

Lycée professionnel Gaston Barré

Baccalauréat professionnel

MAINTENANCE des VEHICULES AUTOMOBILES

SESSION 2013-2014

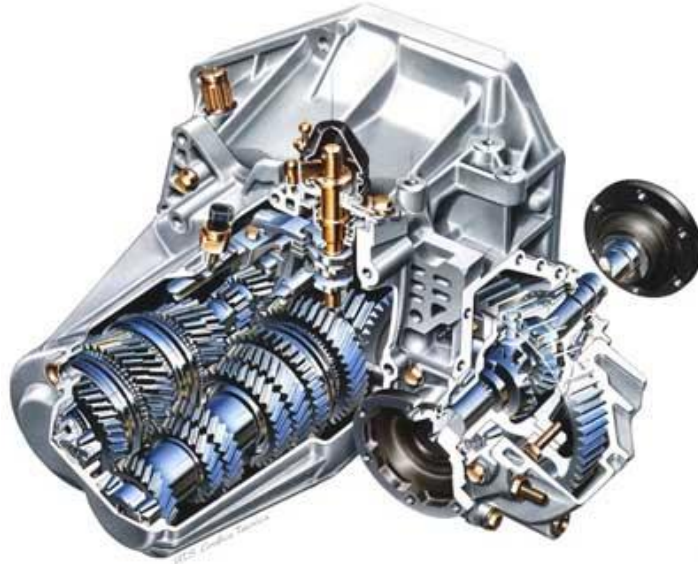
La boîte de vitesses

Nom :

Prénoms :

1- Introduction

Organe existant pratiquement depuis le début de l'automobile, la boîte de vitesses manuelle est à l'automobile ce que le dérailleur est au vélo.



La transmission à 6 rapports des Alfa
Roméo 147, 156 et 166

Un moteur à combustion interne tourne toujours beaucoup plus vite que les roues du véhicule qu'il propulse. La vitesse de ce véhicule est variable alors que le régime de rotation de son moteur doit non seulement rester à l'intérieur d'une zone comprise entre un maximum et un minimum, mais aussi le plus près possible de son point de rendement le plus favorable.

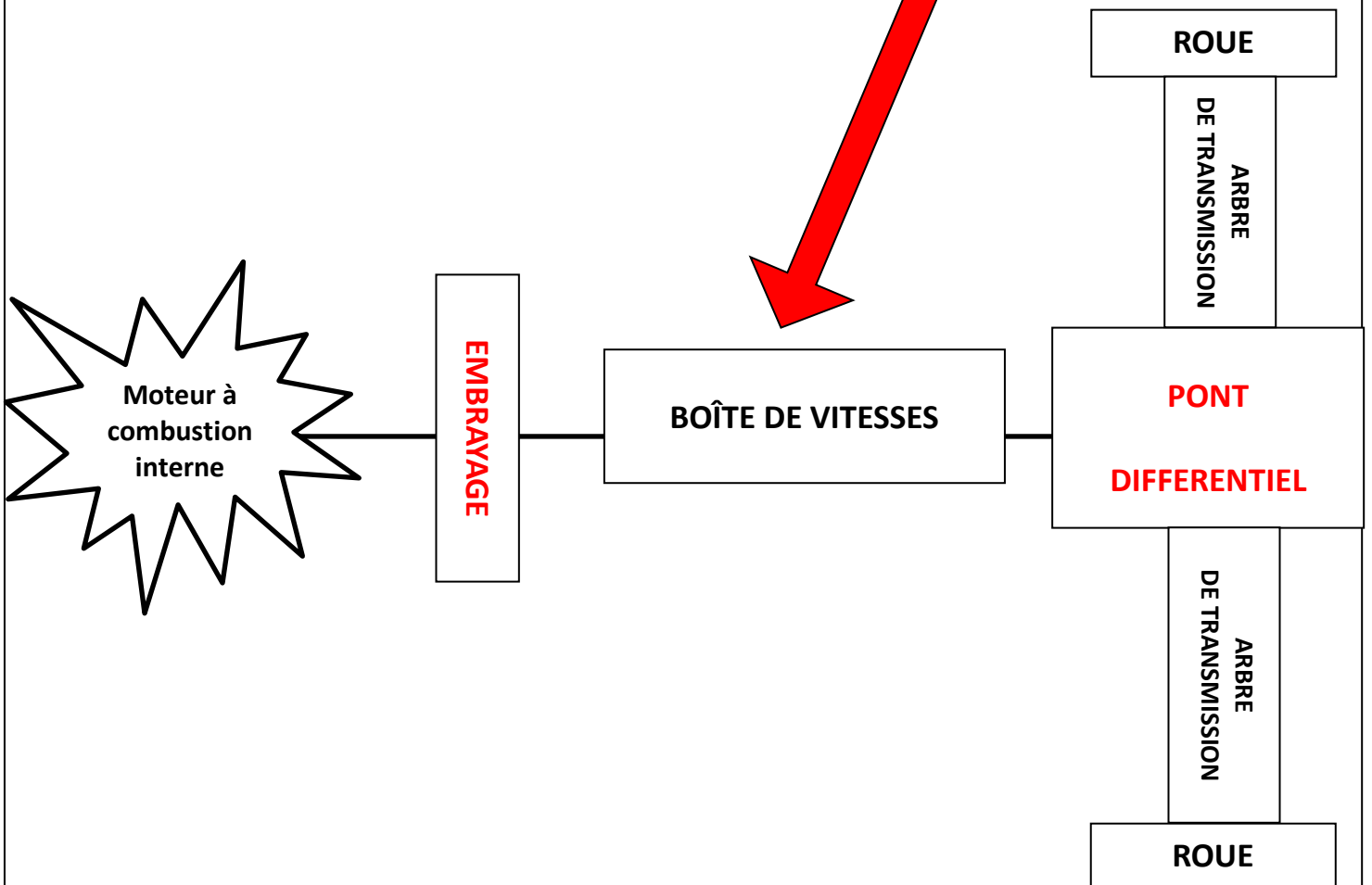
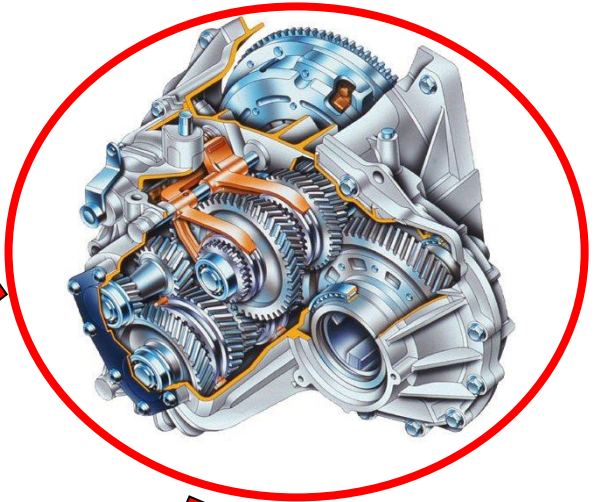
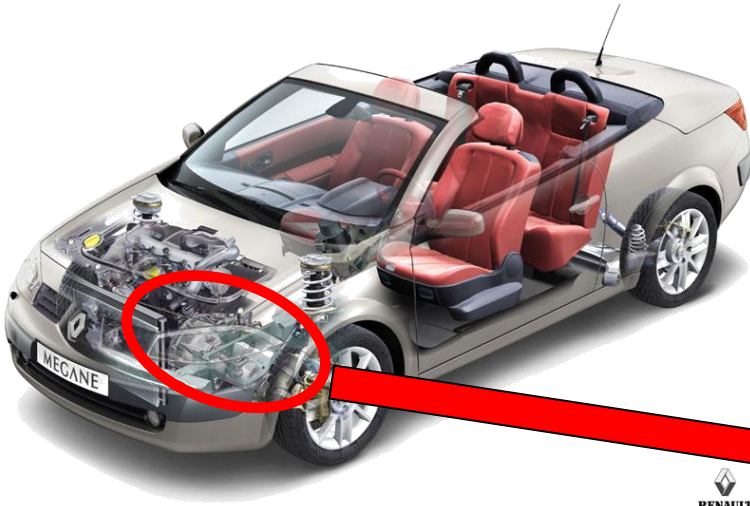
Il est donc nécessaire de prévoir un système qui permette de varier le rapport des vitesses de rotation entre les roues et le moteur.

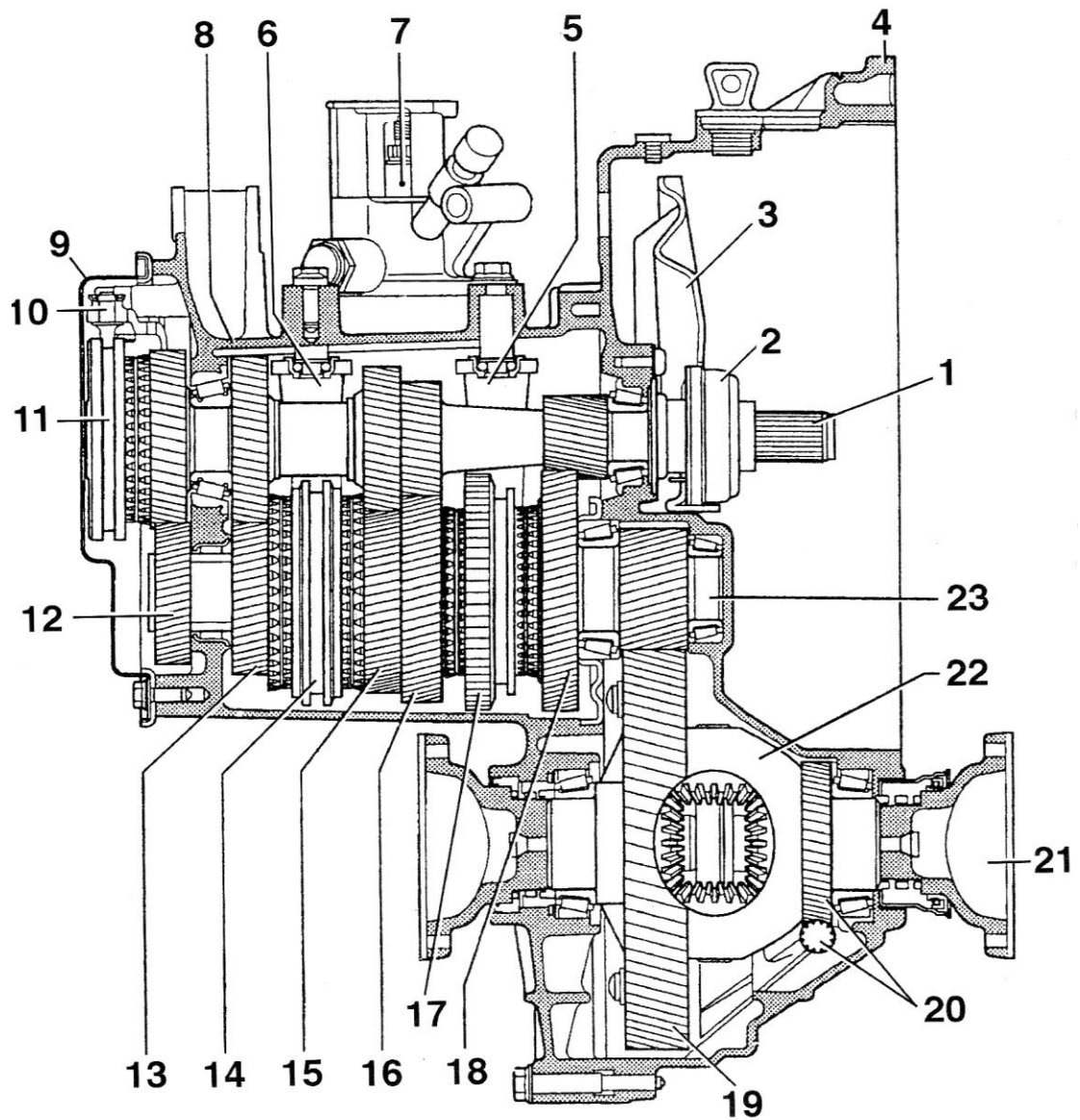
La solution qui a été et qui reste encore la plus courante consiste à prévoir une série d'engrenages de nombres de dents respectifs différents enclos dans un carter étanche partiellement rempli d'huile.

Un de ces rapports est sélectionné en fonction des circonstances par le conducteur après que la liaison moteur - boîte de vitesses ait été coupée en débrayant.

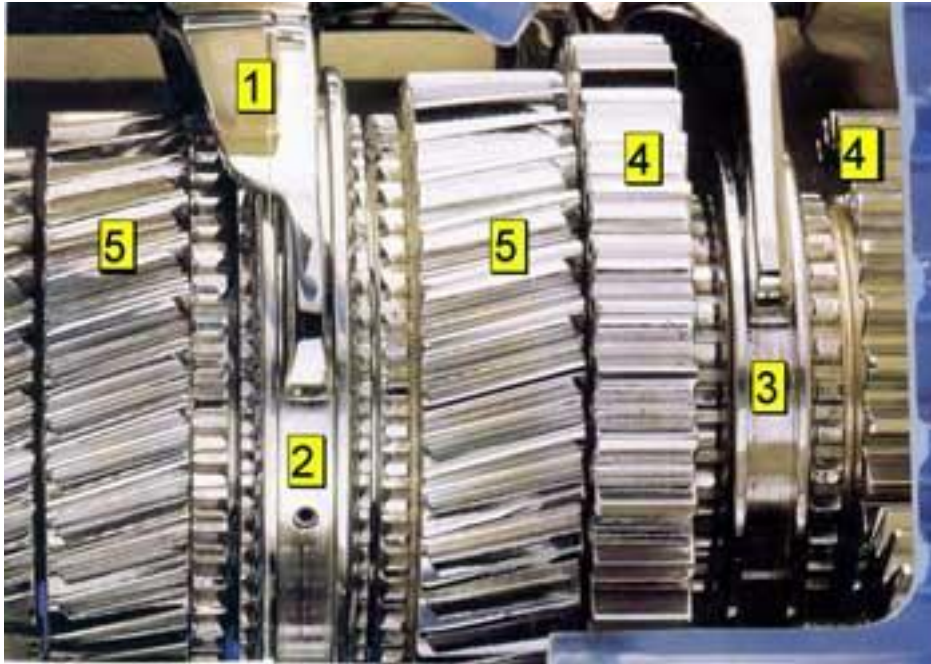
Ce procédé a été si bien développé et amélioré au cours du siècle passé qu'il donne encore satisfaction aujourd'hui.

2- Frontière d'étude du système et chaîne cinématique

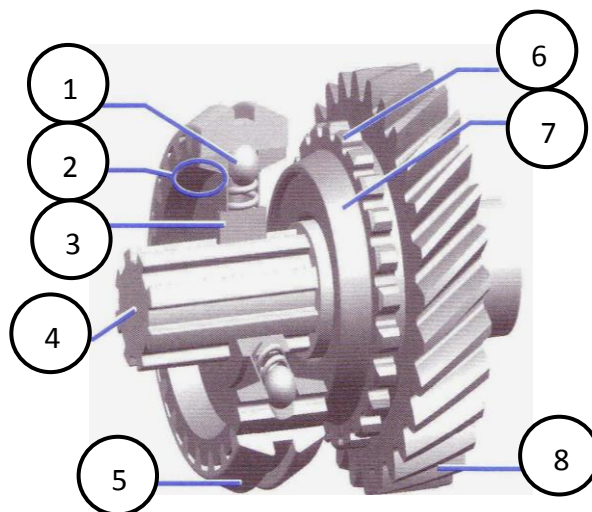


5- Constitution d'une boîte de vitesses5.1. Vue interne

N°	Nom des pièces		
1	Arbre primaire	15	Pignon mené de 3^{ème}
6	Fourchette de 3^{ème}/4^{ème}	16	Pignon mené de 2^{ème}
8	Carter de boîte de vitesses	17	Baladeur/synchroniseur de 2^{ème}/1^{ère} avec la MA
11	Baladeur de 5^{ème}	19	Couronne de différentiel
12	Pignon mené de 5^{ème}	22	Boîtier de différentiel
		23	Arbre secondaire

5.2. Vue d'un ensemble de pignon

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

5.3. Vue interne d'un synchroniseur

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

6- Principe de fonctionnement d'une boîte de vitesses

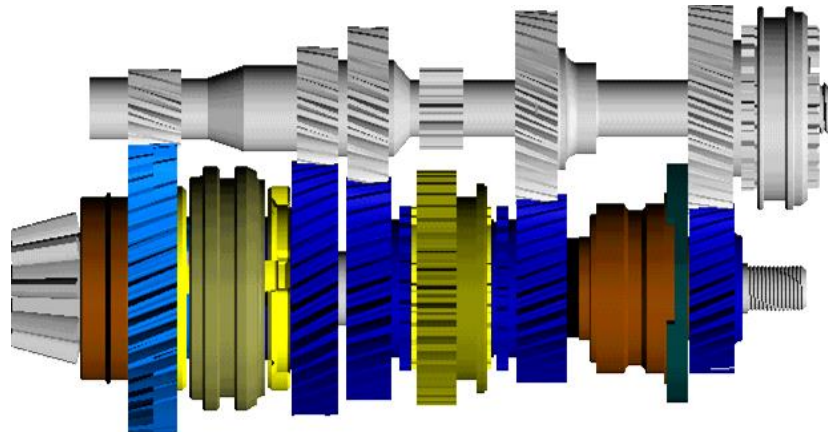
6.1. Introduction

Dans une boîte de vitesses, lorsque le véhicule se trouve au « point mort » : aucune vitesse n'est engagée, tous les pignons sont en rotation (sauf le pignon intermédiaire de marche arrière), ainsi que l'arbre primaire.

L'arbre secondaire n'est donc relié à aucun élément lui permettant d'être solidaire avec l'arbre primaire, conséquence, les roues ne sont pas entraînées par le moteur.

Le passage d'une vitesse s'effectue par accouplement d'un pignon lié à l'arbre primaire et d'un pignon lié à l'arbre secondaire. D'autre part, le choix des vitesses est conditionné par la manœuvre du conducteur sur le synchroniseur.

Pour une meilleure compréhension, seuls les deux arbres sont extraits de la B.V.

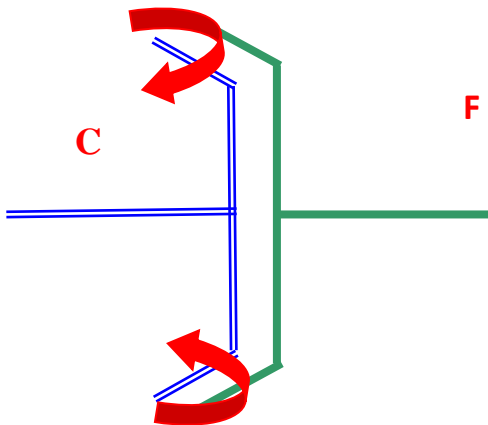


Sur la figure ci-dessus, tous les pignons de l'arbre secondaire sont montés libre en rotation et fixe en translation, ainsi que celui de 5^{ème} de l'arbre primaire.

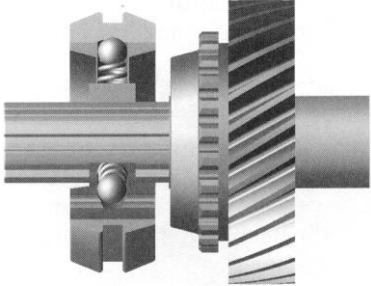
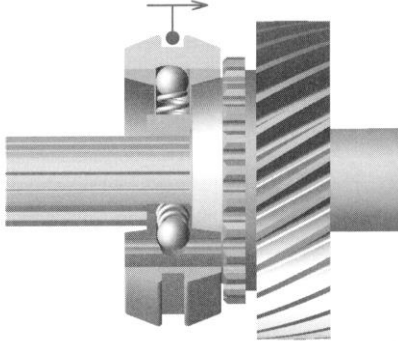
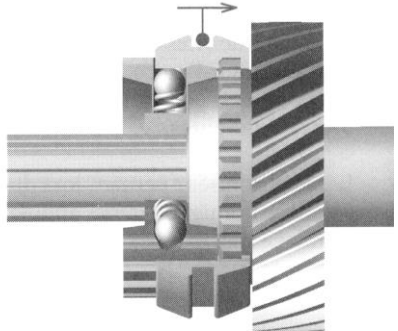
Le dispositif appelé « SYNCHRONISEUR » a pour rôle d'amener le pignon et le baladeur à la même vitesse de rotation avant le crabotage.

Il permet :

- d'agir automatiquement sans intervention du conducteur,
- de rendre le passage des vitesses silencieux,
- d'éviter l'usure anormale des crabots et leur rupture par chocs.

6.2. La synchronisation

Le synchroniseur est un embrayage à friction conique, de faible pente, car il permet pour un faible effort « F », de transmettre un couple « C » très important.

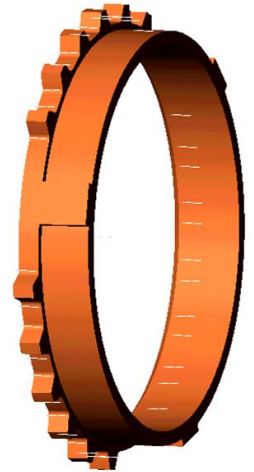
Représentation graphique	Position et principe de fonctionnement
	<p>Point mort</p> <p>En position repos ou « Point Mort », le pignon est fou sur l'arbre, le baladeur et le moyeu sont solidaires et tournent à la vitesse de l'arbre.</p>
	<p>Synchronisation</p> <p>Le conducteur sollicite, par l'intermédiaire du levier de sélection, le déplacement du baladeur. Le baladeur entraîne, grâce à la pression des billes ; le moyeu jusqu'au contact de son cône femelle sur le cône mâle du pignon. La friction des deux cônes a pour effet d'amener progressivement le pignon à la même vitesse de rotation que celle de l'ensemble moyeu-baladeur.</p>
	<p>Verrouillage</p> <p>Le pignon et le baladeur tournent maintenant à la même vitesse. Le conducteur, en exerçant un effort plus important sur le levier de sélection, dégage les billes du baladeur qui s'engage alors dans les crabots du pignon fou.</p>

Le synchroniseur de type « Borg Warner »

Le synchroniseur type « BORG WARNER » est le plus répandu et celui qui présente le plus de variantes parce que chaque bureau d'études utilisateur s'évertue à l'améliorer.

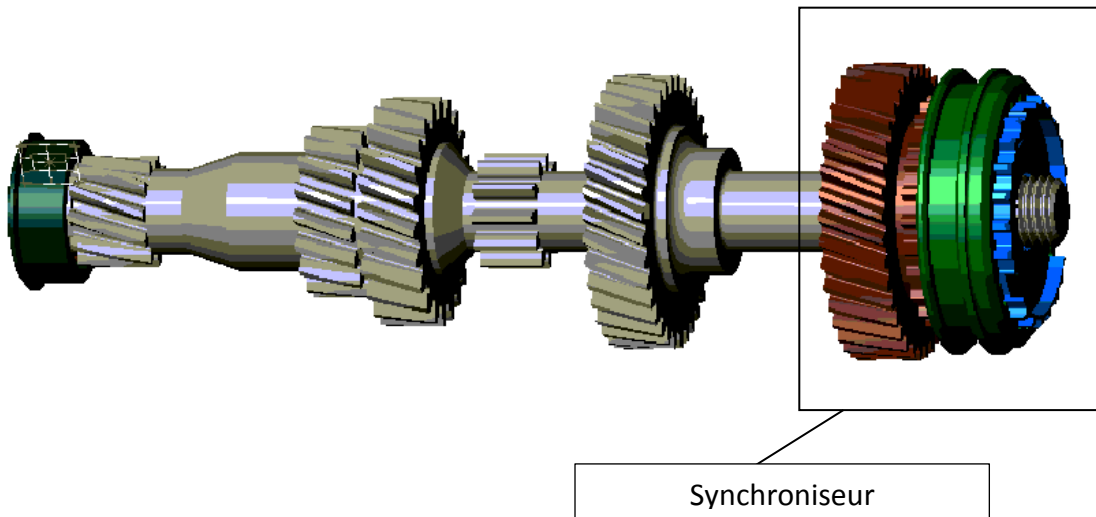
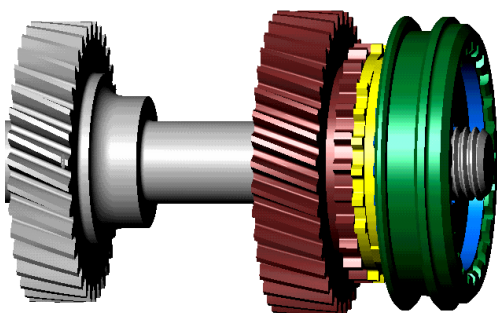
Sur l'arbre primaire ci-dessous, le synchroniseur est composé :

- d'un baladeur coulissant qui tourne à la même vitesse angulaire que l'arbre avec lequel il est lié par cannelures. Son déplacement est commandé par une fourchette,
- d'un moyeu, il est totalement lié à l'arbre,
- les anneaux de synchro qui porte le cône femelle de friction, possèdent une denture extérieure identique aux crabots mâle du pignon fou,
- d'un pignon fou qui porte le cône mâle de friction.

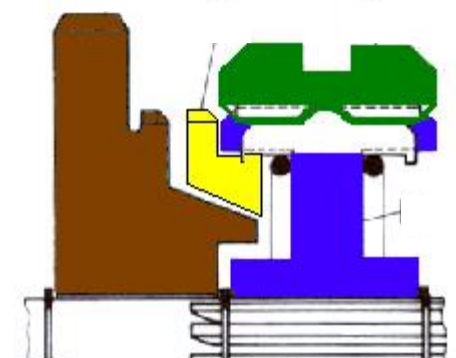


Il a deux fonctions successives :

- égaliser sa propre vitesse et celle du pignon fou monté sur l'arbre commun,
- se rendre solitaire de ce pignon fou afin de lui transmettre le mouvement de l'arbre (ou inversement).

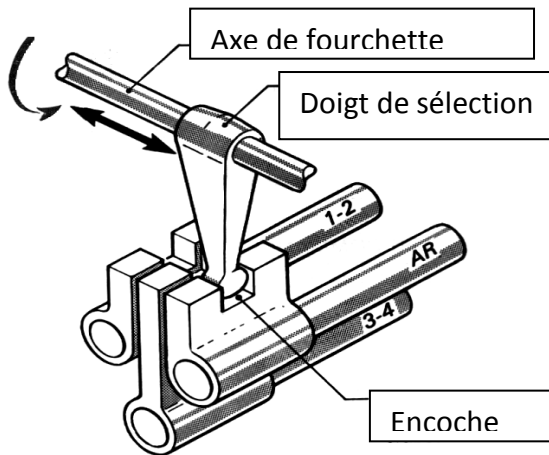
**Décomposition**

Pignon fou
Anneau de synchro
Baladeur
Moyeu



6.3. Le système de commande, de verrouillage et d'interdiction

La commande

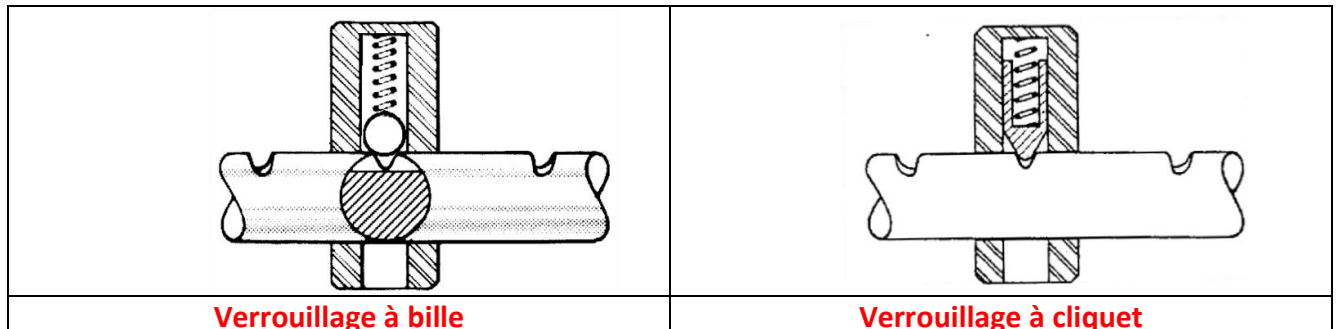


À leurs extrémités, les axes de fourchettes possèdent des encoches disposées les unes à côté des autres.

À l'aide d'un doigt articulé sur le carter, le conducteur peut sélectionner un axe et le déplacer pour engager un rapport.

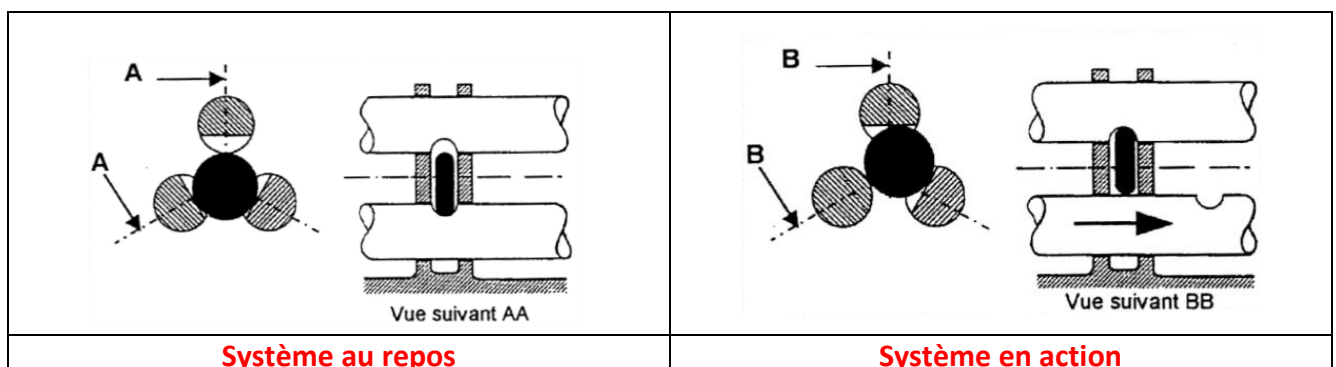
Le verrouillage

Il assure la position des axes pour éviter qu'ils ne se déplacent seuls, sous l'effet des vibrations. Il informe le conducteur de façon sensitive de la position prise par l'axe sollicité.



L'interdiction

Le système de verrouillage à disque, permet d'éviter l'éventuel passage de deux vitesses en même temps, ce qui aurait pour effet de bloquer la boîte de vitesses, de rompre les pièces et engendrer un accident dû au blocage de l'ensemble de la chaîne cinématique lors de la phase embrayage.



6.4. Le système de lubrification

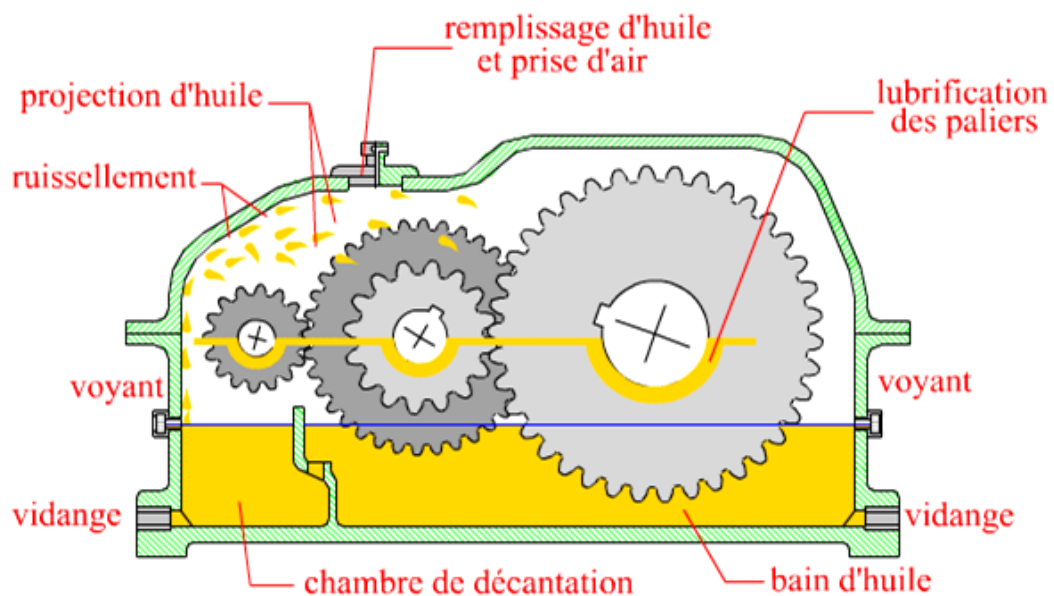
Dans la plupart des cas, la lubrification de la boîte de vitesses est réalisée par un graissage onctueux par barbotage.

Une partie des pignons seulement est au contact du bain d'huile et celle-ci prélevée en tournant, assure le graissage de la denture des pignons. La centrifugation de l'huile provoque une pulvérisation sur tous les organes et une projection importante sur les parois du carter.

Ce contact avec le carter contribue pour une grande part au refroidissement de l'huile.

Des rainures hélicoïdales pratiquées sur les faces latérales des pignons, facilitent l'accès de l'huile vers les axes et les paliers.

Montage ci-dessous : Lubrification par bain d'huile, projections et ruissellement



Maintenance :

Contrôle du niveau tous les 60 000 km ou tous les quatre ans, pas de vidange de préconiser.

Pour tous les modèles de véhicules, il faut impérativement respecter les préconisations constructeur tant au niveau de la périodicité d'entretien qu'au niveau de la quantité et de la qualité de l'huile

Exemple : Capacité : 1.9 litres
Viscosité : SAE 75W80

7. Les calculs applicables à la boîte de vitesses

La boîte de vitesses et le réducteur participent à la transmission de la puissance du moteur aux roues motrices.

Ils ont plus particulièrement pour tâche de délivrer aux roues motrices une puissance à la jante " P," dont les facteurs "Cj" (le couple à la jante) et " ω " (la vitesse angulaire des roues) sont adaptés aux conditions de dévolution du véhicule souhaitées par le conducteur.

Notion de puissance

La puissance est obtenue en divisant un travail donné par le temps écoulé pour l'effectuer. De symbole P, elle s'exprime en WATTS (W).

Nota : 1 cheval vapeur = **736 watts ; 1 cheval est égal à la puissance capable de soulever à 1 mètre une masse de 75 Kg en 1 seconde.**

Dans le cas d'un mouvement circulaire, la puissance se calcule selon la formule :

$$P = C \times \omega$$

Avec :

C : **couple moteur en Newton-mètres (N.m)**

ω : **(Oméga) vitesse de rotation en radians par seconde (rad/s)**

La conversion des tours/minute (N) en rad/s (ω) s'obtient par : $\omega = \frac{(2 \times \pi \times N)}{60}$

Applications : Voir les exercices N°1-2-3 et 4 P 13-14

Notion de rapport de vitesse (R_V)

C'est le rapport entre le nombre de dents de l'arbre d'entrée (dit **MENANT**) sur le nombre de dents de l'arbre de sortie (dit **MENÉ**) :

$$R_V = \frac{Z_{Menant}}{Z_{Mené}}$$

« Z » correspond au nombre de dents

Remarque :

- Si R_V est supérieur à 1 on parle de multiplicateur, si R est inférieur à 1 on parle de réducteur,
- R_V n'a pas d'unité !!! Par habitude, toujours prendre 4 chiffres après la virgule.

Applications : Voir les exercices N°5 et 6 P14

Notion de vitesses de sortie (ω_S ou N_S)

Grâce à la valeur du rapport de vitesse, on peut déterminer, quelle sera la vitesse de sortie qui sera transmise aux arbres de transmissions grâce à la formule :

$$\omega_S = \omega_E \times R_V \text{ ou } N_S = N_E \times R_V$$

Applications : Voir les exercices N°7 et 8 P 14-15

Notion de rapport de couple (R_C)

Ce rapport permet de calculer le couple en sortie de boîte de vitesses. Il est inversement proportionnel au rapport de vitesse :

$$R_C = \frac{1}{R_V} \text{ ou } \frac{Z_{Mené}}{Z_{Menant}}$$

« Z » correspond au nombre de dents

Remarque :

- R_C n'a pas d'unité !!! Par habitude, toujours prendre 4 chiffres après la virgule.

Applications : Voir les exercices N°9 et 10 P15

Notion de couple de sortie (ω_S ou N_S)

Grâce à la valeur du rapport de couple, on peut déterminer, quelle sera la couple de sortie qui sera transmise aux arbres de transmissions grâce à la formule :

$$C_S = C_E \times R_C$$

Applications : Voir les exercices N°11 – 12 et 13 P15

Exercices d'application sur une Volkswagen Passat■ **GÉNÉRALITÉS**

Moteur Diesel 4 temps turbocompressé à injection directe, 4 cylindres en ligne verticaux, disposé longitudinalement à l'avant du véhicule. Bloc-cylindres en fonte et culasse en alliage d'aluminium. Les moteurs AHU, AHH et AFN sont équipés d'une pompe d'injection à régulation électronique. Le moteur AJM est équipé d'un dispositif d'injection par injecteur-pompe à régulation électronique.
Distribution par simple arbre à cames en tête entraînée par courroie crantée.

Type moteur	AHU	AHH	AFN	AJM
Alésage x course (mm)	79,5 x 95,5			
Cylindrée (cm ³)	19,5 à 1 18 à 1			
Rapport volumétrique	19,5 à 1 18 à 1			
Pression de compression	25 à 31 bars			
- Nominale	19			
- Minimale	maxi 5			
- Écart entre cylindres	maxi 5			
Puissance maxi :				
- CEE (kW à tr/min)	115 à 4 000			
- DIN (ch à tr/min)	90 à 4 000	90 à 3 750	110 à 4 150	115 à 4 000
Couple maxi :				
- CEE (daN.m à tr/min)	20,2 à 1 900	21 à 1 900	23,5 à 1 900	28,5 à 1 900

1. Dans la fiche technique ci-dessus, coloriez, pour le moteur « AJM » :

- En bleu, le puissance maxi + régime,
- En vert, le couple maxi + régime

2. À partir des valeurs en vert, calculer la valeur de la puissance en Kwatts

P=C x ω avec ici :

$$\Omega = (2\pi \times 1900) / 60 = 198,95 \text{ rad/s}$$

$$C = 28,5 \text{ daN.m donc } C = 285 \text{ N.m}$$

$$\text{Donc } P = 285 \times 198,95 = 56701 \text{ Watts}$$

$$\text{Soit } \approx 77,03 \text{ ch}$$

Rappel des formules :

Résultat :

3. À partir des valeurs en bleu, calculer la valeur du couple en daN.m

$$\text{Soit } 115 \text{ ch} = 84640 \text{ watts}$$

P=C x ω avec ici :

$$\Omega = (2\pi \times 4000) / 60 = 418,84 \text{ rad/s}$$

$$\text{Donc } C = P / \omega \text{ donc } C = 84640 / 418,84 = 202,08 \text{ N.m}$$

$$\text{Soit } \approx 20,21 \text{ daN.m}$$

Rappel des formules :

Résultat :

Le système de transmission – S32-1-	Technologie
La boîte de vitesses	14/16

4. Que constatez-vous au niveau des valeurs trouvées aux questions 2 et 3 ?

Les puissances données par les constructeurs sont toujours les puissances maxi au régime maxi. Par conséquent, un conducteur lambda privilégiera toujours le couple maxi afin d'optimiser la consommation. Du coup, la puissance utilisée par le conducteur se résumera à la moitié de la puissance maxi

5. Votre Passat est équipée d'une boîte 012/01W. À partir des données ci-dessous, calculer les rapports de vitesses en sortie d'arbre secondaire.

Combinaison de vitesses	Nombre de dents sur l'arbre primaire	Nombre de dents sur l'arbre secondaire	Rapport de vitesse
1 ^{ère}	10	36	0,2778
2 ^{ème}	18	35	0,5143
3 ^{ème}	27	33	0,8182
4 ^{ème}	32	28	1,1429
5 ^{ème}	35	24	1,4583
M. AR	9	31	0,2903

Remarque : Pour la M.AR, le pignon intermédiaire compte 25 dents !!!!

6. Que remarquez-vous au niveau des valeurs de dents d'arbre primaire et secondaire, ainsi, que les valeurs de rapports trouvés ?

Plus le rapport augmente, plus le nombre de dents sur l'arbre primaire augmente. Et inversement sur l'arbre secondaire. Les rapports de vitesses, eux, augmentent au fur et à mesure que la combinaison augmente.

7. Compléter le tableau ci-dessous

A) Convertir 3000 trs/min en rad/s	B) Sachant que le R_v est de 0.2778, calculer ω_s
314,60 rad/s	$\omega_s = \omega_e \times R_v$ soit : $\omega_s = 314,6 \times 0,2778 = \underline{87,40 \text{ rad/s}}$
	C) Sachant que le R_v est de 0.2778, calculer N_s
	$N_s = N_e \times R_v$ soit : $N_s = 3000 \times 0,2778 = \underline{833,4 \text{ trs/min}}$

Le système de transmission – S32-1-	Technologie
La boîte de vitesses	15/16

8. À partir des valeurs trouvées en question 5, compléter le tableau ci-dessous

Combinaison de vitesses	Rapport de vitesse	Vitesse du moteur	Vitesse de l'arbre secondaire en Trs/min	Vitesse de l'arbre secondaire en rad/s
2 ^{ème}	0,5143	3000 trs/min	1542,9	161,57
3 ^{ème}	0,8182		2454,6	257,04
4 ^{ème}	1,1429		3428,7	359,05
5 ^{ème}	1,4583		4374,9	458,13
M. AR	0,2903		870,9	91,20

9. En reprenant les valeurs de la boîte **012/01W**, calculer les rapports de couple en sortie d'arbre secondaire.

Combinaison de vitesses	Nombre de dents sur l'arbre primaire	Nombre de dents sur l'arbre secondaire	Rapport de vitesse	Rapport de couple
1 ^{ère}	10	36	0,2778	3.6
2 ^{ème}	18	35	0,5143	1.9444
3 ^{ème}	27	33	0,8182	1.2222
4 ^{ème}	32	28	1,1429	0.8750
5 ^{ème}	35	24	1,4583	0.6857
M. AR	9	31	0,2903	3.4444

10. Que remarquez-vous au niveau des valeurs R_v et R_c ?

Plus les combinaisons des rapports augmentent et plus le rapport de vitesse augmente, laissant présager un véhicule allant de plus en plus vite. Inversement pour le rapport de couple, les valeurs de ce dernier diminuent au fur et à mesure de la montée des combinaisons de la boîte, laissant présager un couple de plus en plus faible

.....

.....

.....

11. Compléter le tableau ci-dessous

Convertir 18,5 daN.m en N.m
18,5 daN.m = <u>185 N.m</u>
Sachant que le R_c est de 3.6 en 1^{ère}, calculer le C_s de l'arbre secondaire
$C_s = C_e \times R_c$ donc <math>C_s = 185 \times 3.6 = <u>666 N.m</u></math>

Le système de transmission – S32-1-	Technologie
La boîte de vitesses	16/16

12. Compléter le tableau ci-dessous

Combinaison de vitesses	Rapport de couple	Couple du moteur	Couple de sortie arbre secondaire en daN.m	Couple de sortie arbre secondaire en N.m
2 ^{ème}	1.9444	18,5daN.m	35,97	359,7
3 ^{ème}	1.2222		22,61	226,1
4 ^{ème}	0.8750		16,19	161,9
5 ^{ème}	0.6857		12,69	126,9
M. AR	3.4444		63,72	637,2

13. Que remarquez-vous au niveau des valeurs de couple de sortie en daN.m ?

Plus les combinaisons augmentent et plus le couple de sortie diminue, privilégiant à l'inverse, la vitesse du véhicule

.....

.....

.....

.....

.....

.....