



Faculty of Sciences and Technology
Department of Mechanical Engineering

كلية العلوم والتكنولوجيا
قسم المهندسة الميكانيكية

N° d'ordre : M...../GM/2024

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE MASTER ACADEMIQUE

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : Construction mécanique

Thème

Etude d'un système de transmission hybride et éventuellement intelligent permettant de diminuer l'endommagement du moteur en cas de rupture de système adopté

Presented by :

- ❖ BENSMAINE Mustapha
- ❖ HACHEMI Mohamed Elamine

Soutenu le 25 / 06 / 2024 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

Academic Year: 2023 / 2024

Remerciements

Ce projet de fin d'étude a été une étape importante de notre vie, nous souhaitons prendre un moment pour exprimer notre profonde gratitude envers nos familles et nos professeurs, et spécialement envers Dr. M. Bendoukha grâce à eu nous avons pu accomplir ce travail.

Merci à nos familles, nous sommes infiniment reconnaissants pour votre amour inconditionnel et votre soutien constant. Votre présence nous a donné la force et la confiance nécessaires pour mener à bien ce projet. Nos remerciements s'adressent également au Pr. R. Zenasni d'avoir accepté de présider le jury et à M. M. Benaissa pour avoir expertiser notre mémoire.

Dans l'impossibilité de citer tous les noms, nos sincères remerciements vont à tous ceux et celles, qui de près ou de loin, ont permis par leurs conseils et leurs compétences la réalisation de ce mémoire.

Enfin, je n'oserais oublier de remercier tout le corps professoral du département de génie mécanique pour le travail énorme qu'il effectue pour nous créer les conditions les plus favorables pour le déroulement de nos études dedicases.

Dedicase

À nos parents qui ont été notre soutien indéfectible tout au long de ce parcours et à nos amis qui nous ont aidé dans ce travail, nous vous dédions humblement ce mémoire. Votre amour, votre encouragement et votre soutien constant ont été les piliers sur lesquels nous avons construit notre réussite.

À nos chers frères et sœurs, qui ont partagé avec nous tant de moments de joie et de soutien moral, cette réussite est aussi la vôtre.

Nous tenons également à exprimer notre profonde gratitude envers le Dr. Bendoukha, notre encadrant dévoué, dont les conseils avisés, la patience et l'expertise nous ont guidés tout au long de cette étude. Votre soutien inestimable a été essentiel à notre accomplissement académique.

Enfin, à toutes les générations passées et futures des familles Bensmaine et Hachemi, nous vous dédions ce travail avec reconnaissance et fierté.

Merci du fond du cœur pour votre soutien inconditionnel.

BENSMACHINE MUSTAPHA HACHEMI MOHAMED EL AMINE

Francais

Le projet visait à concevoir un système de distribution synchrone hybride utilisant courroie et chaîne, avec un focus sur la résilience face à la rupture des transmissions. Les résultats ont permis de dimensionner efficacement les composants clés et d'atténuer les effets négatifs des défaillances, notamment par une méthode basée sur la modification du PMH du piston. Malgré quelques compromis en termes de puissance, le projet a illustré notre capacité à appliquer l'analyse et les solutions technologiques pour résoudre les défis du moteur à combustion interne.

anglais

The project aimed to design a hybrid synchronous distribution system using both belt and chain, with a focus on resilience against transmission failure. The results effectively sized key components and mitigated negative effects of failures, notably through a method based on modifying the piston TDC. Despite some compromises in power output, the project showcased our ability to apply analysis and technological solutions to address challenges in internal combustion engines.

ملخص

المشروع كان يهدف إلى تصميم نظام توزيع متزامن هجين يستخدم سيرًا وسلسلة، مع التركيز على مقاومة انقطاع نقل الحركة. أسفرت النتائج عن تصميم المكونات الرئيسية بشكل فعال وتخفيف التأثيرات السلبية للفشل، خاصة من خلال طريقة تعتمد على تعديل زمن بدء الاحتراق للمكبس. على الرغم من بعض التنازلات في الطاقة، أظهر المشروع قدرتنا على تطبيق التحليل والحلول التكنولوجية لحل تحديات المحرك الاحتراق الداخلي.

Les mots clés

un système de distribution : Ensemble de composants mécaniques assurant l'ouverture et la fermeture des soupapes d'admission et d'échappement du moteur, synchronisé avec la rotation du vilebrequin

système hybride : Combinaison de deux types de motorisations, généralement un moteur à combustion interne et un moteur électrique, permettant d'améliorer l'efficacité énergétique et de réduire les émissions polluantes.

la rupture des transmissions : Phénomène où les composants de la transmission mécanique se déconnectent ou se cassent, entraînant une perte de transfert de puissance du moteur aux roues motrices.

modification du PMH du piston : Changement du Point Mort Haut, qui est la position la plus haute du piston dans son cylindre, afin d'optimiser les performances ou l'efficacité du moteur.

les solutions technologiques : Innovations et avancées techniques mises en œuvre pour améliorer les performances, l'efficacité et la durabilité des systèmes mécaniques et électroniques dans divers domaines industriels.

les défis du moteur à combustion interne : Ensemble des obstacles techniques et environnementaux auxquels font face les moteurs à combustion interne, tels que la réduction des émissions de CO₂, l'amélioration de l'efficacité énergétique et la gestion de la chaleur

système intermédiaire : Dispositif ou mécanisme situé entre deux autres systèmes ou composants, permettant la transmission ou la modulation d'une fonction ou d'une énergie.

Mécanisme de Verrouillage : Dispositif mécanique conçu pour sécuriser la position d'un composant ou empêcher un mouvement non désiré, souvent utilisé dans des systèmes de sécurité ou de contrôle d'accès.

Liste des figures

FIGURE I-1 : MOTEUR AUTOMOBILE.....	2
FIGURE I-2: CHAMBRE DE COMBUSTION.....	3
FIGURE I-3: PISTON.....	4
FIGURE I-4 : SOUPAPE.....	4
FIGURE I-5 . BOUGIES D'ALLUMAGE.....	5
FIGURE I-6 . SYSTEM D'ADMISSION.....	6
FIGURE I-7 . LE CIRCUIT DE LUBRIFICATION.....	7
FIGURE I-8 : SYSTEM DE REFOIDISSEMENT.....	8
FIGURE I-9 :LA POMPE A EAU.....	8
FIGURE I-10 : THERMOSTAT.....	9
FIGURE I-11: ALTERNATEUR.....	10
FIGURE I-12:SYSTEME DE DISTRIBUTION.....	11
FIGURE I-13 . CHAINE DE DISTRUBITION.....	12
FIGURE I-14: COURROIE DE DISTRIBUTION.....	12
FIGURE I-15 . VILEBREQUIN.....	13
FIGURE I-16: ARBRES A CAMES.....	14
FIGURE II-1:DESSIN DU SYSTEME DE TRANSMISSION.....	16
FIGURE II-2: SYSTEME DE TRANSMISSION HYBRIDE SYNCHRONE.....	17
FIGURE II-3: DESSIN TECHNIQUE DE LA POULIE INTERMEDIAIRE.....	18
FIGURE II-4: DESSIN TECHNIQUE D'UNE POULIE INTERMEDIAIRE.....	19
FIGURE II-5: PHOTO PRISE DU SYSTEME DE DISTRIBUTION DU MOTEUR RENAULT CLIO COMPUS 1.2 16V.....	20
FIGURE II-6: LES FORCES APPLIQUEES SUR L'ARBRE.....	21
FIGURE II-7 :ANGLE D' ENROULEMENT COURROIE.....	22
FIGURE II-8: DIAGRAMME DES EFFORTS TRANCHANTS ET MOMENTS FLICHISANTS.....	24
FIGURE II-9. GAME DE PUISSANCE ADMISSIBLE.....	27
FIGURE II-10:COURROIE CRANTÉE.....	30
FIGURE II-11. ABAQUE RELATIF AUX CHAINES DE TYPE B.....	32
FIGURE II-12: LUBRIFICATION DE CHAINE.....	36
FIGURE II-13: CHOIX DE LUBRIFICATION.....	37
FIGURE III-1: LES ENDOMMAGEMENTS DU MOTEUR EN CAS DE RUPTURE SOUDAINE DE L' ELEMEN DE TRANSMISSION.....	42
FIGURE III-2: LA MACHOIRE DE FRIENAGE.....	43
FIGURE III-3:NUMEROTATION DES MATERIAUX.....	43
FIGURE III-4: SCHEMA SIMPLIFIE DU MECANISME.....	44
FIGURE III-5: APRES LA RUPTURE DU CHAINE.....	45
FIGURE III-6:AVANT LA RUPTURE DE LA COURROIE.....	45
FIGURE III-7: AVANT LA RUPTURE DU CHAINE.....	45
FIGURE III-8:APRES LA RUPTURE DE LA COURROIE.....	45
FIGURE III-9: CAPTEUR DE COURROIE OU CHAINE.....	46
FIGURE III-10: POSITIONS DU PISTON ET SOUPAPES AVANT COLLISION. SOLUTION ACTUELLE.....	48

Liste des tableaux

TABLE 1:DIMENSIONS DES PRINCIPALES COURROIE CRANTÉES	28
TABLE 2:DIMENSION NORMALISÉE DES CHAINES ORDINAIRES À DEUX RANGÉS DE MAILLON	32

Liste des symboles

F_t : La force tangentielle.

P_a : La puissance de l'arbre à came.

V : La vitesse linéaire.

P_e : La puissance effective (KW).

P_m : La puissance du moteur (KW).

K : Le facteur de service.

R₁ : Le rapport de vitesse entre la poulie intermédiaire et le pignon de l'arbre à cames d_1 , d_2 .

d_i : Diamètre de la poulie intermédiaire.

d₂ : Diamètre de pignon de l'arbre à came.

P_d : Charge dynamique équivalente (N).

F_a et **F_r** : Force axiale et radiale (N).

X : coefficient radial de roulement.

Y : coefficient axial de roulement.

V : coefficient de mouvement des bagues.

L : La longueur de la courroie synchrone.

e : L'entraxe entre le pignon intermédiaire et l'arbre à came.

d₁ : Diamètre de pignon intermédiaire.

d₂ : Diamètre de l'arbre à came.

L_P : La longueur primitive de la courroie.

Z : Nombre des dents de la courroie synchrone.

A : la section en (mm²).

b : la largeur de la courroie en (mm).

H : l'épaisseur de la courroie en (mm).

T₁ : tension de brin tendu.

ρ : Masse volumique KG/ m³.

V : Vitesse tangentiel m/s.

E_f : Limite d'élasticité en N/mm².

e : épaisseur de courroie sans les dents en mm

d_i : Diamètre de la petite poulie en mm

Pas : le pas (mm).

d₁ : Diamètre de pignon de vilebrequin en (mm).

- d₂** : Diamètre de la poulie intermédiaire en (mm).
V : Vitesse linéaire (m/s).
N : Vitesse de rotation du pignon moteur (tr/mn).
d₁ : Diamètre primitif du pignon vilebrequin (d=65mm).
R₂ : Le rapport de vitesse entre le pignon de vilebrequin et la poulie intermédiaire d₂ et d₁.
d₁ : Diamètre de pignon intermédiaire.
d₂ : Diamètre de pignon de vilebrequin.
e: Entraxe .
L: la longueur de la chaîne (mm).
Z₁ : Nombre des dents du pignon du vilebrequin.
Z₂ : Nombre des dents du pignon intermédiaire.
P : puissance transmise par la chaîne.
V : vitesse linéaire (m/s).
TP: Effort de traction principale en (N).
T_{ce} : Effort de traction de l'effet centrifuge en (N).
T_{ca}: Effort de traction de l'effet caténaire en (N).
T_g: Effort globale de traction dans la chaîne en (N).
N: nombre de tour d'un pignon de vilebrequin.
p : la puissance de vilebrequin.
d₁ : diamètre de vilebrequin.
m : la masse linéique (kg /m)
V : vitesse linéaire (m/s)
F_s: Facteur de sécurité
S : la section des plaques sollicitées en traction.
σ_e: La contrainte de limite élastique
τ_{pg}: Contrainte tangentielle pratique du matériau (N/mm²).

Contents

REMERCIEMENTS.....	B
DEDICACES.....	B
LISTE DES FIGURES	F
Liste des symboles	G
INTRODUCTION GENERALE	1
I CHAPITRE 1: MOTEUR A COMBUSTION INTERNE.....	2
I.1 INTRODUCTION.....	2
I.2 DIFFERENTS SYSTEMES D'UN MOTEUR AUTOMOBILE.....	3
I.2.1 <i>Système de combustion</i>	3
I.2.1.1 Chambre de combustion.....	3
I.2.1.2 Pistons et cylindres	3
I.2.1.3 Les soupapes	4
I.2.1.4 Bougies d'allumage	5
I.2.2 <i>Système d'Alimentation en Carburant</i>	5
I.2.2.1 Réservoir de carburant	5
I.2.2.2 Pompe à carburant	6
I.2.2.3 Injecteurs de carburant.....	6
I.2.3 <i>Système d'Admission et d'Échappement</i>	6
I.2.3.1 système d'admission	6
I.2.3.2 Système d'échappement.....	6
I.2.3.3 Système de Lubrification	7
• Pompe à huile : Distribue l'huile sous pression aux différentes parties du moteur.....	7
• Filtre à huile : Retire les impuretés de l'huile.....	7
• Carter d'huile : Contient l'huile moteur.....	7
I.2.4 <i>Système de Refroidissement</i>	8
I.2.4.1 Radiateur	8
I.2.4.2 Pompe à eau	8
I.2.4.3 Thermostat	8
I.2.5 <i>Système Électrique</i>	9
I.2.5.1 Batterie	9
I.2.5.2 Alternateur.....	9
I.2.5.3 Bougies d'allumage	10
I.2.6 <i>Système de Distribution</i>	10
I.2.6.1 Courroie ou chaîne de distribution	11
• Les chaînes de distribution	11
• Courroie de distribution	12
• Vilebrequin	13
• Arbres à cames	14
I.3 CONCLUSION.....	14
II CHAPITRE 2 : CONCEPTION DU SYSTEME DE DISTRIBUTION	15
II.1 INTRODUCTION.....	15
II.2 CONCEPTION DE LA TRANSMISSION HYBRIDE SYNCHRONE	17
II.3 LA CONCEPTION DU SYSTEME INTERMEDIAIRE.....	18
II.3.1 <i>Choix et dimensionnement du système</i>	19
II.3.2 <i>Présentation du moteur choisi pour notre étude</i> :.....	19
II.3.3 <i>Choix et dimensionnements de l'arbre</i>	20
II.3.3.1 <i>La vitesse linéaire de la courroie crantée</i>	22
II.3.3.2 <i>Détermination du diamètre de l'arbre</i>	24
II.3.3.3 <i>La puissance effective</i>	25
II.3.3.4 <i>Le rapport de vitesse</i>	25
II.3.3.5 <i>Charge dynamique équivalente Pd</i>	25
II.3.3.6 <i>Durée de vie nominale de roulement [18]</i>	26
II.4 LE CHOIX ET DIMENSIONNEMENT DE LA COURROIE.....	26

SOMMAIRE

II.4.1	Le choix du type de courroie	26
II.4.2	Longueur de la courroie synchrone	28
II.4.3	Longueur primitive de la courroie synchrone	28
II.4.4	Matériau de la courroie	29
II.4.5	Sollicitations subies par la courroie	29
II.4.6	Contrainte de traction	29
II.4.7	Contrainte due à la force centrifuge	30
II.4.8	Contrainte de flexion subie par la courroie.....	30
II.4.9	Contrainte maximale de la courroie σ max	31
II.4.10	Choix et calculs de la chaîne	31
II.5	MATERIAU DE LA CHAÎNE	31
II.5.1	Calculs du nombre des dents	33
II.5.2	Le rapport de vitesse $R2$	33
II.5.3	Calcul de la longueur de la chaîne	33
II.5.4	Efforts exercés sur la chaîne	33
II.5.5	Sollicitations de la chaîne	33
CONTRAÎNTE DE TRACTION		33
LA CONTRAÎNTE DE CISAILEMENT DE L'AXE DU MAILLON		33
II.5.6	Effort de traction globale.....	33
II.5.7	Effort de traction principale.....	34
II.5.8	Effort de traction du l'effet centrifuge.....	34
II.5.8.1	Effort globale de traction dans la chaîne	34
II.5.9	Contraintes dans les plaques de liaisons des maillons	34
LES PLAQUES DE LIAISONS DES MAILLONS.....		34
II.5.9.1	Contrainte de traction.....	34
II.5.9.2	La contrainte de cisaillement de l'axe du maillon	35
II.6	LA LUBRIFICATION	36
II.7	CHOIX DU LUBRIFIANT	36
II.8	LE ROLE DE LA LUBRIFICATION	37
II.8.1	Les principales fonctions de la lubrification.....	37
II.8.2	Accumulation des avantages et inconvénients.....	37
II.9	CONCLUSIONS	41
III INTRODUCTION		42
III.1.1	MECANISME DE FREINAGE	43
III.1.1.1	Mâchoire Dentée:	43
III.1.2	Schéma Simplifié du Mécanisme	44
III.1.3	Composants de système et Fonctionnement.....	44
III.1.3.1	Mécanisme de Verrouillage	44
III.1.3.2	Actionneur	46
III.1.3.3	Capteur de proximité inductif	46
	• Positionnement du Capteur.....	46
III.1.3.4	Contrôleur Électronique.....	47
III.1.4	Processus de Fonctionnement Détection de la Casse de Chaîne	47
III.1.4.1	Activation du Mécanisme de Verrouillage	47
III.1.4.2	Engagement et Freinage	47
III.1.5	Avantages et Considérations	47
III.1.5.1	Avantages	47
III.1.5.2	Considerations	47
III.2	MODIFICATION DE LA CHAMBRE DE COMBUSTION POUR EVITER LA COLLISION DES SOUPAPES AVEC LES PISTONS EN CAS DE RUPTURE DE LA CHAÎNE DE DISTRIBUTION	48
III.2.1	Problème de rupture de la chaîne de distribution	49
III.2.2	L'idée innovante pour éviter la collision	49
III.2.3	Application de l'idée dans la conception pratique.....	49
III.2.4	Les avantage et les inconvénient de ce système	50
III.2.4.1	Avantages :.....	50

SOMMAIRE

III.2.4.2	Inconvénients :	50
III.2.5	<i>Défis potentiels</i>	50
III.3	CONCEPTION DES PISTONS POUR EVITER LA COLLISION AVEC LES SOUPAPES EN CAS DE DEFAILLANCE DU SYSTEME DE DISTRIBUTION	50
III.3.1	<i>Concept de pistons concaves ou à cavités spécifiques</i>	51
III.3.2	<i>Analyse technique de la conception des pistons</i>	51
III.3.3	<i>Analyse technique de la conception des pistons</i>	52
III.3.3.1	Conception et fabrication	52
III.3.4	<i>Avantages du système de pistons avec forme concave ou cavités spécifiques</i>	52
III.3.5	<i>Inconvénients du système de pistons avec forme concave ou cavités spécifiques</i>	52
III.4	ETUDES COMPARATIVE DE CES TROIX PROPOSITION	52
III.4.1	<i>Mécanisme de Freinage</i>	52
III.4.2	<i>Modification de la Chambre de Combustion</i>	53
III.4.3	<i>Conception de Pistons Concaves ou à Cavités Spécifiques</i>	53
III.5	MEILLEURE PROPOSITION	54
III.6	CONCLUSIONS :	54
	CONCLUSION GENERALE	55

Introduction Générale

Introduction Générale

Machine permettant la transformation de l'Energie calorifique en énergie mécanique.

C'est le moyen le plus utilise dans l'industrie automobile, néanmoins il comporte plusieurs pièces effectuant des mouvements entre elles dont ou pourra citer le systèmes bielle manivelle, le mouvement des soupapes commandes par une transmission de distribution.

Notre travaille s'articule justement sur ce dernier point à savoir le système de distribution. Ce dernier et généralement compose d'une courroie crantée ou d'une chaine reliant le vilebrequin à l'arbre à cames.

Notre objectif durant cette étude d'essayer de concevoir un système équivalent hybride et intelligent. Au premier lieu nous allons concevoir une transmission composée de la courroie crantée et une chaine qui sera donc hybride.

En deuxième aux lieu les endommagements sur le moteur causes par la rupture soudain de système de transmission généralement la courroie les dégâts sont assez importante nous allons tenter de remeder à ce problème par l'installation d'un système intelligent permettant épargner le moteur de ces endommagements ou du mois des diminuer pour ce faire, nous avons divise notre travail en 3 chapitre .

La première sera à un présentations générale du moteur et des systèmes de distribution

la deuxième on globera les calculs et les dessins de conception de notre système propose la présentation du système intelligent ca sera sur la troixieme chapitre permettent la sauvegarde du moteur contre les ruptures soudains des système des transmission adoptée.

CHAPITRE 1 :

Généralités sur le Moteur à combustion interne

I CHAPITRE 1: Moteur à combustion interne

I.1 Introduction

Le moteur automobile est une machine complexe qui convertit l'énergie du carburant en énergie mécanique pour propulser un véhicule. La majorité des moteurs automobiles sont des moteurs à combustion interne, où le carburant brûle dans une chambre fermée pour produire de l'énergie, bien que les moteurs électriques, utilisant l'énergie des batteries, gagnent en popularité. Le moteur se compose de plusieurs systèmes interdépendants : le système de combustion (comprenant la chambre de combustion, les pistons, les cylindres, les soupapes et les bougies d'allumage), le système d'alimentation en carburant (avec le réservoir, la pompe et les injecteurs de carburant), et le système d'admission et d'échappement (incluant le filtre à air, le collecteur d'admission et d'échappement, le catalyseur et le silencieux). Le bon fonctionnement du moteur repose également sur le système de lubrification, qui réduit la friction et l'usure des pièces mobiles, et le système de refroidissement, qui empêche la surchauffe grâce au radiateur, à la pompe à eau et au thermostat. En outre, le système électrique, avec la batterie, l'alternateur et les bougies d'allumage, est crucial pour le démarrage et le fonctionnement du moteur, tandis que le système de distribution assure la synchronisation précise des soupapes et des pistons via la courroie ou chaîne de distribution et les arbres à cames. Ensemble, ces systèmes permettent au moteur de fonctionner de manière efficace et fiable, assurant ainsi la mobilité du véhicule.

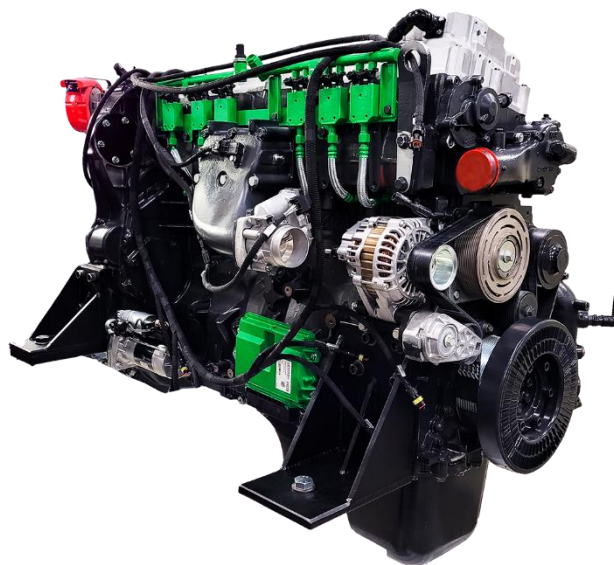


Figure I-1 : moteur automobile [1]

I.2 Différents Systèmes D'un Moteur Automobile

I.2.1 Système de combustion

Le système de combustion est le cœur du moteur à combustion interne. Il comprend :

I.2.1.1 Chambre de combustion

La chambre de combustion est la pièce où s'effectue la combustion du mélange air-essence. La combustion permet de faire s'enflammer le mélange d'air et d'essence, qui en explosant à l'intérieur du cylindre va générer de l'énergie. Un moteur peut comporter une ou plusieurs chambres de combustion, cela diffère en fonction du nombre de cylindres. Principe de fonctionnement : La chambre de combustion subit d'intenses contraintes mécaniques dues à la pression, à la température ainsi qu'à l'action corrosive des gaz brûlés principalement. Son esthétique, à savoir sa forme ainsi que son volume, sont travaillés afin de permettre la meilleure combustion possible. Le volume peut d'ailleurs varier d'une chambre de combustion à une autre.[2]

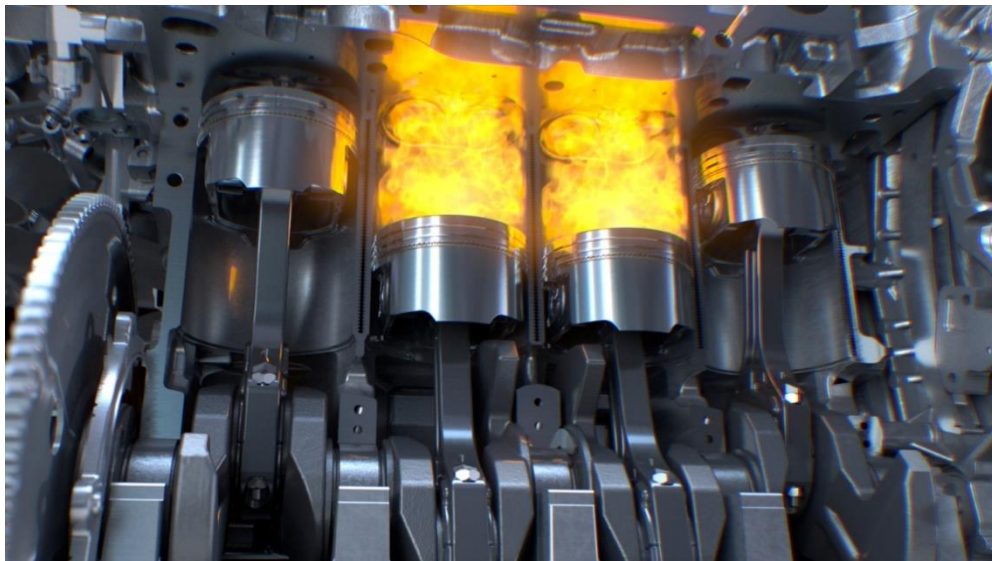


Figure I-2: chambre de combustion [5]

I.2.1.2 Pistons et cylindres

Composant du moteur à combustion, le piston est chargé de transformer l'énergie libérée au cours de la combustion en un travail mécanique et à la transmettre sous forme de force de rotation au vilebrequin par l'intermédiaire de l'axe de piston et de la tige de bielle. [3]



Figure I-3: piston [3]

I.2.1.3 Les soupapes [4]

Une soupape est un élément mécanique constitutif des moteurs thermiques, et notamment des moteurs à explosion. Les modèles de soupapes les plus répandus sont les “soupapes à tige”, appelées également “soupapes à tulipes”. Il s’agit de longues tiges de métal comportant à l’une de leurs extrémités un tampon de métal, appelé le “siège” de la soupape.



Figure I-4 : soupape [4]

I.2.1.4 Bougies d'allumage [6]

Les bougies d'allumage sont des composants essentiels du système d'allumage du véhicule, qui ne pourrait pas démarrer sans elles. On les retrouve dans les moteurs à essence et leur rôle premier est d'enflammer le mélange air-carburant dans la chambre de combustion au moyen d'une étincelle qui se produit grâce au phénomène de claquage électrique. Les bougies d'allumage jouent également un autre rôle, celui de transférer la chaleur hors de la chambre de combustion.

I.2.2 Système d'Alimentation en Carburant

Ce système gère l'approvisionnement en carburant du moteur et comprend :

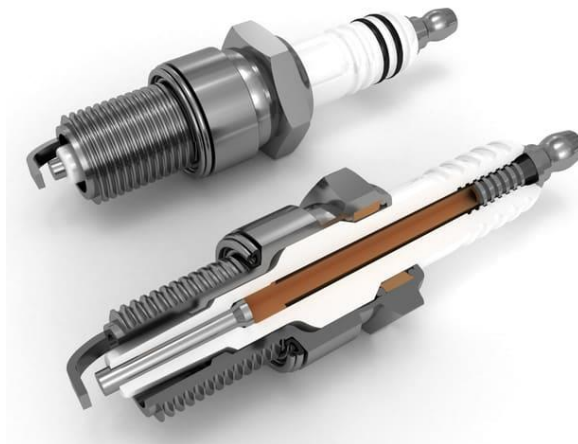


FIGURE I-5 . BOUGIES D'ALLUMAGE [6]

I.2.2.1 Réservoir de carburant [7]

Le réservoir est une pièce automobile vouée à recevoir et stocker du carburant. L'essence et le diesel sont les deux types de carburant les plus utilisés dans les réservoirs de véhicules et utilitaires. Le réservoir de carburant se place le plus fréquemment sous la voiture. Situé à proximité du sol, le réservoir de carburant est en proie à un nombre important d'attaques : cailloux, graviers et autres objets se trouvant sur la voie. Par ailleurs il est sujet à la corrosion. La rouille peut alors se propager sur le réservoir et avec le temps faire apparaître une fissure ou un trou. Afin d'éviter toutes perforations il est fortement recommandé de déposer un traitement anti-rouille préventif sur un réservoir de carburant neuf dans le but d'en allonger sa durabilité. Nous mettons à votre disposition des réservoirs essence et réservoirs diesel neufs et de qualité.

I.2.2.2 Pompe à carburant [6]

La pompe à carburant est comme son nom l'indique chargée d'amener le carburant en quantité et à la pression requise du réservoir vers le moteur, plus précisément, les injecteurs de carburant, à l'intérieur des cylindres.

I.2.2.3 Injecteurs de carburant [8]

Les injecteurs de carburant utilisés dans l'industrie automobile et l'industrie aéronautique servent à réguler le volume de carburant injecté dans la chambre de combustion du moteur. Le volume de carburant est régulé par le temps d'ouverture de la soupape. Il est de 0,2 à 10 ms généralement, ce qui peut compliquer la mesure de la taille des gouttelettes pulvérisées.

I.2.3 Système d'Admission et d'Échappement

I.2.3.1 système d'admission [9]

Les composants d'un moteur chargés d'alimenter la chambre de combustion en air et en carburant. Ce système inclut des injecteurs, la tubulure d'admission, le boîtier papillon et le dispositif de mesure de l'air (sur les moteurs essence), les soupapes d'entrée et le filtre à air.



FIGURE I-6 . SYSTEM D'ADMISSION [9]

I.2.3.2 Système d'échappement

Le pot d'échappement sert à évacuer et à nettoyer les gaz formés pendant la combustion dans les cylindres du moteur. Le système d'échappement se compose essentiellement des éléments suivants :

- Pot de détente.
- Système d'épuration des rejets toxiques (convertisseur catalytique).
- Silencieux.

I.2.3.3 Système de Lubrification [10]

Le système de lubrification du moteur a pour rôle de diminuer les résistances passives dues aux frottements des pièces en mouvement les unes par rapport aux autres en facilitant leur glissement,

La lubrification favorise en outre le refroidissement des différents organes du moteur tout en assurant leur propreté.

Elle participe aussi à l'étanchéité de la chambre de combustion. Toute absence de lubrification se traduit par une élévation de température de frottement qui provoque, à terme, le grippage de l'ensemble piston bielle vilebrequin.

Ce système réduit la friction et l'usure des pièces mobiles du moteur. Il comprend :

- **Pompe à huile** : Distribue l'huile sous pression aux différentes parties du moteur.
- **Filtre à huile** : Retire les impuretés de l'huile.
- **Carter d'huile** : Contient l'huile moteur.

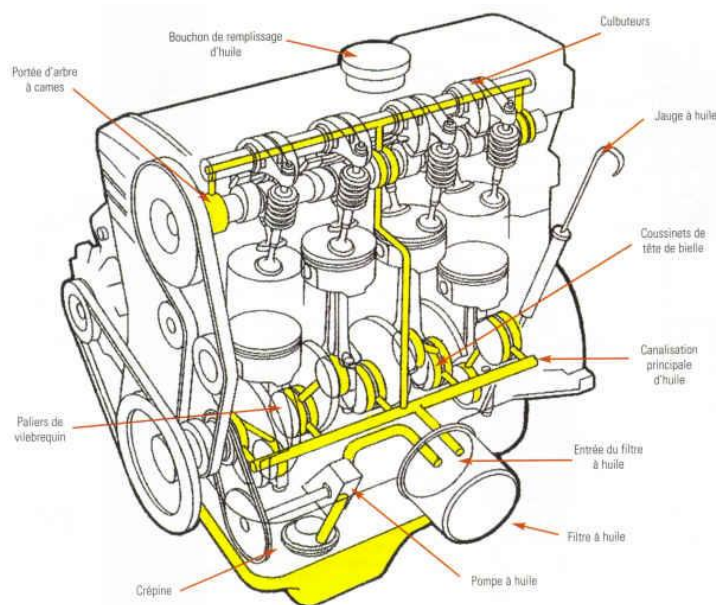


FIGURE I-7 . LE CIRCUIT DE LUBRIFICATION [10]

I.2.4 Système de Refroidissement

Le système de refroidissement empêche le moteur de surchauffer. Il inclut :

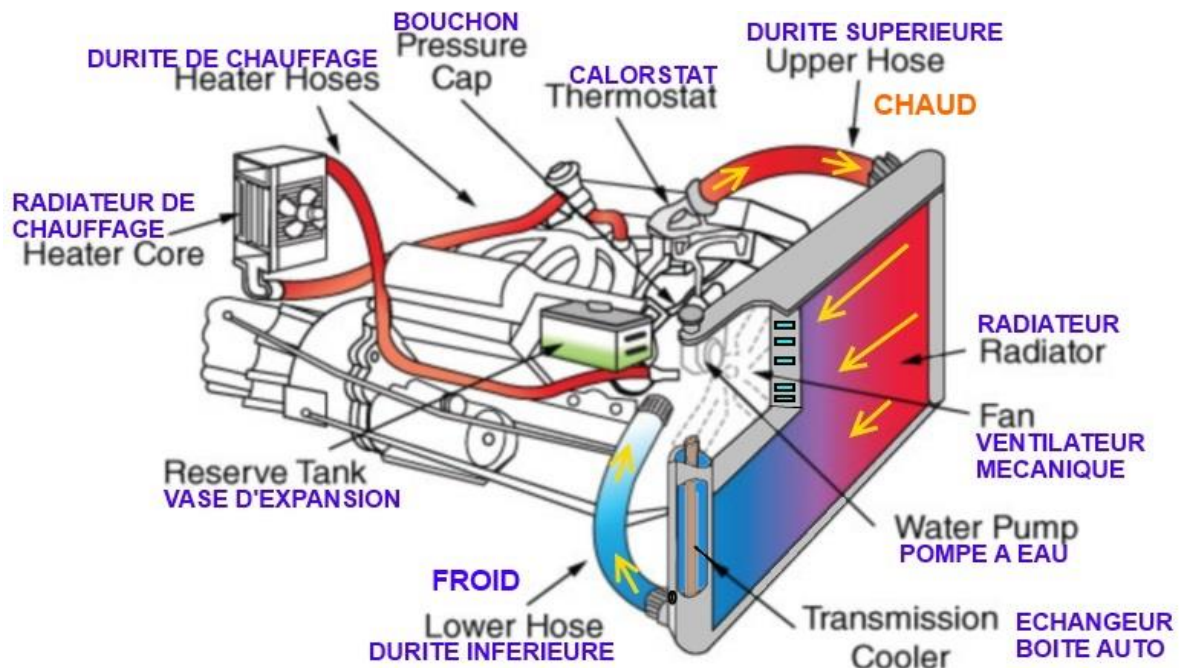


FIGURE I-8 : SYSTEME DE REFOIDISSEMENT

I.2.4.1 Radiateur [11]

Le radiateur évacue par échange de température avec l'air extérieure le surplus de chaleur : circulation du liquide d'un côté d'un tube et circulation d'air de l'autre avec entre les deux une surface plus ou moins importante d'échange par conduction.

I.2.4.2 Pompe à eau [12]

La pompe à eau fait partie du moteur de votre voiture. Elle sert à faire circuler le liquide de refroidissement dans le circuit de refroidissement, permettant de faire baisser la température du moteur et d'éviter sa surchauffe. En cas de dysfonctionnement de la pompe à eau, vous risquez la casse moteur.



Figure I-9 : la pompe à eau [12]

I.2.4.3 Thermostat [13]

Un thermostat endommagé, bloqué en position fermé, vous causera les mêmes symptômes qu'une purge du système de refroidissement mal effectuée. Avant de vous lancer dans son remplacement assurez-vous du diagnostic.

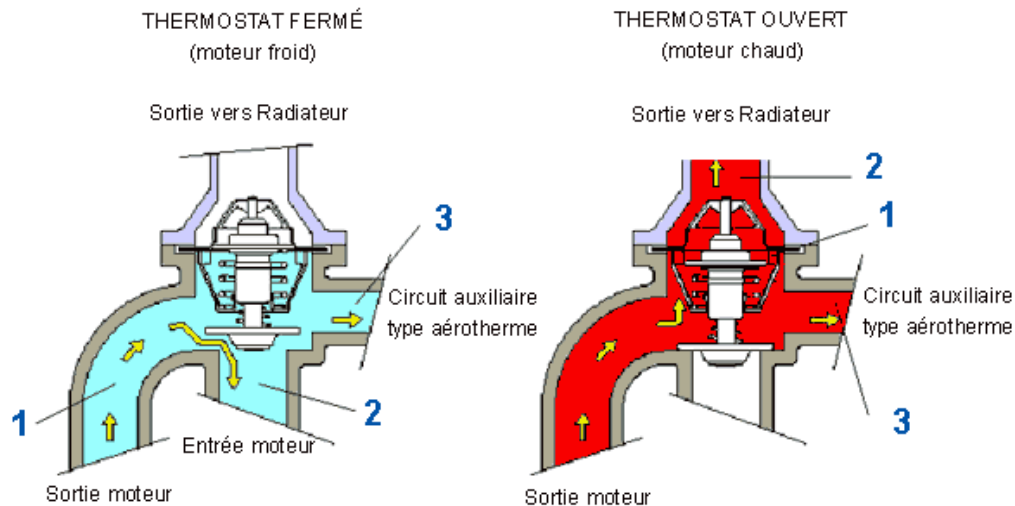


Figure I-10 : thermostat [13]

I.2.5 Système Électrique

Ce système est essentiel pour le démarrage et le fonctionnement du moteur. Il comprend:

I.2.5.1 Batterie [14]

Conçue pour faire fonctionner une auto, une batterie de voiture permet de stocker et de générer de l'énergie électrique. Cette énergie se présente sous forme de courant continu. Les différents types de batteries disponibles sur le marché contiennent tous des électrodes positive et négative. Celles-ci sont intégrées dans un électrolyte, le tout renfermé dans un contenant.

Lorsque la batterie est connectée à une ou des charges électriques, le courant peut circuler dans l'électrolyte.

I.2.5.2 Alternateur [15]

L'alternateur est un élément mécanique appartenant à la motorisation des véhicules composé d'une bobine et d'un aimant, permettant, entre autres choses, à la batterie d'enclencher le démarrage du moteur. Cela est possible grâce au courant électrique produit lors de son fonctionnement. Aussi, pour s'assurer que leur véhicule fonctionne de manière optimale, les conducteurs devront régulièrement procéder à un contrôle de l'alternateur.

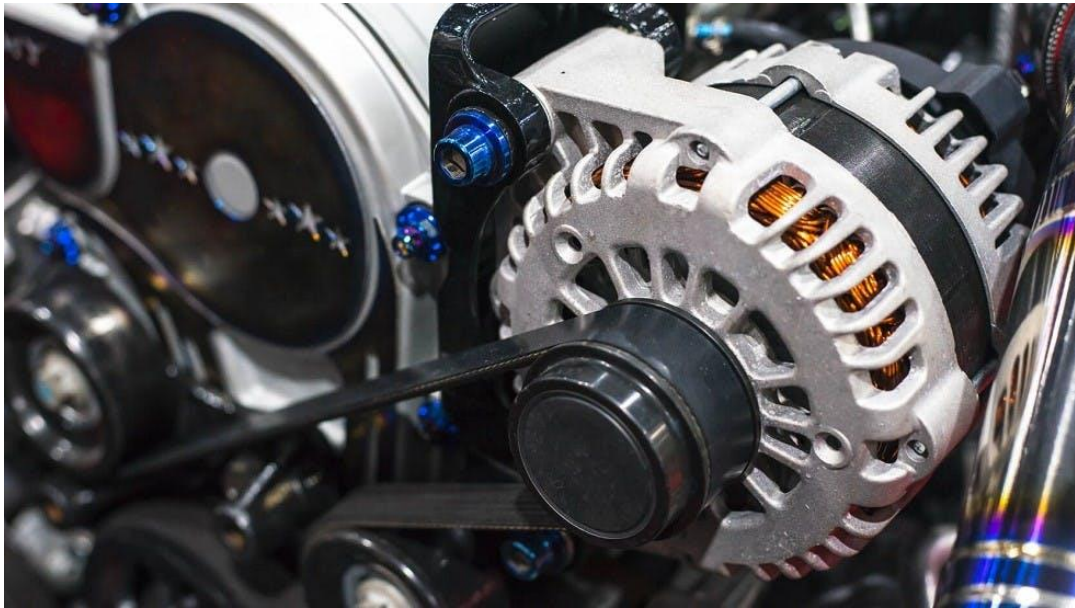


Figure I-11: alternateur [15]

I.2.5.3 Bougies d'allumage [6]

Les bougies d'allumage sont des composants essentiels du système d'allumage du véhicule, qui ne pourrait pas démarrer sans elles. On les retrouve dans les moteurs à essence et leur rôle premier est d'enflammer le mélange air-carburant dans la chambre de combustion au moyen d'une étincelle qui se produit grâce au phénomène de claquage électrique. Les bougies d'allumage jouent également un autre rôle, celui de transférer la chaleur hors de la chambre de combustion.

I.2.6 Système de Distribution [5]

Tout au long d'un trajet, le circuit de distribution joue un rôle crucial dans le fonctionnement du bloc moteur. En effet, il synchronise le mouvement du vilebrequin ainsi que celui de l'arbre à cames, mais aussi le fonctionnement pompe à injection afin que le véhicule tourne correctement. Cela permet aux différents éléments de réaliser des mouvements dans la même zone, mais sans jamais entrer en contact, car cela conduirait à une détérioration du haut moteur. Bien que la majeure partie des titulaires d'un certificat d'immatriculation savent combien il est important de réaliser des contrôles visuels réguliers des éléments moteurs, il ne leur est pas toujours aisé de localiser le circuit de distribution.

Le système de distribution assure la synchronisation correcte des soupapes et des pistons.
Il inclut :

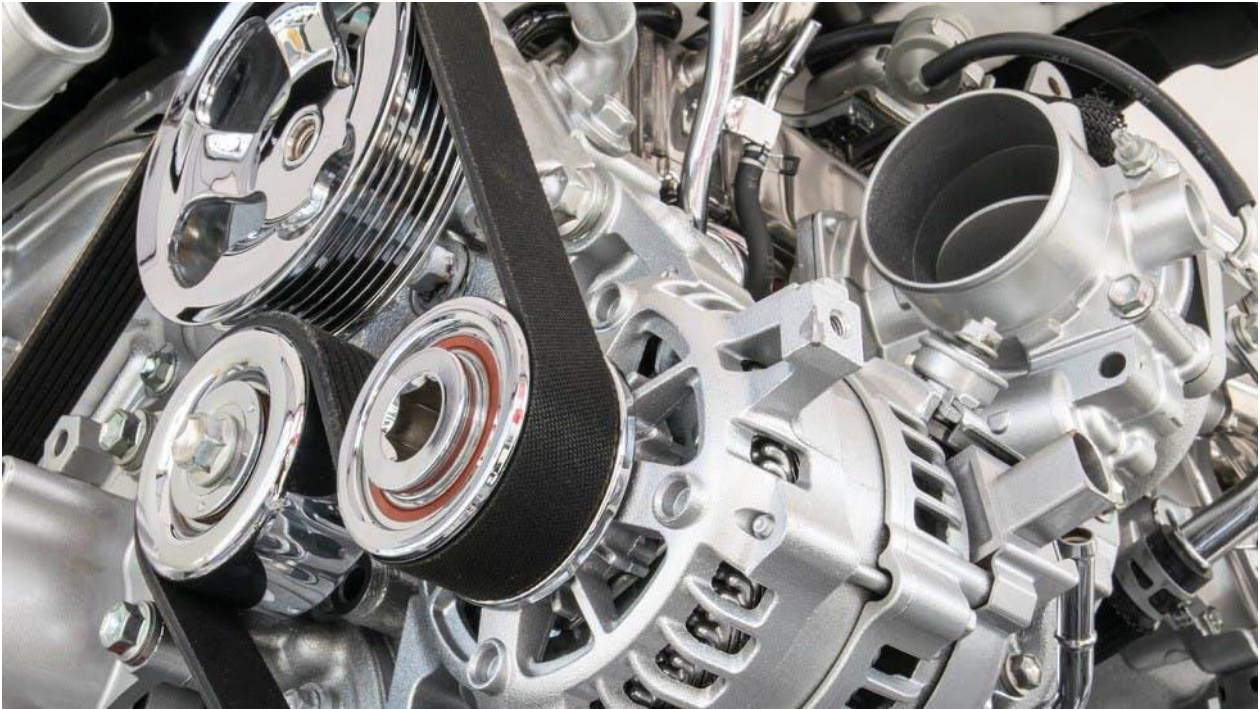


Figure I-12: système de distribution [5]

I.2.6.1 Courroie ou chaîne de distribution

- **Les chaînes de distribution [5]**

La chaîne de distribution installée sur les moteurs à chaîne est un élément appartenant à la mécanique des véhicules. Puisqu'elle est réalisée en acier (avec quelques patins et guides en caoutchouc pour assurer son bon fonctionnement) cette chaîne est nettement plus robuste que les autres composants jouant un rôle équivalent. Sujette à de très nombreux frottements lorsque le véhicule est en mouvement, la chaîne de distribution est lubrifiée constamment grâce à la présence de l'huile moteur.

Cet élément du moteur est tellement résistant que certains constructeurs automobiles estiment qu'il pourrait accompagner la voiture tout au long de sa vie. Cependant, il reste conseillé de faire vérifier sa chaîne de distribution après 200 000 km au minimum, afin de s'assurer qu'elle ne s'est pas détendue dans le cadre du fonctionnement du véhicule motorisé

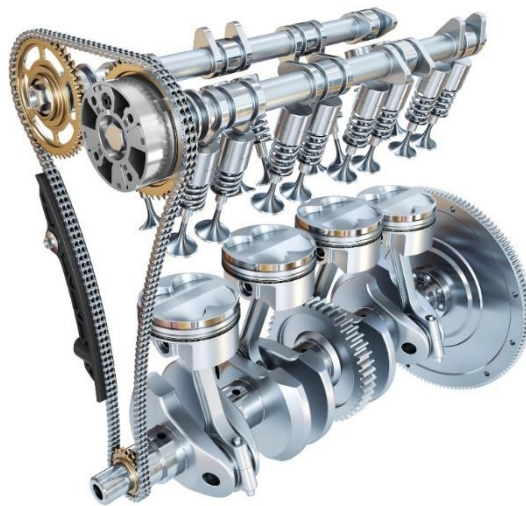


Figure I-13 . chaine de distrubition [5]

- **Courroie de distribution [5]**

La courroie de distribution, aussi connue sous le nom de chaîne de distribution, est une pièce fondamentale du moteur de votre véhicule : sans cette courroie, impossible de démarrer votre véhicule ! C'est un élément qui sert à synchroniser le mouvement des pistons et des soupapes du moteur. La chaîne de distribution est plus résistante que la courroie et se change moins régulièrement. Une courroie de distribution cassée peut causer de graves dommages à votre moteur, c'est pourquoi il est préférable de prendre les devants avec le changement de la pièce.

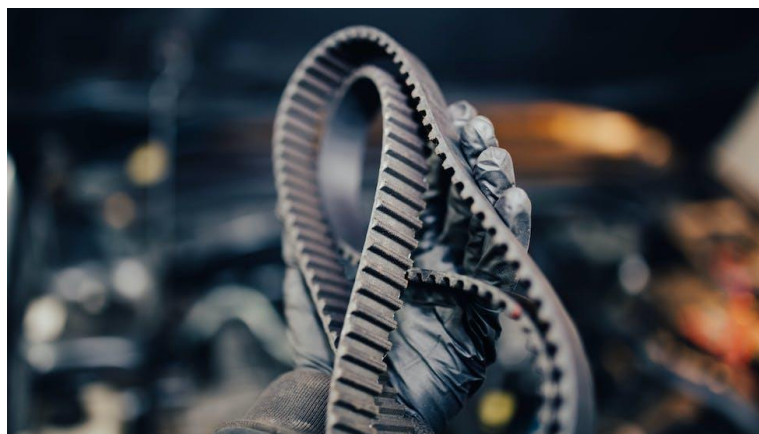


Figure I-14: Courroie de distribution

- **Vilebrequin [5]**

Le principe de fonctionnement du moteur est de transformer un mouvement de translation en un mouvement de rotation. C'est un principe mécanique qui fut découvert à l'époque de l'empire romain est qui est aujourd'hui appelé le système de bielle-manivelle. Ce dernier s'est développé au moment où la machine à vapeur a fait son apparition, c'est-à-dire au 19ème siècle. Ce système est composé d'un bloc moteur, du vilebrequin, d'une bielle et d'un piston. La forme cylindrique du piston sert à comprimer le mélange d'air et de carburant introduit dans le moteur afin de le faire exploser et provoquer un mouvement qui sera converti en rotation par le vilebrequin, et qui permettra de faire tourner le moteur.

Les bielles ne sont pas toutes identiques. On retrouve sur le marché :

- ✓ La bielle monobloc, qui est réalisée lors d'un moulage unique et qui demande d'être appliquée à un vilebrequin démontable.
- ✓ La bielle assemblée, dont la tête comprend un "chapeau" maintenu au reste de l'élément grâce à des vis et à des écrous.

L'élément principal du système bielle-manivelle est le vilebrequin. Il permet de faire fonctionner la courroie de distribution et la courroie d'accessoire grâce à des masses qui stimulent son mouvement de rotation. Pour effectuer un mouvement de rotation régulier, le vilebrequin doit être équilibré et calé. Cette mise en place va dépendre du type de moteur ainsi que des cylindres utilisés sur le véhicule :

- ✓ Le vilebrequin est l'arbre moteur du moteur à pistons. Il provoque la transmission primaire, l'alternateur, la pompe à eau ainsi que les contre-arbres d'équilibrage.
- ✓ Pour les moteurs à quatre temps, il entraîne le ou les arbres à cames.
- ✓ Pour les moteurs à deux temps, il entraîne le distributeur rotatif et la pompe à huile



Figure I-15 . vilebrequin [5]

- Arbres à cames [5]

L'arbre à cames, aussi appelé arbre de distribution, est un élément mécanique participant au bon fonctionnement du moteur d'une automobile. C'est l'arbre de distribution qui permet de réguler l'ouverture et la fermeture des différentes soupapes, qu'il s'agisse des soupapes d'admission ou d'échappement. L'arbre de distribution peut être vu comme un long cylindre d'acier sur lequel se retrouvent les "cames", des excroissances métalliques en forme de gouttes. Ces excroissances, placées parallèlement les unes aux autres et orientées dans des sens différents permettent, grâce à la rotation de l'arbre de direction, de créer une alternance dans l'ouverture et la fermeture des différentes soupapes.

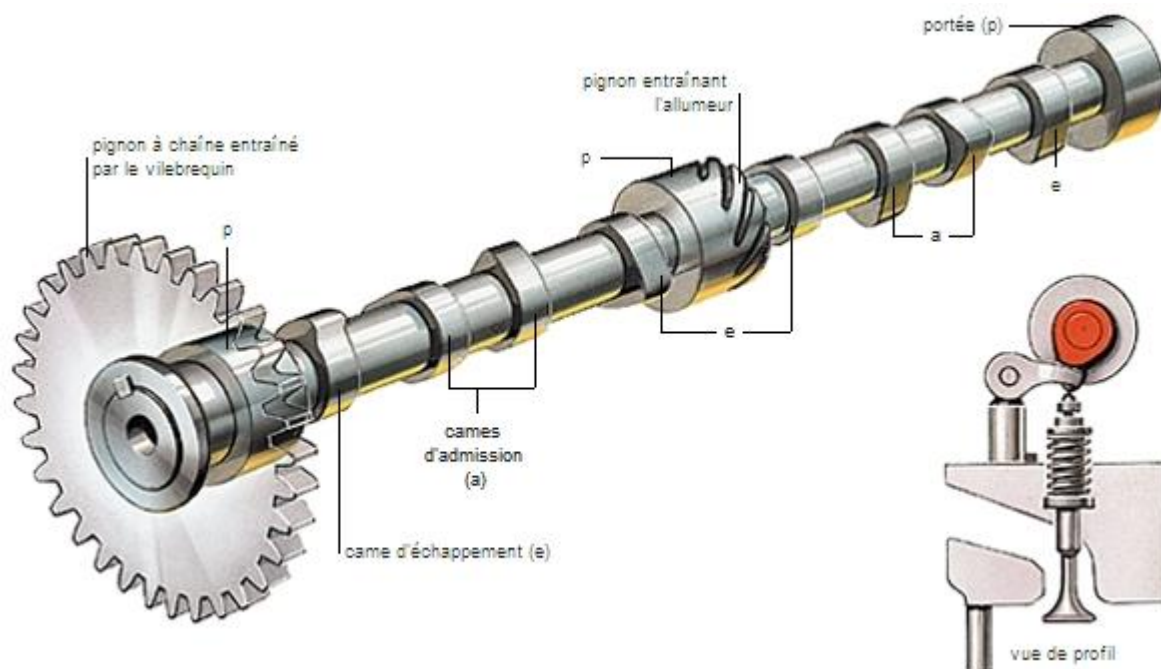


Figure I-16: Arbres à cames [9]

I.3 Conclusion

Après avoir défini avec des détails précis, le moteur d'automobile en général et leurs différents systèmes, nous mettrons en évidence dans notre étude le système de distribution et nous verrons tout ce qui s'y rapporte en déterminant le type et en dimensionnant la chaîne et la courroie de distribution qui relie le vilebrequin à l'arbre à cames avec la poulie intermédiaire ajoutée à ce système qui doit être adopté dans cette étude, qui fera l'objet du prochain chapitre.

CHAPITRE 2 :

**Conception du Système de
Distribution**

II CHAPITRE 2 : Conception du Système de Distribution

II.1 Introduction

Le system hybride compose d'une partie courroie reliant l'arbre à cames avec la partie intermédiaire, et l'autre partie reliant la poulie intermédiaire au vilebrequin à l'aide d'une chaine double donc ça sera un system intelligent et hybride.

ce système de transmission doivent être dimensionner, c'est l'objet de ce chapitre.

La conception utilisée dans ce mécanisme de transmission combine une chaîne et une courroie pour transmettre le mouvement du vilebrequin à l'arbre à cames. Voici les détails de cette combinaison:

- **Chaîne de transmission** : Utilisée pour transmettre le mouvement du vilebrequin à une poulie intermédiaire. Offre une robustesse et une durabilité élevées, ce qui est important pour les applications où la transmission de puissance est critique.
- **Poulie intermédiaire** : Permet de relier la chaîne de transmission à la courroie crantée. Facilite la transmission du mouvement entre les deux composants.
- **Courroie de transmission** : Utilisée pour relier la poulie intermédiaire à l'arbre à cames. Offre une légèreté et une facilité d'installation élevées, ce qui est important pour les applications où la masse et la complexité doivent être minimisées.

En résumé, cette combinaison permet de bénéficier à la fois de la robustesse et de la durabilité de la chaîne de transmission, ainsi que de la légèreté et de la facilité d'installation de la courroie de transmission.

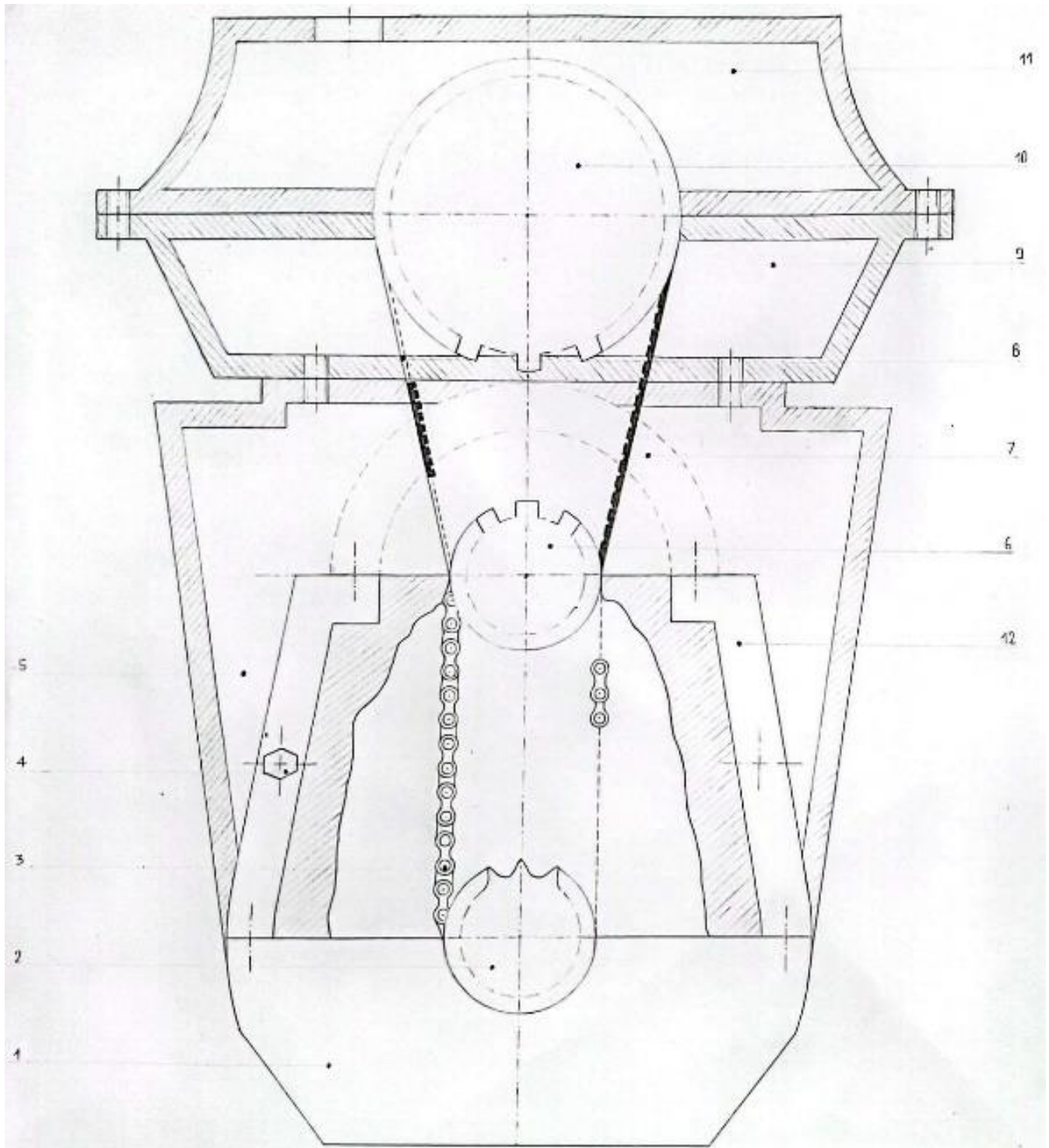


Figure II-1: dessin du système de transmission

II.2 Conception de la transmission hybride synchrone

Le système de transmission proposé dans cette étude sera basé sur une combinaison de chaîne métallique et de courroie crantée. Cette approche, appelée transmission hybride, permet de tirer parti des avantages des deux technologies. On a choisi ces deux éléments pour avoir une bonne transmission et beaucoup plus pour éviter les dégâts.

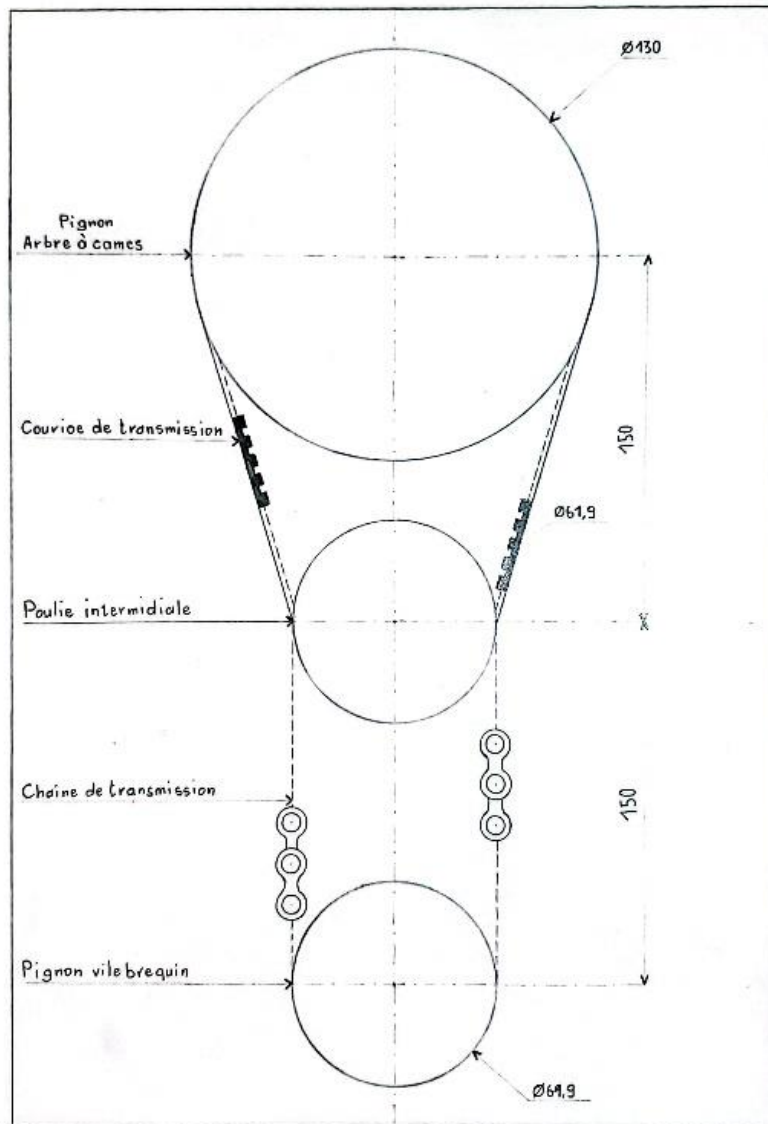


Figure II-2: système de transmission hybride synchrone

II.3 La Conception du système intermédiaire

Nous avons développé un système intégrant une poulie dentée pour courroie et un pignon de chaîne, formant un mécanisme hybride pour les transmissions d'énergie. Ce dispositif assure le transfert de puissance entre le vilebrequin et l'arbre à cames.

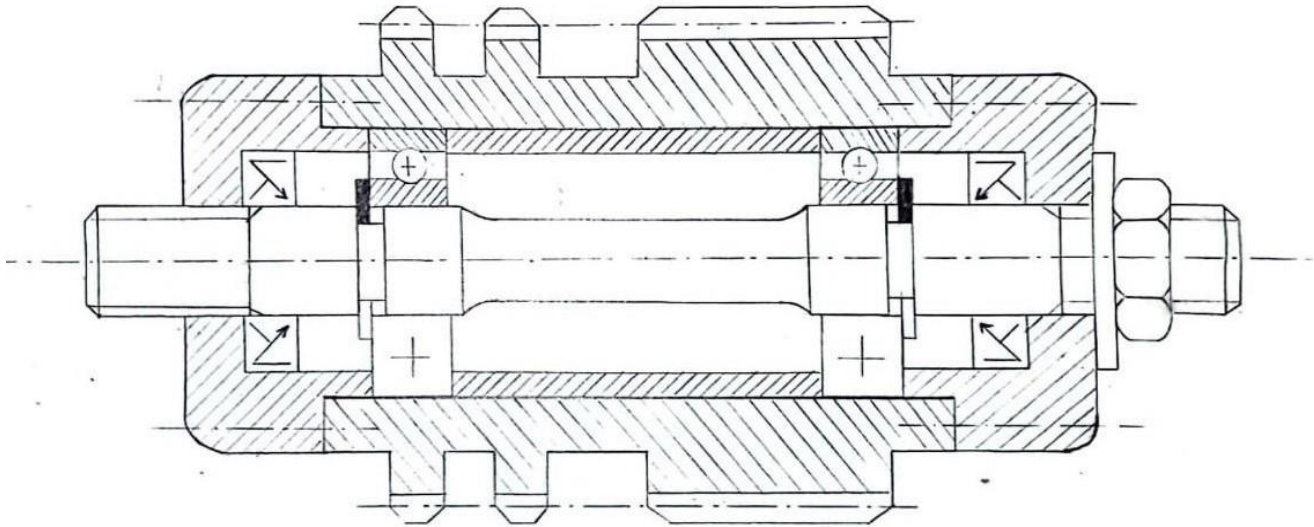


Figure II-3: dessin technique de la poulie intermédiaire

Ce mécanisme se compose de :

Un écrou d'étanchéité Contribuant à fixer le couvercle en plastique avec la poulie.

Deux couvercles en plastique empêchant la poussière de pénétrer à l'intérieur des deux roulements et contribuent à empêcher des fuites l'huile.

Un cylindre composé d'un pignon pour la courroie crantée et d'un autre Pignon pour la chaîne enveloppant l'arbre.

Un arbre en acier de diamètre de 20 mm fixé au bloc moteur par Filetage

Deux roulements à une rangé de billes 20 BC 10, qui à leurs tours réalisent l guidage de l'arbre.

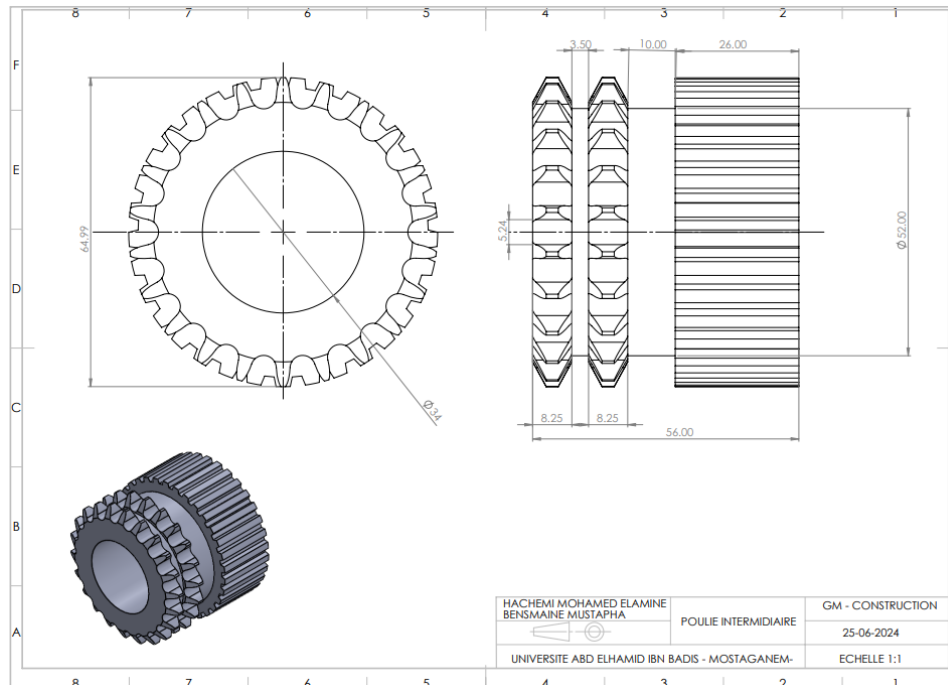


Figure II-4: Dessin technique d'une poulie intermédiaire

II.3.1 Choix et dimensionnement du système

Nous disposons des caractéristiques du moteur d'un véhicule afin de dimensionner les éléments servants à la transmission choisis et d'étudier son fonctionnement. Nous avons relevé les dimensions sur le moteur, en cours de rénovation chez un garagiste, du moteur dont le type est désigné ci-dessous. Ce moteur a été choisi afin de dimensionner les éléments et sera utilisé comme base de travail afin de s'approcher le plus possible de la réalité ; et aussi afin de déterminer avec précision ses spécifications.

II.3.2 Présentation du moteur choisi pour notre étude :

Le moteur RENAULT CLIO CAMPUS 1.2 16V est un moteur à quatre cylindres en ligne ayant une cylindrée de 1461 cm³. Ce dernier développe une puissance maximale de 55 ch à 5500 tr/min et un couple maximal de 105 Nm à 4250 tr/min. En termes de performances, en outre, il permet une accélération de 0 à 100 km/h en 12,7 secondes et une vitesse maximale de 166 km/h. Il est important de noter que la conception et les caractéristiques du moteur peuvent varier selon les années de production et les modèles spécifiques du Clio 2. Ce moteur est utilisé dans plusieurs modèles de Renault, y compris le Clio 2, la Mégane et la Scénic.

Le moteur en question utilise une courroie crantée synchrone pour la transmission du mouvement entre le vilebrequin et l'arbre à cames.

Dans notre système on a une poulie intermédiaire pour transmettre le mouvement. La poulie est montée sur un arbre qui est assemblé sur le bloc moteur avec le filetage, entre l'arbre et cette poulie nous avons des roulements à billes pour assurer la rotation de la poulie.



Figure II-5: photo prise du système de distribution du Moteur RENAULT CLIO COMPUS 1.2 16V

II.3.3 Choix et dimensionnements de l'arbre [16]

Dans tous les systèmes de l'arbre, il est essentiel pour la transmission de puissance et des grandes vitesses de rotation et en plus on pourra assembler sur différents types de transmission c'est pour ça qu'on a proposé un arbre pour la poulie intermédiaire.

Le choix du matériau pour l'arbre doit garantir une résistance adéquate pour résister aux charges et contraintes qu'il rencontrera. Ce choix est crucial pour assurer la fiabilité et la durabilité de l'arbre sous différentes conditions d'utilisation.

Pour la conception que nous avons faite, nous suggérons l'acier X 6 Cr Ni 18-9 (acier fortement allié) comme matériau de l'arbre ayant :

0.06% carbone, 18% chrome, et 9% de nickel. Nous allons procéder aux étapes du dimensionnement de l'arbre :

Dans la mesure où l'arbre ne tourne :

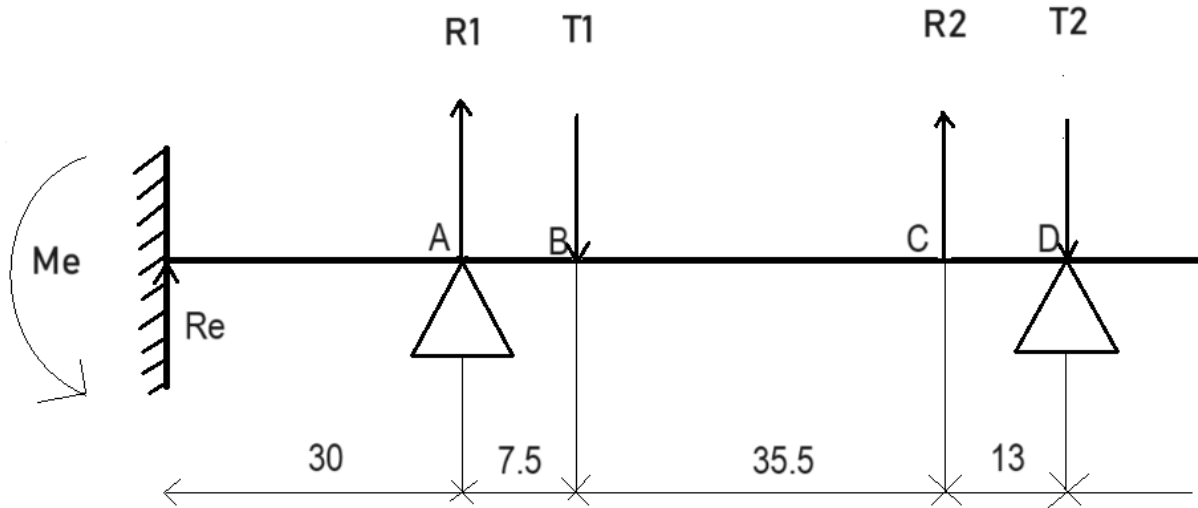


Figure II-6: les forces appliquees sur l'arbre

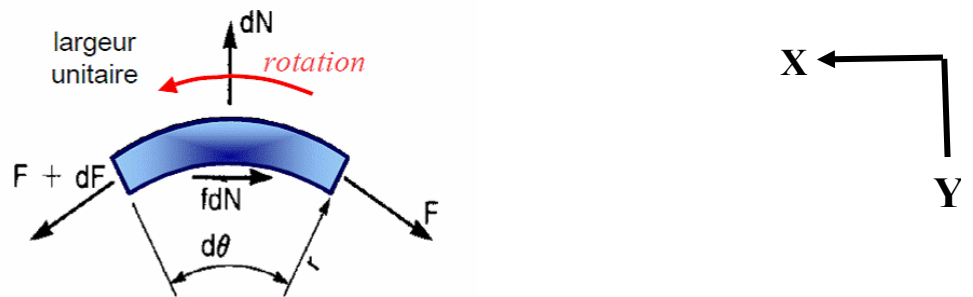
Sollicitations : Flexion et Torsion.

Matériau : Acier X 6 Cr Ni 18-9

Forme : cylindre.

II.3.4 Détermination des tensions T1 et T2

Nous allons appliquer la formule d'Euler pour detrminer ces tensions .pour ce faire nous allons demontrer la relation pour une courroie plat que nous allons transposer pour une courroie crantee.



$$\sin \frac{d\theta}{2} \cong \frac{d\theta}{2} \text{ et } \cos \frac{d\theta}{2} \cong 1$$

La projection des forces suivant l'axe Y :

$$F + dF \sin \frac{d\theta}{2} + F \sin \frac{d\theta}{2} = dN \longrightarrow dN = F \cdot d\theta$$

La projection des forces suivant l'axe X :

$$(F + dF)\cos\frac{d\theta}{2} - F\cos\frac{d\theta}{2} = f \cdot dN \longrightarrow dF = f \cdot dN$$

a partir des équations ci-dessus on pourra aisément écrire :

$$dF = f \cdot F \cdot d\theta$$

Equation d'Euler

La dernière équation trouvée s'écrit comme suit :

$$\frac{dF}{F} = f \cdot d\theta$$

Cette équation est valable pour le petit morceau de la courroie avec un angle $d\theta$:

Afin d'appliquer la relation d'Euler à toute la courroie :

$$\frac{dF}{F} = f \cdot d\theta$$

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

$$\ln \frac{F_1}{F_2} = f \cdot \theta$$

$$\frac{F_1}{F_2} = e^{f\theta}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = e^{f\theta} \dots\dots\dots 1$$

$$T_1 = T_2 \times \left(\frac{e^{f \cdot \theta_1}}{e^{f \cdot \theta_1} - 1} \right) \dots\dots\dots 2$$

Pour calculer les deux forces il faut calculer d'abord les angles d'enroulement et la force tangentielle.

II.3.5 détermination des angles

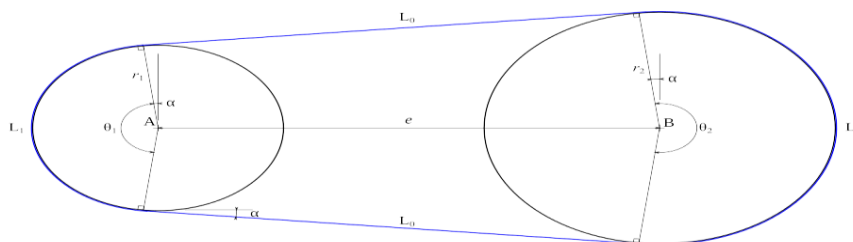


Figure II-7 : Angle d'enroulement courroie [17]

$$\cos\frac{\theta_1}{2} = \frac{r_2}{e} (1 - R_1) \dots\dots\dots 3$$

$$\theta_1 = 2.70 \text{ rad}$$

$$\theta_2 = (2 \times \pi) - \alpha_1 \dots\dots\dots 4$$

$$\theta_2 = 3.58 \text{ rad}$$

II.3.1 La vitesse linéaire de la courroie crantée

La vitesse linéaire de la courroie crantée dans un système de distribution de moteur à combustion interne est la vitesse à laquelle la courroie se déplace le long de sa trajectoire. Cette vitesse dépend de la vitesse de rotation de la poulie d'entraînement et du diamètre de la poulie.

$$V = \frac{\pi \times di \times N1}{60 \times 1000} \dots\dots\dots 5$$

$$v = \frac{3,14 \times 65 \times 4250}{60 \times 1000}$$

$$V = 14.45 \text{ m/s}$$

II.3.2 Force tangentielle FT

La force tangentielle, également appelée force de traction tangentielle, fait référence à la force exercée par la courroie synchrone le long de sa section de contact avec la poulie. Elle est parallèle à la surface de la courroie et agit dans la direction du mouvement de la courroie.

La force tangentielle est responsable de la transmission de puissance entre les poulies du système d'entraînement. Elle est générée par la tension de la courroie et le coefficient de frottement entre la courroie et les poulies. La force tangentielle doit être suffisante pour éviter le glissement de la courroie et assurer une transmission de puissance efficace.

$$Ft = \frac{P}{V} = \frac{1320}{14.45} = 91.34 \text{ N} \dots\dots\dots 6$$

D'après [3.3] on calcule les deux forces T1 et T2.

$$\theta_1 = 2.70, Ft = 91.34 \text{ N}, f = 0.3$$

$$\frac{T_1}{T_2} = e^{f\theta_1}$$

$$T_1 = Ft \times \left(\frac{e^{f\theta_1}}{e^{f\theta_1} - 1} \right)$$

$$T_1 = 91.34 \times \left(\frac{e^{0,3 \times 2,70}}{e^{0,3 \times 2,70} - 1} \right)$$

$$T_1 = 164.53 \text{ N}$$

$$T_2 = \frac{T_1}{e^{f\theta_1}}$$

$$T_2 = 73.19 \text{ N}$$

D'après calculer les forces (T1 et T2) pour la courroie et les efforts de traction globale de la

chaîne dans la page[]. on calcule les réactions de l'arbre R1 et R2 et le moment d'encastrement Me.

$$\sum F_{ext}=0 \longrightarrow R1-R2=Tg-T \longrightarrow R1-R2=63.77 \text{ N} \dots\dots\dots 7$$

$$\sum M_{/B} = 0 \longrightarrow Me-56 \times R2= -7930.636 \dots\dots\dots 8$$

$$\sum M_{/E} = 0 \longrightarrow Me-56 \times R1= 527.695 \dots\dots\dots 9$$

D'après les équations {6} et {7} et {8} on a trouvé les réactions et le moment.

$$R1=34.21\text{N} \quad R2=97.98\text{N} \quad Me=6045.025\text{N.mm}$$

Diagramme des efforts tranchants T et le moment fléchissant Mf dans le plan OXY :

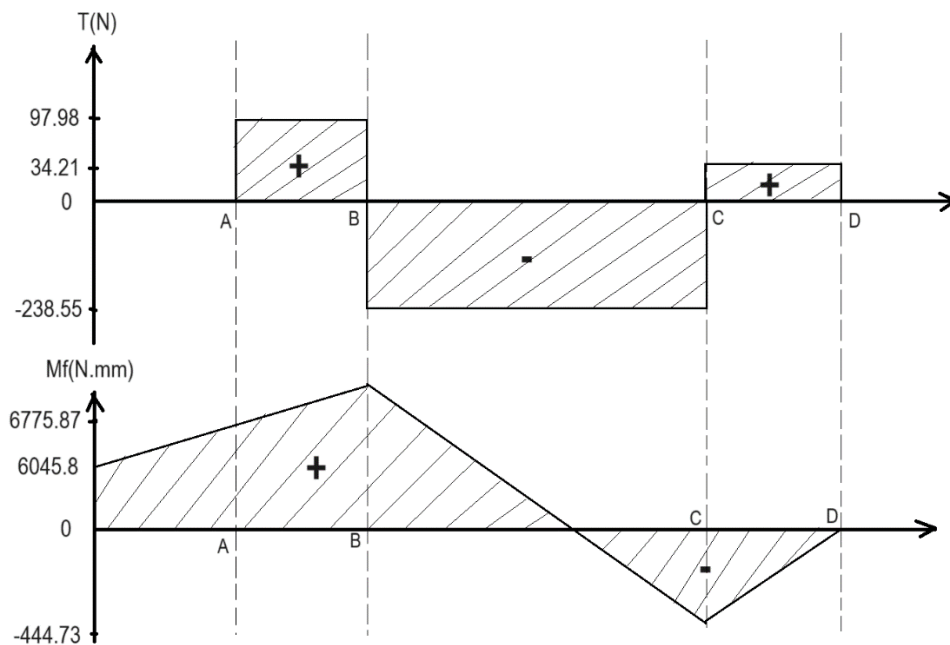


Figure II-8: diagramme des efforts tranchants et moments fléchissants

Dans la mesure où le moment fléchissant est maximal au niveau du point B nous déduisons que la zone dangereuse se situe en ce point.

II.3.3 Détermination du diamètre de l'arbre

Le diamètre de l'arbre il est important de calculer d'après les deux contraintes la torsion et la contrainte de flexion. Pour assurer qu'on peut faire une poulie intermédiaire sur ce arbre.

$$\text{la contrainte de flexion : } \sigma_f = \frac{Mf}{0.1 \times d^3} \dots\dots\dots 10$$

$$\text{la contrainte de torsion: } \tau = \frac{(T_1 - T_2) \times R}{0.2 \times d^3} \dots\dots\dots 11$$

$$d \geq \sqrt[6]{\left(\left(\frac{M_f}{0.1}\right)^2 + 3 \times \left(\frac{(T_1 - T_2) \times R}{0.2}\right)^2\right) \times \frac{n}{\sigma_e}} \dots\dots\dots 12$$

$$d \geq \sqrt[6]{\left(\left(\frac{6779.875}{0.1}\right)^2 + 3 \times \left(\frac{2968.55}{0.2}\right)^2\right) \times \frac{2}{340}}$$

$$d \geq 17.71 \text{ mm.}$$

On prend : $d = 20 \text{ mm.}$

II.3.4 La puissance effective

La puissance effective peut être calculée en multipliant le couple moteur par la vitesse de rotation de l'arbre. Bien que la puissance effective soit la grandeur la plus pertinente pour évaluer les performances d'un moteur, il est également important de considérer d'autres paramètres comme le rendement global, la consommation spécifique et les émissions polluantes.

$$P_E = P_m \times K \dots\dots\dots 13$$

$$P_E = 66 \text{ KW}$$

Nous avons estimé que la puissance nécessaire pour faire fonctionner la distribution dans un moteur sera de l'ordre de 2% de la puissance produite par le moteur [5.9.]

$$P \text{ arbre à came} = \frac{(P_e \times 2)}{100} \dots\dots\dots 14$$

$$P \text{ arbre à came} = \frac{66 \times 2}{100} = 1.32 \text{ KW.}$$

II.3.5 Le rapport de vitesse

$$R1 = \frac{d_i}{d_2} \dots\dots\dots 15$$

$$R1 = \frac{65}{130} = 0.5$$

II.3.6 Charge dynamique équivalente Pd

La charge de roulement dynamique équivalente est définie en tant que charge fictive, constante en intensité et direction et agissant de manière radiale pour les roulements radiaux ou axiale et centrée pour les butées. Les forces axialement $\mathbf{F_r} = \mathbf{0}$, en prend $\mathbf{P} = \mathbf{F_a}$ l'équation suivante :

$$Pd = X.V. Fr + Y. Fa \dots\dots\dots 16$$

V = 1 : si la BI tourne.

V = 1,2 : si la BE tourne Dans notre cas nous avons uniquement la charge radiale.

Donc :

$$P = V \times Fr \dots\dots\dots 17$$

$$Pd = 1,2 \times 237.72 = 285.264 \text{ N.}$$

II.3.7 Durée de vie nominale de roulement [18]

La durée nominale, H10, correspond à la durée de vie attendue que 90 % des roulements d'un groupe représentatif de roulements identiques peuvent atteindre ou dépasser avant l'apparition d'une fatigue des matériaux en sous-couche. On prend les roulement a bille type Bc serie de dimensions 10.

$$\left(\frac{C_c}{p_d}\right) = \left(\frac{N \times H_{10}}{33.33 \times 500}\right) \dots\dots\dots 18$$

$$H_{10} = \left(\frac{33.33 \times 500}{N}\right) \left(\frac{C_c}{p_d}\right)^3$$

$$H_{10} = 51230.03 \text{ heures.}$$

A Raison de 8h par jour après 300 jour par année.

$$H_{10} = 21.34 \text{ ans.}$$

Cette équation nous aide à mettre en parallèle les situations actuelles avec les normes définies par les producteurs.

$$C = p_d \left(\frac{N \times H_{10}}{33.33 \times 500}\right)^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots 19$$

$$C = 28.5 \left(\frac{1320 \times 51230.03}{33.33 \times 500}\right)^{\frac{1}{3}}$$

$$C = 454.57 \text{ daN.}$$

$$C = 454.57 \text{ daN} \leq C_c = 455 \text{ daN}$$

d'après les calculs on peut dire les roulement sont vérifier.

II.4 le choix et dimensionnement de la courroie

II.4.1 Le choix du type de courroie

Le choix du type de courroie pour un système de distribution de moteur à combustion interne dépend de plusieurs facteurs, tels que la puissance du moteur, la vitesse de rotation, les contraintes d'espace, l'environnement de fonctionnement, les exigences de synchronisation, la durabilité requise, etc.

A l'aide du Figure.[22]. On accroche la ligne verticale de $P_a = 1.32 \text{ KW}$ et la ligne horizontale de $N_d(N1) = 1320 \text{ tr/min}$, ils se croiseront dans la gamme de la courroie(L). La courroie synchrone de type L est caractérisée par les dimensions de sa section transversale. Elle est plus petite que les types de courroies synchrones plus courants tels que les autres types. Les courroies synchrones de type L sont souvent utilisées dans des applications nécessitant des rapports de transmission.

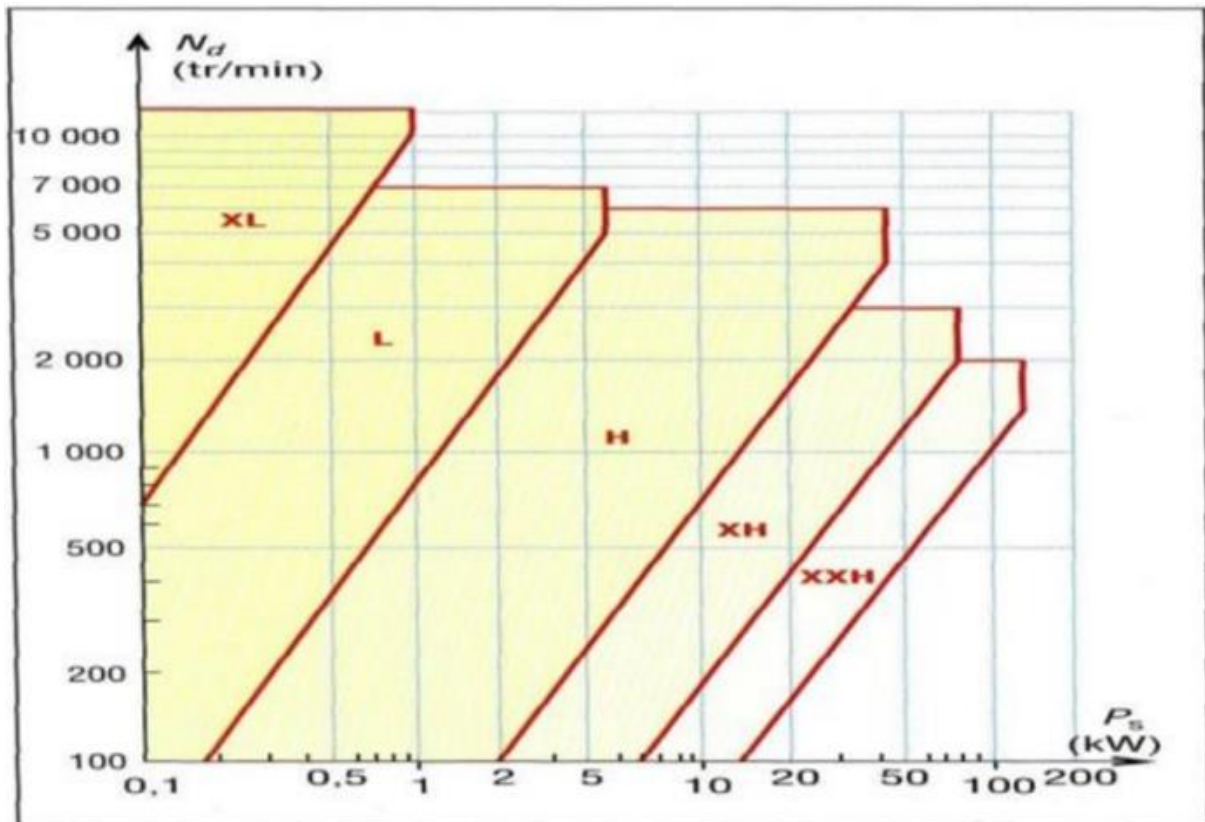


Figure II-9. Game de puissance admissible [25]

N plus élevés ou lorsque l'espace est limité.

Le pas : 9,525 (mm).

Le largeur : 25.4 (mm).

Hauteur h : 3,6 (mm).

Nombre de dents z : 68 dents

D'après ce tableau on peut prendre les caractéristiques de la courroie crantée.

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

Table 1: Dimensions des principales courroies crantées [25]

II.4.2 Longueur de la courroie synchrone

Pour déterminer la longueur de la courroie synchrone, plusieurs paramètres sont pris en compte, tels que le nombre de dents de la courroie, le pas de la denture, le profil de la courroie et la distance entre les centres des poulies. La longueur de la courroie peut être calculée à l'aide de formules spécifiques fournies par le fabricant de la courroie.

$$L = \frac{\pi}{2} (d1 + d2) + 2 \times \sqrt{\left(\left(\frac{d2-d1}{2}\right)^2 + e^2\right)} \dots\dots\dots 20$$

$$L = \frac{\pi}{2} (130 + 65) + 2 \times \sqrt{\left(\left(\frac{130 - 65}{2}\right)^2 + 150^2\right)}$$

$$L = 613.10 \text{ mm.}$$

II.4.3 Longueur primitive de la courroie synchrone

Pour calculer la longueur primitive de la courroie synchrone, on multiplie le nombre de dents de la courroie par le pas de la denture. D’après le tableau [1] On a les données suivantes :

$$LP = \text{pas} \times Z = 9,525 \times 68 = 647.7 \text{mm} \dots\dots\dots 21$$

Tant que la longueur primitive ça sera LP=647.7 donc on est obligé de faire le tendeur pour bien séré la courroie exactement pour avoir une bonne transmission.

II.4.4 Matériau de la courroie

Nous avons choisi le caoutchouc renforcé de fibre de fer comme un matériau de la courroie utilisé dans le système de distribution. Le caoutchouc renforcé de fibre de fer peut être utilisé dans divers domaines, tels que l'industrie automobile, la construction et d'autres applications où une Résistance mécanique élevée Ayant :

- Pour masse volumique : $\rho = 145 \text{ Kg/ m}^3$.
- Module d'élasticité pour la flexion $E_f = 110 \text{ N/ mm}^2$.
- Coefficient de frottement $\mu = 0,3$.
- Contrainte admissible $\sigma_{adm} = 10,5 \text{ N/ mm}^2$.

II.4.5 Sollicitations subies par la courroie

Les courroies sont soumises à différentes sollicitations lorsqu'elles sont utilisées dans un système d'entraînement :

$\sigma_1 = \frac{F}{S}$	→	Contrainte de traction.....	22
$\sigma_c = \frac{F_c}{S}$	→	Contrainte normale due à la force centrifuge.....	23
$\sigma_f = E_f \frac{e}{d_1}$	→	Contrainte de flexion	24

Contrainte totale : $\sigma_T = \sigma_1 + \sigma_c + \sigma_f$

II.4.6 Contrainte de traction

La contrainte de traction fait référence à la force de tension exercée sur la courroie pour maintenir une transmission de puissance adéquate entre les poulies du système d'entraînement. Elle représente la force exercée par la courroie pour résister à la charge et transmettre la puissance de manière efficace.

$$\sigma_t = \frac{T_1}{A}$$

$$A=b \times H=2,838 \times 25,4=72,08 \text{ mm}^2$$

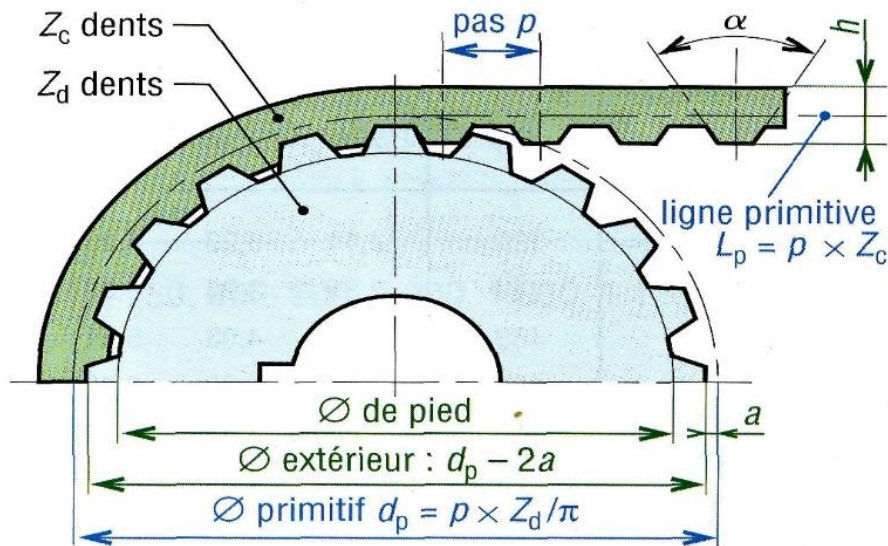


Figure II-10: Courroie crantée [27]

$$b = h - 2 \times a = 3,6 - 0,762 = 2,838 \text{ mm}$$

$$\sigma_t = \frac{164,53}{72,08} = 2,28 \text{ N/mm}^2$$

II.4.7 Contrainte due à la force centrifuge

Lorsque la courroie tourne, chaque point de la courroie subit une force centrifuge dirigée vers l'extérieur, perpendiculaire à la direction de rotation. Cette force centrifuge génère une contrainte qui tente d'étirer la courroie radialement vers l'extérieur.

La contrainte de la force centrifuge dépend de la vitesse de rotation de la courroie et de la distance par rapport à l'axe de rotation. Plus la vitesse de rotation est élevée et plus la distance par rapport à l'axe est grande, plus la contrainte de la force centrifuge est élevée.

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

$$\sigma_c = 0,0302 \text{ N/mm}^2$$

On fait une interpolation de la puissance et la vitesse de rotation d'un vilebrequin pour trouver le type de la chaîne.

$$P_v = 1,32 \text{ kW}$$

$$N_1 = 4250 \text{ tr/min.}$$

II.4.8 Contrainte de flexion subie par la courroie

La contrainte de courroie en flexion fait référence à la contrainte exercée sur une courroie lorsqu'elle est soumise à une flexion autour d'une poulie. Lorsque la courroie passe sur une poulie, elle subit une courbure qui peut générer des contraintes dans la section de courroie en contact avec la poulie.

$$\sigma_F = E f \frac{e}{d_1} = 110 \frac{1.95}{65}$$

$$\sigma_F = 3.3 \text{ N/mm}^2$$

II.4.9 Contrainte maximale de la courroie σ_{\max}

La contrainte maximale de la courroie est généralement exprimée en termes de tension maximale, c'est-à-dire la force maximale que la courroie peut supporter avant de se rompre.

$$\sigma_{\max} = \sigma_T + \sigma_c + \sigma_F \dots\dots\dots 25$$

$$\sigma_{\max} = 2.28 + 0,0302 + 3.3.$$

$$\sigma_{\max} = 5.6102 \text{ N/mm}^2.$$

$$\sigma_{\text{adm}} = 10,5 \text{ N/mm}^2.$$

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

Donc le matériau de la courroie est vérifié.

II.4.10 Choix et calculs de la chaîne

Nous allons dimensionner la chaîne choisie sur la base des caractéristiques du moteur en question.

II.5 Matériau de la chaîne

Nous proposons le matériau suivant (Acier 20 M C 6) : acier faiblement allié contenant 0.2% carbone, 1.5% manganèse, et des Traces de chrome. La chaîne que nous avons déjà choisie est une chaîne ordinaire (à maillons non Coudés), à deux rangs de maillon de type 06 B-2, pour les raisons suivantes : Ces chaînes de transmission de puissances sont conformes aux normes Internationales ISO 606 (pas court) et ISO 1275 (pas long).

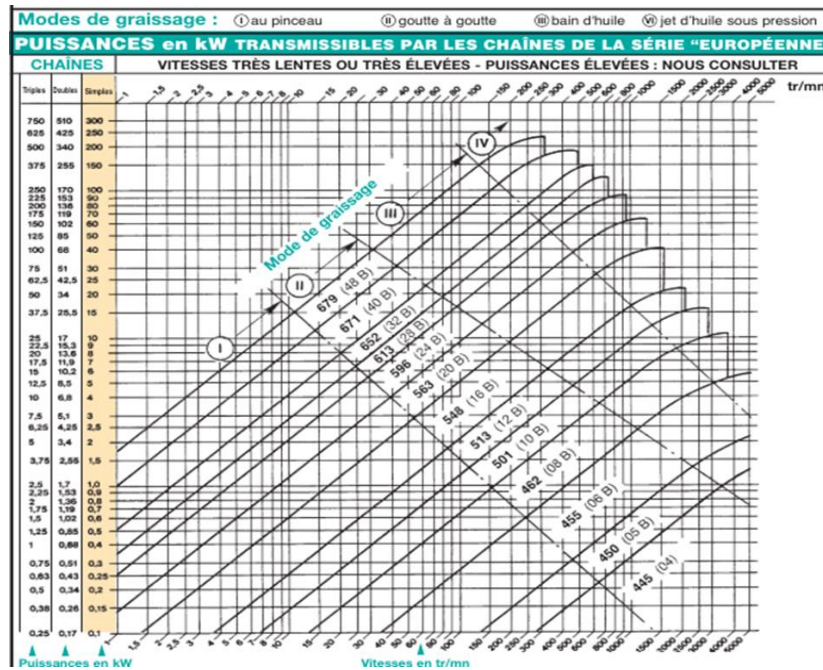


Figure II-11. Abaque relatif aux chaînes de type B [17]

D'après l'interpolation on a trouvé le type de la chaîne est une chaîne a deux maillons et ca désignation 06B-2.

Références		Pas	Diam. du rouleau		Larg. entre plaques intérieures		Diam. de l'axe	Larg. entre plaques extérieures		Épais. des plaques intermédiaires	Pas transversal	Larg. hors tout sur axes rivés		Dépass. des axes de jonction	Larg. des plaques	Surface de travail en mm ²	Résistance mini à la traction en kN (Effort admissible)		Masse au mètre en kg
Normes	Sedis		<i>P</i>	<i>d</i> ₁ maxi	<i>b</i> ₁ mini	<i>d</i> ₂ maxi		<i>b</i> ₈ mini	<i>e</i> maxi			<i>P</i> _t	<i>b</i> ₅ maxi				<i>b</i> ₇ maxi	<i>h</i> maxi	
06 B-2	203 N	9,525	6,36	5,72	3,28	18,9	1,75	10,24	22,35	2,1	8,30	56	17	18	0,74				
08 B-2	207 N	12,70	8,51	7,75	4,45	25,4	2,70	43,92	30,60	1,5	11,80	100	36	36,4	1,35				
10 B-2	211 N	15,875	10,16	9,65	5,08	29,8	3,40	16,59	35,75	1,5	13,70	134	45	46	1,66				
12 B-2	213 N	19,05	12,07	11,65	5,72	35,3	3,70	19,46	41,80	1,5	16,20	176	58	61	2,32				
16 B-2	215 T	25,40	15,88	17,02	8,27	57,5	6,40	31,88	68,00	3,0	20,80	410	120	132	5,28				
20 B-2	217 T	31,75	19,05	19,56	10,18	65,6	7,40	36,45	79,70	8,5	25,40	584	190	210	7,36				
20 B-2	218 T	38,10	25,40	25,40	14,62	86,4	10,40	48,36	101,80	8,5	33,50	1100	320	360	13,85				
28 B-2	220 T	44,45	27,94	30,99	15,89	106,3	13,10	59,56	124,80	9,3	37,00	1470	400	470	18,80				
32 B-2	222 T	50,80	29,21	30,99	17,80	104,3	12,40	58,55	126,00	10,4	42,30	1610	500	540	19,80				
40 B-2	223 T	63,50	39,37	38,10	22,88	128,2	16,40	72,29	154,90	12,0	52,80	2536	710	800	32,08				
48 B-2	224 T	76,20	48,26	47,70	29,22	161,3	20,40	91,21	189,50	12,0	64,20	4100	1120	1200	49,50				

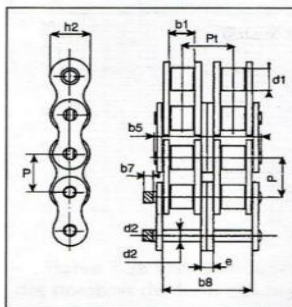


Table 2: Dimension normalisée des chaînes ordinaires à deux rangés de maillon [17]

II.5.1 Calculs du nombre des dents

On a plusieurs types des chaines, donc on était obligé de choisir une chaine normaliser pour notre étude.

D’après le tableau N [26] on choisir le pas de chaine. Selon les données suivantes :

$p=9.525 \quad d1 = 61.9 \text{ mm} \quad d2= 61.9 \text{ mm}$

$$p = \frac{\pi d_1}{z_1} \dots\dots\dots 26$$

$z1=22\text{dents} , z2=22\text{dents}$

II.5.2 Le rapport de vitesse R2

$$R2= \frac{d_1}{d_2}$$

$R2=1$

II.5.3 Calcule de la longueur de la chaine

$e=150\text{mm} , p=9.525\text{mm} , z1=22\text{dents} , z2=22\text{dents}.$

$$L= 2 \cdot e + \frac{p(z1+z2)}{2} + \frac{p^2}{e} \cdot \frac{(z2-z1)^2}{2^2} \dots\dots\dots 27$$

$L=509.55\text{mm}$

II.5.4 Efforts exercés sur la chaine

La même ration de puissance utilisé pour les courroies est aussi 2% de la puissance totale fournie par le moteur.

II.5.5 Sollicitations de la chaine

Les contraintes exercées sur la transmission entre deux pignons peuvent résulter d'une tension inadéquate de la chaîne, de l'usure des éléments de la chaîne de distribution ou de défauts de conception du moteur. Si la chaîne de distribution se relâche, cela peut provoquer une désynchronisation entre les deux pignons. Pour contrer ces contraintes, les chaînes sont fabriquées pour être robustes et capables de résister à la traction, à la compression, à la flexion et aux chocs.

Les sollicitation appliqueesur la chaine :

Contrainte de traction $\longrightarrow \sigma moy = \frac{Tg}{s} \dots\dots\dots 28$

La contrainte de cisaillement de l’axe du maillon $\longrightarrow \tau pg = \frac{\sigma e \cdot 0.65}{2} \dots\dots\dots 29$

II.5.6 Effort de traction globale

$$T_g = T_p + T_{ce} + T_{ca}$$

On considère que l'effort caténaire est négligeable $T_{ca} \approx 0$

II.5.7 Effort de traction principale

$$T_p = \frac{p}{\frac{2\pi d_1 N}{60}} \dots\dots\dots 30$$

$$T_p = \frac{p \cdot 30}{\pi d_1 N}$$

$$T_p = \frac{1.32 \times 30 \times 10^3}{3.14 \times 65 \times 1320 \times 10^{-3}}$$

$$T_p = 154.34 \text{ N}$$

II.5.8 Effort de traction du l'effet centrifuge

Nous avons choisi la masse linéique ($m=0.74 \text{ kg/m}$) selon le type de chaîne (Chaîne ordinaire à maillons non soudés), à deux rangs de maillons (source SEDIS) et pas = 9.525mm.

$$T_{ce} = m \cdot v^2 \dots\dots\dots 31$$

$$T_{ce} = 0.74 \times 14.452$$

$$T_{ce} = 10.69 \text{ N}$$

II.5.8.1 Effort globale de traction dans la chaîne

$$T_g = T_p + T_{ce} \dots\dots\dots 32$$

$$T_g = 154.34 + 140.10$$

$$T_g = 301.49 \text{ N}$$

II.5.9 Contraintes dans les plaques de liaisons des maillons

les plaques de liaisons des maillons d'une chaîne de transmission subissent une contrainte de traction selon leur position et le mouvement de la chaîne. Par contre, les maillons sont sollicités à une contrainte de cisaillement:

II.5.9.1 Contrainte de traction

nous avons $S = 56 \text{ mm}^2$, le choix de la chaîne 06 B-2 [26] et pas = 9,525mm.

$$\sigma_{\text{moy}} = \frac{T_g}{s}$$

$$\sigma_{\text{moy}} = \frac{301.49}{56} \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{\text{moy}} = 5.38 \text{ N/mm}^2 < \sigma_e = 70 \text{ daN/mm}^2$$

Le coefficient de sécurité $n=2$ un coefficient de sécurité peut être appliqué de manière générale aux moteurs, car des dommages au système de distribution pourraient entraîner des dégâts importants, allant jusqu'à rendre le moteur totalement inutilisable.

II.5.9.2 La contrainte de cisaillement de l'axe du maillon

la contrainte de cisaillement de l'axe du maillon peut être un facteur important dans la résistance et la durabilité de la chaîne de distribution. Les constructeurs de moteur doivent tenir compte de cette contrainte lors de la conception de la chaîne de distribution pour garantir des performances fiables et durables.

$$\tau = \frac{Tg}{s} \dots\dots\dots 33$$

Puisque nous avons l'acier nous prenons le 0,65 pour appliquer la contrainte tangentielle admissible.

$$\tau_{pg} = \frac{\sigma_e \cdot 0.65}{2} = 227.5 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau = \frac{\tau_g}{s} \qquad \tau = \frac{301,49}{56} \qquad \longrightarrow$$

$$\tau = 5.39 \text{ N/mm}^2 < \tau_{pg} = 227,5 \text{ N/mm}^2$$

la résistance est vérifiée. Après avoir sélectionné et dimensionné la chaîne, il est nécessaire de prévoir un système de lubrification. Ce système permettra de réduire l'usure, de protéger les composants de la chaîne, de prévenir l'oxydation et d'éliminer les corps étrangers.

II.6 La lubrification

La lubrification est l'action de rendre glissant un objet en appliquant un lubrifiant, réduisant ainsi la friction et l'usure.



Figure II-12: Lubrification de chaîne [19]

II.7 Choix du lubrifiant

Le choix d'un lubrifiant 10W-40 pour la chaîne de distribution est crucial en raison de ses propriétés spécifiques adaptées à cette application. Voici pourquoi vous utiliseriez un lubrifiant 10W-40 pour la chaîne de distribution :

10W : La première partie, "10W", indique la viscosité de l'huile à faible température (W pour "Winter" ou "Winterisation"). Elle signifie que l'huile a une viscosité de 10 à 40 °C (50 à 104 °F) à faible température, ce qui la rend adaptée pour les moteurs qui fonctionnent dans des conditions froides.

40 : Ce chiffre représente la viscosité de l'huile à des températures plus élevées, généralement autour de 100°C. Une huile 10W-40 est conçue pour maintenir une viscosité adéquate à des températures élevées.

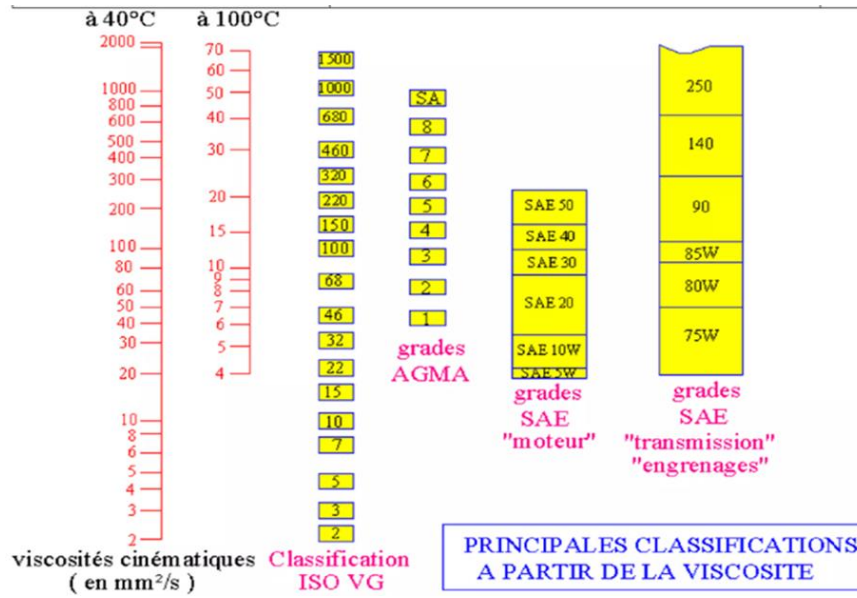


Figure II-13: choix de lubrification [23]

II.8 Le rôle de la lubrification

Le rôle principal d'un lubrifiant dans un moteur est d'assurer une lubrification adéquate des pièces en mouvement pour réduire l'usure et les frottements, prolongeant ainsi la durée de vie du moteur :

II.8.1 Les principales fonctions de la lubrification

- Refroidissement des pièces.
- Nettoyage et protection.
- Protection des surfaces en contact contre oxydation
- Réduction de l'usure.

II.8.2 Accumulation des avantages et inconvénients

La distribution est un élément essentiel du moteur d'un véhicule. Deux systèmes sont principalement utilisés pour cette fonction : la courroie de distribution et la chaîne de distribution. Cette étude comparative examine les avantages et les inconvénients de chacun de ces systèmes.

Transmission	Par Courroie	Par chaîne	Conclusion
Composition	<p>Le caoutchouc renforcé de fibre de fer.</p> <p>Tension : La tension est assurée par des tendeurs et des galets de renvoi.</p>	<p>Acier faiblement allié contenant (Acier 20 M C 6).</p> <p>Tension : Utilise un tendeur hydraulique et des guides de chaîne.</p>	<p>Utilisation de matériaux mixtes pour notre système de transmission.</p>
Durée de vie	<p>Environ 60 000 à 100 000 kilomètres selon les recommandations du constructeur.</p>	<p>Peut durer toute la vie du moteur (plus de 200 000 kilomètres) si elle est correctement entretenue.</p>	<p>La durée de vie de notre système est limitée par celle de la courroie malgré une durée nettement plus longue que la chaîne.</p>

Maintenance	Nécessite un remplacement régulier pour éviter les risques de rupture, ce qui pourrait entraîner de graves dommages au moteur.	Moins fréquente que la courroie, mais peut nécessiter des interventions en cas d'usure ou de tension incorrecte.	L'intervention est périodique de durée courte pour la courroie plus longue que la chaîne
Coût d'entretien	Relativement élevé à cause des remplacements périodiques et du coût des pièces et de la main-d'œuvre.	Moins élevé sur le long terme en raison de la durabilité accrue, mais les réparations peuvent être coûteuses si des problèmes surviennent.	le coût d'entretien correspond à celui de la courroie.
Performances	Offre une performance silencieuse grâce au matériau en caoutchouc	Peut être légèrement plus bruyante en raison du contact métal-métal.	la courroie offre une performance plus silencieuse grâce à son matériau en caoutchouc, tandis que la chaîne peut être légèrement plus bruyante en raison du contact métal-métal

Coût	<p>Coût initial : Moins cher à la fabrication et à l'achat.</p> <p>Coût à long terme : Plus élevé en raison des remplacements réguliers et de l'entretien.</p>	<p>Coût initial : Plus élevé en raison de la complexité de fabrication et des matériaux.</p> <p>Coût à long terme : Moins élevé grâce à la durabilité et à la rareté des remplacements.</p>	<p>Coût global de la transmission se compose de la courroie et de la chaîne. Le prix de revient est onéreux à cause d'utilisation des deux systèmes.</p>
Fiabilité	<p>Plus sujette à l'usure et à la rupture, particulièrement si l'entretien est négligé ou si des contaminants atteignent la courroie.</p>	<p>Très fiable, moins de risque de rupture soudaine. Fonctionne bien même dans des conditions de haute température et d'intensité.</p>	<p>la chaîne est généralement plus fiable que la courroie, offrant moins de risque de rupture soudaine, une meilleure performance dans des conditions difficiles telles que les hautes températures et une intensité élevée.</p>

II.9 Conclusions

Nous avons présenté durant ce présent ce chapitre la conception d'un système de distribution hybride combinant une courroie crantée et une chaîne de transmission. Les deux composants ont été dimensionnés de manière approfondie en tenant compte des caractéristiques du moteur Renault Clio Compus 1.2 16V.

La courroie crantée de type L a été choisie pour relier l'arbre à cames à une poulie intermédiaire, tandis qu'une chaîne à deux rangs de maillons 06B-2 a été retenue pour transmettre le mouvement du vilebrequin à cette même poulie intermédiaire. Les calculs ont porté sur la longueur, les efforts, les contraintes et la vérification du dimensionnement pour chaque composant.

Un arbre de 20mm de diamètre en acier X6CrNi18-9 a été conçu pour supporter la poulie intermédiaire, avec des roulements à billes 20BC10 assurant son guidage. La lubrification par une huile 10W-40 a également été abordée pour assurer le bon fonctionnement du système.

Enfin, une analyse cumulée des avantages et inconvénients des solutions par courroie et par chaîne a été présentée, mettant en évidence leurs différences en termes de durée de vie, maintenance, performances, fiabilité et coûts.

ce chapitre a permis de concevoir en détail un système de distribution hybride optimisé pour le moteur étudié, en prenant en compte les différents aspects techniques et économiques liés à son fonctionnement.

CHAPITRE 3 :

Proposition d'un Système intelligent de protection du système de distribution

III CHAPITRE 3 : Proposition d'un Système intelligent de protection du système de distribution

III.1 INTRODUCTION

Ce chapitre met en évidence le problème des dégâts occasionnés lors de la rupture soudaine que se soit courroie, chaîne... etc.

En général a cause de la perte de synchronisation entre le vilebrequin et l'arbre a cames entremet dit les mouvements de soupapes [admission. Échappement] et la partie supérieure de piston au niveau de la chambre de combustion. En pourra citer la détérioration des têtes de soupapes et le choc qui pourrait avoir lieu avec la tête des pistons d'où sa peu mener à la casseur et simple de ce dernier en plus les soupapes sont tordues. Conséquences une perte énorme du moteur et nesisiter de sa rénovation avec des remplacement des pièces importantes

Ci-dessous des images montrant les effets citer ci-dessous.

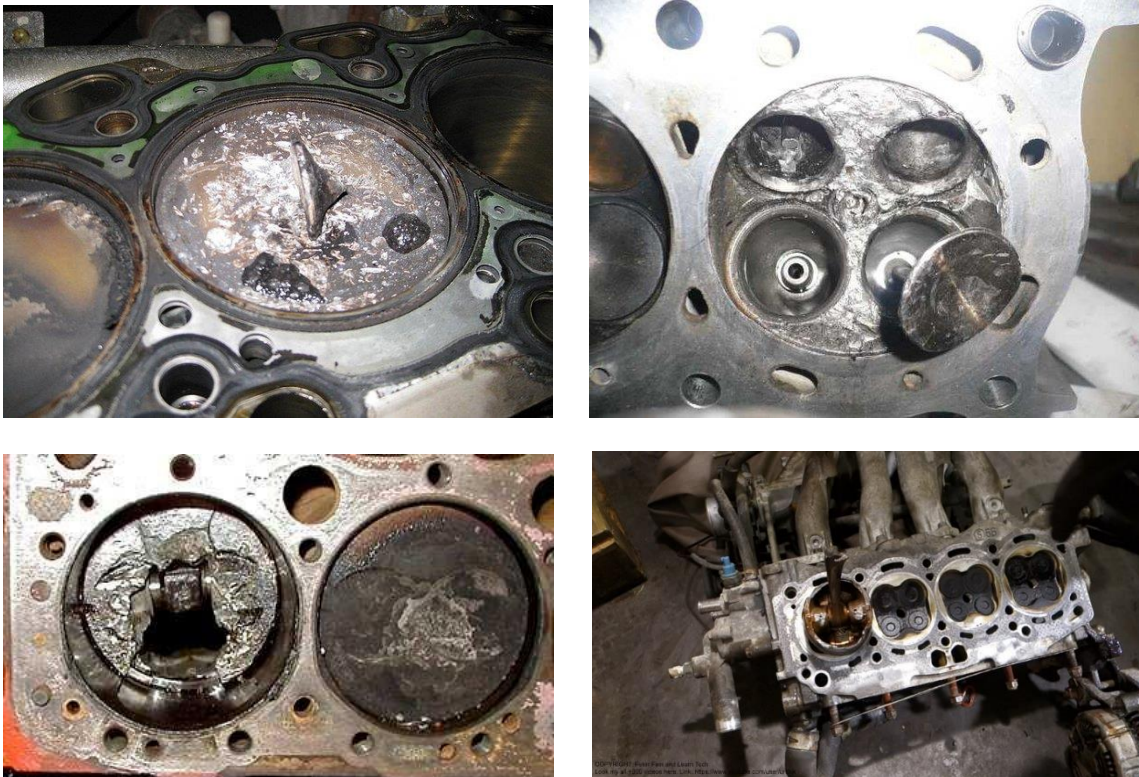


Figure III-1: les endommagements du moteur en cas de rupture soudaine de l'élément de transmission [24]

Pour remédier à ce problème nous proposons quelques solutions que nous allons étayer ci-dessous :

- Description de la première solution :

III.1.1 MECANISME DE FREINAGE

La pièce de freinage par les dents de pignon du vilebrequin est un composant conçu pour interagir directement avec les dents de pignon du vilebrequin pour générer une force de friction et ainsi arrêter son mouvement en cas de défaillance, comme la rupture de la chaîne ou courroie. Ce type de freinage est souvent plus directe et peut offrir une réaction plus rapide en utilisant un mécanisme qui engage mécaniquement les dents de pignon du vilebrequin.



Figure III-2: la mâchoire de freinage [20]

III.1.1.1 Mâchoire Dentée:

Deux mâchoires en forme de dents qui peuvent s'ouvrir et se fermer pour saisir les dents du pignon du vilebrequin.

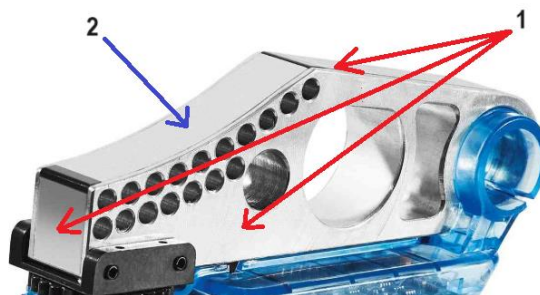


Figure III-3: numérotation des matériaux

- **Matériau 1:** Acier à haute résistance.
- **Matériau 2:** Acier trempé pour résister aux forces d'impact et à l'usure.
- **Fonctionnement :** Les mâchoires sont maintenues ouvertes par un mécanisme de ressort.
- Lorsqu'un signal de défaillance est reçu, un actionneur hydraulique ou pneumatique ferme les mâchoires, engageant les dents du vilebrequin.
- **Emplacement Fixe:** On a fixé la mâchoire de freinage à l'aide de boulon sur le bloc moteur.

III.1.2 Schéma Simplifié du Mécanisme

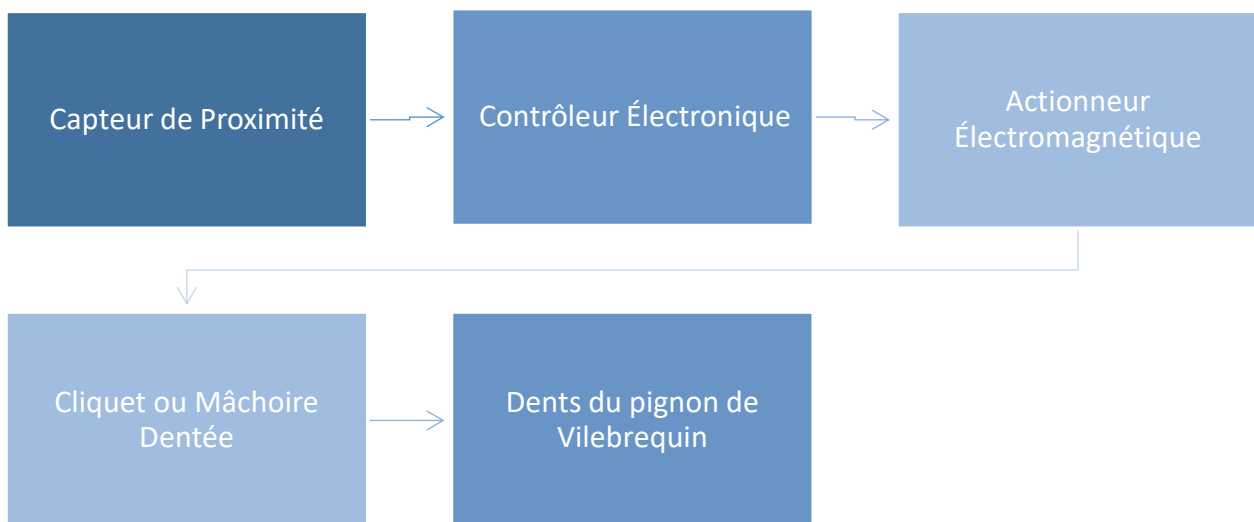


Figure III-4: schéma simplifié du mécanisme

III.1.3 Composants de système et Fonctionnement

III.1.3.1 Mécanisme de Verrouillage

- Un dispositif qui peut s'engager avec les dents de pignon du vilebrequin pour arrêter son mouvement.
- Typiquement composé d'un cliquet ou d'une mâchoire dentée qui s'enclenche dans les dents du vilebrequin.

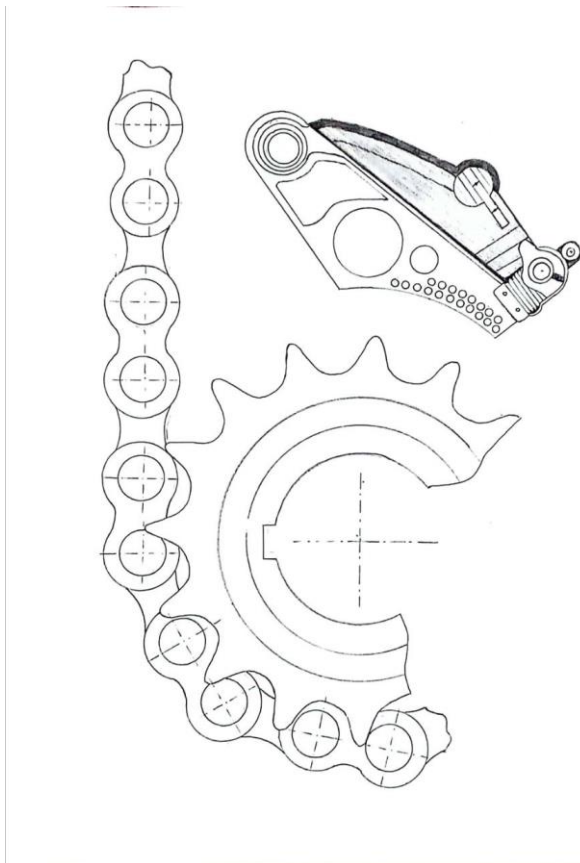


Figure III-7: avant la rupture du chaîne

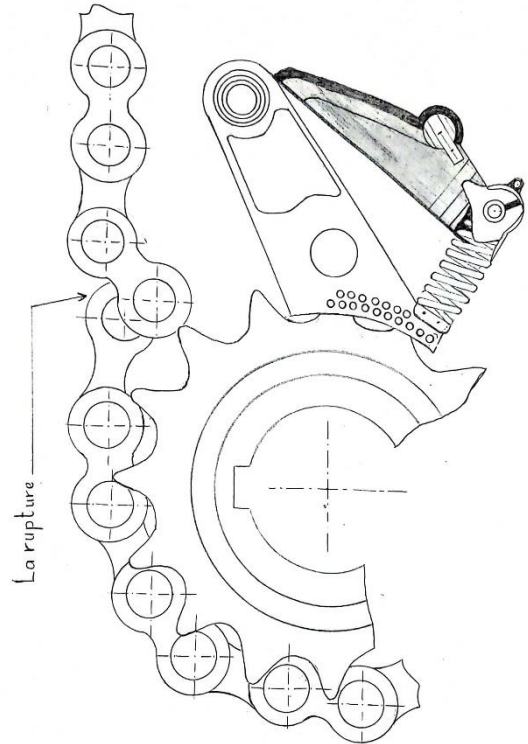


Figure III-5: apres la rupture du chaîne

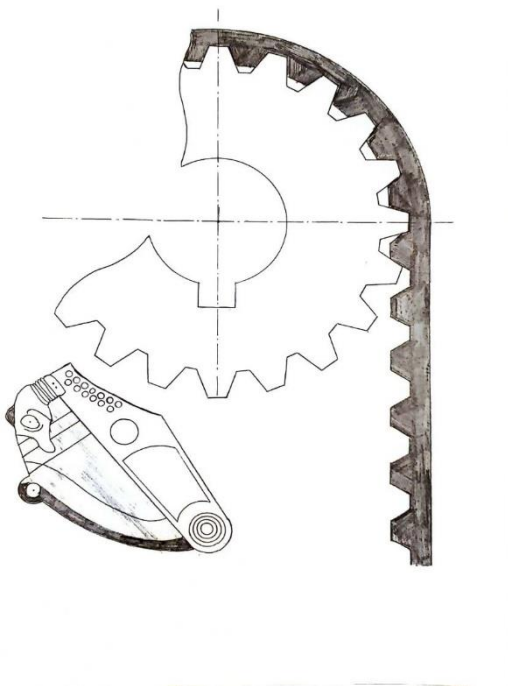


Figure III-6: avant la rupture de la courroie.

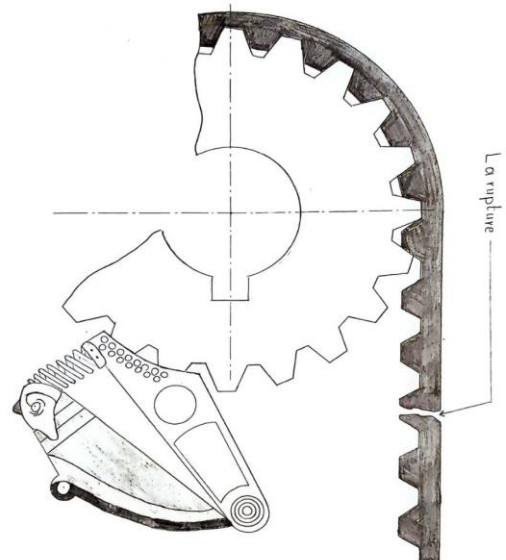


Figure III-8: apres la rupture de la courroie.

III.1.3.2 Actionneur

Un composant qui active le mécanisme de verrouillage lorsqu'un signal de défaillance (comme la rupture de la chaîne) est reçu.

III.1.3.3 Capteur de proximité inductif

Ce type de capteur peut détecter la casse de la chaîne ou l'interruption de la courroie à un certain point. Si la chaîne ou la courroie rompt, le capteur détectera le phénomène, à son tour envoie un signal aux plaques de freins pour arrêter momentanément le système afin d'éviter les pertes dont nous avons parlé et pour une surveillance fiable.

Il est important de bien choisir l'emplacement pour garantir une détection efficace. une proposition de positionnement en utilisant un capteur d'interruption :

- **Positionnement du Capteur**

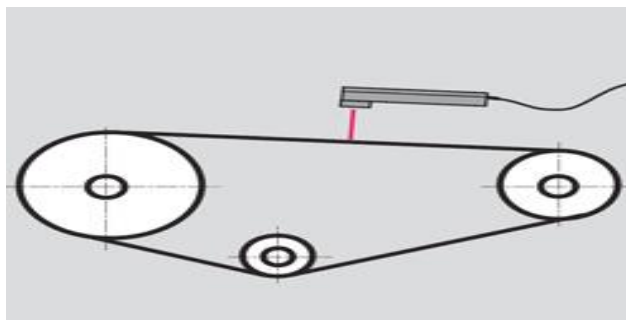


Figure III-9: capteur de courroie ou chaîne

- ❖ **Sur le Pignon :**

- Placez le capteur de proximité inductif près d'un pignon ou d'une roue dentée de la chaîne.
- Orientez le capteur de manière à ce qu'il détecte les maillons métalliques de la chaîne lorsqu'ils passent à proximité du capteur.

- ❖ **Distance de Détection:**

- Assurez-vous que la distance de détection du capteur soit réglée de manière à détecter la chaîne en fonctionnement normal. La distance doit être suffisante pour que la présence de la chaîne soit constamment détectée.

❖ Sécurité et Accessibilité:

- Placez le capteur à un endroit où il est protégé contre les chocs mécaniques et les débris, mais où il reste accessible pour l'entretien et le réglage si nécessaire.
- le câblage du capteur est bien sécurisé et ne risque pas d'interférer avec le mouvement de la chaîne ou d'autres composants de la machine.

III.1.3.4 Contrôleur Électronique

Reçoit le signal du capteur et active l'actionneur pour engager le mécanisme de verrouillage.

III.1.4 Processus de Fonctionnement Détection de la Casse de Chaîne

- Un capteur de proximité inductif détecte l'absence des maillons de la chaîne.
- Le capteur envoie un signal au contrôleur électronique.

III.1.4.1 Activation du Mécanisme de Verrouillage

- Le contrôleur électronique active l'actionneur en réponse au signal du capteur.
- L'actionneur déplace le cliquet ou la mâchoire dentée vers les dents du vilebrequin.

III.1.4.2 Engagement et Freinage

- Le cliquet ou la mâchoire dentée s'engage avec les dents de pignon du vilebrequin.
- Cette action crée une friction mécanique directe qui ralentit et arrête le mouvement du vilebrequin.

III.1.5 Avantages et Considérations**III.1.5.1 Avantages**

- Réponse Rapide.
- Simplicité de système.
- Efficacité de mâchoire du freinage.

III.1.5.2 Considérations

- Usure du pignon de vilebrequin et l'arbre à cames.
- Alignement Précis.

- Maintenance.

cette solution reste seulement une proposition qui doit être approfondie, car nous avons rencontré un problème avec la manière d'immobiliser le moteur lors de l'activation de ce mécanisme, car il n'est pas possible d'arrêter le vilebrequin lorsque la voiture est en marche.

par exemple : si la voiture est en marche et la chaîne se rompt, la voiture doit donc être au point mort pour permettre un capteur d'arrêter le moteur et d'activer le mécanisme pour immobiliser le vilebrequin.

➤ Description de la deuxième solution :

III.2 Modification de la chambre de combustion pour éviter la collision des soupapes avec les pistons en cas de rupture de la chaîne de distribution

nous discuterons d'une idée innovante qui consiste à modifier la taille de la chambre de combustion afin d'éviter la collision des soupapes avec les pistons en cas de rupture de la chaîne de distribution. La rupture de la chaîne de distribution est l'un des problèmes critiques des moteurs, pouvant entraîner des dommages importants dus à la collision des soupapes avec les pistons. Nous examinerons comment un design de chambre de combustion plus grande peut offrir une solution à ce problème, ainsi que les avantages techniques de cette approche. $d < d'$

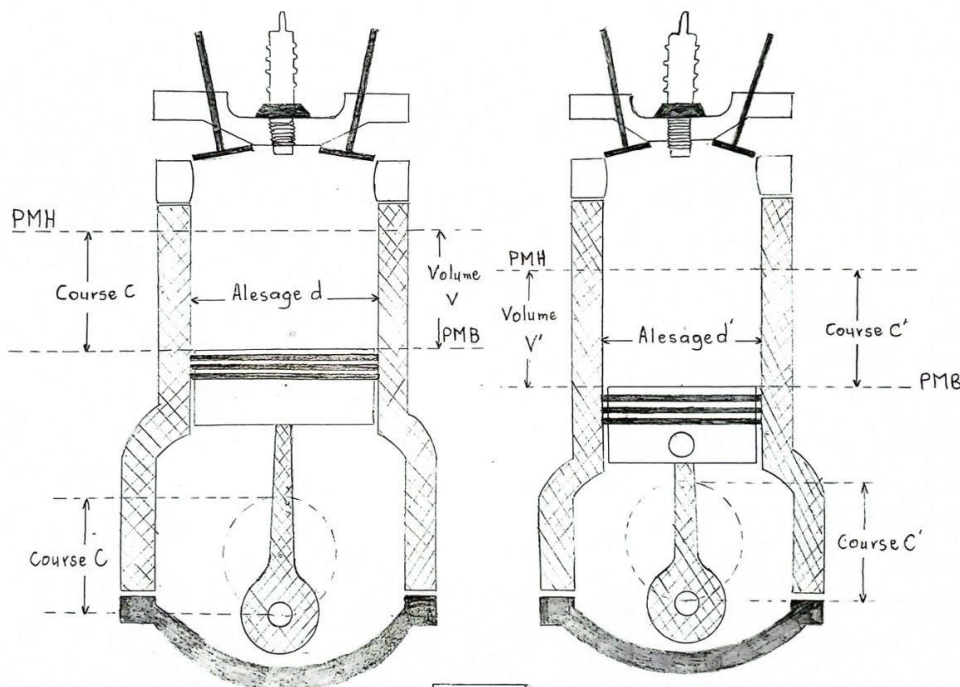


Figure III-10: positions du piston et soupapes avant collision. Solution actuelle

$$V = V'$$

$$d < d'$$

Figure III-11: positions du piston et soupapes avant collision. Solution proposée

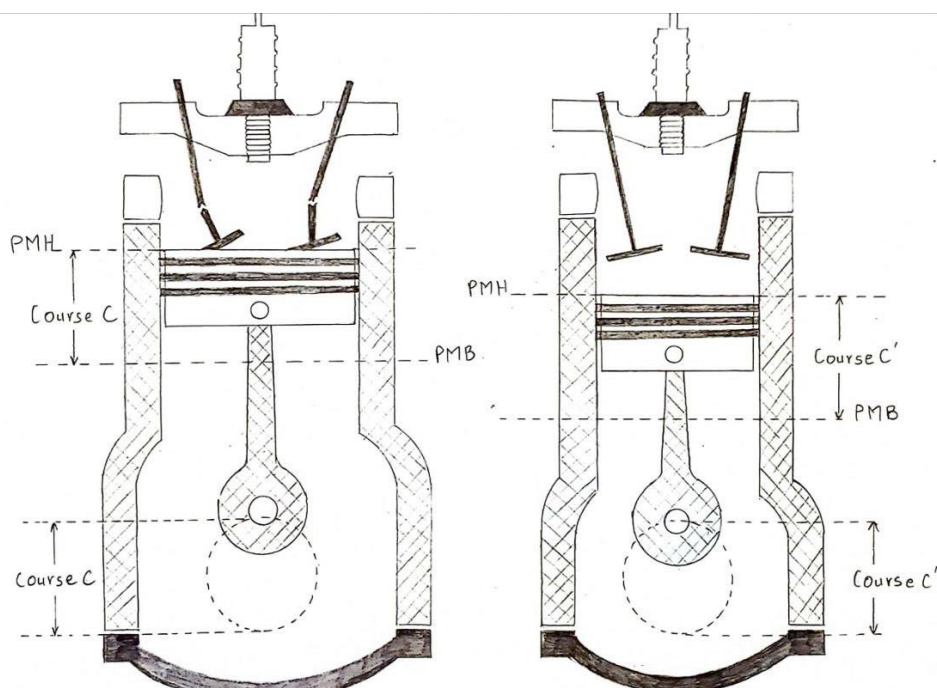


Figure III-12: positions du piston et soupapes après collision.

Solution actuelle

$$V = V'$$

Figure III-13: positions du piston au PMH et soupapes .
Absence de collisions. Solution

III.2.1 Problème de rupture de la chaîne de distribution

La chaîne de distribution est un élément vital du moteur, assurant la synchronisation du mouvement des soupapes avec celui des pistons. En cas de rupture de la chaîne, il peut y avoir un déséquilibre dans cette synchronisation, ce qui augmente le risque de collision des soupapes avec les pistons. Cette collision peut causer des dommages importants au moteur, y compris la flexion des soupapes, des dommages aux pistons, voire une défaillance totale du moteur dans les cas extrêmes.

III.2.2 L'idée innovante pour éviter la collision

L'idée innovante réside dans la conception d'une chambre de combustion plus grande que la normale, offrant ainsi un espace supplémentaire pour les soupapes lors de leur ouverture. En cas de rupture de la chaîne de distribution, cet espace supplémentaire peut contribuer à éviter la collision des soupapes avec les pistons. Ce design prend en compte les situations d'urgence et garantit une distance de sécurité adéquate entre les pistons et les soupapes même dans les pires conditions.

III.2.3 Application de l'idée dans la conception pratique

Pour appliquer cette idée dans la conception pratique des moteurs, plusieurs facteurs d'ingénierie doivent être pris en compte, notamment :

- Conception des soupapes et des pistons
- Modification des ratios de compression
- Tests sur les prototypes

III.2.4 Les avantages et les inconvénient de ce système

III.2.4.1 Avantages :

- Amélioration de la sécurité.
- Réduction des coûts de maintenance.
- Amélioration des performances.

III.2.4.2 Inconvénients :

- Complexité accrue du design.
- Augmentation potentielle des coûts.
- Nécessité de tests et de validation approfondis.

III.2.5 Défis potentiels

Malgré les avantages potentiels de ce design, plusieurs défis peuvent entraver sa mise en œuvre, tels que :

- Complexité accrue
- Maîtrise des coûts
- Tests continus

➤ Description de la troisieme solution :

III.3 Conception des pistons pour éviter la collision avec les soupapes en cas de défaillance du système de distribution

nous discuterons d'une solution innovante visant à éviter les dommages causés par la collision des pistons avec les soupapes en cas de défaillance du système de distribution. Cette solution implique la conception de pistons avec une forme concave ou des cavités spécifiques qui permettent de fournir une distance supplémentaire avec les soupapes lorsqu'elles sont complètement ouvertes. Nous examinerons comment cette conception peut offrir une sécurité accrue pour le moteur et améliorer sa durabilité.

III.3.1 Concept de pistons concaves ou à cavités spécifiques

La solution proposée consiste à concevoir des pistons avec une forme concave ou des cavités spécifiques sur leur surface supérieure. Cette conception est destinée à :

- **Fournir une distance supplémentaire** : Lorsqu'elles sont complètement ouvertes, les soupapes peuvent s'étendre dans les cavités prévues dans les pistons, évitant ainsi tout contact direct.
- **Prévenir les dommages** : En cas de défaillance du système de distribution, cette distance supplémentaire garantit que les pistons ne touchent pas les soupapes, même en situation d'urgence.



Figure III-14:piston face supérieure en forme concave

III.3.2 Analyse technique de la conception des pistons

Pour mettre en œuvre cette conception, plusieurs aspects techniques doivent être pris en compte :

- **Géométrie des cavités** : La forme et la profondeur des cavités doivent être soigneusement calculées pour s'assurer qu'elles offrent suffisamment d'espace pour les soupapes sans compromettre l'intégrité structurelle des pistons.

- **Matériaux** : Les pistons doivent être fabriqués à partir de matériaux capables de résister aux contraintes supplémentaires induites par la présence des cavités.
- **Procédés de fabrication** : Des techniques de fabrication avancées, telles que l'usinage de précision ou le moulage, peuvent être nécessaires pour réaliser les cavités avec une tolérance élevée.

III.3.3 Analyse technique de la conception des pistons

III.3.3.1 Conception et fabrication

Pour mettre en œuvre cette conception, plusieurs aspects techniques doivent être pris en compte :

- **Géométrie des cavités** : La forme et la profondeur des cavités doivent être soigneusement calculées pour s'assurer qu'elles offrent suffisamment d'espace pour les soupapes sans compromettre l'intégrité structurelle des pistons.
- **Matériaux** : Les pistons doivent être fabriqués à partir de matériaux capables de résister aux contraintes supplémentaires induites par la présence des cavités.
- **Procédés de fabrication** : Des techniques de fabrication avancées, telles que l'usinage de précision ou le moulage, peuvent être nécessaires pour réaliser les cavités avec une tolérance élevée.

III.3.4 Avantages du système de pistons avec forme concave ou cavités spécifiques

Sécurité accrue.

Durabilité améliorée.

Performances maintenues.

Amélioration de la conception du moteur.

III.3.5 Inconvénients du système de pistons avec forme concave ou cavités spécifiques

- Complexité accrue de la conception.
- Coûts de fabrication.
- Nécessité de tests approfondis.
- Impact potentiel sur les performances.

III.4 Etudes comparative de ces trois proposition

III.4.1 Mécanisme de Freinage

La première solution propose un mécanisme de freinage qui utilise les dents du pignon du vilebrequin pour arrêter rapidement le moteur en cas de rupture de la chaîne ou de la courroie de distribution. Le système comprend une mâchoire dentée qui s'engage mécaniquement avec les dents du vilebrequin, activée par un actionneur hydraulique ou pneumatique. Cette approche vise à prévenir les dégâts causés par la perte de synchronisation, en offrant une réponse rapide et une simplicité de conception. Cependant, elle nécessite un alignement précis et une maintenance régulière pour éviter l'usure des composants.

III.4.2 Modification de la Chambre de Combustion

La deuxième solution envisage de modifier la taille de la chambre de combustion pour créer un espace supplémentaire, empêchant ainsi la collision des soupapes avec les pistons en cas de rupture de la chaîne de distribution. Cette solution offre une amélioration de la sécurité et une réduction des coûts de maintenance, mais elle implique une complexité accrue dans le design et des coûts potentiels plus élevés. Des tests et des validations approfondis sont nécessaires pour garantir son efficacité.

III.4.3 Conception de Pistons Concaves ou à Cavités Spécifiques

La troisième solution propose la conception de pistons avec une forme concave ou des cavités spécifiques sur leur surface supérieure. Cela permet de fournir une distance supplémentaire pour les soupapes lors de leur ouverture, évitant ainsi tout contact direct en cas de défaillance du système de distribution. Cette conception améliore la sécurité et la durabilité du moteur, mais augmente la complexité et les coûts de fabrication. Des tests approfondis sont nécessaires pour s'assurer que les performances du moteur ne sont pas compromises.

III.5 Proposition retenue

Parmi les trois propositions, la deuxième solution (Modification de la Chambre de Combustion) semble la plus performante à notre sens. Elle offre une solution innovante pour éviter les états critiques en cas de rupture de la chaîne de distribution, tout en améliorant la sécurité et en réduisant les coûts de maintenance à long terme. Malgré la complexité accrue et les coûts potentiels plus élevés, ses avantages en termes de performance et de fiabilité la rendent plus viable pour une mise en œuvre pratique.

III.6 Conclusions :

En conclusion, les moteurs "Non-Interference" sont globalement plus fiables que les systèmes de freinage par les dents de pignon du vilebrequin en raison de leur simplicité mécanique, de leur robustesse et de leur moindre besoin en maintenance. Les moteurs "Non-Interference" minimisent les points de défaillance potentiels et offrent une tolérance intrinsèque aux défaillances, tandis que les systèmes de freinage par les dents de pignon, bien qu'offrant une protection active, sont plus complexes et nécessitent une maintenance régulière, augmentant ainsi les risques des chocs engendrés sur les dents de pignon de chaîne et pignon de courroie lors de freinage.

Conclusion

Conclusion Générale

Notre travail avait pour objet de concevoir un système fiable de distribution synchrone utilisant deux moyens de transmission à savoir la courroie et la chaîne, autrement dit un système hybride. En outre, le deuxième volet de notre étude sera de proposer des moyens permettant de limiter les dégâts résultants d'une rupture soudaine du moyen de transmission.

Nous avons procédé durant la première moitié du mémoire à concevoir le système hybride et par la suite nous avons entamé le dimensionnement des pièces importantes du mécanisme et plus précisément l'arbre intermédiaire que nous avons mis au point servant à transmettre la puissance entre les 2 moyens de transmissions courroie et chaîne. Il faudra noter, que les caractéristiques de base utilisées pour les calculs ont été prises réellement d'un moteur d'un véhicule.

Les résultats de dimensionnement sont cohérents. De plus, une analyse d'utilisation de courroie et chaîne nous a permis de cumuler les avantages de notre conception hybride et essayer d'atténuer les inconvénients de l'une ou de l'autre.

La suite de notre projet, consistait à essayer de présenter un mécanisme permettant de diminuer les dégâts causés par la rupture soudaine des éléments de transmission. A cet effet, nous avons proposé 3 systèmes permettant de jouer ce rôle et après une analyse comparative nous avons opté pour celui basé sur la modification dimensionnelle et de forme de la chambre de combustion, autrement dit le PMH du piston n'atteignant pas les courses maximales des têtes de soupapes lorsque l'incident aura lieu. Néanmoins, certains inconvénients liés à la perte de puissance entre autre persistent dans cette proposition.

Ce travail nous a permis de débiter à appliquer l'esprit d'analyse, la transformation des solutions technologiques servant à résoudre les problèmes posés par des dessins techniques. De même, les calculs de dimensionnement des pièces importantes nous a laissé prendre conscience de l'importance des matières formants notre cursus et notamment la construction mécanique, la RDM, les matériaux et le moteur à combustion interne.

Nous pensons que l'objectif de notre projet a été atteint, et nous pouvons affirmer que ce dernier aura au moins le mérite de soulever pas mal d'anomalies du MCI en particulier les dommages résultants de rupture des éléments de transmission.

References bibliographique

- [1] "AUTODOC CLUB," [Online]. Available: <https://club.auto-doc.fr/magazin/les-bougies-dallumage-fonctionnement-symptomes-et-remplacement>.
 - [2] "Cote auto piece," [Online]. Available: <https://www.cote-auto-pieces.com/mecanique/reservoir.html>.
 - [3] "malvern panalytical," [Online]. Available: <https://www.malvernpanalytical.com/fr/industries/automotive-aerospace/fuel-injectors>.
 - [4] "univers seat," [Online]. Available: <https://www.seat.fr/glossaire/s/systeme-admission>.
 - [5] "esrcroisiere," [Online]. Available: https://www.esrcroisiere.com/acces_visiteur/info/moteur_diesel/theorie/lubrification/la_lubrification.html.
 - [6] "bigtoys," [Online]. Available: <http://bigtoys.free.fr/RADIATEUR%20EAU.htm>.
 - [7] "vroomly," [Online]. Available: <https://www.vroomly.com/blog/quand-et-pourquoi-changer-la-pompe-a-eau-de-votre-voiture/>.
 - [8] "oscaro," [Online]. Available: <https://www.oscaro.com/fr/conseils-mecaniques/pieces-thermiques-climatisation/quand-comment-remplacer-thermostat-eau>.
 - [9] "AUTOBACS," [Online]. Available: <https://www.autobacs.fr/comment-fonctionne-une-batterie-de-voiture-.html>.
 - [10] "ornikar," [Online]. Available: <https://www.ornikar.com/code/cours/mecanique-vehicule/moteur/alternateur>.
 - [11] J. G. Daniel GAY, "Propriétés mécaniques des certains matériaux," 1999. [Online]. Available: <https://iut.univ-lemans.fr/gmp/cours/rebiere/proprietesmecaniques.html>.
 - [12] "SKF," [Online]. Available: <https://www.skf.com/fr/products/thin-section-bearings/introduction-thin-section/bearing-load-and-life/bearing-life>.
 - [13] h. N. p. FEV, "softwar eandtesting solutions car blog," 29 03 2023. [Online]. Available: <https://softwareandtestingsolutions.car.blog/2023/03/29/fev-presente-un-moteur-converti-a-lhydrogene/>.
 - [14] 2024. [Online]. Available: <https://www.capcar.fr/lexique-auto/chambre-de-combustion>.
 - [15] Wilhelm-Maybach-Straße. [Online]. Available: <https://www.ms-motorservice.com/int/fr/technipedia/fonctionnement-du-piston-1265>.
 - [16] SAINT-CHAMOND, "ORNIKAR," [Online]. Available: <https://www.ornikar.com/code/cours/mecanique-vehicule/moteur/soupape>.
 - [17] Francis Esnault , Construction mécanique transmission de puissance, 2ème édition, 2002.en France par I.F.C.18390 Saint-Germain-du-puy
 - [19] "samaro," <https://www.samaro.fr/nos-actualites/comment-choisir-le-bon-lubrifiant-pour-chaines/>.
 - [20] "amazon," [Online]. Available: <https://www.amazon.com/SAWSTOP-BRAKE-CARTRIDGE-DADO-BLADE/dp/B005VDA0WE>.
 - [21] "pce france," [Online]. Available: <https://www.pce-france.fr/fiches-mesureurs/controleur-tension-courroies-distribution-trummeter.htm>.
 - [22] "quora," [Online]. Available: <https://www.quora.com/What-is-a-concave-piston-head>.
 - [23] "piecesauto24," [Online]. Available: <https://www.piecesauto24.com/soupape-dadmission>.
 - [24] "researchgate," [Online]. Available: https://www.researchgate.net/figure/Damage-from-a-piston-striking-a-valve-The-picture-above-shows-what-can-happen-when-a_fig1_274126145.
 - [25] Blil Ismail, Messeguem Boumediene, Mémoire master académique (étude comparative des transmissions par chaine et courroie : cas d'un moteur à combustion interne), Université de sciences et de la technologie Mostaganem UMAB ,Année Universitaire : 2020/ 2021
 - [26] "zpag," [Online]. Available: https://www.zpag.net/Tecnologias_Indistrielles/transmission_courroies.htm.
-