

REPUBLIQUE DU CAMEROUN

Paix - Travail - Patrie

UNIVERSITE DE YAOUNDE I
ECOLE NORMALE SUPERIEUR
D'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE
D'EBOLOWA
DEPARTEMENT DE DE GENIE
MECANIQUE



REPUBLIC OF CAMEROUN

Peace - Work - Fatherland

UNIVERSITY OF YAOUNDE I
HIGHER TECHNICAL TEACHER
TRAINING COLLEGE OF
EBOLOWA
DEPARTMENT OF OF
MECHANICAL
ENGINEERINGN

**Filière
Mécanique Automobile**

**ETUDE ET REALISATION D'UN BANC DIDACTIQUE
D'UN MOTEUR A COMBUSTION INTERNE**

Mémoire de fin d'étude
En vue de l'obtention du Diplôme de Professeur d'Enseignement
Technique et
Professionnel de 2e grade (DIPET II)

Par : MOHAMADOU HAMED

Sous la direction de
Dr DJUINA ANDRE
Chargé de cours des universités
M. GAGA DADI Bernard
Enseignant à l'ENSET d'EBOLOWA

Année Académique : 2019 - 2020



Dédicace

JE DÉDIE CE TRAVAIL À LA MÉMOIRE DE MON PÈRE

REMERCIEMENTS

Nous ne saurions commencer la rédaction de ce projet sans toutes fois exprimer nos sincères gratitude tout d'abord à **Dieu Tout Puissant** pour la santé, la force, l'esprit de persévérance et tous les moyens dont il m'a fait grâce durant la période et aussi à tous ceux, sans qui le présent projet n'aurait pu être réalisé. Il s'agit notamment de :

-Madame le Directeur de l'ENSET d'EBOLOWA **Pr. NDJAKOMO ESSIANE Salomé** et tous les **enseignants** pour l'encadrement et les enseignements que j'ai reçus tout au long de ma formation, toutes choses qui ont contribué à développer mes aptitudes intellectuelles hautement sollicitées ces derniers mois ;

-Pr KANA'A Thomas : Le Chef du département de Génie Mécanique
« Pour ses précieux conseils, sa rigueur et son expérience »

- A l'équipe d'encadrement :

Le superviseur le docteur DJUINA André, pour avoir accepté la supervision de nos travaux et pour son suivi permanent ;

Monsieur GAGA DADI Bernard et Monsieur NKOA ETEBA Arsène, pour leurs disponibilités, leurs conseils, leurs assistances pendant ces longs mois de travail pendant lesquels ils m'ont inculqué la méthode scientifique et la rigueur dans la recherche.

-Ma famille pour leur soutien indéfectible, leur amour et leurs conseils sans lesquels ce travail aurait certainement été plus éprouvant ;

Bien entendu, je remercie tous mes camarades du niveau 5 qui ont tous contribué, d'une manière ou d'une autre, à la réussite de ce mémoire.

-Toutes les personnes qui de près ou de loin ont accordé une attention particulière à la réalisation de notre travail.

RESUME

L'enseignement de la mécanique automobile aujourd'hui est devenu très complexe du fait que le moteur à lui seul comporte une multitude de pièces et nécessite la connaissance de plusieurs domaines pour y faire face. L'introduction de nouvelles méthodes d'enseignement au Cameroun appelle à mettre en place un certain nombre d'instruments pédagogiques pour un enseignement facile et compréhensible de la connaissance aux apprenants. Il faut passer au concret, c'est à dire à plus de pratique, pour cela il faut donc mettre à la disposition des établissements scolaires, des centres de formation professionnelle et même universitaire des outils et matériels capables d'atteindre cet objectif pédagogique. Essayer de résoudre ce déficit en apportant des solutions concrètes durant tout ce travail, sera notre principale préoccupation.

Pour atteindre cet objectif, le travail a été organisé suivant trois grandes articulations. Une revue de littérature a permis de faire le tour des travaux liés à la fabrication et à l'exploitation des bancs didactiques des moteurs à combustion interne. L'aspect étude et conception nous a permis de faire une présentation exhaustive de tout le matériel, une mise à formes ainsi que tous les paramètres liés à l'encombrement et aux dimensionnements, cela pour savoir exactement quelles seront les sollicitations auxquelles notre banc sera soumis, l'aspect concernant les vibrations a aussi été considéré dans cette partie ainsi que les techniques employées afin de réaliser notre dispositif. L'articulation relative aux résultats a présenté le dispositif constitué du moteur et de son support. Le premier représente le coût de réalisation, le second a constitué une enquête sur la présence de ce type de matériel dans les différents établissements de formation en mécanique automobile. De plus, il a été fourni un guide d'utilisation comportant les consignes de sécurité, les étapes d'entretien et le plan de maintenance du dispositif afin d'assurer son utilisation en conditions optimales.

Mots clés : Banc didactique, Moteur à combustion interne.

ABSTRACT

The teaching of car mechanics today has become very complex because the engine alone has a multitude of parts and requires knowledge of several fields to deal with it. The introduction of a new teaching method in Cameroon calls for setting up a certain number of pedagogical instruments for an easy and understandable transmission of knowledge to learners. We must move on to the concrete, that is to say more practice. To do this, we must therefore make available to schools and even universities, elements and materials capable of achieving this educational objective. Trying to resolve this deficit by providing concrete solutions throughout this work will be our main concern. To achieve this objective, the work was organized along three main lines. A literature review made it possible to go around the work related to the manufacture and operation of the didactic benches of internal combustion engines. The study and design aspect allowed us to make an exhaustive presentation of all the material, shaping as well as all the parameters related to the size and dimensions, this to know exactly what will be the stresses to which our bench will be subjected , the aspect dismaying the vibrations were also considered in this part as well as the techniques used in order to realize our device. The articulation relating to the results presented the device made up of the engine and its support. The first represents the cost of production. The second constitutes a survey on the presence of this type of material in the various training establishments in automobile mechanics. In addition, a user guide has been provided with safety instructions, maintenance steps and the maintenance plan for the device in order to ensure its use in optimal conditions.

Keywords: Didactic bench, Internal combustion engine.

TABLE DE MATIERES

Dédicace	i
Remerciements	ii
Résumé	iii
Abstract.....	iv
Table de matières	v
Liste des tableaux.....	viii
Listes des figures	ix
Listes des symboles et abréviations	xi
Avant-propos	xii
INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE 1 GENERALITES SUR LES MOTEURS A COMBUSTION	
INTERNE.....	3
Introduction.....	3
1.1-Composition des moteurs a combustion interne	4
1.1.1 -Les organes fixes et organes mobiles.....	4
1.1.2-Organes fixes	5
a) La culasse.....	5
b) Le bloc-cylindres ou bloc moteur	5
c- Le carter d'huile.....	6
c) Axe de piston	9
1.2- le principe de fonctionnement du moteur a quatre (4) temps.....	13
➤Le cycle Otto.....	14
➤Le cycle Diesel [4].....	14
1.3.3- Système à carburateur	18
1.4- Système d'injection	22

1.4.5- Principe de l'injection K-Jetronic.....	24
1.4.6-- Principe de l'injection L-Jetronic.....	26
1.4.8- Comparaison du moteur essence et du moteur diesel.....	31
CHAPITRE 2 REVUE DE LA LITTERATURE.....	33
Introduction.....	33
2.1 etude des solutions existante et critiques.....	33
2.1.1 Etat de l'art.....	33
2.1.2- Solution 1 :	33
2.1.3- Solution 2	35
2.1.4- Solution 3 :	37
2.1.5- Solution 4 :	39
2.1.6-- Solution 5 : Nom de la solution : Banc didactique de moteur à combustion interne	40
2.2- etude de la solution la plus proche de notre projet de construction d'un banc didactique ...	43
Chapitre 3: ETUDE ET CONCEPTION DU BANC DIDACTIQUE.....	45
3.1 Aspect général du banc didactique en conception	48
3.1.1-Mise en situation	49
3.1.2-Hypothèses	52
3.2-ETUDE DES SOLLICITATIONS SOUMIS A NOTRE BANC DIDACTIQUE	53
b) Nœuds [cm] :	53
c)Section(s) droite(s).....	53
d) Liaison(s) nodale(s).....	53
f) Résultats	54
g) Efforts intérieurs [kN kN.cm MPa].....	54
h) Action(s) de liaison [kN kN.cm].....	54

i) Informations sur le calcul	54
k) DIFFERENTS GRAPHES.....	55
Chapitre4: MAINTENANCE ET COUT.....	53
4.1- PRESENTATION GLOBALE DU BANC DIDACTIQUE.....	59
INTRODUCTION.....	59
4.1.1- Présentation de notre banc didactique en 3D.....	59
4.2- Maintenance du banc didactique	60
4.2.1- Définition du concept de maintenance	60
4.2.2 Maintenance préventive systématique du banc didactique.....	60
4.2.3- Maintenance préventive conditionnelle	61
4.2.4- Maintenance corrective	61
4.2.5- consignes pour l'utilisation du banc.....	61
4.3- Cout de la réalisation du banc didactique	62
4.3.1- Etat financier des dépenses pour l'acquisition du moteur	62
4.3.2 Etat financier des dépenses pour l'obtention du support du moteur	62
4.3.3 Autres de dépenses	63
4.3.4- Coût total de la réalisation du banc didactique	63
4.4- DISCUSSIONS.....	63
4.4.1- Enquêtes sur les utilisations des bancs didactiques automobiles dans les lycées d'enseignement technique.....	44
a) Région du Centre	44
4.4.2-Récapitulatif de l'enquête.....	46
BIBLIOGRAPHIE.....	65
ANNEXES.....	63

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 Plan de travail	XVI
Tableau 1.1 Autres critères de classification des moteurs.....	28
Tableau 1.2 Comparaison du moteur Diesel et essence.....	29
Tableau 1.3 Dimensions usuelle des cornières	32
Tableau 3.1 Enquête sur l'existence des bancs didactiques dans la region du Centre	44
Tableau 3.2 Enquête sur l'existence des bancs didactiques dans la region du Sud....	45
Tableau 3.3 Enquête sur l'existence des bancs didactiques dans la region du Nord.....	45
Tableau 4.1 Maintenance préventive du banc didactique	59
Tableau 4.2 Maintenance corrective du banc didactique.....	60
Tableau 4.3 Etat financier des dépenses pour l'obtention du support du moteur.....	61
Tableau 4.5 Autres dépenses.....	62
Tableau 4.6 cout total de la realisation ...	62

Listes des figures

Figure 1.1 Schéma synoptique du système bielle manivelle.....	3
Figure 1.2 Vue en coupe de la culasse.....	4
Figure 1.3 Bloc cylindre non chemisé d'un moteur thermique.....	5
Figure 1.4 Le carter d'huile.....	5
Figure 1.5 Piston d'un moteur Diesel avec cavité en forme oméga.....	6
Figure 1.6 Formes des têtes de piston utilisées dans le moteur.....	7
Figure 1.7 Segmentation du piston.....	7
Figure 1.8 Axe de piston.....	8
Figure 1.9 La bielle.....	8
Figure 1.10 Vue éclaté d'une bielle.....	9
Figure 1.11 Arbre à cames.....	10
Figure 1.12 Mécanismes de soupape.....	11
Figure 1.13 Disposition des soupapes et arbres à cames.....	11
Figure 1.14 Le vilebrequin.....	12
Figure 1.15 Cycle Otto	12
Figure 1.16 Cycle Diesel.....	14
Figure 1.17 Cycle à 4 temps dans un moteur essence	15
Figure 1.18 Cycle à 4 temps dans un moteur Diesel.....	15
Figure 1.19 Système d'injection dans un moteur Diesel.....	16
Figure 1.20 Circuit de ralenti.....	18
Figure 1.21 Circuit principal	18
Figure 1.22 Circuit de reprise.....	19
Figure 1.23 Circuit d'enrichissement de puissance.....	19
Figure 1.24 Circuit du carburateur dans le moteur.....	20
Figure 1.25 Circuit internes du carburateur.....	21
Figure 1.26 Injection directe.....	22

Figure 1.27 Injection indirect	22
Figure 1.28 Système K-jetronic.....	23
Figure 1.29 Schéma de principe L-jetronic.....	26
Figure 1.30 Circuit du système L-jetronic.....	27
Figure 1.31 Caractéristiques de la cornière	31
Figure 1.32 caractéristiques du tube carré.....	32
Figure 1.33 Caractéristiques du tube rond.....	33
Figure 2.1 Solution autodidac1.....	34
Figure 2.2 Solution autodidac2.....	36
Figure 2.3 Solution prodidac3.....	38
Figure 2.4 Solution lycée technique de Nkolandom.....	40
Figure 2.5 Solution lycée technique Bilingue de Nkolbisson.....	41
Figure 3.6 Choix de la cornière	57

LISTES DES SYMBOLES ET ABREVIATIONS

LISTE DES SYMBOLES		
SYMBOLE	DEFINITIONS	UNITES
C	Cylindrée	Cm ³
P	Poids	Kg
M	Module de Young	Mpa
Mv	Masse volumique	Kg /m ³
Le	Limite élastique	Mpa
LISTE DES ABREVIATIONS		
SIGLE	DEFINITION	
ENSET	Ecole Normale Supérieure d'Enseignement Technique	
ENIET	Ecole Normale d'Instituteur de l'Enseignement Technique	
IUT	Institut Universitaire de Technologie	
APC	Approche pédagogique par les compétences	
MCI	Moteur à combustion interne	
IPN	Inspection nationale de pédagogie	
BD	Banc didactique	

AVANT-PROPOS

L'Ecole Normale Supérieure d'Enseignement Technique (ENSET) D'EBOLOWA est un établissement de l'université de Yaoundé I ayant pour principal objectif la formation des professeurs de lycées et collèges d'enseignement technique. Cet établissement comprend deux cycles à savoir :

- Le 1^{er} cycle dont la formation prépare au (Diplôme de professeur des lycées d'enseignement technique deuxième grade) DIPET 1
- Le 2nd cycle dont la formation prépare (Diplôme de professeur des lycées d'enseignement technique premier grade) DIPET 1
-) au DIPET 2

Conformément à l'arrêté ministériel N°042/MESIRES du septembre 1991 dans son article 30, stipule qu'un mémoire de recherche sous forme de projet doit être présenté à la fin de chaque cycle. Le thème doit porter sur la spécialité de l'étudiant ou sur un problème d'ordre pédagogique. Cette disposition a pour principal objectif d'appliquer les connaissances acquises au cours de nos deux années de formation. C'est en s'inscrivant sur cette visée et en vue de l'obtention du diplôme de professeur d'enseignement technique grade 2 (DIPET 2), que nous avons en toute modestie rédigé ce projet intitulé : « **CONCEPTION ET REALISATION D'UN BANC DIDACTIQUE D'UN'MOTEUR A COMBUSTION INTERNE** » en vue de l'obtention du Diplôme de professeur d'Enseignement Technique du second grade **DIPET 2**.

Ce projet nous a permis d'atteindre l'un des objectifs visés par les enseignants à l'ENSET, à savoir : faire une démonstration du savoir et du savoir-faire que nous avons acquis durant ces deux années de formation. Nous voudrions par ce travail faciliter les enseignements c'est-à-dire passer aisément de la théoriques à la pratique.

CAHIER DE CHARGE

I-Titre du projet

Etude et réalisation d'un banc didactique du moteur à combustion interne

II- Présentation du projet

II-1 Contexte et intérêt

Avec l'arrivée d'une nouvelle méthode d'enseignement dans nos établissements secondaires à savoir l'approche pédagogique par compétence (A.P.C). La pratique dans ce type d'enseignement occupe une place très importante dans ce nouveau système. Pour être donc en phase avec cette nouvelle méthode, il est donc important voir primordial de lier de façon synchrone les enseignements théoriques à la pratique.

Vue la complexité des organes constituant un moteur et le coût de réparation de celui-ci en cas de dommage causé par un apprenant lors d'une séance de travaux pratique, il est donc important et nécessaire de mettre en place un certains nombres de techniques pour, qu'à la fois réduire le coût de dommage lors de l'apprentissage et rendre en même temps accessible la formation pratique à tous les types d'établissement.

II-2 Problématique liée à l'étude

Comment résoudre le déficit de la formation dans le domaine de la maintenance automobile ? dans un premier temps, en introduisant lors de la formation pratique les bancs d'essais en général et celui du moteur à combustion interne en particulier, tout en adaptant ces bancs aux réalités du système éducatif camerounais ?

II-3 Objectifs généraux et spécifiques

II-3-1 Objectif général

Le but de notre travail portera sur la conception et la réalisation d'un banc didactique d'un moteur à combustion interne fonctionnel avec quelques indicateurs de fonctionnement.

II-3-2 Objectifs spécifiques

- Concevoir un banc didactique qui facilitera l'étude et la compréhension d'un moteur à combustion interne ;
- Permettre une meilleure connaissance des organes du moteur à combustion interne au apprenant ;
- Rendre cet équipement accessible pour tous types d'établissement de formation en mécanique automobile ;
- Réduire le coût de production des bancs didactiques ;
- Vulgariser le banc didactique du moteur à combustion interne ;

III- Méthodologie

- La réalisation de notre banc didactique passera par l'étude des différents types de moteur ;
- La caractérisation du moteur à utiliser pour le banc d'essais ;
- L'étude des éléments qui vont constituer ce banc d'essais ;
- Etude des matériaux qui seront utilisés pour la mise en place de ce banc d'essais ;
- Conception du banc d'essais.

IV- Exigence du développement

IV-1 Contraintes technologiques

- Notre banc didactique doit être capable de permettre aux apprenants d'identifier clairement les éléments du moteur.
- Ce banc doit être capable présenter aux apprenants le cycle de fonctionnement du moteur à combustion interne.
- Ce banc d'essais doit permettre aux enseignants d'expliquer facilement le moteur à combustion interne.

IV-2 Contraintes économiques

Ce banc didactique doit être accessible, le moins coûteux possible pour tous types d'établissements et plateforme de formation en maintenance automobile.

IV-3 Contraintes d'encombrement

Le banc didactique du moteur à combustion interne sera mobile donc pourra être déplacé avec un encombrement réduit.

IV-4 Contraintes pédagogique

Ce banc didactique servira à la formation pratique des élèves des différents lycées et collèges d'enseignement technique, sans oublier les élèves professeur dans les ENIET et ENSET.

V- Résultats escomptes

Nous nous attendons à un prototype fini, pratique, remplissant les différents objectifs pédagogiques pendant la formation.

VI- plan de travail

Tableau 1 plan de travail

ETAPE	CONTENU	PRACTIQUE	DELAIS
I	Introduction		02 semaines du 20 Février au 05 Mars 2020
II	Etat de l'art	Recherche des travaux dans le domaine(recherche bibliographique et webographie sur les bancs d'essai didactiques automobile)	01 mois du 05 Mars au 05 Avril 2020
III	Matériels	Moteur, éléments d'assemblage, éléments de roulements pour déplacement du moteur	02 semaines du 05 Avril au 20 Avril
IV	Méthodes	Caractérisation du moteur a utilisés ainsi que tous ses éléments connexes	02 semaines du 20Avril au 05 Mai 2020
V	Réalisation du prototype	Réalisation du banc	1 mois du 05 Mai 2020 au 05 Juin 2020
VI	Résultat obtenu	Analyse des résultats obtenus	02 semaines du 05 Juin au 20 Juin 2020
VI	Conclusion	Finalisation du mémoire	02 semaines du 20 Juin au 05 Juillet 2020

INTRODUCTION GENERALE

Le but de cette introduction est de présenter le thème qui meublera l'ensemble des travaux de ce mémoire. Pour cela, il sera question de le situer d'abord dans le contexte de l'étude avant de ressortir le problème de la recherche et les différents objectifs à atteindre.

CONTEXTE ET INTERET DE L'ETUDE

1.1- Contexte de l'étude

Lors du fonctionnement d'un Moteur à Combustion Interne (M.C.I), Nous entendons des bruits. Pour un apprenant, il n'est pas évident de savoir exactement ce qui se passe à l'intérieur de celui-ci or, notre souci est de clarifier et de rendre accessible aux apprenants le fonctionnement interne d'un moteur. C'est pourquoi il nous a été donc demandé de réaliser un banc didactique qui aura pour objectif de :

- Démystifier le fonctionnement interne ou la compréhension du fonctionnement interne d'un moteur.
- Découvrir quels sont les organes mobiles et fixes qui participent à la production de l'énergie (qui participe à la transformation de l'énergie).
- Etudier des systèmes qui participent au fonctionnement du moteur telle que le système de graissage, de refroidissement...

1.2 – Intérêt de l'étude

- La complexité de l'étude d'un moteur nécessite beaucoup de techniques et de compétences à la fois pour faire comprendre le fonctionnement réel de celui-ci a aux apprenants, il est donc primordial voir impératif pour la bonne compréhension des apprenants de vulgariser l'utilisation des bancs didactiques.
- Le bon fonctionnement d'un véhicule réside sur le type et la qualité du moteur dont il dispose, il est donc important pour tout apprenants d'avoir une maîtrise parfaite de cet élément essentielle du véhicule, le banc didactique sera donc en ce moment le chemin incontournable pour la réalisation de cet objectif pédagogique.
- Il est difficile d'enseigner le fonctionnement d'un moteur à un élève sur un véhicule a causes de l'encombremments
- Pour compléter les cours théoriques il est nécessaire voir indispensable de mettre en place des bancs didactiques.

2- Objectifs de l'étude

2.1- Objectif général

L'objectif général de ce travail est de concevoir et réaliser un banc didactique d'un moteur à combustion interne qui permettra aux apprenants d'acquérir des connaissances pratiques et réelles sur le fonctionnement d'un moteur à combustion interne.

2.2- Objectifs spécifiques

L'atteinte de l'objectif général mentionné ci-dessus, est liée à la concrétisation d'un ensemble d'objectifs spécifiques notamment

- Concevoir un banc didactique qui facilitera l'étude et la compréhension du moteur à combustion interne ;
- Permettre une meilleure connaissance des organes du moteur à combustion interne aux apprenants ;
- Rendre cet équipement accessible pour tous types d'établissement de formation en mécanique automobile
- Réduire le coût de production des bancs didactiques ;
- Vulgariser le banc didactique du moteur à combustion interne.

3- Plan de présentation du mémoire

Le présent mémoire est organisé comme suit :

Le chapitre 1 est relatif aux Généralités sur le moteur à combustion interne, nous introduisons les notions nécessaires à la compréhension de la problématique traitée dans ce mémoire. Plus concrètement, nous décrirons la composition d'un moteur à combustion interne, nous expliquerons son fonctionnement et nous donnerons ses caractéristiques. En fin, les différents types de moteur ;

- Le chapitre 2 présente une revue de littérature dans laquelle il est essentiellement question, de faire une synthèse de certains travaux qui vont nous renseigner sur l'état actuel de la fabrication et de la production des bancs didactiques ;
- Le chapitre 3 est consacré aux Matériels et Méthodes. Il renvoi à la présentation de l'ensemble du matériel nécessaire à la réalisation de notre banc didactique, sa conception et les méthodes utilisées pour sa mise en œuvre effective ;
- Enfin le chapitre 4 réservé aux Résultats et Discussions.

Chapitre 1

GENERALITES SUR LES MOTEURS A COMBUSTION INTERNE

Introduction

Un moteur à combustion interne (MCI) est un type de moteur à combustion dans lequel l'énergie thermique dégagée par la combustion est convertie en énergie mécanique à l'intérieur du moteur. [1]

Il est également une machine motrice qui convertit de l'énergie contenue dans un carburant (Pouvoir Calorifique) en une énergie thermique (Chaleur, Enthalpie, Energie Calorifique), puis en une énergie mécanique (Travail Mécanique, Couple). Dans les moteurs à combustion interne, la production de l'énergie thermique se fait dans un volume fermé (Chambre de Combustion, cylindre moteur) confiné par la culasse, les soupapes fermées, la tête du piston et la chemise. La détente des gaz produite par la combustion du carburant actionne des organes actifs (Piston-Bielle-Manivelle) qui récupèrent cette énergie pour la convertir en travail utile (Arbre moteur). [2]

D : diamètre ou alésage.

S : course du piston.

r : rayon de la manivelle. **L_b** : Longueur de la bielle.

θ : Angle Vilebrequin.

V_c : Volume chambre de combustion

PMH : Point Mort Haut.

PMB : Point Mort Bas.

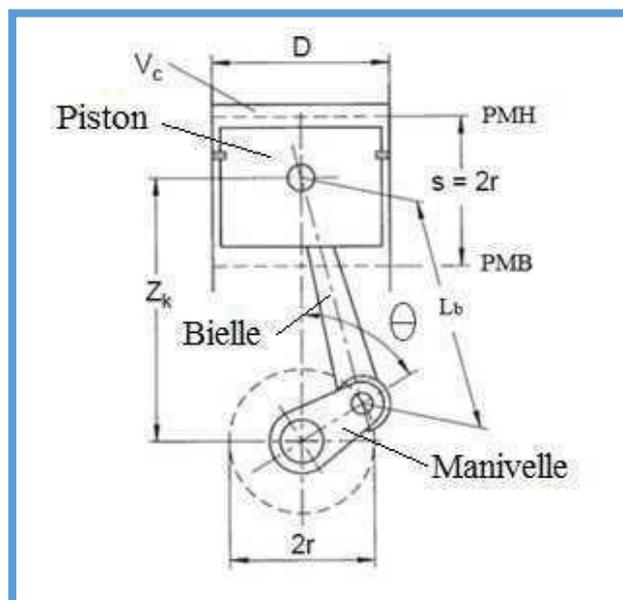


Figure 1-1 : Schéma synoptique du système bielle manivelle [1]

1.1-Composition d'un moteur à combustion interne

➤ Vue éclatée d'un moteur

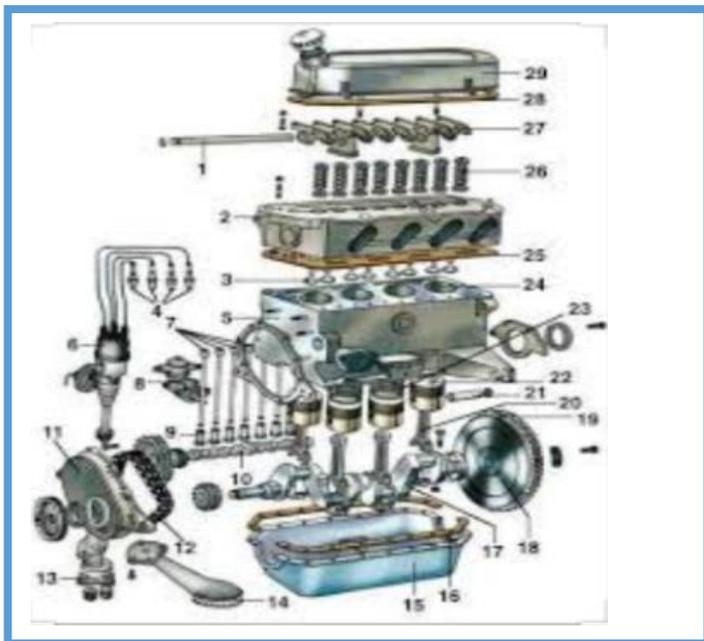


Figure 1-1' vue éclatée d'un moteur

- | | |
|---------------------------------------|--|
| 1- Axe de piston ; | 16- Joint de carter ; |
| 2- Culasse ; | 17- Vilebrequin ; |
| 3- Soupapes ; | 18- Volant moteur ; |
| 4- Bougies ; | 19- couronne dentée entraînée par le démarreur |
| 5- Bloc moteur ; | 20- Bielle ; |
| 6- Allumeur ; | 21- Axe de piston ; |
| 7- Tiges de commande des culbuteurs ; | 22-Piston ; |
| 8- Pompe à essence ; | 23- Segments ; |
| 9- Poussoirs ; | 24- Cylindre ; |
| 10- Arbres à cames ; | 25-Joint de piston ; |
| 11- Carter de distribution ; | 26- Ressorts de soupape ; |
| 12- Chaine de distribution ; | 27- Culbuteurs ; |
| 13- Pompe à huile ; | 28- Joint cache culbuteurs ; |
| 14- Crépine de pompe à huile ; | 29-Cache culbuteurs. |
| 15- Carter d'huile ; | |

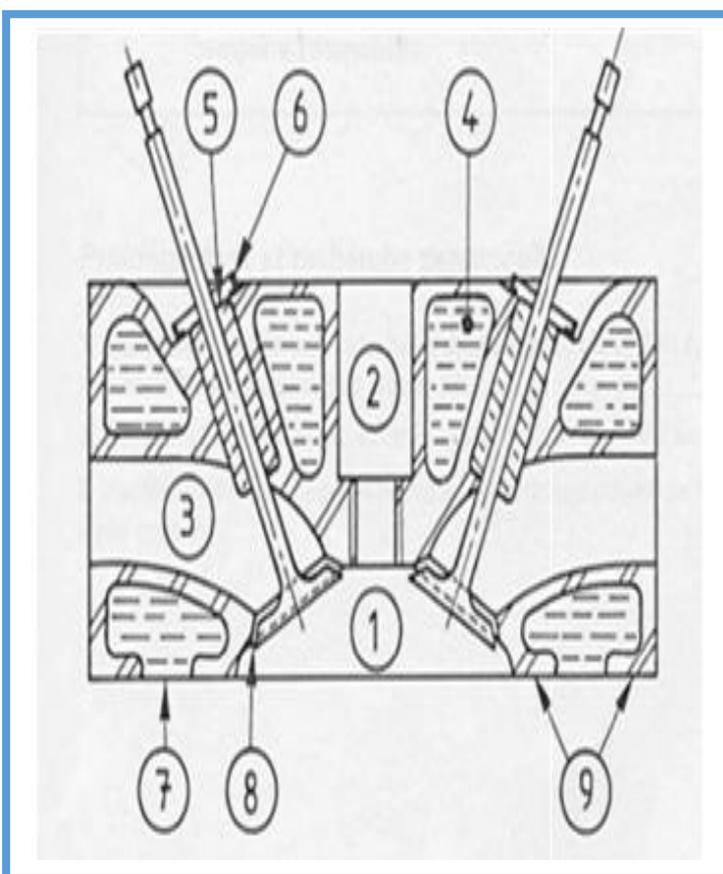
1.1.1 -Les organes fixes et organes mobiles

1.1.2-Organes fixes

a) La culasse

La culasse assure la fermeture des cylindres sur leur partie supérieure, constituant ainsi la chambre de combustion. Elle permet l'arrivée et l'évacuation des gaz, la mise en position des éléments de la distribution et de l'allumage, l'évacuation rapide de la chaleur. La culasse est obtenue par le moulage puis par usinage de la fonte ou d'alliage en aluminium. [2]

1. Chambre de combustion
2. Cheminée de bougie
3. Chapelle
4. Canalisations de refroidissement
5. Guide soupape
6. Rondelle d'appui du ressort
7. Communication avec le bloc
8. Siège de soupape
9. Plan de joint de culasse



1-2 vue en coupe de la culasse d'un moteur [2]

b) Le bloc-cylindres ou bloc moteur

Le bloc-cylindres est réalisé par moulage puis par usinage. Il est fait en fonte ou d'alliage en aluminium moulé. Il constitue le bâti du moteur dont la partie intérieure est usinée pour former les cylindres ou les logements de chemises s'il s'agit d'un moteur à chemises rapportées. L'eau de refroidissement circule librement à l'intérieur du carter-moteur. Sa partie supérieure est dressée pour former le plan de joint. La culasse vient s'appuyer sur le plan de joint supérieur pour coiffer les cylindres. [3]

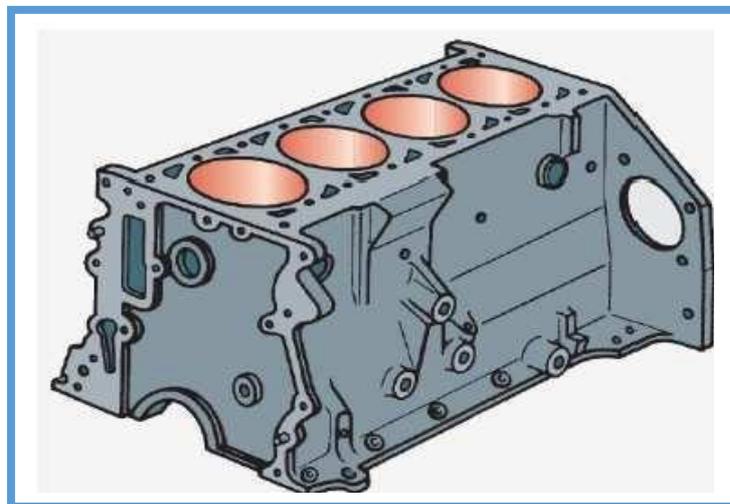


Figure 1-3. Bloc Cylindre non chemisé d'un moteur thermique [2]

C- Le carter d'huile

C'est une cuvette en tôle emboutie qui abrite le vilebrequin et les têtes de bielle. Il contient la réserve d'huile de graissage. Il peut être en alliage léger ou en acier moulé avec des nervures à l'extérieur pour assurer un bon refroidissement de l'huile chauffée par son passage dans le moteur. L'étanchéité entre le bloc-cylindres et le carter inférieur doit être parfaite. Elle est assurée par un joint plat en liège ou bien par un joint cylindrique, en caoutchouc synthétique ou en silicone, logé dans une gorge. [2]



Figure 1-4. Le carter d'huile [2].

1.1.3- Les organes mobiles

a) Le Piston

Le piston est l'organe qui, en se déplaçant dans le cylindre ou la chemise, transmet la poussée des gaz au vilebrequin par l'intermédiaire de la bielle. Il est en général moulé en matériau léger et doit être d'une bonne conductivité thermique comme les alliages d'aluminium.

La tête et le support d'axe, devant transmettre l'énergie mécanique, sont particulièrement renforcés. Le piston se compose d'une tête ou culot dont le diamètre doit être inférieur à l'alésage du cylindre (dilatation thermique incluse). L'étanchéité est assurée par des segments situés dans des gorges pratiquées sur le pourtour du piston. La partie inférieure ou jupe du piston doit assurer le guidage à froid comme à chaud avec un minimum de frottement. [2]



Figure I-5. Piston d'un moteur diesel avec cavité en forme oméga [2].

Afin de limiter la turbulence dans un moteur à allumage commandé et empêcher ainsi l'extinction de l'étincelle, la tête du piston est de forme plane. Cependant, la turbulence doit être assez importante dans un moteur à allumage par compression car elle favorise l'évaporation et la préparation du mélange homogène après l'injection du carburant liquide en réduisant les délais. Pour se faire, la tête du piston peut contenir différentes formes de cavités.

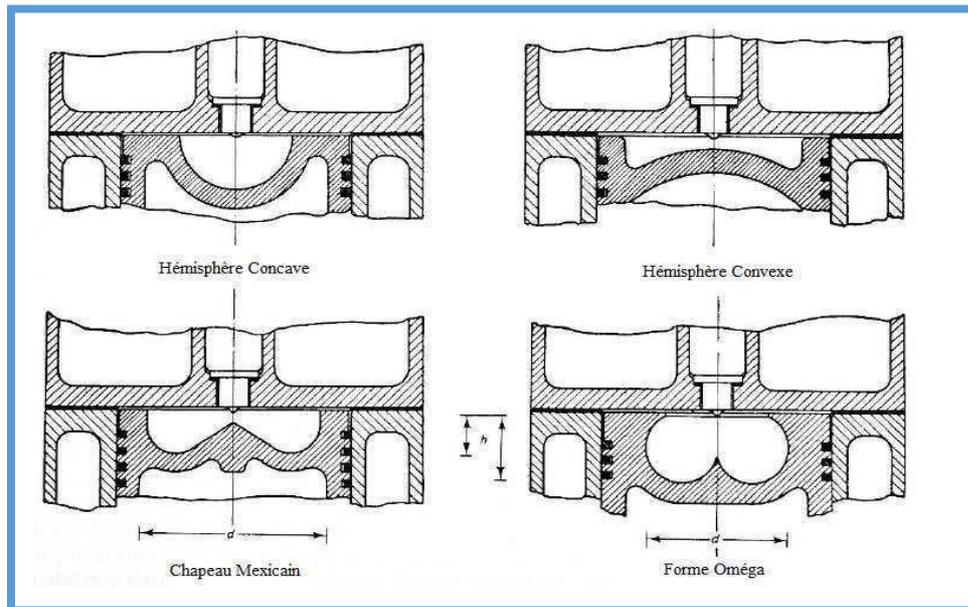


Figure 1-6. Forme de têtes de pistons utilisées dans les moteurs diesel [6].

b) Segments de piston

Les segments sont des anneaux brisés, de section carrée ou parallélépipédique. Ils doivent assurer des pressions radiales uniformes sur les parois du cylindre. Les segments pour moteur à 4 temps sont en général au nombre de trois :

- Segment coup de feu : en plasma-céramique il doit réaliser la première étanchéité et résister aux températures et pressions élevées.
- Segment d'étanchéité : en fonte spéciale, il assure l'étanchéité inférieure de la chambre de combustion en évitant à l'huile de remonter.
- Segment racleur : en alliage de fonte, il évite les remontées d'huile tout en laissant un film d'huile permettant la lubrification.

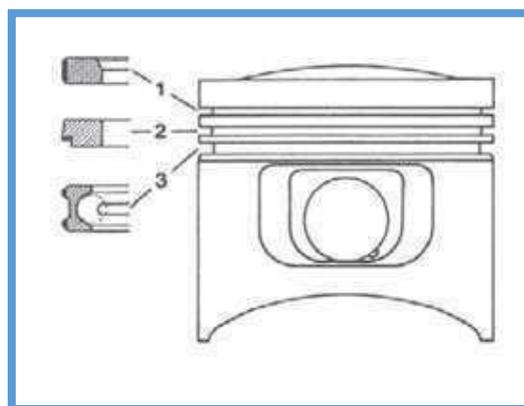


Figure 1-7. Segmentation du piston. [3]

c) Axe de piston

L'axe de piston est une pièce cylindrique qui lie le piston à la bielle. Il permet le mouvement oscillatoire piston-bielle pendant la rotation du moteur. L'axe transmet à la bielle la force de pression que reçoit le piston pendant la phase d'expansion des gaz brûlés.

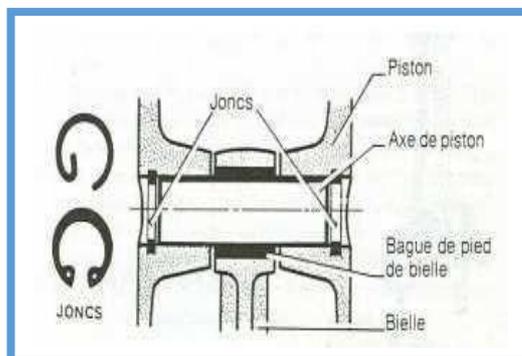


Figure I-8. Axe de piston [3].

d) La bielle

La bielle est une pièce mécanique dont une extrémité est liée au piston par un axe et l'autre extrémité au maneton du vilebrequin. Elle permet la transformation du mouvement rectiligne alternatif du piston en mouvement circulaire continu du vilebrequin. La bielle est en acier très résistant au nickel-chrome, parfois en acier mi-dur au carbone. On utilise également des bielles en alliage d'aluminium sur les moteurs poussés, en raison de sa grande légèreté. [3]



Figure I-9 La bielle [3].

La bielle se compose de trois parties :

Le pied : relié à l'axe du piston, soit généralement avec une bague en bronze emmanchée à force, soit dans certains cas avec une bague à aiguilles.

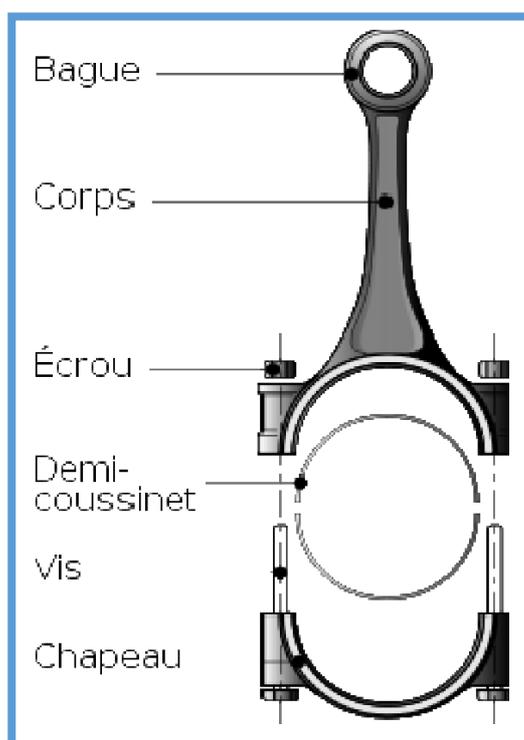
Le corps : c'est la partie comprise entre le pied et la tête. Il est de section en forme de "H" où "I" pour résister aux divers efforts de compression et de traction et pour éviter le flambement.

La tête : tourne sur le maneton du vilebrequin est coupée dans un plan perpendiculaire à l'axe de la bielle pour permettre la pose des coussinets et son montage sur le maneton du vilebrequin.

La partie inférieure qui vient coiffer le maneton est appelée chapeau. Ce dernier est généralement fixé par des boulons. La coupe peut être droite ou oblique par rapport à l'axe de la bielle.

Pour permettre le tourbillonnement sur le vilebrequin on peut utiliser : soit des roulements à aiguilles ; soit des coussinets minces. Dans le premier cas, il faut alors démonter le vilebrequin en plusieurs éléments pour retirer la bielle.

La longueur de la bielle désigne la distance entre l'axe de la tête et l'axe du pied. L'articulation de la tête de bielle avec le maneton de vilebrequin s'effectue par interposition d'un coussinet mince. Les coussinets minces permettent une bonne longévité et une bonne conductivité de la chaleur. Ils se présentent sous la forme d'un support en acier, laminé à froid, roulé en demi-cercle, recouvert d'une fine couche de métal antifricition.



. Figure I-10 vue éclaté d'une bielle [3]

e) L'arbre à cames

Un arbre à cames est un organe mécanique permettant de synchroniser plusieurs déplacements. Il s'agit d'un arbre muni de plusieurs cames. Il transforme le mouvement de rotation continu de l'arbre en un mouvement de translation alterné (par exemple d'une soupape), ou bien de rotation alterné (par exemple d'un culbuteur). L'arbre à cames est entraîné par le vilebrequin et est dotée de cames qui agissent sur les poussoirs des soupapes pour commander leur ouverture.



Figure 1-11. Arbre à cames [3].

f) Les soupapes

La soupape est un bouchon métallique en acier au Nickel, au Chrome ou au Tungstène dont le rôle est d'ouvrir et de fermer les orifices d'admission et d'échappement afin de permettre la compression, la combustion et l'évacuation des gaz brûlés. Elle se compose d'une tige et d'une tête.

-La tige : appelée aussi queue de forme cylindrique est raccordée à la tête par un congé à grand rayon pour diminuer les contraintes et renforcer ainsi la section dangereuse. La tige sert à guider la soupape lors de son mouvement rectiligne alternatif dans un guide qui est rapporté soit dans le bloc, soit dans la culasse.

-La tête : de forme tronconique, repose par une partie conique sur un siège pour assurer la fermeture et l'étanchéité de l'orifice d'admission ou d'échappement. La tête se caractérise par son angle de siège égal à 30° ou 45° selon les différents types de moteurs et peut être plate ou bombée.

Les soupapes sont fortement sollicitées au plan thermique. Même si elles bénéficient de l'effet refroidissant des gaz admis, une soupape d'admission peut facilement atteindre une température de service de 500°C . Sur une soupape d'échappement, la température peut monter jusqu'à 800°C . Les soupapes d'échappement sont parfois refroidies avec du sodium. Le sodium est incorporé dans la tige creuse et diffuse la chaleur de la tête de soupape vers la tige de soupape. La soupape est composée d'une tête et d'une tige.

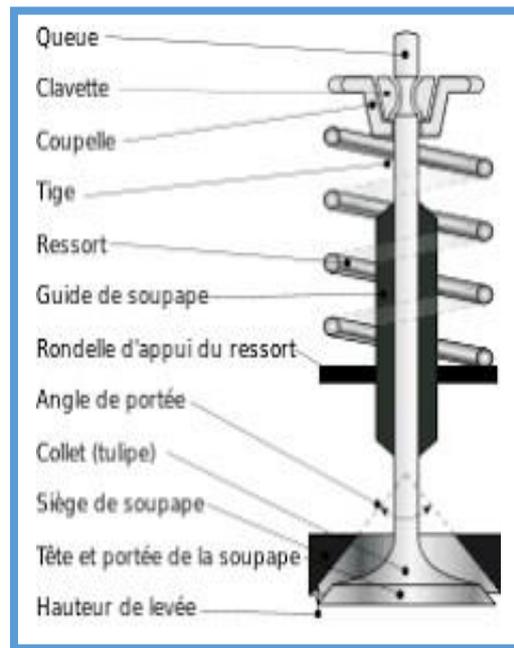


Figure 1-12. Mécanisme de Soupape [3].

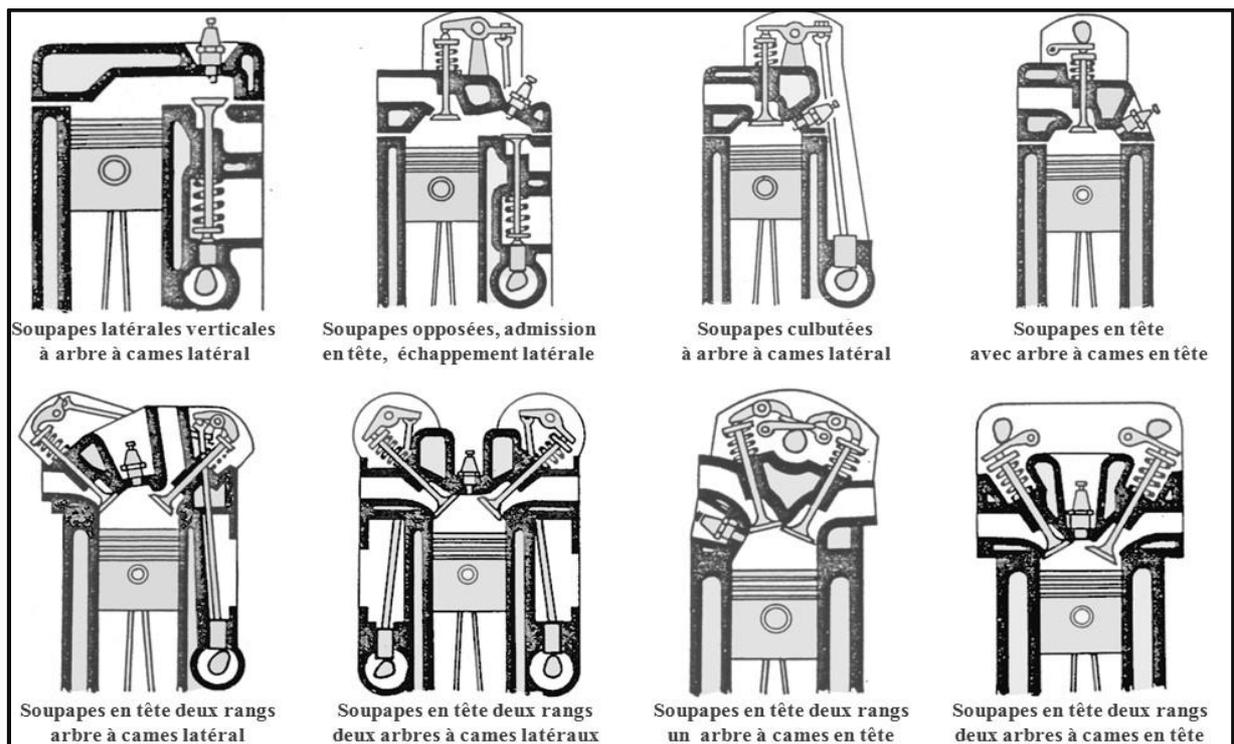


Figure 1-13. Disposition des soupapes et arbres à cames [3].

g) Le Vilebrequin

Le vilebrequin est la manivelle qui reçoit la poussée de la bielle et fournit un mouvement rotatif à partir du mouvement alternatif du piston. La force exercée par la bielle applique au vilebrequin un couple qui se retrouve au bout de celui-ci sous forme de couple moteur. A l'une des

extrémités du vilebrequin, le couple moteur est utilisé pour entraîner le véhicule. A l'autre extrémité, une fraction du couple disponible est prélevée pour entraîner les auxiliaires du moteur.

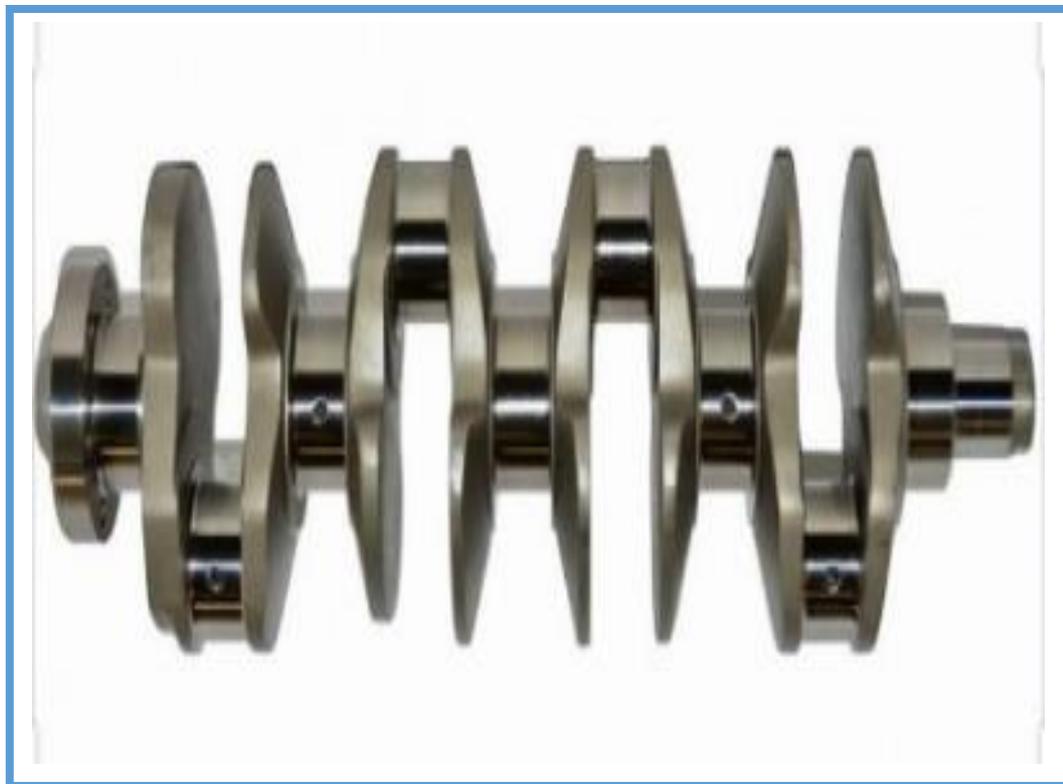


Figure 1-14 Le vilebrequin [3].

1.2- Principe de fonctionnement du moteur a quatre (4) temps

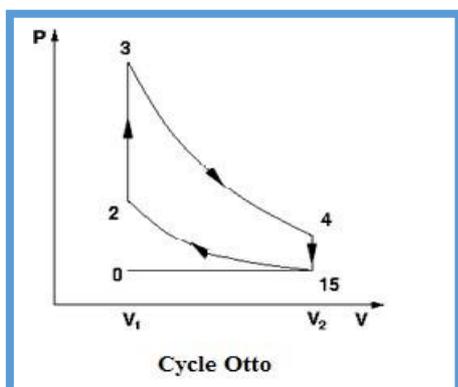
1.2.1 - Etude thermodynamique du cycle théorique

Les cycles thermodynamiques théoriques relatifs au moteur thermique ont été imaginés par Otto et diesel en prenant comme hypothèses :

- 1- La compression et la détente sont isentropiques.
- 2- La combustion dans les moteurs à essence se fait à volume constant.
- 3- La combustion dans les moteurs diesel se fait à pression constante.
- 4- La combustion est instantanée (sans délais).
- 5- L'écoulement dans la tubulure d'admission est sans pertes de charge.
- 6- Le balayage des gaz d'échappement est isochore.
- 7- L'écoulement dans le collecteur d'échappement est sans pertes de charge.

➤ **Le cycle Otto**

Le rendement du cycle étant le rapport de l'énergie utile sur l'énergie dépensée on peut donc noter :



0-1

Le piston descend du PMH-PMB(admission)

1-2

Le gaz est comprimé (compression)

2-3 et 3-4

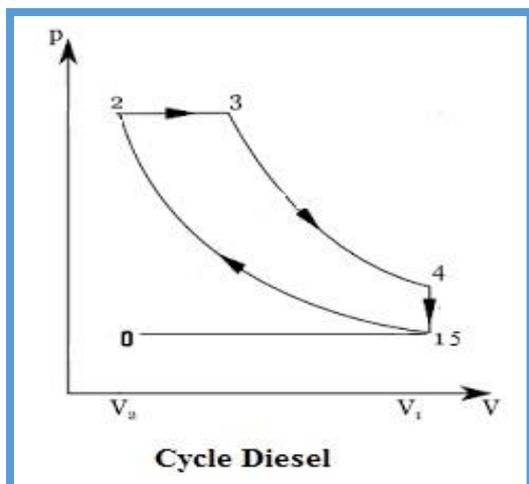
Explosion et détente

4-1 et 1-0

Échappement

Figure 1.15 le cycle Otto [4]

Le rendement du cycle étant le rapport de l'énergie utile sur l'énergie dépensée on peut donc noter :



0-1

Admission

01 et 23

Compression

2-3 et 3-4

Explosion et détente

4-1

Echappement

Figure.I-16 Le cycle Diesel [4]

1.2.2- Etude des phases de fonctionnement

Le moteur à quatre temps correspond à deux tours du vilebrequin pour effectuer le cycle complet. L'allumage peut être alors déclenché en provoquant une élévation locale de la température, créant ainsi un noyau enflammé, puis un front de flamme se propageant dans la chambre.

Le moment d'allumage est donc contrôlable, d'où la dénomination de ce type de moteur.

Phase d'admission : le piston descend et la soupape d'admission s'ouvre et le mélange homogène plus carburant s'engouffre dans le cylindre.

Phase de compression : la soupape d'admission se ferme et le piston remonte, le mélange air plus carburant est fortement comprimé dans le cylindre. Aux 9/10ème de la course du piston, un système électrique fait jaillir une étincèle au bec d'une bougie, et le mélange air/carburant s'enflamment aussi tôt : c'est le début de la combustion.

Phase de détente : les soupapes sont fermées, la combustion se poursuit la pression et la température augmentent et le piston est poussé avec violence vers le PMB.

Phase d'échappement la soupape d'échappement s'ouvre, le piston va du point mort bas vers le point mort haut en chassant les gaz brûlés vers le circuit d'échappement et le cycle recommence

Dans le cas d'un moteur à quatre cylindres chacun des pistons effectue les 4 phases décrites précédemment et est décalé de 180° par rapport aux autres pistons suivant un l'ordre d'allumage 1342. Ainsi, pendant que le premier piston est en fin de phase de compression, le troisième est en fin de phase d'admission début de compression, le quatrième en fin de phase d'échappement début d'admission et le deuxième en fin de phase de combustion début d'échappement [4].

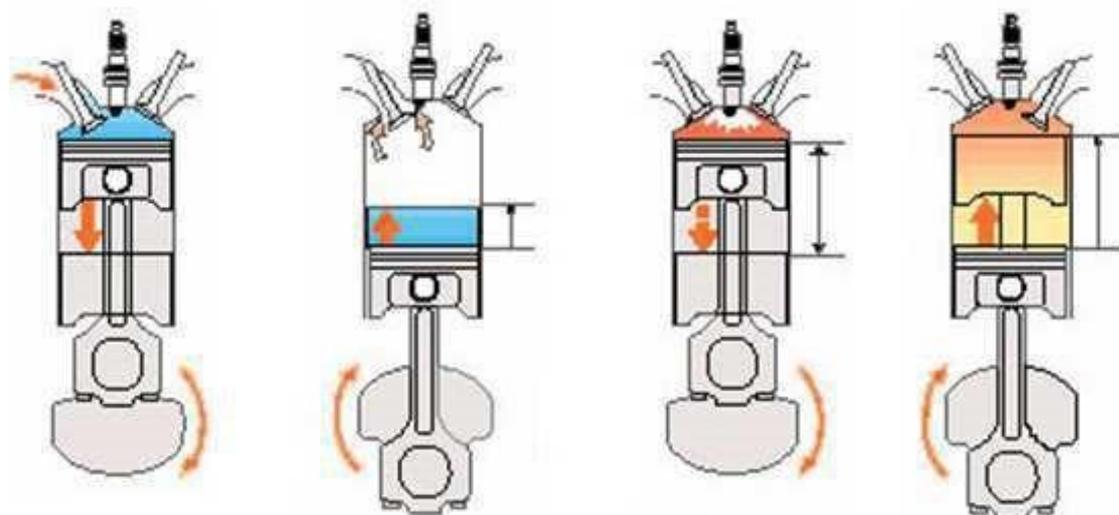
1.3- Les différents types de moteur

1.3.1- Moteur à allumage commandé (Moteur à essence)

Le moteur à essence est alimenté par un mélange air-essence et le dosage est réalisé soit par carburateur, soit dans le cylindre par injection directe ou indirecte. La quantité d'air admise est modulée par un papillon situé entre le carburateur et la tubulure d'admission. Le rapport entre la masse d'air et la masse de carburant est importante et constitue un indicateur de ce que l'on appelle la richesse du mélange carburé et est généralement de l'ordre de 16 :1.

À l'intérieur du cylindre, l'air et le carburant vaporisé se transforment en un mélange gazeux homogène et combustible.

Au voisinage du point mort haut un système électrique mis en place provoquer une étincelle électrique en un point de la chambre à l'aide d'une bougie d'allumage. [5]



L'admission

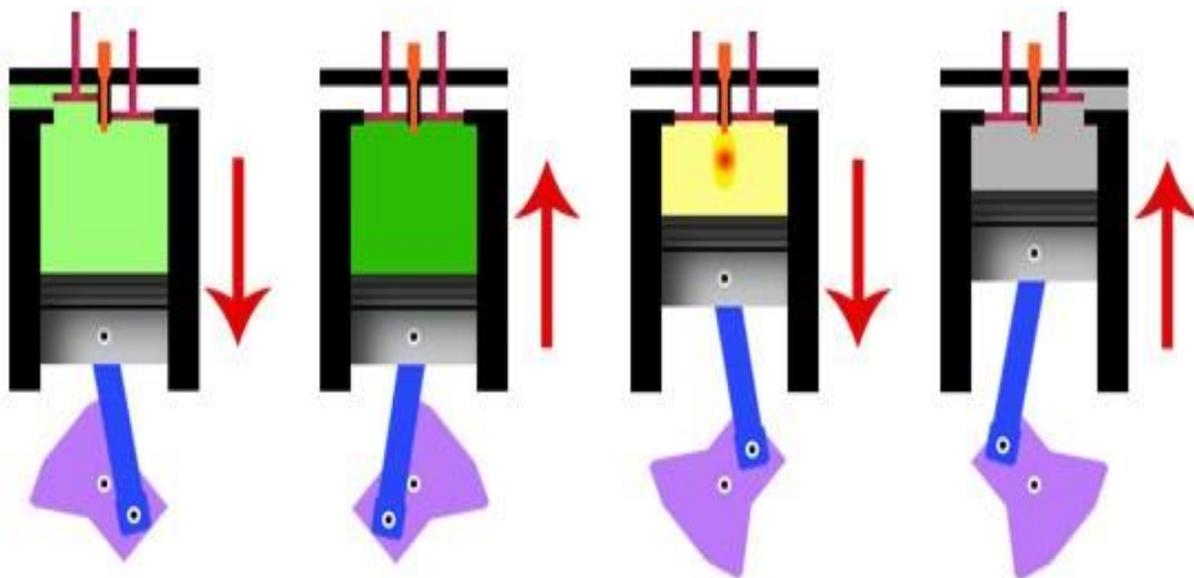
La compression

La détente

L'échappement

Figure I-17 Cycle à 4 temps dans un moteur à essence. [5]

1.3.2- Moteur à allumage par compression (moteur diesel)



L'admission

La compression

La détente

L'échappement

Figure I-18. Cycle à 4 temps dans un moteur diesel. [5]

Conçu par Rudolf Diesel à la fin du 19^{ème} siècle, le moteur diesel est un moteur à combustion interne dont l'allumage n'est pas commandé mais spontané par phénomène d'autoallumage (auto inflammation).

Pendant le temps de compression l'air est comprimé à une pression comprise entre 30 et 55 bars (moteurs atmosphériques) ou entre 80 et 110 bar (moteurs suralimentés par turbocompresseur) et simultanément chauffé à une température comprise entre 700 et 900 °C. Cette température suffit pour provoquer l'auto-inflammation du carburant injecté (gasoil, fuel lourd...) peu avant la fin de la compression au voisinage du point mort haut du piston.

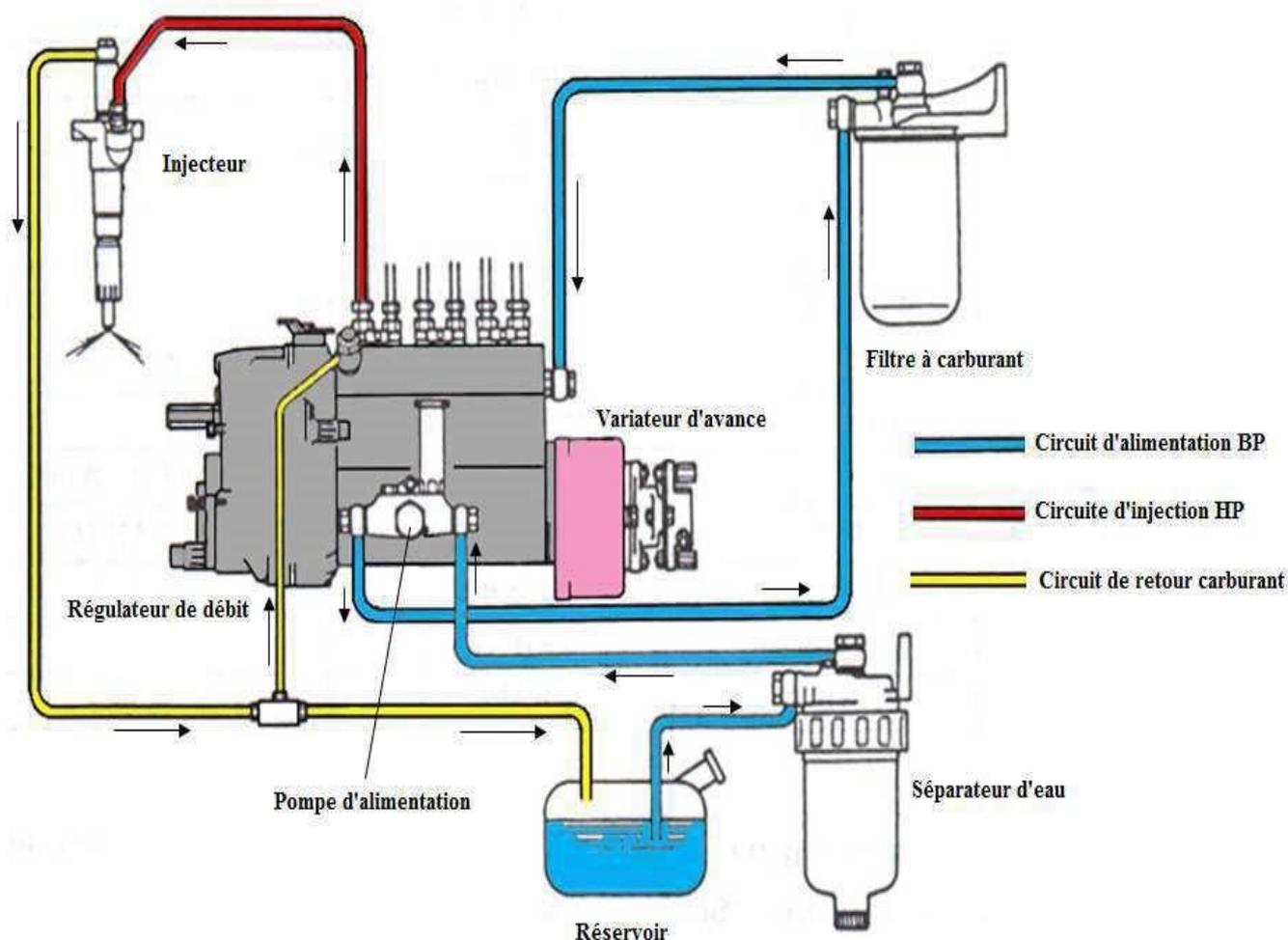


Figure I-19 Le système d'injection dans un moteur diesel. [5]

La figure (1-9) représente le circuit d'injection standard d'un moteur diesel à injection directe. Il s'agit d'un moteur doté de six cylindres alimentés par une pompe distributrice radiale à pistons. Le système d'injection se compose comme indiqué sur la figure du réservoir de carburant, d'un séparateur d'eau, d'un système de filtration, d'une pompe de distribution et d'injecteurs. Le pignon de la pompe distributrice est généralement entraîné par le moteur par le moyen de la chaîne de distribution un système d'engrenages. Elle est en outre, dotée d'un variateur d'avance et d'un régulateur d'avance.

1.3.3- Système à carburateur

1.3.4- Définition des concepts liés au carburateur

a) La carburation

La carburation est l'ensemble des opérations réalisant le mélange intime du carburant avec l'air dans des proportions précises afin d'obtenir une combustion rapide et complète.

Pour réaliser la carburation, il est nécessaire d'effectuer des opérations suivantes : dosage, vaporisation et homogénéité. [6]

b) Dosage

C'est la proportion de la quantité de carburant par rapport à l'air.

c) Vaporisation

C'est le processus de transformation de carburant de l'état liquide en état gazeux pour mélanger avec l'oxygène de l'air.

d) Homogénéité

Chaque molécule de carburant puisse être brûlée, elle doit être entourée des molécules d'oxygène.

L'homogénéité est réalisée par un brassage du mélange dans les tubulures d'admission et se terminant dans la chambre de combustion au moment de la compression.

1.3.5- Circuit d'alimentation

Pour réaliser le mélange l'air circule dans le corps du carburateur de l'amont vers l'aval. Le mélange s'effectue dans une zone appelée chambre de carburation (venturi). Le giclage de l'essence est limité par un gicleur principal.

Une réserve appelée cuve à niveau constant est munie d'un dispositif constitué d'un robinet pointeau actionné par un flotteur.

L'essence est amenée du réservoir par une pompe sous une légère pression. Lorsque l'essence est au niveau désiré dans la cuve, le flotteur en montant actionne le pointeau qui obture l'arrivée.

Dès qu'il y a consommation de carburant, le pointeau s'ouvre jusqu'à obtention du niveau requis.

Un trou de mise à l'air libre de la cuve permet à l'essence de s'écouler grâce à l'action de la pression atmosphérique.

1.3.6- Circuit de ralenti

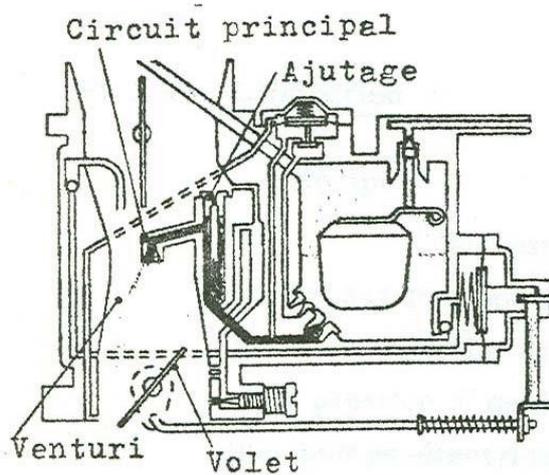


Figure 1.20 circuit de ralenti [7]

Au ralenti le papillon est quasiment fermé, la dépression dans la venturi est insuffisante pour amorcer le circuit principal.

Le circuit de ralenti débouche sous le papillon, le dosage est réalisé par un gicleur de ralenti (non présenté) pour l'essence et par l'entrebâillement du papillon pour l'air.

1.3.7- Circuit principal

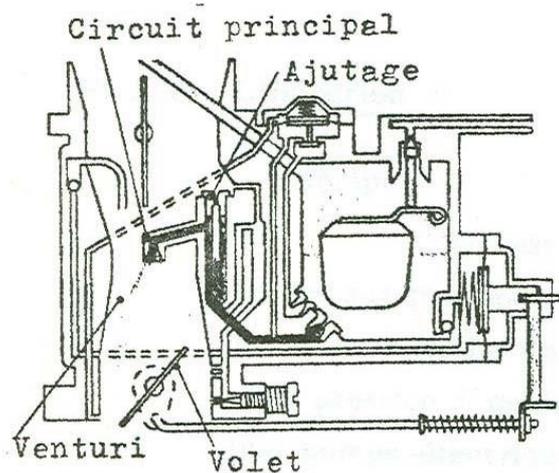


Figure 1.21. Circuit principal [7]

A une certaine ouverture de papillon, dans le diffuseur on a une augmentation de la dépression qui amorce le circuit principal. L'essence passe des cuves aux puits à travers le

gicleur principal qui en contrôlent le débit. Dans les puits on a un premier mélange, réalisé dans les tubes d'émulseurs, avec l'air contrôlé par le gicleur d'air.

Des puits le mélange arrive au venturi où commence la carburation avec l'air aspiré par les conduits d'admission.

1.3.8- Circuit de pompe de reprise

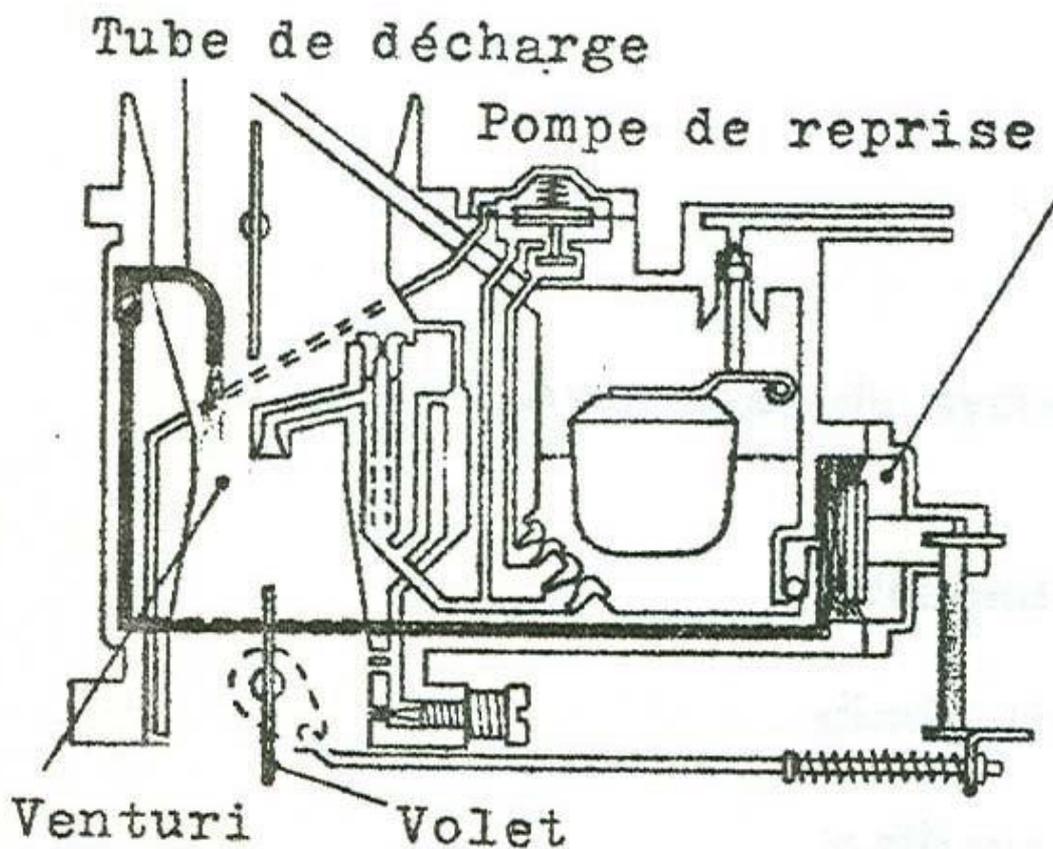


Figure 1.22. Circuit de reprise [7]

Lors d'une brusque accélération, le papillon s'ouvre très rapidement ce qui provoque un fort appel d'air et d'essence, mais du fait de la différence de densité l'arrivée d'essence est retardée. Le mélange risque de devenir pauvre, il faut l'enrichir.

C'est le rôle de la pompe de reprise ; actionnée mécaniquement par la commande du papillon elle envoie un surplus d'essence à chaque accélération.

.1.3.9- Circuit d'enrichissement de puissance

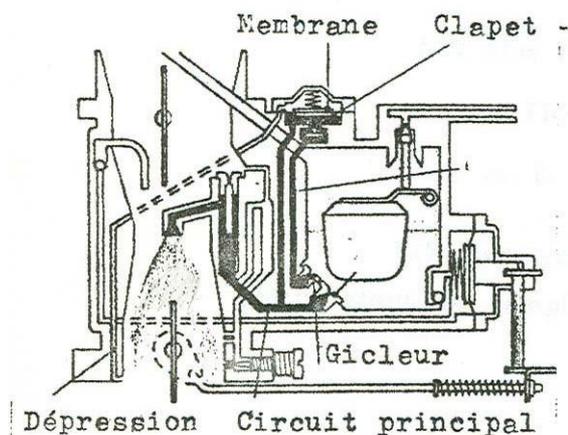
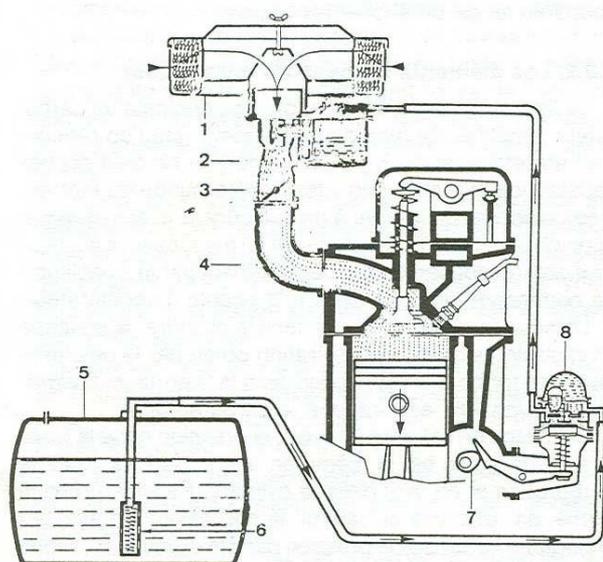


Figure 1.23. Circuit d'enrichissement de puissance [7]

Ce système qui entre en action pour les grandes ouvertures de papillon permet d'avoir un dosage de 1/12 et donc un gain en puissance.

Dans des conditions bien déterminées de charge et régime (effet du ressort > effet de la dépression) le gicleur d'enrichissement ajoute son débit à celui du circuit principal.

L'ouverture de ce gicleur est commandée par un clapet à membrane actionné par la dépression régnant dans la tubulure d'admission. [8]



1. Filtre à air
2. Carburateur
3. Papillon des gaz
4. Collecteur d'admission
5. Réservoir de carburant
6. Filtre à carburant
7. Excentrique sur arbre à cames

Figure 1. 24 circuit du carburateur dans le moteur [8]

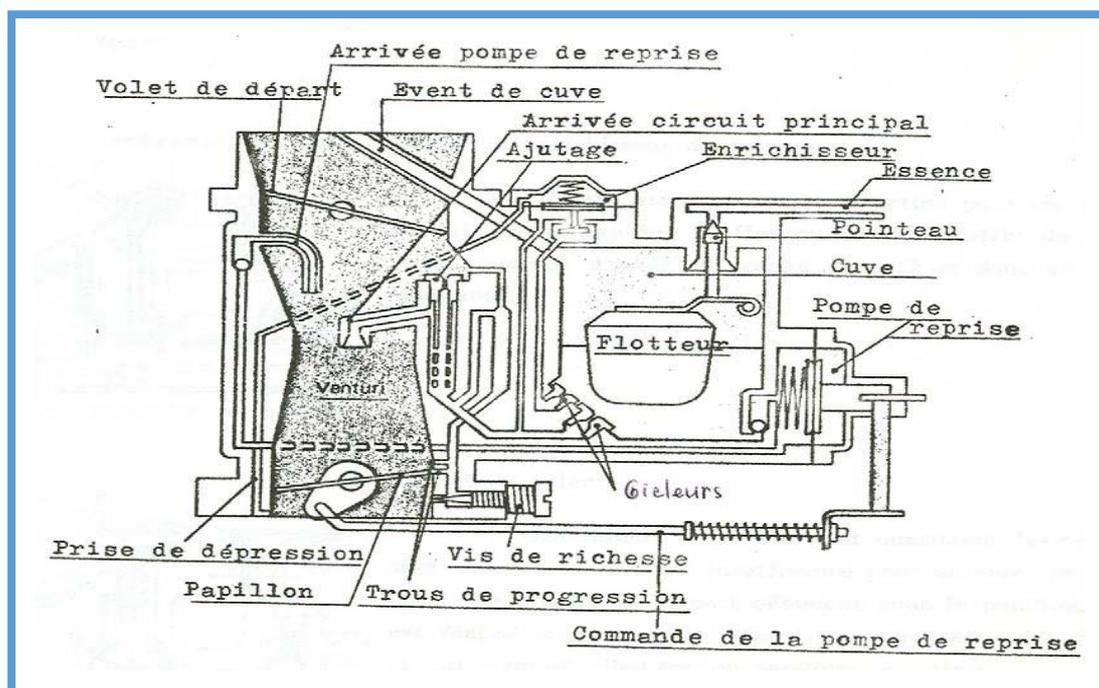


Figure 1.25 Circuits internes du carburateur [9]

1.4- Système d'injection

1.4.1- Principe de fonctionnement

L'injection d'essence consiste à introduire l'air par une tubulure d'admission de forte section et à injecter le carburant en amont plus près de la soupape d'admission (injection directe) ou directement dans le cylindre (injection directe). L'injection peut être continue ou discontinue, mécanique ou électronique. [10]

1.4.2- Avantages du système d'injection

- L'augmentation des performances du moteur (couple, puissance,).
- Economie de carburant grâce au dosage très précis.
- Diminution des émissions toxiques (meilleure combustion).
- Meilleur remplissage en air des cylindres donc souplesse accrue.

1.4.3- Différents systèmes d'injection

On peut classer les systèmes d'injection selon l'endroit où se fait l'injection du carburant dans l'air aspiré par le moteur :

- L'injection est directe si elle s'effectue dans la chambre de combustion du cylindre.
- L'injection est indirecte si elle a lieu dans la tubulure d'admission, plus ou moins près de la soupape d'admission, le jet d'essence étant dirigé vers la soupape.
- L'injection centralisée si elle se fait dans la partie du collecteur commune à tous les cylindres, à l'endroit qu'occuperait un carburateur.

On peut également différencier les systèmes d'injection par le dispositif de régulation :

Dans l'injection mécanique, la pompe entraînée mécaniquement par le moteur, effectue la mise en pression du carburant et dose le volume injecté.

Dans l'injection électronique, la pompe électrique, effectue l'alimentation du carburant sous pression ; les fonctions de dosage, régulation, injection sont totalement ou partiellement pilotées par une centrale électronique.

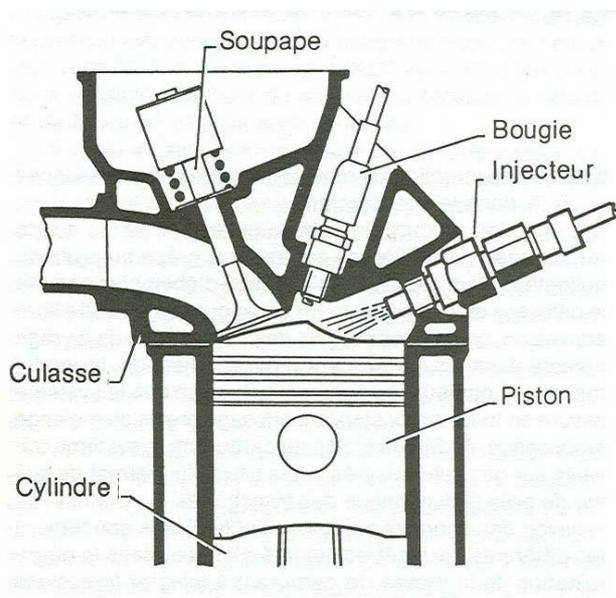


Figure 1.26 Injection directe [11]

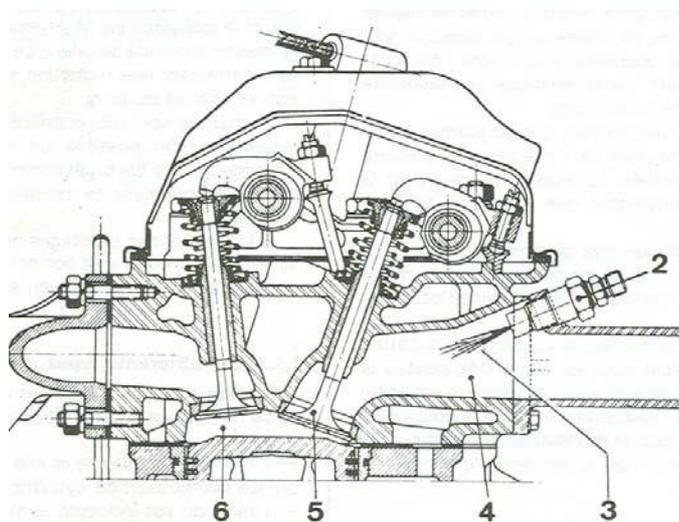


Figure 1.27 Injection indirecte [11]

Les plus répandus actuellement sont les systèmes Bosch :

- ❖ K-Jetronic : injection mécanique continue indirecte.
- ❖ L ou D-Jetronic : injection électronique discontinue indirecte.

❖ Le Motronic

1.4.5- Principe de l'injection K-Jetronic

L'air est dosé par un papillon placé dans la tubulure d'admission. Le carburant est calibré par un doseur dont le tiroir est commandé par le déplacement du débitmètre d'air placé dans la tubulure d'admission.

Le doseur reçoit le carburant d'une pompe électrique par l'intermédiaire d'un régulateur de pression.

Les injecteurs débitent en permanence un carburant dont la pression et le débit sont déterminés par le débit de l'air et sa pression absolue (≈ 4.6 bars).

Pour le départ à froid, un électro-injecteur unique injecte un supplément de carburant à l'entrée du collecteur d'admission

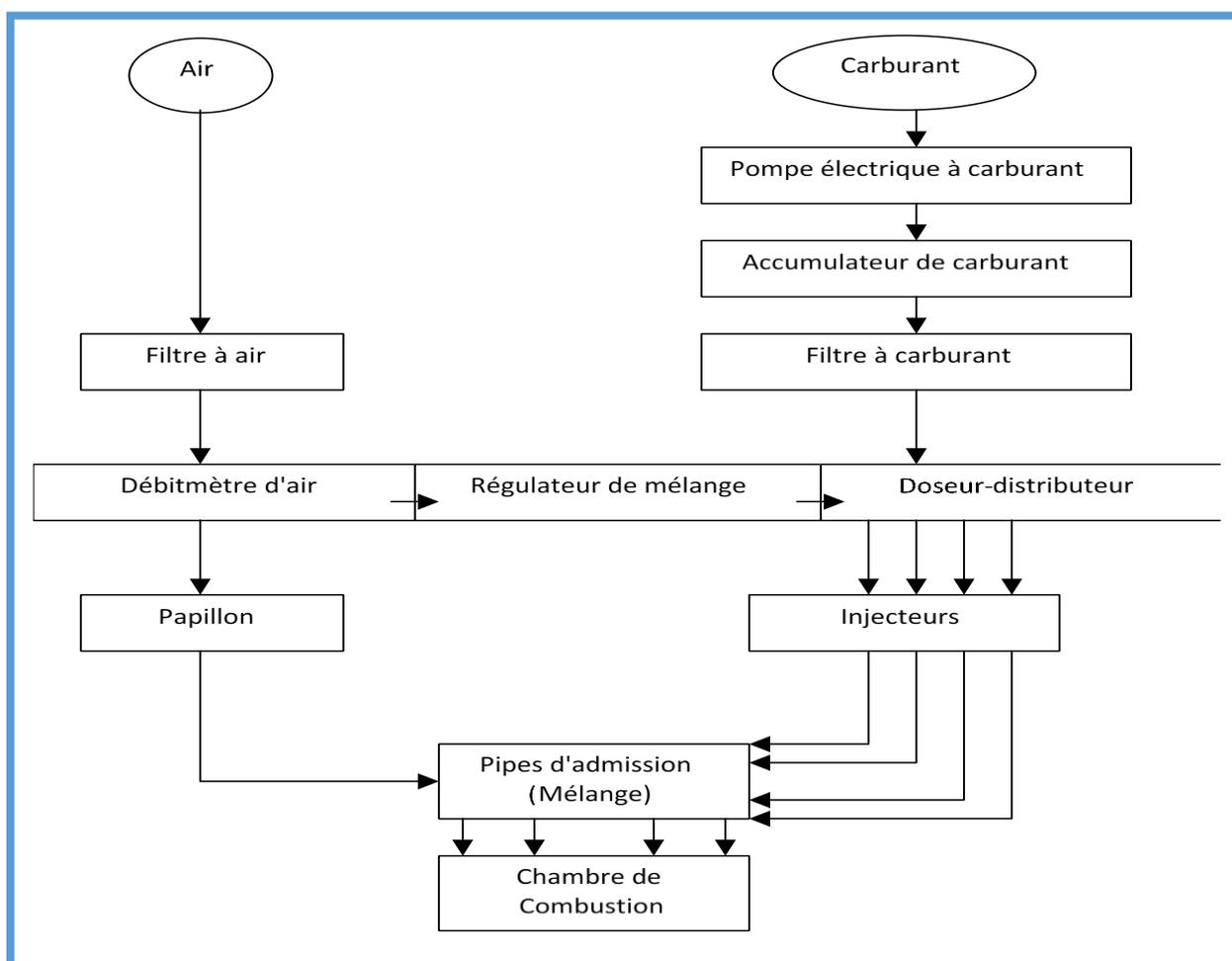


Figure 1.26 schéma de principe du système K-Jetronic [12]

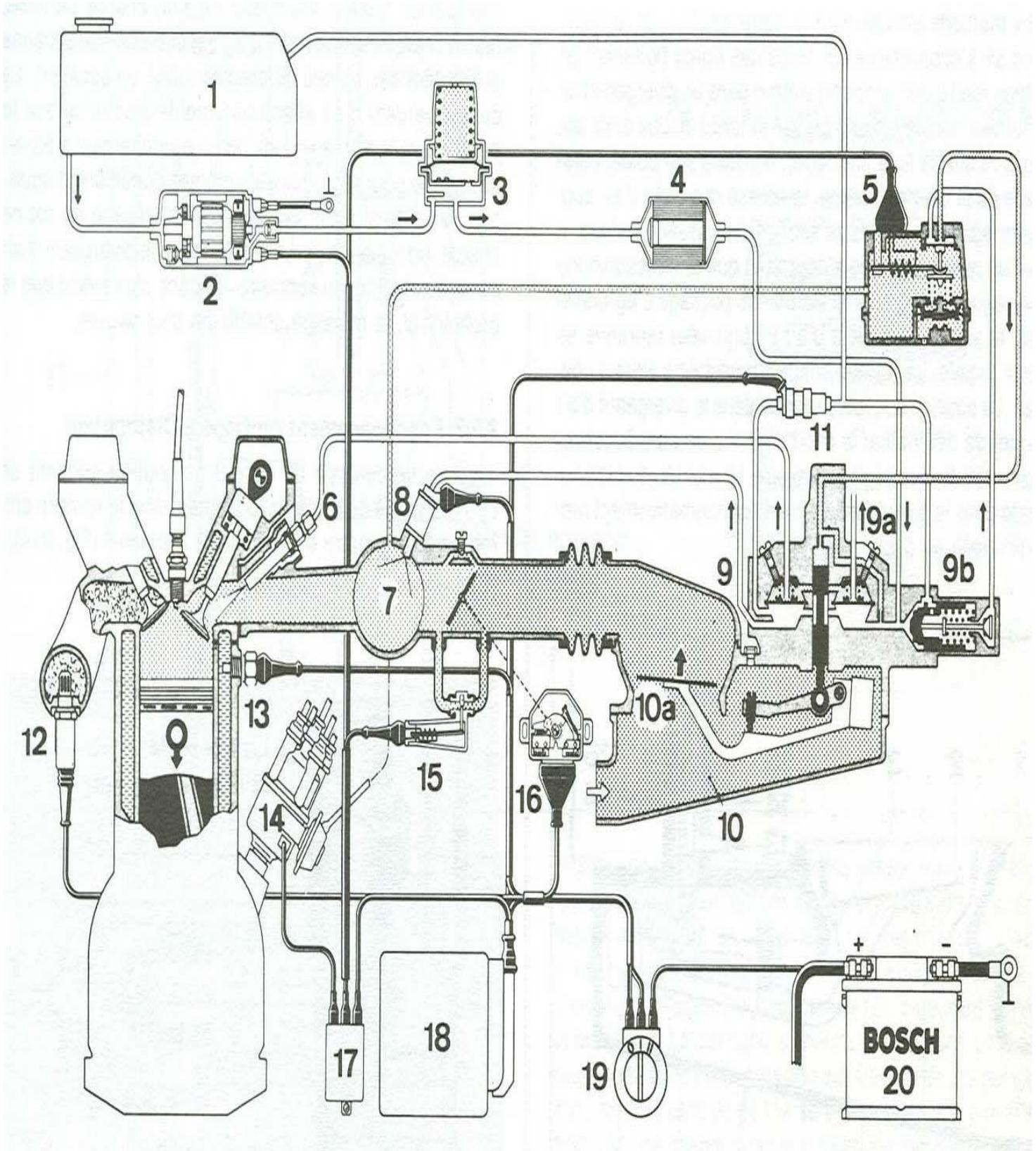


Figure 1.28 Système K-Jetronic[12]

1. Réservoir à carburant
 2. Pompe électrique à carburant
 3. Accumulateur de carburant
 4. Filtre à carburant
 5. Correcteur de réchauffage
 6. Injecteur
 7. Collecteur d'admission
 8. Injecteur de départ à froid
 9. Régulateur de mélange
 - 9a. Doseur-distributeur de carburant
 - 9b. Régulateur de pression d'alimentation
 10. Débitmètre d'air
 - 10a. Plateau-sonde
 11. Electrovanne de cadence
 11. Sonde Lambda
 12. Thermo contact temporisé
 13. Allumeur
 14. Commande d'air additionnel
 15. Contacteur de papillon
 16. Relais de commande
 17. Centrale de commande électronique
 18. Commutateur d'allumage-démarrage
 19. Batterie
- 1.4.6-- Principe de l'injection L-Jetronic**

Le débit de l'air est dosé par un papillon et mesuré par un débitmètre à potentiomètre placé dans la tubulure d'admission.

Le calculateur reçoit des informations sous forme de signaux électriques sur : le débit, la pression et la température de l'air, la température de l'eau, le déclenchement de l'allumage, la vitesse d'ouverture du papillon, la vitesse de rotation du moteur. Il transforme ces informations en une tension de commande des injecteurs électromagnétiques, dont le début, la durée et la fin d'injection sont fonction des paramètres d'entrée.

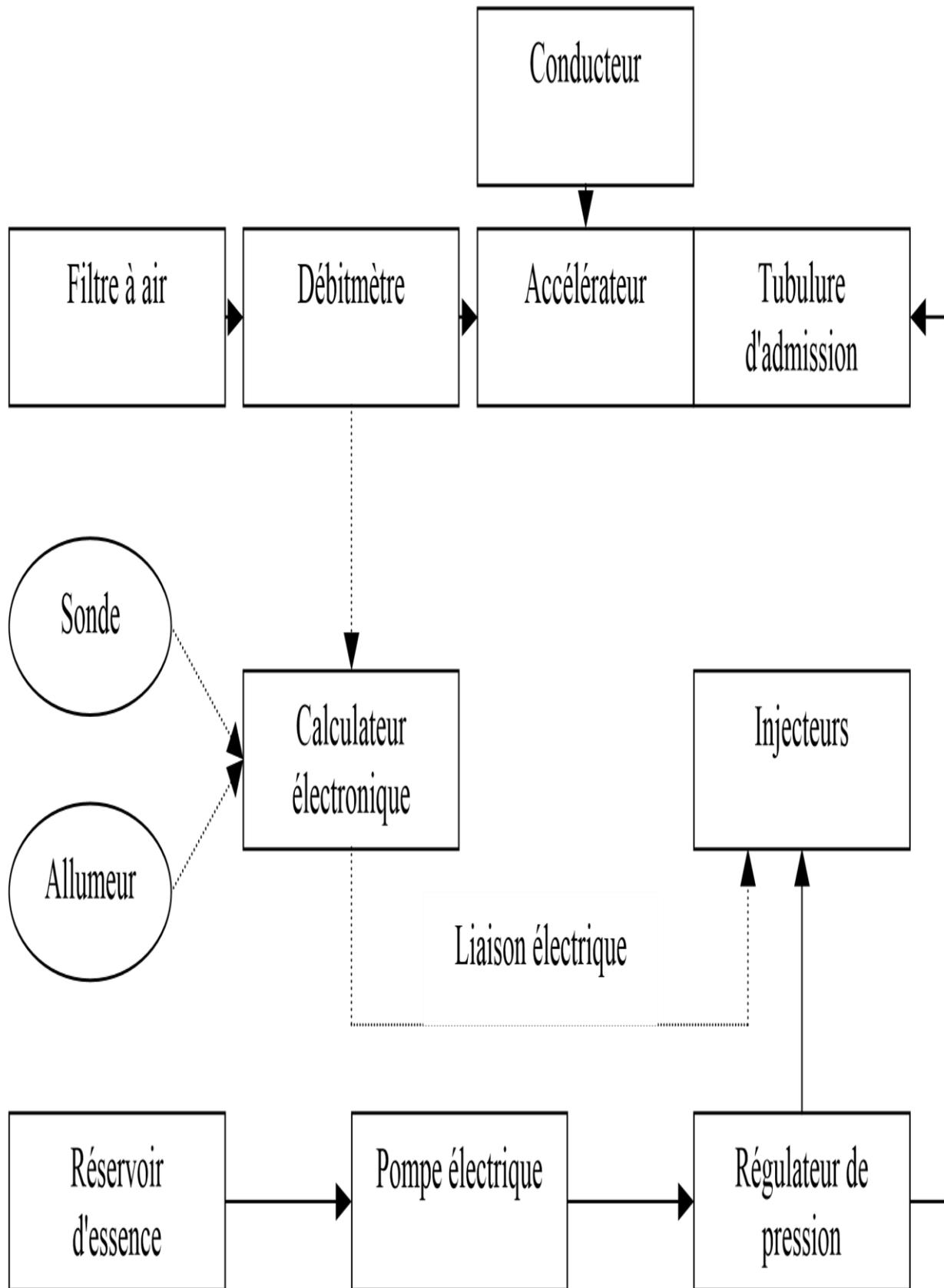


Figure 1.29 schéma de principe système L-jetronic[13]

1. Réservoir de carburant
2. Pompe électrique à carburant
3. Filtre à carburant
4. Rampe de distribution
5. Régulateur de pression
6. Appareil de commande électronique
7. Injecteur
8. Injecteur de départ à froid
9. Vis de réglage de la vitesse du ralenti
10. Contacteur de papillon
11. Papillon
12. Débitmètre d'air
13. Ensemble de relais
14. Sonde lambda
15. Sonde de la température du moteur
16. Thermocontact temporisé
17. Allumeur
18. Commande d'air additionnel
19. Vis de réglage de la richesse de ralenti
20. Batterie

1.4.7 Le système d'injection monotronic

Généralités

Le système monotonic dont le cerveau est le calculateur électronique numérique, a pour rôle de gérer à la fois le circuit d'allumage et celui d'injection.

Au point de vue injection, c'est un dispositif dit « multipoint » car chaque cylindre est alimenté par un injecteur propre.

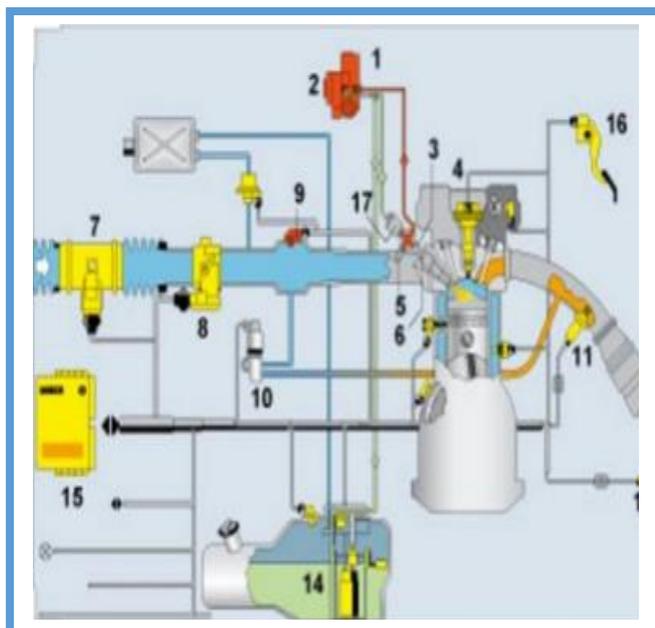


Figure 1.29 système monotronic

- 1- Pompe à carburant ;
- 2- Vanne de contrôle de débit ;
- 3- Galerie de carburant ;
- 4- Bobine d'allumage ;
- 5- Vanne limitation de pression ;
- 6- Soupape d'injection ;
- 7- Capteur de masse d'air avec capteur de température de l'air intégré ;
- 8- Corps papillon (EGAS) ;
- 9- Capteur de pression ;
- 10- Vanne (EGR) ;
- 11- Lambda large bande ;
- 12- Sonde lambda planétaire
- 13- Catalyseur ;
- 14- Groupe pompe à carburant base pression ;
- 15- Unité de commande ;
- 16- Pédale d'accélérateur électronique ;
- 17- Capteur haute pression ;

1.4.8- Le système VVT-i

a) Description et principe de fonctionnement

La distribution variable est une technologie permettant de faire varier plusieurs paramètres dans un moteur à combustion interne (en abrégé vvt pour variable valve timing), la durée d'ouverture et / ou la levée des soupapes d'admission et d'échappement. Ces paramètres varient essentiellement en fonction du régime du moteur, de la charge et de la demande d'accélération

b) critique du système

- **Avantages**
 - Couple important à bas régime ;
 - Une forte puissance à haut régime
 - Un meilleur rendement ;
 - Une moindre pollution.
- **Inconvénients**
 - Moteur fragile ;
 - Résiste peu au chauffage ;
 - Nécessite un suivi rigoureux.

1.4.7- Autres critères de classification des moteurs

En dehors du type de combustible utilisé il existe d'autres critères pour classer les moteurs à combustion interne à savoir [14]

Tableau 1.1 autres critères de classification des moteurs [14]

Critères de classification	Dénomination des moteurs
Disposition des cylindres	-Moteur en ligne -Moteur en V -Moteur a cylindres opposés
Cycle de travail	-Moteur à quatre temps -Moteur à deux temps
Systèmes d'allumage	-Moteur à allumage commandé -Moteur a auto-allumage (moteur Diesel)
Systèmes d'alimentation en carburant	-Moteur à carburateur -Moteur à injection
Mode de refroidissement	-Moteur à refroidissement par eau -Moteur à refroidissement par air
Mouvement des pistons	-Moteur à course de piston rectiligne -Moteur à piston rotatif
Système de distribution : disposition et commande des soupapes	-Moteur à soupapes latéral -Moteur « culbuté » (avec commande des soupapes par culbuteurs ou basculeurs) -Moteur à soupapes et arbre a cames en tête -moteur multisoupapes (exemple : 4par cylindre)
Remplissage des cylindres	-Moteur atmosphérique -Moteur suralimenté
Carburant utilisé	-Moteur à essence -Moteur Diesel -moteur à gaz (GPL ou GNV) -Moteur polycarburants (exemple essence et gaz)
GPL : gaz pétrole liquide* GNV : gaz naturel véhicule*	

1.4.8- Comparaison du moteur essence et du moteur diesel

Il s'agit ici de ressortir quelques différences entre un moteur essence et un moteur Diesel

Tableau 1.2 comparaison du moteur Diesel et essence [14]

Paramètres	Moteurs à Essence	Moteurs Diesel
Désignation	Moteur à allumage commandé par bougie	Moteur à allumage par compression
Carburant	A l'extérieur par carburateur, Par injection indirecte mono-point où Multipoints. A l'intérieur par injection directe.	A l'intérieur par injection directe ou indirecte
Allumage	Explosion d'une charge homogène	Auto-inflammation d'une charge hétérogène
Carburant	Fractions légères d'hydrocarbures Octane C_8H_{18} , Gazoline C_8H_{17}	Fractions lourdes d'hydrocarbures Cétane $C_{16}H_{34}$, heptane C_7H_{16}
Cylindrée (cm ³)	800, 1000, 1100, 1200, 1400, 1600, 1800	1500, 1600, 1800, 1900, 2000, 2200,...
Piston	Plat	Creux
Formation du mélange	Qualitative	Qualitative
Taux de compression	Faible entre 1 et 10	Elevé entre 15 et 23
Turbulence	A Limiter à cause de l'étincelle	A favoriser pour la préparation de la charge
Corps d'admission	Carburateur ou Papillon motorisé + Starter pour démarrage à froid	Système d'injection avec pompe à injection ou injecteur pompe.

Cycle théorique	Otto, Beau de Rochas	Cycle Diesel (combustion à volume cte)
Coefficient d'excès d'air	Entre 0,6 et 1,3	> 1
Flamme	Pré-mélange	Diffusion
Combustion	A volume constant	A pression constante et à volume constant
Puissance	Varie en fonction de la masse de la charge introduite dans le cylindre	Varie en fonction de la masse de carburant injectée dans la chambre de combustion
Rendement thermique	Fonction du taux de compression	Fonction du taux de compression et du taux d'introduction d'air
Pression en fin de compression	Varie avec la variation de la masse Introduite (10~15 bar)	Ne varie pas (moteur atmosphérique) (20~30 bar)

Chapitre 2

REVUE DE LA LITTÉRATURE

INTRODUCTION

Dans ce chapitre, il est essentiellement question de faire une synthèse de certains travaux qui ont déjà été effectués sur les bancs didactiques sur le thème que nous étudions, ont nous renseigner sur l'état actuel de la conception des bancs didactiques. Pour cela, nous organisons le travail en trois grandes parties d'abord nous ferons une synthèse sur les bancs didactiques existantes, ensuite les travaux qui se rapproche le plus de notre projet, pour enfin terminer par une synthèse générale.

2.1 ETUDE DES SOLUTIONS EXISTANTE ET CRITIQUES

2.1.1 Etat de l'art

2.1.2- Solution 1 :

Nom de la solution : Banc didactique moteur essence à quatre cylindres avec carburateur

Auteur : autodidac France

Photo de la solution :



Figure 2- 1 solution autodidac 1[17]

❖ **Présentation de la solution :**

Il s'agit ici d'un banc didactique moteur essence avec moteur reconditionner en état de fonctionnement normal monté sur châssis en acier équipé des plots antivibratoire en caoutchouc. Chaque pied est équipé de roulettes en caoutchouc.

❖ **Exploitation pédagogique**

Cet équipement pédagogique permet de réaliser les travaux pratiques(TP) suivants :

- Etude du fonctionnement d'un moteur essence sans charge ;
- Simulation de pannes ;
- Opération de réparation sur un moteur réel ;
- Opérations de démontage et d'assemblage ;

❖ **Spécifications techniques**

- ✓ Moteur essence FIAT 4 cylindres ;
- ✓ Arbre à cames en tête ;
- ✓ Allumage électronique ;
- ✓ Cylindrée : 1000 cm³ ;
- ✓ Réservoir de carburant ;
- ✓ Filtre à combustible ;
- ✓ Batterie avec système électrique correspondant ;
- ✓ Silencieux ;
- ✓ Commande d'accélérateur ;
- ✓ Clé de démarrage ;
- ✓ Compte tour en tr /min ;
- ✓ Ecran de contrôle de la température d'eau ;
- ✓ Voltmètre ;
- ✓ Indicateur de charge de l'alternateur ;
- ✓ Indicateur de pression d'huile ;
- ✓ Radiateur avec ventilateur/électro-ventilateur ;
- ✓ Grilles de protection.

❖ **Critique du banc didactique moteur essence a quatre cylindres avec carburateur**

- **Avantages**

- banc didactique mobile ;
- Opération de réparation réel possible sur ce banc didactique ;
- Opération de démontage et d'assemblage possible sur ce banc didactique.

- **Inconvénients**

- Cout d'acquisition très élevé
- Cout d'entretien et de maintenance très élevé

2.1.3- Solution 2

Nom de la solution : Banc didactique de moteur 4 cylindres diesel à injection indirecte

Auteur : autodidac France



Figure 2.2 solution autodidac 2[17]

❖ **Présentation de la solution**

Ce banc didactique de moteur Diesel avec moteur Diesel reconditionné en fonctionnement, est monté sur un châssis en acier équipés de quatre roulettes en caoutchouc avec frein. Ce banc didactique possède un moteur Diesel NISSAN de 2500cm³ turbo Diesel injection directe réf 9080

❖ **Exploitation pédagogique**

Cet équipement pédagogique permet également de réaliser les travaux pratiques suivants :

- Etude du fonctionnement d'un moteur diesel sans charge ;
- Simulation des pannes liées au fonctionnement du Diesel ;
- Opération de réparation sur un moteur Diesel réel ;
- Opération de démontage et d'assemblage sur un moteur Diesel.

❖ **Spécification techniques du moteur**

- Moteur Diesel 4 temps Nissan à 4 cylindres ;
- Injection direct ;
- Arbre à cames en tête ;
- Pompe à injection rotative ;
- Réservoir de carburant ;
- Filtre à combustible ;
- Batterie avec système électrique correspondant ;
- Silencieux ;
- Commande d'accélérateur ;
- Clé de démarrage ;
- Ecran de contrôle de la température ;
- Compte tour en Tr/min ;
- Voltmètres ;

- Indicateur de pression d'huile ;
- Indicateur de charge de l'alternateur ;
- Radiateur avec ventilateur /électro –ventilateur ;
- Réservoir de liquide de refroidissement ;
- Grille de protection ;
- L'ensemble sera placé sur un support à roues pivotantes facilitant tout déplacement de celui-ci

❖ Critiques du Banc didactique de moteur 4 cylindres diesel à injection indirecte.

- **Avantages**

- déplacements facile du banc didactiques ;
- possibles de faire plusieurs TP concernant d'autres domaines de l'automobile (électricité, circuit de refroidissement etc...)

- **Inconvénients**

- Coût d'acquisition très élevé ;
- Ne permet pas aux apprenants de voir le fonctionnement intérieur du moteur ;
- Risque d'être abimé par les apprenants du fait du caractère sensible et délicat du banc ;

2.1.4- Solution 3 :

Nom de la solution : Banc didactique du moteur essence 4 cylindres en coupe avec boîte de vitesse-5000

Auteur : prodidac France

Photos de la solution :



Figure 2.3 solution prodidac 3[18]

❖ Description de la solution

Ce banc didactique en coupe effectué sur un moteur 4 temps et a 4 cylindres entrainé par un moto réducteur 220V tournant à vitesse donnée permettant ainsi à l'élève d'observer et de comprendre facilement le fonctionnement des différents organes mécaniques constituant l'ensemble du moteur.

❖ Spécification techniques du banc didactique en coupe

- Moteur essence FIAT 4 cylindres ;
- Arbre à cames dans le carter, entrainement par chaine ;
- soupapes en tête ;
- allumage par batterie ;
- carburateur ;
- embrayage mono disque à sec ;
- Boite à 4 vitesses + marche arrière.

❖ Critique banc didactique du moteur essence 4 cylindres en coupe avec boite de vitesse-5000

- Avantages

-Ce banc permet à l'apprenant d'observer et de comprendre facilement le fonctionnement des différents organes mécaniques constituant l'ensemble du moteur.

- **Inconvénients**

-Coût d'acquisition très élevé ;

-coût d'entretien et de maintenance très élevé ;

-Banc délicat pour des apprenants peut expérimenter.

2.1.5- Solution 4 :

Nom de la solution : Banc didactique de moteur à combustion interne avec boîte de vitesse

Auteur : Auteur Lycée Technique de NKOLANDOM

Photos de la solution



Figure 2.4 solution lycée technique de Nkolandom

❖ Description de la solution

Ce banc a été conçu par le lycée Technique de Nkolandom pour permettre aux apprenants de réaliser des travaux pratiques en atelier. Sa particularité est que ce banc

didactique permet à l'apprenant de voir le fonctionnement interne du moteur, le dispositif de graissage. Sa limite, ce pendant est que ce banc ne dispose de la partie électrique pour montrer la combustion du mélange.

❖ **Spécification techniques du banc didactique en coupe**

- Moteur essence 4 cylindres ;
- Arbre à cames dans le carter, entraînement par chaîne ;
- soupapes en tête ;
- allumage par batterie ;
- carburateur ;
- Boite à 4 vitesses + marche arrière.

❖ **Critique banc didactique du moteur essence 4 cylindres en coupe du lycée de NKOLANDOM**

• **Avantages**

- Ce banc permet à l'apprenant d'observer et de comprendre facilement le fonctionnement des différents organes mécaniques constituant l'ensemble du moteur.
- De voir le fonctionnement intérieur du moteur

• **Inconvénients**

Ce banc didactique ne permet pas à l'étudiant de voir exactement le circuit de la production des étincelles, comment le mélange air + essence est brûlé dans le moteur

2.1.6-- Solution 5 : Nom de la solution : Banc didactique de moteur à combustion interne sur support.

Auteur : Auteur Lycée Technique bilingue de NKOLBISSON

Photos de la solution :



Figure2.5 Solution lycée technique nkolbisson



Figure 2.6 Solution lycée technique Nkolbisson

❖ **Description de la solution**

Ce banc didactique équipe les ateliers du lycée technique de Nkolbisson et permet aux apprenants de réaliser des travaux pratiques en atelier, ce banc didactique permet à l'apprenant de comprendre le fonctionnement du moteur. La limite de ce banc est qu'il ne met pas en évidence l'apprentissage de la partie électrique du moteur.

❖ **Spécification techniques du banc didactique en coupe**

- Moteur essence Toyota Corolla 1.8 ;
- Arbre à cames dans le carter, entraînement par chaîne ;
- soupapes en tête ;
- allumage par batterie ;
- carburateur ;
- embrayage mono disque à sec ;
- Boîte à 4 vitesses + marche arrière.

❖ **Critique banc didactique du moteur essence 4 cylindres en coupe du lycée Technique de Nkolbisson**

• **Avantages**

- Ce banc permet à l'apprenant de faire des travaux pratiques sur le moteur ;
- De réaliser et simuler les différentes de maintenance sur le moteur ;
- De voir le fonctionnement du moteur.

• **Inconvénients**

- Banc didactique obsolète n'utilise pas les technologies actuelles ;
- Délicat ce qui réduit fortement la durée de vie du banc ;
- Coût d'acquisition très élevé.

2.2- Etude de la solution la plus proche de notre projet de construction d'un banc didactique de mci

La solution N°5 effectuée par le lycée technique de Nkolbisson est la solution qui se rapproche le plus de notre projet de construction de banc didactique, sauf que ce banc didactique comporte beaucoup d'imperfections entre autres, le fait que ce banc n'est plus d'actualité c'est-à-dire n'utilise pas les technologies du moment, le coût d'acquisition est très élevé.

2.2.1- Présentation de l'apport de notre banc didactique du moteur à combustion interne en construction

L'étude d'un certain nombre de bancs didactiques nous a permis de relever quelques limites de ces bancs didactiques ; il s'agira alors pour nous de présenter des solutions qui permettront de construire un banc didactique ayant un rendement pédagogique le plus acceptable possible.

Il s'agira alors pour nous d'apporter quelques modifications notamment :

- Notre banc utilisera la technologie la plus récente qui équipe les moteurs essence aujourd'hui (vvt-i) ;
- Notre banc sera équipé des systèmes électroniques les plus récentes ;
- Notre banc didactique aura un coût de fabrication le plus bas possible en utilisant les matériaux de récupérations pour certains composants que celui-ci soit accessible à tout type d'établissement scolaire ;
- Notre banc didactique sera mobile donc facilement déplaçable dans les ateliers ou pendant les séances de travaux pratiques, il sera équipé des roulettes ;
- Notre banc comportera une prise OBD2 pour réaliser des opérations de contrôles et de diagnostic ;
- Notre banc donnera la possibilité aux apprenants de réaliser des quelques TP sur le circuit de la direction assistée

2.3- Enquêtes sur les utilisations des bancs didactiques automobiles dans les lycées d'enseignement technique.

Une enquête a été réalisée pour mieux cerner le contexte et le niveau d'utilisation des bancs didactiques des moteurs combustion interne dans le processus d'enseignement - apprentissage dans le milieu scolaire Camerounais. Pour cela nous avons décidé prendre de façon aléatoire trois régions du pays à savoir la région du Centre, la région du Sud et la région du Nord ;

Selon les chiffres de l'inspection national en charge de l'enseignement de la mécanique Automobile au niveau du secondaire et les résultats des différentes descentes effectués dans les établissements scolaires il en ressort que :

a) Région du Centre

Le résultat de l'enquête sur l'existence des bancs didactique pour la région du Centre est le suivant :

Tableau 3.1 Enquête sur l'existence des bancs didactique dans la région du Centre

N°	ETABLISSEMENTS	NOMBRE DE BANC DITACTIQUE	NOMBRE DE BANC DIDACTIQUE FONCTIONNEL
1	LTB DE NKOLBISSON	13	03
2	CETIC DE NGOA- EKELE	03	01
3	LT DE MONATELE	03	02
4	LT DE SA'A	01	00
5	LT DE BAFIA	02	01
6	LT DE BAFIA LAMBATA	00	00
7	LT KIKI	00	00
8	LT DE NANGA EBOKO	00	00
9	LT DE MBANDJOCK	00	00
10	LT ESSEKA	01	00
11	LT AKONOLINGA	01	01
12	LT AKON	00	00
13	CETIC NKONGOA	01	01
14	LT MBALMAYO	02	02
15	LT NGOMEZAP	01	01
	TOTAL	28	12

b) Région du Sud

Le résultat de l'enquête sur l'existence des bancs didactique pour la région du Sud est le suivant :

Tableau 3.2 Enquête sur l'existence des bancs didactique dans la région du Sud

N°	ETABLISSEMENTS	NOMBRE DE BANC DIDACTIQUE	NOMBRE DE BANC DIDACTIQUE FONCTIONNEL
1	LT EBOLOWA	00	00
2	LT NKOLANDOM	01	01
3	LT AKAK ESSATOLO	00	00
4	LT DE SANGMELIMA	10	02
5	LT DE DJOUM	00	00
6	LT MINTOUM	00	00
7	LT DE CAMPO	00	00
8	LT KRIBI	01	01
9	LT NIETE	00	00
10	LT AMBAM	01	00
11	CETIC DE SANGMELIMA	00	00
12	CETIC DE NDOKO	00	00
13	CETIC DE NGOULEMAKONG	00	00
TOTAL		13	04

c) Région du Nord

Le résultat de l'enquête sur l'existence des bancs didactique pour la région du Nord est le suivant :

Tableau 3.3 Enquête sur l'existence des bancs didactique dans la région du Nord

N°	ETABLISSEMENTS	NOMBRE DE BANC DIDACTIQUE	NOMBRE DE BANC DIDACTIQUE FONCTIONNEL
1	LT DE GAROUA BIBEMIRE	01	01
2	LT DE GAROUA DJAMBOUTOU	02	01
3	LT DE MANADAMA	00	00
4	LT BIDZAR	01	01
5	LT DE FIGUIL	02	02
6	LT DE LAGDO	01	01
	TOTAL	07	06

2.3.1- Récapitulatif de l'enquête

➤ **Pour la région du Centre**

Il en ressort pour la région du Centre qu'il existe 15 établissements scolaire d'enseignement technique possédant la mécanique Automobile et dispose de 28 bancs didactiques pour l'ensemble de la région donc 12 sont encore fonctionnel pour près de 2300 apprenants au secondaire en mécanique automobile tous niveau confondu.

➤ **Pour la région du Sud**

Il en ressort pour la région du Sud qu'il existe 13 établissements scolaire d'enseignement technique possédant la mécanique Automobile et dispose de 13 bancs didactiques pour l'ensemble de la région donc 04 sont encore fonctionnel pour près de 1300 apprenants au secondaire en mécanique automobile tous niveau confondu.

➤ **Pour la région du Nord**

Il en ressort pour la région du centre qu'il existe établissements scolaire d'enseignement technique possédant la mécanique Automobile et dispose de 07 bancs didactiques pour l'ensemble de la région donc 06 sont encore fonctionnel pour près de 1000 apprenants au secondaire en mécanique automobile tous niveau confondu.

Conclusion

Parvenu au terme de ce chapitre où il était question de faire une synthèse de certains travaux qui devraient nous renseigner sur l'état actuel de la fabrication et l'utilisation des bancs didactiques, il ressort que l'ensemble des études menées par nos prédécesseurs confirment l'importance de ce thème dans le domaine pédagogique. Nous avons constaté que la plupart des bancs didactiques examinés sont en très mauvais état de fonctionnement, nous devons donc intégrer l'aspect maintenance dans la conception de notre banc didactique. Dans la suite de notre travail, nous présenterons la section : matériels et méthodes.

Chapitre 3

ETUDE ET CONCEPTION DU BANC DIDACTIQUE

Tout au long de ce chapitre sera présenté l'ensemble des études nécessaires à la conception de notre banc didactique. Ainsi dans cette articulation, la première partie sera réservée aux études d'ordre général ainsi que les différentes mises en situations et poser des hypothèses pour y arriver. La deuxième partie est réservée à l'élaboration des calculs permettant la conception de notre banc. Et la troisième aux choix du matériau et des formes adéquates pour la réalisation de notre banc didactique.

3.1 Aspect général du banc didactique en conception

3.1.1 Moteur en conception en 3D

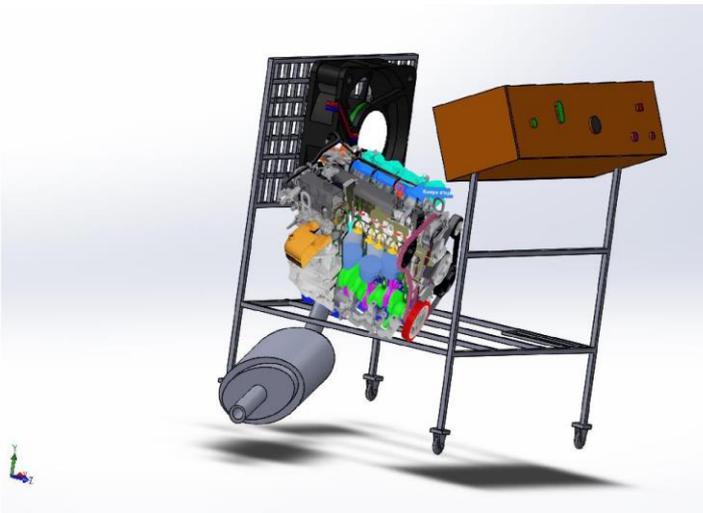
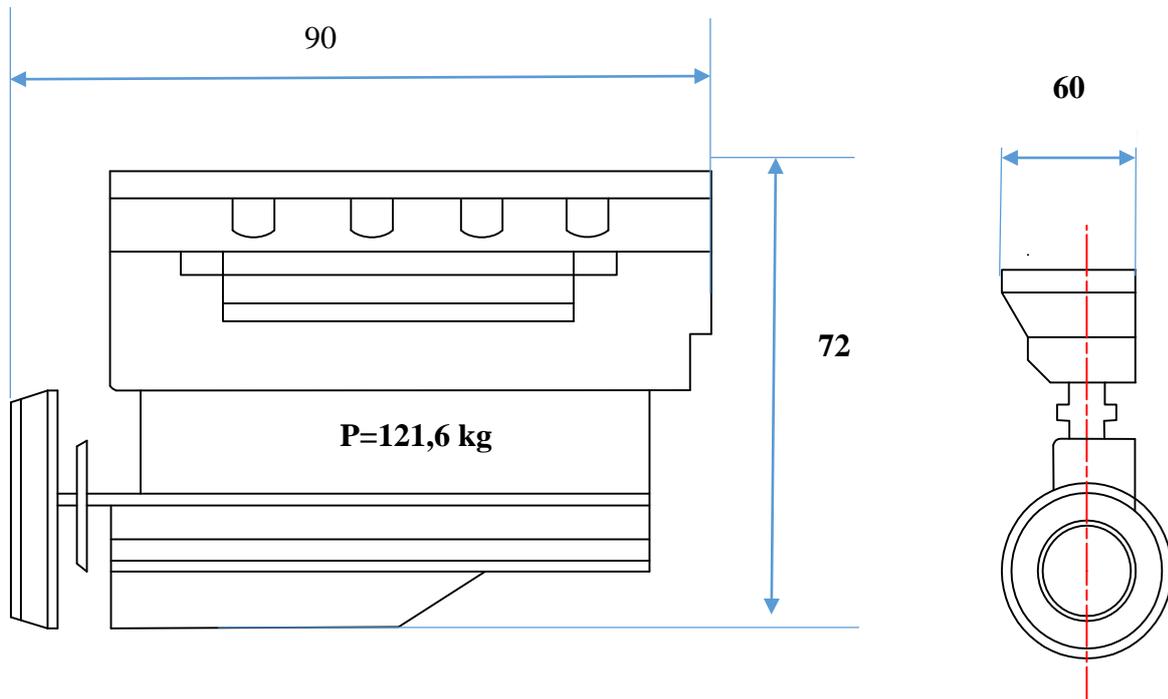


Figure 3.1 Moteur en conception en 3D

3.1.2-Mise en situation des caractéristiques du moteur



3.2-- Etude du banc ou berceau du moteur

Introduction

Le socle du banc permet de recevoir et de maintenir le moteur stable pour une bonne fixation du moteur et supporter son poids, la plupart des cas, le moteur est robuste et doit être facilement déplaçable. Sa conception doit tenir compte de nombreux paramètres mécaniques et de résistance des matériaux

3.3-Etude des matériaux du châssis

3.3.1- banc en cornière

3.3.2- Définition

Une cornière est une barre métallique courbée en équerre. On l'emploie dans de nombreux domaines, très utilisée en mécanique, leur gabarit est normalisé. On les fabrique par compression encore appelé laminage. La cornière permet l'assemblage ou la fabrication d'une structure telle que notre banc didactique de moteur à combustion interne.

3.3.3- Quelques types de cornières

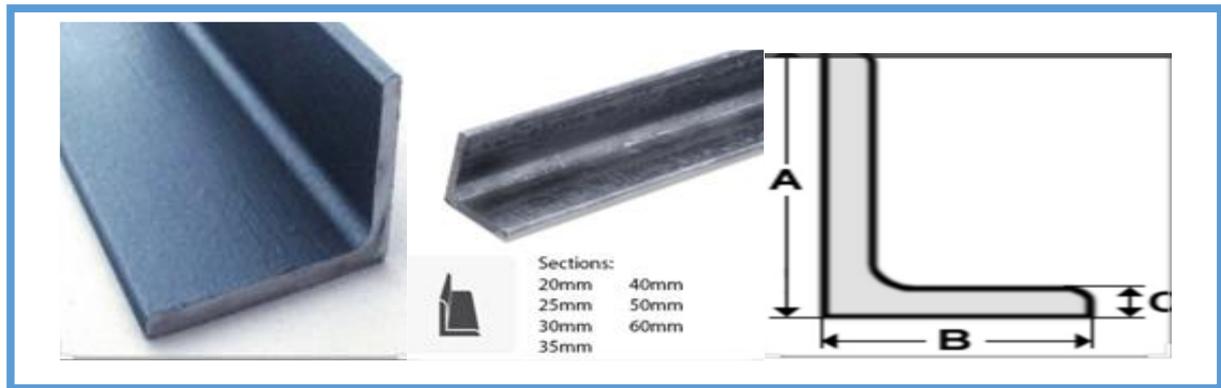


Figure 3.2. Caractéristiques de la cornière

3.3.4- Quelques caractéristiques des cornières

Les cornières sont des produits sidérurgiques en acier fabriqués soit par laminages (compression) à chaud, soit par pliage à froid à partir des tôles minces (pour de petites sections, dites à parois minces)

Les cornières sont destinées à la fabrication d'éléments de construction assemblés ou soudés

3.3.4- quelques dimensions usuelles des cornières

Tableau 3.1 dimensions usuelles des cornières

Largeur 1 (mm)	Largeur 2 (mm)	Epaisseur (mm)	Poids (kg/m)
16	16	3	0,69
20	20	3	0,88
25	25	3	1,12
30	30	3	1,36
35	35	26	97
40	40	27	101
45	45	28	104
50	50	35	128

3.4-Banc en tube carrée

Les tubes carrés sont aussi appelés profil creux. Ils sont fabriqués par formage d'un produit plat laminé à chaud ou à froid, dont les rives sont ensuite soudées. Ils ont une facilité à se déformer et une bonne soudabilité pour la plupart des cas fabriqué en acier.

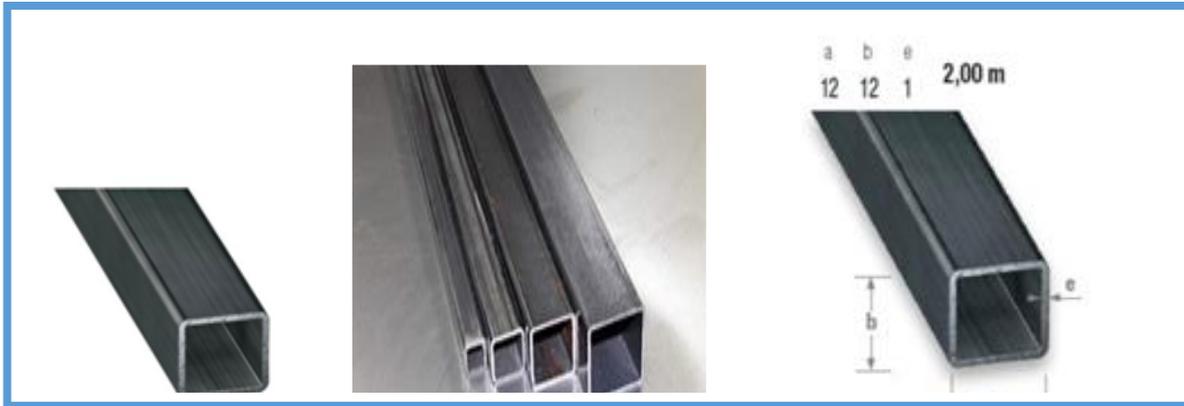


Figure 3.4 caractéristiques du tube carré[16]

3.4.1- -Quelques caractéristiques ses tubes carré

En acier très utilisés par les bricoleurs, le tube carré s'oxyde peu et n'est pas altéré par les températures basses jusqu'à -20° . Il peut supporter de lourdes charges et résistes parfaitement bien aux chocs. Le tube carré peut donc être retenu parmi nos solutions pour la confection de notre banc didactique.

3.4.2- banc en tube cylindrique

L'utilisation des tubes cylindriques à un avantage considérable pour les bancs car le profil rond laisse glissé de l'air le long de son enveloppe le tube peut être de plusieurs façons et reste généralement esthétique.

3.4.3- Caractéristique des tubes rond



Figure 3.5 caractéristiques du tube rond [16]

Dans le souci de concevoir un banc didactique de moteur à combustion interne capable de remplir toutes les fonctions requises, il sera nécessaire de choisir un matériau adéquat capable de supporter les charges et vibrations correspondantes.

Ensuite il faudra concevoir les formes et le squelette géométrique qui remplissent les fonctions demandées.

Et par la suite déterminer les quantités de matières nécessaires pour réaliser ces formes et assurer une résistance sans dommage du banc à tous les efforts auxquels il sera soumis pendant son service.

Ce dimensionnement fait appel à des calculs qui prévoient le comportement du banc didactique dont la conception doit réunir les meilleures conditions d'économie et d'esthétique.

Ce calcul sera donc axé sur les principes et objectifs suivants :

- Eviter la rupture du banc didactique ;
- Permettre les déformations excessives possible du banc ;
- De faire des économies sur la matière d'œuvre.

3.5-Hypothèses

- L'étude sera limitée aux solides assimilable à une poutre ;
- Toutes les forces extérieures exercées sur la poutre sont contenus dans un plan symétrique ;
- Des vibrations seront considérées au niveau le plus élevé que le moteur peut fournir pendant les calculs.

3.5.1-Etude des sollicitations soumis à notre banc didactique

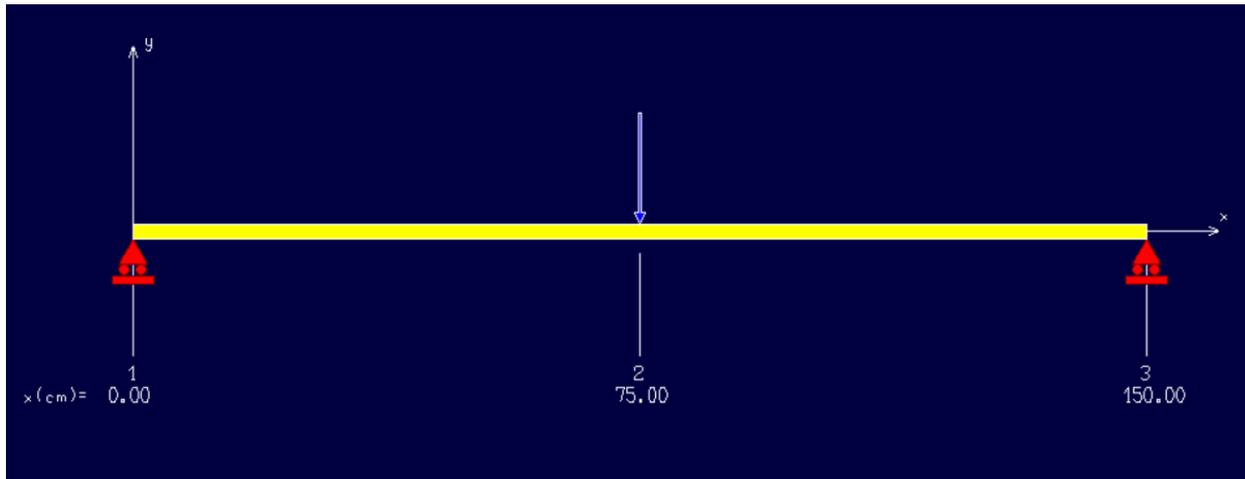


Figure 3.6 Etude des sollicitation soumis au band

d) Flexion d'une poutre droite

-Données du problème

- Matériau choisi : acier
- Nom du matériau = Acier 45 SCD 6
- Module de Young = 220000 MPa
- Masse volumique = 7850 kg/m³
- Limite élastique = 1450 MPa

b) Nœuds [cm] :

Nœud 1 : x = 0.000

Nœud 2 : x = 75.000

Nœud 3 : x = 150.000

e) Section(s) droite(s)

Nœuds 1 --> 3

- Cornière à ailes égales : c=40.0 e=4.0

Aire = 3.08 cm²

- Moment quadratique : $I_z = 7.09 \text{ cm}^4$
- Fibre supérieure : $v_y = 28.28 \text{ mm}$ $W_{el.z} = 2.51 \text{ cm}^3$
- Fibre inférieure : $v_y = 28.28 \text{ mm}$ $W_{el.z} = 2.51 \text{ cm}^3$

Poids de la structure = 0.04 kN ($g = 10.00 \text{ m/s}^2$)

d) Liaison(s) nodale(s)

Nœud 1 : Flèche = 0

Nœud 3 : Flèche = 0

e) Cas de charge(s)

- Charge nodale : Nœud = 2 $F_y = -121.60 \text{ kN}$ $M_z = 0.00 \text{ kN.cm}$

f) Résultats

- Déplacements nodaux [cm]
- Nœud Flèche Pente

1	0.000000	-62.834480
2	-54.833428	0.000000
3	0.000000	62.834480

Dy maximal = 7.20994E-15 cm à x = 150.000 cm

Dy minimal = -5.48334E+01 cm à x = 75.000 cm

g) Efforts intérieurs [kN kN.cm MPa]

Ty = Effort tranchant Mfz = Moment fléchissant Sxx = Contrainte normale

Nœud	Ty	Mfz	Sxx
1	-60.80	0.00	0.00
2	-60.80	4560.00	18194.76
2	60.80	4560.00	18194.76
3	60.80	-0.00	-0.00

Moment fléchissant maximal = 4560.00 kN.cm à 75.000 cm

Moment fléchissant minimal = -0.00 kN.cm à 150.000 cm

Contrainte normale maximale = 18194.76 MPa à 75.000 cm

Contrainte normale minimale = -18194.76 MPa à 75.000 cm

h) Action(s) de liaison [kN kN.cm]

Nœud 1 $F_y = 60.80$

Nœud 3 $F_y = 60.80$

i) Informations sur le calcul

Pivot minimal = 3.11853564000000E+0004

k) Différents graphes

- Flèche

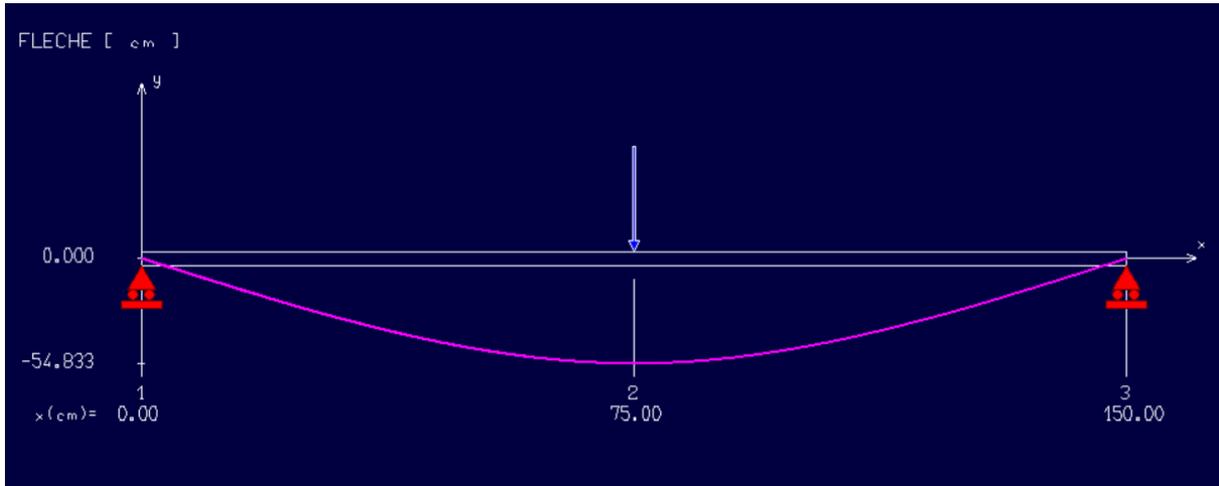


Figure 3.7 flèche

- Pente

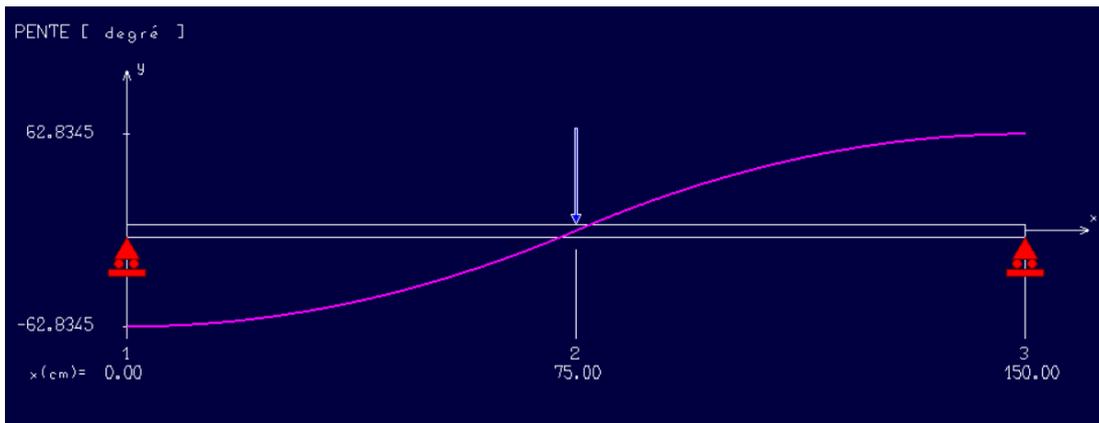


Figure 3.8 pente

Effort Tranchant

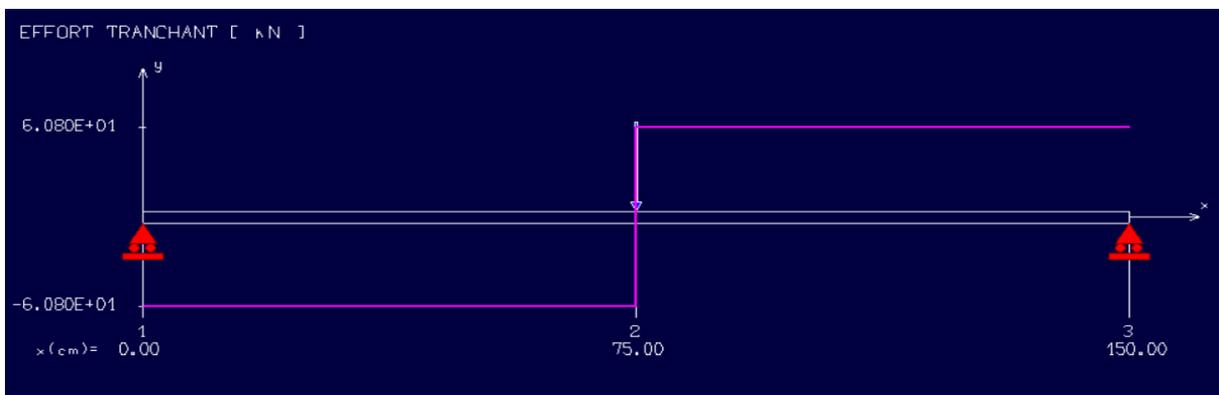


Figure 3.9 effort tranchant

- **Moment Fléchissant**

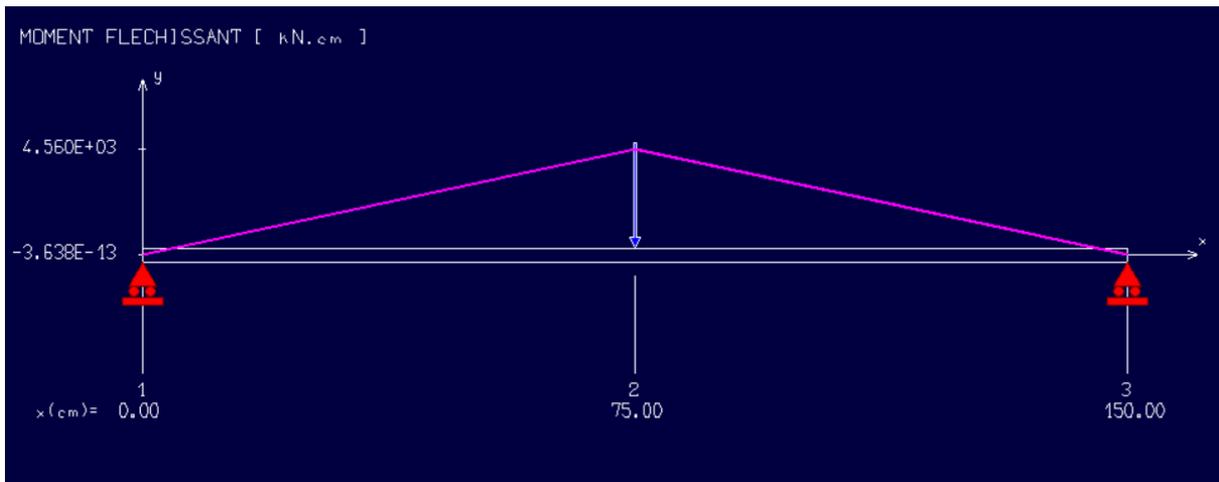


Figure 3.10 moment fléchissant

- **Contrainte normale supérieure**

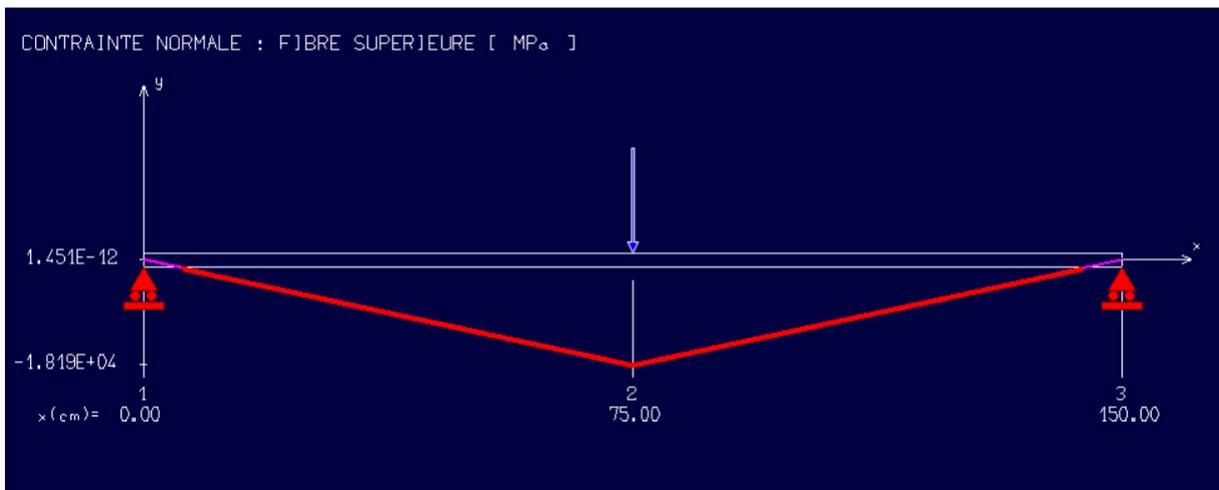


Figure 3.11 contrainte normal

- **Contrainte normale inférieure**

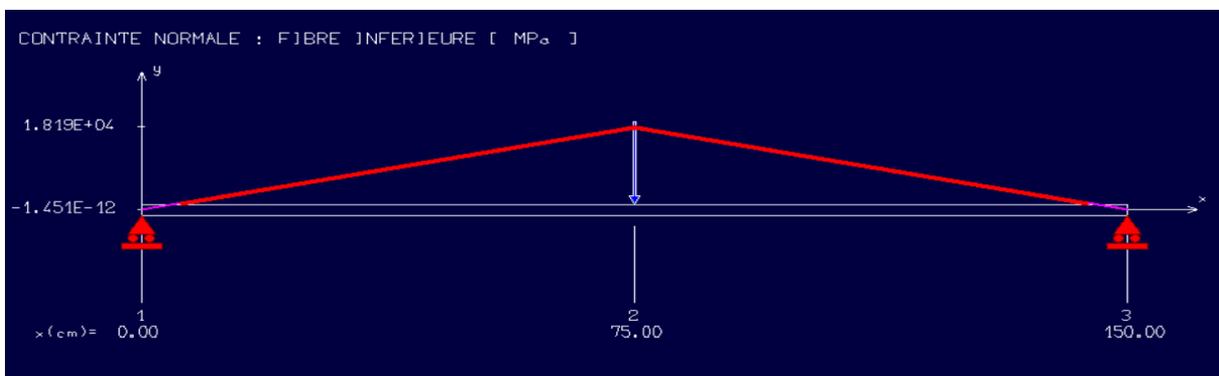


Figure contrainte normal inférieur

- **Contrainte normale**

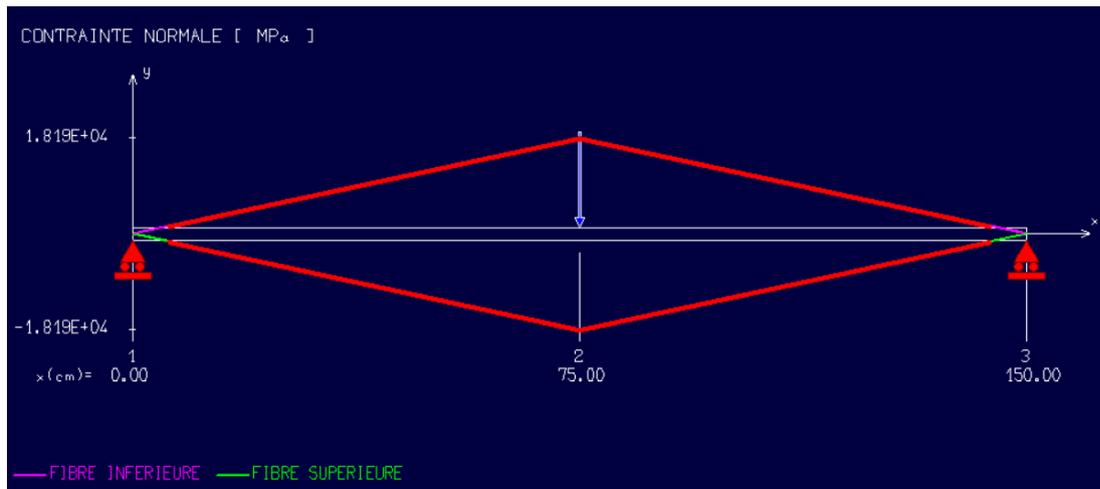


Figure 3.13 contrainte normale

- **Graphe de couleur**

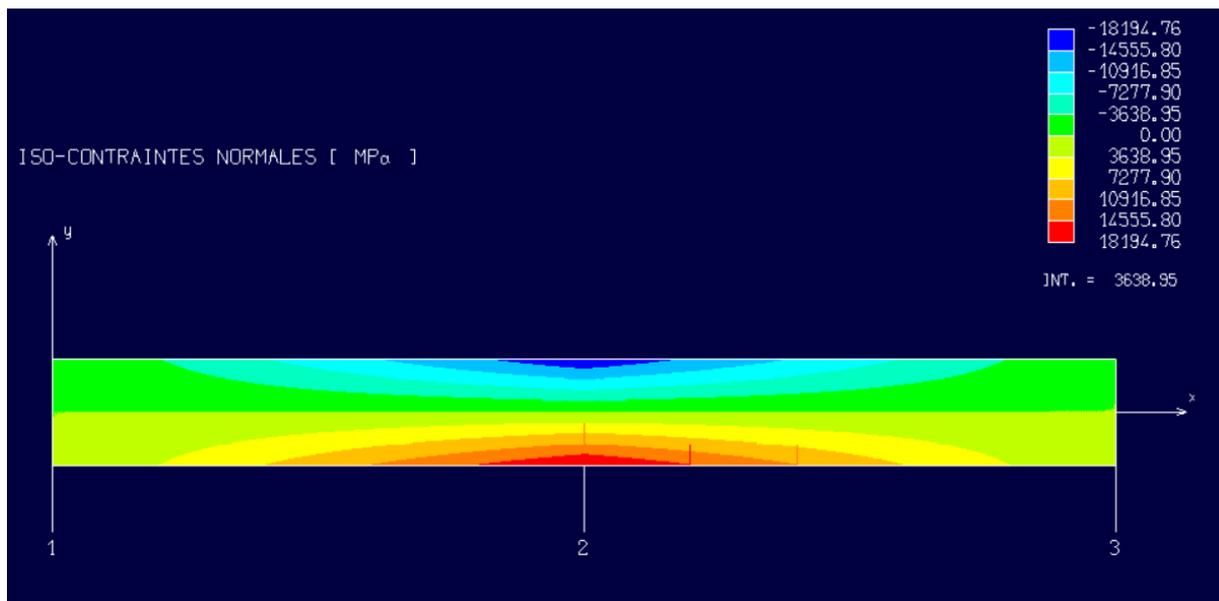


Figure 3.13 graphe de couleur

Après analyse des différents résultats obtenus et la complexité de la structure à construire, il ressort que la Cornière est le matériau qui se rapproche le plus des différentes sollicitations exigées lors de la fabrication de notre banc didactique à savoir :

- Supporte les charges élevées ;
- Résiste mieux à la chaleur ;
- Résistance mieux à la vibration ;
- Résiste mieux aux intempéries ;

- Coût de revient abordable.

Pour cela la cornière 45×45 sera retenu pour la fabrication de notre banc didactique de moteur à combustion interne.

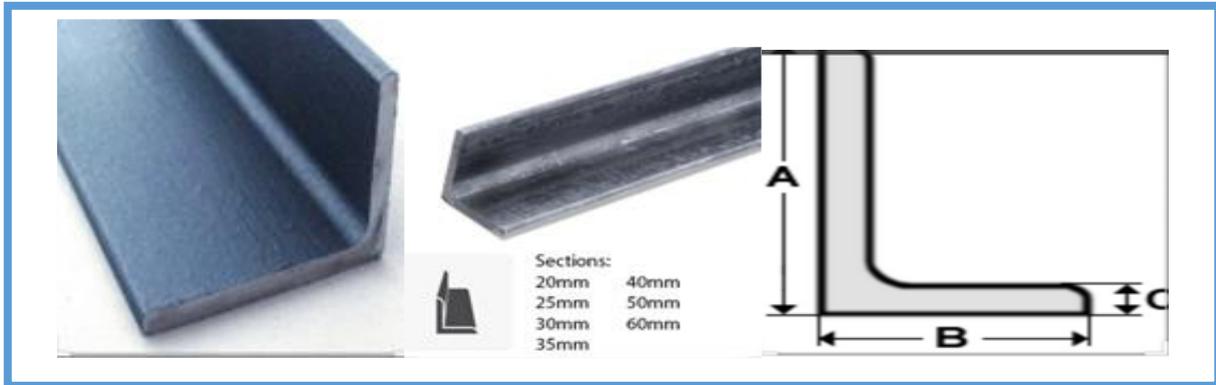


Figure 3.14 choix de la cornière

Conclusion

Parvenu au terme de ce chapitre dont l'objet était la présentation de l'aspect conception de notre banc didactique tout en présentant des efforts et sollicitations aux quelles le support de notre banc sera soumis et au choix du matériau adéquat. Au cours de cette démarche nous avons analysé la structure afin de lui donner une forme capable de résister non seulement aux efforts et sollicitations mais aussi aux intempéries.

Chapitre 4

MAINTENANCE ET COUT

Dans ce chapitre il est question de présenter les résultats de notre dispositif et d'amorcer une discussion par rapport à ce dernier. La discussion se fera sur la base des résultats présentés dans la revue de littérature.

4.1- Présentation globale du banc didactique

Introduction

Notre banc didactique est un moteur essence VVT-i de type 2NZ avec boîte de vitesses reconditionné en parfait état de fonctionnement monté sur un châssis robuste en acier avec des support anti vibrations, chaque pied est équipé de roulette.

Après la présentation globale du banc, l'étude de la maintenance et l'entretien système il sera ensuite réalisé une étude sur le coût de réalisation qui présentera les différentes dépenses effectuées pour la mise sur pied de notre banc didactique.

4.1.1- Présentation de notre banc didactique en 3D



Figure 4 .1 banc didactique en 3D

4.2- Maintenance du banc didactique

4.2.1- Définition du concept de maintenance

D'après la norme NFX60-010, la maintenance est l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou à assurer un service déterminé.

Ainsi, pour assurer une bonne exploitation et une longévité de ce précieux outil didactique, l'utilisateur devra observer les actions de maintenance préventive, systématique et corrective.

L'utilisation de ce banc didactique doit faire l'objet d'une prudence accrue, avant, pendant et après son exploitation.

4.2.2 Maintenance préventive systématique du banc didactique

Il s'agit ici d'une maintenance programmée c'est-à-dire qui se fait suivant un échéancier établi selon le temps ou le nombre d'unité d'usage, pour ce qui concerne notre banc didactique, il faut :

Tableau 4.1 Maintenance préventive du banc didactique

Ensembles mécaniques	Ensembles électriques
<p>Remplacement :</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ De l'huile de la boîte de vitesses ○ Des roulements et paliers ○ Des joints d'étanchéité ○ Des ressorts <p>Réglages :</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Des jeux et des glissières ○ Des tensions de courroies ○ Des pressions <p>Contrôles :</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Des divers blocages ○ Des niveaux d'huiles 	<p>Remplacement :</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Des contacts ○ Des éléments soumis à la fatigue thermique <p>Réglages :</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ De l'impédance des circuits ou des potentiomètres <p>Contrôles :</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ De la valeur des résistances ○ Des divers points du circuit

4.2.3- Maintenance préventive conditionnelle

C'est celle qui est conditionnée par un type d'évènement prédéterminé. Dans le cas de ce banc didactique on s'attardera sur :

- Le niveau et la qualité de l'huile ;
- La qualité du filtre à air ;
- La qualité du filtre à huile ;
- Les températures et les pressions ;
- La tension et l'intensités des composants électriques ;
- Les vibrations et jeux mécanique.

4.2.4- Maintenance corrective

C'est la réparation ou l'intervention définitive et limitée de maintenance corrective après défaillance

Pour le cas du banc didactique, le tableau ci-dessous présente les opérations en cas de défaillance du système.

Tableau 4.2 Maintenance corrective du banc didactique

Manifestations	Causes possibles	Remèdes
-Le moteur ne démarre pas	-Batterie faible -Alimentation en carburant bouché ou sale -Débitmètre d'air mal connecté	-Rechargé la batterie ; -Vérifier le circuit et réparer ; -Bien connecter le débitmètre ;
-Le moteur démarre difficilement	-Calculateur mal connecté Pompe à essence défectueuse	-Vérifier et reconnecter le calculateur. - Remplacer

4.2.5- consignes pour l'utilisation du banc

- Porter un équipement de protection individuelle ;(casque gang blouse etc...)
- Ne pas trop se rapprocher des courroies et ventilateur ;

4.3- Cout de la réalisation du banc didactique

La réalisation de ce banc a été possible moyennant certaines dépenses financières réparties en trois états comme le présente les tableaux ci-dessous.

4.3.1- Etat financier des dépenses pour l'acquisition du moteur

Tableau 4. 3 Etat financier des dépenses pour l'acquisition du moteur

N°	Désignation	Quantité	Prix unitaire	Prix total
01	Moteur + boites de vitesses + Module	01	400.000	400.000
02	Batterie d'accumulateur	01	35.000	35.000
03	Contacteur de démarrage	01	5.000	5.000
04	Câbles électrique	20m	500	10.000
05	Voyant commande moteur	03	1500	4500
06	Témoin démarrage	01	2.000	2.000
07	Fiche de diagnostic	01	2.000	5.000
08	Les cosses de batterie	02	1.000	2.000
09	Compte tours	01	5.000	5.000
10	Pompe à essence	01	50.000	50.000
11	Filtre a aire + débitmètre d'air	01	50.000	50.000
Total (1)				568.500

4.3.2 Etat financier des dépenses pour l'obtention du support du moteur

Les dépenses liées à l'obtention du support de notre banc didactique est le suivant :

Tableau 4. 2 Etat financier des dépenses pour l'obtention du support du moteur

N°	Désignation	Quantité	Prix unitaire	Prix total
01	Barres de cornière de 45	02	18.500	37.000
02	Baguettes de soudure	50	50	2.500
03	Disque à couper+ Disque a meuler	02	2.500	5.000
04	Support moteur	03	7.500	22.500
05	Roulettes	04	7.500	30.000
Total (2)				97.000

4.3.3 Autres de dépenses

Tableau 4.3 Autres dépenses

N°	Désignation	Quantité	Prix unitaire	Prix total
01	Fabrication de la console de commande	01	20.000	20.000
02	Location du poste a soudure + meule	01	10.000	10.000
03	Fabrication du réservoir d'essence	01	20.000	20.000
03	Peinture	02 boites	3500	7.000
04	Tuyau d'échappement+ silencieux	01	25.000	25.000
Total (3)				82.000

4.3.4- Coût total de la réalisation du banc didactique

Le coût total de la réalisation de notre banc didactique est le suivant :

Tableau 4. 4 : cout total de la réalisation

Total (1)	568.500
Total (2)	97.000
Total (3)	82.000
Coût total de la réalisation	Total(1)+total(2)+total (3)= 747.500
	Sept cent quarante-sept mille cinq cent CFA

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

En définitif, nous avons constaté tout au long de ce travail que l'enseignement de la mécanique automobile de façon virtuelle reste difficile et inefficace pour les apprenants. Il était question pour nous dans ce projet de fin d'étude du second cycle d'apporter une contribution à la résolution de cette difficulté. Ainsi le thème « **ETUDE ET REALISATION D'UN BANC DIDACTIQUE DE MOTEUR A COMBUSTION INTERNE** » choisit à cet effet dans l'optique d'apporter une solution aux problèmes c'est-à-dire résoudre la difficulté qu'a les apprenants à comprendre le fonctionnement d'un moteur à combustion interne. Pour mener à bien ce le travail il a été organisé en quatre chapitres : d'abord dans le premier, il a été question d'introduire les notions nécessaires à la compréhension de la problématique traitée. Dans ce chapitre, la notion de moteur à combustion internes, sa composition, les différents types ainsi que les caractéristiques ont été présentés. Dans le deuxième chapitre est présentée une étude récapitulative mettant en relief les travaux ou les fabrications des bancs didactiques. Le troisième chapitre consacré aux matériels et méthodes, renvoie à la conception et la présentation de notre banc didactique et de l'ensemble du matériel nécessaire à la réalisation de ce banc didactique ; il a été présenté dans ce chapitre, les différents calculs de charge, de vibration et d'encombrement ainsi que du choix du matériau qui devra constituer notre banc didactique. Enfin dans le quatrième chapitre, il a été question de présenter les résultats du dispositif et d'amorcer une discussion par rapport à ce dernier. La discussion a été faite sur la base des résultats présentés dans la revue de littérature et il ressort que son coût d'acquisition reste un peu élevé ce qui constitue sa limite.

Les résultats de ce travaille ouvrent des perspectives :

- Réaliser si possible un banc didactique moins couteux ;
- Faire de l'ENSET d'Ebolowa un pôle de production de banc didactique à grande échelle ce qui facilitera l'acquisition de cet outil pédagogique aux différents établissements scolaire ;
- Dans les prochains dispositifs, il serait plus judicieux d'intégrer plus d'électronique en rendant la console de commande entièrement numérique

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

- [1] : **J. B. Heywood**, "Internal Combustion Engine Fundamentals", Mc Graz-Hill, Inc., 1988
- [2] **G. Ferrari**, "Motori A Combustione Interna 2nd Ed", Edizioni il capitulo, Torino, 2000. [3] **K. K. KUO**, "PRINCIPLES OF COMBUSTION 2nd Ed" John Wiley & Sons, Inc, Interscience, 2005.
- [4] *THERMODYNAMICS, COMBUSTION AND ENGINES, 3rd Ed*", School of Mechanical
And MANUFACTURING ENGINEERING, Springer, 1995.
- [5] TECHNOLOGIE FONCTIONNELLE DE L'AUTOMOBILE tome3
- [6] TECHNOLOGIE FONCTIONNELLE DE L'AUTOMOBILE tome 1 le moteur et ses
auxiliaires
- [7] TECHNIQUE : LE CARBURATEUR, motorlegend,page 3
- [8] CARBURATEUR : EVOLUTION ET FONCTIONNEMENT tome1, motorhisto page 22
- [9] LE CARBURATEUR A DEPRESSION, performance5 motors
- [10] LES INJECTIONS, edu auto
- [11] L'INJECTION DIRECT, historique et caractéristique ; moteur nature
- [12] Georges Regembeau ou RG sur Citroën SM Regembeau, article
- [13] Bosch les 40 ans de l'injection électronique, première Edition, clé du moteur
- [14] Le moteur : Mécanique et fonctionnement, Ornikar Jacques payen, le moteur à combustion
interne vol 16 Chap 16 page 4
- [15] Cornière fritera, science norme en construction
- [16] Les amoureux du fer, tube carré, tuyau, profilé
- [17] Audidac France fabricant de banc didactique ,2009
- [18] Prodidac France fabricant de banc didactique ,2002

ANNEXES



Figure annexe 1 moteur vvt-i pas encore sur banc



Figure annexe 2 Bâti ou socle du banc didactique



Figure Annexe 3 moteur sur bâti en cours de montage

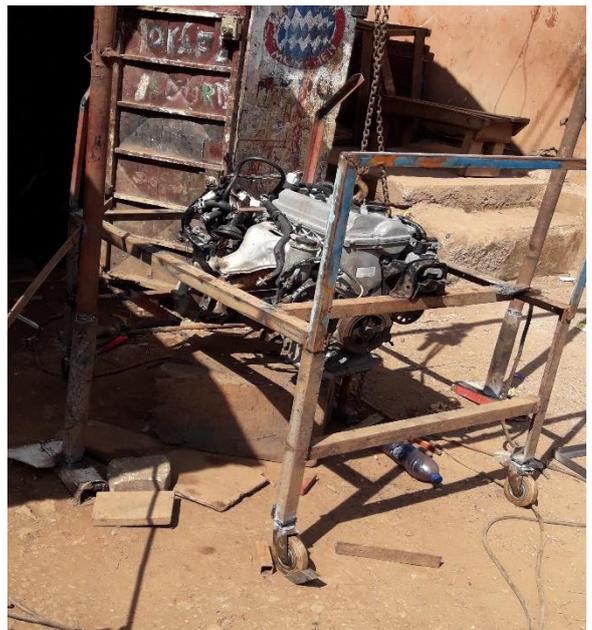


Figure Annexe 4 moteur posé sur bâti



Figure Annexe 5 phase pose de la console



Figure 6 phase pose de la peinture



ENSET EBOLOWA

DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE

Ce mémoire intitulé :

ETUDE ET REALISATION D'UN BANC DIDACTIQUE D'UN MOTEUR A COMBUSTION INTERNE

Présenté par :

MOHAMADOU HAMED

**Mémoire de fin d'étude présentée en vue de l'obtention du diplôme De
professeur des lycées d'enseignement technique deuxième grade**

A soutenu le : 10 JUILLET 2020

Devant le jury composé de :

- **Président : Pr ANDJIGA**
- **Rapporteurs :-Dr DJUINA André
-M. GAGA DADI Bernard**
- **Examineur Dr NNENGUE Yannick**