

Faculty of Sciences and Technology
Department of Mechanical Engineering

كلية العلوم والتكنولوجيا
قسم الميكانيك التطبيقية

N° d'ordre : M...../GM/2022

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE MASTER ACADEMIQUE

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : Construction Mécanique

Thème

Etude comparative entre une transmission par courroie crantée et une transmission par engrenage : cas d'un moteur à combustion interne

Présenté par :

❖ Ould Youcef Chahrazed

❖ Zougag Djouhaina

Soutenu le 13 / 07 / 2022 devant le jury composé de :

Président Pr. R. Zenasni Université de Mostaganem UMAB

Examineur M. M. Benaissa Université de Mostaganem UMAB

Encadreur Dr. M. Bendoukha Université de Mostaganem UMAB

Année Universitaire : 2021 / 2022

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE I.....	2
1 Définition d'une transmission	2
2 Classification des transmissions.....	2
2.1 Les courroies	2
2.1.1 Définition	2
2.1.2 Transmissions par poulies et courroies	2
2.1.3 Les types des courroies	3
2.1.3.1 La courroie crantée.....	3
2.1.3.2 La courroie lisse ou plate	3
2.1.3.3 La courroie trapézoïdale.....	3
2.1.4 Comparaison des courroies	4
2.1.4.1 Plates	4
2.1.4.2 Trapézoïdales	5
2.1.4.3 Courroie crantée (dentée)	5
2.1.5 Matériaux des courroies	6
• Cuir :	6
• Composites cuir-perlon, cuir-nylon, etc.....	6
• Tissus caoutchoutés	6
• Caoutchoucs ou élastomères renforcés	6
2.2 Utilisations des courroies	7
2.2.1 Les caractéristiques des Courroies synchrones	7
2.3 Les engrenages	8
2.3.1 Définition d'engrenage	8
2.3.2 Transmission par engrenages	8
2.3.3 Les types d'engrenages	8
2.3.3.1 Engrenages droits à denture droite.....	8
2.3.3.2 Engrenages droits à denture hélicoïdale.....	9
2.3.3.3 Engrenages coniques.....	9
2.3.3.4 Engrenages roue et vis sans fin.....	10

2.3.4	Avantages	10
2.3.5	Inconvénients	11
2.4	Les chaînes	11
3	La synchronisation d'un moteur	11
3.1	Comment fonctionne une transmission de véhicule ?	12
CHAPITRE II.....		14
1	Démarche de calcul	14
2	Le moteur thermique à combustion interne.....	14
3	La distribution	14
3.1	Principe de fonctionnement	14
3.2	Le vilebrequin.....	16
3.3	L'arbre à cames	16
4	Transmission par courroies	17
4.1	Le choix de type de courroie	18
4.2	Calculs de la courroie crantée.....	18
4.3	Sollicitations subies par la courroie.....	23
5	Calcul de les engrenages	26
5.1	Matériau de l'engrenage	26
5.2	Les caractéristiques d'engrenage.....	30
5.3	Lubrification des engrenages	35
5.4	Les différents types de l'huile des engrenages	35
5.5	Graissage des engrenages	36
Chapitre III		37
1	Comparaison entre la transmission par la courroie et par les engrenages.....	37
2	Les données de la courroie et engrenage.....	37
3	Les avantages et les inconvénients de courroie et d'engrenage	38
CONCLUSION GENERALE		39

Liste des figures

<i>Figure I.1 : Principe d'une transmission par poulie courroie</i>	<i>3</i>
<i>Figure I.2: La forme de courroie plate</i>	<i>4</i>
<i>Figure I.3: courroie plate</i>	<i>4</i>
<i>Figure I.4: La forme de courroie trapézoïdale</i>	<i>5</i>
<i>Figure I.5: Courroie trapézoïdale</i>	<i>5</i>

Figure I.6: Courroie crantée (dentée)	6
Figure I.7: Engrenage droit à denture droite pour arbres parallèles	8
Figure I.8: Engrenage droit à denture hélicoïdale pour arbres parallèles	9
Figure I.9: Engrenage conique à denture droite pour arbres concourants	10
Figure I.10: Engrenages roues et vis entre arbres orthogonaux	10
Figure I.11: La distribution moteur	12
Figure II.1: Disposition constructive pour la liaison	15
Figure II.2: Le vilebrequin	16
Figure II.3: L'arbre à cames	17
Figure II.4 : Transmission par poulie et courroie	17
Figure II.5 : Gamme de puissance admissible	20
Figure II.6: Puissance de base de courroie crantée	21
Figure II.7: Les angles d'enroulement	22
Figure II.8 : Contact dans le cas d'un angle de pression de 20°	29
Figure II.9 : Exemple de différents modules	30
Figure II.10 : Caractéristiques d'une denture	31
Figure II.11: Valeur de coefficient Y	34
Figure II.12 : fonctionnement de la lubrification d'engrenage	35

Liste des tableaux

Tableau 1: les données de Maruti 800	18
Tableau 2: Facteur de service k	19
Tableau 3: Dimensions des courroies	22
Tableau 4: comparaison des valeurs calculer et valeur mesure pratiquement	25
Tableau 5 : modules normalisés	29
Tableau 6 : Caractéristiques des engrenages à denture droite	30
Tableau 7 : Les dimensions calculés du système	31

Nomenclature

m : module

z : nombre de dents

p : pas

d1: Le diamètre de pignon 1(arbre à came)

d3 : Le diamètre de pignon 3 (pignon intermédiaire)

d2: Le diamètre de pignon 2 (vilebrequin)

r1: Le rayon du pignon 1

r1 : Le rayon du pignon 2

h : hauteur de la dent

H : hauteur de la courroie

h_a : Saillie de la dent

h_f : Creux de la dent

b : largeur de denture

d_p : Diamètre primitif

d_a : Diamètre de tête

d_f : Diamètre de pied

a : Entraxe

α : Angle de pression

η_p : vitesse de rotation de pignon

ω : vitesse angulaire

F_N : La force normale.

F_t : La force tangentielle d

σ_f : contrainte de flexion

P : la puissance en KW

C : le couple en N.m

k : facteur de service

σ_c : contrainte de la force centrifuge

σ_t : contrainte de traction

ρ : Masse volumique KG/ m³

L : la longueur

E_f : Module d'élasticité pour la flexion

α, β : Les angles d'enroulement de petite poulie

v : vitesse linéaire rad /s

K : le coefficient de la largeur de dent ($6 < K < 10$)

σ_e : La limite de la résistance d'élasticité en MPa

ν_i : Coefficient de poisson

ρ_i : Les rayons de courbure des deux surfaces des dents en contact

E : le module d'élasticité des matériaux des dents

Remerciements

Nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

*Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de Monsieur **BENDOUKHA MOHAMED**, on le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.*

Nous remercions également les membres du jury d'avoir accepté de juger notre travail :

*Professeur **ZENASNI** et Monsieur **BENAISSA***

Nos remerciements s'adressent également à tous nos professeurs du département de Génie Mécanique pour leurs générosités et la grande patience dont ils ont su faire preuve malgré leurs charges académiques et professionnelles.

Merci à tous

Dédicace



Merci Allah de m'avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, le courage, et la patience d'aller jusqu'au bout de la réussite.

Je dédie ce modeste travail à celle qui m'a donnée la vie et la tendresse qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite à ma mère « Aïcha » qui m'a encouragé tout le long, et dont l'encouragement a fait en sorte que je donne tout ce qu'il faut pour terminer ce que j'ai commencé,

A mon frère « MOHAMED »

Ma sœur « NORIA »

A ma binôme « DJOUHIANA »

Et toute ma famille

A tous mes collègues des Scouts Islamiques Algériens

Et a tous mes professeurs,

Aussi qu'à toutes les personnes qui m'ont aidée de près ou loin à la réalisation de ce travail

A mes amies,

Je leurs dédie ce travail

CHAHRAZED

Dédicace



Merci Allah de m'avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, le courage, et la patience d'aller jusqu'au bout de la réussite.

Je dédie ce modeste travail à celle qui m'a donnée la vie et la tendresse qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite à ma mère «FATIMA», à mon père « NESREDDINNE », qui m'a encouragé tout le long, et dont l'encouragement a fait en sorte que je donne tout ce qu'il faut pour terminer ce que j'ai commencé,

A mes sœur «AYA, HASSIFA»,

A mon frère «HOUCINE»,

A ma binôme « CHAHRAZED »,

Et a toute ma famille,

Aussi à toutes les personnes qui m'ont aidée de près ou loin à la réalisation de ce travail

A mes amies,

Je leurs dédie ce travail

DJOUHAINA

INTRODUCTION GENERALE

Les systèmes de transmission occupent une place importante dans l'industrie mécanique. On peut les retrouver dans toutes les branches de l'industrie par exemple : les véhicules roulants les engins de génie civil, les domaines de transformation de l'énergie, etc....

De nombreuses solutions techniques, chacune avec des avantages et des Inconvénients, c'est pour cette raison que l'on trouve différents systèmes nous pourrions donner des exemples de ces cas particuliers des transmissions à axes parallèles, axes concourants, axes quelconques.

Nous proposons ce travail et reprenons le système de transmission par courroies et proposons un autre par engrenages. Les deux solutions techniques sont très utilisés chacune pour son cas.

Notre travail consiste à appliquer ces 2 systèmes pour cas le moteur thermique de véhicules. Nous avons choisi cette étude pour le caractère synchrone que revêt cet exemple.

La spécificité de cette transmission se situe entre le vilebrequin et les arbres à cames permettant la commande des soupapes d'admission et d'échappement.

L'objectif principal de notre étude est d'arriver à faire une étude comparative entre les transmissions par courroies et engrenages à travers leurs avantages et leurs inconvénients.

Notre approche dans cette étude est qu'à partir des données réelles d'un moteur de véhicule : (entraxe, diamètre des pignons entrée/sortie, puissance, etc.....) aboutir à déterminer les caractéristiques dans le cas des courroies, également dans le cas des engrenages. Enfin répondre à la question de savoir quelle solution choisir pour le cas du moteur à combustion interne, en fonction des conditions opératoires qui doit bien entendu se faire sans engendrer de surcoûts importants, c'est-à-dire en respectant un cahier des charges préétabli. Afin de mener à bien cette étude, nous subdiviserons notre mémoire en 3 chapitres, le premier chapitre est dédié à l'étude bibliographique sur la transmission de puissance mécanique, de la même manière nous ajouterons une revue bibliographique sur les courroies et engrenages. Dans Le deuxième chapitre nous déterminerons tous les paramètres de la solution considérée en se basant sur les données réelles du moteur thermique. En dernière partie, nous effectuerons une analyse comparative de ces performances pour enfin essayer de répondre à la question, laquelle des solutions adopter ? Selon leurs avantages et inconvénients.

CHAPITRE I

1 Définition d'une transmission [1]

Une transmission est un dispositif mécanique utilisé pour transmettre ou convertir le mouvement d'une pièce à une autre. Cet élément de la chaîne énergétique a pour fonction de réguler le couple et la vitesse entre l'organe moteur et l'organe mené. La transmission du mouvement est l'une des fonctions les plus courantes des éléments de la mécanique générale, les dispositifs mécaniques destinés à remplacer la main humaine. Selon le mécanisme, la taille de la transmission est basée sur les considérations suivantes : remplacement des composants du mécanisme, mouvement requis, force ou couple recherché et puissance.

2 Classification des transmissions

2.1 Les courroies [2]

2.1.1 Définition

Les courroies sont des pièces utilisées pour transmettre le mouvement. Il est fait d'un matériau doux. Par rapport à d'autres systèmes, il présente l'avantage d'une grande flexibilité de conception, les concepteurs ont une grande liberté dans le placement des composants du moteur et du récepteur, économiques, silencieux et peuvent absorber les vibrations, les chocs et la gigue de transmission. Cependant, il a une durée de vie limitée et doit être remplacé régulièrement, tant en termes de cycles que de temps. De plus, la puissance pouvant être transmise est limitée, ce qui est parfois un avantage (comme un limiteur de couple par exemple), et sa souplesse lui permet d'alimenter des accessoires placés dans des endroits exigus.

2.1.2 Transmissions par poulies et courroies [3]

Ce système permet de plus :

- pour un arbre moteur d'avoir plusieurs arbres récepteurs.
- un montage économique et une maintenance aisée.
- d'amortir les vibrations et les chocs de transmission ce qui augmente la durée de vie des organes moteur et récepteur.
- d'assurer un fonctionnement silencieux.

CHAPITRE I : LES TRANSMISSIONS

Par contre les courroies ont une durée de vie plus limitée que la plupart des organes mécanique, il faut donc surveiller l'usure et prévoir un plan d'entretien périodique (Maintenance préventive) pour palier au vieillissement de la courroie.

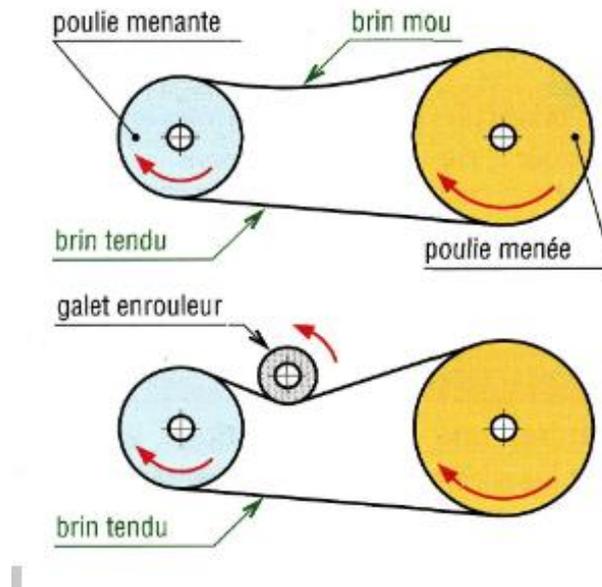


Figure I.1 : Principe d'une transmission par poulie courroie [3]

2.1.3 Les types des courroies [4]

Les courroies trapézoïdale, crantée et lisse sont trois types différents de courroie. Elles ne se présentent pas de la même manière :

2.1.3.1 La courroie crantée

A des dents pour entraîner des poulies, permettant le transfert d'énergie mécanique entre différents organes. Il existe des courroies crantées à simple face, comme les courroies de distribution dans les automobiles, et des courroies crantées à double face, comme sur les tondeuses à gazon ou les motoculteurs.

2.1.3.2 La courroie lisse ou plate

Ne comporte-t-elle aucune dent, d'où son nom. En automobile, une courroie lisse est utilisée pour la courroie d'accessoire, aussi appelée courroie d'alternateur.

2.1.3.3 La courroie trapézoïdale

S'appelle ainsi seulement en raison de sa section, qui a la forme d'un trapèze. Une courroie trapézoïdale peut ainsi être crantée ou lisse. Lorsque la section de la courroie est

rectangulaire, on parle de courroie plate. La courroie plate ne peut pas être crantée ; elle est forcément lisse. On s'en sert par exemple sur certains outils comme les scies.

2.1.4 Comparaison des courroies

2.1.4.1 Plats [5]

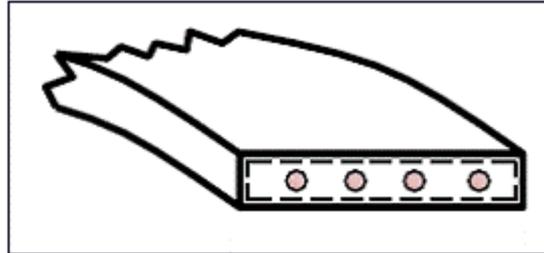


Figure I.2: La forme de courroie plate [5]

- rendement élevé jusqu'à 98 %
- facile à plier, mais débarquent par glissement
- grande tension requise, d'où usure par fatigue
- plus large, donc plus encombrante
- plus légère, donc les vitesses plus élevées (20-45 m/s, 500-1000 rpm)

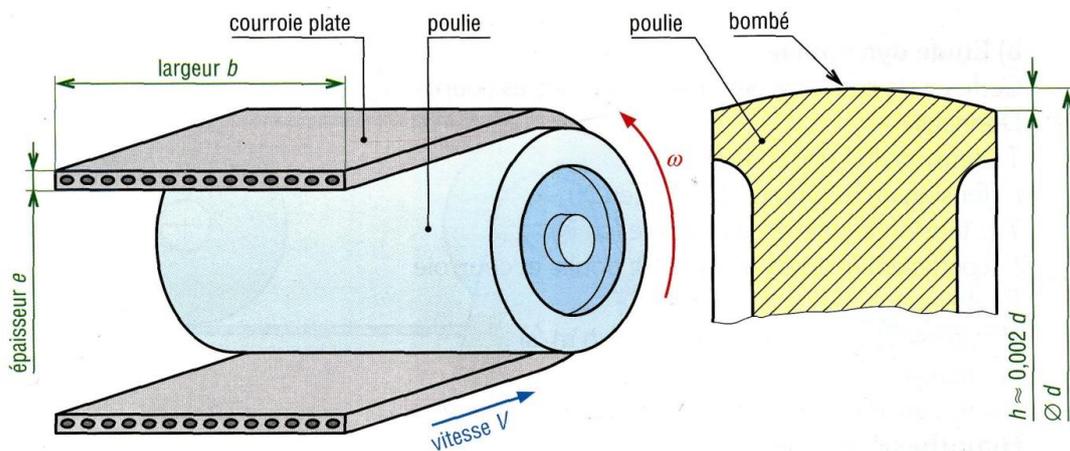


Figure I.3: courroie plate

2.1.4.2 Trapézoïdales [5]

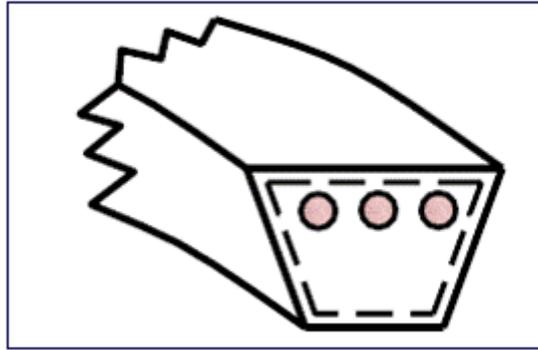


Figure I.4: La forme de courroie trapézoïdale [5]

- bon rapport : puissance/encombrement
- tension réduite, bonne stabilité latérale
- plus sujettes à l'effet de la force centrifuge
- meilleure adhérence, mais coincent dans la rainure
- plus lourde, donc les vitesses moins élevées (5-10 m/s)

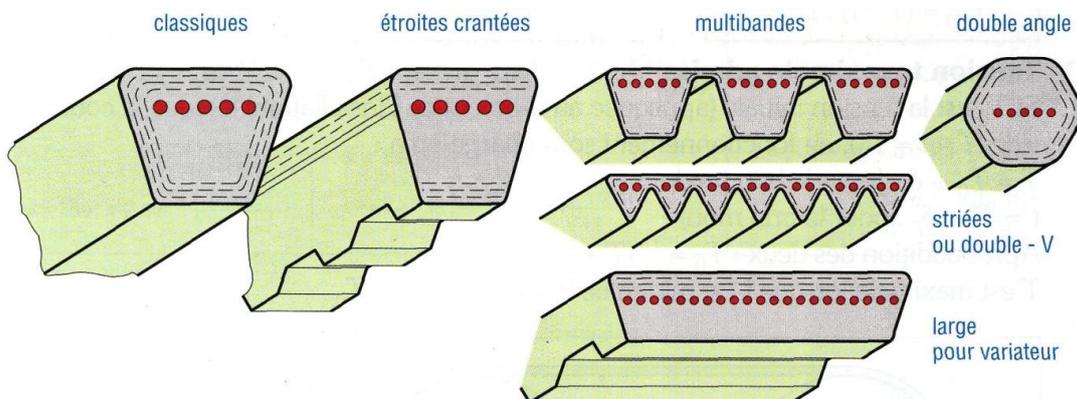


Figure I.5: Courroie trapézoïdale [6]

2.1.4.3 Courroie crantée (dentée) [5]

La courroie synchrone (parfois appelée courroie dentée ou crantée), la courroie synchrone permet d'assurer une transmission sans glissement (comme les chaînes ou les engrenages). Contrairement à la synchronisation par chaîne, la courroie de distribution qui synchronise l'arbre à cames avec le vilebrequin a l'avantage de ne pas nécessiter de lubrification. . Le remplacement d'elle doit s'effectuer après un certain temps ou un certain 11 kilométrage, selon les préconisations du constructeur (5 ans ou 80 000 km pour les moteurs

courants en moyenne

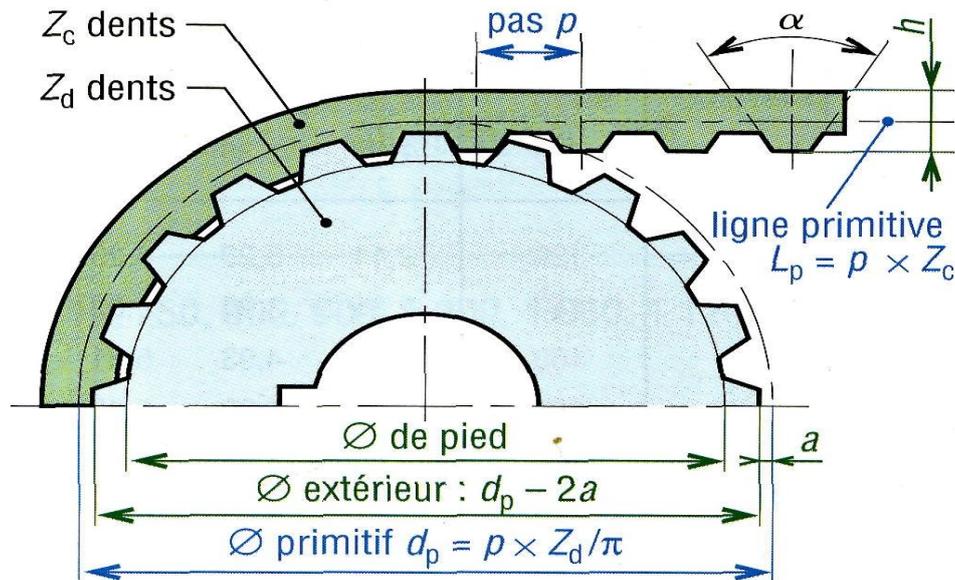


Figure I.6: Courroie crantée (dentée) [7]

2.1.5 Matériaux des courroies [5]

Dans ce qui suit nous allons évoquer les matériaux utilisés dans la construction des courroies parmi lesquelles nous citons les principaux :

- **Cuir :**

- Sensible aux conditions d'opération
- Exemple moulin à scie ou Scie horse power

- **Composites cuir-perlon, cuir-nylon, etc.**

- Grande durabilité
- Vitesses petites et moyennes

- **Tissus caoutchoutés**

- Fibres de coton, nylon ou autres imprégnées de caoutchouc, augmentent le coefficient de friction
- Disponible en rouleaux, il faut relier par un joint (chauffé et meulé)

- **Caoutchoucs ou élastomères renforcés**

- PVC, uréthane, nylon avec les renforts : fibres de verre ou de carbone, acier :
- $P = 30 \text{ kW/cm de largeur (100 hp/po)}$, $V = 20 \text{ m/s (40 000 tpm)}$
- Courroies sans fin ou en rouleaux

2.2 Utilisations des courroies [5]

- Un entraînement par courroie est utilisé pour le transfert de puissance.
- Conduire au rotor sur la machine à filer à rotor.
- L'entraînement par courroie est utilisé dans le convoyeur.
- Conduisez aux rouleaux d'étirage et autres éléments roulants sur une seule machine d'étirage de livraison.
- Entraînements aux rouleaux d'ouverture, aux tambours à friction et aux rouleaux de prélèvement sur la machine à filer à friction.
- Entraînement principal sur la machine d'étirage-texturation.
- L'entraînement par courroie est utilisé dans l'industrie de l'usine.
- Entraînement aux rouleaux de cantre d'une machine à dessiner à grande vitesse

2.2.1 Les caractéristiques des Courroies synchrones

- **Les courroies synchrones sont identifiées par :**

Pas : la distance (mm) entre les centres de deux dents voisines, mesurée sur la ligne primitive.

Longueur primitive : la circonférence (mm) de la courroie, mesurée sur la ligne primitive.

Largeur : la largeur au sommet (mm).

Profil de la denture.

- **Les courroies synchrones sont entraînées par des poulies dentées, dont les dimensions principales sont :**

Pas : la distance (mm) qui sépare le centre de deux entre-dents, mesurée sur le cercle primitif de la poulie. Le diamètre primitif

De la poulie correspond à la ligne primitive de la courroie montée.

Nombre d'entre-dents de la poulie.

Largeur : largeur de face.

Remarque :

- Le diamètre primitif de la poulie est toujours supérieur à son diamètre extérieur.

CHAPITRE I : LES TRANSMISSIONS

- Il est extrêmement important de faire correspondre les profils des dents de la courroie et de la poulie.

Ne confondez jamais différents profils !

2.3 Les engrenages

2.3.1 Définition d'engrenage [8]

Un système d'engrenages se compose de deux engrenages ou plus qui permettent de transmettre un mouvement de rotation en se soutenant mutuellement. Les systèmes d'engrenages sont souvent utilisés lorsqu'il est souhaité de transférer un mouvement de rotation entre des pièces à proximité. Les dents des rouages concernés entrent successivement en contact les unes avec les autres, on dit alors qu'elles s'engrènent. L'utilisation de pignons résout le problème du système de roue à friction car il empêche tout patinage.

2.3.2 Transmission par engrenages [9]

Les engrenages sont d'excellents composants de transmission de puissance. Ils répondent parfaitement aux exigences spécifiques d'efficacité, de précision et de puissance des architectures mécaniques modernes. Cette section présente une revue de la littérature sur les engrenages à un et deux étages.

2.3.3 Les types d'engrenages [8]

2.3.3.1 Engrenages droits à denture droite

Les plus simples et les plus économiques, ils permettent de transférer mouvement et puissance entre deux axes parallèles. Les dents des deux engrenages sont parallèles à l'axe de rotation de l'arbre. Du fait de sa facilité et de sa simplicité, il est toujours utilisé pour faciliter le mouvement et une bonne définition de sa géométrie

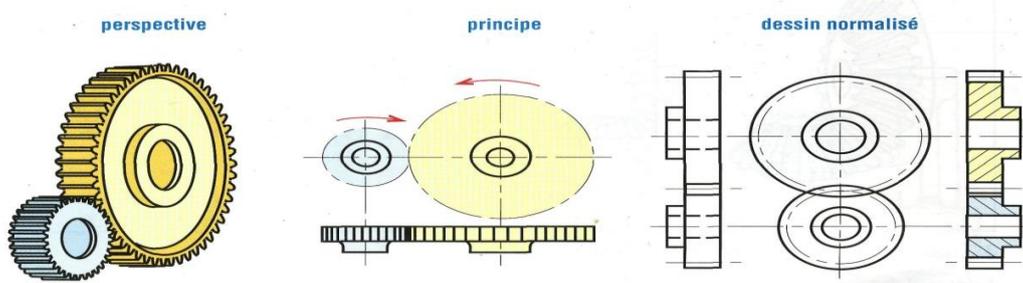


Figure I.7: Engrenage droit à denture droite pour arbres parallèles [10]

2.3.3.2 Engrenages droits à denture hélicoïdale

De même usage que les précédents, ils sont très utilisés en transmission de puissance ; les dents des roues sont inclinées par rapport à l'axe de rotation des deux arbres.

À taille égale, ils sont plus performants que les précédents pour transmettre puissance et couple. Du fait d'une meilleure progressivité et continuité de l'engrènement ils sont aussi plus silencieux. L'inclinaison de la denture engendre des efforts axiaux, suivant l'axe de l'arbre, qui doivent être supportés par les paliers et des couples supplémentaires qui accentuent le fléchissement des arbres. Remarque : ils sont parfois utilisés pour transmettre le mouvement entre des arbres non parallèles et sont appelés engrenages gauches.

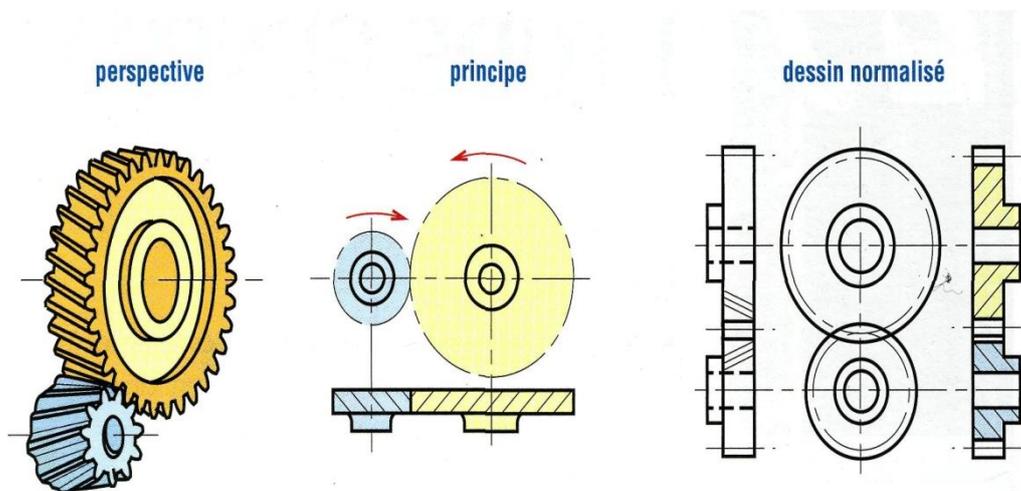


Figure I.8: Engrenage droit à denture hélicoïdale pour arbres parallèles [10]

2.3.3.3 Engrenages coniques

Leurs dents sont taillées dans des surfaces coniques. Ils sont utilisés pour transmettre le mouvement entre des arbres concourants, perpendiculaires ou non. La denture peut être droite mais aussi hélicoïdale, ou spirale.

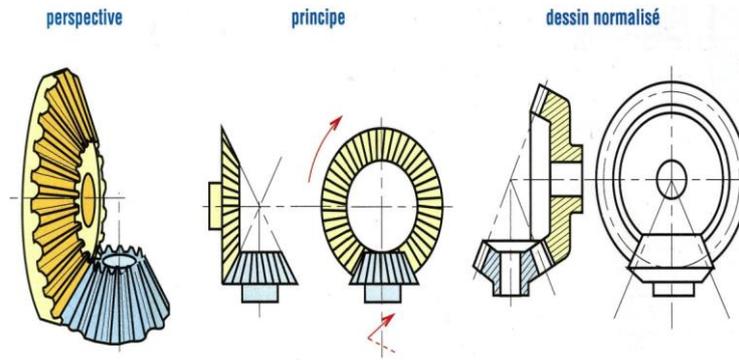


Figure I. 9: Engrenage conique à denture droite pour arbres concourants [10]

2.3.3.4 Engrenages roue et 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 droite ou à gauche. L'irréversibilité est possible.

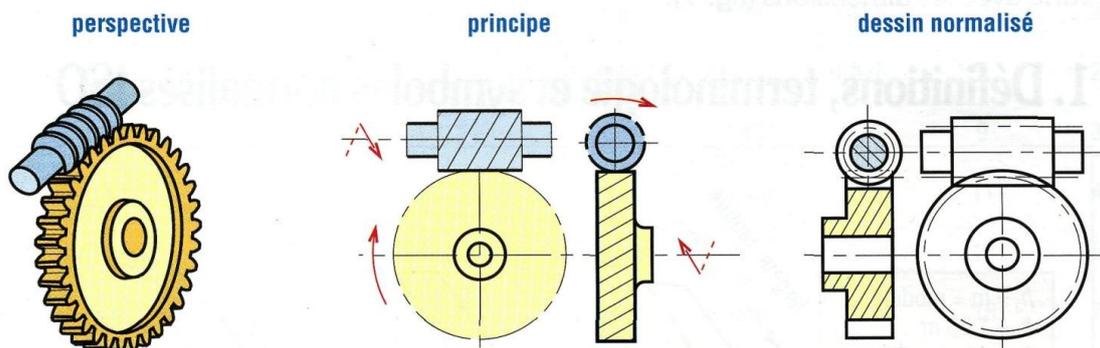


Figure I.10: Engrenages roues et vis entre arbres orthogonaux [10]

2.3.4 Avantages [8]

- 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 de petits espaces.
- Il s'agit d'un système performant, car les vitesses de rotation peuvent être très élevées.

2.3.5 Inconvénients [8]

- Ce système génère beaucoup de bruit et de vibration.
- Son utilisation implique un besoin de lubrification constant.
- Les coûts de fabrication sont élevés, car il faut être précis dans la confection des dents.
- Sa fabrication nécessite un ajustement très précis entre les axes à cause des dents.
- Ce mécanisme ne supporte aucune impureté

2.4 Les chaînes

Comme autre solution des transmissions nous citons les chaînes métalliques qui ont été déjà le sujet dans le mémoire [11].

Application :

Une fois que nous avons défini les 2 modes de transmissions que nous étudier, dans ce qui nous allons procéder à leurs applications dans un moteur à combustion interne en l'occurrence un moteur d'un véhicule très utilisé chez nous il s'agit de **maruti 800**, ayant un moteur de marque **SUZUKI**.

3 La synchronisation d'un moteur [12]

La synchronisation d'un moteur est l'opération de détermination de la position angulaire du moteur. Cette détermination est essentielle pour pouvoir ensuite contrôler le moteur effectuer certaines actions, telles que l'injection de carburant ou l'allumage, au bon moment du cycle moteur.

A cet effet, un moteur tel qu'un moteur à combustion interne comprend un capteur de vilebrequin et au moins un capteur d'arbre à cames

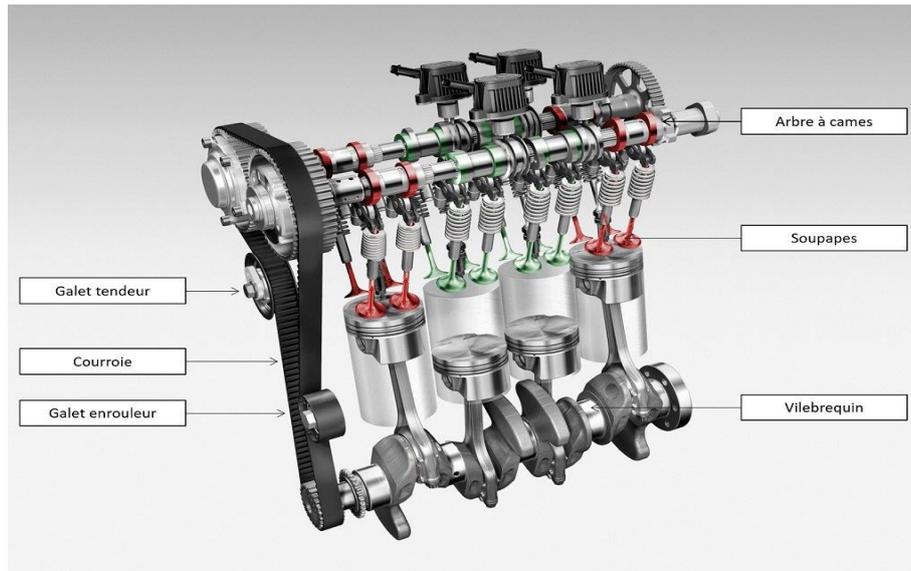


Figure I.11: La distribution moteur [13]

3.1 Comment fonctionne une transmission de véhicule ? [14]

Toutes les transmissions de voiture fonctionnent essentiellement de la même manière, que votre véhicule soit équipé d'une transmission manuelle ou automatique. La seule différence est de savoir si le conducteur doit appuyer manuellement sur l'embrayage pour déconnecter le moteur et la transmission et lancer la voiture dans une nouvelle vitesse.

Le levier de vitesses sélectionne et change les vitesses pour se connecter les unes aux autres. Le conducteur actionne le levier de vitesses à l'aide de la commande/pédale d'embrayage (si manuelle). Sinon, cela se produit automatiquement.

Lorsqu'il est engagé, l'embrayage ou le levier de vitesses déplace la plaque "collier" (également appelée plaque d'embrayage) en place pour se connecter aux engrenages plus grands, qui eux-mêmes se connectent au différentiel de la voiture.

Différents rapports peuvent être connectés à différents moments lorsque le levier de vitesses est déplacé. Cela modifie le train d'engrenages qui tourne et le rapport de puissance que le moteur délivre aux roues.

Nous aurions souhaité déterminer la durée de vie malheureusement la documentation en notre possession n'indique aucunement le procédé de détermination plus ou moins exacte du calcul de la durée de vie qui subit le phénomène de fatigue

Conclusion

Dans le présent chapitre nous avons fait plus ample connaissance avec les systèmes de transmissions qui feront l'objet de notre mémoire. Ces connaissances sont basées strictement sur la bibliographie. Et comme application nous avons présenté le fonctionnement d'un moteur à combustion interne et nous insisté sur le caractère de la synchronisation.

Dans le chapitre qui suit nous présenterons les démarches pour le dimensionnement des courroies en engrenages que nous allons appliquer sur le MCI.

CHAPITRE II

1 Démarche de calcul

Il faudra débiter cette partie par une reprise du travail déjà fait [11]. Notre contribution sera de reprendre et d'enrichir cette partie de la transmission par courroies. En attendant de concevoir la même transmission par engrenages afin de procéder à l'étude comparative qui est l'objet de notre mémoire.

nous allons commencer par reprendre les calculs de la transmission par courroie, pour cela nous avons choisi le moteur à combustion interne (MCI) d'une voiture largement utilisée, nous prenons comme application un "Moteur Maruti 800, 45,6 ch". Cette transmission est située entre le vilebrequin et l'arbre à cames, assurant le calage et le contrôle des soupapes d'admission et d'échappement.

Par la suite nous procéderons à la même démarche avec les engrenages. Les paramètres trouvés pour les 2 cas cités nous permettent de faire une analyse comparative.

2 Le moteur thermique à combustion interne

On retrouvera, dans tous les moteurs thermiques à combustion interne, qu'ils soient à essence ou à gas-oil les mêmes opérations nécessaires au fonctionnement du moteur et les mêmes définitions de certains termes.

3 La distribution

La distribution regroupe les mécanismes qui assurent l'admission et l'échappement des gaz dans les cylindres d'un moteur à explosion. L'arbre à cames, les soupapes

Le système de distribution a donc pour but principale de faire le lien entre les différents éléments liés au fonctionnement même de notre moteur

3.1 Principe de fonctionnement

Le carburant pulvérisé très finement et mélangé à l'air forme un mélange combustible qui est introduit dans le cylindre. Cette introduction correspond à **l'opération d'admission**.

A ce stade de l'introduction dans le cylindre, le mélange gazeux est à faible pression. Si on l'enflammait à ce moment, il ne pourrait fournir qu'un travail insuffisant, il faut au préalable le comprimer : c'est **l'opération de compression**.

CHPITRE II CALCUL DES TRANSMISSION

Puis, le mélange enflammé se **détend** en fournissant l'effort moteur transformé en mouvement de rotation sur l'arbre moteur grâce au mécanisme bielle-manivelle.

Enfin, il faut que les gaz brûlés soient évacués avant qu'un nouveau mélange frais soit admis dans le cylindre : c'est **l'opération d'échappement**.

Puis, ces opérations se répètent dans le même ordre pour constituer le cycle moteur.

Le rôle du distributeur

La distribution du moteur spécifie tous les composants mécaniques qui contrôlent la phase d'admission du mélange air-carburant et la phase d'échappement des gaz de combustion (mouvement des soupapes) en synchronisation avec la rotation du vilebrequin et le mouvement du plongeur.

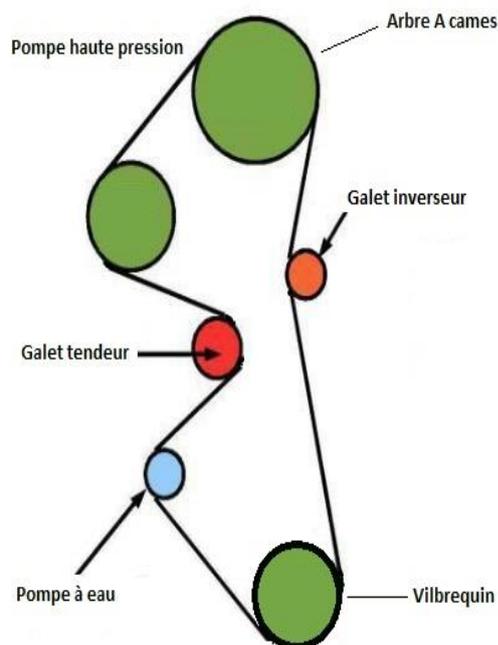


Figure II.1: Disposition constructive pour la liaison [16]

3.2 Le vilebrequin

Un vilebrequin est un dispositif mécanique qui permet la conversion du mouvement linéaire des pistons en mouvement de rotation continu et vice versa à travers la bielle. Présent dans la plupart des moteurs à pistons, il assure la conversion de l'énergie de combustion du carburant dans les cylindres en énergie mécanique disponible sur l'arbre moteur. C'est l'élément principal du système de manivelle de bielle. Dans un moteur à pistons, le vilebrequin constitue l'arbre d'entraînement qui entraîne la transmission principale, ainsi que l'alternateur et éventuellement la pompe à eau et l'arbre d'équilibrage. Dans le cas d'un moteur à quatre temps, il entraîne l'arbre à cames.

Dans le cas d'un moteur à deux temps, il peut parfois entraîner le distributeur rotatif ou/et la pompe à huile.



Figure II.2: Le vilebrequin [17]

3.3 L'arbre à cames

Un arbre à cames, également appelé arbre de distribution, est un élément mécanique impliqué dans le bon fonctionnement du moteur d'une voiture. C'est l'arbre de distribution qui régule l'ouverture et la fermeture des différentes soupapes, qu'elles soient d'admission ou d'échappement.

L'arbre à cames peut être considéré comme un long cylindre en acier avec des "cames" dessus, des excroissances métalliques en forme de goutte. Du fait de la rotation de l'arbre de direction, ces protubérances sont placées parallèlement les unes aux autres et se font face dans

des directions différentes, créant ainsi une alternance dans l'ouverture et la fermeture de diverses soupapes.

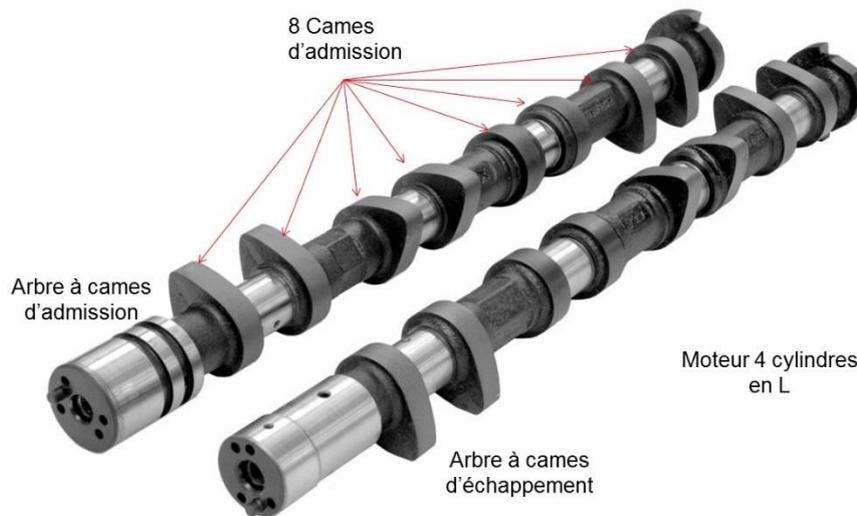


Figure II.3: L'arbre à cames [18]

4 Transmission par courroies [11]

Une courroie est un élément de machine flexible permettant de transmettre une puissance par adhérence lorsque l'arbre moteur et l'arbre entraîné sont éloignés l'un de l'autre. La tension initiale des courroies est indispensable pour garantir l'adhérence et assurer la transmission du mouvement, un système à entraxe réglable ou un dispositif annexe de tension (galet enrouleur, etc.) est souvent nécessaire pour régler cette tension et compenser l'allongement des courroies au cours du temps et aussi on augmente l'angle d'enroulement. La qualité et le rendement d'une transmission par courroie sont étroitement liés à la précision de position des poulies lors du montage

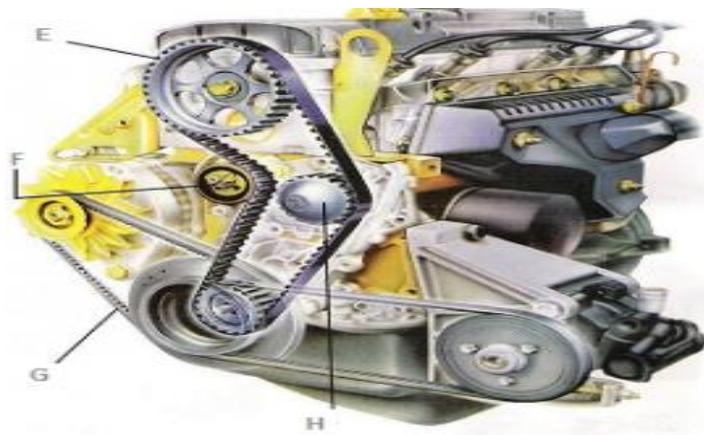


Figure II.4 : Transmission par poulie et courroie [15]

4.1 Le choix de type de courroie

D'après le travail de mémoire de l'année passée et Dans un moteur à combustion interne d'une voiture on utilise la courroie crantée pour la transmission du mouvement entre le vilebrequin et l'arbre à cames afin d'assurer la synchronisation entre les pistons et les soupapes et un fonctionnement optimum afin d'en tirer le maximum de puissance. En effet, quand les pistons atteignant le point mort haut PMH, les soupapes d'échappement et les soupapes d'admissions sont commandées en position de fermeture par l'arbre à cames pour éviter d'endommagement des soupapes et aussi afin d'éviter le sectionnement de la courroie. À cause de la synchronisation obligatoire dans le moteur notre choisirons une courroie crantée ou une courroie dentée.

4.2 Calculs de la courroie crantée

D'après nos camarades de l'année dernière. Il convient de rappeler qu'ils ont collecté les données du tableau ci-dessous au niveau d'un mécanicien. Donc toutes les mesures ont été prises directement sur un moteur démonté de maruti 800.

- Les données du moteur (maruti 800 0,8L 45,6 ch)

Tableau 1: les données de Maruti 800

Puissance du moteur P en KW	Vitesse petite roue n1 en tr /min	L'entraxe a en mm	Diamètre de petit pignon d1 en mm	Diamètre de grand pignon d2 en mm
33 ,6	6000	260	60	120

- **Matériau de la courroie :**

D'après la littérature nous avons opté comme matériau pour la courroie synchrone le matériau d'après [19] est le suivant : COTON –CAOUTCHOUC

Ayant : pour masse volumique : $\rho = 1100 \text{ Kg/m}^3$

Module d'élasticité pour la flexion $E_f = 140 \text{ N/ mm}^2$, Coefficient de frottement $\mu = 0,3$

Contrainte admissible $\sigma_{adm} = 5 \text{ N/ mm}^2$

CHPITRE II CALCUL DES TRANSMISSION

→ Faute de données précise nous avons estimé que la puissance nécessaire pour faire fonctionner la distribution dans un moteur MCI sera de l'ordre de 2% de la puissance produite par le moteur.

$$P_{\text{arbre à cames}} = \frac{p \times 2}{100} = \frac{33,6 \times 2}{100} = 0,67 \text{ KW}$$

- Détermination du Facteur de service k

D'après le tableau 2 le facteur k dépend : La nature des organes moteur et récepteur, durée du service journalier.

Tableau 2: Facteur de service k [11]

MACHINES MENEES	MACHINES MENANTES					
	Moteurs à courant alternatif/triphasé: couple normal, moteurs à cage d'écureuil, moteurs synchrones, moteurs à courant monophasé, moteurs commandés par fréquence. Moteurs à courant continu: circuit dérivé, moteurs pas à pas. Moteurs à combustion multicylindres.			Moteurs à courant alternatif/triphasé: couple élevé, monophasé, couplage en série, rotor bobine monophasé. Moteurs à courant continu: couplage en série, excitation compound. Servo-moteurs. Moteurs à combustion monocylindres. Lignes d'arbre. Accouplements.		
	Service intermittent	Service normal	Service continu	Service intermittent	Service normal	Service continu
	3-8 h/jour ou service saisonnier	8-16 h/jour	16-24 h/jour	3-8 h/jour ou service saisonnier	8-16 h/jour	16-24 h/jour
Installations de remplissage. Instrumentation. Appareils de mesure. Appareils médicaux. Machines de bureau. Installations de projections.	1,0	1,2	1,4	1,2	1,4	1,6
Appareils de nettoyage des sols. Machines à coudre. Sérigraphie: four, tambour, conique. Machines à bois (légères): scies à ruban, tours.	1,1	1,3	1,5	1,3	1,5	1,7
Agitateurs pour liquides. Convoyeurs: courroies, Loads moyennes. Perceuses. Tours. Scies. Machines de blanchisserie. Machines à bois (lourdes): scies circulaires, décapeuses, raboteuses.	1,2	1,4	1,6	1,6	1,8	2,0

D'après notre cas du tableau ci-dessus on tire k= 1,2

- détermination de la puissance primitive

$$P_e = k p = 1,2 \times 0,67 = 0,804 \text{ KW}$$

CHPITRE II CALCUL DES TRANSMISSION

- Rapport de vitesse

$$d2/d1 = 120/60 = 2$$

- vitesse linéaire de la courroie v

$$V = \frac{\pi d1 n1}{60 \cdot 1000} = \frac{\pi \times 60 \times 6000}{60 \times 1000} = 18,84 \text{ m / s}$$

- Choix du type de la courroie

A l'aide du « FIGURE 16 » on accroche la ligne verticale de $P_e=0.804$ KW et la ligne horizontale de $n_d=6000$ tr /min, ils se croiseront dans la gamme de la courroie L.

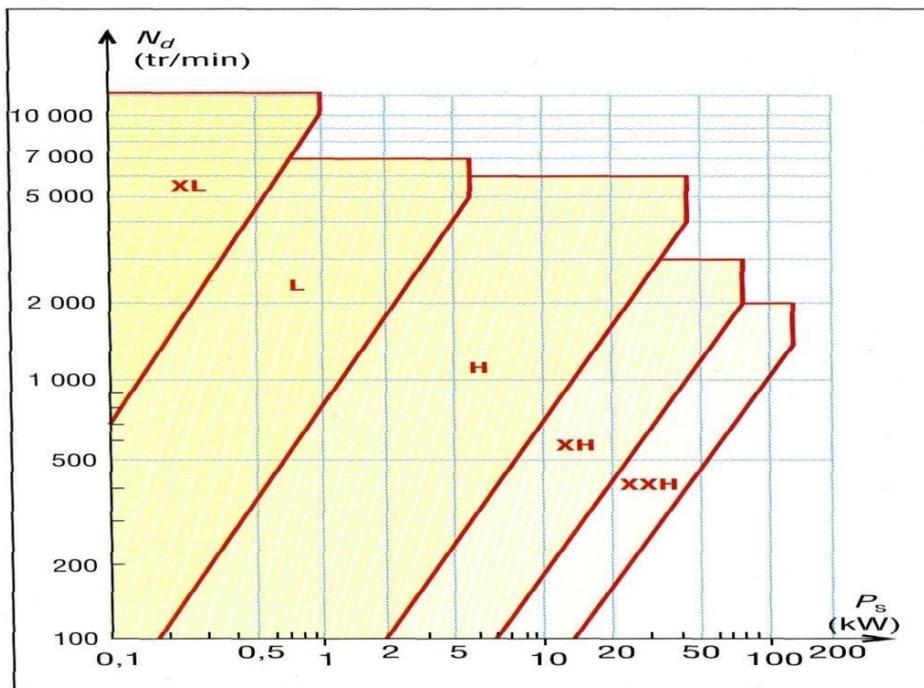


Figure II.5 : Gamme de puissance admissible [20]

Donc le choix de Courroie est de type « L »

- Calcul de la puissance de base

On accroche la ligne verticale de $V=18,85$ m/s et la courbe de type de courroie « L », à leur intersection, nous traçons une ligne horizontale qui coupe la valeur de pression de base $P_b = 0,8$ KW par chaque 5mm de largeur de courroie. Donc : $P_b = 0,8$ KW Par 5 mm de largeur

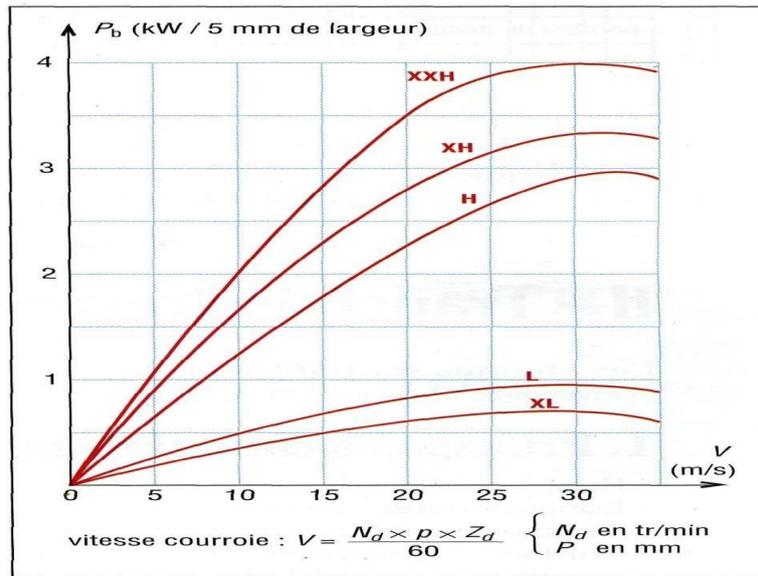


Figure II.6: Puissance de base de courroie crantée [11]

On détermine les dimensions de notre type de courroie « L »

Le pas : 9,52 mm

Le largeur : 19,1 mm

Hauteur H : 3,6 mm

$P_b = 1,2096$ KW Par 5 mm de largeur, et le largeur de courroie « L », on trouve :

$$P_b = \frac{L_c}{L} \times P_b = \frac{19,1}{5} 0,8 = 3,056 \text{ KW}$$

- Longueur de la courroie théorique

$$\mathbf{1 M:} L = 2a + \frac{\pi}{2}(d_1 + d_2) + \frac{(d_1 - d_2)^2}{4a} = 2 \times 260 + \frac{\pi}{2} (120 + 60) + \frac{(120 - 60)^2}{4 \times 260} = 806,2 \text{ mm}$$

$$\mathbf{2 M:} L = 2 a \cos\beta + \frac{\pi}{2} (d_1 + d_2) + \frac{\pi \times \beta (d_2 - d_1)}{180}, L = 516,53 + 282,6 + 6,92 = 806,05 \text{ mm}$$

CHPITRE II CALCUL DES TRANSMISSION

- Choix de la longueur primitive

De la courroie Il faut sélectionner du « TABLEAU 3 » de dimensions, la longueur de courroie qui se rapproche le plus de L_{th}

$$L_p = p \cdot Z = 9,52 \cdot 92 = 806,06 \text{ mm}$$

Tableau 3: Dimensions des courroies [21]

Dimensions des principales courroies crantées (NF ISO 5294 et 5296)							
type	pas p		h mm	α deg.	largeur courroie mm	nombre de dents Z_c longueur primitive courroie $L_p = p \cdot Z_c$	$2a$ mm
	mm	pouces (")					
XL (extra légère)	5,08	1/5 "	2,3	50	6,4 - 7,9 - 9,5	30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90 95, 100, 105, 110, 115, 120, 125, 130	0,508
L (légère)	9,525	3/8 "	3,6	40	12,7 - 19,1 - 25,4	33, 40, 50, 56, 60, 64, 68, 72, 76, 80, 86, 92, 98, 104, 112, 120, 128, 136, 144, 160	0,762
H lourde	12,70	1/2 "	4,3	40	19,1 - 25,4 - 38,1 - 50,8 - 76,2	48, 54, 60, 66, 72, 78, 84, 90, 96, 102, 108, 114, 120, 126, 132, 140, 150, 160, 170, 180, 200, 220, 250, 280, 340	1,372
XH (extra lourde)	22,23	7/8 "	11,2	40	50,8 - 76,2 - 101,6	58, 64, 72, 80, 88, 96, 112, 128, 144, 160, 176, 200	2,794
XXH (extra extra renforcée)	31,75	1" 1/4	15,7	40	50,8 - 76,2 - 101,6 - 127	56, 64, 72, 80, 96, 112, 128, 144	3,048

-La longueur primitive de la courroie est plus grand que la courroie théorique c'est pour ça on ajoute le tendeur pour tendu la courroie et bon transmission de mouvement

- Angle enroulement petite poulie

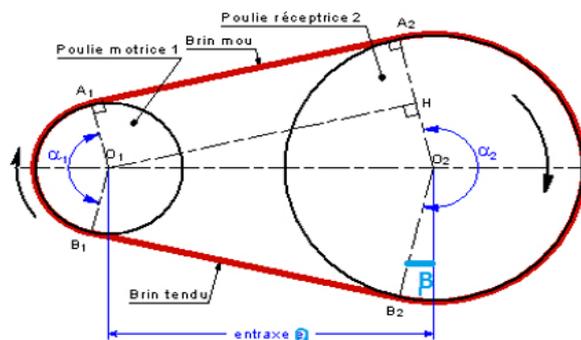


Figure II.7: Les angles d'enroulement [11]

$$\beta = \arcsin\left(\frac{(d_2 - d_1)}{2a}\right) = \arcsin\left(\frac{60}{520}\right) = 6,62^\circ$$

$$\alpha_1 = 180 - 2\beta = 166,76^\circ$$

$$\alpha_2 = 180 + 2\beta = 193,24^\circ$$

4.3 Sollicitations subies par la courroie

Courroie en 1 tour 4 Différents types amplitudes d'effort :

- Au niveau des brins tendus, la courroie sera tirée du fait de la tension T1 soumise à une traction.
- Au niveau de la petite poulie de diamètre d1, la courroie sera très sollicitée à la flexion très accentuée pour cause du petit diamètre de la poulie.
- Au niveau du brin mou, la courroie subira moins de traction car la Tension T2 (T2 < T1).
- Au niveau de la grande poulie de diamètre d2, la courroie subira une autre flexion de moindre envergure car le diamètre de poulie est plus que la première.

Combiné avec la quantité de contrainte variable à laquelle la courroie est soumise par minute, Les phénomènes de fatigue seront un facteur très important limitant la durée de vie.

- Force tangentielle Ft :

$$F_t = \frac{P \text{ arbre a came}}{v} = \frac{672}{18,85} = 35,66 \text{ N}$$

Selon l'équation d'Euler :

$$\frac{dF}{F} = \mu \times d\theta$$

$$\int_{F_2}^{F_1} \frac{dF}{F} = \mu \int_0^\theta d\theta$$

$$\ln \frac{F1}{F2} = \mu \times \theta$$

$$\frac{F1}{F2} = e^{\mu \times \theta}$$

$$\frac{F1}{F2} = e^{\mu \theta} = e^{0,3 \cdot 2,91} = 2,36$$

$$F1 - F2 = Ft = 35,64$$

$$F1 = 2,36 \times F2$$

$$2,36 \times F2 - F2 = 35,6$$

$$F2 (2,36 - 1) = 35,64$$

$$F2 = \frac{35,66}{1,37} = 26,02 \text{ N}$$

$$F1 = 35,64 + F2$$

$$F1 = 35,64 + 26,02 = 61,66 \text{ N}$$

- contrainte de traction :

$$\sigma_t = \frac{F1}{A} = \frac{61,66}{68,76} = 0,89 \text{ N/mm}^2$$

$$A = b \times h = 3,6 \times 19,1 = 68,76 \text{ mm}^2$$

CHPITRE II CALCUL DES TRANSMISSION

- Contrainte de la force centrifuge

$$\sigma_c = \rho \times V^2$$

$$\sigma_c = 1100 \times 361 = 0,3971 \text{ N/mm}^2$$

- Contrainte de courroie en flexion

$$\sigma_f = E_f \times \frac{h}{d_1} = 140 \times \frac{1,59}{60} = 3,71 \text{ N/mm}^2$$

h : épaisseur de courroie sans les dents

- Contrainte maximale de la courroie

$$\sigma_{max} = \sigma_t \times \sigma_c \times \sigma_f = 0,89 + 0,39 + 3,71 = 4,99 \text{ N/mm}^2$$

Pour le matériau de la courroie choisi $\sigma_{adm} = 5 \text{ N/mm}^2$

$$\sigma_{max} < \sigma_{adm}$$

La condition de résistance est vérifiée

- **Résultats**

Tableau 4: comparaison des valeurs calculer et valeur mesure pratiquement

Les caractéristiques	Valeurs calculées	Dimensions mesurées sur la courroie	Ecart
Longueur en mm	806,2	838	31,8
Largeur en mm	19,1	19	0,1
Diamètres poulies en mm	60	60	0
Nombre des dents	90	88	2

Selon les dimensions sur la courroie mesurée sur site par nos camarades de l'année passée, Les résultats des calculs ont été confirmés, le dernier du tableau ci-dessus dans lequel nous analysons la différence entre les valeurs. Autres calculs de résistance basés sur des matériaux et des conditions spécifiques dans lequel nous avons vérifié la résistance. Et Nous aurions voulu déterminer la durée de vie de la courroie dans les conditions de fonctionnement du

CHPITRE II CALCUL DES TRANSMISSION

moteur. Mais en général, la durée de vie est plus longue. Dans cette étude, nous nous limiterons à cette affirmation.

Nous avons calculé les dimensions des courroies, et nous utilisons le même système du moteur pour dimensionner la transmission par engrenages.

5 Calcul de les engrenages

Avant de commencer cette section de calcul, il est utile de se rappeler que nous considérons le même moteur avec ses particularités, c'est-à-dire les mêmes paramètres dynamique (puissance du moteur, vitesse de rotation) et géométriques (entraxe).

5.1 Matériau de l'engrenage

Après avoir consulté plusieurs types des matériaux utilisés dans les engrenages, nous avons opté pour le matériau suivant : acier cémenté (18 Cr Ni Mo7-6) : Acier Faiblement Alliés Contenant 0,18 % de carbone, 7/4 % de chrome et 6/4 % de nickel, moins de 1 % de Molybdène

Ayant: $\sigma_e = 960 \text{ MPA}$ [26]

On a:
$$\dot{i} = \dot{i}_1 \cdot \dot{i}_2$$

Nous avons supposé un diamètre qui pourrait convenir à l'entraxe puis nous avons trouvé l'autre diamètre

Donc :

$$r_1 + d_2 + r_3 = a$$

Et on a :
$$d_1 = 2 \cdot d_2$$

$$d_2 = d_3$$

Afin de respecter le même rapport de transmission nécessaire pour le fonctionnement d'un moteur à combustion interne nous proposons ce qui suivra :

CHPITRE II CALCUL DES TRANSMISSION

Diamètre de pignon 1 (mm)	Diamètre de pignon 2 (mm)	Diamètre de pignon 3 (mm)	Entraxe (mm)
208	104	104	260

La puissance du moteur en KW	La vitesse de petit Roue N en Tr /min
33 ,6	6000

- Le Rapport de transmission :

$$i = \frac{d1}{d2} \times \frac{d2}{d3} = \frac{d1}{d3}$$

$$i = \frac{208}{104} = 2$$

- Calcule le Module RDM :

D'après [22] et Dans un engrenage parallèle à denture Droite on a :

$$m \geq 2,34 \sqrt{\frac{F_t}{k} \times \delta e} \quad [22]$$

- Calculer la force tangentielle

$$C = F_t \times r$$

Donc

$$F_t = C / r_1$$

Et :

Donc

$$P = C \times \omega$$

$$C = P / \omega$$

- On calcule la vitesse angulaire

$$\omega = \frac{2\pi N}{60} = \frac{2 \times \pi \times 6000}{60} = 628 \text{ rad/s}$$

Et

$$C = \frac{P}{\omega} = \frac{33,6 \times 10^3}{628} = 5,35 \text{ daN} \cdot m$$

Alors :

$$r_1 = 104 \text{ mm}$$

$$r_2 = 52 \text{ mm}$$

$$F_{t1} = \frac{C}{r_1} = \frac{5,35}{104 \times 10^{-3}} = 51,44 \text{ daN}$$

$$F_{t2} = \frac{C}{r_2} = \frac{5,35}{52 \times 10^{-3}} = 102,88 \text{ daN}$$

Donc nous considérons :

$$F_t = 102,88 \text{ daN}$$

- La force normale :

Donc on a : $\alpha = 20^\circ$

$$F_n = \frac{F_t}{\cos \alpha} = \frac{102,88}{\cos 20} = 109,48 \text{ daN}$$

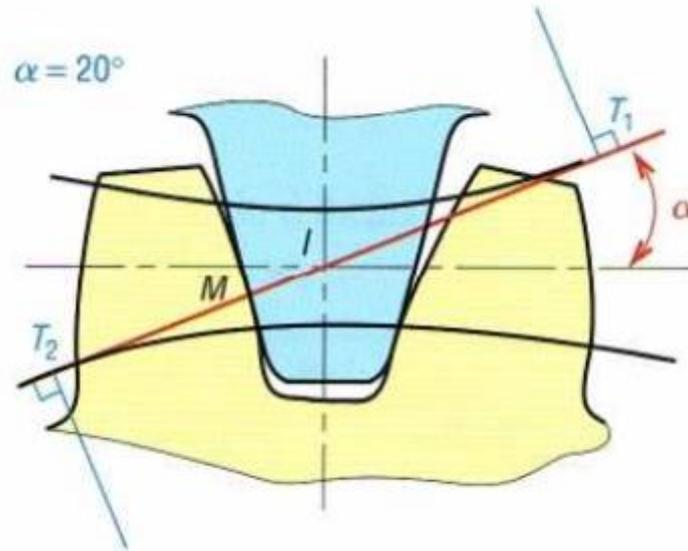


Figure II.8 : Contact dans le cas d'un angle de pression de 20° [25]

Alors d'après [25] on prend $k=6$

$$m \geq 2,34 \sqrt{\frac{Ft}{k} \times Rpe}$$

$$m \geq 2,34 \sqrt{\frac{102,88}{6} \times 960}$$

$$m \geq 0,312 \text{ mm}$$

- Le choix du Module Normalisé

Tableau 5 : modules normalisés [8]

Module normalisé en mm		
Série principale		
0,5	1,25	3
0,6	1,5	4
0,8	2	5
1	2,5	6

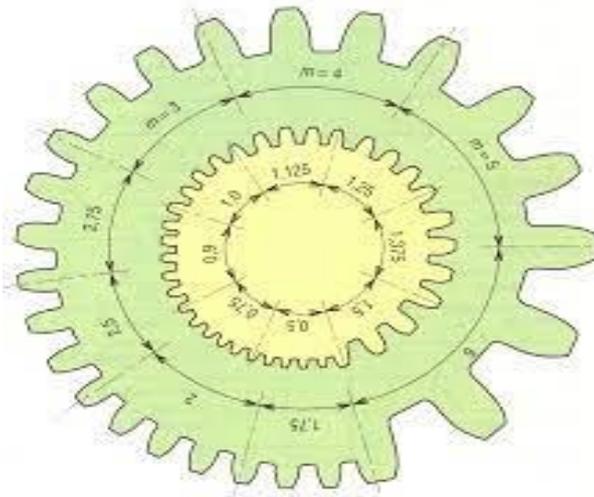


Figure II.9 : Exemple de différents modules [8]

Donc le Module est :

$$m \geq 0,312 \text{ mm}$$

D'après le tableau 5 nous prenons : $m = 5 \text{ mm}$, afin d'avoir un nombre de dents convenable à notre cas.

5.2 Les caractéristiques d'engrenage

Tableau 6 : Caractéristiques des engrenages à denture droite [8]

Désignation	Symbole	Valeur
Module	m	la valeur permettant de définir les caractéristiques dimensionnelles de la roue dentée
Nombre de dent	Z	Nombre entier positif lie aux conditions de fonctionnement et de fabrication
Pas	P	$p = \pi.m$
Saillie de la dent	ha	$ha = m$
Creux de la dent	hr	$hr = 1.25m$
Hauteur de la dent	h	$h = 2.25m$
	b	$b = km$ (k compris entre 8 et 10, souvent 10)

CHPITRE II CALCUL DES TRANSMISSION

Largeur de denture		[25]
Diamètre primitif	d	$d = m.Z$
Diamètre de tête	da	$da = d + 2 ha = m (Z + 2)$
diamètre de pied	df	$df = d - 2hf = m (Z - 2.5)$

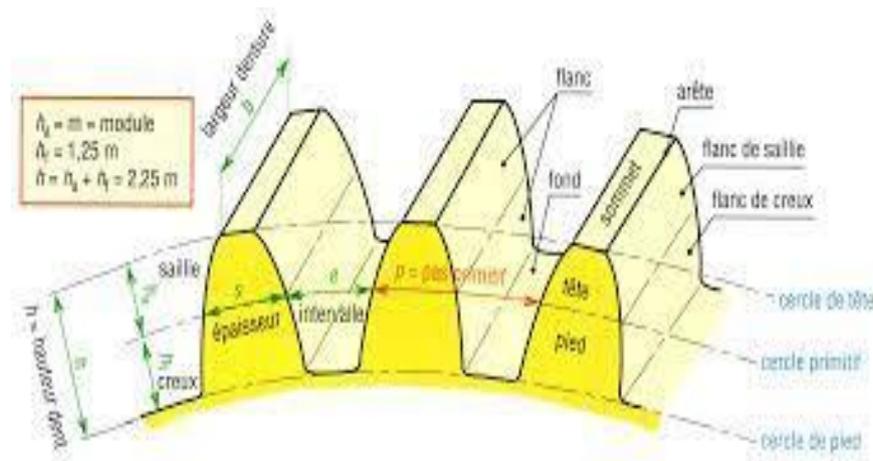


Figure II.10 : Caractéristiques d'une denture [8]

Tableau 7 : Les dimensions calculés du système

	Pignon 1	Pignon 2	Pignon 3
Le module par RDM (mm)	0,313	0,313	0,313
Le module normalisé (mm)	5	5	5
Le pas p (mm) $p = m \cdot \pi$	15,7	15,7	15,7
Angle de pression réel	20°	20°	20°
Le nombre des dents $z = d/m$	42	21	21
Diamètre primitive d_p (mm)	208	104	104

CHPITRE II CALCUL DES TRANSMISSION

Diamètre de tête da (mm) $da = d + 2.m$	218	114	114
Diamètre de pied df (mm) $df = d - 2,5.m$	220,5	116,5	116,5
Hauteur de saillie ha (mm) et $ha = m$	5	5	5
Hauteur de creux hf (mm) $hf = 1,25.m$	6,25	6,25	6,25
Hauteur de dent h (mm) $h = 2,25.m$	11,25	11,25	11,25
Epaisseur en mm $e = \pi.m/2$	7,85	7,85	7,85
largeur de denture b (mm) $b = k.m$	30	30	30

- La contrainte de contact :

La contrainte de contact est calculée selon la théorie d'Hertz d'après [8] :

$$\sigma_c = \sqrt{\frac{Fn}{b} \frac{1}{\pi \left\{ \left[\frac{1 - \nu_1^2}{E_1} \right] + \left[\frac{1 - \nu_2^2}{E_2} \right] \right\}} \left(\frac{1}{\rho_1} + \frac{1}{\rho_2} \right)}$$

Et on a :

$$\nu_1 = \nu_2 = 0,3 \quad \text{Et} \quad E_1 = E_2 = 205000 \text{ Mpa} \quad [26]$$

Et

- $\rho_1 = \frac{d_1}{2} \times \sin 20$

$$\rho_1 = \frac{208}{2} \times \sin 20 = 35,57 \text{ mm}$$

- $\rho_2 = \frac{d_2}{2} \times \sin 20$

$$\rho_2 = \frac{104}{2} \times \sin 20 = 17,78 \text{ mm}$$

$$\sigma_c = \sqrt{\frac{1094,8}{30} \frac{1}{[2\pi(1 - 0,3^2)/205000]} \left(\frac{1}{35,57} + \frac{1}{17,78} \right)}$$

$$\sigma_c = 333,57 \text{ MPa}$$

$$\sigma_c = 33,35 \text{ daN/mm}^2$$

Donc on compare la contrainte de contact calculée avec la valeur expérimentale admissible pour un matériau choisi

$$\sigma_c < \sigma_{adm}$$

- La contrainte de flexion :

Depuis [8] et d'après la formule de Lewis on a :

$$\sigma_f = \frac{Ft}{m \cdot b \cdot Y}$$

Y: Facteur de forme de Lewis, qui dépend du nombre de dents dans l'engrenage

A l'aide du « figure 23 » En déterminant le nombre de dents d'engrenage Z=21 et en les projetant sur la courbe d'angle de pression, point d'intersection et on le projetant sur la ligne vertical on en déduit la valeur de facteur de forme de Lewis

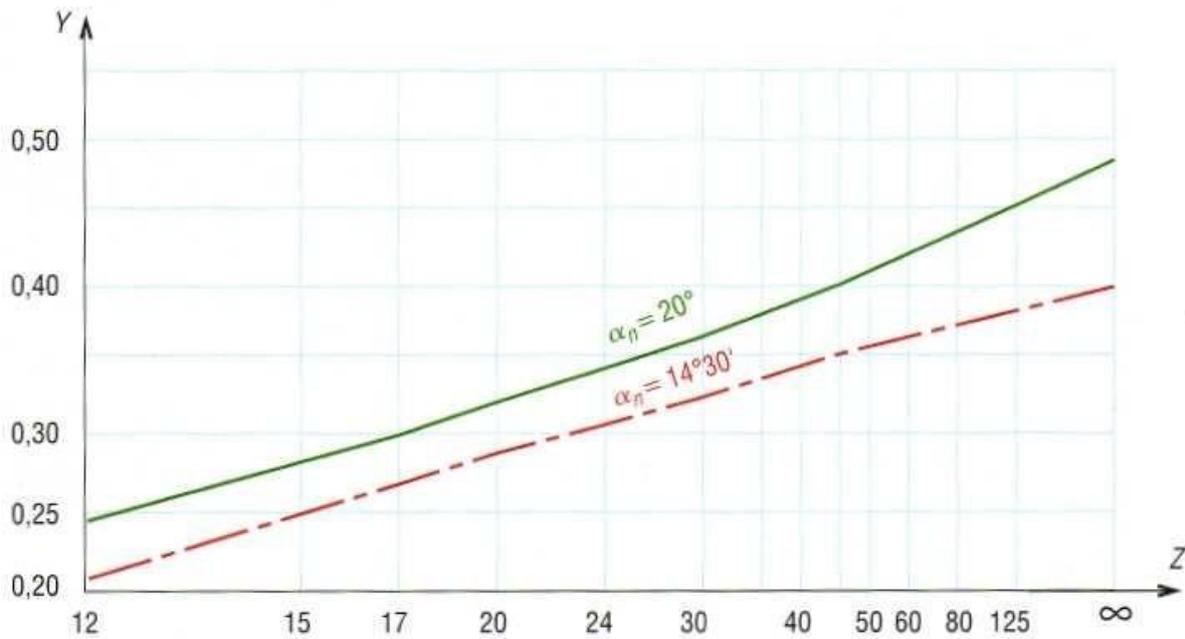


Figure II.11: Valeur de coefficient Y [25]

Donc on applique

$$\sigma_f = \frac{F_t}{m \cdot b \cdot Y}$$

$$\sigma_f = \frac{102,88}{5 \cdot 30 \cdot 0,328}$$

$$\sigma_{max} = \sigma_f = 2,09 \text{ daN/mm}^2$$

Pour le matériau de l'engrenage choisi $\sigma_{adm} = 96 \text{ M Pa}$

$$2,09 \text{ daN / mm}^2 < 96 \text{ daN/mm}^2$$

$$\sigma_{max} < \sigma_{adm}$$

La condition de résistance est vérifiée

Dans cette partie spécifique aux calculs de la transmission par engrenage nous avons essayé de déterminer les paramètres afin de vérifier essentiellement la résistance. Concernant la durée de vie elle est illimitée et n'est pas toujours proportionnelle au couple de sortie d'après la bibliographie [27].

Cette deuxième solution que nous avons adopté, il nous faudra prévoir le graissage par un lubrifiant adéquat que nous allons étayer dans ce qui suit :

5.3 Lubrification des engrenages : [27]

La forme des dents en développante de cercle favorise la formation d'un coin d'huile durant l'engrènement. Deux grands principes sont employés en fonction de la puissance à transmettre et de la chaleur à dissiper

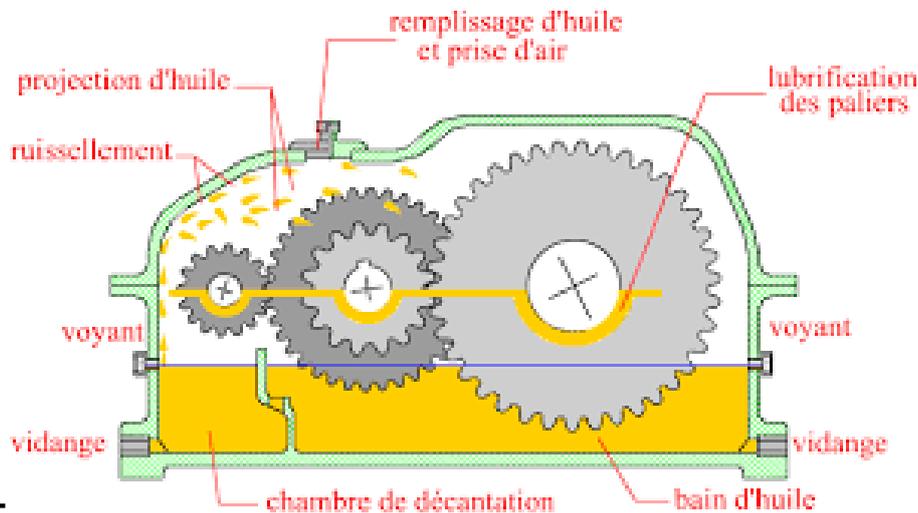


Figure II.12 : fonctionnement de la lubrification d'engrenage [24]

5.4 Les différents types de l'huile des engrenages : [27]

Les huiles de transmission et d'engrenages sont conçues pour prolonger la durée de vie des engrenages et des moteurs à engrenages chacun type à son viscosité :

L'huile CARTER est destinée à être utilisée sur des engrenages faiblement chargés et a :

- Viscosité 460 : S'utilise pour les réducteurs, boîtes de vitesses, engrenages droits ou hélicoïdaux de charges faibles à moyennes.
- Viscosité 150 : Destinée au graissage d'engrenages transmettant des puissances moyennes. Présente de bonnes propriétés naturelles et résiste à l'oxydation et anti mousse.
- Viscosité 1000 : Destinée au graissage d'engrenage transmettant des puissances moyennes. Elle se caractérise par un pouvoir lubrifiant élevé. Elle s'utilise sur les réducteurs, boîtes de vitesses, engrenages droits ou hélicoïdaux de charges faibles à moyennes.

L'huile **SYNAROK GY** est une huile synthétique destinée à tous les engrenages en utilisation sévère. Elle possède des propriétés et une stabilité thermique qui sont très supérieures aux huiles minérales classiques. Cela permet une utilisation dans les mécanismes où les

contraintes sont importantes et où les températures sont élevées. Elle s'utilise pour lubrifier tous les types d'engrenages (droits, coniques, hypoïdes, vis sans fin). Sur des engrenages fonctionnant en présence d'eau a une viscosité : 100 à 460

5.5 Graissage des engrenages [23]

Les engrenages sont peut-être l'une des plus anciennes formes de transmission de puissance, mais leur lubrification reste l'un des problèmes les plus discutés aujourd'hui. Le profil des dents étant curviligne, leur contact est linéaire et donc théoriquement sans dimension. La difficulté réside dans la nature du mouvement des dents, où le roulement et le glissement seront contrecarrés, ce dernier étant beaucoup plus important que dans le cas des roulements. De plus, lors du maillage, la vitesse de glissement change de direction. De ces conditions, on constate qu'il est difficile d'obtenir l'insertion de films lubrifiants n'obéissant qu'aux lois de l'hydrodynamique ; on retrouve le problème de la lubrification huileuse en régime élastohydro-dynamique, affectant principalement la surface et la qualité intrinsèque du lubrifiant. Cependant, dans certains cas, on parvient à un graissage du type hydrodynamique, ou s'en rapprochant, lorsque les vitesses de rotation sont très élevées ; le problème n'est donc pas encore scientifiquement résolu. Avant d'aller plus loin, il est nécessaire de rappeler très rapidement les éléments théoriques normalement étudiés en cinématique classique

Chapitre III

1 Comparaison entre la transmission par la courroie et par les engrenages

A travers nos travaux, nous tenterons de valoriser nos calculs pour des études comparatives . Quelle est la différence entre la transmission par courroie et la transmission par engrenage et quelle est la meilleure option ? Quels que soient les avantages et les inconvénients de la solution souhaitée, nous pouvons essayer de répondre à cette question.

2 Les données de la courroie et engrenage

Nous résumons nos résultats dans le tableau ci-dessous afin d'avoir une vision claire des performances de l'un et de l'autre système.

Transmissions	Par courroie	Par engrenage
Puissance en Kw	33 ,6	33,6
Matériau	Coton-caoutchouc	18 Ni Cr Mo7-6
Type	L	Engrenage parallèle a denture droite
Entraxe (mm)	260	260
Largeur (mm)	19,1	30
Le pas (mm)	9,52	15,7
Rapport de Vitesse	2	2
Vitesse linéaire m /s	628	628
σ_{max} N/mm ²	4,99 N/mm ²	2,09 N/mm ²
Duré de vie	limitée	Illimitée
Lubrification	Non	nécessaire
Prix	Abordable	Très onéreux

3 Les avantages et les inconvénients de courroie et d'engrenage

	Les avantages	Les inconvénients
courroie	<ul style="list-style-type: none"> - Possibilité de modifier l'entraxe et la position relative entre les arbres moteur et récepteur - Relative souplesse dans la transmission : l'élasticité du matériau composant la courroie confère à la courroie - il agit comme un amortisseur de couple - Glissement possible (courroie/poulie) lors de la transmission de fortes charges : fonction limiteur de couple de glissement - Aucune lubrification nécessaire : le boîtier n'est qu'un élément de protection sec - Maintenance limitée au réglage périodique de la tension initiale - fonctionnement silencieux - longue durée - Réduction des coûts d'achat et d'installation - Un bon rendement n'est jamais inférieur à 95%. 	<ul style="list-style-type: none"> -irréparable. S'il se brise ou s'arrête, - il doit être remplacé. - Détérioré par le contact avec des lubrifiants ou des produits chimiques. - La température de fonctionnement typique est limitée à -35 à 85°C. - Les entraînements par courroie ne sont pas compacts. -Une ceinture doit être attachée. - Les dimensions des éléments de guidage (roulements, douilles, etc.) dans le roulement sont souvent soumis à des efforts radiaux importants (dépendant directement de la tension de la courroie) - Pas de garantie d'entraînement exactement à la même vitesse, pour l'entraînement de courroies asynchrones sans poulies crantées. -Les courroies ont une durée de vie plus limitée que la plupart des organes mécaniques
Engrenage	<ul style="list-style-type: none"> -Les engrenages maintiennent la transmission du mouvement constante car il n'y a pas de glissement dû à l'engrènement des roues. - Le système peut être de très petite taille, ce qui permet de transmettre le mouvement dans des espaces restreints. - Il s'agit d'un système performant car la vitesse de rotation peut être très élevée. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ce système génère beaucoup de bruit et de vibration. - Son utilisation implique un besoin de lubrification constant. - Les coûts de fabrication sont élevés, car il faut être précis dans la confection des dents. - Sa fabrication nécessite un ajustement très précis entre les axes à cause des dents. - Ce mécanisme ne supporte aucune impureté.

Comparaison

Il nous sera très difficile à priori de pouvoir affirmer que telle solution est meilleure que l'autre, et ce dans la mesure où elles présentent toutes deux des avantages et des inconvénients. Nous pouvons nous tenir aux paramètres les plus importants, à savoir, la durée de vie, le prix, et la lubrification.

A partir des 3 critères cités plus notre choix se portera aisément sur la transmission par courroies, car c'est amplement plus abordable financièrement ce qui se répercutera sur le prix du véhicule au regard de la concurrence.

CONCLUSION GENERALE

Nous pouvons affirmer que notre objectif dans l'élaboration de ce projet a été atteint. A savoir que nous avons mené ce travail en concevant un système de transmission par courroies et par roues dentées utilisées dans la distribution d'un moteur à combustion interne entre le vilebrequin et l'arbre à came pour un fonctionnement synchrone.

Lors de ce travail que nous avons mené l'occasion nous été donnée pour procéder à la conception, les calculs de dimensionnement des organes de cette transmission, et enfin présenter un dessin de nos solutions. Aussi, nous pourrons ajouter l'esprit d'initiative que nous avons acquis partiellement durant ce travail.

Nous avons entrepris de concevoir une transmission par courroie crantée et nous avons déterminé tous les paramètres de base, y compris la géométrie et le matériau, en fin de compte remplir les conditions de résistance. Nous comparons les résultats de ces découvertes avec Données réelles utilisées dans le moteur du véhicule sélectionné, c'est-à-dire "MARUTI 800".

En ce qui concerne une solution à engrenages, elle fonctionne différemment d'une courroie, donc Continuez à prendre en compte les données réelles du moteur, c'est-à-dire l'entraxe, la vitesse Poulies etc... Trouvé des résultats satisfaisants par rapport à la taille réelle existe dans le moteur, et comme base de comparaison, c'est ce que nous avons Soulevez et rapprochez-vous sur la courroie placée dans le moteur concerné ou pas très acceptable

Après la détermination des paramètres importants des 2 systèmes nous avons pu montrer que les courroies crantées sont de loin les plus aptes à être préférés aux autres solutions est de loin. Les systèmes d'engrenage sont plus onéreux, nécessitant qui aussi être pourvu d'un circuit de lubrification propre ce qui va diminuer le rendement de moteurs à combustion car prélevant de la puissance pour la pompe d'huile.

Il convient également de rappeler que toutes ces transmissions mécaniques doivent avoir des inspections fréquentes et maintenance périodique pour un bon fonctionnement et pour augmenter la durée de vie de ces organes, évitez la casse brutale Provoque des dégâts importants sur les machines et déséquilibre le budget alloué ces engins.

Perspectives

Nous prévoyons la suite de ce projet en un travail de simulation denture des engrenages sur les contraintes appliquées spécialement su la denture.

De concevoir précisément le système de lubrification au sein du moteur position de la pompe, canalisations, choix du type d'huile, et cela fera à lui seul une autre paroi.

Résumé

Dans ce mémoire, nous présentons une étude comparative de la transmission par courroie et par engrenage dans un moteur à combustion interne à travers ses avantages et ses inconvénients.

Dans un premier temps nous réaliserons l'étude bibliographique sur le transfert de puissance mécanique, suivi du deuxième chapitre, nous déterminerons tous les paramètres de la solution visuelle à partir des données réelles du moteur thermique, et enfin nous comparons les performances de ces deux systèmes pour nous pourrons choisir la meilleure solution à adopter selon leurs avantages et inconvénients.

ملخص

في هذه المذكرة نقدم دراسة مقارنة بين نقل الحركة بالسيور ونقل الحركة بالمسننات في محرك الاحتراق الداخلي من خلال مزاياهم وعيوبهم.

في البداية سنقوم بالدراسة الببليوغرافية حول نقل الطاقة الميكانيكية، يليها الفصل الثاني وسوف نحدد جميع معلمات الحل المرني من البيانات الحقيقية للمحرك الحراري، وأخيرا نقارن أداء هذين النظامين ليتمكننا من اختيار أفضل حل لإعتماده من خلال مزاياه وعيوبه

Bibliographe :

- [1] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Transmission#:~:text=La%20transmission%20est%201%C2%AB%20action,un%20%C3%A9metteur%20%C3%A0%20un%20r%C3%A9cepteur.%20%C2%BB>
- [2] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Courroie>
- [3] **Francis Esnault, Construction mécanique transmission de puissance, ,3ème édition, 2009**
- [4] **Dr : AMEUR Toufik, Polycopié de Cours Construction Mécanique 2, UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA.**
- [5] <https://www.cours-et-exercices.com/2016/05/cours-de-courroies-transmission-de.html>
- [6] <http://www.sciences-technologies.net/genie-mecanique/conception-m%C3%A9canique/2-transmissions-par-poulies-et-courroies.html?start=2>
- [7] <http://www.sciences-technologies.net/genie-mecanique/conception-m%C3%A9canique/2-transmissions-par-poulies-et-courroies.html?start=3>
- [8] **KHOUSSA HADJA & SEDDAOUI NESSERINE Mémoire (2020/2021) M2 construction mécanique : (Analyse des contraintes sur les engrenages cylindriques) soutenu le 07/ 07 / 2021 au département de génie mécanique de l'université de Mostaganem**
- [9] [05_chapitre_1.pdf](#)
- [10] http://www.zpag.net/Machines_Simples/engrenage_types_2.htm
- [11] **Bilil Ismail, Messeguem Boumediene, Mémoire (2020/2021) M2 construction mécanique : (Etude comparative des transmissions par chaîne et courroie) soutenu le 10/ 07 / 2021 au département de génie mécanique université de Mostaganem**
- [12] <https://patents.google.com/patent/WO2017102073A1/fr>
- [13] https://www.guillaumedarding.fr/images/Courroie_de_distribution.jpg
- [14] <https://www.jdpower.com/cars/shopping-guides/what-is-a-transmission-in-a-car>
- [15] <https://www.partauto.fr/blog/wp-content/uploads/2019/05/distribution.png>
- [16] <https://www.tu-motors.com/page/24-qu-est-ce-qu-un-systeme-de-distribution>

- [17] <http://www.acmotorsports.fr/Files/132076/Img/18/vilo4cyl.jpg>
- [18] <https://techautoalgerie.files.wordpress.com/2012/07/arbre-c3a0-comes.jpg>
- [19] **Gilbert Drouin and all, Eléments de machines, Deuxième édition revue et augmentée, Ecole polytechnique du Canada, 1986**
- [20] http://www.zpag.net/Tecnologies_Industrielles/transmission_courroies.htm
- [21] <http://www.sciences-technologies.net/genie-mecanique/conception-m%C3%A9canique/2-transmissions-par-poulies-et-courroies.html?start=3>
- [22] **MAHMOUD Massinissa : KABI Mohand Arezki Mémoire (2019/2020) M2 construction mécanique : (Conception d'un banc d'essai et suivi des avaries dans les transmissions de puissances par engrenages) au département de génie mécanique à l'université de TIZI-OUZOU**
- [23] **Graissage et tribotechnique : Engrenages et transmissions, auteur René Lefèvre, Paru en mai 2000**
- [24] <https://www.alloschool.com/assets/documents/course-138/cours-engrenages.pdf>
- [25] <https://www.e-presta-formation.fr/app/download/5793016438/etude+des+engrenages.pdf>
- [26] **An analytical method for calculating the tooth surface contact stress of spur gears with tip relief, auteur zhai, Xiaochen. En 2018**
- [27] Techniques De L'Ingénieur, extrait gratuits, « Frottement, usure et lubrification ; SURFACES », 4ème édition,