



Université Mohamed Khider de Biskra  
faculté des Sciences et de la Technologie  
Département de Génie Mécanique

# MÉMOIRE DE MASTER

**Domaine : Sciences et Techniques**

**Filière : Génie Mécanique**

**Spécialité : Construction Mécanique**

Réf. : Entrez la référence du document

---

Présenté et soutenu par :  
**KHELILI Mohamed Iheb Eddine**

Le : lundi 20 juin 2022

## **Etude de conception d'une boîte de vitesse manuelle 5 rapports d'une automobile Peugeot 308 diesel 1.6 HDI**

---

### **Jury :**

M.	BACI Lamine	Dr.	Université de Biskra	Président
M.	BENMACHICH Messaoud	Dr.	Université de Biskra	Examineur
M.	BENARFAOUI Arfaoui	Dr.	Université de Biskra	Rapporteur

# *Remerciements*

*Tous d'abord Je remercie Dieu Tout-Puissant*

*Ensuite, nos remerciements vont à mon enseignant mon directeur de recherches*

*Dr Benarfaoui Arfaoui, 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 2022.*

*Mes meilleures 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 : Larbi*

*A ma très chère mère : Nadia*

*A mon très cher frère: mondher*

*A mes sœurs : djomana et roeya*

*A toute ma grande famille : khelili*

*Et ma belle princesse : nadia*

*Et tous ceux qui m'ont aidé à arriver ici : zaki, saif, raouf, ramzi, oussama, lahcen,*

*Islam, dinou, hamza.*

*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

---

## Sommaire

Sommaire .....	1
Liste des Figures .....	4
Liste des Tableaux .....	7
<b>Introduction générale.....</b>	<b>9</b>
<b>CHAPITRE I : Théorie générale des Engrenages.....</b>	<b>10</b>
Introduction .....	11
I. Théorie général des engrenages .....	11
I.1. Définitions.....	11
I.2. Caractérisation des engrenages .....	13
1.2.1. Les engrenages cylindriques à denture droite.....	13
1.2.2. Les engrenages cylindriques à denture hélicoïdale .....	14
1.2.3. Engrenages coniques .....	15
1.2.4. Les engrenages gauches le système roue - vis sans fin .....	16
I.3. Avantages et inconvénients des engrenages .....	17
I.4. Matériaux pour engrenage .....	17
I.5. Géométrie générale d'un engrenage.....	19
I.5.1. Dent .....	19
I.5.2. Entredent .....	19
I.5.3. Surface de tête .....	20
I.5.4 Surface de tête .....	20
I.5.5. Flanc .....	20
I.5.6. Ligne de flanc .....	20
I.5.7. Profil .....	20
I.5.8. Flanc avant .....	21
I.5.9. Flanc de saillie .....	21
I.5.10. Flanc de creux .....	21
I.5.11. Cercle de pied.....	21
I.5.12. Largeur de denture .....	21
I.5.13. Hauteur de dent (h) .....	21
I.5.14. Saillie (ha) .....	21
I.5.15. Creux (ht) .....	21
I.5.16. Epaisseur .....	21
I.5.17. Intervalle .....	22
I.5.18. Pas circonférentiel .....	22
I.5.19. Module (m) .....	22
I.5.20. Roue conjuguée .....	22

# Sommaire

---

I.5.21. Entraxe .....	22
I.5.22. Cylindre primitif .....	22
I.5.23. Cercle primitif .....	22
I.5.24. Circonférence primitive .....	22
I.5.25. Diamètre primitif .....	23
I.6. Fonctionnement des engrenages .....	23
1.6.1. Profils conjugués .....	23
I.6.1.1 Définition .....	23
I.6.1.2. Développante de cercle .....	24
1.6.1.3. Étude du profil en développante de cercle .....	25
I.6.2. Ligne d'engrènement ou ligne d'action .....	27
I.6.3. Interférences.....	28
I.6.4. Interférence de taille.....	28
I.6.5. Angle de pression ( $\alpha$ ).....	29
I.6.6. Jeu entre dents .....	30
I.6.6.1. Définitions .....	30
I.6.6.2. Jeu circulaire .....	30
I.6.6.3. Jeu normal .....	30
Conclusion.....	31
<b>Chapitre II : technologie des boîtes vitesses manuelles à 5 rapports.....</b>	<b>32</b>
Introduction .....	33
II.1. Généralités sur la boîte de vitesse .....	33
II.1.1. Définition.....	33
II.1.2. Le rôle d'une boîte de vitesses .....	34
II.1.3. Technologies fonctionnelles des boîtes de vitesse .....	34
II.1.4. BOÎTE DE VITESSE AUTOMATIQUE .....	39
II.1.5. La boîte de vitesse semi-automatique.....	40
II.1.6. Boîte de vitesses séquentielle .....	40
II.1.7. La boîte vitesse elle est constituée de ces éléments.....	41
II.2. Etude et Calcul des caractéristiques des engrenages d'une boîte de vitesse .....	47
II.2.1. Calcul du rapport de vitesse .....	47
II.2.2. Calcul vitesses de sortie .....	48
II.2.3. Calcul Vitesse rotationnelle .....	48
II.2.4. Calcul rapport de couple .....	49
II.2.5. Calcul des modules .....	49
II.2.6. Calcul des diamètres .....	50
II.2.7. Distribution des charges statiques sur la dent et calcul des efforts dans chaque couple d'engrènement .....	51
II.2.8. Caractéristiques de chaque roue dentée .....	54

# Sommaire

---

Conclusion .....	55
<b>Chapitre III: Dimensionnement des Arbres et Roulements.....</b>	<b>56</b>
Introduction .....	57
III.1. Les arbres et les roulements .....	57
III.1.1. Les arbres .....	57
III.2. Les Roulements .....	60
III.2.1. Constitution des roulements .....	60
III.2.2. Les types de roulements .....	61
III.3. Calcule des moments des forces .....	63
III.3.1. Calcul des moments de torsion.....	63
III.3.2. Calcul des moments de flexion .....	64
III.3.3. Calcule Mr.....	65
III.3.4. Calcul des diamètres.....	66
III.4. Les lubrifiants de boîtes de vitesses .....	67
III.4.1. Définition.....	67
III.4.2. LES LUBRIFIANTS .....	67
III.4.3. Objectif de lubrification .....	68
III.4.4. Types de lubrification .....	68
Conclusion .....	70
<b>Chapitre IV: Dessin de la Boite vitesse.....</b>	<b>71</b>
Introduction .....	72
IV.1. Présentation du logiciel de CAO.....	72
IV.1.1. L'extrusion .....	73
IV.1.2. La révolution .....	73
IV.1.3. Le balayage .....	73
IV.2. Différentes fonctions logicielles .....	73
IV.2. 1.Les assemblages .....	74
IV.2. 2.Vues .....	75
IV.2. 3.Cotation .....	75
IV.2. 4.Fond de plan .....	76
IV.2. 5.Nomenclature .....	76
IV.3. Assemblages de la boite de vitesse: .....	78
IV.3.1. Arbre primaire .....	78
IV.3.2. Arbre secondaire .....	79
IV.3.3. Assemblage engrenage .....	80
IV.3.4. Les Roulements.....	81
Conclusion .....	84
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>85</b>

## Liste des figures

### CHAPITRE I : Théorie générale des Engrenages

Figure I.1: engrenage.....	11
Figure I.2:formes Engrenages .....	12
Figure I.3: Engrenage cylindrique à denture droite.....	13
Figure I.4:Engrenage cylindrique à denture hélicoïdale .....	14
Figure I.5:Engrenages coniques .....	15
Figure I.6:Engrenages gauches .....	16
Figure I.7:Mâtereau engrenages.....	18
Figure I.8:Dent .....	19
Figure I .9:Entredent .....	19
Figure I.10:Surface de tête .....	20
Figure I.11:Surface de tête .....	20
Figure I.12:Flanc .....	20
Figure I.13: Profil.....	20
Figure I.14: Flanc avant. ....	21
Figure I.15: Flanc de creux. ....	21
Figure I.16:Entraxe.....	22
Figure I.17: Caractéristiques des dents. ....	23
Figure I.18: Cylindre primitif plan de génération. ....	24
Figure I.19: Tracé d'une dent à partir de développantes de cercle. ....	25
Figure I.20: Développante de cercle. ....	25
Figure I.21:Pas de base $P_b$ .....	26
Figure I.22:Caractéristiques du profil en développante de cercle .....	26
Figure I.23: Ligne d'engrènement (ou d'action).....	27
Figure I.24:Couple de dents en contact.....	27
Figure I.25: Interférences de taille. ....	28
Figure I.26: Angle de pression. ....	29
Figure I.27: Jeu normal. ....	30
Figure I.28:Fonctionnement avec jeu.....	31
Figure I.29: Fonctionnement sans jeu. ....	31

# Liste des Figures

---

## Chapitre II : technologie des boîtes vitesses manuelles à 5 rapports

Figure II. 1:boite de vitesses .....	33
Figure II. 2:la boite de vitesse manuelle. ....	34
Figure II 3: boite de vitesse manuelle. ....	35
Figure II 4:Fonctionnement d'une boite vitesse manuelle .....	36
Figure II. 5:point mort.....	36
Figure II 6: La première vitesse. ....	37
Figure II. 7:les autres vitesses .....	37
Figure II 8:Marche arrière .....	38
Figure II 9:boîte de vitesse automatique .....	39
Figure II 10: Boite de vitesse semi-automatique.....	40
Figure II. 11: Boîte de vitesses séquentielle.....	41
Figure II. 12:Fourchette.....	41
Figure II.13: baladeur .....	42
Figure II. 14: Synchroniseur.....	42
Figure II. 15:Arbre de transmission .....	43
Figure II. 16:Différentiel .....	44
Figure II. 17:Roulement .....	44
Figure II. 18: Tringlerie.....	45
Figure II. 19:cardan .....	45
Figure II. 20: Embrayage .....	46
Figure II. 21: Volant moteur. ....	46
Figure II .22: Mesure au pied à coulisse.....	49
Figure II .23:la distribution des charges statiques sur la dent.....	51
Figure II .24: Caractéristiques de chaque roue dentée.....	54

## Chapitre III: Dimensionnement des Arbres et Roulements

Figure III. 1: les arbres de transmission .....	57
Figure III. 2:L'arbre primaire.....	58
Figure III. 3:L'arbre secondaire .....	59
Figure III. 4: Roulements. ....	60
Figure III. 5:Principaux éléments constitutifs d'un roulement .....	60
Figure III. 6:Roulements à rouleaux coniques .....	61
Figure III. 7:Roulements à rouleaux coniques .....	62



## Liste des Figures

---

Figure III. 8: Roulement à rotule sur deux rangées de billes .....	63
Figure III. 9: Roulement à bille .....	63
Figure III. 10: Circulation d'huile. ....	68
Figure III. 11: Barbotage. ....	69
Figure III. 12: Huile de ruissellement est dirigée vers des points spécifiques. ....	69
Figure III. 13: Points de transfert d'huile dans la boîte de vitesses. ....	70
<b>Chapitre IV: Dessin de la Boite vitesse</b>	
Figure IV. 1: dessin arbre primaire .....	78
Figure IV. 2: dessin arbre secondaire .....	79
Figure IV. 3: dessin arbre secondaire .....	80
Figure IV. 4: les roulements .....	81
Figure IV. 5: dessin assemblage (arbre primaire secondaire) .....	82
Figure IV. 6: dessin Assemblages de la boîte (tous les arbres) .....	83

## Liste de tableaux

### CHAPITRE I : Théorie générale des Engrenages

Tableau I. 1:les éléments géométrique de denture droite.....	13
Tableau I. 2: les Elément géométrique de denture hélicoïdale .....	14
Tableau I. 3:Elément géométrique de Engrenages coniques.....	15
Tableau I. 4: les Elément géométrique de la vis sans fin. ....	16
Tableau I. 5: Types des matériaux pour chaque engrenage. ....	19

### Chapitre II : technologie des boîtes vitesses manuelles à 5 rapports.

Tableau II. 1:nombre des dents .....	47
Tableau II. 2:Caractéristiques des engrenages .....	55

### Chapitre III: Dimensionnement des Arbres et Roulements

Tableau III. 1:les composants de l'arbre primaire .....	58
Tableau III. 2: les composants de l'arbre secondaire.....	59

# *Introduction général*

## 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 mener notre curiosité à faire une étude d'une boîte à vitesse dans l'objectif de comparer nos résultats de calcul concernant les pièces mécaniques avec ceux de la boîte réelle.

Le but de ce travail est d'étudier la conception de la boîte de vitesses manuelle pour 308 Peugeot diesel 1.6 HDI à transmission manuelle.

Dans le premier chapitre on étudie la théorie générale des engrenages. Dans le deuxième chapitre, nous réalisons les calculs des caractéristiques de l'engrenage avec différents types de boîte de vitesses ainsi que son principe de fonctionnement. Le Troisième chapitre a été réservé à l'étude complète de la boîte manuelle du 308 Peugeot Diesel 1.6 HDI avec différents calculs. Nous avons également donné certains procédés de lubrification. Et dans le dernier chapitre, nous procédé au dessin de la boîte Vitesse en utilisant SolidWorks. Enfin, nous avons terminé notre travail par une conclusion générale.

# *CHAPITRE I : Théorie générale des Engrenages*

# CHAPITRE I : Théorie générale des Engrenages

---

## Introduction :

Nous avons présenté en premier chapitre la théorie générale des engrenages avec tous ces types est tous ces fonctionnements des engrenages, qui vise à définir les caractéristiques de la transmission pendant le contact des dents.

## I. Théorie général des engrenages :

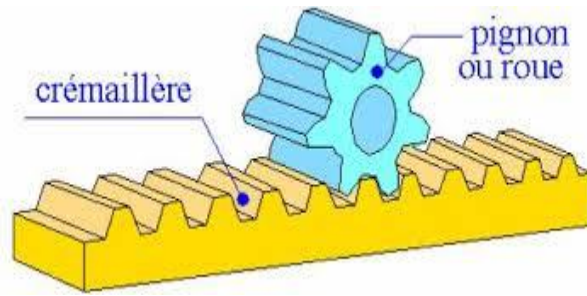
### I.1. Définitions:

Un engrenage est un mécanisme élémentaire constitué de deux roues d'engrenage mobiles autour d'axes de position relative invariable et dont l'une entraîne l'autre [1].

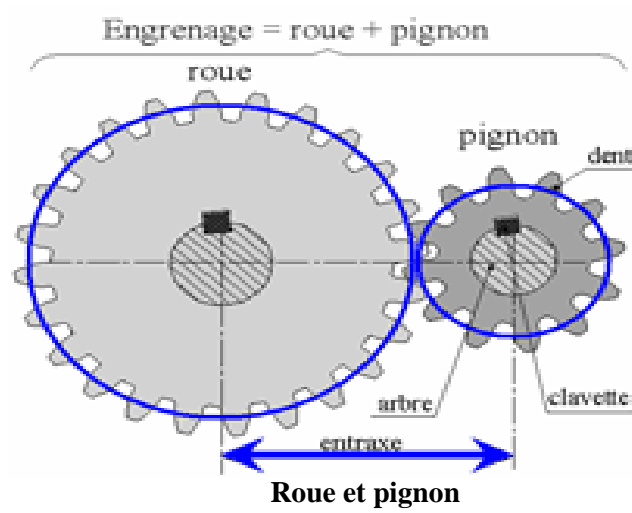
- Train d'engrenage : Un train d'engrenage est une combinaison de plusieurs engrenages.
- Pignon: La plus petite des roues dentées.
- Roue: La roue dentée de diamètre maximale.
- Couronne: Une roue à denture intérieure.
- Crémaillère : Un profil denté continu et plan



*Figure I. 1: engrenage*



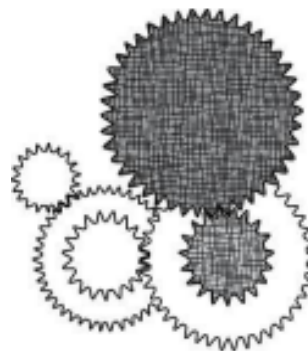
**Pignon et Crémailière**



**Roue et pignon**



**Train de deux engrenages**



**Train de trois engrenages**

*Figure I. 2: formes Engrenages*

# CHAPITRE I : Théorie générale des Engrenages

## I.2. Caractérisation des engrenages :

### 1.2.1. Les engrenages cylindriques à denture droite:

Les arbres sont parallèles et les dents des deux engrenages sont également Parallèles à l'axe de rotation des arbres. [1].

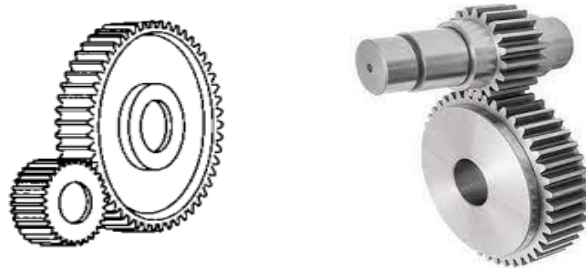


Figure I. 3: Engrenage cylindrique à denture droite.

Tableau I. 1: les éléments géométriques de denture droite

Désignation	Symbole	Formule
Module	M	Par un calcul de RDM
Nombre de dents	Z	Par un rapport de vitesse
Diamètre primitif	D	$d = m \cdot z$
Diamètre de tête	$d_a$	$d_a = d + 2m$
Diamètre de pied	$d_f$	$d_f = d - 2.5m$
Saillie	$h_a$	$h_a = m$
Creux	$h_f$	$h_f = 1.25m$
Hauteur de den	H	$h = 2.25m$
Pas	P	$P = \pi m$
Largeur de denture	B	$b = km \ (5 \leq k \leq 16)$
Entraxe	A	$a = (d_1 + d_2) / 2$



# CHAPITRE I : Théorie générale des Engrenages

## I.2.2. Les engrenages cylindriques à denture hélicoïdale

Les dents des deux engrenages sont inclinées par rapport à l'axe de rotation des arbres; À taille égale, ils sont plus silencieux et plus performants que les précédents pour transmettre de la puissance et du couple et L'inclinaison des dentures engendre des efforts axiaux [2].

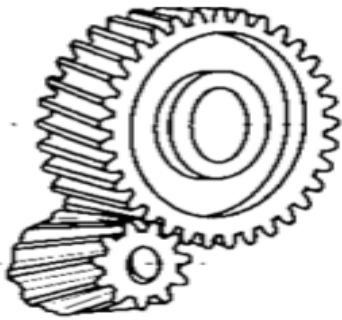


Figure I. 4: Engrenage cylindrique à denture hélicoïdale.

Tableau I. 2: les Elément géométrique de denture hélicoïdale

Désignation	Symbole	Formule
Module réel	$M_n$	Par un calcul de RDM
Nombre de dents	$Z$	Par un rapport de vitesse
Angle d'hélice	$\beta$	Entre $20^\circ$ et $30^\circ$
Module apparent	$M_t$	$m_t = m_n / \cos \beta$
Pas apparent	$P_t$	$P_t = p_n / \cos \beta$
Pas réel	$P_n$	$P_n = \pi m_n$
Diamètre primitif	$D$	$d = m_t * z$
Diamètre de tête	$D_a$	$d_a = d + 2m_n$
Diamètre de pied	$D_f$	$d_f = d - 2.5 m_n$
Saillie	$H_a$	$h_a = m_n$
Creux	$H_f$	$h_f = 1.25 m_n$
Hauteur de dent	$H$	$h = 2.25 m_n$
Largeur de denture	$B$	$b \geq \pi m_n / \sin \beta$
Entraxe	$A$	$a = (d_1 + d_2)/2$

# CHAPITRE I : Théorie générale des Engrenages

## 1.2.3. Engrenages coniques :

Les dents sont taillées dans des surfaces coniques; Ils sont utilisés pour transmettre Le mouvement entre des arbres concourants, perpendiculaires ou non; et La denture peut être droite mais aussi hélicoïdale ou spirale. [2].

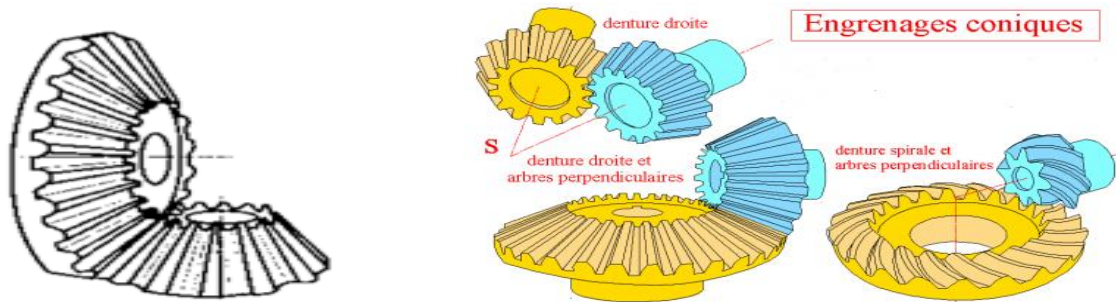


Figure I. 5: Engrenages coniques.

Tableau I. 3: Elément géométrique de Engrenages coniques.

Désignation	Symbole	Formule
Module	M	Par un calcul de RDM
Nombre de dents	Z	Par un rapport de vitesse
Angle primitif	$\delta$	$\text{Tag } \delta_1 = \frac{Z_1}{Z_2}$
Diamètre primitif	D	$d_1 = m * Z_1$ et $d_2 = m * Z_2$
Largeur de denture	B	$b = km$ ( $5 \leq k \leq 16$ )
Diamètre de tête	Da	$da_1 = d_1 + 2m \cos \delta_1$
Diamètre de pied	Df	$df_1 = d_1 - 2.5m \cos \delta_1$
Saillie	Ha	$ha = m$
Creux	Hf	$hf = 1.25m$
Hauteur de dent	H	$h = 2.5m$
Angle de saillie	$\Theta_a$	$\Theta_a = \frac{m}{l}$
Angle de creux	$\Theta_f$	$\Theta_f = \frac{1.25m}{l}$
Angle de tête	$\delta_a$	$\delta_a = \delta_1 + \Theta_a$
Angle de pied	$\delta_f$	$\delta_f = \delta_1 - \Theta_f$

# CHAPITRE I : Théorie générale des Engrenages

## I.2.4. Les engrenages gauches le système roue - vis sans fin :

L'une des roues ressemble à une vis et l'autre à une roue hélicoïdale; Le sens de rotation de la roue dépend de celui de la vis mais aussi de l'inclinaison de la denture, filet à gauche ou à droite; et L'irréversibilité est possible [2]

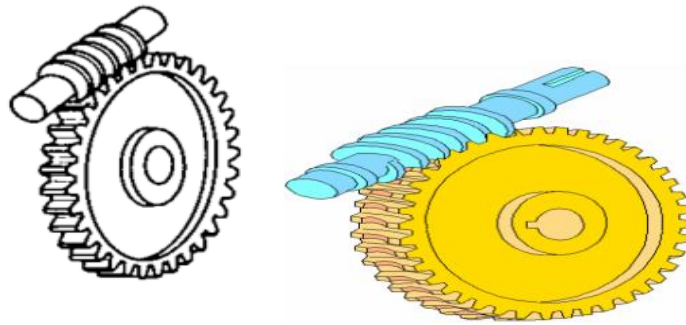


Figure I. 6: Engrenages gauches

Tableau I. 4: les Elément géométrique de la vis sans fin.

Désignation	Symbole	Formule
Nombre de dents	$Z_v$	$Z_v$
Angle d'hélice	$\beta_v$	$B_v$
Angle de pression	$\alpha_n$	$A_n$
Module réel	$m_n$	$m_n$
Module axial	$m_x$	$m_x = m_n / \cos \beta_v$
Pas réel	$P_n$	$P_n = m_n * \pi$
Pas axial	$P_x$	$P_x = P_n / \cos \beta_v$
Pas de l'hélice	$P_z$	$P_z = P_x * Z_v$
Saillie	$h_a$	$h_a = m_n$
Creux	$H_f$	$h_f = 1.25 m_n$
Hauteur de dent	$H$	$H = h_a + h_f$
Diamètre primitif	$D$	$d = P_z / \pi \tan \beta_v$
Diamètre de tête	$D_a$	$d_a = d + m_n$
Diamètre de pied	$D_f$	$d_f = d - 2.5 m_n$
Longueur de la vis	$l$	$l = P_x * 5$

# CHAPITRE I : Théorie générale des Engrenages

---

## I.3. Avantages et inconvénients des engrenages :

### AVANTAGES

- Transmission de puissances élevées sous fréquences de rotation élevées.
- Transmission à rapport rigoureusement constante (transmission synchrone).
- Transmission parfaitement homocinétique.
- Possibilités de transmissions entre plusieurs arbres.
- Bon rendement général, suivant classe de qualité.
- Durée de vie importante.
- Bonne fiabilité.

### INCONVÉNIENTS :

- Nécessité d'un entraxe précis et constant.
- Niveau sonore variable suivant type d'engrenage
- Transmission des à-coups et vibrations
- Nécessité d'une lubrification, souvent par fluide.
- Réversibilité possible suivant type d'engrenage
- Coût très variable suivant type d'engrenage et classe de qualité.

## I.4. Matériaux pour engrenage :

✓ Un grand nombre de matériaux sont utilisés pour la fabrication des engrenages [3] :

- Aciers de toutes nuances.
- Fontes ordinaires et spéciales.
- Bronzes.
- Matières synthétiques, etc.

✓ Le choix dépend d'un assez grand nombre de facteurs :

- Types d'engrenages.
- Vitesses de rotation.

## CHAPITRE I : Théorie générale des Engrenages

---

- Résistances demandées à la rupture et à l'usure.
- Silence de fonctionnement.
- Dimensions de l'engrenage.
- Matériel d'usinage disponible, etc.

On peut toutefois qu'à l'exception des engrenages à vis sans fin pour lesquels le bronze est pratiquement le seul matériau possible pour la roue, ce sont les aciers qui sont de loin les plus utilisés. Ils permettent d'obtenir le maximum de sécurité avec un encombrement minimum; les questions de fonderie, De forge st d'usinage des grandes roues ne constituent même plus un Obstacle dans l'industrie moderne. [3]



*Figure I. 7: Matière engrenages*

# CHAPITRE I : Théorie générale des Engrenages

## ➤ Tableaux type matériaux : [4]

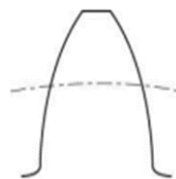
*Tableau I. 5: Types des matériaux pour chaque engrenage.*

TYPES D'ENGRENAGES	MATÉRIEL
Engrenages pour transmission, boîte de transmission, démarreur et essieu moteur	20CrMnTi
Engrenage dans un groupe motopropulseur	20CrMnMo
	20CrMo
	22CrMo
Transmission de machine, moteur de portique, voiture verticale et autre engrenage mécanique	12CrNi3
Petits engrenages dans la boîte de vitesses des engins de levage, de transport, d'exploitation minière, de l'industrie chimique, des locomotives et autres	12Cr2Ni4
	20CrNi3
	20CrNi2Mo
	17CrNiMo6

## I.5. Géométrie générale d'un engrenage [1]:

### I.5.1. Dent :

Dans une roue, chacun des éléments en saillie destiné à assurer par contact avec les dents de l'autre roue l'entraînement de l'une des roues par l'autre.



*Figure I. 8: Dent*

### I.5.2. Entredent :

Espace séparant deux dents voisines d'une roue.



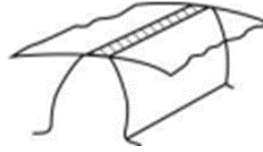
*Figure I. 9: Entredent.*

# CHAPITRE I : Théorie générale des Engrenages

---

## I.5.3. Surface de tête :

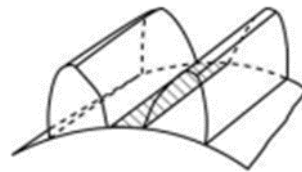
Surface coaxiale à la roue contenant les sommets des dents.



*Figure I.10: Surface de tête.*

## I.5.4 Surface de tête :

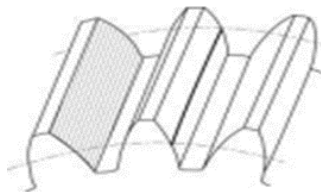
Surface coaxiale à la roue, tangente au fond des entredents.



*Figure I.11: Surface de tête*

## I.5.5. Flanc :

Portion de la surface d'une dent comprise entre la surface de tête et la surface de pied.



*Figure I.12: Flanc.*

## I.5.6. Ligne de flanc :

Intersection d'un flanc avec la surface primitive.

## I.5.7. Profil :

Section d'un flanc par une surface donnée définie par rapport à la surface primitive de référence.



*Figure I.13: Profil.*

# CHAPITRE I : Théorie générale des Engrenages

---

## I.5.8. Flanc avant :

Celui des deux flancs d'une dent par lequel se transmet le mouvement de, ou à, la roue conjuguée, flanc arrière flanc anti-homologue du flanc avant.



*Figure I.14: Flanc avant.*

## I.5.9. Flanc de saillie :

Portion de flanc comprise entre la surface de tête et la surface primitive de référence.

## I.5.10. Flanc de creux :

Portion de flanc comprise entre la surface de pied et la surface primitive de référence



*Figure I.15: Flanc de creux.*

## I.5.11. Cercle de pied :

Section du cylindre de pied par un plan perpendiculaire à l'axe de la roue.

## I.5.12. Largeur de denture :

Largeur de la partie dentée d'une roue, mesurée suivant une génératrice du cylindre primitif de référence.

## I.5.13. Hauteur de dent (h) :

Distance radiale entre le cercle de tête et le cercle de pied.

## I.5.14. Saillie (ha) :

Distance radiale entre le cercle de tête et le cercle primitif.

## I.5.15. Creux (ht) :

Distance radiale entre le cercle de pied et le cercle primitif.

## I.5.16. Epaisseur :

Longueur de l'arc de cercle primitif compris entre les deux profils d'une dent.



# CHAPITRE I : Théorie générale des Engrenages

## I.5.17. Intervalle :

Longueur de l'arc de cercle primitif compris entre les deux profils situés de part et d'autre d'une entredent.

## I.5.18. Pas circonférentiel :

Longueur de l'arc de circonférence primitive égale à une épaisseur et à un intervalle.

## I.5.19. Module (m) :

Le module est le quotient du pas circonférentiel (exprimé en mm) Par 3,14. On peut également le définir comme étant le quotient du diamètre (exprimé en mm) par le nombre de dents  $z$ .

## I.5.20. Roue conjuguée :

Une roue conjuguée est une quelconque des deux roues d'un engrenage considéré par rapport à l'autre.

## I.5.21. Entraxe :

L'entraxe est la distance entre les axes d'un engrenage.

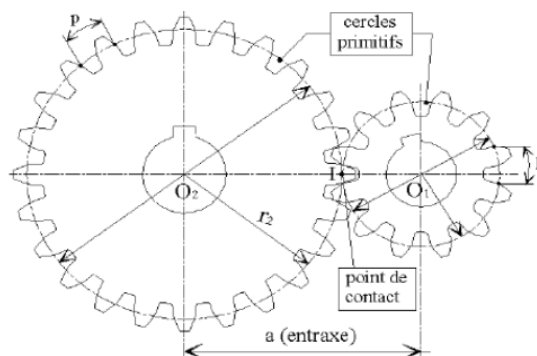


Figure I.16: Entraxe.

## I.5.22. Cylindre primitif :

Cylindre de roues de friction donnant le même rapport de vitesse que celui de l'engrenage considéré.

## I.5.23. Cercle primitif :

Section droite du cylindre primitif.

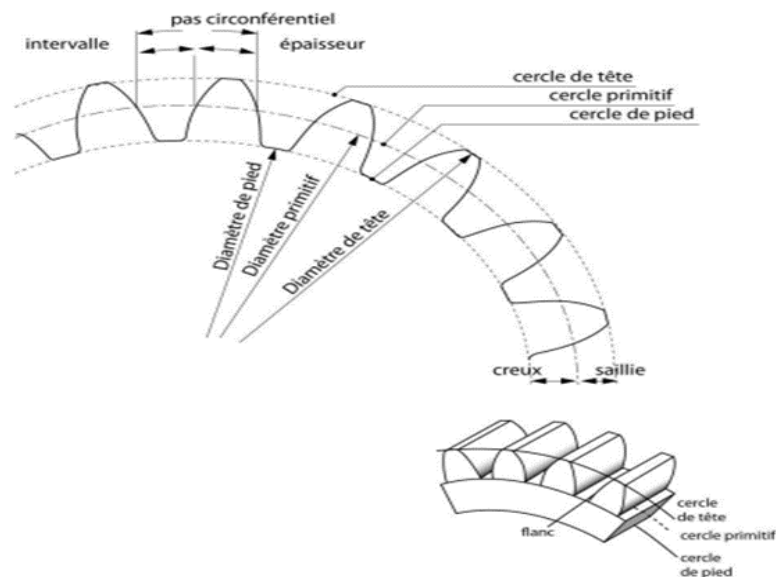
## I.5.24. Circonférence primitive :

Les circonférences primitives de deux roues conjuguées sont tangentes pendant le mouvement de rotation.

# CHAPITRE I : Théorie générale des Engrenages

## I.5.25. Diamètre primitif :

Diamètre du cercle primitif (Symbole  $d$ ).



*Figure I.17: Caractéristiques des dents.*

## I.6. Fonctionnement des engrenages :

Pendant le fonctionnement d'une transmission, le contact d'une dent de la roue menant avec une dent de la roue menée s'amorce au pied de la dent menant et au sommet de la dent menée. L'engrènement s'effectue sur toute la largeur des dents à la fois (engrenages dentures droites). Pour que la transmission de la rotation à l'arbre mené soit continue, l'attaque du couple de dents suivant doit se produire avant la fin de prise du couple précédent. Dans les sections perpendiculaires aux axes des roues hélicoïdales, le contact s'établit de la même façon que dans le cas des roues à dentures droites, mais du fait que les dents des roues hélicoïdales sont disposées suivant les hélices, la phase de leur engrènement varie dans les sections parallèles, contrairement aux engrenages à dentures droites où cette phase est la même sur toute la largeur des roues. A la différence d'un engrenage droit, dans un engrenage hélicoïdal le contact des dents s'établit non pas simultanément sur toute leur largeur, mais progressivement. L'engrènement d'un couple de dents s'amorce à la racine de la dent menant et sur l'arête de la dent menée. [5]

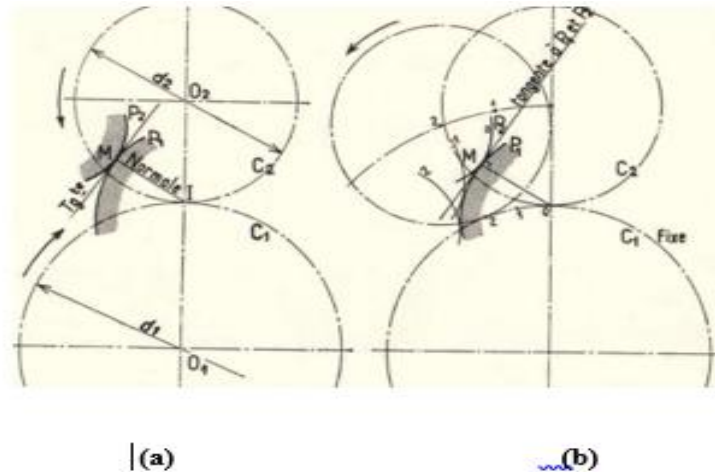
### 1.6.1. Profils conjugués :

#### 1.6.1.1 Définition :

Deux profils sont dits conjugués lorsque les profils restent constamment tangents durant le temps où les surfaces de denture en contact assurent la transmission. Si les profils de

# CHAPITRE I : Théorie générale des Engrenages

deux roues dentées engrenant ensemble sont constamment tangentes (figure 18 a) alors les deux profils ont à chaque instant une normale commune. Si le rapport des vitesses est constant et égal au rapport inverse des diamètres primitifs alors la normale commune passe à chaque instant par le centre instantané de rotation du mouvement de l'une des circonférences primitives par rapport à l'autre supposée fixe (figure 18b). Ce point, point de contact I des deux circonférences primitives, est appelé point primitif [5]



**Figure 1.18:** Cylindre primitif plan de génération.

La condition de conduite correcte est remplie si la courbe P1 est l'enveloppe des positions successives de P2 ; P1 est aussi l'enveloppe des positions de la tangente commune en M. La méthode de taillage par génération présentée dans les deux ressources « Taillage des engrenages par génération, outil crémaillère et outil pignon » et « Taillage des engrenages par génération, outil fraise-mère » est basée sur ce résultat.

## 1.6.1.2. Développante de cercle :

Et tracé Le profil des dents suit une courbe géométrique nommée développante de cercle qui se trace selon la méthode suivante (figure 19). [5]

- Tracer un cercle support de la développante (figure 19a),
- Tracer un diamètre assimilé à une corde fixée en **x**, enroulée autour du cercle et un crayon fixé à l'extrémité libre (figure 19a),
- Dérouler la corde avec le crayon traçant la courbe rouge (figures 19b et 19c) : la développante de cercle
- Une dent est définie à partir de deux développantes de cercle (figure 19d)

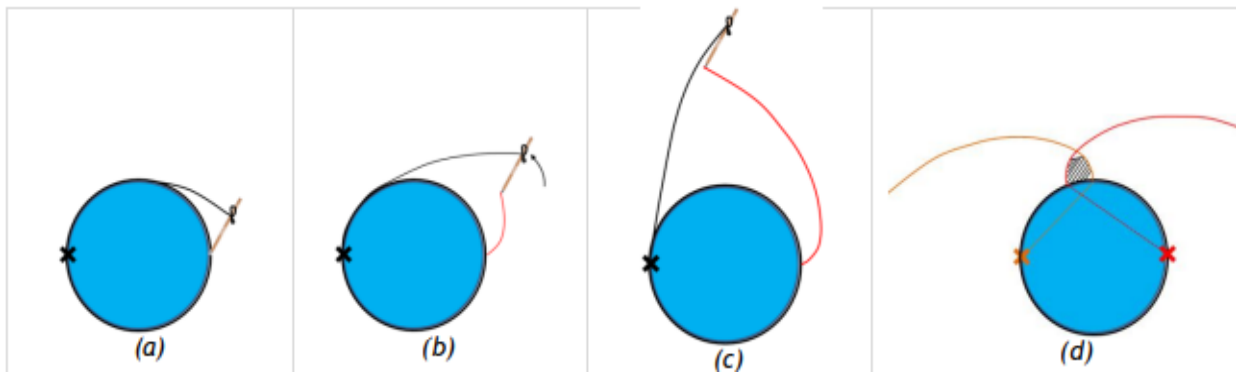


Figure I.19: Tracé d'une dent à partir de développantes de cercle.

### 1.6.1.3. Étude du profil en développante de cercle :

#### ➤ Développante de cercle :

Le cercle qui sert de support au tracé de la développante est Appelé cercle de base (rayon  $r_b$ ). [5]

Les développantes tracées à partir d'un même cercle de base sont toutes géométriquement identiques ou superposables.

Les profils des flancs et faces des dents suivent rigoureusement la géométrie de la développante.

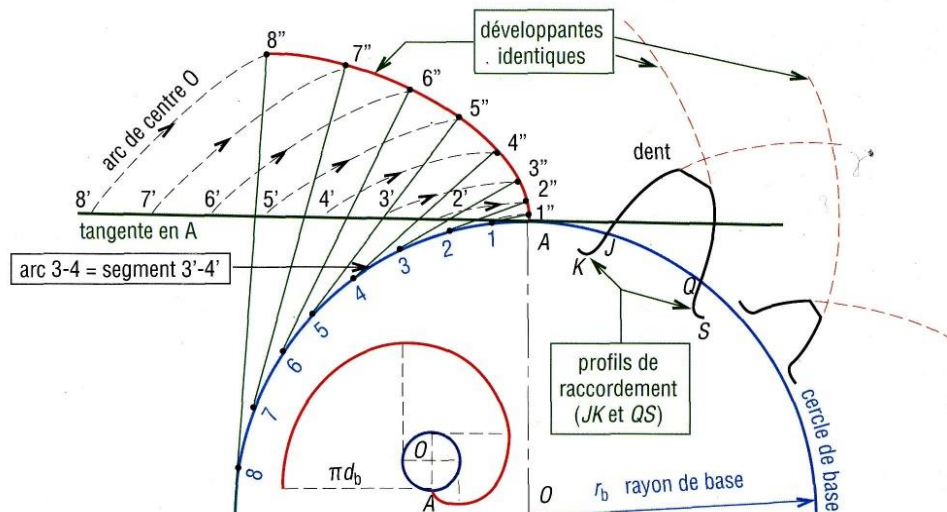


Figure I.20: Développante de cercle.

# CHAPITRE I : Théorie générale des Engrenages

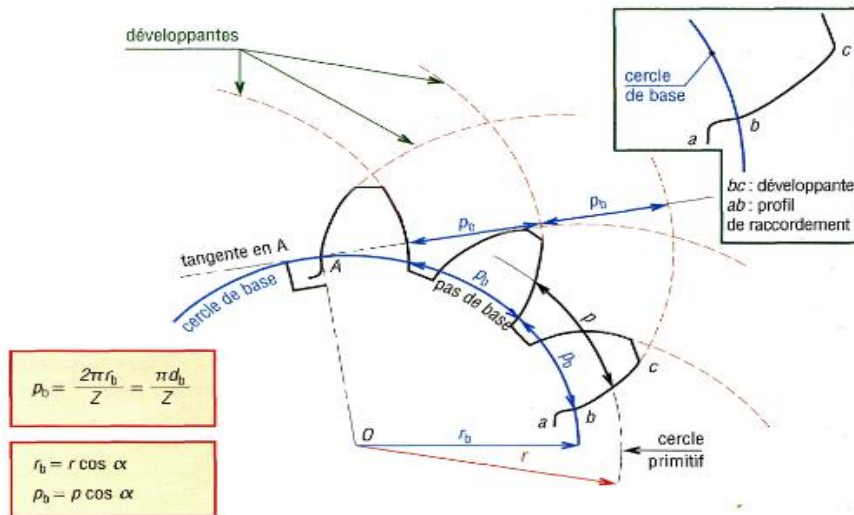


Figure I. 21: Pas de base  $P_b$ .

- **Propriétés et caractéristiques du profil en développante de cercle :**

Le profil en développante de cercle est le plus utilisé ; il est insensible aux variations d'entraxes et se laisse tailler à l'aide d'outils relativement simples. Le profil cycloïdal, également utilisé, est surtout employé en micromécanique.

Propriété : Il permet d'obtenir des roues avec de petits nombres de dents sans interférence de taillage, Inconvénient : il est sensible aux variations d'entraxes. [5]

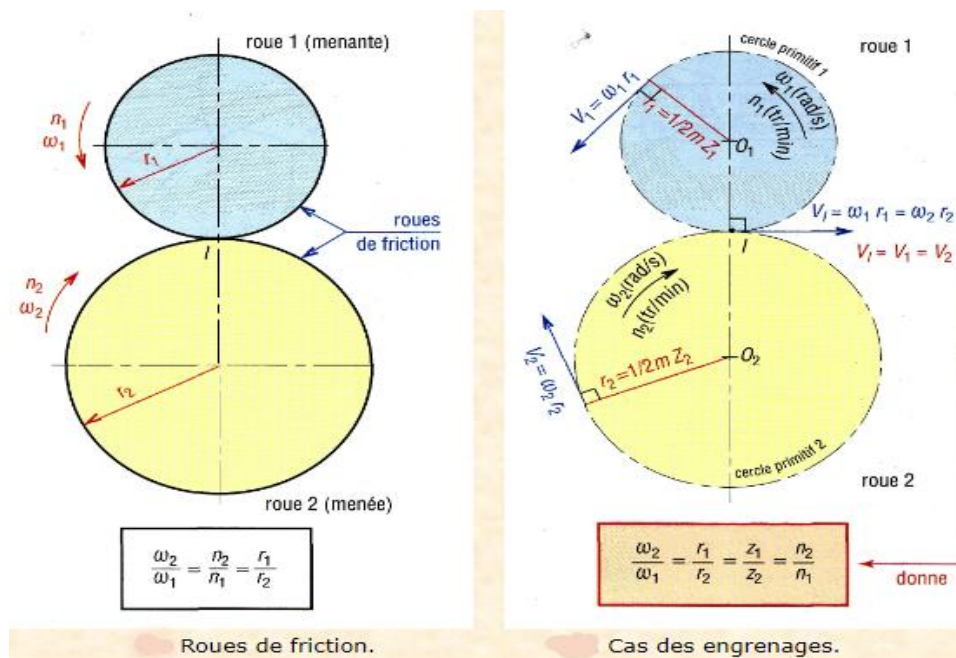
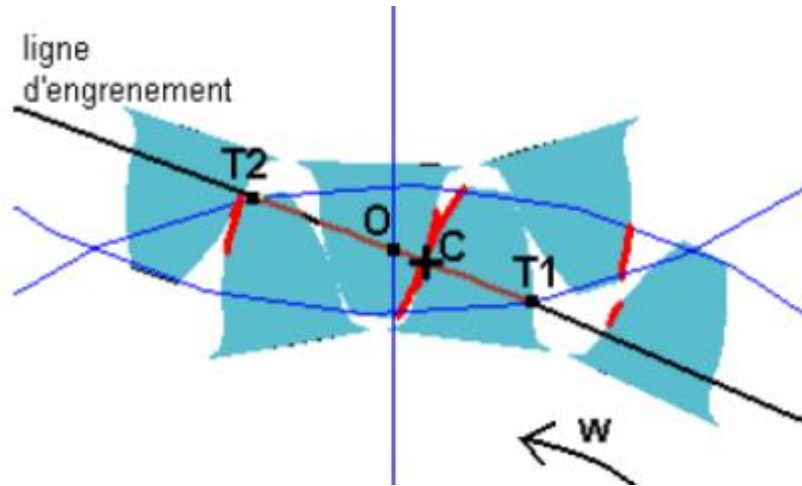


Figure I.22: Caractéristiques du profil en développante de cercle

# CHAPITRE I : Théorie générale des Engrenages

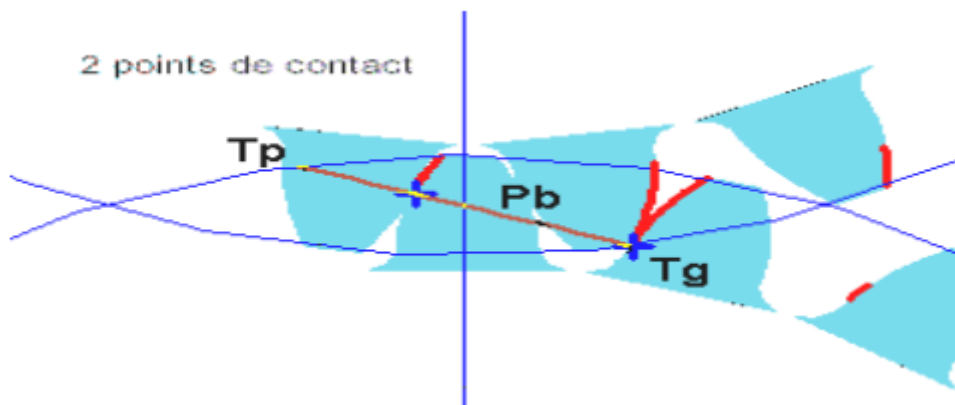
## I.6.2. Ligne d'engrènement ou ligne d'action :

L'approche se définit comme étant la phase où le point de contact C entre une paire de dents sur la ligne d'action se déplace de T1 à O soit du début du contact jusqu'au point primitif, La retraite se définit comme étant la phase où le point de contact C entre une paire de dents sur la ligne d'engrènement se déplace de O à T2) soit du point primitif jusqu'à la fin du contact.



*Figure I.23: Ligne d'engrènement (ou d'action).*

Pour assurer une transmission continue du mouvement, il est nécessaire qu'un nouveau couple de dents soit en approche avant que le couple précédent termine sa retraite. Il faut, qu'il y ait au moins un couple de dent qui soit toujours en prise [5].



*Figure I.24: Couple de dents en contact*

Cette condition s'écrit :  $TP Tg > Pb$ .

**TP Tg** : Distance entre le point TP et le point Tg le long de la ligne D'engrènement

**Pb** : **Pas de base** : distance entre deux dents consécutives le long de la ligne d'engrènement.

# CHAPITRE I : Théorie générale des Engrenages

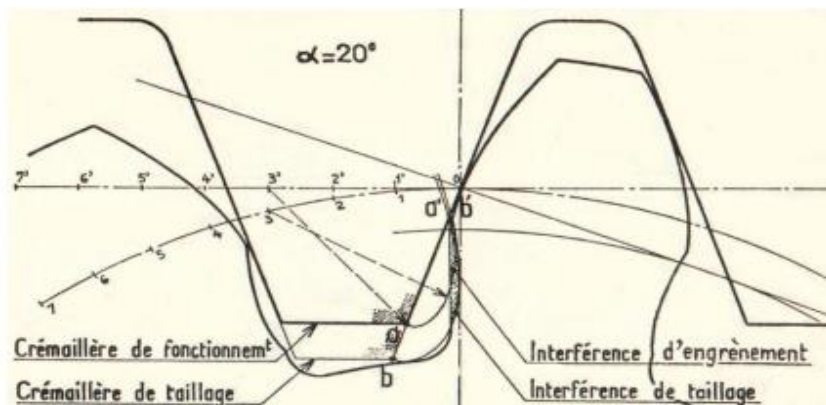
## I.6.3. Interférences :

Lorsque le nombre de dents du pignon est faible (inférieur à 12 dents), le fond du creux de la dent est alors étroit. Lorsque le nombre de dents de la roue est grand, le sommet des dents est large, l'engrènement est alors difficile, voire même impossible : la tête des dents de la grande roue ne peut pas se déplacer dans le creux des dents du pignon. Il y a alors interférence de fonctionnement, on dit aussi que les dents Interfèrent. [5]

## I.6.4. Interférence de taille :

Lors du mouvement de génération de la denture par l'outil crémaillère (voir ressource « Taillage des engrenages par génération, outil crémaillère et outil pignon »), il se peut qu'un des points de l'outil recoupe au niveau du pied de la dent le profil déjà usiné, ainsi le profil enveloppe en développante de cercle est alors tronqué et il n'y a plus de continuité de tangence. Un risque d'amorce de rupture de la dent est aussi ajouté. Lors du taillage, l'outil façonne donc le fond des creux de dents créant ainsi une interférence de taille.

(La figure 25) montre l'usinage du fond des creux d'un pignon taillé par un outil crémaillère. Cette interférence de taille est supérieure à l'interférence de fonctionnement, et fragilise considérablement la dent [5].



*Figure I.25: Interférences de taille.*

**Courbe aa'** : lieu du sommet a de la crémaillère de fonctionnement.

**Courbe bb'** : lieu de fonctionnement b de la crémaillère de taillage.

# CHAPITRE I : Théorie générale des Engrenages

Pour éviter les interférences, les corrections de denture ont été introduites dans la construction des engrenages apportant des améliorations sensibles sur la résistance et l'usure des dents [5].

Prévenir le phénomène d'interférence conduit à vérifier la relation suivante:

$$Z \geq 2(1-x) / \sin^2 \alpha \geq 0$$

Avec  $Z$  le nombre de dents,  $x$  le coefficient de déport et  $\alpha = 20^\circ$ , angle de pression (en pratique le coefficient de déport  $x$  est limité :  $-0,5 < x < 0,8$ ).

Les corrections sont réalisées par augmentation de l'angle de pression ou par déport de denture.

## I.6.5. Angle de pression ( $\alpha$ ) :

Toute position de contact entre le pignon et la roue le long d'une ligne droite Lors de l'engrènement, l'angle de pression  $\alpha_r$  de la roue est différent du  $\alpha_p$  du pignon. Cependant, lorsque ce point de contact est O (point d'origine), l'angle de pression Devient égal à  $\alpha_c$ , qui est également l'angle de pression de l'outil de coupe. [6]

Autre caractéristique importante, il définit l'inclinaison de la droite de pression T1T2 de la forme de la dent.

$\alpha = 20^\circ$  est la valeur la plus utilisée,  $\alpha = 14^\circ 30'$  est utilisé en remplacement d'engrenages anciens,  $\alpha = 25^\circ$  est un standard aux USA. [6]

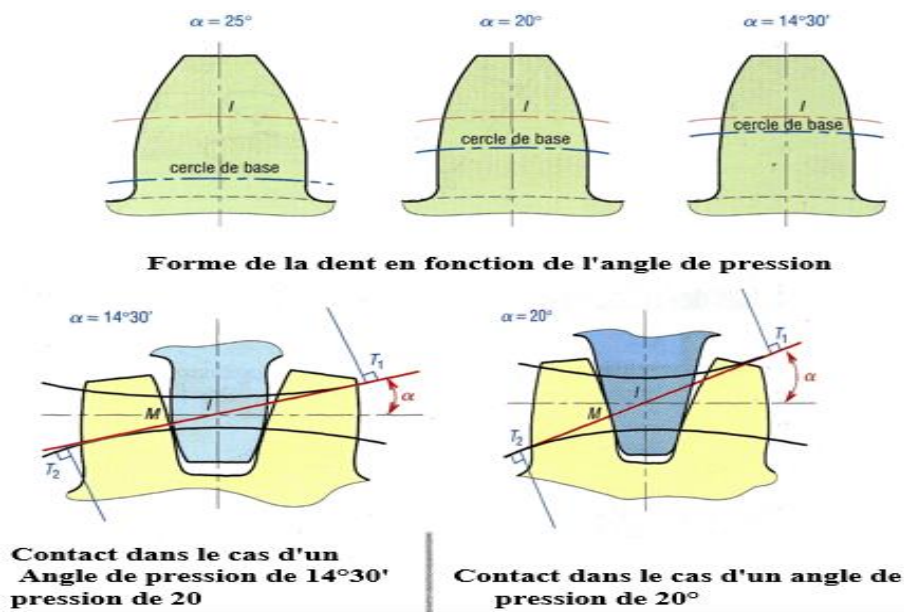


Figure I.26: Angle de pression.



# CHAPITRE I : Théorie générale des Engrenages

## I.6.6. Jeu entre dents :

### I.6.6.1. Définitions :

Le jeu entre dents est la plus courte distance entre les flancs arrière de deux roues, quand les flancs avant sont en contact.

Les valeurs limites du jeu entre dents résultent des tolérances sur l'épaisseur des dents et sur l'entraxe. Ceci est vrai pour des roues neuves. Pour des roues ayant déjà travaillé, le jeu augmente de la valeur de l'usure.

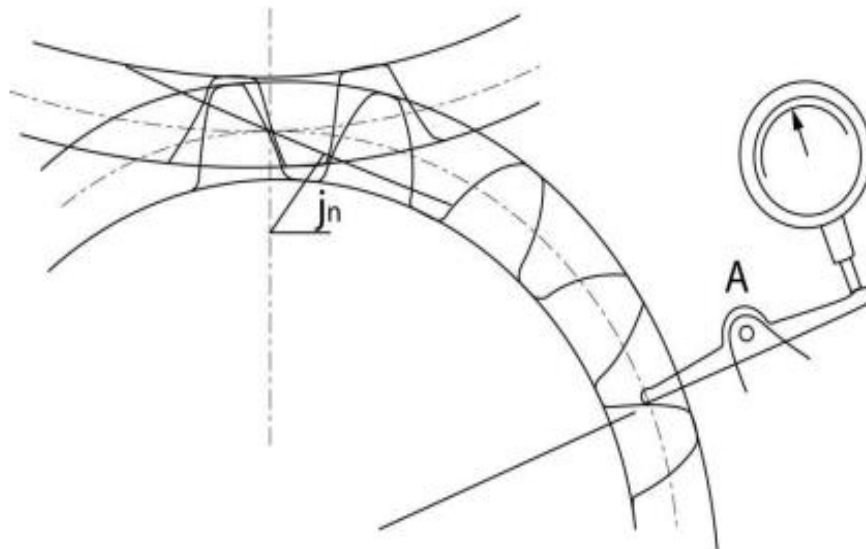
On peut distinguer le jeu circulaire et le jeu normal. [1]

### I.6.6.2. Jeu circulaire :

Le jeu circulaire se définit comme suit : L'un des organes de l'engrenage étant immobilisé, on communique à l'autre l'amplitude de battement maximale : c'est le déplacement maximal enregistré par exemple avec un comparateur dont la touche est positionnée au voisinage du cylindre primitif, et tangentielle à ce cylindre. [1]

### I.6.6.3. Jeu normal :

Le jeu normal est le jeu total qui peut être déterminé avec une cale entre les dentures. [1]



*Figure I.27: Jeu normal.*

- La valeur du jeu est déterminée par la qualité choisie, la zone de tolérances et les dimensions.

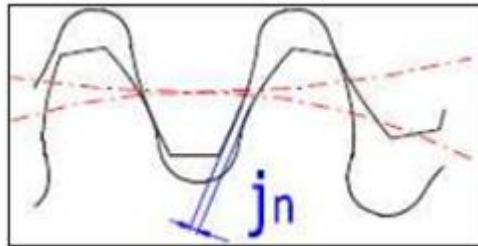
### ➤ Jeu de fonctionnement :

Le jeu  $J_n$  est nécessaire pour le bon fonctionnement des engrenages. Il permet : [1]

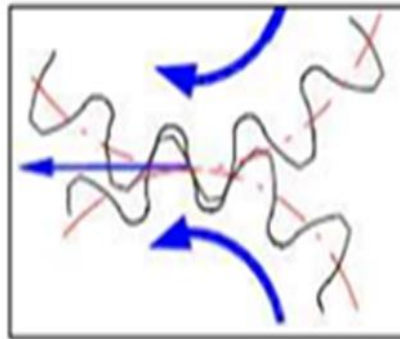
# CHAPITRE I : Théorie générale des Engrenages

---

- Une bonne lubrification.
- Evite le blocage en cas de dilatation due à une variation de température (figure I-28,1-29).



*Figure I.28: Fonctionnement avec jeu*



*Figure I.29: Fonctionnement sans jeu.*

## **Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons discuté sur l'engrenage maintenant la transmission du mouvement constante puisqu'il ne peut pas y avoir de glissement grâce à la denture des roues. Ce système peut être de très petite taille ce qui permet de transmettre des mouvements dans des petits espaces.

***Chapitre II : technologie des boites  
vitesses manuelles à 5 rapports***

# Chapitre II : technologie des boîtes vitesses manuelles à 5 rapports

## Introduction

Les travaux présentés dans ce chapitre concernent l'étude et le calcul des caractéristiques des engrenages d'une boîte de vitesse manuelle d'une automobile **308 Peugeot 1.6 HDI à 5 rapports**.

La méthode à adopter contient:

- Généralités sur la boîte de vitesse.
- calcul des caractéristiques des engrenages.

## II.1. Généralités sur la boîte de vitesse :

### II.1.1. Définition :

Une boîte de vitesses mécanique fait partie du système de transmission d'un mouvement entre un arbre moteur et un arbre récepteur de la plupart des véhicules automobiles. Elle comporte un certain nombre de rapports, le plus souvent entre 5 et 6. Elle correspond à l'ensemble des pièces implantées entre l'embrayage et le pont., son cas d'utilisation la plus fréquente est la transformation et la transmission de la puissance d'un moteur en augmentant le couple reçu du moteur (le couple moteur). Cela fait qu'il fait la démultiplication, les pièces entraînées tournent moins vite que l'axe moteur lui-même et la multiplication du couple transmis à ces pièces. [7]



*Figure II. 1: boîte de vitesses.*

## **Chapitre II : technologie des boîtes vitesses manuelles à 5 rapports**

### **II.1.2. Le rôle d'une boîte de vitesses :**

Les voitures ont besoin d'une transmission (la boîte de vitesses) parce que les moteurs binaires lui-même ne sont pas capable de créent de différentes relations de vitesse et binaire.

Le moteur a une limite de rotation (récline) qui ne peut pas être passé pour le bien du moteur.

Donc nous avons besoin de créer une façon d'utiliser la rotation disponible du moteur, la création de différents rapports entre le moteur et les roues. [8]

- Domaine d'utilisation de la boite de vitesse :
- Machines-outils.
- Engins de levage (exemple : véhicule)

### **II.1.3. Technologies fonctionnelles des boîtes de vitesse :**

#### **➤ La boîte de vitesse manuelle :**

Le type le plus simple et le plus vieux de transmission toujours dans l'utilisation est le manuel Ce système est fondamentalement un système plus efficace car il y a une liaison mécanique complète du moteur, engrenage et roues.

La transmission manuelle est placée au milieu de l'arbre d'entraînement et de l'embrayage, et conçue pour fournir le couple nécessaire pour le déplacement du véhicule en transférant la puissance du moteur aux roues motrices. Pendant la transmission de puissance, les engrenages sur les arbres sont engrenés les uns avec les autres. Le conducteur décale les vitesses, en utilisant le levier de vitesse. [8]

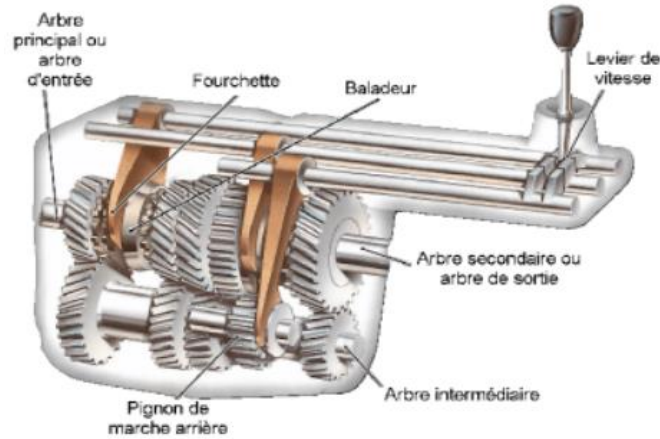


*Figure II. 2: la boîte de vitesse manuelle.*

## Chapitre II : technologie des boîtes vitesses manuelles à 5 rapports

### ➤ Comment fonctionne une boîte de vitesse manuelle :

Dans le processus de transmission, la boîte de vitesse est la seconde étape. Son action est alors située entre celle l'embrayage et celle du différentiel. [9]



**Figure II. 3:** boîte de vitesse manuelle.

#### ✓ Phase 1 :

L'arbre principal (ou arbre d'entrée) est relié au moteur via l'embrayage. Il tourne et entraîne la rotation de l'arbre intermédiaire. Sur l'arbre secondaire (ou arbre de sortie), on retrouve plusieurs pignons non solidaires de l'arbre (c'est-à-dire qu'ils tournent librement, sans faire tourner l'arbre). Ils sont entraînés par l'arbre intermédiaire et tournent dans le vide au point mort. [9]

#### ✓ Phase 2 :

Lorsque le conducteur agit sur le levier de vitesse pour engager un rapport, la fourchette se déplace.

Elle fait bouger le baladeur (une pièce mobile qui glisse sur l'arbre secondaire) pour solidariser le pignon correspondant à la vitesse voulue à l'arbre secondaire. [9]

#### ✓ Phase 3 :

L'arbre secondaire est alors en mouvement de rotation et entraîne les roues. Cela permet de faire bouger la voiture. [9]

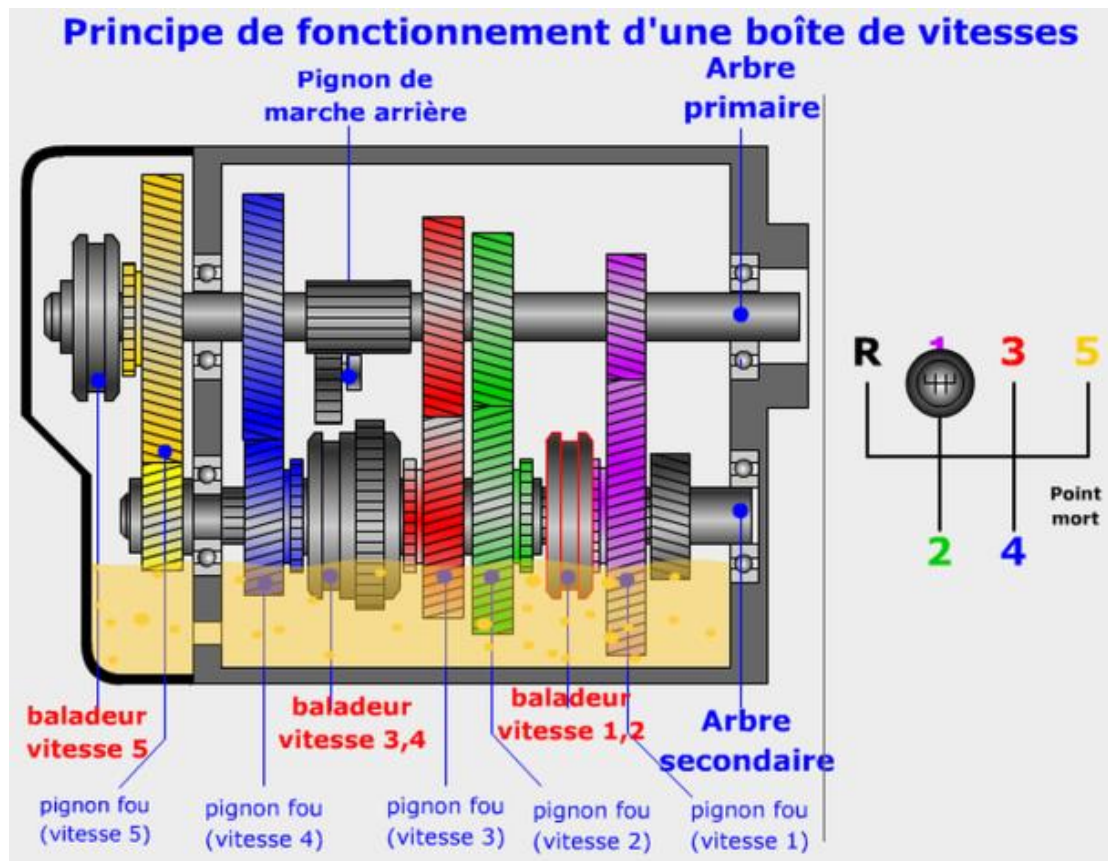


Figure II 4: Fonctionnement d'une boîte vitesse manuelle.

➤ **Point mort :**

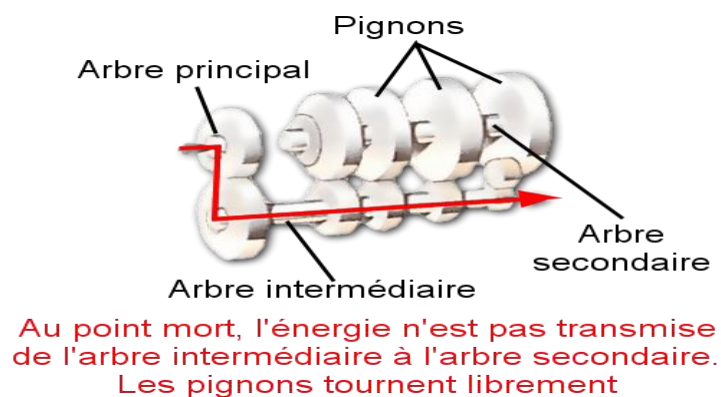
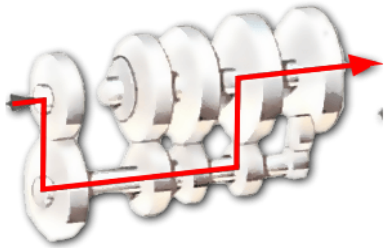


Figure II. 5: point mort

Lorsque le conducteur est au point mort, l'arbre intermédiaire entraîne tous les pignons de l'arbre principal. Néanmoins, ces pignons tournent librement et l'arbre principal ne tourne pas. Les roues ne sont alors pas entraînées. [9]

## Chapitre II : technologie des boîtes vitesses manuelles à 5 rapports

### ➤ La 1<sup>re</sup> vitesse :



La 1<sup>re</sup> vitesse est passée, l'énergie est transmise du plus petit pignon de l'arbre intermédiaire au plus grand pignon de l'arbre secondaire

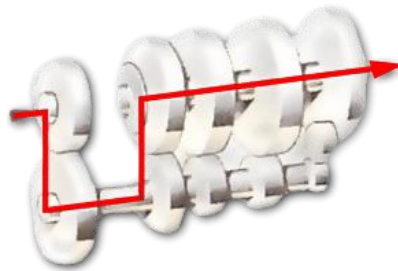


*Figure II. 6: La première vitesse.*

En passant la première vitesse, le plus grand pignon de l'arbre principal est solidarisé avec celui-ci (grâce au baladeur) et se met à tourner.

Le mouvement de rotation est transmis par le plus petit pignon de l'arbre intermédiaire au plus grand pignon de l'arbre principal. Les roues sont donc faiblement entraînées mais avec un couple moteur élevé. [9]

### ➤ Les autres vitesses :



Pour les autres vitesses, l'énergie est transmise par les autres pignons

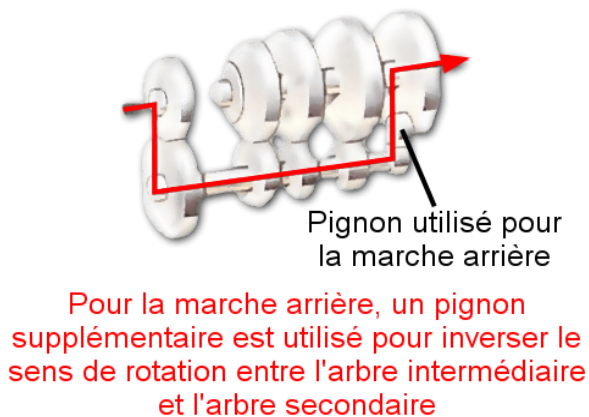
*Figure II. 7: les autres vitesses*

Pour les autres vitesses le principe est le même, le baladeur solidarise le pignon de la vitesse correspondante à l'arbre principal, ce qui entraîne les roues de la voiture. Lorsqu'une vitesse supérieure est engagée, le nouveau pignon utilisé sur l'arbre intermédiaire est plus grand que celui correspondant à la vitesse précédente. En revanche, sur l'arbre principal, il est plus petit que celui correspondant à la vitesse précédente. Cela provoque une réduction du couple, mais une augmentation de la vitesse de rotation. Les roues tournent donc plus vite. [9]



## Chapitre II : technologie des boîtes vitesses manuelles à 5 rapports

### ➤ Cas particulier de marche-Arrière:



*Figure II. 8: Marche arrière*

La marche arrière est un peu particulière. Les pignons des arbres primaire et secondaire ne sont pas en contact. C'est un troisième pignon sur un autre arbre qui va venir s'intercaler et assurer la liaison de l'ensemble formé alors de trois pignons. Puisqu'il y a un pignon supplémentaire, 3 au lieu de 2, cela inverse le sens de rotation des roues. [10]

Le déplacement de ce pignon intermédiaire devra se faire à l'arrêt, et avec des pignons à denture droite. Les autres rapports ont des dentures hélicoïdales (voir image ci-dessus).

La roue de la MAR sur l'arbre secondaire, est montée généralement sur un des baladeurs, qui est déjà solidaire de l'arbre.

### ➤ **Avantages et inconvénients d'une boîte de vitesses manuelle :**

#### **Les avantages d'une boîte manuelle :**

- Réparation facile
- Aide à diminuer la consommation en carburant
- Vous pouvez gérer vous-même les rapports et ainsi adopter la conduite qui vous convient.

#### **Les inconvénients de la boîte manuelle :**

- Elle risque malheureusement de disparaître dans les années à venir à cause de l'explosion de la boîte automatique.

## **Chapitre II : technologie des boîtes vitesses manuelles à 5 rapports**

- Ce type de boîte demande un apprentissage plus conséquent pour bien la prendre en main la conduite en ville peut paraître moins agréable et confortable.
- Les éléments constitutifs de la boîte de vitesses (manuelle).

### **II.1.4. BOÎTE DE VITESSE AUTOMATIQUE :**

Il y a quelques années, on trouvait souvent les boîtes de vitesse automatiques Sur des modèles de voitures haut de gamme.

Désormais, ce type de boîte de vitesse s'est démocratisé et est de plus en plus présent sur d'autres modèles de voitures. [9]



*Figure II. 9: boîte de vitesse automatique.*

#### **➤ Fonctionne une boîte de vitesses automatique :**

Contrairement à la boîte de vitesse manuelle, le levier de vitesse automatique ne détermine pas la vitesse sélectionnée mais plutôt le mode de conduite :

- P = Parking. Cette position permet de bloquer les roues du véhicule. Il est cependant déconseillé d'utiliser cette position si la voiture est stationnée très proche d'autres véhicules. En effet, si un choc intervient entre les véhicules, la boîte de vitesse, dont les pignons étaient bloqués, risque d'être endommagée.
- R = Reverse. Il s'agit de la marche arrière de la voiture.
- N = Neural, c'est le point mort. Les roues ne sont pas bloquées et peuvent tourner librement.
- D = Drive. Cette position est celle de la marche avant. La voiture avance et change elle-même de vitesse.
- 2 = La voiture utilise uniquement les deux premières vitesses. Il s'agit d'une position utile lors de conduite à faible vitesse (si la charge à tracter est importante) ou si le frein moteur est nécessaire (descente, route de montagne).

## Chapitre II : technologie des boîtes vitesses manuelles à 5 rapports

- 1 = Seule la première vitesse est utilisée.
- Sur certains modèles de voitures, on peut retrouver le mode S (Sport).

Il permet une conduite plus sportive, les changements de rapport se font à chaque fois avec un régime moteur plus élevé. [9]

Les voitures avec une boîte de vitesse automatique ne comportent pas d'embrayage. À la place, un convertisseur de couple joue le même rôle que l'embrayage mais en générant un flux d'huile. La sélection des rapports de vitesse se fait grâce à un système hydraulique avec de l'huile sous pression qui vient agir sur des trains épicycloïdaux.

Aujourd'hui, les boîtes automatiques modernes sont dirigées par un calculateur électronique qui répartit l'huile sous pression afin d'optimiser le passage des rapports (répartition en fonction des données récoltées par différents capteurs).

### **II.1.5. La boîte de vitesse semi-automatique:**

La transmission semi-automatique est une transmission connue comme étant une transmission sans embrayage manuel où la transmission est gérée par des boutons sur le guidon. Les vitesses ne changent donc pas automatiquement mais leur passage est facilité par des boutons en remplacement de l'action manuelle sur l'embrayage et le sélecteur de vitesse au pied. [11]



*Figure II.10: Boite de vitesse semi-automatique.*

### **II.1.6. Boîte de vitesses séquentielle :**

Tout comme la boîte de vitesse manuelle, la boîte séquentielle permet de transformer la puissance créée par la motorisation en une **force motrice**, qui peut alors faire avancer le véhicule. Pour arriver à ce résultat, la boîte de vitesses agit comme un stimulateur sur les rapports de transmission. Lorsque cela est nécessaire, elle permet une démultiplication ou réduction des rapports de transmission. [12]

## **Chapitre II : technologie des boîtes vitesses manuelles à 5 rapports**

Séquentiel : vous passez les vitesses vous-même, grâce à un levier d'aspect Classique ou à des palettes au volant. Cependant vous n'avez pas à gérer L'embrayage. [13]



*Figure II. 11: Boîte de vitesses séquentielle.*

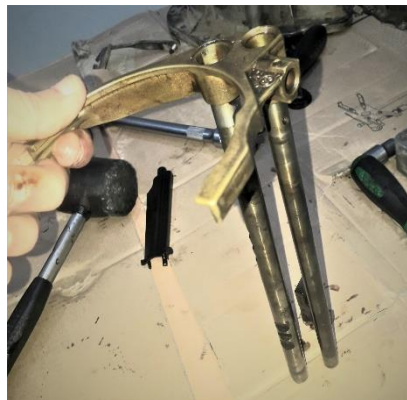
**II.1.7. La boîte vitesse elle est constituée de ces éléments :**

➤ **L'intérieur de la boîte :**

- **Fourchette :**

Sa mission est de déplacer le baladeur afin d'engager un rapport de vitesse (en bloquant un des pignons situés sur l'arbre secondaire).

Il y en a plusieurs dans chaque boîte de vitesse (je n'en ai mis qu'un sur les schémas pour libérer un peu d'espace). [13]



*Figure II. 12: Fourchette.*

- **Baladeur :**

Il va permettre de verrouiller un rapport, à savoir lier un des pignons fous sur l'arbre qu'il occupe. C'est le pont entre les crabots et l'arbre. [13]



Figure II .13: baladeur.

- Le synchroniseur :

### 1/ Rôle du synchroniseur :

Le rôle du synchroniseur est d'amener les pignons de la vitesse sélectionnée à engrener des vitesses de rotation identiques avant de réaliser le crabotage. [14]

### 2/ Constitution d'un synchroniseur :

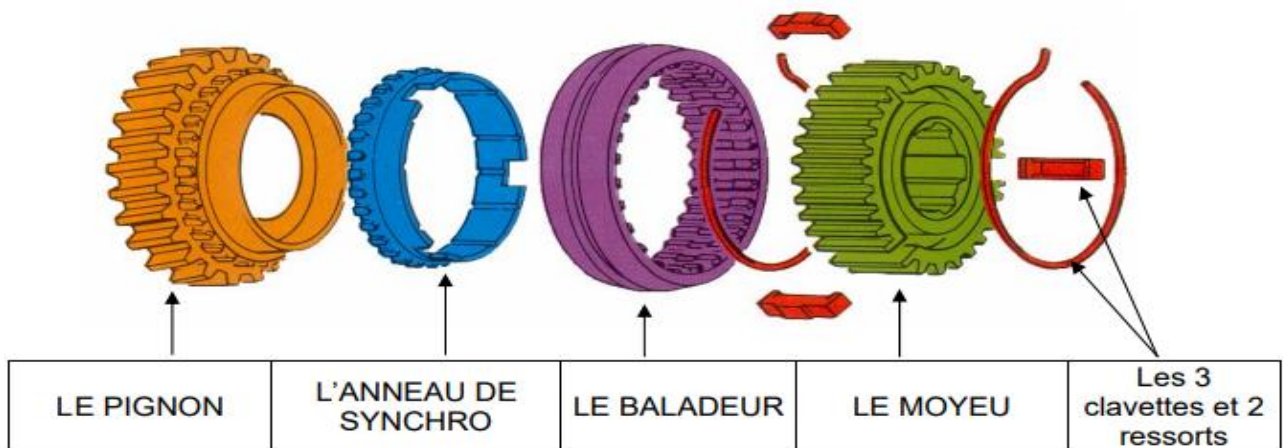


Figure II .14: Synchroniseur.

### 3/Fonctionnement :

Les synchroniseurs présentent trois phases de fonctionnement:

1<sup>ère</sup> phase: mise en contact des cônes de friction.

2<sup>ème</sup> phase: synchronisation, interdiction.

3<sup>ème</sup> phase : crabotage.

## Chapitre II : technologie des boîtes vitesses manuelles à 5 rapports

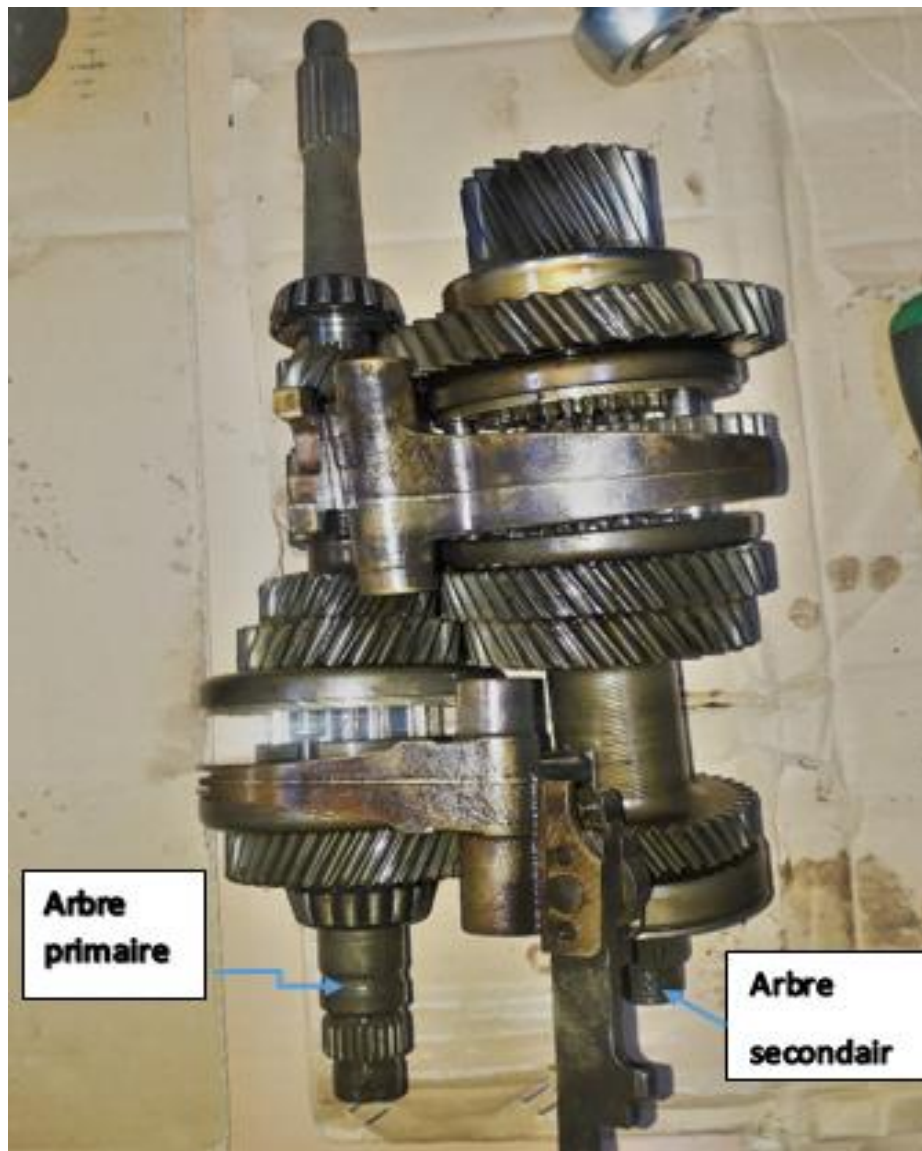
- **Arbre de transmission :**

### **1/ Arbre primaire :**

Relié au vilebrequin via l'embrayage/volant moteur, il tourne donc à la même vitesse que le moteur. [13]

### **2/ Arbre secondaire :**

C'est sur ce dernier que les pignons de chaque vitesse sont situés. Cet arbre est mis en mouvement par l'arbre intermédiaire (ou directement par des pignons dans le cas d'une boîte à deux arbres) qui est lui-même relié à l'arbre primaire. [13]



*Figure II. 15: Arbre de transmission*

## Chapitre II : technologie des boîtes vitesses manuelles à 5 rapports

- **Différentiel :**

Les roues gauche et droite ne tournent à la même vitesse en virage, un système de différentiel est présent entre la boîte et les roues pour répartir les vitesses sur les roues de gauche et droite. [13]



*Figure II. 16: Différentiel*

- **Roulements :**

Les roulements de boîte servent à la rotation des arbres primaire, secondaire et intermédiaire.



*Figure II. 17: Roulement*

- **Huile :**

Les engrenages de la boîte baignent dans l'huile afin de limiter la température issue des frottements entre les pièces métalliques, mais aussi pour lubrifier les contacts entre engrenages évidemment. [13]

## Chapitre II : technologie des boîtes vitesses manuelles à 5 rapports

### ➤ Extérieur à la boîte : [13]

- **Tringlerie :**

Reliant le levier de vitesses à la boîte, cet élément converti un mouvement en un autre (il transforme le mouvement du levier vertical vers mouvements horizontaux).



*Figure II. 18: Tringlerie.*

- **Cardan :**

Reliant la boîte de vitesses (ou plutôt le différentiel pour être précis) aux roues, il permet donc d'établir le lien final entre le moteur et les roues.



*Figure II. 19: cardan*



## Chapitre II : technologie des boîtes vitesses manuelles à 5 rapports

- **Embrayage :**

Il permet de lier (ou pas, selon que vous embrayez ou débrayez) le moteur à la boîte de vitesse.

Il est composé de plusieurs éléments tel que le disque, le plateau presseur, la butée, le couvercle et le diaphragme.



*Figure II. 20: Embrayage*

- **Volant moteur :**

Relié au vilebrequin, c'est lui qui se "frotte" au disque d'embrayage



*Figure II. 21: Volant moteur.*

## Chapitre II : technologie des boîtes vitesses manuelles à 5 rapports

### II.2. Etude et Calcul des caractéristiques des engrenages d'une boîte de vitesse :

Les données existantes sont :

*Tableau II.1: nombre des dents*

R	1 <sup>er</sup>	2 <sup>eme</sup>	3 <sup>eme</sup>	4 <sup>eme</sup>	5 <sup>eme</sup>	M <sup>-3r</sup>
Z sortie	38	43	32	40	35	40
Z entries	11	23	25	41	47	12
Z interméd	0	0	0	0	0	31

#### II.2.1. Calcul du rapport de vitesse :

$$Rv = \frac{Z_{\text{menant}}}{Z_{\text{menè}}} \quad (Z) : \text{correspond ou nombre de dents.}$$

$$Rv_1 = \frac{11}{38} = 0.289$$

$$Rv_2 = \frac{23}{43} = 0.534$$

$$Rv_3 = \frac{25}{32} = 0.781$$

$$Rv_4 = \frac{41}{40} = 1.025$$

$$Rv_5 = \frac{47}{35} = 1.34$$

- Pour le **marche-Arrière** on a 3 pignon donc on a 2 rapportes :

$$R_{e\_i} = 0.38$$

$$R_{m\_a_r} = \frac{31}{40} = 0.775$$

## Chapitre II : technologie des boites vitesses manuelles à 5 rapports

### II.2.2. Calcul vitesses de sortie :

Vitesse théorique pour 3500 tr/min :

$$N_{\text{th}} = N_E * R_v$$

$$N_{s1} = 3500 * 0.285 = 1011.5 \text{ tr/min}$$

$$N_{s2} = 1855 \text{ tr/min}$$

$$N_{s3} = 2730 \text{ tr/min}$$

$$N_{s4} = 4375 \text{ tr/min}$$

$$N_{s5} = 4690 \text{ tr/min}$$

Pour la vitesse sortie de **marche-Arrière** on a  $\longrightarrow$   $N_s = N_i * R_v$

$$N_s = N_i * R_v = N_i * 0.775$$

$$N_i = N_E * R_v = 3500 * 0.38$$

$$N_i = 3500 * 0.38 = 1330$$

$$N_{s\_mar} = 1330 * 0.775 = 997.5 \text{ tr/min}$$

### II.2.3. Calcul Vitesse rotationnelle :

- La puissance réelle est  $P = 92 \text{ ch} = 67712 \text{ watt}$

$$p = c * w$$

$$w = \frac{2\pi N_s}{60}$$

- Calcul Vitesse rotationnelle :

$$W_1 = 105.87 \text{ rad/s}$$

$$w_2 = 194.15 \text{ rad/s}$$

$$w_3 = 285.74 \text{ rad/s}$$

$$w_4 = 457.91 \text{ rad/s}$$

$$w_5 = 490.88 \text{ rad/s}$$

$$w_{m\_ar} = 104.405 \text{ rad/s}$$

## **Chapitre II : technologie des boites vitesses manuelles à 5 rapports**

### **II.2.4. Calcul rapport de couple :**

#### **❖ Couple d'entrée C :**

$$W = \frac{2\pi Ns}{60} = 2(3.14) \cdot (3500) / 60 = 366.33 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$C = P/w$$

$$C = 184.83 \text{ N}\cdot\text{m}$$

#### **❖ Couple 1 ère vitesse :**

$$C_1 = 67712/105.87 = 639.57 \text{ N}\cdot\text{m}$$

#### **❖ Couple 2 ème vitesse :**

$$C_2 = 67712/194.15 = 348.76 \text{ N}\cdot\text{m}$$

#### **❖ Couple 3 ème vitesse :**

$$C_3 = 67712/285.74 = 236.97 \text{ N}\cdot\text{m}$$

#### **❖ Couple 4 ème vitesse :**

$$C_4 = 67712/457.91 = 147.87 \text{ N}\cdot\text{m}$$

#### **❖ Couple 5ème vitesse :**

$$C_5 = 67712/490.88 = 137.94 \text{ N}\cdot\text{m}$$

#### **❖ Couple Marche-Arrière :**

$$C_{m\_a} = 67712/104.405 = 648.405 \text{ N}\cdot\text{m}$$

### **II.2.5. Calcul des modules:**

**Les données existantes sont :**



## Chapitre II : technologie des boîtes vitesses manuelles à 5 rapports

Figure II .22: Mesure au pied à coulisse

✓ Entraxe :  $a = 70 \text{ mm}$

$$a = \frac{m(z_1 + z_2)}{2\cos\beta}$$

$$m = \frac{2a \cos\beta}{(z_1 + z_2)}$$

$$m_1 = \frac{2(70) * \cos(30)}{(38 + 11)} \approx 2.50$$

$$m_2 \approx 1.75$$

$$m_3 \approx 2$$

$$m_4 \approx 1.50$$

$$m_5 \approx 1.50$$

Pour le Marche-Arrière on a :  $m = 2a / (z_1 + z_2)$

$$m_{m\_a_r} \approx 2.50$$

### II.2.6. Calcul des diamètres :

❖ Calcul du diamètre  $d_1$  et  $d_2$  de la 1 ère vitesse :

$$d_1 = m_1 * z_2 \quad \longrightarrow \quad d_1 = 2.5 * 11 = 27.5 \text{ mm}$$

$$d_2 = m_1 * z_1 \quad \longrightarrow \quad d_2 = 2.5 * 38 = 95 \text{ mm}$$

❖ Calcul du diamètre  $d_4$  et  $d_3$  de la 2 ème vitesse :

$$d_3 = m_2 * z_3 \quad \longrightarrow \quad d_3 = 1.75 * 43 = 75.25 \text{ mm}$$

$$d_4 = m_2 * z_4 \quad \longrightarrow \quad d_4 = 1.75 * 23 = 40.25 \text{ mm}$$

❖ Calcul du diamètre  $d_6$  et  $d_5$  de la 3 ème vitesse :

$$d_5 = m_3 * z_5 \quad \longrightarrow \quad d_5 = 2 * 32 = 64 \text{ mm}$$

$$d_6 = m_3 * z_6 \quad \longrightarrow \quad d_6 = 2 * 25 = 50 \text{ mm}$$

❖ Calcul du diamètre  $d_8$  et  $d_7$  de la 4 ème vitesse :

## Chapitre II : technologie des boîtes vitesses manuelles à 5 rapports

$$d_7 = m_4 * z_7 \quad \longrightarrow \quad d_7 = 1.50 * 40 = 60 \text{ mm}$$

$$d_8 = m_4 * z_8 \quad \longrightarrow \quad d_8 = 1.50 * 41 = 61.5 \text{ mm}$$

❖ Calcul du diamètre d10 et d9 de la 5 ème vitesse :

$$d_9 = m_5 * z_{10} \quad \longrightarrow \quad d_9 = 1.50 * 47 = 70.5 \text{ mm}$$

$$d_{10} = m_5 * z_9 \quad \longrightarrow \quad d_{10} = 1.50 * 35 = 52.5 \text{ mm}$$

❖ Calcul du diamètre d11 et d12 Marche-Arrière vitesse :

$$d_{11} = m_{m\_ar} * z_{11} \quad \longrightarrow \quad d_{11} = 2.50 * 12 = 30 \text{ mm}$$

$$d_{12} = m_{m\_ar} * z_{12} \quad \longrightarrow \quad d_{12} = 2.50 * 40 = 100 \text{ mm}$$

### II.2.7. Distribution des charges statiques sur la dent et calcul des efforts dans chaque couple d'engrenage :

La figure suivante montre la distribution des charges statique sur la dent :

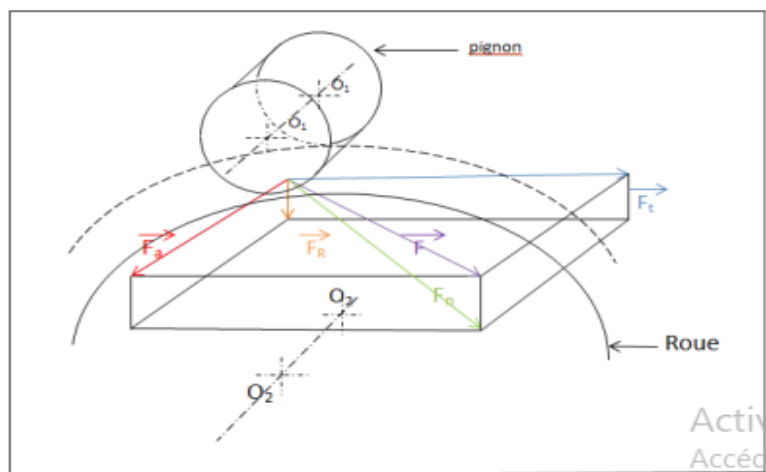


Figure II .23:la distribution des charges statiques sur la dent

F: Normal au profil réel, dirigée suivant la ligne d'action. La projection de F donne Fa, et Fr. F se projette à son tour suivant Ft et Fn.

F se projette à son tour suivant Ft et Fn.

$$F = F_n / \cos \alpha = F_t / (\cos \beta * \cos \alpha) \quad \text{Avec : } F_t: \text{ force tangentielle utile.}$$

Fr: Poussée radiale tendant à écarter les roues l'une de l'autre.

## **Chapitre II : technologie des boîtes vitesses manuelles à 5 rapports**

Fa: poussée axiale tendant à faire glisser la roue sur l'axe nécessitant l'emploi de Palier de la butée.

$$F_t = 2C/d$$

$$F_n = F_t / \tan \beta$$

$$F_r = F_n * \tan \alpha$$

$$F_a = F_t * \tan \beta$$

Les données existantes sont :

$$\alpha = 20^\circ \text{ et } \beta = 30^\circ$$

$\alpha$  : Angle de pression

$\beta$  : angle d'hélice

### **❖ Cas Couple 1ère vitesse :**

$$F_{t1} = 2c_1 / d = 2 * (639.57 * 10^2) / 27.5 = 4651.41 \text{ dan}$$

$$F_{a1} = 2685.49 \text{ dan}$$

$$F_{n1} = 8056.47 \text{ dan}$$

$$F_{r1} = 2932.31 \text{ dan}$$

$$F_1 = F_{n1} / \cos \alpha = 8573.51 \text{ dan}$$

### **❖ Cas Couple 2ème vitesse :**

$$F_{t2} = 2c_2 / d = 2 * (348.76 * 10^2) / 40.25 = 1732.96 \text{ dan}$$

$$F_{n2} = 3001.59 \text{ dan}$$

$$F_{r2} = 1092.48 \text{ dan}$$

$$F_{a2} = 1000.52 \text{ dan}$$

$$F_2 = 3194.22 \text{ dan}$$

### **❖ Cas Couple 3ème vitesse :**

$$F_{t3} = 2c_3/d = 2*(236.97 * 10^2) / 62.5 = 740.53 \text{ dan}$$

$$F_{n3} = 1282.63 \text{ dan}$$

## **Chapitre II : technologie des boites vitesses manuelles à 5 rapports**

---

$$Fr_3 = 466.84 \text{ dan}$$

$$Fa_3 = 427.54 \text{ dan}$$

$$F_3 = 1364.94 \text{ dan}$$

### **❖ Cas Couple 4ème vitesse :**

$$Ft_4 = 2c_4/d = 2*(147.87*10^2) / 60 = 492.9 \text{ dan}$$

$$Fn_4 = 853.72 \text{ dan}$$

$$Fr_4 = 310.73 \text{ dan}$$

$$Fa_4 = 284.57 \text{ dan}$$

$$F_4 = 908.50 \text{ dan}$$

### **❖ Cas Couple 5ème vitesse :**

$$Ft_5 = 2c_5/d = 2*(137.94*10^2) / 70.5 = 391.31 \text{ dan}$$

$$Fn_5 = 677.78 \text{ dan}$$

$$Fr_5 = 246.69 \text{ dan}$$

$$Fa_5 = 225.92 \text{ dan}$$

$$F_5 = 721.27 \text{ dan}$$

### **❖ Cas Couple M-ar vitesse :**

$$Ft_{m\_ar} = 2*(648.40*10^2) / 30 = 4322.66 \text{ dan}$$

$$Fn_{m\_ar} = 7487.07 \text{ dan}$$

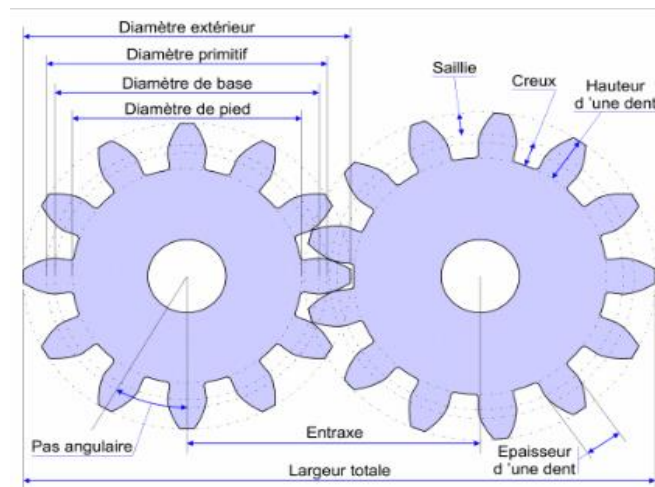
$$Fr_{m\_ar} = 2725.07 \text{ dan}$$

$$Fa_{m\_ar} = 2495.68 \text{ dan}$$

$$F_{m\_ar} = 7967.57 \text{ dan}$$



### II.2.8. Caractéristiques de chaque roue dentée:



**Figure II .24:** Caractéristiques de chaque roue dentée.

Avec:  $\alpha = 20^\circ$        $\beta = 30^\circ$

$\tan \alpha_n = \tan \alpha \cdot \cos \beta \quad 0.36 = \tan \alpha \cdot 0.86 \quad \tan \alpha = 0.41$

$\beta = 30^\circ$        $\alpha_n = 20^\circ$        $\alpha = 22^\circ$

- ❖ Module apparent :  $m_t = m_n / \cos \beta$
- ❖ Hauteur de denture :  $h = 2.25 m_n$
- ❖ Hauteur de saillie :  $h_a = m_n$
- ❖ Hauteur de creux :  $h_f = 1.25 m_n$
- ❖ Diamètre de tête :  $d_a = d + 2m_n$
- ❖ Diamètre de pied :  $d_f = d - 2.5m_n$
- ❖ Diamètre de base :  $d_b = d \cos \alpha$
- ❖ angle de pression réel :  $\alpha_m = 20^\circ$
- ❖ angle d'hélice :  $15^\circ \leq \beta \leq 30^\circ$
- ❖ S : épaisseur ; e : intervalle :  $S = e = P/2 = (\pi/2)$
- ❖ Pas réel :  $P_n = \pi \cdot m_n$

## **Chapitre II : technologie des boites vitesses manuelles à 5 rapports**

❖ pas apparent :  $P_t = \pi * m_t$

<b>RP</b>	<b>Mn</b>	<b>Mt</b>	<b>Pn</b>	<b>Pt</b>	<b>Da</b>	<b>Df</b>	<b>db</b>	<b>Ha</b>	<b>H</b>	<b>hf</b>	<b>S=e</b>
1	2.50	2.88	7.85	9.04	37.05	24.23	29.46	2.50	5.62	3.12	3.92
2	2.50	2.88	7.85	9.04	114	101.18	101.77	2.50	5.62	3.12	3.92
:3	1.75	2.02	5.49	6.34	53	43.46	45.82	1.75	3.93	2.18	2.74
4	1.75	2.02	5.49	6.34	95.40	85.86	85.66	1.75	3.93	2.18	2.74
5	2	2.30	6.28	7.22	66.15	55.13	57.56	2	4.5	2.5	3.14
6	2	2.30	6.28	7.22	83.30	72.28	73.76	2.	4.5	2.5	3.14
7	1.50	1.73	4.71	5.43	73.96	66.22	66.27	1.50	3.37	1.87	2.35
8	1.50	1.73	4.71	5.43	72.24	64.50	64.65	1.50	3.37	1.87	3.35
9	1.50	1.73	4.71	5.43	83.30	75.65	75.08	1.50	3.37	1.87	2.35
10	1.50	1.73	4.71	5.43	62.90	55.25	55.91	1.50	3.37	1.87	2.35
11	2.50	2.88	7.85	9.04	37.66	25.56	30.33	2.50	5.62	3.12	3.92
12	2.50	2.88	7.85	9.04	112.98	1.88	101.11	2.50	5.62	3.12	3.92
13	2.50	2.88	7.85	9.04	8.77	76.67	78.36	2.50	5.62	3.12	3.92

*Tableau II.2: Caractéristiques des engrenages*

### **Conclusion :**

Dans ce chapitre on a donné les concepts essentiels sur la boite vitesse, son principe de fonctionnement, ses types, ses éléments constitutifs qui feront l'objet de notre étude par la suite, et à la fin on a donné les calculs des caractéristiques des engrenages d'une boite à vitesse manuelle d'une automobile (308) Peugeot 1.6 HDI à 5 rapports.

***Chapitre III: Dimensionnement des  
Arbres et Roulements***

## Chapitre III: Dimensionnement des Arbres et Roulements

---

### Introduction :

Les travaux présentés dans ce chapitre concernent l'étude et dimensionnement des arbres et roulements d'une boîte de vitesse manuelle. La méthode à adopter contient:

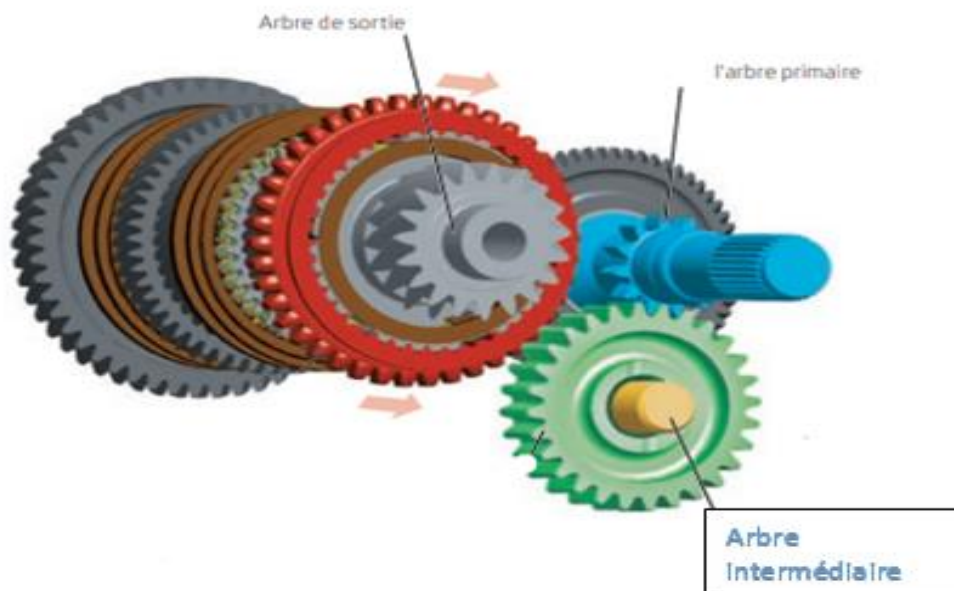
- les arbres et les roulements.
- calcul des moments des forces

### III.1. Les arbres et les roulements :

#### III.1.1. Les arbres:

Les arbres sont des tiges cylindriques métalliques pour transmettre des mouvements de rotation et de translation.

Les boîtes manuelles les plus utilisées de nos jours sont généralement constituées des arbres parallèles dénommés arbre primaire (arbre d'entrée lié au vilebrequin par l'embrayage), et arbre secondaire (arbre de sortie de boîte) et Le troisième arbre portant respectivement les pignons de vitesses et les pignons fous [14].



*Figure III. 1: les arbres de transmission*

## Chapitre III: Dimensionnement des Arbres et Roulements

### ➤ Les types d'arbres :

#### ✚ L'arbre d'entrée (ou primaire): [15]

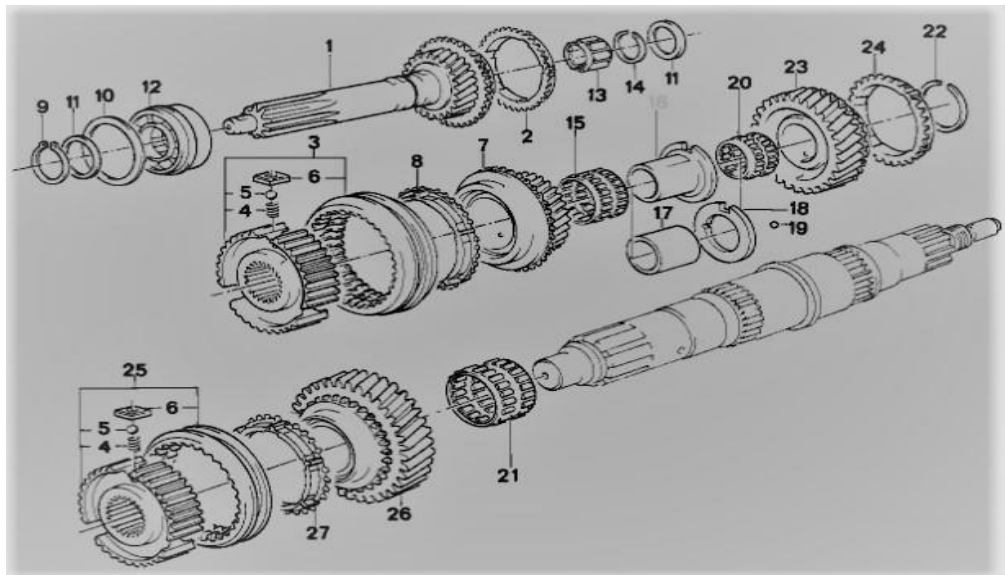


Figure III.2: L'arbre primaire.

Tableau III. 1: les composants de l'arbre primaire

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

## Chapitre III: Dimensionnement des Arbres et Roulements

### ✚ L'arbre de sortie (ou secondaire): [15]

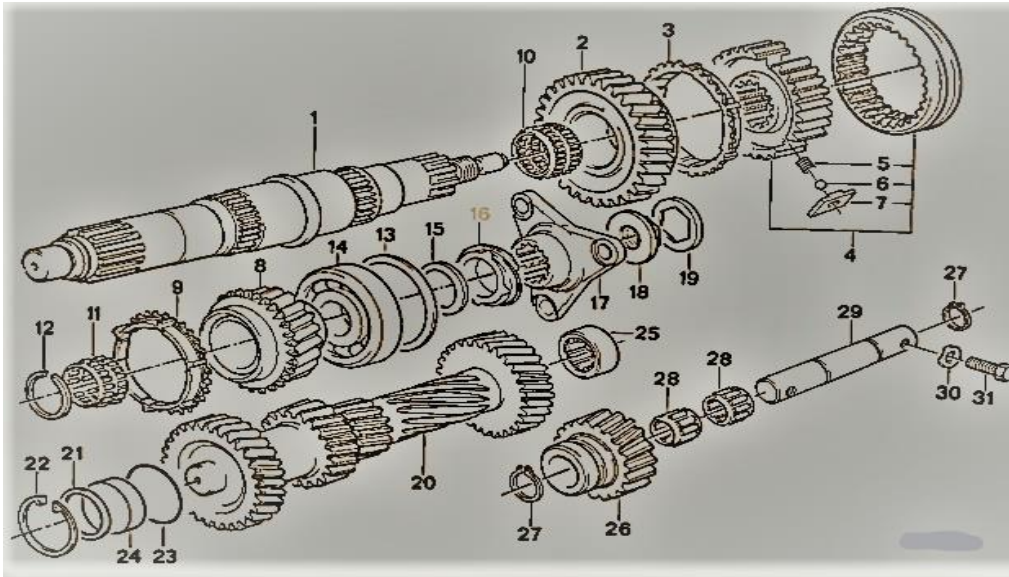


Figure III. 3: L'arbre secondaire

Tableau III.2: Les composants de l'arbre secondaire

N°	Nom des pièces	N°	Nom des pièces
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 de 5 <sup>ème</sup> 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 5 <sup>ème</sup> vitesse	24	Roulement a rouleaux
9	Bague de synchro	25	Douille a rouleau
10	Cage a aiguille	26	Pignon double marche arrière (MAR)
11	Cage a aiguille	27	Circlip
12	Bague de sécurité	28	Cage a aiguille
13	Rondelle entretoise	29	Axe pour pignon double
14	Roulement à bille	30	Rondelle élastique
15	Rondelle	31	Vis six pans
16	Rondelle		

## Chapitre III: Dimensionnement des Arbres et Roulements

### III.2. Les Roulements :

L'origine du mot roulement vient en fait des corps roulants (billes, rouleaux ou aiguilles) qui sont placés entre les deux éléments en rotation et qui permettent le roulement et non plus le frottement. La traduction de roulement en anglais est "bearing " qui signifie supporter, ce qui est une des fonctions principales du roulement : supporter les charges. [1]

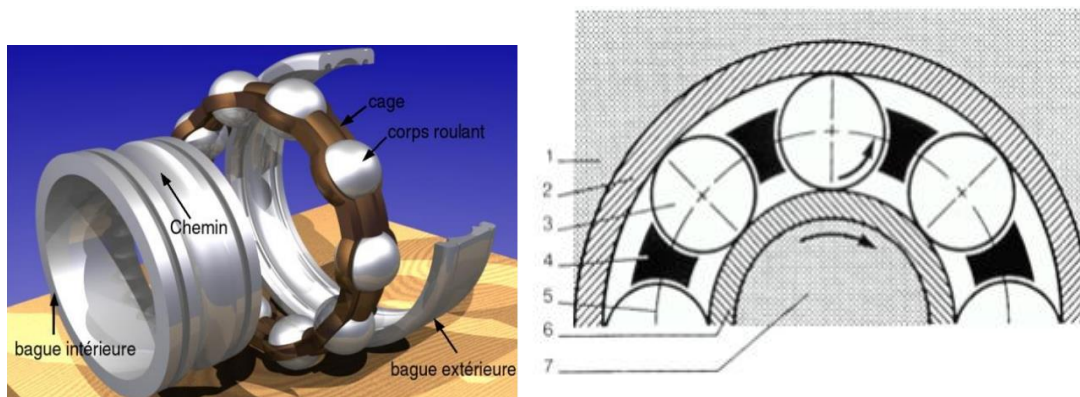


*Figure III.4: Roulements.*

#### III.2.1. Constitution des roulements :

Un roulement est composé de 4 parties :

Principales : la bague extérieure (2), placée dans le logement (1), la bague intérieure (6) fixée à l'axe en rotation (7), les billes ou rouleaux (3) ainsi que la cage (4), partie qui sert à maintenir entre eux les éléments roulants. Le diamètre primitif (5) est l'axe de rotation des billes. [1].



*Figure III.5: Principaux éléments constitutifs d'un roulement*

## Chapitre III: Dimensionnement des Arbres et Roulements

---

### III.2.2. Les types de roulements :

#### **Roulements à rouleaux coniques :**

On trouve une large gamme de roulements à une, deux ou quatre rangées de rouleaux coniques.

Les roulements à rouleaux à contact coniques, étant donné leur angle de contact, conviennent particulièrement aux cas de charge combinée. Ils sont séparables. Les génératrices des chemins et des rouleaux ne sont pas absolument rectilignes ; le contact linéaire modifié ainsi obtenu permet d'éviter les charges de bord. [1]



*Figure III.6: Roulements à rouleaux coniques.*

#### **Roulements à rouleaux cylindriques :**

Les différents types sont caractérisés par le nombre et la position des épaulements. Parmi ces roulements, on en trouve à une, deux ou plusieurs rangées de rouleaux. [1]

Les éléments roulants sont guidés axialement par les épaulements fixes de l'une des deux bagues, l'autre dite libre pouvant être séparée de l'ensemble bague épaulée – cage et rouleaux.

Cette propriété facilite beaucoup les opérations de montage et de démontage, notamment lorsque les conditions de charge exigent un ajustement serré de deux bagues.

Les roulements de type NU ont deux épaulements fixes sur la bague intérieure et une bague extérieure sans épaulements.

Ils admettent donc, dans une certaine mesure, un déplacement axial d'une bague par rapport à l'autre et sont par conséquent comme palier libre. Les roulements de type N ont deux épaulements sur la bague intérieure et la bague extérieure sans épaulements.

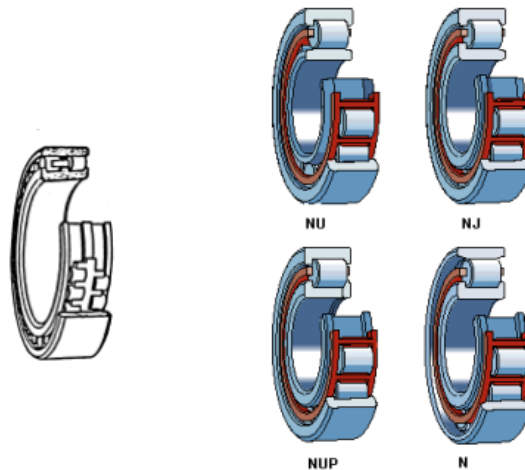
Les roulements à rouleaux cylindriques NJ ont deux épaulements fixes sur la bague extérieure et un épaulement sur la bague intérieure ; ils ne peuvent donc guider l'arbre que dans un sens.



## Chapitre III: Dimensionnement des Arbres et Roulements

---

Les roulements à rouleaux cylindriques NUP ont également deux épaulements fixes sur la bague extérieure. La bague intérieure a un épaulement fixe d'un côté et un épaulement rapporté de l'autre. Ils peuvent donc guider l'arbre dans les deux sens. Les cages sont en tôle en acier ou en laiton ou encore en polyamide moulé par injection.



*Figure III. 7: Roulements à rouleaux coniques*

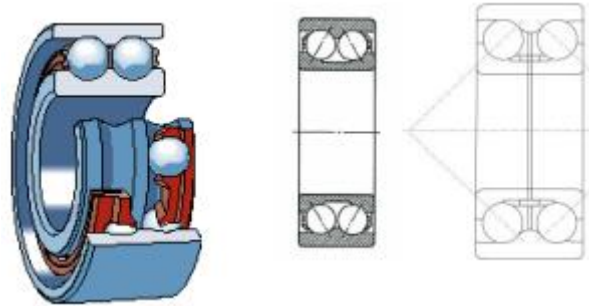
### **Roulement à deux rangées de billes à contact oblique :**

Un roulement à deux rangées de billes à contact oblique remplit la même fonction que deux roulements à une rangée disposée en O, il admet les charges axiales alternées et les couples de déversement. [1]

Sa largeur est cependant inférieure à la largeur totale de deux roulements à une rangée. Les roulements à deux rangées peuvent être livrés en deux exécutions, l'une avec bague intérieure en une pièce, l'autre avec bague intérieure en deux pièces.

Les roulements avec bague intérieure en une pièce sont munis d'encoches de remplissage pour l'une des rangées et doivent être orientés au montage de façon que l'autre rangée supporte la charge axiale prédominante. Les roulements à bague intérieure en deux pièces sont conçus pour supporter de fortes charges axiales dans les deux sens. Ils sont séparables.

On peut donc monter l'ensemble bague extérieure-cage-éléments roulants indépendamment de la bague intérieure.



*Figure III. 8: Roulement à rotule sur deux rangées de billes*

### **Roulements rigides à billes :**

Les roulements rigides à billes à une rangée ont une conception simple et ne sont pas séparables. Ils admettent des vitesses de rotation élevées et fonctionnent correctement avec un minimum d'entretien. Grâce à la profondeur des gorges, à l'absence d'encoches de remplissage et à l'osculation étroite entre chemins et billes, ces roulements peuvent supporter des charges axiales importantes dans les deux sens, même aux vitesses élevées. Les roulements rigides à deux rangées de billes ont une conception analogue à celle des roulements à une rangée. [1]



*Figure III. 9: Roulement à bille*

### **III.3. Calcul des moments des forces :**

#### **III.3.1. Calcul des moments de torsion :**

$$M_t = F_t * r$$

r : rayon

F<sub>t</sub> : force tangentiel.

M<sub>t</sub> : moment de torsion.

## Chapitre III: Dimensionnement des Arbres et Roulements

---

### ❖ Cas arbre moteur :

- $Mt_1 = Ft_1 * r_1 = 4651.41 * 55 = 250877.55 \text{ N.mm}$
- $Mt_3 = Ft_3 * r_3 = 1732.96 * 45 = 77983.2 \text{ N.mm}$
- $Mt_5 = Ft_5 * r_5 = 740.53 * 40 = 29621.2 \text{ N.mm}$
- $Mt_7 = Ft_7 * r_7 = 492.9 * 33 = 16265.7 \text{ N.mm}$
- $Mt_9 = Ft_9 * r_9 = 391.31 * 30 = 11739.3 \text{ N.mm}$
- $Mt_{11} = Ft_{11} * r_{11} = 4322.66 * 47.5 = 205326.35 \text{ N.mm}$

### ❖ Cas arbre récepteur :

- $Mt_2 = Ft_2 * r_2 = 88376.79 \text{ N.mm}$
- $Mt_4 = Ft_4 * r_4 = 47223.16 \text{ N.mm}$
- $Mt_6 = Ft_6 * r_6 = 24067.22 \text{ N.mm}$
- $Mt_8 = Ft_8 * r_8 = 16758.6 \text{ N.mm}$
- $Mt_{10} = Ft_{10} * r_{10} = 16435.02 \text{ N.mm}$
- $Mt_{12} = Ft_{12} * r_{12} = 76727.21 \text{ N.mm}$

### III.3.2. Calcul des moments de flexion :

$$Mf^n(x) = Ra * X$$

- Pour :  $fr_1 = 2932.31$  et  $x = 32.6 \text{ mm}$

$$Mf^1(32.16) = 2932.31 * 32.6 = 95593.30 \text{ daN.mm}$$

- Pour :  $fr_2 = 1092.48$  et  $x_2 = 118.4 \text{ mm}$

$$Mf^2 = 1092.48 * (118.4) - 95593.30 = 33756.33 \text{ daN.mm}$$

- Pour :  $fr_3 = 466.84$  et  $x = 145.52 \text{ mm}$

$$Mf^3 = 466.84 * (145.52) - 33756.33 = 34178.22 \text{ daN mm}$$

- Pour :  $fr_4 = 310.73$  et  $x = 189.08 \text{ mm}$

$$Mf^4 = 310.73 * (189.08) - 34178.22 = 24436.58 \text{ daN.mm}$$

## Chapitre III: Dimensionnement des Arbres et Roulements

---

- Pour  $fr_5=246.69$  et  $x = 238.28\text{mm}$

$$Mf^5 = 246.69 \cdot (238.28) - 24436.58 = 34344.71 \text{ daN}\cdot\text{mm}$$

- Pour  $fr_m = 2725.07$  et  $x = 300\text{mm}$

$$Mf^m = 2725.07 \cdot (300) - 34344.71 = 783176.29 \text{ daN}\cdot\text{mm}$$

### III.3.3. Calcule Mr:

On 'a comme donnée:

Mr : moment réduit

Wf : moment polaire

$$Mr = \sqrt{MF^2 + 0.75Mt^2}$$

$$\frac{Mr}{W_F} = \sqrt{\left(\frac{M_F}{W_F}\right)^2 + 3\left(\frac{m_T}{W_F}\right)^2}$$

#### ✚ Arbre moteur :

$$Mr_1 = 237366.25 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$Mr_3 = 83282.63 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$Mr_5 = 42734.20 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$Mr_7 = 28205.96 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$Mr_9 = 35817.83 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$Mr_{11} = 803109.13 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

#### ✚ Cas arbre récepteur :

$$Mr_2 = 122457.30 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$Mr_4 = 53028.38 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$Mr_6 = 40032.16 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$Mr_8 = 32117.90 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$Mr_{10} = 37177.16 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$Mr_{12} = 785990.07 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

### III.3.4. Calcul des diamètres :

$$\left( 65 \sigma_{eq} \right) = \frac{M_r}{W_F} \leq \sigma_{adm}$$

## Chapitre III: Dimensionnement des Arbres et Roulements

---

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{32}{\pi} * \frac{Mr}{\sigma_{adm}}}$$

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_e}{S}$$

$$\sigma_e (\text{acier c40}) = 335 \text{MPa}$$

$S=1.5$   $\longrightarrow$  S: coefficient de sécurité

$$\sigma_{adm} = 335/1.5 = 223 \text{mpa}$$

$$\sigma_{adm} = 223 \text{ Mpa}$$

### ❖ Cas arbre moteur :

$$d1 = 22.13 \text{ mm}$$

$$d3 = 15.61 \text{ mm}$$

$$d5 = 13 \text{ mm}$$

$$d7 = 12 \text{ mm}$$

$$d9 = 13.06 \text{ mm}$$

$$d11 = 32.20 \text{ mm}$$

### ❖ Cas arbre récepteur :

$$d2 = 20.70 \text{ mm}$$

$$d4 = 14.01 \text{ mm}$$

$$d6 = 13.59 \text{ mm}$$

$$d8 = 12 \text{ mm}$$

$$d10 = 13.06 \text{ mm}$$

$$d12 = 31.92 \text{ mm}$$

## Chapitre III: Dimensionnement des Arbres et Roulements

---

### III.4. Les lubrifiants de boîtes de vitesses:

#### III.4.1. Définition :

Procédé par lequel la friction entre deux pièces en mouvement est réduite (introduction d'un fluide séparant les deux surfaces) [16].

#### III.4.2. LES LUBRIFIANTS :

Les lubrifiants ont pour rôle de réduire les frottements entre pièces en mouvement, ou de diminuer la résistance passive de pièces fixes. Ils sont obtenus par raffinage des fractions lourdes du pétrole brut. Les lubrifiants peuvent être liquides ou fluides (huiles), consistants (graisses ou gel de silicone), ou solides (graphite, téflon).

Les performances et caractéristiques diffèrent d'un lubrifiant à l'autre, leur seul point commun est qu'ils sont tous composés d'un constituant principal appelé « base lubrifiante », qui représente 75 à 85% de l'huile ou d'une graisse et qui peut être d'origine pétrolière ou synthétique [16].

➤ Le choix d'un lubrifiant pour engrenages est souvent délicat, car il dépend d'un grand nombre de facteurs tels que [1].

- Vitesse de rotation.
- Pression spécifique sur les dentures.
- Glissement.
- Nature des métaux.
- Finition des surfaces des dentures.
- Précision de l'usinage.
- Traitement des surfaces.
- Mode de lubrification.
- Degré d'étanchéité des carters.
- Température.
- Degré d'humidité de l'air ambiant.

## Chapitre III: Dimensionnement des Arbres et Roulements

- Présence de poussières.

### III.4.3. Objectif de lubrification :

Le graissage des engrenages a pour but principal [1]

- Réduction de l'usure.
- Amélioration du rendement.
- Protection contre la corrosion.
- Réduction du bruit.

### III.4.4. Types de lubrification :

- Par bain d'huile et barbotage
- Par circulation forcée
- Par brouillard d'huiles de lubrification

#### ➤ Le barbotage :

Les boîtes de vitesses sont, généralement, graissées par 'barbotage' : Le barbotage est un système de lubrification très élaboré. Il y a à l'intérieur de la boîte de vitesses une véritable circulation d'huile [17].

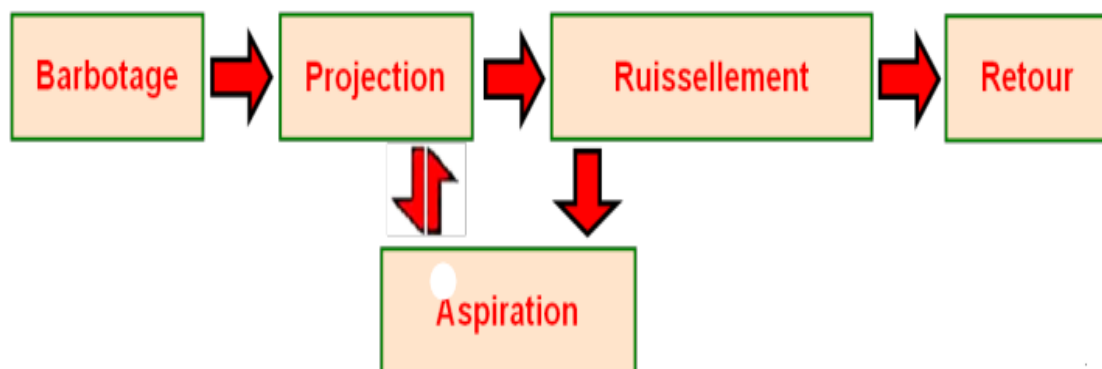


Figure III. 10: Circulation d'huile.

Une partie des pignons seulement est en contact du bain la d'huile et, l'huile prélevée en tournant assure le graissage de denture des pignons.

La centrifugation de l'huile provoque une pulvérisation sur tous les organes et une projection importante sur les parois du carter.

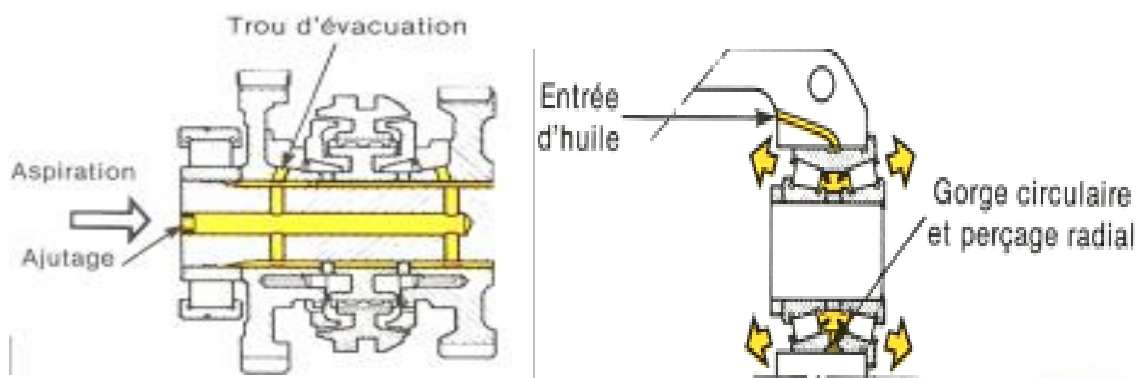
## Chapitre III: Dimensionnement des Arbres et Roulements

Ce contact avec le carter contribue pour une grande part au refroidissement de l'huile. [17]



*Figure III. 11: Barbotage.*

La centrifugation entraîne une circulation d'huile du centre vers la périphérie des pignons. Pour mettre à profit ce phénomène, un perçage de l'arbre permet d'aspirer l'huile par le centre et de graisser ainsi l'alésage des pignons fous. Le débit d'huile est très souvent contrôlé par un ajutage.



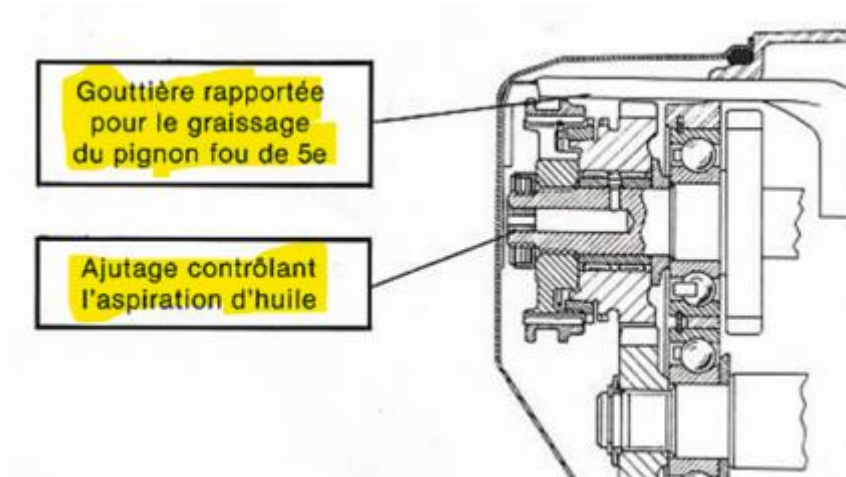
*Figure III. 12: Huile de ruissellement est dirigée vers des points spécifiques.*

Une partie de l'huile de ruissellement est dirigée vers des points bien précis à l'aide de nervures, de perçages ou de gouttières rapportées.



## Chapitre III: Dimensionnement des Arbres et Roulements

---



*Figure III. 13: Points de transfert d'huile dans la boîte de vitesses.*

### **Conclusion :**

Dans ce chapitre on a fait l'étude et dimensionnement des arbres et roulements d'une boîte de vitesse manuelle et aussi étudier comment lubrifier cette boîte avec lubrification par barbotage.

# **Chapitre IV: Dessin de la Boite vitesse**

## Chapitre IV: Dessin de la Boite vitesse

---

### Introduction :

Les travaux présentés dans ce chapitre concernent l'affichage de dessin d'une boîte de vitesse manuelle de Peugeot (308)1.6 HDI en utilisant un logiciel de travail SolidWorks.

### IV.1. Présentation du logiciel de CAO :



SolidWorks est un logiciel propriétaire de conception assistée par ordinateur 3D fonctionnant sous Windows. [18]

Créé en 1993 par l'éditeur américain éponyme, et racheté le 24 juin 1997 par la société Dassault Systèmes, SolidWorks est un modéleur 3D utilisant la conception paramétrique. Il génère 3 types de fichiers relatifs à trois concepts de base : **la pièce**, **l'assemblage** et **la mise en plan**.

Ces fichiers sont en relation. Toute modification à quelque niveau que ce soit est répercutée vers tous les fichiers concernés. Un dossier complet contenant l'ensemble des relatifs à un même système constitue une maquette numérique. De nombreux logiciels viennent compléter l'éditeur SolidWorks. Des utilitaires orientés métiers (tôlerie, bois, BTP...), mais aussi des applications de simulation mécanique ou d'image de synthèse travaillent à partir des éléments de la maquette virtuelle.

La pièce est l'objet 3D monobloc. La modélisation d'une telle entité dépendra de la culture de l'utilisateur. Comme de nombreux logiciels conviviaux, SolidWorks permet d'aboutir à un même résultat apparent par des voies souvent différentes. C'est lors de la retouche de ces fichiers ou de leur exploitation qu'on appréciera la bonne méthode.

Une pièce est la réunion d'un ensemble de fonctions volumiques avec des relations d'antériorité, des géométriques, des relations booléennes (ajout retrait) ... Cette organisation est rappelée sur **l'arbre de construction**. Chaque ligne est associée à une fonction qu'on peut renommer à sa guise.

- Parmi les fonctions génératrices il existe :

## Chapitre IV: Dessin de la Boite vitesse

---

### IV.1.1. L'extrusion :

Déplacement d'une section droite dans une direction perpendiculaire à la section. La section est définie dans une **esquisse** (qui apparaît alors dans l'arbre de création comme élément générateur de la fonction). Cette esquisse contient l'ensemble des spécifications géométriques (cotation) nécessaires à la complète définition de la section. Cet ensemble de cotes auquel il faut ajouter la (ou les) longueur d'extrusion constitue l'ensemble des paramètres de la fonction ; il est possible de les modifier une fois la fonction validée. Les extrusions peuvent également être réalisées en s'appuyant sur des esquisses 3D.

### IV.1.2. La révolution :

Déplacement d'une section droite autour d'un axe, ou extrusion suivant un cercle ou un arc de cercle.

### IV.1.3. Le balayage :

Déplacement d'une section droite le long d'une ligne quelconque. Lorsque la génératrice de balayage est gauche, l'esquisse est en 3 dimensions. [19]

## IV.2. Différentes fonctions logicielles :

D'autres fonctions, plutôt orientées métier intègrent des notions qu'il serait fastidieux de modéliser :

- Congés et chanfreins
- Nervures
- Dépouilles
- Coque (permettant d'évider un objet en lui conférant une épaisseur constante)
- Trous normalisés (perçages, mortaises...)
- Plis de tôle...

Des fonctions d'ordre logiciel comme la répétition linéaire, circulaire, curviligne ou par symétrie...

Les dernières versions autorisent la réalisation de pièces momentanément disjointes, ce qui permet de concevoir un objet fonctionnellement, c'est-à-dire en définissant d'abord les éléments fonctionnels, puis en joignant les différentes parties par de la matière (nervures, carter...).

## Chapitre IV: Dessin de la Boite vitesse

---

L'édition de familles de pièces est possible en associant à SolidWorks, le tableur Microsoft Excel : Un tableau devient ainsi éditeur des références (lignes) donnant la valeur des paramètres variables des fonctions (colonnes) :

- Valeur de certaines cotes
- Valeur de certaines propriétés (nombre d'occurrences...)
- État de suppression d'une fonction.

Ainsi, il est possible d'obtenir à partir d'un seul fichier de type pièce, l'ensemble des modèles de vis d'assemblage (toutes forme de tête ou dimensions), ou encore toutes les combinaisons de briques Lego (1x1, 1x2 etc..).

Avec tous ces outils, la méthode de conception d'une pièce très proche du métier du concepteur qui ne se soucie plus de savoir où placer les traits du dessin mais les formes de la pièce.

Les possibilités d'éditations sont complétées par un ensemble d'outils de mesures géométriques. Ainsi il est possible de connaître le volume de la pièce, son poids, la position de centre de masse, sa matrice d'inertie, la surface...

### IV.2. 1. Les assemblages :

Les assemblages sont obtenus par la juxtaposition de pièces. La mise en position de pièces est définie par un ensemble de contraintes d'assemblage associant, deux entités respectives par une relation géométrique (coïncidence, tangence, Co axialité...). Dans une certaine mesure, ces associations de contraintes s'apparentent aux liaisons mécaniques entre les pièces. Le mécanisme monté, s'il possède encore des mobilités, peut être manipulé virtuellement. On peut alors aisément procéder à des réglages à l'aide des différents outils disponibles (déplacement composants, détection de collision ou d'interférence, mesure des jeux, etc.)

Comme pour les pièces, la gestion de l'ensemble est portée par un arbre de création qui donne accès à l'arbre de création de chaque pièce. Il est d'ailleurs possible d'assembler des *assemblages*, donc de former des *sous-groupes* de pièces. Cette opération étant préalable ou en cours d'édition.

L'intérêt de cet outil, c'est qu'il rend possible la création d'une pièce dans l'assemblage. Il propose la même méthode au concepteur que celle qu'il appliquait sur la table à dessin : tout concevoir en même temps. En effet, à part sur les petits ensembles simples (ou déjà définis), il

## Chapitre IV: Dessin de la Boite vitesse

---

n'est pas raisonnable de concevoir chaque pièce indépendamment pour corriger ensuite, lors de l'assemblage, les problèmes d'interférence ou de coïncidence. La conception intégrée lie automatiquement les géométries des pièces entre elles. Ainsi, une modification sur une pièce est automatiquement répercutée sur les autres. Alors l'édition de pièce est la conséquence de l'édition de l'ensemble. De plus, SOLIDWORKS gère les références cycliques. En effet, non seulement il est possible de créer des pièces enfants à partir de la pièce parent, mais il est aussi possible de modifier la pièce parent en fonction des pièces enfants sans générer de boucle de mise à jour comme sur CATIA. [20]

Les mises en plan concernent à la fois les pièces (dessin de définition) ou les assemblages (dessin d'ensemble). Pour aboutir à un plan fini d'une pièce on peut estimer mettre 2 fois moins de temps qu'avec un outil DAO (temps de conception et exécution du dessin). En effet, en DAO, chaque trait est indépendant, et c'est au dessinateur de savoir quelles entités graphiques sont concernées par une modification. Le logiciel 3D ne fait qu'une projection de l'objet. Les modifications éventuelles sont opérées sur l'objet représenté, et ne concernent pas directement le plan.

### IV.2. 2.Vues :

La projection sur plan du modèle ne pose aucun problème. Aujourd'hui il est très facile d'obtenir un plan, forcément juste (avec un logiciel de DAO il est possible d'éditer un plan faux).

Les vues en coupes, les vues partielles, perspectives, sont exécutées d'un simple clic. Les seuls problèmes encore rencontrés concernent la représentation des filetages et taraudages dans les assemblages.

De plus, chaque vue peut être exécutée avec un habillage différent, filaire, conventionnel ou ombré rendant encore plus accessible la lecture de plans aux non-initiés.

### IV.2. 3.Cotation :

La cotation regroupe l'ensemble des spécifications géométriques définissant la pièce. Bien sûr, les paramètres déclarés des esquisses en font partie. Ils peuvent être automatiquement intégrés, de manière équilibrée, à la mise en plan. À ce niveau, il est encore possible de modifier la pièce en changeant la valeur des côtes. L'indépendance de ces paramètres, se rapproche du principe dit d'indépendance (cotation GPS). Cependant, la mise en forme définitive de la cotation demande encore un peu de travail.

## Chapitre IV: Dessin de la Boite vitesse

---

### IV.2. 4.Fond de plan :

SolidWorks par défaut propose ses propres fonds de plan. Mais il est possible de les faire soi-même ; Il existe deux types de fond de plan :

- Le fond de plan statique, où il faut remplir à la main chacun des champs.
- Le fond de plan dynamique, où il se remplit automatiquement suivant les paramètres mis dans l'assemblage ou dans la pièce.
- Des modèles sont proposés (équivalent du *.dot* de Word). [21]

### IV.2. 5.Nomenclature :

Le fichier assemblage contient chacune des pièces qui composent l'assemblage, on peut donc sortir de façon automatique la nomenclature appartenant à la maquette 3D.

La simple ouverture d'un fichier dans une version ultérieure le rend inutilisable pour toute version antérieure.

Vu leur très faible interopérabilité et le fait que leur contenu soit sauvé sans que l'on utilise la commande de sauvegarde, ces fichiers SOLIDWORKS ne doivent pas être considérés comme des sauvegardes à long terme d'un contenu, mais comme une simple extension de la mémoire physique ayant la propriété de rémanence.

Chaque type de fichier possède une extension qui lui est propre :

- Sldprt pour les fichiers pièce
- Sldasm pour les fichiers assemblage
- Slddrw pour les fichiers plans
- Slddrt pour les fichiers de fond de plan

Un certain nombre de modules complémentaires qui s'interfaçent avec SOLIDWORKS :

- 3DExperience Make : Mise en relation des utilisateurs avec des fabricants (Impression 3D, Usinage, Machine-outil à commande numérique, découpe laser, ...)
- SolidWorks Simulation : Logiciel de simulation, vérification de conception dans les domaines statique (pièces et assemblages), thermique, flambement, fréquentiel, fatigue, optimisation, dynamique, linéaire et non linéaire, test de chute, conception d'appareils à pression

## Chapitre IV: Dessin de la Boite vitesse

---

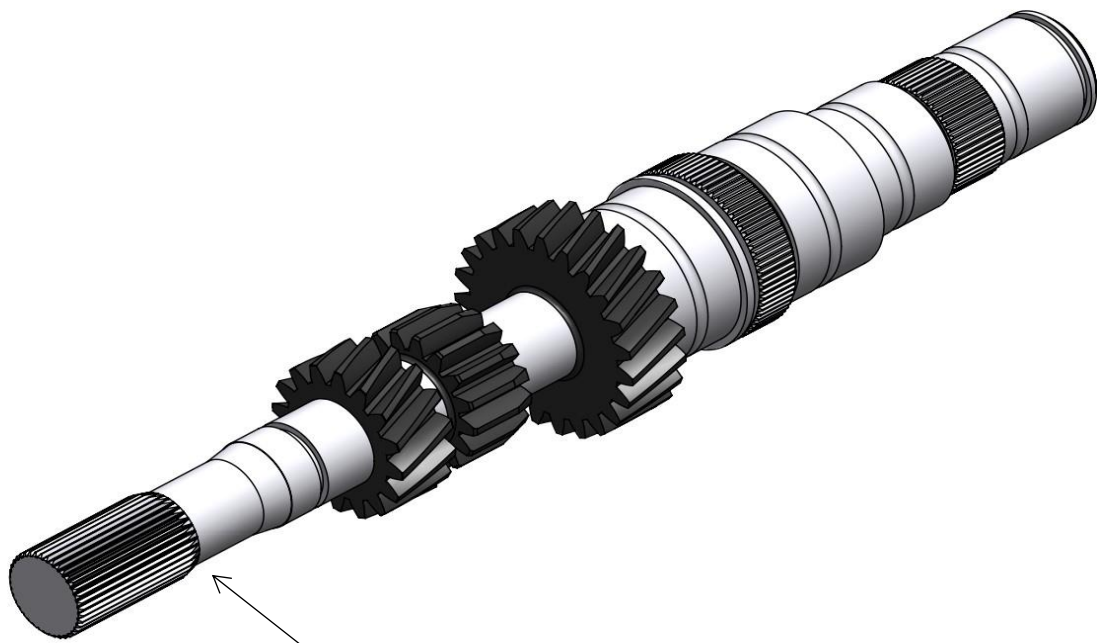
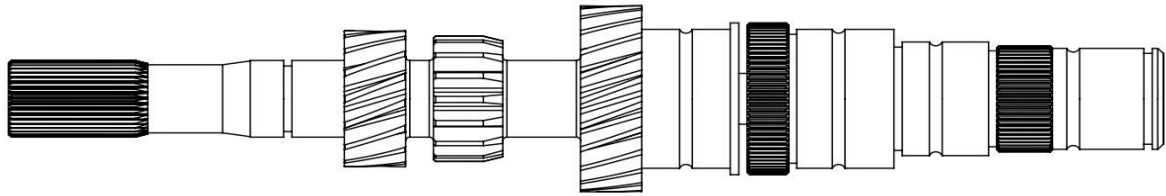
- SolidWorks Flow Simulation : Logiciel de simulation, analyse des fluides.
- SolidWorks Motion : Logiciel de simulation cinématique.
- Photo Works : Moteur de rendu photo réaliste 3D. (Photowiew 360 depuis la version 2007 (2006 bêta))
- SolidWorks Animator : Fonction d'animation en 3D (exportation dans un format vidéo standard de la simulation de mouvement d'un assemblage)
- SolidWorks PDM : Logiciel de SGDT, gestion centralisée des données (assemblages, pièces, documents texte, etc.).
- SolidWorks eDrawings : Logiciel de visualisation, de marquage, de collaboration et de mesure de fichiers CAO 3D natifs.
- SolidWorks Toolbox : Bibliothèque de pièces standard intégrée dans l'interface SolidWorks (plusieurs millions de pièces, dont des vis, écrous, roulements, rondelles...)
- SolidWorks Enterprise PDM : Logiciel de SGDT, gestion centralisée des données (assemblages, pièces, documents texte, etc.) avec Workflow, dialogue avec les ERP et synchronisation multi-site.
- Circuit Works : Logiciel d'import/export de données électriques et électronique (format idf par exemple mais pas seulement) pour reconstruction en volume dans SolidWorks.
- TolAnalyst : Analyse de tolérance sur les assemblages SolidWorks tolérances.
- 3DVIA Composer : Logiciel de création de contenu pour la documentation, l'illustration technique, les catalogues, brochures commerciales, documents de formation, manuels de maintenance... à partir des données CAO avec mise à jour des modifications venant de la CAO.



# Chapitre IV: Dessin de la Boite vitesse

## IV.3. Assemblages de la boite de vitesse:

### IV.3.1. Arbre primaire :



Arbre primaire avec pignon fixe

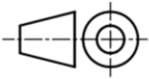
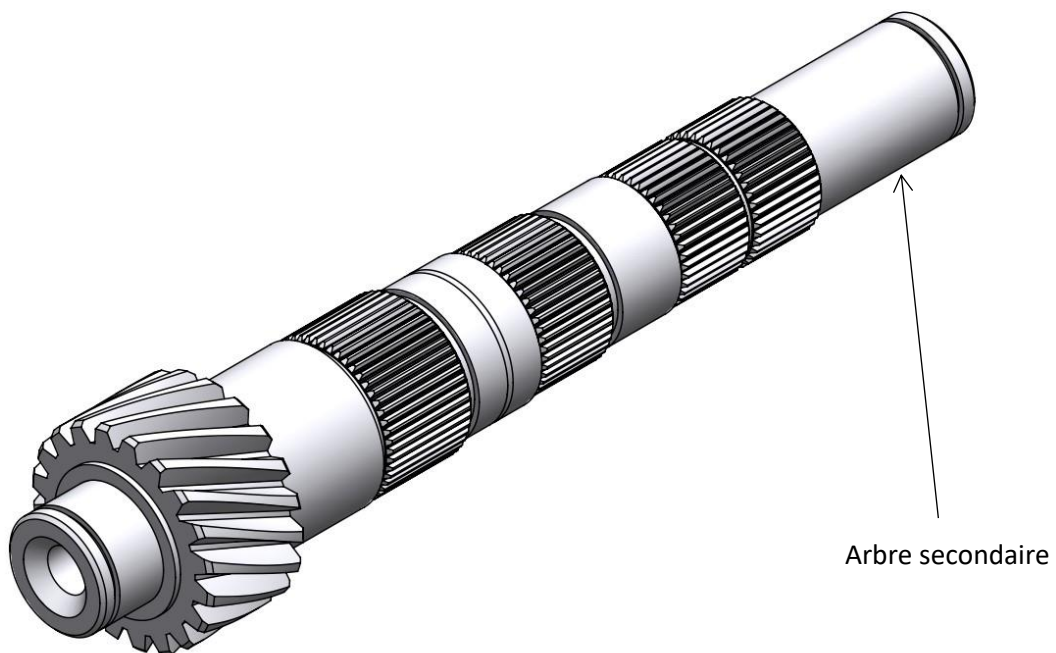
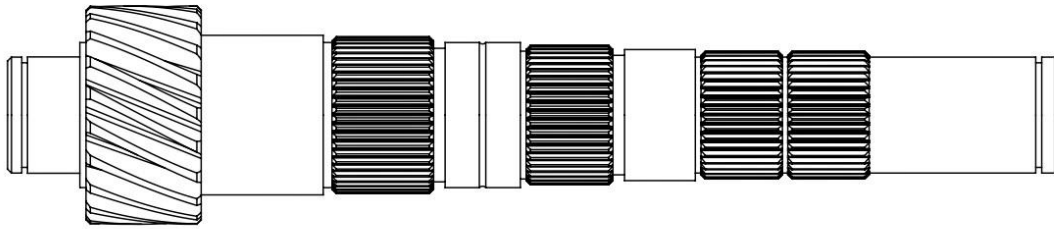
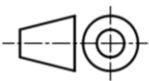
Echelle : 1.2	Acier c40	Université Mohamed Khider de Biskra	Khelili Mohamed iheb Eddine
	Arbre primaire		Date : 10/05/2022
Format page A4			Promotion 2022

Figure IV. 1: dessin arbre primaire.

## Chapitre IV: Dessin de la Boite vitesse

### IV.3.2. Arbre secondaire :

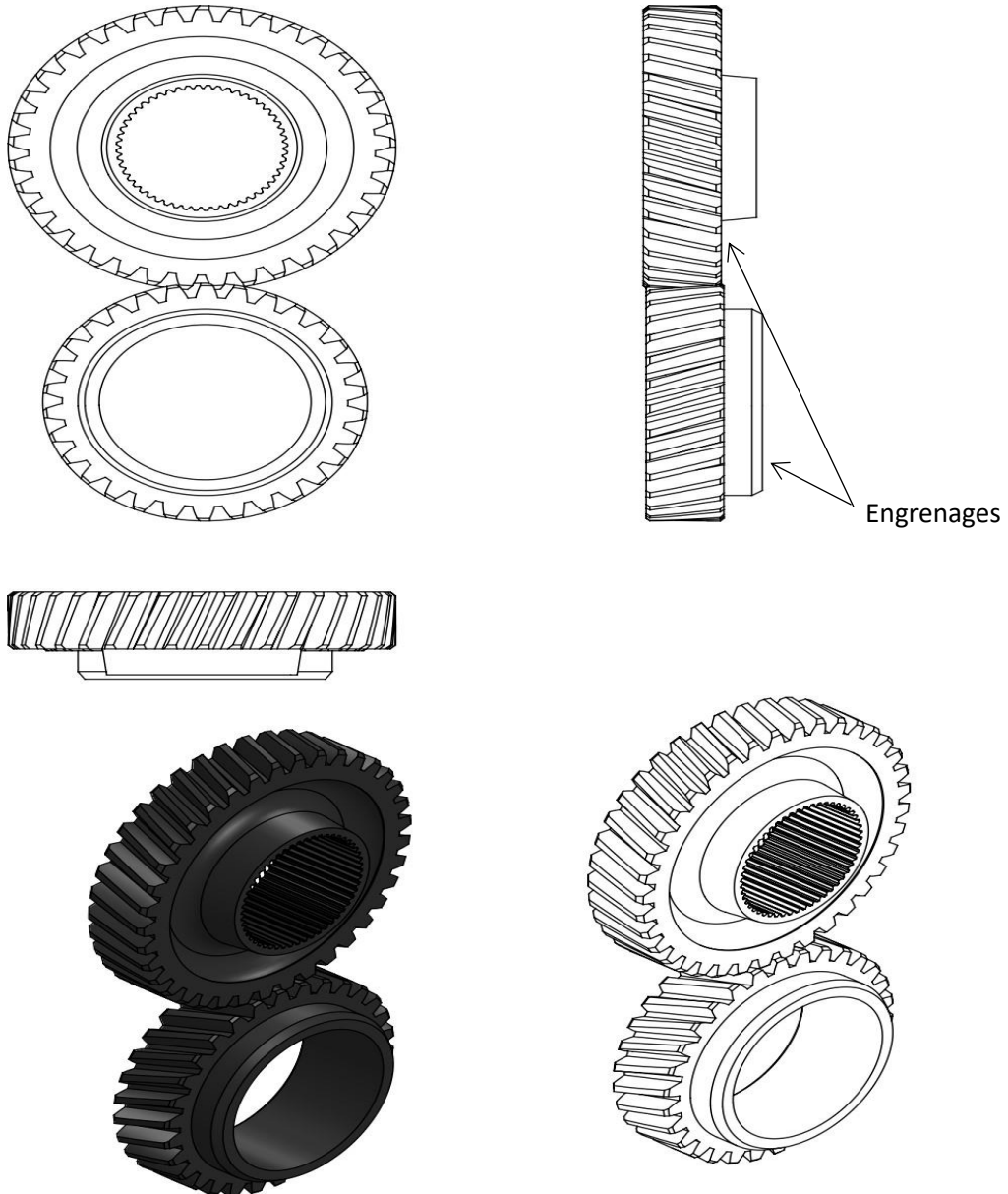


Echelle : 1.2	Acier c40	Université Mohamed khider de Biskra	Khelili Mohamed iheb Eddine
	Arbre secondaire		Date : 10/05/2022
Format page A4			Promotion 2022

*Figure IV. 2: dessin arbre secondaire*

# Chapitre IV: Dessin de la Boite vitesse

## IV.3.3. Assemblage engrenage :



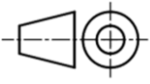
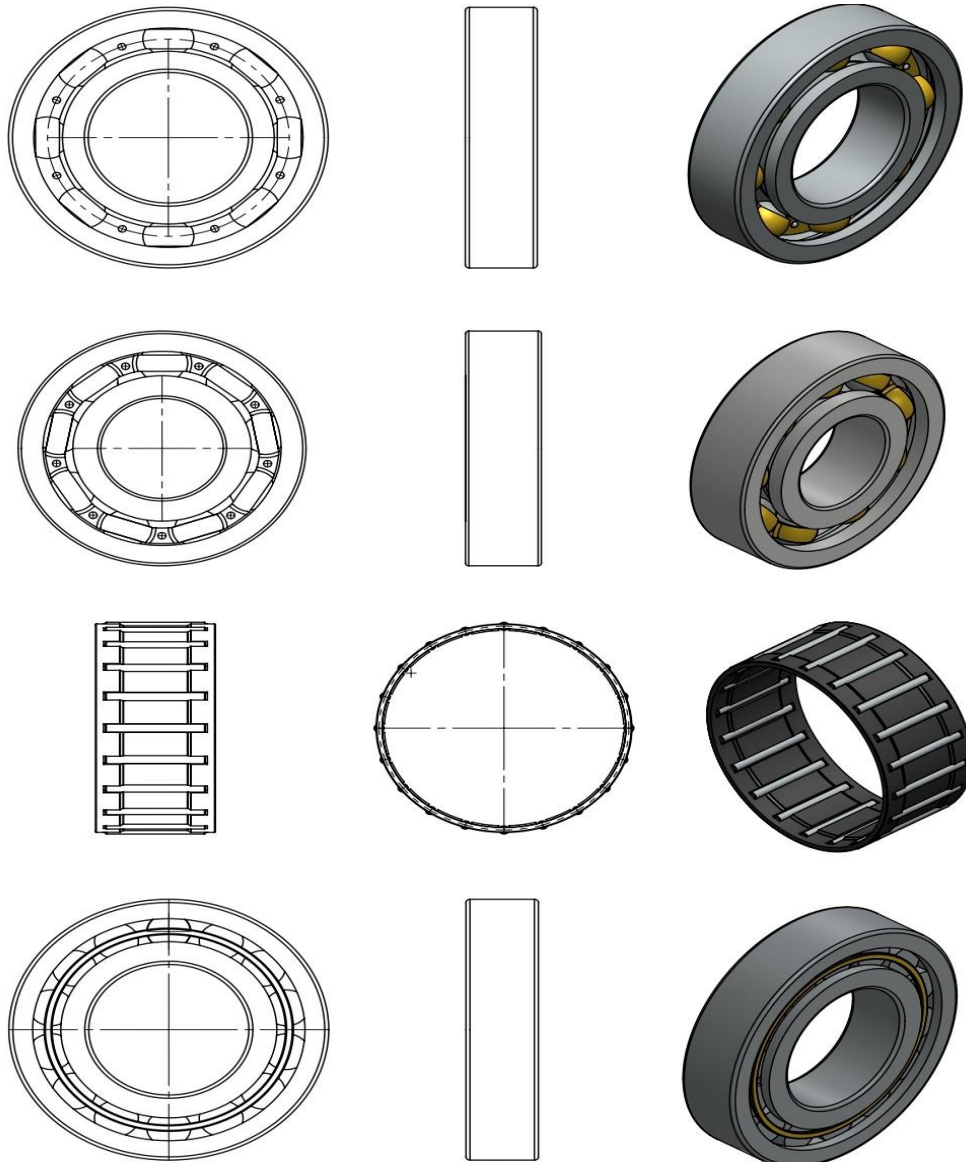
Echelle : 1.2	Acier c40	Université Mohamed Khider de Biskra	Khelili Mohamed iheb Eddine
	Engrenages		Date : 10/05/2022
Format page A4			Promotion 2022

Figure IV. 3: dessin Engrenages

# Chapitre IV: Dessin de la Boite vitesse

## IV.3.4. Les Roulements:



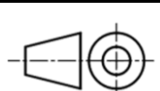
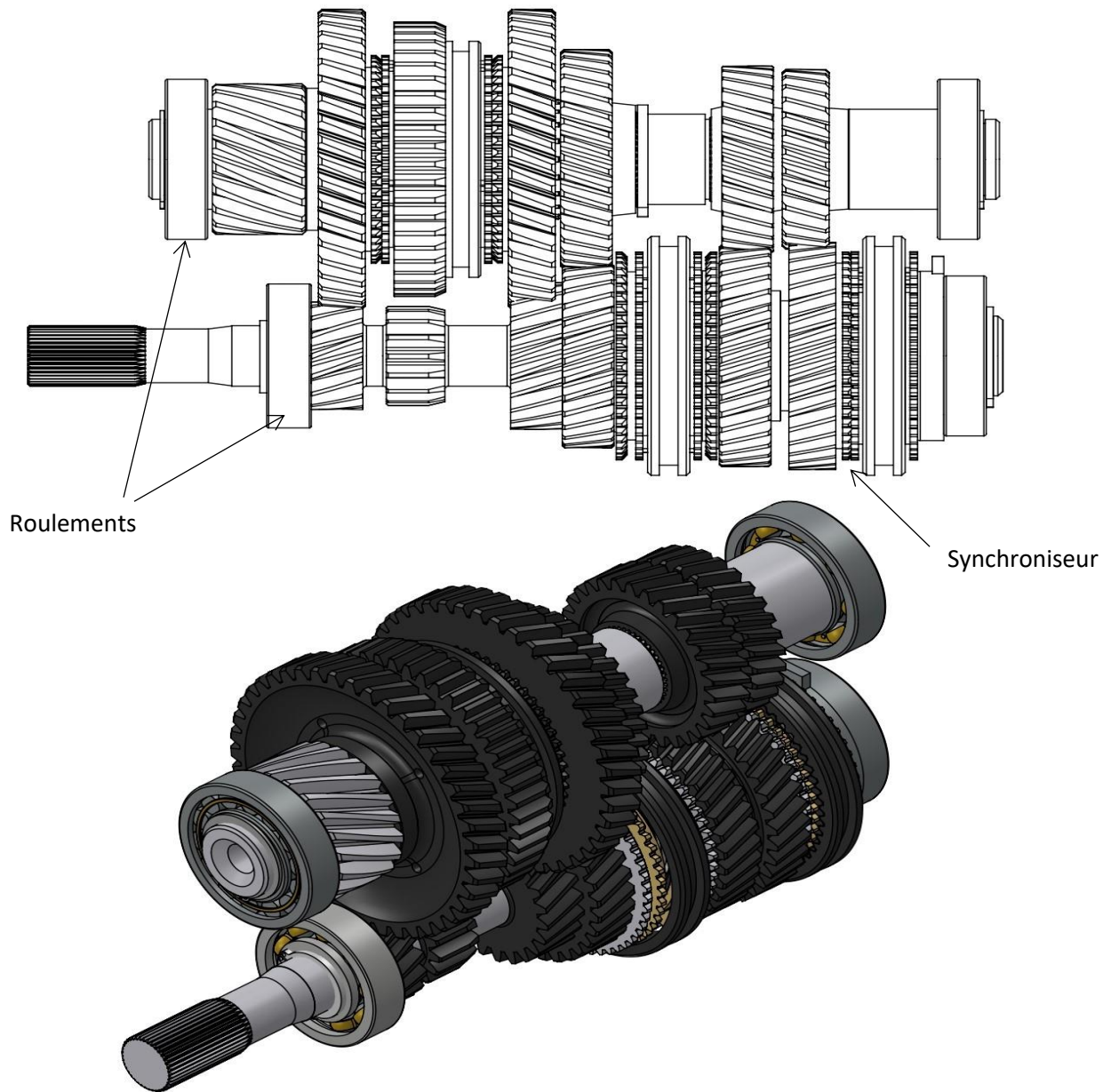
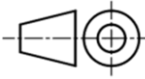
Echelle : 1.2	Acier c40	Université Mohamed Khider de Biskra	Khelili Mohamed Iheb Eddine
	Les roulements		Date : 15/05/2022
Format page A4			Promotion 2022

Figure IV. 4: les roulements

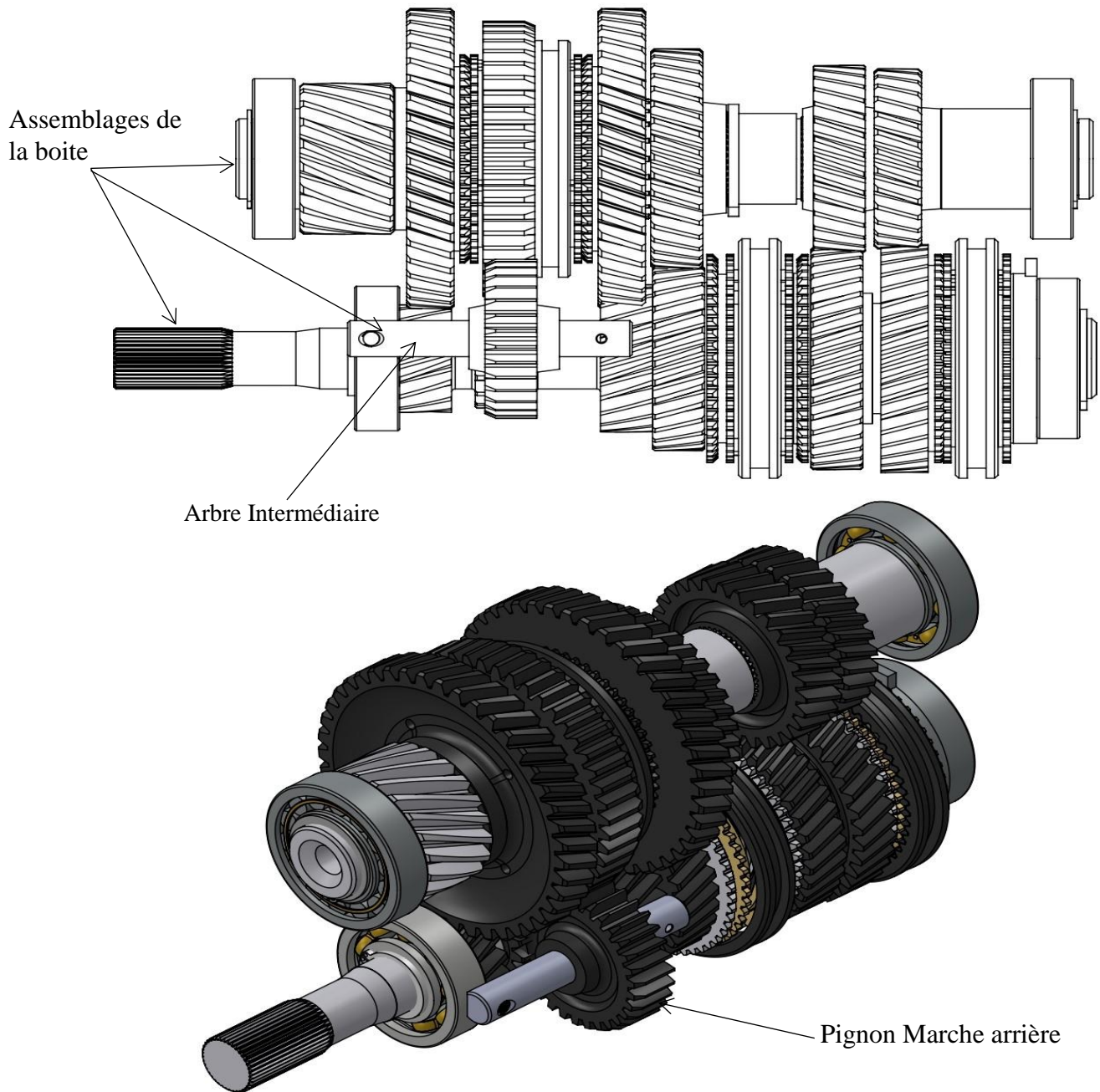
## Chapitre IV: Dessin de la Boite vitesse



Echelle : 1.2	Acier c40	Université Mohamed Khider de Biskra	Khelili Mohamed Iheb Eddine
	Assemblage (arbre primaire + secondaire)		Date : 1/06/2022
Format page A4			Promotion 2022

*Figure IV. 5: dessin assemblage (arbre primaire secondaire)*

# Chapitre IV: Dessin de la Boite vitesse



Echelle : 1.2	Acier c40	Université Mohamed Khider de Biskra	Khelili Mohamed Iheb Eddine
	Assemblages de la boite (tous les arbres)		Date : 12/06/2022
Format page A4			Promotion 2022

Figure IV. 6: dessin Assemblages de la boite (tous les arbres)

## Chapitre IV: Dessin de la Boite vitesse

---

### Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons expliqué comment concevoir une boîte de vitesses à l'aide de SolidWorks, en nous basant sur les opérations de ce programme. Nous avons constaté que dessiner avec SolidWorks est l'un des Les étapes les plus importantes dans la conception de n'importe quelle partie d'une boîte de vitesses manuelle.

# Conclusion générale

---

## Conclusion générale

À la fin de cette étude, nous avons évoqué de nombreux avantages propres aux boîtes de vitesses, notamment les boîtes de vitesses manuelles, parmi ces avantages :

- Ou premier, nous avons pu déterminer toutes les caractéristiques liées aux engrenages et aux arbres de transmission, mesurer tout ce qui s'y rapporte, et découvrir le rôle de chaque élément.
- Deuxièmement, cette étude nous a permis d'effectuer des opérations et des mesures pratiques sur une boîte de vitesses manuelle dans un atelier, Ces mesures ont été comparées aux résultats de calculs, les résultats obtenus ont été très proches.
- Au final, cette étude a été renforcée par la conception de tout l'intérieur de la boîte de vitesses manuelle à l'aide du programme SolidWorks.
- A travers ce mémoire, nous avons appris certaines notions de calcul du vaste monde des boîtes de vitesses de toutes sortes dans le domaine des calculs d'engrenages.



# REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] [www.ifpm.be](http://www.ifpm.be) — éditeur responsable : Brigitte REMACLE, Bld Reyers 80, 1030-Bruxelles
- [2] <https://www.sarl-dassonville.com/>
- [3] G. HENRIOT, « Traité théorique et pratique des engrenages », tome 1, Dunod, Paris, 1968.
- [4] <http://fr.shew-esteelpipe.com/news/the-material-selection-of-gear-steel-29297289.html>
- [5] Engrenages, conditions d'engrènement et procédés d'obtention Bruce ANGLADE – Hélène HORSIN MOLINARO Edité le 13/10/2017
- [6] Définitions, terminologie et symboles normalisés ISO
- [7] Marcel Menard on, la mécanique automobile « les organes de transmission et d'utilisation », Edition chocard et associates, France 1979
- [8] Manual complete do automovel, M. Puglisi, 1997.
- [9] [https://www.avatacar.com/blog/mecanique-auto/differents-types-de-boites-de-vitesse/?fbclid=IwAR1PtSJ6Cph\\_Etxr8XqQNvYJuUQ5dN2IT985wcqo081Q0CVn5o5VMwG5WLU](https://www.avatacar.com/blog/mecanique-auto/differents-types-de-boites-de-vitesse/?fbclid=IwAR1PtSJ6Cph_Etxr8XqQNvYJuUQ5dN2IT985wcqo081Q0CVn5o5VMwG5WLU)
- [10] [http://stephane.genouel.free.fr/FT/Dossier\\_Multimedia/Boitedevitesses/co/Boite\\_de\\_vitesses\\_8.html](http://stephane.genouel.free.fr/FT/Dossier_Multimedia/Boitedevitesses/co/Boite_de_vitesses_8.html)
- [11] Automatic and semi-automatic gearboxes for heavy commercial vehicles, conference “Institution of Mechanical Engineers (Great Britain). Automobile Division, Institute of Road Transport Engineers », 1978.
- [12] <https://www.ornikar.com/code/cours/mecanique-vehicule/boite-vitesses/sequentielle>
- [13] [https://www.fiches-auto.fr/articles-auto/fonctionnement-d-une-auto/s-851-fonctionnement-d-une-boite\\_de\\_vitesses.php?fbclid=IwAR1K8J3Hvxuids3RoBjcRd2Wy9ZKJET3wTEs-sN66NbPx2HPhF9czl4D2dc](https://www.fiches-auto.fr/articles-auto/fonctionnement-d-une-auto/s-851-fonctionnement-d-une-boite_de_vitesses.php?fbclid=IwAR1K8J3Hvxuids3RoBjcRd2Wy9ZKJET3wTEs-sN66NbPx2HPhF9czl4D2dc)

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

[14] CONCEPTION ET CALCUL DES ÉLÉMENTS DE MACHINES J.F. Debongnie 2013

[15] <http://www.realoem.com/bmw/partgrp.do?model=1231&mospid=47263&hg=23>

[16] <http://tpmattitude.fr/lubrification.html>

[17] Centre d'intérêt TRANSMISSION Lubrification Automobile

[18] Mohamed, A., Conception et simulation sous SolidWorks et CAM concept des éléments principaux d'un équipement Mécanique (Turbine à gaz F300C) au niveau du laboratoire FSSA. 2018, Université Larbi Ben M'hidi Oum-El-Bouaghi.

[19] <http://www.leguide3d.com/profiles/blogs/solidworks-extrusions-multiples-spatiales-avec-les-esquisses3d>.

[20] <http://www.leguide3d.com/profiles/blogs/solidworkq-comprendre-le-fonctionnement-des-tables-en-tolerie>.

[21] Vidéo: A-S3D Expert en integration SolidWorks - AvenAo *Formation SolidWorks - Vues de mise en plan sous SolidWorks*. p.

[https://www.youtube.com/watch?v=BIb0E91GBE8&index=6&list=PLjkiI\\_IbLbweeJrlJR\\_KmjB0g8EOoESkg](https://www.youtube.com/watch?v=BIb0E91GBE8&index=6&list=PLjkiI_IbLbweeJrlJR_KmjB0g8EOoESkg)

### Résumé :

Dans notre projet on a étudié la boîte à vitesse manuelle, nous avons donnés une description intérieure et un autre extérieur, de boîte vitesses Peugeot (308) 1.6 HDI diesel à 5 vitesses avant et une marche arrière, une étude détaillée est réalisée et les calculs sur les engrenages, les dimensions des arbres primaire et secondaire, la lubrification du carter, et les plans d'identification sont effectués sur la boîte de vitesses qui a été étudiée à l'aide de SOLID WORKS.

### Mot clés :

Arbre primaire, engrenages, boîte vitesse manuelle, pignon marche arrière, roulements.

### ملخص المشروع:

درسنا في مشروعنا علبة التروس اليدوية، وقدمنا وصفًا داخليًا وخارجيًا، لعلبة التروس في سيارة ديزل

Peugeot (308) 1.6 HDI diesel مع 5 تروس أمامية وواحدة خلفية، وتم إجراء دراسة تفصيلية وحسابات التروس، وأبعاد المحاور الأولية والثانوية، تشحيم علبة المرافق، ويتم وضع رسومات تعريفية على علبة التروس التي تمت دراستها باستخدام SolidWorks.

### الكلمة المفتاحية:

عمود اولي، تروس، علبة تروس يدوية، العتاد العكسي، محامل.

### The summery of project:

In our project we examined a manual gearbox, gave an internal and external description of the gearbox in a diesel car. Peugeot (308) 1.6 HDI diesel with 5 forward gears and 1 reverse. A detailed study and calculations of gears, dimensions of primary and secondary axes, crankcase lubrication and identification drawings are performed on the studied gearbox using SolidWorks.

### Keyword:

Primary axle, gears, manual gearbox, reverse gears, bearing