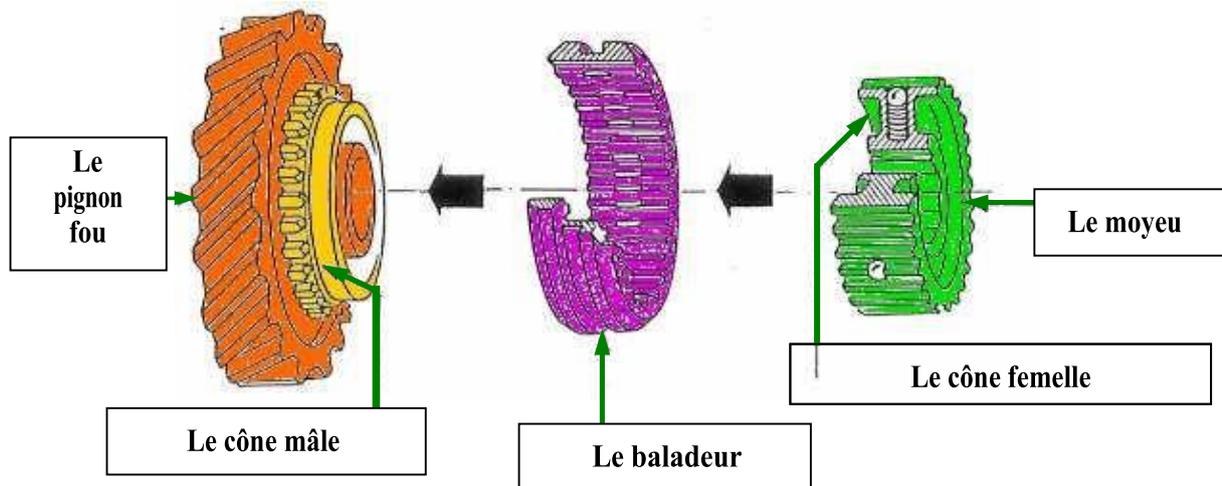


Figure II. 9 : Constitution d'un synchroniseur simple [16].

Il faut donc disposer d'autant de fourchettes et d'axes qu'il y a de baladeurs (ou coulisseau). Le déplacement latéral de ces fourchettes est donné par des réglettes. Ces réglettes sont elles-mêmes commandées par un entraineur [16].

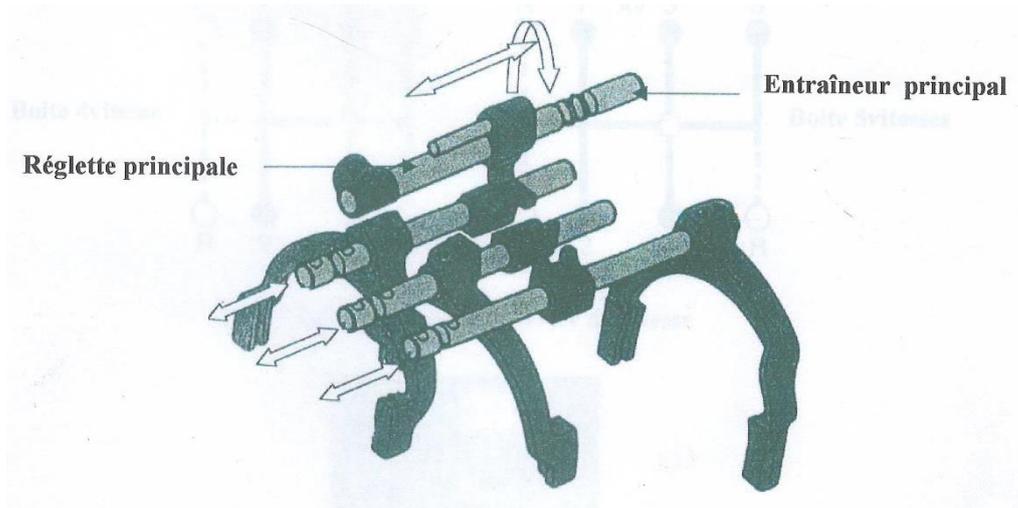


Figure II. 10 : présentation d'entraîneur [16].

II.8 Commande d'externe

II.8.1 Fonctions d'une commande

La commande externe permet au conducteur de sélectionner les vitesses. Les changements de vitesses étant nombreux lors d'un trajet en agglomération, la commande doit être confortable [16]

Pour cela, elle doit être:

- Douce.
- Précise.
- suffisamment démultipliée.
- Silence.

II.8.2 Principe

Le levier de vitesse doit suivre une grille très précise, qui est ensuit sur son pommeau.

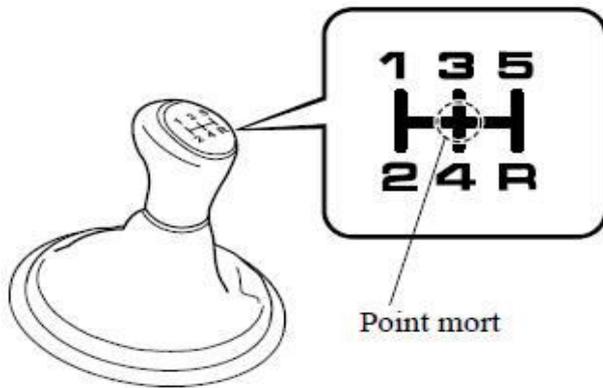


Figure II. 12 : boîte 5 vitesse [16].

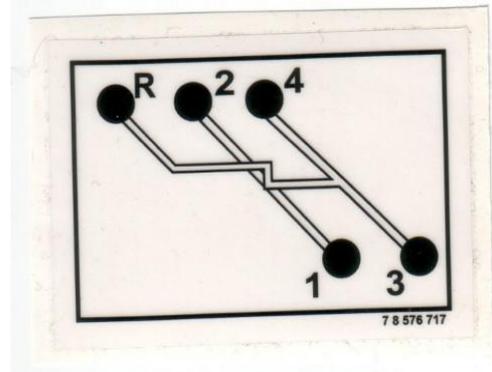


Figure II. 11 : boîte 4 vitesse [16].

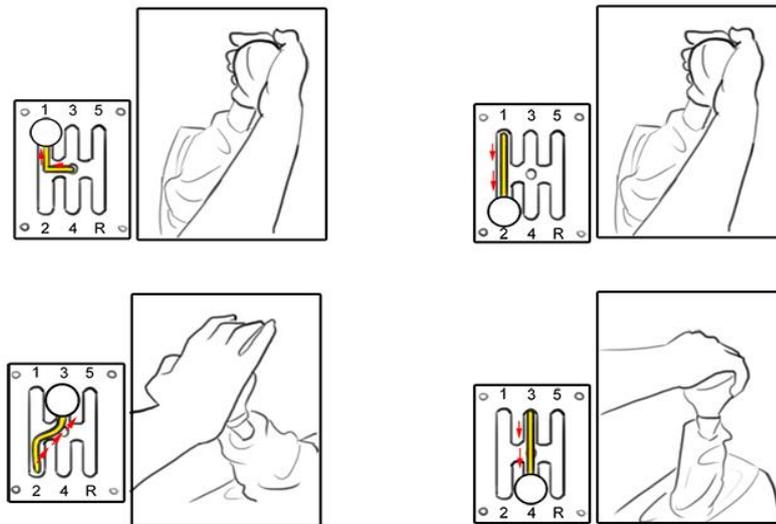


Figure II. 13 : déplacement de levier de vitesse [16].

Les commandes de boîte de vitesses externe permettent de réaliser la sélection et l'enclenchement des rapports depuis le poste de conduite [16].

II.9 Commande par tringlerie

Le réglage de la tringlerie s'effectue par un montage écrou contre écrou permettant de rallonger plus ou moins les biellettes, et donc de commander correctement l'entraîneur principal [16].

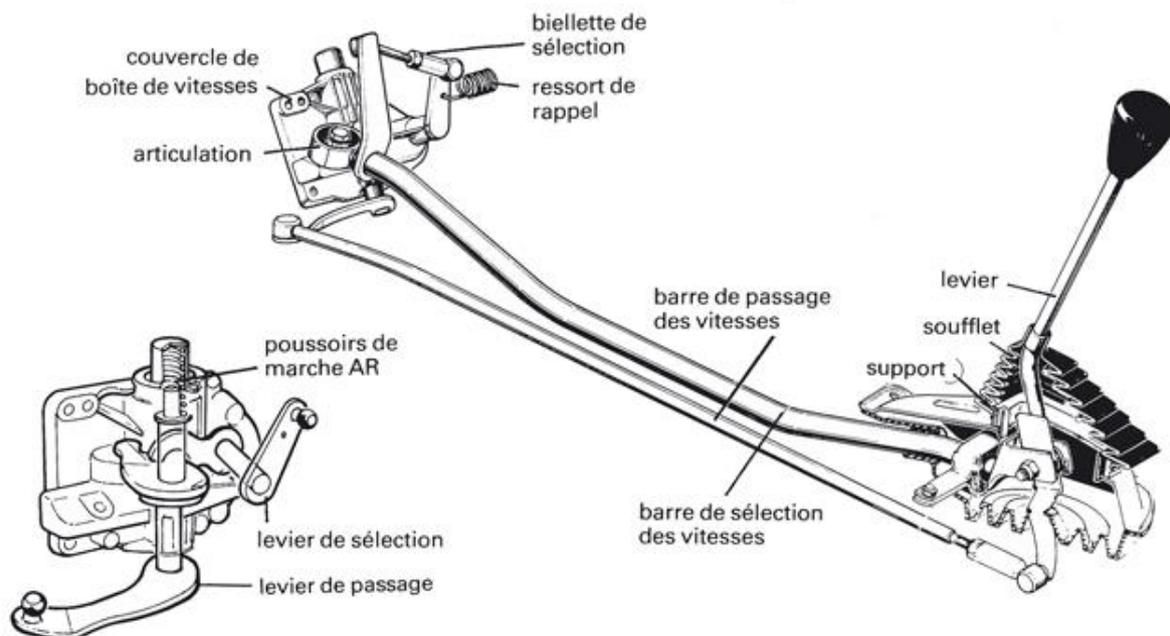


Figure II. 14 : tringlerie [16].

II.10 Synchroniseur

II.10.1 Généralités

Le synchroniseur élimine les défauts d'endommagement des pignons lors de changement de vitesses. Conditions à remplir pour un changement de rapport correct:

- Pas de détérioration des pièces.
- Une bonne sécurité.
- Un bon confort.

Les éléments à accoupler (caboteurs, baladeur et pignon fou de 2ème tournent à des vitesses différentes.

L'accouplement ne peut pas des crabots. Pour permettre le changement de rapport correct, il est nécessaire d'augmenter la vitesse du pignon fou de 2ème jusqu'à ce qu'elle atteigne 800 tr/min.

On remédie ce défaut en équipant les crabots baladeurs d'un mécanisme de synchronisation qui aura pour rôle d'amener les deux pignons à s'engrener à des vitesses de rotation identiques avant de réaliser le crabotage [17].

II.10.2 Avantages du synchro [17]

- Il agit automatiquement sans intervention du conducteur.
- Il rend le passage des vitesses silencieux.
- Il évite l'usure à normale.

Composition :

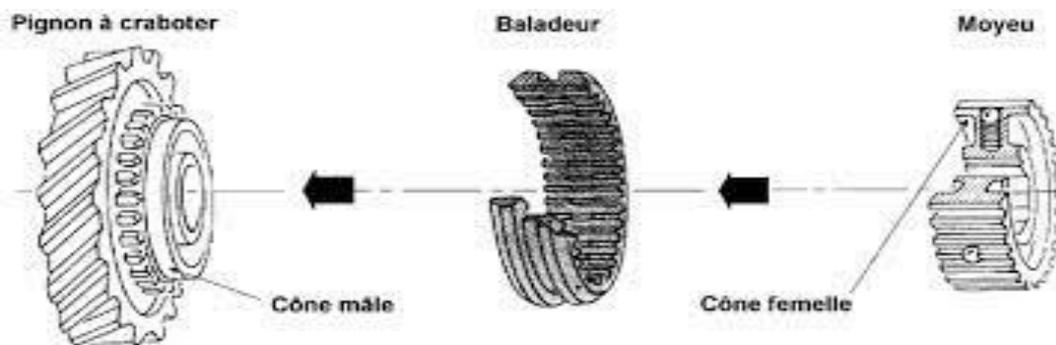


Figure II. 15 : le pignon à craboter le baladeur et le moyeu [17].

II.10.3 Fonctionnement du synchro

Un synchroniseur de boîte de vitesses synchronise la vitesse de l'arbre première avec celle de l'arbre secondaire et par la engène sans heurts le pignon de deuxième vitesse le pignon entraîneur, position point mort.

Par l'intermédiaire de la commande de sélection, le conducteur déplace le balade le cône de l'anneau de synchronisation entre en contact avec le cône du pignon fou [17].

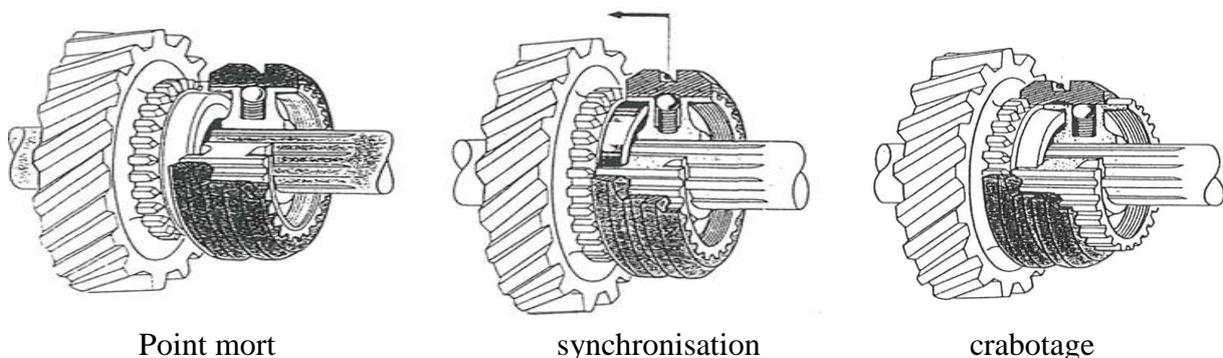


Figure II. 16 : synchroniseur avec les arbres [17].

II.10.4 Position synchronisation (1 Temps)

L'ensemble moyeu, baladeur est sollicité vers la gauche par la fourchette. Moyeu et baladeur sont rendus solidaires par les billes. Les cônes du pignon et du moyeu entrent en contact, les frottements qui en résultent provoquent la synchronisation des vitesses [17].

II.10.5 Position crabotage:(2me Temps)

Les cônes sont en butés, le moyeu et le pignon tournent à la même vitesse. L'effort de la fourchette sur le baladeur provoque le retrait des billes, le baladeur continue sa course et se crabote sur le pignon [17].

II.11 Différents types de synchro [18]

II.11.1 Borg – Warner

DESCRIPTION

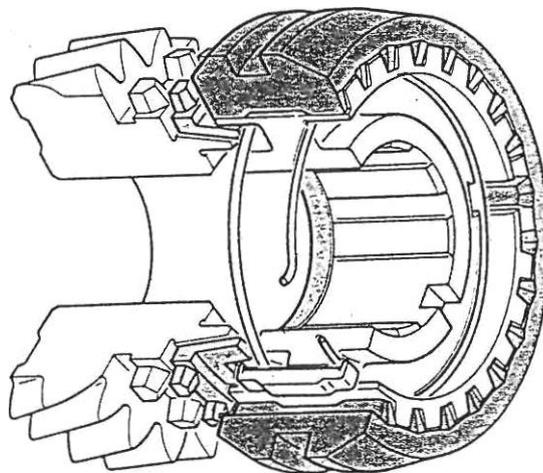
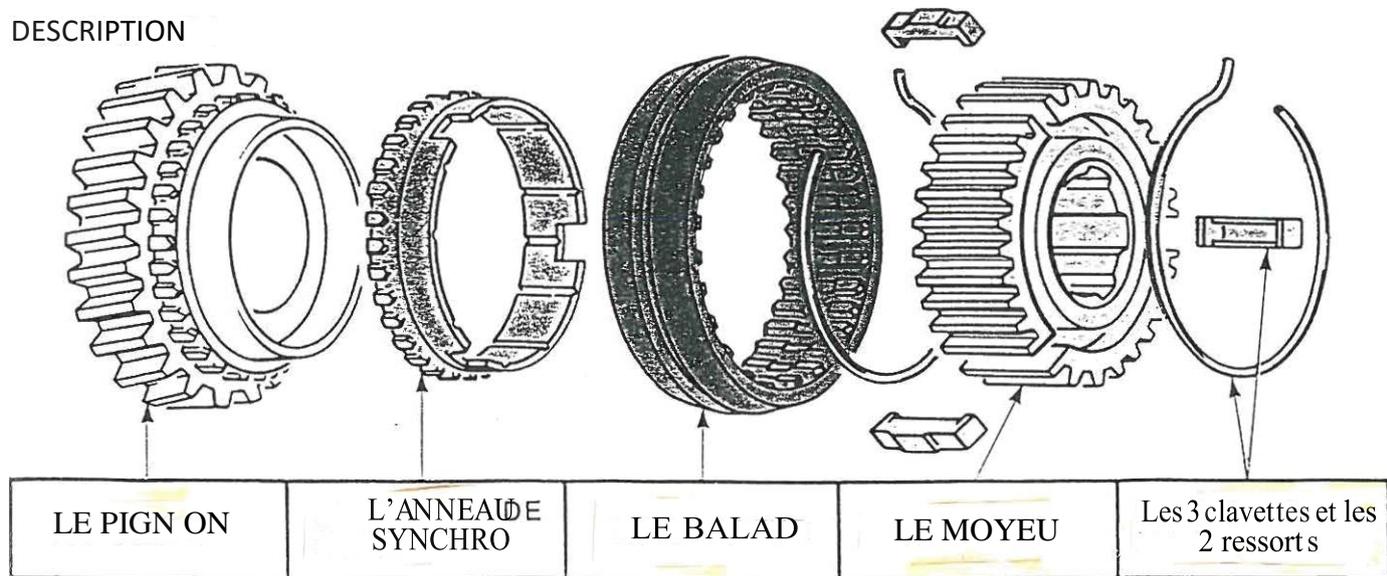


Figure II. 17 : description de synchro “ Borg Warner” [18].

II.11.2 Renault

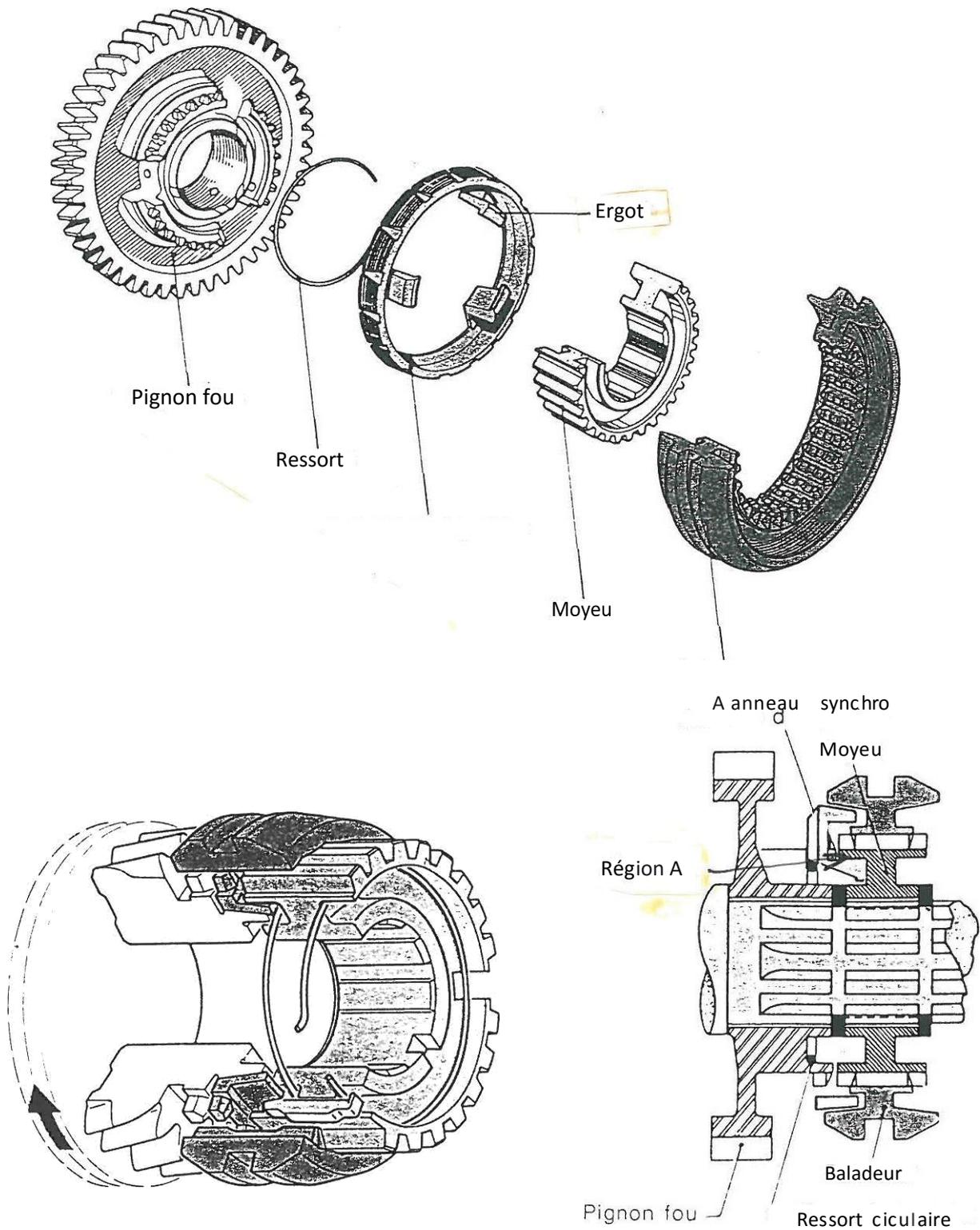


Figure II. 18 : description de synchro “ Renault ” [18].

II.11.3 Citroën

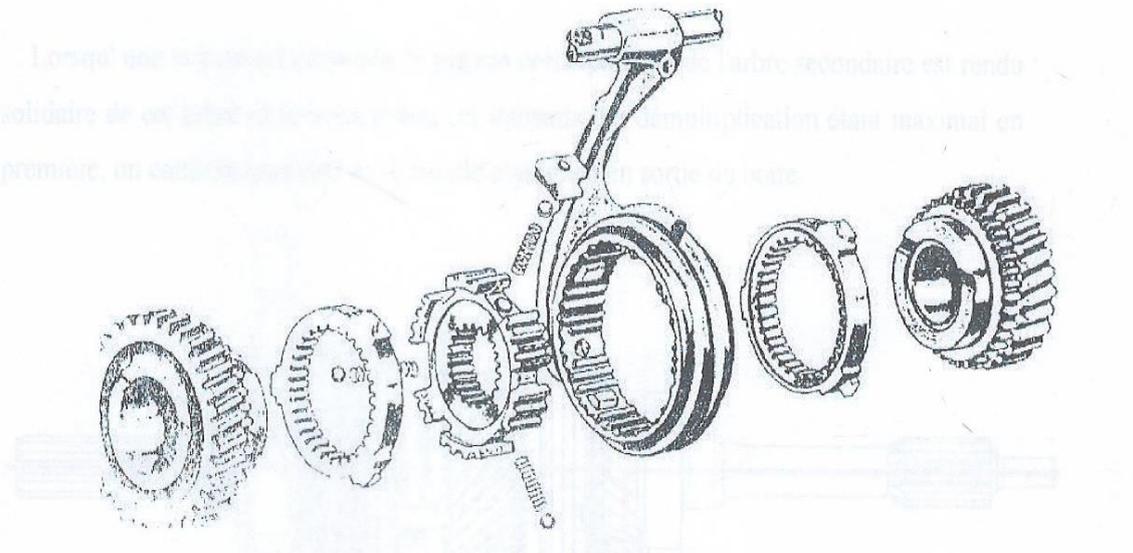


Figure II. 19 : description de synchro “ Citroën ” [18].

II.12 Exécution d'un changement de vitesses

La manœuvre de changement de vitesses comporte, deux phases :

1. passer au point mort.
2. engager les pignons de la vitesse choisie.

Il ne suffit pas d'agir sur le levier des vitesses, il faut, en plus, débrayer complètement au cours de toute l'opération.

- Point mort :

Au point mort, les pignons de l'arbre secondaire sont entraînés par ceux de l'arbre intermédiaire mais aucun d'eux n'est rendu solidaire de l'arbre (ils sont montés fous) [19].

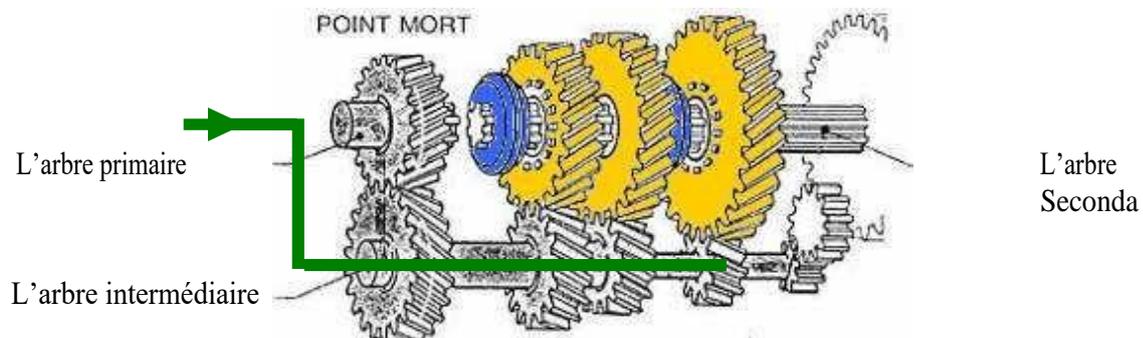


Figure II. 20 : position point mort.

- Première vitesse :

Lorsqu' une vitesse est engagée, le pignon correspondant de l'arbre secondaire est rendu solidaire de cet arbre et le mouvement est transmis, la démultiplication étant maximal en première, on contient maximal en le couple maximale en sortie de boîte [19].

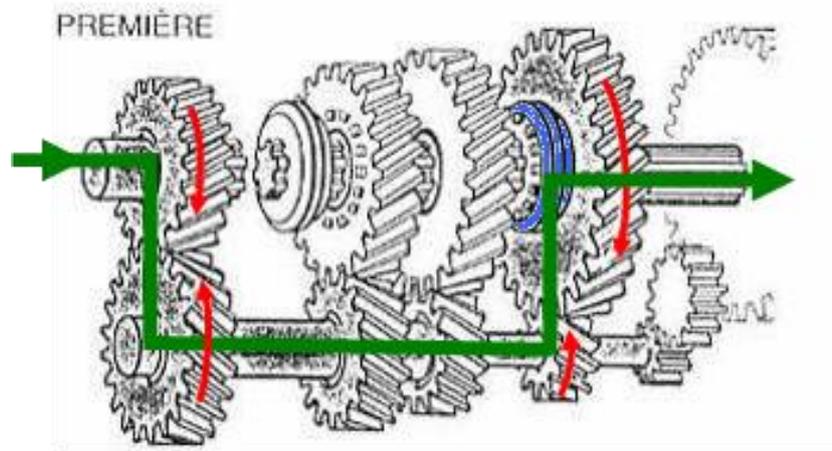


Figure II. 21 : position première vitesse.

- Deuxième vitesse :

En deuxième, la démultiplication est moins importante, de même que le couple disponible en sortie de boit, mais en revanche l'arbre secondaire tourne un peu plus vite [19].

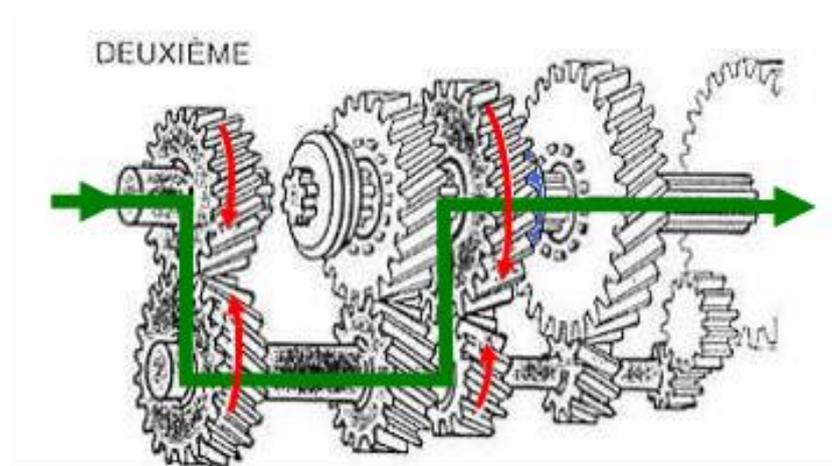


Figure II. 22 : position deuxième vitesse.

- Troisième vitesse :

En troisième, la démultiplication est encore moindre, et l'arbre de sortie tourne encore plus rapidement pour un régime donné du moteur [19].

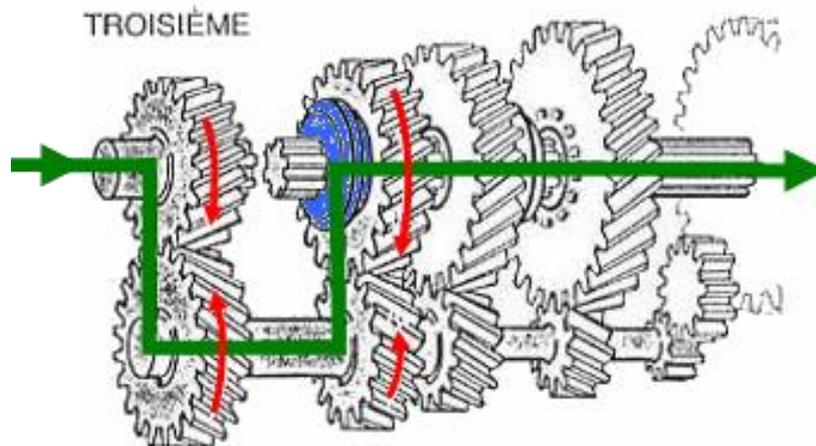


Figure II. 23 : position troisième vitesse.

- Quatrième vitesse :

En quatrième, l'arbre primaire est relié directement à l'arbre secondaire (prise directe) et tous deux tournent donc à la même vitesse [19].

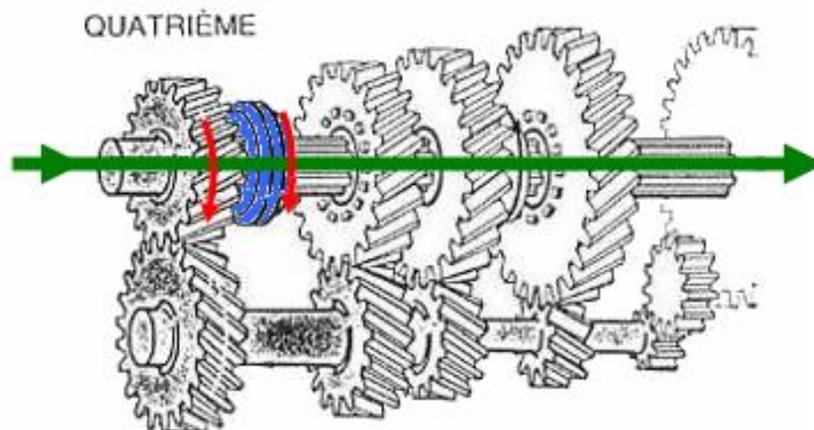


Figure II. 24 : position quatrième vitesse.

- Marche arrière :

En marche arrière, un pignon supplémentaire, le pignon de renvoi de marche arrières vient s'intercaler entre un pignon de l'arbre intermédiaire et un pignon de l'arbre secondaire, pour inverser le mouvement.

Un pignon intermédiaire s'interpose, entre le pignon menant, pour inverser le mouvement [19].

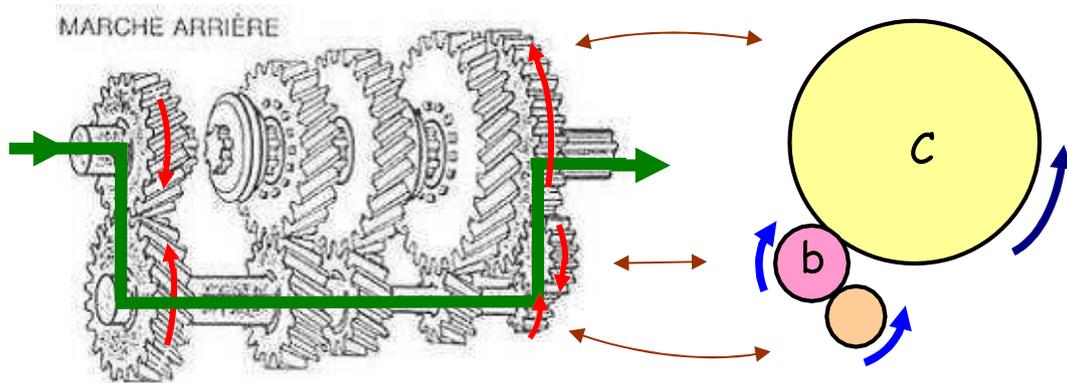


Figure II. 25 : position de marche arriérée.

II.13 Entré du mouvement sur la boîte de vitesses

L'arbre d'entrée ou arbre première de boîte de vitesses et le pignon entraîneur, parfois appelé l'arbre extrémité est supportée par le roulement guide l'arbre primaire, si l'embrayage est engagé et que le moteur tourne, le pignon entraîneur tourne aux vitesses de moteur, ce pignon est constamment en prise avec l'ensemble de pignons l'arbre intermédiaire c'est ensemble de pignons tourne sur des roulements à rouleaux et est supporté dans le carter par l'arbre intermédiaire.

L'ensemble de pignons intermédiaires se compose de trois ou quatre pignons taillés dans le même bloc d'acier, ces pignons intermédiaires sont par ordre de grosseur décroissante le pignon entraîneur de l'arbre intermédiaire, le pignon de deuxième vitesse, le pignon de première vitesses le pignon de marche arrière, dans certaines boîtes de vitesses le même pignon de l'arbre intermédiaire sert pour la première vitesse et la marche arrière, dans ce cas l'arbre intermédiaire comporte un pignon de moins.

Comme l'ensemble de pignons de l'arbre intermédiaire est constamment engrené avec le pignon entraîneur, l'ensemble tourne opposé et à une vitesse réduite en raison de rapport de démultiplication entre les deux pignons.

Le pignon inverseur tourne sur une bague située lui et l'arbre de marche arrière supporte par le carter de la boîte de vitesses, le pignon inverseur est toujours en prise avec l'ensemble de pignon de l'arbre intermédiaire, il tourne dans le sens opposé à celui d'ensemble pignon de l'arbre intermédiaire, mais dans le même sens que moteur. L'arbre secondaire ou de sortie de la boîte de vitesses est supporté à l'arrière du carter par un roulement à billes. L'avant de cet arbre est supporté par un roulement à rouleaux placé dans une cavité pratiquée au centre du pignon entraîneur, sur cet arbre montés deux ou trois pignons ainsi qu'un ou deux synchroniseurs, dans une boîte de vitesse entièrement synchronisée, les pignons de première vitesse, de marche arrière et de deuxième vitesse ne peuvent coulisser, mais il peuvent tourner librement sur l'arbre secondaire ou de sortie, les pignons de première et de deuxième vitesses sont constamment en prise avec leurs pignons respectifs de l'ensemble intermédiaire et le pignon de marche arrière est en prise avec le pignon inverseur. Le synchroniseur de deuxième et troisième vitesses et synchroniseuse de première vitesse sont accouplés à l'arbre secondaire à l'aide de cannelures. Chaque synchroniseuse peut se déplacer longitudinalement pour s'engrener avec le moyen cannelé de son pignon, ce qui accouple les pignons à l'arbre de sortie de la boîte de vitesses.

Lorsqu'on utilise un seul synchroniseur" le synchroniseur de deuxième et troisième vitesses ", le pignon de deuxième vitesses ne peut coulisser mais est libre de tourner sur l'arbre secondaire, le baladeur et le synchroniseur première vitesse - marche arrière sont accouplés par des cannelures à l'arbre secondaire, on peut déplacer le baladeur de première vitesse et marche arrière pour qu'il s'engrène avec le pignon de première vitesse ou avec le pignon inverseur d'arbre intermédiaire.

Le synchroniseur peut coulisser pour s'engrener avec les moyeux cannelés qui sont solidaire du pignon de deuxième vitesse et du pignon entraîneur [20].

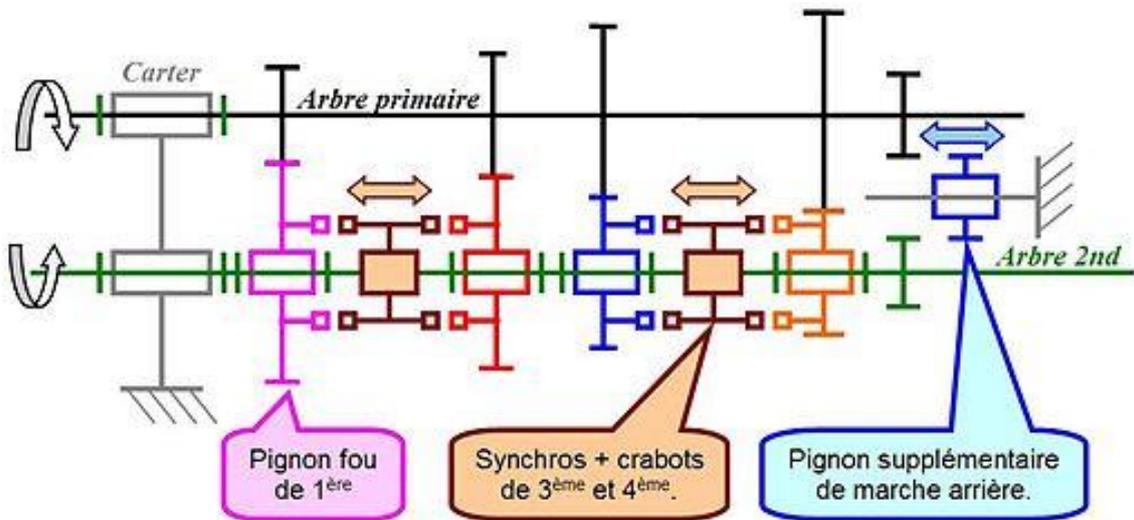


Figure II. 26 : principe d'une boîte vitesse à 4 rapports et March arrière [21].

II.14 Boîte de vitesses à trains parallèles (denture hélicoïdale)

Les dentures hélicoïdales engrenent sur une largeur progressivement croissante; ce système assure une usure régulière sur toute leur hauteur et réalise ainsi un fonctionnement silencieux pendant une longue durée. En revanche, Les pignons sont le siège de poussées axiales importantes.

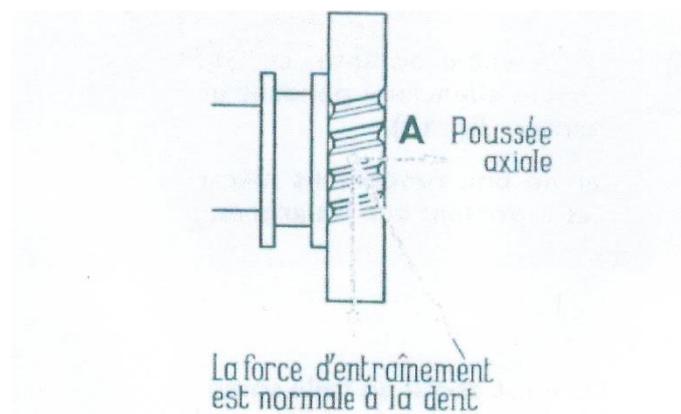


Figure II. 27 : schémas de pignon [22].

Pour éviter le déverrouillage spontané des vitesses et conserver un bon rendement mécanique, un dispositif approprié doit soustraire la fourchette aux efforts axiaux en les reportant sur les arbres [22].

II.15 Conclusion

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

Chapitre III:

Calcul des vitesses et couples de
boite vitesse manuelle

III.1 Introduction

Les travaux présentés dans ce chapitre concernent le calcul des vitesses et couples d'une boîte de vitesse manuelle à 4 rapports.

III.2 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 [23].

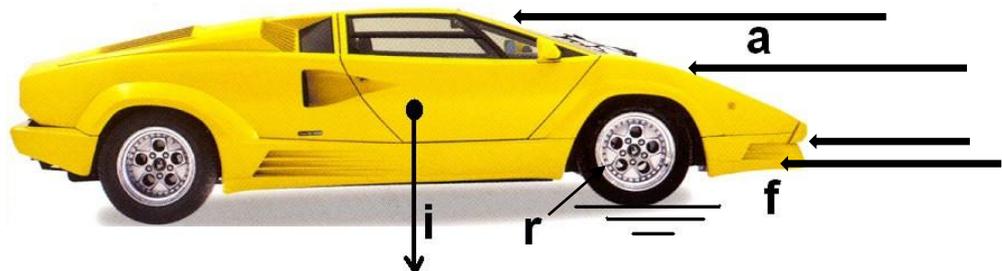


Figure III. 1 : les forces appliquées sur le véhicule [23].

III.2.1 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. Soit : $C_m = F_1 \times r$

- C_m : couple moteur en Newton – Mètre (N.m).
- F_1 : force sur la bielle en Newton (N).
- R : Longueur en mètre (m).

Remarque : Si le couple moteur est inférieur au couple résistant, le moteur cal.

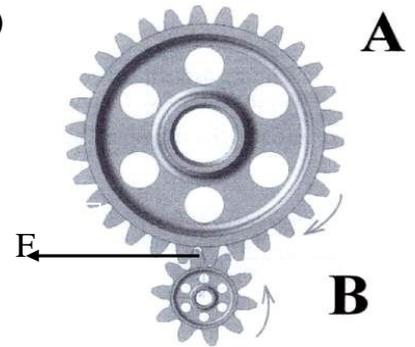
III.3 Rapport de démultiplication (vitesse et couple)

Nombre de dents des pignons : A : 10, B : 30.

Diamètre primitif : A : 10 mm, B : 30 mm.

Vitesse de rotation : A : 2100 tr/min, B : 700tr/min.

Couple : entrée : 30 N.m, sortie : 10 N.m.



Le pignon B est le pignon moteur (il entraîne le A), il possède 3 fois, moins de dents que le pignon A et tourne trois fois plus vite. Le couple d'entrée se trouve multiplié par trois à la sortie.

Conclusion : il y a un rapport direct :

- ❖ Entre le nombre de dents et la vitesse de rotation.
- ❖ Entre le diamètre primitif et le couple.

III.3.1 Rapport de vitesse

Rapport de vitesse = $\frac{\text{Produit du nombre de dents des pignons menants}}{\text{Produit du nombre de dents des pignons menés}}$

Ou $\frac{\text{Vitesse de l'arbre de sortie}}{\text{Vitesse de l'arbre d'entrée}}$

III.3.2 Rapport de couple

Rapport de couple = $\frac{\text{Produit du nombre de dents des pignons menés}}{\text{Produit du nombre de dents des pignons menants}}$

Ou $\frac{\text{Vitesse de l'arbre d'entrée}}{\text{Vitesse de l'arbre de sortie}}$

III.4 Calcule les vitesses et couples

Le 1.2l pure tech 110 (nom de code EB2DT) délivre une puissance de 110 chevaux au régime de 5.500 tr/min et un couple de 205 N.m disponible dès 1.500 tr/min et jusqu'à 3.000 tr/min.

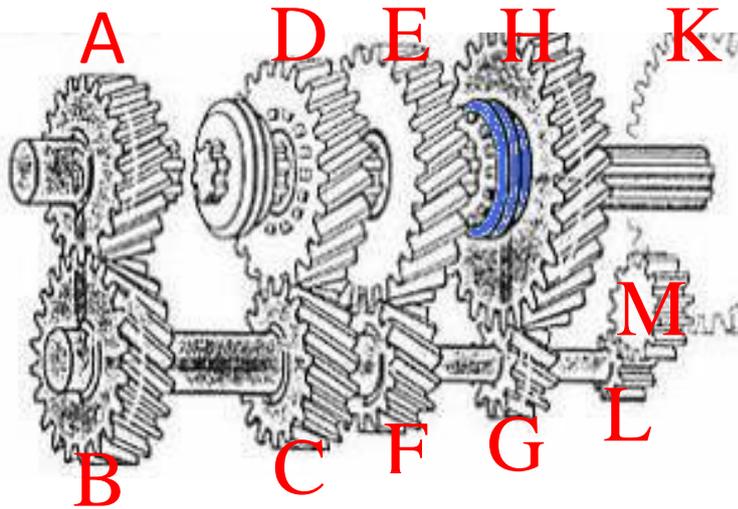


Figure III. 2 : les pignons de boîte vitesse [19]

III.4.1 Calcul des rapports de vitesse

A = 25 dents

B = 30 dents

C = 22 dents

D = 31 dents

E = 37 dents

F = 17 dents

G = 11 dents

H = 45 dents

K = 41 dents

L = 10 dents

M = 15 dents

N° de la vitesse	Chaine cinématique du rapport	Calculs du rapport	Valeur du rapport	la vitesse
Première vitesse	entrée = A, B, G, H = sortie	$25 \times 11 / 30 \times 45 = 0.203$	0.203	1116.5 tr/min
Deuxième vitesse	entrée = A, B, F, E = sortie	$25 \times 17 / 30 \times 37 = 0.382$	0.382	2101 tr/min
Troisième vitesse	entrée = A, B, C, D = sortie	$25 \times 22 / 30 \times 31 = 0.591$	0.591	3250.5 tr/min
Quatrième vitesse	Prise directe	Prise directe = 1	1	5500 tr/min
Marche arrière	entrée = A, B, L, M, K = sortie	$25 \times 10 \times 15 / 30 \times 41 \times 15 = 0.203$	0.203	1116.5 tr/min

Tableau III. 1 : Calcul des rapports de vitesse.

III.4.2 Calcul des rapports de couples

N° de couple	Chaine cinématique du rapport	Calculs du rapport	Valeur du rapport	couple
Couple Première vitesse	entrée = A, B, G, H = sortie	$30 \times 45 / 25 \times 11 = 4.9$	4.9	1004.5 N.m
Couple Deuxième vitesse	entrée = A, B, F, E = sortie	$30 \times 37 / 25 \times 17 = 2.611$	2.611	535.255 N.m
Couple Troisième vitesse	entrée = A, B, C, D = sortie	$30 \times 31 / 25 \times 22 = 1.690$	1.690	346.45 N.m
Couple Quatrième vitesse	Prise directe	Prise directe = 1	1	205 N.m
Couple Marche arrière	entrée = A, B, L, M, K = sortie	$30 \times 41 \times 15 / 25 \times 10 \times 15 = 4.9$	4.9	1004.5 N.m

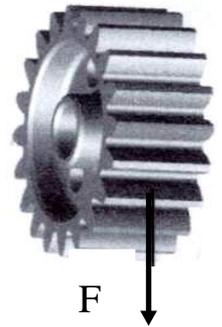
Tableau III. 2 : Calcul les couples.

III.5 Forme des dentures

III.5.1 Denture droite

Ce type de denture est souvent employé pour le pignon de marche arrière. Une seule dent est en prise avec l'autre pignon.

L'effort du moteur passe brusquement d'une dent à l'autre, ce qui rend ce pignon bruyant et augmente l'usure, il s'engrène par déplacement direct de pignon. La force F est perpendiculaire à la dent [24].



III.5.2 Denture hélicoïdale

Ce type de denture présente l'avantage d'être plus silencieux que la denture droite, en créant moins de vibrations.

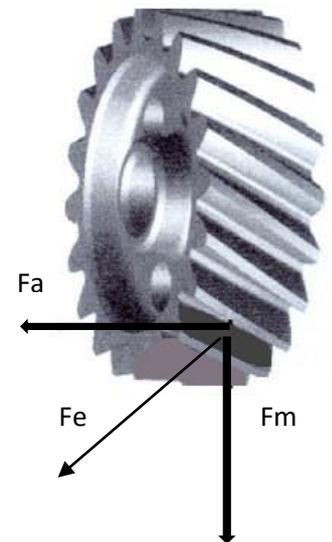
Les dentures hélicoïdales ont plusieurs dents simultanément en contact, ce qui permet de transmettre des efforts plus importants en contrepartie ce type de denture engendre un effort axial dont l'intensité dépend de l'angle d'inclinaison de denture.

Les roulements ou les paliers doivent être dimensionnés pour reprendre cet effort [24].

F_a : Force axiale [Nuisible].

F_m : Force motrice [Effort moteur à transmettre].

F_e : Force d'engrènement [Provoquée par le pignon menant].



III.5.3 Denture à chevron

Développé par Citroën, elle présente tous les avantages de la denture hélicoïdale sans les inconvénients car elle ne génère aucun effort axial.

Ce type de denture est peu utilisé car son coût de fabrication est très élevé [24].



III.6 Conclusion

Dans ce chapitre on a fait des calculs des vitesses et couples d'une boîte à vitesse manuelle suivi par quelques notions sur de forme des dentures.

Conclusion générale

Conclusion générale

Les boîtes de vitesse manuelles sont les plus couramment utilisées dans notre pays. Ce type de boîte présente quelques points forts par rapport aux boîtes automatiques. Elles sont d'une conception simple et robuste, elles peuvent être réparées par n'importe quel garagiste, sans matériel spécifique. Une boîte à vitesses moderne d'automobile comporte 5 ou 6 rapports, alors que les poids- lourds en ont jusqu'à 16. Ces rapports engendrés par des engrenages qui constituent des systèmes de leviers rotatifs, sont dits de démultiplication (réduction) ou de surmultiplication.

A l'issue de ce travail, nous avons abouti à la conclusion suivante :

L'étude de la boîte à vitesse manuelle nous a permis de mieux comprendre le fonctionnement de ce différent type, leur utilités et leur avantages, l'approfondissement de l'intérieur nous a mené à connaître le monde très vaste des systèmes d'entraînement par la boîte de vitesse manuelle et des pièces efficaces telles que les engrenages, les roulements, le synchroniseur ... et ses principes de fonctionnement.

Perspectives

Dans la conclusion de ce mémoire, plusieurs parties restent à découvrir, très important et l'étude de ce mécanisme qui est à la pointe de la technologie moderne et de permettre de faire des approches plus optimales et de réduire au maximum les erreurs de conception, les défauts de positions et d'atteindre les résultats souhaités dans un future si possible proche.

Références Bibliographiques

Bibliographie

[1] Technologie d'automobile Frederick C. Nash.

[2] auteur François dovat, rédacteur technique, la boîte de vitesse manuelle.

Source des illustrations : Mercedes-Benz, Alfa Romeo, Audi, Scania, CM, Mazda, Mitsubishi.

[3] www.techno-science.net.

[4] www.avatacar.com.

[5] www.fiches-auto.fr.

[6] technologie de l'automobile dispositif technologique avancé.

[7] Support de formation en maintenance et diagnostic automobile.

[8] cours lycée professionnel Gaston Barré baccalauréat professionnel maintenance des véhicules automobiles session 2013/2014.

[9] www.tout-le-niva.com.

[10] www.123rf.com.

[11] technologie automobile, 2ème édition, Frederick Nash.

[12] www.cd-sport.com.

[13] <http://www.educauto.org>.

[14] G.R. Nicole, Conception Et Calcul Des Eléments De Machines, Ecole D'ingénieurs De Fribourg (E.I.F.) Section De Mécanique, Volume 3 Version 1, Juin 2006.

[15] www.lebonroulement.com.

[16] Borne (p), ROZINGER(J), DIEULOT (J-Y) et DUBOIS, la commande floue, Parise, Editions Technique 1998.

[17] transmission des freinages, Serge Picard.

[18] auto _ pratique 12 E. T.A .I France.

[19] technologie professionnelle générale de l'automobile Tome 2 : les organes de transmission et d'utilisation M. Desbois et F. Touache et J.Tourancheau et R.Torri Paris.

[20] jacquas de bass ''technique d'embryage, mécanique et chaleur ''.

[21] [www.ebanque- boite-auto-ZF.html](http://www.ebanque-boite-auto-ZF.html).

[22] mécanique application transports.

[23] www.keepschool.com.

[24] Pour maîtriser la communication technique Chevalier guide du dessinateur industriel.

Résumés

Dans notre projet on a étudié la boîte à vitesse manuelle, nous avons donnés une description intérieur et une autre extérieur, ensuite nous avons mentionné les éléments importants pour le fonctionnement de cette boîte et ses principes de fonctionnement concernant ce mécanisme, au final nous avons utilisé des formules de calcules les vitesses et les couples de la boîte vitesse manuelle.

ملخص المشروع

درسنا في مشروعنا علبة التروس اليدوية، وقدمنا وصفًا داخليًا وخارجيًا آخر، ثم ذكرنا العناصر المهمة لتشغيل علبة التروس هذه ومبادئ تشغيلها المتعلقة بهذه الآلية، في النهاية استخدمنا الصيغ لحساب السرعات وعزم الدوران لعلبة التروس اليدوية.

In our project, we have studied the manual gearbox where we provide another internal and external description. Then, we have mentioned the crucial elements of making it works and its operating principles concerning this mechanism. At the end, we have used the formulas to calculate the speeds and torque of the manual gearbox.