

République Algériens Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université KASDI MERBAH – Ouargla

Faculté des sciences Appliquées

Département Génie Mécanique

Mémoire

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

Spécialité : Electromécanique

Option : Maintenance industriel

Thème



**Etude d'un système de diagnostic automobile / Techniques de
diagnostic automobile, (Outils et équipements)**

Présenté et soutenu publiquement par :

HADJADJ MOHAMED SGHIR

BENHADDYA ZOUHIR

Soutenue le : 08 /06/2026

Devant Le Jury :

Hosseini Adel

UNV OUREGLA

PRESIDENT

BAATOCH MOUNA

UNV OUREGLA

EXAMINATEUR

Mebarki Abd Lamine

UNV OUREGLA

DIRECTEUR DU MEMOIRE

ANNÉE UNIVERSITAIRE : 2025/2026

Remerciements

Au terme de ce travail, nous tenons avant tout à exprimer notre profonde reconnaissance à Allah Le Tout-Puissant et Le Miséricordieux, qui nous a accordé la volonté, la patience, la force et le courage nécessaires pour surmonter les difficultés rencontrées tout au long de ce parcours universitaire et pour mener à bien cette thèse.

*Nous adressons nos remerciements les plus sincères à notre encadreur, Monsieur **Mebarki Abd Lamine** Abdul Yamin, pour avoir bien voulu accepter de diriger ce travail. Nous lui sommes particulièrement reconnaissants pour la qualité de son encadrement, la richesse de ses conseils, la pertinence de ses remarques, ainsi que pour ses hautes compétences scientifiques et pédagogiques. Sa disponibilité, sa bienveillance et ses encouragements constants ont constitué pour nous un soutien précieux tout au long de la réalisation de cette étude.*

Nous exprimons également notre profonde gratitude aux membres du jury, qui nous font l'honneur d'examiner et d'évaluer ce travail. Nous les remercions vivement pour l'intérêt qu'ils portent à cette recherche ainsi que pour leurs appréciations et remarques constructives.

Nos remerciements s'étendent aussi à l'ensemble de nos enseignants, qui ont contribué à notre formation académique et scientifique durant toutes ces années d'études. Nous adressons, à cet égard, une mention particulière aux enseignants du Département de Génie Mécanique, pour la qualité de leur enseignement, leur disponibilité et les connaissances qu'ils nous ont généreusement transmises.

Enfin, nous adressons nos sincères remerciements à toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué, directement ou indirectement, à l'aboutissement de ce travail.

Dédicaces¹

*Tout d'abord, je voudrais remercier Dieu Tout-Puissant qui m'a accordé
Il m'a ouvert les portes de la connaissance et m'a permis de faire ce travail. je*

Je dédie cet humble ouvrage aux deux êtres qui me sont très chers en

*Cette vie, c'est-à-dire mon père, **Abd Hamid** et ma mère **Habiba**, qui*

Tu as été fait pour que j'arrive ici, merci du fond du cœur

De tout mon cœur pour toutes vos actions, votre amour et votre miséricorde.

Votre gentillesse, votre soutien, votre patience tout au long de mon séjour.

Etudes, sans votre soutien ce message n'aurait pas été possible

Sérieusement, merci d'être toujours là pour moi.

Avec toute ma loyauté et mon amour envers vous deux, mes parents,

Je ne pourrai jamais t'égaler.

Je dédie également ce travail à :

À tous mes amis et collègues de deuxième année de Master

Spécialisation en Maintenance industriel

Dédicaces 2

*Tout d'abord, je voudrais remercier Dieu Tout-Puissant qui m'a accordé
Il m'a ouvert les portes de la connaissance et m'a permis de faire ce travail. je*

Je dédie cet humble ouvrage aux deux êtres qui me sont très chers en

*Cette vie, c'est-à-dire mon père, **Abd Elaziz** et ma mère **Hayat** , qui*

Tu as été fait pour que j'arrive ici, merci du fond du cœur

De tout mon cœur pour toutes vos actions, votre amour et votre miséricorde.

Votre gentillesse, votre soutien, votre patience tout au long de mon séjour.

Etudes, sans votre soutien ce message n'aurait pas été possible

Sérieusement, merci d'être toujours là pour moi.

Avec toute ma loyauté et mon amour envers vous deux, mes parents,

Je ne pourrai jamais t'égaler.

Je dédie également ce travail à :

À tous mes amis et collègues de deuxième année de Master

Spécialisation en Maintenance industriel

ملخص:

يقدم هذا العمل دراسة شاملة حول نظام التشخيص في السيارات من خلال التطرق إلى أهم تقنيات تشخيص السيارات والأدوات والتجهيزات المستعملة في الكشف عن الأعطال وتحديد أسبابها بدقة. في الوقت الحاضر، ومع التطور الكبير الذي عرفته صناعة المركبات، أصبحت السيارات الحديثة تعتمد على أنظمة ميكانيكية وكهربائية وإلكترونية متقدمة، الأمر الذي جعل عملية التشخيص من أهم المراحل الأساسية في الصيانة الحديثة، لما لها من دور كبير في ضمان سلامة المركبة، تحسين أدائها، وتقليل تكاليف الإصلاح.

في الجزء الأول من هذا العمل، ركزنا على الجانب النظري، حيث قمنا بدراسة مفهوم تشخيص السيارات وأهدافه ومختلف أنواعه، مع التطرق إلى أهم الأعطال التي قد تصيب السيارة، سواء كانت ميكانيكية أو كهربائية أو إلكترونية. كما تناولنا المراحل الأساسية لعملية التشخيص، بداية من ملاحظة الأعراض وجمع المعلومات، مروراً بالفحص البصري والاختبارات الوظيفية، وصولاً إلى استعمال أجهزة القياس والتحليل للوصول إلى السبب الحقيقي للعطل. كما تم التطرق إلى أهمية نظام (OBD_ OBD-II) في تشخيص الأعطال، من خلال قراءة رموز الخطأ ومراقبة البيانات الحية لمختلف أنظمة المركبة.

أما في الجزء الثاني من هذا العمل، فقد قمنا بتربص ميداني داخل ورشة متخصصة في تشخيص وصيانة السيارات، حيث تم التعرف على مختلف مراحل العمل التطبيقي داخل الورشة واستعمال أجهزة التشخيص الحديثة في الكشف عن الأعطال وتحديد أسبابها بدقة. كما تم خلال هذا التربص تطبيق المعارف النظرية على حالات واقعية لعدة مركبات، مما ساهم في تعزيز الجانب التطبيقي والفهم الميداني لعملية التشخيص.

وفي إطار تعزيز الجانب التطبيقي وربط الدراسة النظرية بالتطبيق العملي، قمنا أيضاً بتجسيد بعض القطع الأساسية لمحرك سيارة من نوع V6 باستعمال برنامج (SOLIDWORKS)، وذلك بهدف توضيح البنية الهندسية للمحرك وفهم كيفية تصميم مكوناته بشكل دقيق، مما ساهم في تطوير مهاراتنا في مجال التصميم الميكانيكي بمساعدة الحاسوب.

Résumé:

Ce travail présente une étude complète du système de diagnostic automobile en abordant les principales techniques de diagnostic ainsi que les outils et équipements utilisés pour la détection et l'identification précise des pannes. À l'heure actuelle, avec l'évolution importante de l'industrie automobile, les véhicules modernes sont de plus en plus équipés de systèmes mécaniques, électriques et électroniques avancés, ce qui rend le diagnostic une étape essentielle dans la maintenance automobile, permettant d'assurer la sécurité du véhicule, d'améliorer ses performances et de réduire les coûts de réparation. Dans la première partie, nous avons étudié l'aspect théorique du diagnostic automobile, en définissant ses objectifs, ses types, ainsi que les principales étapes allant de l'observation des symptômes à l'analyse des données, en passant par les tests et l'utilisation des appareils de mesure. L'importance du système OBD / OBD-II a également été mise en évidence pour la lecture des codes défauts et l'analyse des données en temps réel. Dans la deuxième partie, nous avons réalisé un **stage pratique** au sein d'un atelier spécialisé

en diagnostic et maintenance automobile, où nous avons découvert les différentes étapes de travail et utilisé des équipements de diagnostic modernes sur des cas réels, ce qui a renforcé notre compréhension pratique du processus de diagnostic. Enfin, dans le cadre du lien entre théorie et pratique, nous avons modélisé certaines pièces d'un moteur de type V6 à l'aide du logiciel SOLIDWORKS, ce qui nous a permis de développer nos compétences en conception mécanique assistée par ordinateur.

Abstract:

This work presents a comprehensive study of the automotive diagnostic system by addressing the main vehicle diagnostic techniques as well as the tools and equipment used to detect faults and accurately determine their causes. Nowadays, with the significant development witnessed in the automotive industry, modern vehicles rely on advanced mechanical, electrical, and electronic systems, which has made automotive diagnostics one of the most essential stages of modern maintenance due to its major role in ensuring vehicle safety, improving performance, and reducing repair costs.

In the first part of this work, we focused on the theoretical aspect by studying the concept of automotive diagnostics, its objectives, and its different types, while also discussing the main faults that may affect a vehicle, whether mechanical, electrical, or electronic. We also examined the fundamental stages of the diagnostic process, starting from symptom observation and information gathering, through visual inspection and functional testing, to the use of measuring and analysis devices in order to identify the real cause of the fault. In addition, this section highlighted the importance of the OBD/OBD-II system in fault diagnosis through reading error codes and monitoring live data from the different vehicle systems.

In the second part of this work, we carried out a practical internship in a workshop specialized in automotive diagnostics and maintenance. This internship allowed us to discover the different stages of practical work inside the workshop and to use modern diagnostic devices for detecting faults and accurately identifying their causes. During this training period, we applied theoretical knowledge to real cases involving several vehicles, which contributed to strengthening our practical and field understanding of the automotive diagnostic process.

In order to further enhance the practical aspect and establish a connection between theoretical study and practical application, we also modeled some essential components of a V6 engine using SOLIDWORKS software. The purpose of this work was to better understand the engine's geometric structure and the precise design of its components, while also developing our skills in the field of computer-aided mechanical design.

SOMMAIR

Remerciements.....	I
Dédicaces 1.....	II
Dédicaces 2.....	III
Résumé.....	IV,V
Sommair.....	VI
Liste de figure.....	I
Introduction Générale.....	2,3

Chapitre I : Fonction technique Automobile.

I.1 Introduction.....	5
I.2.1 Définition La carrosserie.....	5
I.2 fonction technique automobile:	6
I.2.1 La carrosserie	6
1.1 Les fonctions de la carrosserie	6
1.2 Les composants de la carrosserie.....	7
I.2.2 Le châssis.....	8
I.2.2 Définition Le châssis.....	8
2.1 Les fonctions du châssis.....	9
2.2 Les composants du châssis.....	9
2.3 Les types de châssis	10
I.2.3 Définition générale des moteurs	12
3.2Types de moteurs.....	12
1. Les moteurs à combustion interne.....	12
1.1 Définition des moteurs à combustion interne.....	12
1.2 Les types de moteurs automobiles à combustion interne peuvent être classés selon plusieurs critères, comme suit	13

Classification des moteurs selon le mode de fonctionnement.....	13
a. Moteurs à quatre temps (4-Stroke).....	13
b. Moteurs à deux temps (2-Stroke).....	13
1 Moteur en ligne (In-line / Straight).....	13
2 Moteur en V (V-Engine).....	14
3 Moteur rotatif (Rotary / Wankel).....	14
4 Moteur Wankel (Wankel Engine).....	15
Classification des moteurs automobiles selon le type de carburant et le fonctionnement.....	15
a Moteurs à essence (Essence)	15
b Moteurs diesel (Diesel)	16
c Moteurs au gaz (GPL / GNV).....	17
d Moteurs électriques (Electric Engines).....	17
e. Moteurs hybrides (Hybrid Engines).....	18
f Moteurs à turbine ou moteurs à réaction (Jet / Gas Turbine Engines).....	18
2. Moteurs à combustion externe.....	19
2.1 Définition des moteurs à combustion interne.....	19
2.2 Types de moteurs à combustion externe.....	19
a. Moteur à vapeur (Steam Engine).....	19
b. Moteur Stirling (Stirling Engine)	19
1.2.4 Les systèmes de contrôle modernes liés au moteur.....	20
1.2.4.1 Définition du système de suspension automobile.....	21
4.2 Les fonctions fondamentales du système de suspension automobile:	21
4.3 Les composants du système de suspension automobile.....	22
4.4 Les principaux composants du système de suspension sont les suivants.....	23
4.5 Principe de fonctionnement du système de suspension automobile.....	26
4.6 les défauts courants du système de suspension.....	26

1.2.5.1 Définition du système de contrôle du véhicule.....	27
6 Système de direction.....	28
1.2.6.1 Définition de système de direction.....	28
6.2 Objectifs principaux.....	28
6.3 Composants du système de direction.....	28
6.4 Types de systèmes de direction.....	28
7 Le système de freinage automobile.....	29
1.2.7.1 Définition du système de contrôle du véhicule:.....	29
7.2 Composants principaux du système de freinage:	29
2.1 Pédale de frein:	39
2.2 Servofrein / Amplificateur de frein (Servofrein / Brake Booster)	30
2.3. Maître-cylindre (Cylindre de maître / Master Cylinder) :	30
2.4. Liquide de frein (Liquide de frein / Brake Fluid):	31
2.5 Frein à disque (Frein à disque / Disc Brake):	32
8 Systèmes d'assistance du freinage.....	32
1.2.8.1-Système de freinage antiblocage (ABS).....	32
8.2-Distribution électronique de la force de freinage (EBD)	33
8.3-Assistance au freinage (Brake Assist – BA)	33
8.4-Programme de stabilité électronique (ESP)	33
Commande moteur.....	34
Commande de transmission.....	34
9 Équipement électrique.....	35
1.2.9.1.Définition:	35
2. Objectifs principaux:	35
3.Composants de l'équipement électrique dans la voiture:	35
1.3 Conclusion:.....	37

Chapitre II: Différents types d'appareils de diagnostic automobile.

II-1 Introduction.....	40
II.2 Calculateur Moteur (Engine Control Unit / ECU).....	41
2.1 Introduction.....	41
2.2 Définition du calculateur moteur	41
2.3 Fonctions du calculateur moteur (détaillées)	42
2.4. Principe de fonctionnement du calculateur moteur.....	44
2.5 Composants internes du calculateur moteur.....	45
2.6 Types de calculateurs moteur.....	46
2.7 Principaux fabricants de calculateurs moteur.....	47
II-3 Définition des appareils de diagnostic électronique automobile.....	48
II-4 Importance du diagnostic électronique dans la détection des pannes.....	48
II-5Aperçu général des principaux appareils de diagnostic utilisés.....	49
II-6 Diversité des appareils de diagnostic et multiplicité des entreprises fabricantes.....	49
II-7 Types d'appareils de diagnostic automobile.....	50
II-7-1 Scanner OBD-II.....	50
7-1-1 Définition.....	50
7-1-2 Procédure d'identification et de localisation de la prise OBD-II lors de l'utilisation d'un scanner de diagnostic.....	50
7-1-3 Mise en route du scanner OBD-II et accès aux diagnostics intégrés.....	51
7-1-4 Types de "OBD2 Port Pinout.....	52
Explication du pinout OBD-II.....	52
7-1-5 Récupération et lecture des codes de panne (DTCs).....	56
7-1-6 Comprendre les codes de diagnostic courants.....	57
7-1-7 Protocoles et broches du connecteur OBD-II.....	58
II-7-2 le LAUNCH X431 V.....	59
II-2-1 Introduction.....	59

II-2-2 Définition du LAUNCH X431 V.....	59
2-2-1 Les composants principaux de l'appareil.....	59
2-2-2 La tablette d'affichage (Display Tablet).....	60
2-2-3 L'interface VCI.....	60
2-2-4 Principe de fonctionnement de l'appareil.....	60
2-2-5 Les fonctions principales de l'appareil.....	61
2-2-6 Les fonctions de maintenance et les services spéciaux.....	62
2-2-7 Le diagnostic local et le diagnostic à distance.....	62
2-2-8 Les avantages du LAUNCH X431 V.....	62
2-2-9 Importance de l'appareil dans l'atelier mécanique.....	63
II-7-3 L'appareil de diagnostic Autel MaxiCOM MK908 Pro II et son rôle dans le diagnostic des pannes automobiles.....	64
II-3-1 Introduction.....	64
II-3-2 Définition de l'entreprise fabricante AUTEL.....	64
II-3-3 Définition de l'appareil Autel MaxiCOM MK908 Pro II.....	64
II-3-4 Classification de l'appareil parmi les outils de diagnostic.....	65
II-3-5 L'architecture technique de l'appareil.....	65
II-3-6 Principe de fonctionnement de l'appareil.....	66
II-3-7 Les méthodes d'identification du véhicule dans l'appareil.....	66
II-3-8 Les fonctions principales de l'appareil.....	67
II-3-9 Les systèmes pouvant être diagnostiqués.....	68
II-3-10 L'utilisation de l'appareil dans le diagnostic pratique.....	69
II-3-11 Exemple pratique d'utilisation de l'appareil.....	69
II-3-12 Les avantages de l'appareil Autel MaxiCOM MK908 Pro II.....	70
II-3-13 L'importance de l'appareil dans l'atelier moderne.....	70
II-3-14 Autres modèles d'appareils de la société AUTEL.....	70
II-4 Conclusion.....	73

Chapitre III Les code défaut de diagnostic automobile:

III.1	Introduction.....	75
III.2.	Les codes diagnostic.....	76
2.1	Définition des codes de diagnostic.....	76
2.2	L'importance technique des codes de diagnostic.....	76
2.3	Rôle des codes dans le diagnostic électronique.....	77
III.3	la structure des codes de diagnostic dans le système OBD-II.....	77
3.1	Les composantes du code de diagnostic.....	77
3.2	La signification de la première lettre du code.....	77
3.3	La signification des chiffres à l'intérieur du code.....	82
3.4	La différence entre les codes génériques et les codes spécifiques.....	82
III.4	Classification des codes de diagnostic.....	82
III.5	Relation entre les modes de diagnostic et les codes.....	84
III .6.	Les codes de diagnostic dans les appareils Autel.....	86
III .7	les codes de diagnostic dans les appareils Launch.....	87
III.8	Comparaison entre OBD-II, Autel et Launch dans le traitement des codes.....	88
III.9	exemples appliqués de quelques codes courants.....	89
III.10	la méthodologie correcte de traitement du code de diagnostic.....	90
III.11	Conclusion.....	92

Chapitre IV Exemple application

Première partie: Un exemple pratique tiré d'un cours pratique sur le diagnostic automobile.....	94
IV-1-Introduction.....	94
IV-2- Exemple 1 Étude de l'impact des dysfonctionnements des capteurs de température sur la voiture.....	94
2-1- Présentation de l'atelier.....	94
2-2-Présentation du véhicule et description des symptômes.....	95
2-3-Symptômes observés.....	96
2-4-Hypothèses initiales.....	96
2-5-Matériel utilisé.....	96
2-6-Procédure de diagnostic suivie.....	97
3.Tableau de comparaison des températures.....	99
4.Analyse des résultats.....	99
IV-3- Le deuxième exemple Étude de l'impact des dysfonctionnements de la vanne EGR des gaz d'échappement.....	103
3-1-Présentation du véhicule.....	103
Conclusion.....	109
IV-4-Deuxième partie: Exemple pratique de conception de certaines pièces d'un moteur V6 à l'aide de SolidWorks.....	110
IV-4-1- Introduction.....	110
IV-4-2- SOLID WORKS.....	110
IV-4-3- Historique.....	110
IV-4-4- Étude du moteur V6.....	111
IV-4-5- Les principales étapes pour conception d'un piston.....	111
IV-4-5-1- Conception de la tête de piston.....	111
IV-4-5-2- Conception de bielle piston.....	115
IV-4-5-3- Conception de chapeau de piston.....	119

IV-4-5-4- Conception de axe de piston.....	122
IV-4-5-5- Processus d’assemblage du piston.....	124
IV- 4-6- Les principales étapes pour conception d’un Bloc moteur.....	125
IV- 4-7- Conclusion Générale.....	137
Bibliographie.....	139

Table de figures

Numéro d'image	Page
Figure I.1: La carrosserie	6
Figure I.2: Le châssis.	8
Figure I.3: illustrant les types de châssis	11
Figure I.4 Le moteur et ECU	11
Figure I.5: Moteur a combustion interne -MCI-	12
Figure I.6 : Moteur en ligne (In-line / Straight)	13
Figure I.7 : Moteur en V (V-Engine)	14
Figure I.8: Moteur Boxer	14
Figure I.9: Moteur rotatif (Rotary / Wankel)	14
Figure I.10: Moteur Wankel (Wankel Engine)	15
Figure I.11: Moteurs à essence (Essence)	15
Figure I.12: Moteurs à diesel (Diesel)	16
Figure I.13: Moteurs électriques (Electric Engines)	17
Figure I.14 : Moteur shybrides (Hybrid Engines)	18
Figure I.15 : Calculateur Moteur	20
Figure I.16 Système de suspension automobile et roues.	21
Figure I.17: Représente Système de suspension et de freinage arrière	21
Figure I.18: Le composant du système de suspension automobile	22
Figure I.19: Représente le Moyeu de roue	23
Figure I.20: Représente Les ressorts	23
Figure I.21: Représente Les amortisseurs	23
Figure I.22: Représente La barre stabilisatrice	24
Figure I.23: Représente Baare anti-roulis	24
Figure I.24 : Représente le pneu	25
FigureI.25: Représente La jante	25
FigureI.26: Représente Le moyeu	25
Figure I.27: Représente Les boulons ou écrous de fixation	25
Figure I.28: Représente Les roulements de roue	26
Figure I.29: Représente système de contrôle du véhicule	27
Figure I.30 Système de direction.	28
Figure I.31 Le système de freinage automobile.	29
Figure I.32: Représente Pédale de frein	29
Figure I.33: Représente Servofrein / Amplificateur de frein	30
Figure I.34: Représente Maître-cylindre	30
Figure I.35: Représente Liquide de frein	31
Figure I.36 : Représente Composants Frein à disque	32
Figure I.37: Représente Système de freinage antiblocage (ABS)	33
Figure I.38: Représente Système Schéma du servofrein	33
Figure I.39: Représente Programme de stabilité électronique (ESP)	34
Figure I.40: Représente Commande moteur	34
Figure I.41: Représente Commande de transmission	34
Figure I.42: Représente Batterie	35
FigureI.43 Représente Câblage et connecteurs	36

Figure I.44 : Représente Interrupteurs et dispositifs électriques	36
Figure II.1: Calculateur Moteur	41
Figure II.2: Calculateur automobile et ces éléments donnés d'une automobile	42
Figure II.3: Réseau de communication (CAN Bus)	46
Figure II.4 Calculateur de la marque Bosch	47
Figure II.5 Calculateur de la marque Continental	47
Figure II.6 calculateur de la marque Denso	47
Figure II.7 Calculateur de la marque delphi technologie	47
Figure II.8 calculateur de la marque Siemens	48
Figure II.9 calculateur de la marque magneti Marelli	48
Figure II. 10: scanner OBII	50
Figure II.11 :localisation de la prise OBD-II	51
Figure II. 12: les deux types principaux de "OBD2 connectors	53
Figure II. 13: Comment enregistrer des codes	56
Figure II. 14: Appareil LAUNCH X431 V	59
Figure II. 15: La tablette d'affichage du LAUNCH X431 V	60
Figure II.16 l'appareil Launch CRP123X	63
Figure II.17 l'appareil Launch X431 PRO3 APEX	63
Figure II. 18: l'appareil Autel MaxiCOM MK908 Pro II	65
Figure II.19: Comment utiliser l'appareil Autel MaxiCOM MK908 Pro II	66
Figure II.20: l'appareil Autel MaxiSYS Ultra	71
Figure II.21: l'appareil Autel MaxiSYS MS909	71
Figure II.22: l'appareil Autel MaxiCOM MK808BT	71
Figure II.23: l'appareil Autel MaxiDAS DS808	71
Figure II.24: l'appareil Autel MaxiDiag MD808 Pro	71
Figure II.25: l'appareil Autel MaxiDiag MD806 Pro	71
Figure II.26: l'appareil Autel MaxiTPMS TS508	72
Figure II.27 : l'appareil Autel MaxiIM	72
Figure IV. 1 : Vue générale de l'atelier	95
Figure IV.2 : un moteur de voiture Volkswagen	95
Figure IV. 3 :Un câble de connexion OBD-II	97
Figure IV. 4 :Appareil de mesure multimètre	97
Figure IV .5 :l'appareil de LAUNCH	97
Figure IV.6: Les Code défaut relevé de l'appareil de diagnostic de LAUNCH	98
Figure IV.7:Valeur de température enregistrée.	99
Figure IV.8:Capteur de température	100
Figure IV.9:Image montrant la rupture du fil reliant le capteur de température et l'unité de commande.	101
Figure IV.10:Filetage du capteur après réparation	101
Figure IV.11:Moteur de voiture Citroën Berlingo	103
Figure IV.12: Les Code défaut relevé	104
Figure IV.13: La courbe EGR change dans des conditions normales et défectueuses.	106
Figure IV.14: Accumulation de carbone et dépôts dans la vanne EGR	107
Figure IV.15: Une courbe montrant l'état normal de la vanne EGR	107
Figure IV.16: Nettoyer la vanne pour EGR	108
Figure IV.17: <u>moteur V6</u>	111

Introduction Générale

Le secteur automobile connaît, à l'époque actuelle, une évolution rapide et continue. Les véhicules modernes sont devenus plus complexes sur les plans mécanique, électrique et électronique, en raison de l'intégration de systèmes intelligents et avancés visant à améliorer les performances, renforcer la sécurité, réduire la consommation de carburant et limiter les émissions polluantes. Cette évolution technologique a rendu les opérations de maintenance et de diagnostic des pannes automobiles plus précises et plus complexes qu'auparavant. Ainsi, le diagnostic ne repose plus uniquement sur l'expérience traditionnelle ou la simple observation, mais s'appuie désormais sur des techniques modernes, des outils spécialisés et des équipements évolués permettant d'identifier les pannes avec rapidité et précision.

Le système de diagnostic automobile constitue l'un des éléments fondamentaux dans le domaine de la maintenance des véhicules, car il représente le moyen qui permet au technicien ou à l'ingénieur de détecter l'origine d'un dysfonctionnement et d'en déterminer les causes réelles avant d'entamer l'opération de réparation. Un diagnostic correct ne permet pas seulement de gagner du temps et de réduire les coûts de maintenance, mais il contribue également à éviter le remplacement inutile de pièces en bon état, à garantir l'efficacité de la réparation, ainsi qu'à préserver la sécurité et la fiabilité du véhicule pendant son utilisation.

Avec l'apparition des systèmes électroniques modernes, tels que les unités de commande électroniques, les capteurs et les systèmes d'auto-surveillance, il est devenu indispensable pour les spécialistes du domaine automobile de maîtriser les différentes techniques de diagnostic automobile, qu'il s'agisse du diagnostic traditionnel fondé sur l'observation et l'analyse, ou du diagnostic électronique basé sur les appareils de contrôle, la lecture des codes défauts et l'analyse des données en temps réel. De même, les outils et équipements utilisés dans les ateliers de diagnostic sont devenus des éléments incontournables, en raison de leur rôle important dans l'amélioration de la précision et de l'efficacité du travail.

C'est dans ce contexte que s'inscrit cette étude intitulée : « **Étude d'un système de diagnostic automobile : Techniques de diagnostic automobile, Outils et équipements** », qui vise à mettre en lumière le concept du diagnostic automobile, à montrer son importance, et à présenter les différentes techniques utilisées pour la détection des pannes, ainsi que les principaux outils, appareils et équipements employés dans ce domaine. Cette étude a également pour objectif de souligner la relation entre l'aspect théorique et l'aspect pratique dans le processus de diagnostic, et de montrer dans quelle mesure le progrès technologique contribue à l'amélioration de la qualité de la maintenance automobile.

Par conséquent, la problématique principale autour de laquelle s'articule cette étude peut être formulée comme suit :

Comment les techniques modernes de diagnostic, associées aux outils et équipements utilisés, contribuent-elles à améliorer l'efficacité du diagnostic des pannes automobiles et à garantir une maintenance précise et sûre ?

L'importance de ce sujet s'inscrit dans l'intérêt croissant porté au développement du domaine de la maintenance automobile, notamment avec la large diffusion des systèmes électroniques et numériques dans les véhicules modernes, ce qui fait de la maîtrise des moyens de diagnostic modernes une nécessité scientifique et pratique pour tout spécialiste en mécanique automobile.

Afin de traiter ce sujet d'une manière méthodique et organisée, nous avons structuré ce mémoire en **quatre chapitres complémentaires**:

Le **premier chapitre**, nous avons abordé les différents systèmes présents à l'intérieur du véhicule, en présentant leurs principaux composants ainsi que leurs fonctions, dans le but de donner une vision globale sur l'architecture générale de l'automobile et les éléments liés au diagnostic.

Le **deuxième chapitre** a été consacré à l'étude des appareils de diagnostic, en mettant l'accent sur leur définition, leurs différents types, leur principe de fonctionnement ainsi que leur mode d'utilisation dans la détection et l'analyse des pannes.

Dans le **troisième chapitre**, nous avons traité les **codes défauts (DTC)**, à travers l'explication de leur signification, de leur importance et de leur rôle dans l'identification des anomalies au niveau des différents systèmes du véhicule.

Enfin, le **quatrième et dernier chapitre** a été réservé à l'aspect pratique, où nous avons réalisé une étude de **simulation et de conception à l'aide du logiciel SolidWorks**, afin de mettre en valeur l'application concrète des connaissances théoriques et de relier l'étude analytique à la modélisation technique.



Chapitre I
Fonction technique Automobile

I.1 Introduction :

La compréhension des systèmes fondamentaux présents dans un véhicule constitue une étape essentielle avant d'aborder le diagnostic et la détection des pannes, car tout dysfonctionnement au niveau de l'automobile est généralement lié à l'un de ces systèmes ou à l'interaction existant entre eux. En effet, la voiture n'est pas seulement un moyen de transport, mais un ensemble complexe de systèmes mécaniques, électriques et électroniques fonctionnant de manière complémentaire afin d'assurer le bon déplacement du véhicule, la sécurité, le confort et les performances souhaitées.

Avec l'évolution rapide de l'industrie automobile, ces systèmes sont devenus de plus en plus développés et sophistiqués grâce à l'intégration de nouvelles technologies qui ont permis d'améliorer le rendement et la fiabilité des véhicules. Cependant, cette évolution a également rendu leur compréhension indispensable pour tout étudiant, technicien ou ingénieur dans le domaine de la mécanique automobile. Ainsi, l'étude de ces systèmes représente la base théorique sur laquelle repose tout diagnostic correct.

Dans ce premier chapitre, nous allons présenter les principaux systèmes présents dans le véhicule, en mettant en évidence leurs composants essentiels, leur principe de fonctionnement et le rôle de chacun dans le bon fonctionnement de l'automobile. Nous montrerons également la relation d'interdépendance entre ces différents systèmes, étant donné qu'une défaillance dans l'un d'eux peut avoir une influence directe ou indirecte sur les autres, ce qui justifie l'importance de leur étude avant d'aborder, dans les chapitres suivants, les appareils et les techniques de diagnostic[01].

I.2 fonction technique automobile :

Les fonctions techniques dans l'automobile constituent un élément essentiel garantissant le bon fonctionnement des différents systèmes et l'optimisation des performances. Les véhicules modernes reposent sur l'intégration de systèmes mécaniques, électriques et électroniques de plus en plus développés. Avec l'évolution technologique du secteur automobile, l'étude de ces fonctions est devenue indispensable afin de comprendre le rôle et le fonctionnement des principaux systèmes techniques. Parmi ces systèmes, on peut citer les suivants :



Figure I.1 La carrosserie

I.2.1 Définition La carrosserie:

La carrosserie est la structure extérieure du véhicule, qui lui confère son apparence et son identité visuelle. Elle permet de distinguer les modèles et marques. Aujourd'hui, elle utilise de l'acier, de l'aluminium et des matériaux composites, offrant légèreté, solidité et esthétique.

1.1 Les fonctions de la carrosserie :

La **carrosserie** joue un rôle essentiel dans le véhicule. Elle ne se limite pas à une simple enveloppe extérieure, mais assure plusieurs fonctions fondamentales :

a. Protection des passagers :

La carrosserie est conçue pour offrir une première barrière de protection aux passagers en cas de chocs ou d'accidents légers. Elle permet de répartir les forces générées lors d'une collision de manière à réduire leur impact sur l'habitacle, protégeant ainsi les occupants contre les blessures. De plus, la carrosserie travaille en coordination avec les zones de déformation programmée du véhicule afin de garantir la sécurité des passagers lors d'accidents plus graves[01].

b. Protection des composants mécaniques :

La carrosserie protège le moteur et les éléments sensibles du véhicule, tels que les systèmes de suspension et de freinage, contre les agressions extérieures comme la chaleur excessive, la pluie, la poussière et l'humidité. Cette protection limite l'usure des composants, prolonge leur durée de vie et contribue au maintien des performances et de l'efficacité de fonctionnement du véhicule.

C. Aspect esthétique :

La carrosserie définit l'identité visuelle du véhicule et constitue l'un des principaux facteurs d'attraction pour les acheteurs. Les lignes extérieures, les couleurs et les angles permettent de distinguer les différents modèles et d'influencer la perception du consommateur, qu'elle soit moderne, sportive, classique ou luxueuse. Le design de la carrosserie joue ainsi un rôle majeur dans le marketing et le succès commercial du véhicule[01].

D. Aérodynamique:

La conception de la carrosserie contribue à réduire la résistance de l'air pendant la conduite. Une bonne aérodynamique et une répartition adéquate des surfaces extérieures diminuent la traînée, améliorent la consommation de carburant et augmentent la stabilité du véhicule à grande vitesse. De plus, certains détails, tels que les courbures et les ouvertures, permettent de canaliser efficacement le flux d'air autour du véhicule.

E. Isolation acoustique et thermique :

La carrosserie assure une isolation interne qui réduit les bruits extérieurs et les variations de température, améliorant ainsi le confort des passagers dans toutes les conditions climatiques. Les matériaux utilisés, comme l'aluminium et l'acier renforcé, associés aux couches isolantes à l'intérieur du véhicule, contribuent à créer un environnement calme et confortable dans l'habitacle.

1.2 Les composants de la carrosserie:

La carrosserie d'un véhicule est composée d'un ensemble d'éléments qui constituent la structure extérieure et déterminent l'aspect final de la voiture :

1. Les portes :

Les portes sont des éléments essentiels de la carrosserie. Elles permettent l'accès et la sortie des passagers tout en contribuant à la protection de l'habitacle. Elles sont conçues pour être robustes et intègrent des systèmes d'absorption des chocs ainsi que les mécanismes nécessaires pour une ouverture et une fermeture faciles et sécurisées[02].

2. Le toit :

Le toit constitue la partie supérieure du véhicule et apporte une rigidité supplémentaire à l'ensemble de la structure. Il protège les occupants contre les conditions climatiques et participe, avec les autres éléments de la carrosserie, à l'amélioration de la stabilité du véhicule lors de la conduite[02].

3. Les ailes avant et arrière :

Elles recouvrent les roues et protègent les composants internes contre la poussière, la boue et les projections de pierres pendant la circulation. Elles jouent également un rôle esthétique en améliorant l'apparence extérieure et en complétant les lignes aérodynamiques du design.

4. Les pare-chocs (bumpers) :

Les pare-chocs sont placés à l'avant et à l'arrière du véhicule afin de réduire l'impact des chocs légers et de protéger les éléments internes. Ils font aussi partie intégrante du design esthétique et reflètent le style du véhicule.

5. Le pare-brise et la lunette arrière :

Le vitrage assure une bonne visibilité au conducteur et protège l'habitacle des agressions extérieures. Dans les véhicules modernes, le verre est renforcé pour être résistant aux chocs et contribuer à l'isolation acoustique et thermique.

6. Le capot moteur :

Le capot recouvre le moteur et le protège de la poussière, de la pluie et de la chaleur excessive. Il facilite également l'accès au moteur lors des opérations d'entretien et de contrôle.

7. Le couvercle du coffre arrière :

Il sert à fermer l'espace de chargement arrière et à protéger son contenu. Sur certains modèles, il est conçu de manière aérodynamique afin de compléter l'esthétique générale du véhicule.



Figure I.2 Le châssis.

I.2.2 Définition Le châssis:

Le châssis est la structure métallique de base du véhicule sur laquelle sont montés tous les composants internes et externes, tels que le moteur, les roues, le système de suspension et parfois la carrosserie. Il est considéré comme la colonne vertébrale du véhicule, car il assure la rigidité et la robustesse de l'ensemble, et influence directement les performances ainsi que la stabilité du véhicule sur la route.

La conception du châssis joue un rôle essentiel dans la répartition des charges et des forces générées lors de la conduite, ce qui contribue à maintenir l'équilibre du véhicule pendant l'accélération, le freinage et les virages. De plus, les matériaux utilisés pour le châssis, comme l'acier renforcé ou l'aluminium, déterminent la capacité du véhicule à résister aux chocs et aux différentes contraintes, que ce soit dans un usage quotidien ou en situation d'urgence[01].

2.1 Les fonctions du châssis:

Le châssis joue un rôle fondamental dans les performances et la sécurité du véhicule. Il ne s'agit pas seulement d'un cadre métallique, mais d'un élément aux fonctions multiples :

1.Support du poids du véhicule et de ses composants :

Le châssis supporte le poids total du véhicule, y compris le moteur, le système de suspension, les roues et la carrosserie. Sa conception permet une répartition équilibrée des charges entre les différents éléments, garantissant ainsi une bonne stabilité lors de la conduite.

2. Garantie de la rigidité et de la robustesse :

Le châssis confère à la structure du véhicule une grande résistance et une rigidité suffisante, ce qui permet de conserver la forme du véhicule et d'éviter les déformations sous l'effet des contraintes, telles que les vitesses élevées ou les routes irrégulières.

3. Absorption des forces dues à l'accélération et au freinage :

Il contribue à absorber les forces générées par la vitesse, l'accélération ou les freinages brusques, protégeant ainsi les composants mécaniques et améliorant le confort des passagers.

4. Amélioration de la stabilité et de la tenue de route :

Le châssis joue un rôle clé dans la bonne répartition des charges, ce qui augmente la stabilité du véhicule sur la route et renforce la capacité du conducteur à maîtriser le véhicule lors des virages ou des manœuvres soudaines.

5. Contribution à la sécurité :

Le châssis constitue un élément essentiel du système de sécurité passive du véhicule. Il soutient la carrosserie et répartit les forces en cas de collision, réduisant ainsi les risques pour les occupants.

2.2 Les composants du châssis:

Le châssis est constitué de plusieurs éléments principaux qui assurent la rigidité du véhicule et son bon fonctionnement :

a. Le cadre métallique :

Le cadre métallique forme la structure de base du châssis et sert de support à l'ensemble des composants du véhicule. Il assure la rigidité et la solidité de la structure, détermine la forme générale du véhicule et garantit une répartition équilibrée des charges.

b. Les points de fixation du moteur :

Les points de fixation du moteur constituent une partie essentielle du châssis. Ils maintiennent le moteur solidement en place et contribuent à réduire les vibrations et les bruits générés par le fonctionnement du moteur pendant la conduite[04].

c. Le système de suspension :

Le système de suspension relie le châssis aux roues et absorbe les chocs provoqués par les irrégularités de la route. Il permet d'améliorer le confort des passagers et d'augmenter la stabilité du véhicule en circulation.

d. Les essieux :

Les essieux représentent les éléments de liaison principaux des roues. Ils participent à la transmission du mouvement et de la puissance entre le moteur et les roues, et influencent directement la maniabilité et la sécurité du véhicule lors des manœuvres et des virages.

e. Le système de direction :

Le système de direction permet au conducteur de diriger le véhicule avec précision. Il est directement lié au châssis afin d'assurer une réponse correcte des roues et de garantir une conduite sûre et confortable.

f. Le système de freinage :

Le système de freinage est intégré au châssis pour assurer un arrêt efficace du véhicule. Il répartit les forces de freinage sur l'ensemble de la structure et contribue à prévenir la perte de contrôle lors des freinages brusques.

2.3 Les types de châssis:

Type de structure	Description	avantages	Inconvénients
Structure en échelle (Ladder Frame)	châssis ancien, composé de deux longerons longs reliés par deux traverses courtes.	-facile à assembler - Réparations simples grâce aux pièces détachables	-Faible rigidité en torsion - Poids élevé, peu adapté aux voitures sportives ou hatchbacks
structure à colonne vertébrale (Backbone Frame)	tube cylindrique traversant le milieu du véhicule, reliant les suspensions supérieures et inférieures.	- Meilleure adhérence routes irrégulières - Résistance accrue aux conditions difficiles - Rigidité en torsion supérieure à la structure en échelle	- Réparations complexes - Fabrication coûteuse
Structure monocoque (Monocoque / Unibody)	châssis intégré à la carrosserie, formant un seul ensemble.	- plus sûr grâce au design en cage - Facile à réparer - Rigidité en torsion élevée	-Poids relativement élevé - Production en petite série rentable
structure tubulaire (Tubular / Spaceframe)	châssis tridimensionnel renforcé sous les portes, utilisé surtout pour les voitures de course.	-Excellente rigidité pour le même poids - Meilleur rapport poids/solidité - Idéal pour voitures de course	-Fabrication complexe et lente - Production en petite série seulement - Rarement utilisé pour voitures de série - Accès à l'habitacle parfois difficile

Tableau présentant Les types de châssis

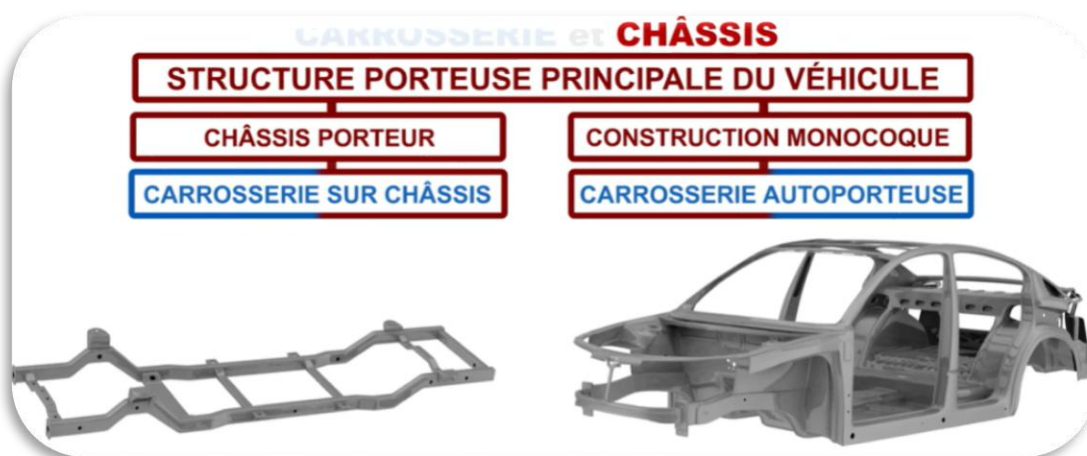


Figure I.3: illustrant les types de châssis.

Figure I.4 Le moteur et ECU



I.2.3 Définition générale des moteurs:

Un **moteur** est un dispositif mécanique ou électromécanique dont la fonction principale est de transformer une forme d'énergie initiale en **énergie mécanique (mouvement)** exploitable pour faire fonctionner des machines, des véhicules ou divers équipements. Les moteurs comptent parmi les inventions majeures de l'ingénierie, ayant fortement contribué au développement de l'industrie et des moyens de transport.

Les sources d'énergie utilisées par un moteur peuvent être diverses : énergie thermique issue de la combustion d'un carburant, énergie électrique ou d'autres formes d'énergie. Le moteur reçoit cette énergie et la convertit, grâce à des mécanismes internes, en un mouvement **rotatif ou linéaire** permettant d'accomplir un travail utile, comme le déplacement d'un véhicule ou le fonctionnement d'une machine industrielle.

Dans le domaine automobile, le moteur est considéré comme le **cœur du véhicule**, car il fournit la puissance nécessaire à son déplacement. Cette puissance se manifeste sous forme de **couple**, transmis ensuite à travers d'autres systèmes tels que la boîte de vitesses et la transmission jusqu'aux roues[02].

De manière générale, les moteurs peuvent être classés en plusieurs catégories selon leur source d'énergie et leur mode de fonctionnement, notamment :

- **Les moteurs thermiques** (à combustion interne ou externe)
- **Les moteurs électriques**
- **Les moteurs hybrides**

La compréhension du principe de fonctionnement des moteurs est essentielle en génie mécanique et en génie automobile, car elle influence directement les performances, l'efficacité énergétique, la sécurité et l'impact environnemental.

3.2 Types de moteurs:

1. Les moteurs à combustion interne:

1.1 Définition des moteurs à combustion interne:

Le **moteur à combustion interne** est un dispositif mécanique qui transforme l'énergie chimique contenue dans le carburant en **énergie mécanique** à l'intérieur de ses cylindres, grâce à la combustion directe du carburant dans la chambre de combustion. En termes simples, c'est un moteur dans lequel le carburant brûle **à l'intérieur** du moteur afin de produire un mouvement rotatif ou linéaire utilisé pour faire fonctionner un véhicule ou toute autre machine mécanique.

Dans un moteur à combustion interne, le mélange air-carburant brûle à l'intérieur du cylindre, ce qui provoque une augmentation de la pression et pousse le piston. Cette énergie est alors convertie en force mécanique, transmise par le **vilebrequin** puis par la **boîte de vitesses** jusqu'aux roues, permettant ainsi le déplacement du véhicule[02].



Figure I.5:Moteur a combustion interne -MCI-

1.2 Les types de moteurs automobiles à combustion interne peuvent être classés selon plusieurs critères, comme suit :

❖ **Classification des moteurs selon le mode de fonctionnement:**

a. Moteurs à quatre temps (4-Stroke):

1 .Le moteur passe par quatre phases:

- **Admission** : Le piston descend, la soupape d'admission s'ouvre, et le mélange air-carburant pénètre dans le cylindre.
- **Compression** : Le piston remonte et comprime le mélange à l'intérieur du cylindre.
- **Combustion / Détente** : Une étincelle produite par la bougie enflamme le mélange, créant une explosion qui pousse le piston vers le bas et génère l'énergie pour faire avancer le véhicule.
- **Échappement** : Le piston remonte à nouveau, la soupape d'échappement est ouverte pour évacuer les gaz brûlés.

2 Avantages des moteurs à quatre temps:

- Très utilisés dans les motos, voitures et camions.
- Plus efficaces et économiques.
- Puissance et couple modérés par rapport aux moteurs deux temps.

b. Moteurs à deux temps (2-Stroke):

1 Le moteur passe par deux phases :

- **Compression et combustion** : Le piston monte et comprime le mélange air-carburant, puis la bougie enflamme le mélange avant que le piston n'atteigne le sommet. L'explosion pousse le piston vers le bas.
- **Échappement et admission** : Lorsque le piston descend, l'échappement s'ouvre pour évacuer les gaz brûlés et simultanément un nouveau mélange air-carburant entre dans le cylindre.

2 Avantages des moteurs à deux temps:

- Plus légers.
- Principalement utilisés dans les motos et certains petits équipements.
- Puissance et couple plus élevés que les moteurs quatre temps.

❖ **Classification selon la disposition des cylindres:**

1 Moteur en ligne (In-line / Straight):

- **Disposition** : Cylindres alignés en une seule rangée.
- **Avantages** : Design simple et courant, fonctionnement stable et doux, faible coût de fabrication, bonne consommation de carburant, meilleur refroidissement.
- **Inconvénients** : Plus volumineux que certains autres types.



Figure I.6 : Moteur en ligne (In-line / Straight)

2 Moteur en V (V-Engine):

- **Disposition** : Cylindres disposés en forme de V.
- **Avantages** : Plus puissant, moins long, meilleur équilibre réduisant les vibrations, son moteur distinctif et fort, centre de gravité bas améliorant la stabilité.
- **Inconvénients** : Design complexe, coût élevé.



Figure I.7 : Moteur en V (V-Engine)

3 Moteur Boxer:

- **Disposition** : Cylindres opposés horizontalement.
- **Avantages** : Équilibre élevé, fonctionnement doux, meilleure distribution et refroidissement de l'air, réponse rapide et stable, son unique (ton "grognement").
- **Inconvénients** : Légèrement plus volumineux que les moteurs en ligne.



Figure I.8: Moteur Boxer

3 Moteur rotatif (Rotary / Wankel):

- **Disposition** : Sans cylindres traditionnels.
- **Avantages** : Plus petit et léger, design rare et original, vitesse de rotation élevée offrant une réponse rapide, son sportif puissant, fonctionnement doux sans vibrations majeures.
- **Inconvénients** : Moins économique en carburant, nécessite un entretien précis et spécialisé.



Figure I.9: Moteur rotatif (Rotary / Wankel)

4 Moteur Wankel (Wankel Engine)

- **Disposition** : Cylindres disposés en forme de W.
- **Avantages** : Puissance élevée pour un encombrement réduit, combine les avantages des moteurs en V et en ligne, performance adaptée aux voitures sportives.
- **Inconvénients** : Design complexe, consommation élevée de carburant, entretien compliqué.



figure I.10: Moteur Wankel (Wankel Engine)

❖ Classification des moteurs automobiles selon le type de carburant et le fonctionnement

a Moteurs à essence (Essence)

1 Mode de fonctionnement :

Le moteur à essence fonctionne en mélangeant l'air et le carburant dans les cylindres. Le piston commence à comprimer ce mélange et, lorsqu'il atteint le point le plus haut, la bougie produit une étincelle qui enflamme le mélange. L'explosion pousse le piston vers le bas et cette énergie est transformée via le vilebrequin en mouvement rotatif, permettant de faire avancer la voiture. Ce processus se répète des milliers de fois par minute, assurant un fonctionnement fluide et réactif[02].

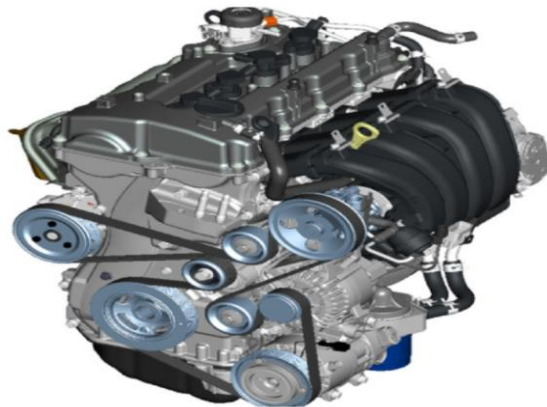


Figure I.11: Moteurs à essence (Essence)

2 Avantages :

- Fonctionnement doux et silencieux.
- Niveau sonore plus faible comparé aux moteurs diesel.
- Adapté aux voitures sportives et de luxe pour une accélération rapide et une bonne réactivité.

3 Inconvénients :

- Consommation de carburant plus élevée que les moteurs diesel.
- Couple moteur plus faible, surtout à basse vitesse, moins efficace pour les charges lourdes.

b Moteurs diesel (Diesel):**1.Mode de fonctionnement :**

Le moteur diesel diffère du moteur à essence car il n'a pas besoin de bougie d'allumage. Seul l'air pénètre dans le cylindre, et le piston le comprime fortement, augmentant ainsi sa température.

Ensuite, le carburant diesel est injecté dans l'air chaud et s'enflamme spontanément. L'explosion pousse le piston vers le bas et génère un couple puissant, transféré via le vilebrequin pour faire tourner les roues. Ce fonctionnement rend les moteurs diesel très puissants à bas régime et adaptés aux véhicules lourds comme les camions[01].



Figure I.12: Moteurs à diesel (Diesel)

2 Avantages :

- Couple moteur élevé, idéal pour les véhicules lourds et les camions.
- Très économique sur de longues distances.
- Supporte un usage intensif et de fortes charges mieux que l'essence.

3 Inconvénients :

- Émissions polluantes plus importantes (NOx, particules).
- Bruit moteur plus fort.
- Entretien coûteux en raison du système d'injection haute pression.

c Moteurs au gaz (GPL / GNV):**1 Mode de fonctionnement :**

Le moteur au gaz fonctionne presque comme un moteur à essence. Le mélange air-gaz entre dans le cylindre, le piston le comprime, puis la bougie produit une étincelle qui enflamme le mélange. L'énergie produite déplace le piston et fait tourner le vilebrequin, ce qui permet de propulser la voiture. La différence principale est le type de carburant, le gaz étant plus propre pour l'environnement.

2 Avantages:

- Respectueux de l'environnement avec moins d'émissions.
- Carburant moins cher, réduisant le coût d'exploitation.
- Utilisé dans les véhicules économiques ou le transport public.

3 Inconvénients:

- Moins puissant que les moteurs essence ou diesel.
- Usage limité aux véhicules économiques ou au transport urbain.

d Moteurs électriques (Electric Engines):**1 Mode de fonctionnement:**

Le moteur électrique convertit l'énergie électrique directement en énergie mécanique par l'interaction de champs magnétiques. Le passage du courant dans les bobines crée un champ magnétique qui fait tourner le rotor, produisant un mouvement rotatif pour entraîner les roues directement.



Figure I.13: Moteurs électriques (Electric Engines)

2 Avantages:

- Écologiques , aucun émission polluante.
- Très silencieux et fonctionnement fluide.
- Réponse instantanée à l'accélération.
- Entretien réduit par rapport aux moteurs thermiques.

3 Inconvénients:

- Autonomie limitée selon la capacité de la batterie.
- Coût d'achat initial élevé.
- Nécessite une recharge régulière.

e. Moteurs hybrides (Hybrid Engines):

1 Mode de fonctionnement:

Le moteur hybride combine un moteur thermique (essence ou diesel) et un moteur électrique. Le moteur électrique est utilisé à basse vitesse ou en ville, tandis que le moteur thermique fonctionne lorsque plus de puissance est nécessaire ou pour les trajets longs. L'énergie des deux moteurs est gérée pour fournir une performance optimale et une meilleure économie de carburant.

2 Avantages:

- Consommation de carburant réduite.
- Émissions plus faibles et respect de l'environnement.
- Performance équilibrée entre puissance et efficacité.

3 Inconvénients:

- Conception complexe et entretien coûteux.
- Prix d'achat initial plus élevé[02].

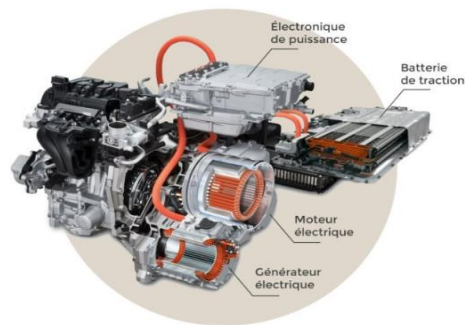


Figure I.14 Moteur shybrides (Hybrid Engines)

f Moteurs à turbine ou moteurs à réaction (Jet / Gas Turbine Engines):

1 Mode de fonctionnement:

Ces moteurs fonctionnent en brûlant le carburant rapidement dans une chambre de combustion pour produire un flux de gaz chaud qui est éjecté à grande vitesse, générant ainsi une force de propulsion. Ils sont utilisés dans certaines voitures sportives de très haute performance ou véhicules spécialisés.

2 Avantages:

- Puissance énorme et accélération très rapide.
- Idéal pour les véhicules sportifs et de haute performance.

3 Inconvénients:

- Consommation de carburant extrêmement élevée.
- Conception complexe et entretien coûteux.
- Rarement utilisé dans les voitures ordinaires.

2. Moteurs à combustion externe:**2.1 Définition des moteurs à combustion interne:**

Un moteur à combustion externe est un moteur mécanique dans lequel le carburant est brûlé **en dehors de la chambre de fonctionnement principale** du moteur, contrairement aux moteurs à combustion interne où le carburant brûle à l'intérieur des cylindres. L'énergie thermique générée par la combustion est utilisée pour chauffer un fluide ou un gaz, comme l'eau ou l'air, ce qui produit de la vapeur ou une expansion gazeuse qui déplace les pistons ou les turbines, générant ainsi le mouvement mécanique nécessaire pour faire fonctionner le véhicule ou l'appareil.

Ces moteurs ont été essentiels au début de l'ère industrielle et des transports, tels que les trains et les navires à vapeur, et ils sont encore utilisés dans certaines applications modernes, comme la production d'électricité à faible bruit ou les systèmes d'énergie renouvelable[02].

2.2 Types de moteurs à combustion externe:**a. Moteur à vapeur (Steam Engine):**

Le moteur à vapeur utilise la chaleur provenant d'une source externe, généralement la combustion du charbon ou du bois dans une chaudière, pour chauffer l'eau et la transformer en vapeur haute pression. La vapeur est dirigée vers les cylindres du moteur, où elle pousse les pistons ou fait tourner les turbines pour produire le mouvement mécanique. Ce type de moteur a été largement utilisé dans les anciens trains et les navires à vapeur. Il offre une grande puissance mais nécessite un temps de chauffage et présente un rendement limité comparé aux moteurs modernes.

b. Moteur Stirling (Stirling Engine) :

Le moteur Stirling fonctionne en chauffant un gaz confiné, comme l'air ou l'hydrogène, depuis l'extérieur. Lorsqu'il est chauffé, le gaz se dilate et pousse le piston vers l'avant, et lorsqu'il se refroidit, il se contracte et ramène le piston à sa position initiale. Ce mouvement continu génère l'énergie mécanique requise. Le moteur Stirling se distingue par son fonctionnement silencieux et sa grande efficacité dans certaines applications, comme la production d'électricité solaire ou les systèmes de chauffage et de refroidissement. Cependant, il est rarement utilisé dans les voitures modernes en raison de la difficulté de miniaturisation et de la complexité de sa conception.

I.2.4 Les systèmes de contrôle modernes liés au moteur:

Avec l'évolution technologique significative qu'a connue le moteur à combustion interne, son fonctionnement ne repose plus exclusivement sur des éléments mécaniques tels que les pistons et les soupapes. Il s'appuie désormais de manière croissante sur des systèmes de contrôle électronique avancés, permettant d'optimiser ses performances dans diverses conditions de fonctionnement.

Dans ce cadre, le **calculateur moteur (Calculateur Moteur)** constitue un élément central assurant l'interface entre les systèmes mécaniques et électroniques du véhicule. Cette unité est chargée de collecter en temps réel les données issues de différents capteurs, notamment la température, le débit d'air et le régime moteur. Ces informations sont ensuite traitées à l'aide d'algorithmes intégrés, afin de générer des commandes précises destinées aux actionneurs, tels que les injecteurs de carburant et le système d'allumage.

L'intégration du calculateur moteur a permis d'améliorer de manière significative les performances globales du moteur, en optimisant la consommation de carburant et en réduisant les émissions polluantes, tout en assurant la stabilité du fonctionnement dans différentes conditions d'exploitation. Par ailleurs, cette unité joue un rôle fondamental dans le diagnostic embarqué, en détectant les anomalies, en enregistrant les défauts et en alertant le conducteur en cas de dysfonctionnement[01].

Toutefois, dans le cadre de ce chapitre, l'étude de cette unité demeure générale et introductive. Une analyse détaillée sera présentée dans le chapitre suivant, portant sur son architecture interne, son principe de fonctionnement ainsi que ses principales fonctions au sein du véhicule.



Figure I.15 : Calculateur Moteur



Figure I.16 Système de suspension automobile et roues.

I.2.4.1 Définition du système de suspension automobile:

Le système de suspension automobile est défini comme un ensemble mécanique intégré composé de différents éléments structuraux et dynamiques, dont la fonction principale est d'assurer la liaison entre le châssis du véhicule et les roues, tout en permettant un mouvement relatif contrôlé entre ces deux parties. Ce système a pour objectif d'absorber les chocs et les vibrations résultant des irrégularités de la chaussée, tout en garantissant un contact permanent entre les pneumatiques et la surface de la route.

Le système de suspension automobile est défini comme un ensemble mécanique intégré composé de différents éléments structuraux et dynamiques, dont la fonction principale est d'assurer la liaison entre le châssis du véhicule et les roues, tout en permettant un mouvement relatif contrôlé entre ces deux parties. Ce système a pour objectif d'absorber les chocs et les vibrations résultant des irrégularités de la chaussée, tout en garantissant un contact permanent entre les pneumatiques et la surface de la route[01].



Figure I.17: Représente Système de suspension et de freinage arrière.

4.2 Les fonctions fondamentales du système de suspension automobile:

Le système de suspension automobile assure plusieurs fonctions essentielles visant à garantir la sécurité du véhicule, le confort des passagers et l'optimisation du comportement dynamique lors de la conduite. Ses principales fonctions sont les suivantes :

1 Absorption des chocs et des vibrations:

Le système de suspension permet d'absorber les chocs et les vibrations provoqués par les irrégularités de la chaussée, telles que les nids-de-poule et les bosses, grâce aux ressorts et aux amortisseurs. Cela réduit la transmission des vibrations vers la structure du véhicule et l'habitacle.

2 Maintien du contact permanent entre les pneus et la route:

Le système de suspension garantit un contact continu entre les pneumatiques et la surface de la route, condition indispensable pour assurer une bonne adhérence et un contrôle efficace du véhicule, notamment lors des phases de freinage et de virage. [02].

3 Amélioration de la stabilité du véhicule:

Il contribue à la réduction du roulis en virage et au contrôle des mouvements de tangage et de cabrage, ce qui améliore la stabilité dynamique du véhicule et limite les risques de perte de contrôle.

4 Amélioration du confort des passagers:

En limitant les vibrations et les chocs transmis à la carrosserie, le système de suspension offre un meilleur confort aux passagers, en particulier lors de la conduite sur des routes dégradées ou à vitesse élevée.

5 Répartition des charges et des forces:

Le système de suspension assure une répartition équilibrée des charges et des forces verticales et latérales exercées sur les roues, ce qui protège la structure du véhicule et ses composants mécaniques.

6 Contribution à la sécurité globale du véhicule:

En améliorant la stabilité, l'adhérence et l'efficacité du freinage, le système de suspension joue un rôle déterminant dans l'augmentation du niveau de sécurité globale du véhicule.

4.3 Les composants du système de suspension automobile:

Le système de suspension automobile est constitué de plusieurs éléments mécaniques interdépendants, qui travaillent ensemble afin d'assurer l'absorption des chocs, l'amélioration de la stabilité et le contrôle du mouvement des roues par rapport au châssis du véhicule.

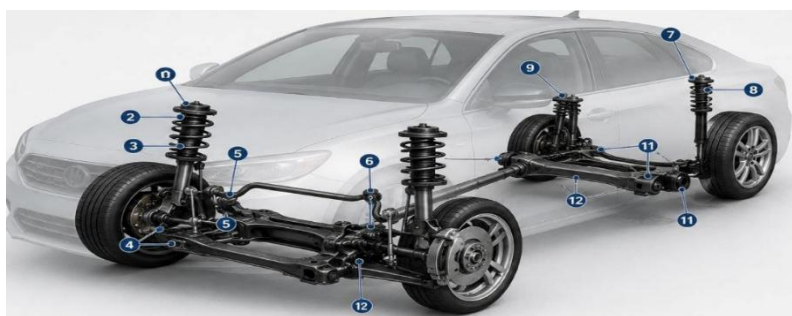


Figure I.18: le composant du système de suspension automobile.

4.4 Les principaux composants du système de suspension sont les suivants:

1 Moyeu de roue:

Le moyeu de roue est la pièce qui relie la roue au véhicule et lui permet de tourner librement. Il supporte le poids de la voiture, transmet les forces générées par le freinage et les virages, et assure la stabilité de la roue pour éviter qu'elle ne se détache pendant la conduite.



Figure I.19: Représente le Moyeu de roue.

2 Les ressorts:

Les ressorts constituent l'élément fondamental du système de suspension. Ils supportent le poids du véhicule et absorbent les chocs initiaux dus aux irrégularités de la route.



Figure I.20: Représente Les ressorts.

3 Les amortisseurs

Les amortisseurs ont pour rôle principal de contrôler et d'amortir les oscillations des ressorts, empêchant ainsi les vibrations excessives après le passage sur un obstacle.

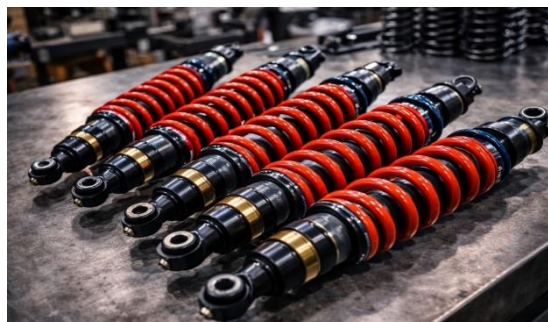


Figure I.21: Représente Les amortisseurs

4 La barre stabilisatrice

La barre stabilisatrice limite le roulis du véhicule en virage en répartissant les efforts latéraux entre les roues du même essieu, améliorant ainsi la stabilité latérale.



Figure I.22: Représente La barre stabilisatrice.

5 Baare anti-roulis:

La barre anti-roulis est un composant du système de suspension qui relie les roues d'un même essieu et permet de réduire le roulis de la carrosserie lors des virages ou des changements brusques de vitesse, augmentant ainsi la stabilité et la sécurité du véhicule.



Figure I.23: Représente Baare anti-roulis

6 Roues:

La roue est la partie circulaire du véhicule qui relie le pneu au châssis et permet le déplacement de la voiture sur la route. Elle joue un rôle essentiel dans la mobilité, la transmission de la force du moteur ou du freinage à la route, le soutien du poids du véhicule, le maintien de l'adhérence, l'amélioration de la stabilité et du contrôle, ainsi que le confort des passagers sur des routes irrégulières. [01].

6.1 Composants des roues:

Les roues d'un véhicule sont constituées de plusieurs éléments interconnectés qui assurent la mobilité, la stabilité et le contrôle de la voiture. Les principaux composants sont :

- **Le pneu**

Le pneu est la partie extérieure en caoutchouc renforcé, en contact direct avec la chaussée. Son rôle est d'assurer l'adhérence, d'absorber partiellement les irrégularités de la route et de permettre le déplacement du véhicule dans des conditions de sécurité optimales.



Figure I.24 : Représente le pneu

- **La jante**

La jante est la structure métallique sur laquelle le pneu est monté. Elle supporte le pneu, maintient sa forme et assure la liaison entre celui-ci et le moyeu de la roue.



FigureI.25: Représente La jante

- **Le moyeu**

Le moyeu est l'élément central qui relie la roue à l'essieu ou au système de suspension. Il permet la rotation de la roue et supporte les charges transmises entre la roue et le véhicule.



figureI.26: Représente Le moyeu

- **Les boulons ou écrous de fixation**

Les boulons ou écrous de fixation servent à maintenir solidement la roue sur le moyeu. Ils garantissent la sécurité de l'assemblage et empêchent tout desserrage pendant la circulation[02].



figure I.27: Représente Les boulons ou écrous de fixation

- **Les roulements de roue**

Les roulements permettent à la roue de tourner avec un minimum de frottement. Ils contribuent au bon fonctionnement de la roue et à la stabilité du véhicule.



figure I.28: Représente Les roulements de roue

4.5 Principe de fonctionnement du système de suspension automobile:

Le principe de fonctionnement du système de suspension d'un véhicule repose sur le contrôle des mouvements relatifs entre les roues et la carrosserie, afin d'absorber les chocs dus aux irrégularités de la route, de maintenir le contact permanent des roues avec le sol et d'assurer la stabilité du véhicule ainsi que le confort des passagers.

Lorsqu'un véhicule franchit une bosse ou un trou, le choc est d'abord transmis de la roue au ressort. Celui-ci absorbe une grande partie de l'énergie en se déformant de manière élastique et permet le mouvement vertical de la roue. Ensuite, l'amortisseur intervient pour limiter et freiner ces oscillations en dissipant l'énergie sous forme de chaleur, empêchant ainsi les vibrations prolongées.

Le système de suspension fonctionne selon un modèle physique appelé système masse-ressort-amortisseur (Masse-Ressort-Amortisseur). Ce modèle permet de réduire l'amplitude des vibrations et de contrôler la fréquence des oscillations, garantissant une bonne tenue de route lors de la conduite en ligne droite, dans les virages, ainsi que lors des phases de freinage et d'accélération.

De plus, grâce à la barre anti-roulis, le système de suspension limite l'inclinaison de la carrosserie dans les virages et assure une répartition équilibrée des charges verticales et latérales sur les roues, ce qui améliore la stabilité dynamique du véhicule et renforce la sécurité[01].

4.6 les défauts courants du système de suspension:

Les défauts courants du système de suspension d'un véhicule se manifestent principalement par l'usure des amortisseurs, l'affaiblissement ou la rupture des ressorts, la détérioration des silentblochs et des bras de suspension, ainsi que par les défaillances des roulements de roue ou de la barre anti-roulis. Ces anomalies sont généralement dues à l'usage prolongé du véhicule, aux conditions de conduite sur routes dégradées et au manque d'entretien périodique[04].

Elles entraînent une dégradation du confort de conduite, une diminution de la stabilité du véhicule, une augmentation du roulis en virage, une usure irrégulière des pneumatiques et un allongement des distances de freinage, ce qui affecte directement la sécurité et les performances dynamiques du véhicule. Ainsi, le contrôle régulier du système de suspension, le réglage du parallélisme et le remplacement des composants usés constituent des mesures essentielles pour garantir le bon fonctionnement du véhicule et la sécurité des usagers[04].

5 Le système de contrôle du véhicule:

I.2.5.1 Définition du système de contrôle du véhicule:

Le système de contrôle du véhicule est l'ensemble des dispositifs électroniques et mécaniques chargés de surveiller en permanence le comportement dynamique de l'automobile et d'intervenir au moment opportun afin d'assurer la stabilité, la sécurité et la maîtrise de sa trajectoire dans différentes conditions de conduite. Il repose sur des capteurs et des unités électroniques qui collectent et analysent des informations liées notamment à la vitesse des roues, au mouvement du véhicule et à l'angle de direction.

L'importance de ce système réside dans sa capacité à aider le conducteur à conserver le contrôle du véhicule, en particulier dans des situations difficiles telles que les routes glissantes, les virages ou le freinage brusque. En cas de perte partielle d'adhérence ou de déséquilibre, le système intervient automatiquement en ajustant la force de freinage ou le couple moteur, ce qui permet d'améliorer la stabilité et de réduire les risques d'accident. Ainsi, le système de contrôle du véhicule constitue un élément essentiel pour renforcer la sécurité et optimiser les performances de conduite[04].



Figure I.29: Représente système de contrôle du véhicule



Figure I.30 Système de direction.

I.2.6.1 Définition:

Le système de direction est l'ensemble des composants mécaniques et électroniques qui permettent au conducteur de diriger les roues du véhicule et de contrôler sa trajectoire avec précision. Il transmet le mouvement du volant aux roues (avant ou arrière selon le type de véhicule) tout en assurant la stabilité et le contrôle dans les virages. [01].

6.2 Objectifs principaux:

1. Permettre au conducteur de contrôler la trajectoire : transformer le mouvement du volant en mouvement des roues.
2. Améliorer la stabilité dans les virages : éviter le dérapage ou la perte de contrôle.
3. Réduire l'effort du conducteur : notamment avec les systèmes de direction assistée hydraulique ou électrique.
4. Compatibilité avec les systèmes de sécurité : tels que l'ABS et l'ESP pour maintenir le contrôle en situation d'urgence. [02].

6.3 Composants du système de direction:

1. **Volant** : point de contrôle principal.
2. **Colonne de direction**: transmet le mouvement du volant à la boîte de direction.
3. **Boîte de direction**: convertit le mouvement rotatif en mouvement linéaire pour orienter les roues.
4. **Biellettes de direction** : transmettent le mouvement de la boîte aux roues.
5. **Assistance de direction**: hydraulique ou électrique pour faciliter le contrôle.
6. **Capteurs électroniques**: dans les systèmes de direction électronique, pour monitorer les angles et assister les systèmes ESP. [03].

6.4 Types de systèmes de direction:

1. Direction mécanique manuelle
2. Direction assistée hydraulique
3. Direction assistée électrique
4. Direction électronique adaptative



Figure I.31 Le système de freinage automobile.

I.2.7.1 Définition du système de freinage automobile:

Le système de freinage est l'un des systèmes de sécurité les plus importants dans les véhicules modernes. Il permet de contrôler la vitesse du véhicule ou de l'arrêter en toute sécurité. Le système repose sur des principes mécaniques et hydrauliques, tout en intégrant des systèmes d'assistance électroniques tels que l'ABS, l'EBD, le BA et l'ESP. Cette étude fournit une description détaillée de chaque composant du système de freinage et des systèmes d'assistance, avec des illustrations éducatives en français pour faciliter la compréhension scientifique[18].

7.2 Composants principaux du système de freinage:

2.1 Pédale de frein:

La pédale de frein est le point d'entrée de la force appliquée par le conducteur vers le système. En appuyant dessus, le conducteur transmet une force mécanique qui sera amplifiée par le servofrein et transmise au maître-cylindre[18].



Figure I.32: Représente Pédale de frein

a Mécanisme de fonctionnement:

1. La pression sur la pédale est transmise via un bras mécanique (Lever Arm).
2. La force mécanique exercée sur la pédale est transmise au servofrein, qui amplifie l'effort avant son action sur le maître-cylindre. La transformation en pression hydraulique s'effectue au niveau du maître-cylindre.
3. La pression est amplifiée avant d'atteindre le maître-cylindre pour assurer une efficacité maximale du freinage[03].

2.2 Servofrein / Amplificateur de frein (Servofrein / Brake Booster)

Le servofrein réduit l'effort nécessaire appliqué par le conducteur et amplifie l'effort transmis au maître-cylindre.

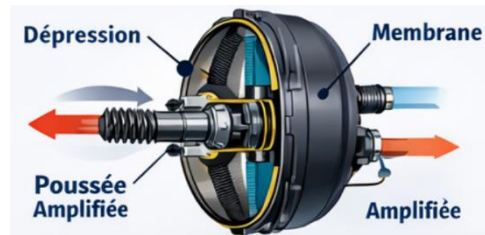


Figure I.33: Représente Servofrein / Amplificateur de frein

a Mécanisme de fonctionnement:

- Il exploite la différence de pression entre deux chambres séparées par un diaphragme pour générer une force supplémentaire.
- Lorsque la pédale est enfoncée, le piston interne du servofrein amplifie l'effort appliquée sur le maître-cylindre. [03].

b Types :

1. **Servofrein à dépression (Vacuum Booster)** : utilise la dépression générée par le moteur.
2. **Servofrein hydraulique** : utilise la pression de l'huile du moteur.
3. **Servofrein électrique (Electric Brake Booster)** : utilisé dans les véhicules hybrides et électriques.

c Importance :

- Réduit l'effort du conducteur.
- Garantit une réponse plus rapide du freinage.
- Améliore la performance du système aux hautes vitesses ou en situation d'urgence.

2.3. Maître-cylindre (Cylindre de maître / Master Cylinder) :

Le maître-cylindre est le cœur du système hydraulique, convertissant la force mécanique du servofrein en pression hydraulique.

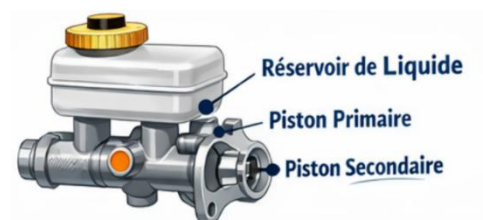


Figure I.34 Représente Maître-cylindre

a Mécanisme de fonctionnement:

- Comporte un piston primaire et secondaire.
- Lors de l'appui, le liquide est distribué dans des circuits indépendants pour les roues avant et arrière.

- Les soupapes de compensation permettent le retour du liquide dans le réservoir lorsque la pédale est relâchée.

b Composants principaux :

- Pistons primaire et secondaire
- Ressorts de retour
- Soupapes de compensation

2.4. Liquide de frein (Liquide de frein / Brake Fluid):

Le liquide de frein est un fluide incompressible qui transmet la pression dans le circuit hydraulique tout en résistant aux températures élevées générées lors du freinage.

1 Types :

DOT 3 : utilisé dans les systèmes de freinage standards, avec un point d'ébullition modéré.

DOT 4 : plus résistant à la chaleur, largement utilisé dans les véhicules modernes.

DOT 5.1 : destiné aux systèmes exigeant de hautes performances thermiques et une meilleure stabilité en service[18].



Figure I.35: Représente Liquide de frein

2 Propriétés critiques:

- Point d'ébullition élevé
- Hygroscopique
- Stabilité chimique pour résister à la chaleur et à l'usure

3 Rôle:

- Transmettre la pression du maître-cylindre aux cylindres des roues.

Maintenir la cohérence du système sans perte de pression. Le réservoir de liquide de frein alimente le maître-cylindre en fluide, tandis que les conduites et flexibles hydrauliques assurent la transmission de la pression vers les étriers ou les cylindres de roue[03].

2.5 Frein à disque (Frein à disque / Disc Brake):

Le frein à disque est un dispositif de freinage dans lequel les plaquettes exercent une pression sur un disque métallique solidaire de la roue afin de ralentir ou d'arrêter le véhicule par frottement[18].

5.1 Composants:



Figure I.36 Représente Composants Frein à disque

5.2 Mécanisme:

- Les plaquettes pressent le disque via l'étrier lors de l'appui sur la pédale.
- L'énergie cinétique est convertie en chaleur par frottement.

5.3 Avantages :

- Meilleur refroidissement
- Réponse rapide
- Résistance au phénomène de fade

En plus des composants de base du système de freinage, les véhicules modernes intègrent plusieurs systèmes d'assistance électronique visant à améliorer la sécurité, la stabilité et l'efficacité du freinage[18].

8 Systèmes d'assistance du freinage

I.2.8.1-Système de freinage antiblocage (ABS):

Le système ABS est l'un des systèmes d'assistance les plus importants dans les véhicules modernes. Il empêche le blocage des roues lors d'un freinage brusque, permettant au conducteur de maintenir le contrôle de la direction et la stabilité du véhicule. Le système repose sur des capteurs de vitesse de roue qui surveillent en continu la rotation de chaque roue et transmettent ces informations à l'unité de contrôle électronique (ECU). L'ECU compare la vitesse des roues aux seuils prédéfinis, et lorsqu'une roue approche du blocage, il ajuste la pression hydraulique dans le cylindre de la roue plusieurs fois par seconde via les valves de modulation. Ainsi, les roues continuent de tourner avec un minimum de glissement, assurant la stabilité et le contrôle du véhicule. L'ABS a pour rôle principal d'éviter le blocage des roues afin de préserver la stabilité et la dirigibilité du véhicule lors du freinage., surtout sur routes glissantes ou en situations d'urgence, et fonctionne en coordination avec les systèmes EBD et BA pour optimiser l'efficacité du freinage[18].

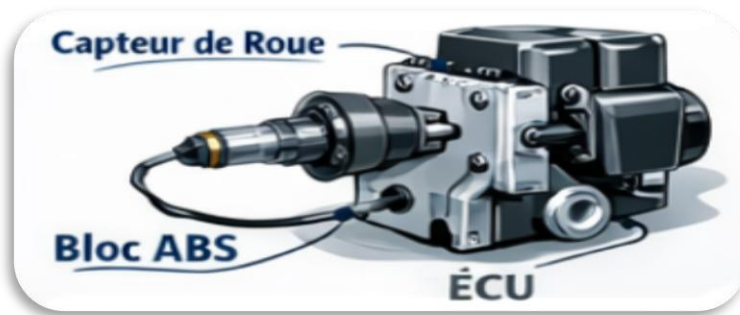


Figure I.37: Représente Système de freinage antiblocage (ABS)

8.2-Distribution électronique de la force de freinage (EBD):

Le système EBD répartit automatiquement la force de freinage entre les essieux avant et arrière selon la charge dynamique du véhicule, comme les variations de poids lors de l'accélération ou d'un freinage brusque. Le système utilise des capteurs qui surveillent la pression sur chaque essieu, la charge du véhicule et l'état de la route, puis ajuste automatiquement la pression sur les freins arrière pour éviter le blocage ou le glissement, garantissant ainsi une meilleure stabilité.

L'EBD fonctionne en complément de l'ABS pour maintenir les roues non bloquées et assurer un freinage optimal, tout en réduisant le risque de survirage et en raccourcissant la distance de freinage dans toutes les conditions de conduite[18].

8.3-Assistance au freinage (Brake Assist – BA):

Le système BA détecte les situations d'urgence lorsque le conducteur appuie rapidement sur la pédale de frein et augmente automatiquement la pression hydraulique pour atteindre la force maximale de freinage. Le système mesure la vitesse d'enfoncement de la pédale et, si les conditions d'urgence sont remplies, il augmente immédiatement la pression pour réduire la distance de freinage. Le BA fonctionne de manière intégrée avec l'ABS et l'EBD, offrant une sécurité supplémentaire lors des situations critiques, comme un freinage d'urgence pour éviter une collision, même si le conducteur n'exerce pas une force suffisante sur la pédale[18].



Figure I.38: Représente Système Schéma du servofrein

8.4-Programme de stabilité électronique (ESP):

Le système ESP est un système avancé qui vise à maintenir la stabilité et le contrôle du véhicule lors d'une perte d'adhérence ou d'un glissement. Il surveille l'angle de braquage, la vitesse du véhicule et le mouvement de chaque roue, et lorsqu'un écart par rapport à la trajectoire souhaitée est détecté, il applique un freinage sélectif sur certaines roues pour corriger la trajectoire.

L'ESP fonctionne en coordination avec l'ABS, l'EBD et le BA, assurant que le véhicule reste sur sa trajectoire correcte, particulièrement dans les virages ou sur routes glissantes, réduisant le risque de perte de contrôle et améliorant la sécurité[18].



Figure I.39: Représente Programme de stabilité électronique (ESP)

❖ Commande moteur

1 Définition

La commande moteur est l'ensemble des systèmes électroniques et mécaniques qui contrôlent le fonctionnement du moteur d'un véhicule. Elle régule des paramètres essentiels tels que l'injection de carburant, l'allumage, la gestion de l'air et des émissions, afin d'assurer une performance optimale, une consommation réduite de carburant, et un respect des normes environnementales



Figure I.40: Représente Commande moteur

❖ Commande de transmission

1 Définition

La commande de transmission est l'ensemble des systèmes électroniques et mécaniques qui contrôlent le **choix de vitesse et la transmission du couple entre le moteur et les roues**, afin d'assurer une performance optimale, une consommation réduite de carburant et une expérience de conduite confortable. Le système surveille la vitesse du véhicule, le régime moteur et le couple moteur, puis détermine le moment idéal pour le passage des rapports selon les conditions de conduite.



figure I.41: Représente Commande de transmission

9 Équipement électrique

1.2.9.1.Définition:

L'équipement électrique d'un véhicule regroupe l'ensemble des dispositifs et systèmes fonctionnant à l'électricité pour assurer diverses fonctions dans la voiture, y compris l'éclairage, le contrôle du moteur, les systèmes de sécurité et le confort. Ces équipements reposent sur **la batterie, l'alternateur et le câblage électrique** pour fournir l'énergie nécessaire à tous les dispositifs électriques et électroniques du véhicule[03].

2. Objectifs principaux:

1. **Alimenter les systèmes essentiels du véhicule** : tels que l'allumage, les pompes à carburant et les systèmes de gestion du moteur.
2. **Garantir la sécurité** : systèmes d'éclairage, témoins d'alerte, ESP, ABS, et autres dispositifs de contrôle électronique.
3. **Améliorer le confort du conducteur et des passagers** : vitres électriques, sièges réglables, climatisation et chauffage.
4. **Permettre la communication et le contrôle électronique** : unités de contrôle électronique (ECU), écrans numériques et systèmes de navigation.

3.Composants de l'équipement électrique dans la voiture:

L'équipement électrique comprend un ensemble de composants, parmi lesquels on peut citer :

1.Batterie:

La batterie est la principale source d'énergie électrique lorsque le moteur est à l'arrêt. Elle est utilisée pour démarrer le moteur et alimenter les différents systèmes électriques de la voiture. La batterie convertit l'énergie chimique stockée en énergie électrique. Une batterie en bon état garantit le fonctionnement fiable de tous les systèmes électriques.



figure I.42: Représente Batterie

2. Alternateur:

L'alternateur produit de l'électricité lorsque le moteur tourne et recharge la batterie. Il fournit également l'énergie nécessaire à tous les systèmes électriques et électroniques du véhicule, assurant un flux continu d'énergie.

3. Câblage et connecteurs:

Le câblage et les connecteurs électriques assurent la distribution de l'énergie et des signaux entre la batterie, l'alternateur, les ECU et les dispositifs électriques. La qualité du câblage affecte directement la fiabilité des systèmes.

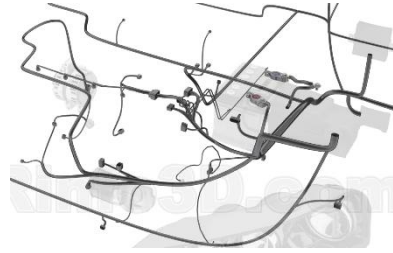


Figure I.43: Représente Câblage et connecteurs

4. Interrupteurs et dispositifs électriques:

Ces composants permettent le contrôle manuel ou automatique des systèmes électriques, incluant :

- Phares, clignotants et feux de détresse.
- Vitres et sièges électriques.
- Systèmes de climatisation et de chauffage.
- Systèmes audio, multimédia et navigation.



figure I.44 : Représente Interrupteurs et dispositifs électriques

5. Capteurs et actionneurs:

Capteurs (Sensors) : mesurent des paramètres tels que la température, la pression, la vitesse et le niveau de carburant, et transmettent les informations aux ECU.

- **Actionneurs (Actuators) :** exécutent les ordres des ECU, comme activer l'injection, réguler la climatisation ou actionner les freins électroniques.

I.3.conclusion:

En conclusion, l'étude des fonctions techniques automobiles permet de mieux comprendre l'organisation générale et le fonctionnement des principaux systèmes constituant un véhicule moderne. À travers ce chapitre, nous avons présenté les éléments essentiels de l'automobile, notamment la carrosserie, le châssis, le moteur, le système de suspension, le système de direction, le système de freinage, les systèmes de contrôle ainsi que l'équipement électrique et électronique. Chacun de ces systèmes joue un rôle spécifique et complémentaire afin d'assurer la sécurité, la stabilité, le confort, les performances et la fiabilité du véhicule. [02].

L'évolution technologique du secteur automobile a conduit à une intégration de plus en plus importante des systèmes électroniques et informatiques dans le fonctionnement des véhicules. Cette modernisation a permis d'améliorer considérablement les performances mécaniques, la réduction de la consommation énergétique et le niveau de sécurité, mais elle a également rendu les véhicules plus complexes à analyser et à entretenir. Ainsi, la maîtrise des fonctions techniques automobiles constitue une base fondamentale pour comprendre les méthodes modernes de maintenance et de diagnostic[01].

Par ailleurs, cette étude a mis en évidence l'interdépendance existant entre les différents systèmes du véhicule. Une défaillance dans un système peut influencer directement ou indirectement le fonctionnement des autres systèmes, ce qui souligne l'importance d'une approche globale dans l'analyse des pannes automobiles. De ce fait, la connaissance approfondie des composants, des principes de fonctionnement et des interactions entre ces systèmes représente une étape indispensable avant d'aborder les techniques de diagnostic électronique et les appareils de détection des défauts[03].

Enfin, ce chapitre constitue une introduction théorique essentielle pour la suite de ce travail. Les notions développées serviront de base pour l'étude des systèmes de diagnostic automobile, des calculateurs électroniques et des appareils de détection des pannes qui seront abordés dans les chapitres suivants[01].

Chapitre II
Différents types d'appareils
de diagnostic automobile

II-1 Introduction:

Le secteur automobile a connu, au cours des dernières années, une évolution remarquable sous l'effet du progrès technologique accéléré. Les véhicules modernes reposent désormais largement sur des systèmes électroniques ainsi que sur des unités de commande intelligentes assurant la gestion de leurs différentes fonctions. Cette évolution a imposé l'adoption de moyens modernes de détection et de diagnostic des pannes, parmi lesquels figurent les appareils de diagnostic électronique automobile. Ces appareils constituent aujourd'hui des outils essentiels sur lesquels s'appuient les spécialistes de la maintenance afin d'identifier les sources de dysfonctionnement, de lire les codes d'erreur et de surveiller le fonctionnement des différents systèmes électroniques du véhicule. Dans cette perspective, ce chapitre présente la notion des appareils de diagnostic électronique, met en évidence leur importance dans la détection des pannes, puis propose un aperçu général des principaux appareils utilisés dans ce domaine[05].

II.2 Calculateur Moteur (Engine Control Unit / ECU)

2.1 Introduction:

Le calculateur moteur constitue l'un des éléments les plus importants des véhicules modernes, car il représente le « cerveau » chargé de superviser l'ensemble des opérations liées au fonctionnement du moteur. Avec l'évolution technologique dans le domaine de l'ingénierie automobile, cette unité joue désormais un rôle essentiel dans l'équilibre entre la performance, la réduction de la consommation de carburant et le respect des normes environnementales

Cette unité repose sur le traitement en temps réel de données provenant de divers capteurs, ainsi que sur la prise de décisions en quelques millisecondes, ce qui permet d'assurer une combustion optimale et d'améliorer le rendement global du moteur.



Figure II.1: Calculateur Moteur

2.2 Définition du calculateur moteur:

Le calculateur moteur, ou **Calculateur Moteur**, connu sous l'abréviation **ECU (Engine Control Unit)**, est un système électronique embarqué chargé de la gestion et du contrôle de l'ensemble des fonctions du moteur à combustion interne.

Il fonctionne comme un micro-ordinateur intégré, composé d'un processeur, d'une mémoire et de logiciels spécialisés. Il reçoit les informations provenant des capteurs (Capteurs), les traite à l'aide d'algorithmes programmés, puis envoie des commandes précises aux actionneurs (Actionneurs) afin d'optimiser le fonctionnement du moteur[08].

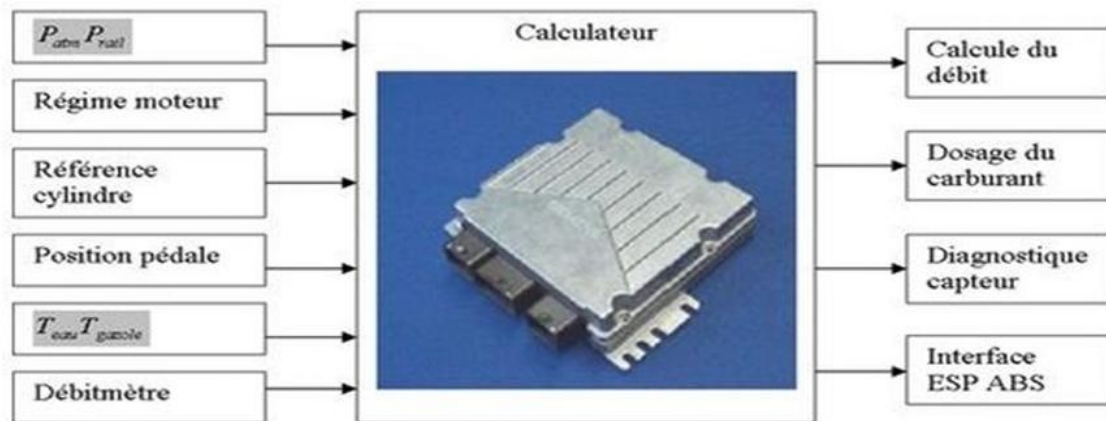


Figure II.2: Calculateur automobile et ces éléments donnés d'une automobile.

2.3 Fonctions du calculateur moteur (détaillées) :

Les fonctions du calculateur moteur constituent le cœur du système de gestion moteur. Elles permettent d'assurer une régulation optimale de l'ensemble des paramètres de fonctionnement en temps réel, en s'appuyant sur les données issues des capteurs et sur des stratégies de commande programmées.

2.3.1 Contrôle de l'injection de carburant (Injection de carburant):

Le calculateur moteur assure la gestion précise de la quantité de carburant injectée dans chaque cylindre. Cette quantité n'est pas fixe, mais calculée en continu selon les conditions de fonctionnement du moteur[08].

Pour effectuer ce calcul, l'ECU prend en compte plusieurs paramètres essentiels, notamment :

- la masse d'air admise dans le moteur (débitmètre d'air MAF),
- le régime moteur (vitesse de rotation),
- la température du liquide de refroidissement,
- la pression d'admission,
- la position de la pédale d'accélérateur.

À partir de ces données, le calculateur détermine le temps d'injection optimal (temps d'ouverture des injecteurs), afin de garantir un mélange air-carburant idéal (rapport stœchiométrique) [08].

2.3.2 Contrôle du temps d'allumage (Avance à l'allumage):

Dans les moteurs à essence, le calculateur gère avec précision le moment d'apparition de l'étincelle au niveau des bougies d'allumage.

Ce paramètre est essentiel car il influence directement :

- la puissance du moteur,
- la consommation de carburant,
- la stabilité de la combustion.

Un mauvais calage peut provoquer des phénomènes de cliquetis (knocking), une perte de performance ou une surconsommation.

Ainsi, l'ECU ajuste en permanence l'avance à l'allumage en fonction des conditions de fonctionnement du moteur[08].

2.3.3 Régulation du régime de ralenti:

Le régime de ralenti correspond au fonctionnement du moteur lorsque le véhicule est à l'arrêt et que l'accélérateur n'est pas actionné.

Le calculateur maintient un régime stable en agissant sur :

- le débit d'air admis,
- le papillon des gaz électronique,
- les compensations de charge (climatisation, direction assistée, alternateur) [08].

2.3.4 Contrôle des émissions polluantes:

Le calculateur moteur joue un rôle fondamental dans la réduction des émissions polluantes afin de respecter les normes environnementales.

Il pilote plusieurs systèmes antipollution, notamment :

1. la vanne EGR (recirculation des gaz d'échappement),
2. le catalyseur (Catalyseur),
3. le filtre à particules (FAP/DPF pour les moteurs diesel).

Ces systèmes permettent de réduire les émissions de :

1. NOx (oxydes d'azote),
2. CO (monoxyde de carbone),
3. particules fines

2.3.5 Diagnostic embarqué (OBD – On Board Diagnostics):

Le système OBD constitue une fonction essentielle du calculateur moteur, permettant une surveillance permanente de l'ensemble des systèmes du moteur.

En cas de dysfonctionnement, le calculateur :

- détecte l'anomalie,
- enregistre un code défaut (DTC – Diagnostic Trouble Code),
- stocke l'information dans la mémoire EEPROM,
- active le voyant moteur (Check Engine) [08].

2.4. Principe de fonctionnement du calculateur moteur:

Le fonctionnement du calculateur moteur repose sur trois phases principales, étroitement liées, permettant d'assurer un contrôle précis et en temps réel du moteur afin d'optimiser ses performances.

4.1 Phase d'entrée (Les capteurs) :

Dans cette phase, le calculateur reçoit des signaux électriques provenant des différents capteurs du moteur. Ces capteurs mesurent des paramètres essentiels tels que la quantité d'air admise, le régime du moteur, la température du liquide de refroidissement ainsi que la teneur en oxygène des gaz d'échappement. Ces données représentent l'état réel du moteur à un instant donné[08].

4.2 Phase de traitement:

Le calculateur traite ensuite les signaux reçus en les convertissant en données numériques exploitables. Il les compare avec des cartographies moteur stockées en mémoire afin de déterminer les valeurs optimales de fonctionnement, notamment la quantité de carburant à injecter et l'avance à l'allumage, dans le but d'assurer une performance optimale[08].

4.3 Phase de sortie (Les actionneurs):

Dans cette dernière phase, le calculateur envoie des commandes électriques aux actionneurs tels que les injecteurs, le système d'allumage et les organes de régulation d'air. Ces éléments exécutent les ordres reçus afin d'assurer le bon fonctionnement du moteur en temps réel[08].

2.5 Composants internes du calculateur moteur:

1- Microcontrôleur (MCU):

Le microcontrôleur constitue l'élément central du calculateur moteur. Il est considéré comme le « cerveau » du système, car il exécute l'ensemble des opérations de calcul et de logique. Grâce à une architecture généralement 32 bits, il assure le traitement en temps réel des données moteur et permet la prise de décisions rapides et précises concernant le fonctionnement du moteur.

2- Système de mémoire (La mémoire):

Le système de mémoire du calculateur est composé de plusieurs types ayant chacun une fonction spécifique. La mémoire Flash ou ROM est utilisée pour stocker le programme principal ainsi que les cartographies moteurs, et elle conserve les données même après l'arrêt du moteur. La mémoire RAM est une mémoire temporaire utilisée pour le traitement des données en cours de fonctionnement et perd son contenu lors de la coupure d'alimentation. Quant à la mémoire EEPROM, elle est destinée au stockage des données d'adaptation, des codes défauts (DTC) ainsi que des informations liées à l'immobiliseur [08].

3-Convertisseurs de signaux (CAN/CNA):

Les convertisseurs de signaux assurent la transformation des signaux analogiques provenant des capteurs en signaux numériques exploitables par le microcontrôleur. Ils permettent également la conversion inverse afin de transmettre des ordres aux actionneurs lorsque cela est nécessaire.

4-Étages de puissance (Drivers) :

Les étages de puissance sont constitués de circuits électroniques, souvent basés sur des transistors de type MOSFET. Leur rôle est d'amplifier les signaux faibles issus du microcontrôleur afin de permettre le pilotage d'actionneurs nécessitant un courant élevé, tels que les injecteurs ou les bobines d'allumage[08].

5-Réseau de communication (CAN Bus):

Le réseau CAN Bus permet la communication entre le calculateur moteur et les autres calculateurs du véhicule. Il assure l'échange d'informations entre différents systèmes tels que l'ABS ou la boîte de vitesses automatique (BVA), garantissant ainsi une coordination optimale du fonctionnement global du véhicule[08].

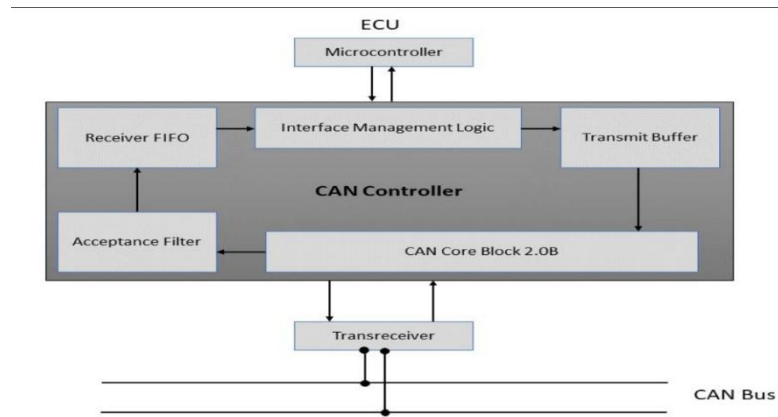


Figure II.3: Réseau de communication (CAN Bus)

6. Types de calculateur moteur

Dans le domaine automobile, les calculateurs moteurs se divisent en trois principales catégories selon leur niveau de contrôle et leur utilisation.

6.1. Calculateurs d'origine (OEM):

Les calculateurs d'origine sont installés par le constructeur et programmés pour fonctionner avec le moteur de série. Ils garantissent la fiabilité, la consommation optimisée et le respect des normes antipollution.

6.2. Calculateurs programmables (Standalone):

Les calculateurs programmables remplacent entièrement le système d'origine et permettent un contrôle total des paramètres moteur. Ils sont utilisés principalement dans les véhicules de compétition et les moteurs fortement modifiés. Des marques comme MoTeC et Haltech sont des références dans ce domaine[04].

6.3. Calculateurs additionnels (Piggy back):

Les calculateurs additionnels s'installent en parallèle du calculateur d'origine et modifient certains signaux des capteurs pour influencer le fonctionnement du moteur. Ils constituent une solution économique mais offrent un contrôle limité par rapport aux systèmes Standalone[08].

2.7 Principaux fabricants de calculateurs moteur:

Dans l'industrie automobile, plusieurs entreprises jouent un rôle majeur dans le développement des calculateurs moteur, en fournissant des systèmes de gestion électronique performants et adaptés aux exigences des constructeurs.

Bosch:

Bosch est l'un des leaders mondiaux dans le domaine des systèmes électroniques automobiles. Ses calculateurs sont largement utilisés dans les véhicules européens et se distinguent par leur précision, leur robustesse et leur fiabilité.



Figure II.4 Calculateur de la marque Bosch

Continental:

Continental développe des systèmes de gestion moteur avancés, notamment dans les domaines du contrôle moteur et de la réduction des émissions polluantes, en intégrant des technologies électroniques modernes.



Figure II.5 Calculateur de la marque Continental

Denso:

Denso est une entreprise japonaise réputée pour la qualité et la fiabilité de ses systèmes électroniques. Elle équipe principalement les véhicules de constructeurs tels que Toyota et d'autres marques asiatiques.



Figure II.6 calculateur de la marque Denso

Delphi Technologies:

Delphi Technologies est spécialisée dans les systèmes d'injection électronique et les solutions de diagnostic avancé, contribuant fortement à l'évolution des technologies de gestion mote



Figure II.7 Calculateur de la marque delphi technologie

Siemens a joué un rôle important dans le développement des calculateurs moteur pour les véhicules européens, notamment dans les systèmes de contrôle électronique et d'optimisation des performances.



Figure II.8calculateur de la marque Siemens

Magneti Marelli:

Magneti Marelli fournit des solutions électroniques avancées, largement utilisées dans les véhicules italiens tels que Fiat, et est reconnue pour ses innovations dans les systèmes de gestion moteur.



Figure II.9calculateur de la marque magneti Marelli

II-3 Définition des appareils de diagnostic électronique automobile:

Les appareils de diagnostic électronique automobile sont définis comme des outils techniques spécialisés utilisés pour examiner les systèmes électroniques intégrés au véhicule. Leur fonctionnement repose sur une connexion avec l'unité de commande électronique par l'intermédiaire d'un connecteur spécifique, généralement représenté par le port OBD/OBD2. Ces appareils permettent de lire les informations enregistrées dans la mémoire du véhicule, telles que les codes de défaut, les données des capteurs ainsi que l'état des différents systèmes, notamment le moteur, la transmission, le système de freinage, les airbags et d'autres dispositifs liés au fonctionnement et à la sécurité. Leur fonction principale consiste à faciliter l'opération de diagnostic des pannes avec rapidité et précision, ce qui contribue à réduire le temps et l'effort nécessaires par rapport aux méthodes traditionnelles de contrôle, tout en améliorant la qualité et l'efficacité des interventions de maintenance[09].

II-4 Importance du diagnostic électronique dans la détection des pannes:

L'importance du diagnostic électronique réside dans le fait qu'il constitue un moyen moderne et efficace de détection des pannes affectant les véhicules, notamment dans un contexte marqué par l'intégration croissante des systèmes électroniques dans les automobiles récentes. Grâce aux appareils de diagnostic, le technicien ou le spécialiste peut identifier la nature de la panne et sa localisation avec rapidité et précision, sans dépendre exclusivement du contrôle manuel ou de l'estimation fondée sur l'expérience pratique. Ce type de diagnostic permet également de lire les codes de défaut enregistrés et de suivre les valeurs en temps réel transmises par les capteurs pendant le fonctionnement du véhicule, ce qui aide à prendre des décisions justes lors des opérations de maintenance. En outre, le diagnostic électronique contribue à réduire les coûts de réparation, à éviter le remplacement injustifié de pièces encore en bon état, et à améliorer à la fois les performances du véhicule et les conditions de sécurité[08].

II-5Aperçu général des principaux appareils de diagnostic utilisés:

Il existe sur le marché plusieurs types d'appareils de diagnostic électronique automobile, qui se distinguent par leur qualité, leurs fonctions, leur coût ainsi que leur degré de compatibilité avec les différentes catégories de véhicules. Certains appareils se sont particulièrement imposés dans le domaine de la maintenance automobile en raison de leur efficacité et de leur facilité d'utilisation. Parmi les plus connus figurent les appareils Launch, réputés pour la diversité de leurs fonctions et leur compatibilité avec un grand nombre de marques automobiles, ainsi que les appareils Autel, reconnus pour leur haute précision et pour les services avancés qu'ils offrent en matière de diagnostic, de programmation et de maintenance. On trouve également les appareils OBD, plus simples, généralement utilisés pour le contrôle initial et la lecture des codes de défaut de base, et qui conviennent davantage à un usage personnel ou à des opérations rapides. L'importance de ces appareils se manifeste dans leur capacité à accélérer la détection des pannes et à fournir des informations précises sur l'état du véhicule, ce qui en fait des outils indispensables dans la maintenance moderne[08].

II-6 Diversité des appareils de diagnostic et multiplicité des entreprises fabricantes:

Le domaine des appareils de diagnostic électronique automobile se caractérise par une grande diversité en matière de types, de caractéristiques et d'entreprises productrices, en raison du développement continu que connaît le secteur de la maintenance des véhicules. Il existe ainsi des appareils simples destinés à un usage personnel, d'autres plus perfectionnés réservés aux ateliers et aux centres techniques, ainsi que des appareils polyvalents et d'autres conçus spécialement pour certaines marques automobiles. De nombreuses entreprises se livrent concurrence dans ce domaine et se distinguent par la qualité de leurs produits, telles que Launch, Autel, Bosch, Delphi, Thinkcar, Foxwell et bien d'autres encore, qui proposent des solutions variées adaptées aux besoins des utilisateurs et à leurs niveaux professionnels. Cette diversité reflète l'importance croissante des appareils de diagnostic dans l'univers de l'automobile moderne et offre à l'utilisateur la possibilité de choisir l'équipement le plus approprié selon la nature du travail à effectuer et le type de véhicules concernés[08].

II-7 Types d'appareils de diagnostic automobile:

II-7-1 Scanner OBD-II:

7-1-1 Définition:

Le scanner **OBD-II** est considéré comme l'un des outils technologiques les plus importants dans le domaine du diagnostic automobile moderne. Il permet de lire les données et les informations enregistrées dans l'unité de commande électronique du véhicule. Cet appareil se branche sur un port spécifique de la voiture et communique avec les différents systèmes électroniques, notamment ceux liés au moteur et aux émissions polluantes. Grâce à cette connexion, le scanner peut détecter et afficher les codes de défaut, ce qui aide à identifier la nature et l'origine du problème de manière précise et organisée[16].

L'importance du scanner **OBD-II** réside dans le fait qu'il facilite l'opération de contrôle et réduit le temps ainsi que l'effort nécessaires par rapport aux méthodes traditionnelles. Il ne se limite pas uniquement à la lecture des codes d'erreur, mais permet également d'accéder à des données en temps réel concernant les performances du véhicule, telles que le régime moteur, la température du moteur et l'état de certains capteurs. Après la réparation, il peut aussi être utilisé pour effacer les codes enregistrés et vérifier le retour du système à son fonctionnement normal. Ainsi, cet appareil constitue un outil essentiel dans l'entretien des véhicules modernes en raison de sa rapidité, de sa précision et de son efficacité[08].



Figure II. 10 scanner OBII.

7-1-2 Procédure d'identification et de localisation de la prise OBD-II lors de l'utilisation d'un scanner de diagnostic:

L'utilisation d'un scanner OBD-II dans le domaine du diagnostic automobile débute nécessairement par l'identification et la localisation de la prise de diagnostic du véhicule. Cette étape préliminaire est essentielle, car elle conditionne l'établissement de la communication entre l'outil d'analyse et les systèmes électroniques embarqués du véhicule. Dans la plupart des cas, la prise OBD-II est installée sous le tableau de bord, généralement à proximité du volant ou de la colonne de direction, afin de rester accessible au technicien[07].

Néanmoins, l'emplacement de cette prise peut varier selon le constructeur, le modèle ou l'année de fabrication du véhicule. Sur certains véhicules, elle peut être dissimulée derrière un cache de protection, un panneau amovible ou une partie de l'habillage intérieur. Pour cette raison, il est

fortement conseillé de se référer au manuel d'utilisation ou au manuel technique du constructeur, lesquels fournissent généralement des schémas précis facilitant son repérage[16].

D'un point de vue technique, la prise OBD-II se caractérise par un connecteur rectangulaire normalisé comportant 16 broches. Cette standardisation permet d'assurer une compatibilité étendue entre les véhicules équipés du système OBD-II et les appareils de diagnostic correspondants. Ainsi, malgré les différences de conception entre les marques automobiles, la configuration générale de cette interface reste largement uniforme[09].

En cas d'incertitude persistante, l'identification de l'emplacement de la prise peut également être facilitée par l'exploitation de ressources numériques spécialisées. Une recherche ciblée à partir de la marque, du modèle et éventuellement de l'année du véhicule permet souvent d'accéder à des supports complémentaires, tels que des guides illustrés, des vidéos explicatives ou des échanges sur des forums techniques spécialisés[09].

Une fois la prise OBD-II correctement localisée, le scanner peut être raccordé au véhicule afin d'initier la phase de diagnostic électronique. Cette opération permet ensuite d'accéder aux informations enregistrées par les calculateurs, notamment les codes d'anomalie, et constitue ainsi une étape fondamentale dans le processus de maintenance et de contrôle des systèmes automobiles[08].



Figure II. 11 Localisation de la prise OBD-II.

7-1-3 Mise en route du scanner OBD-II et accès aux diagnostics intégrés:

1. Vérification du contenu du scanner:

Avant toute utilisation, il est nécessaire de vérifier que l'ensemble des éléments indispensables est disponible, notamment le scanner, les câbles de connexion et le manuel d'utilisation. Cette étape garantit que l'appareil peut être utilisé dans de bonnes conditions et sans interruption liée à un accessoire manquant[05].

2. Alimentation et mise sous tension:

Le scanner doit ensuite être alimenté correctement, soit par sa batterie interne, soit par une source d'énergie adaptée. Il est recommandé de s'assurer que la charge est suffisante avant la mise en marche afin d'éviter toute coupure pendant la lecture des données ou l'analyse des défauts[08].

3.Installation logicielle et mises à jour:

Certains appareils nécessitent l'installation d'un logiciel ou de mises à jour avant leur utilisation.

Cette opération permet d'améliorer la compatibilité avec les différents véhicules et de garantir un accès plus fiable aux fonctions de diagnostic embarqué. Les exigences réglementaires et techniques du système OBD expliquent l'importance de disposer d'outils mis à jour[02].

4.Vérification de la compatibilité avec le véhicule:

Avant de connecter l'appareil, il convient de vérifier que le scanner prend en charge la marque, le modèle et, si nécessaire, la motorisation du véhicule. Cette précaution permet d'assurer une communication correcte avec les calculateurs électroniques et d'éviter les erreurs de diagnostic[02].

5.Connexion au port OBD-II:

Une fois ces vérifications effectuées, le scanner peut être branché au port **OBD-II** du véhicule. Ce port correspond à un connecteur normalisé à **16 broches**, généralement situé sous le tableau de bord à proximité du volant. Une connexion correcte constitue la condition essentielle pour accéder aux données de diagnostic[06].

6.Configuration des paramètres de diagnostic:

Après le branchement, l'utilisateur doit renseigner ou sélectionner les paramètres du véhicule sur l'interface du scanner, comme le type, le modèle ou le moteur. Cette configuration permet à l'appareil d'adapter la lecture aux caractéristiques techniques du véhicule examiné[07].

7.Accès aux diagnostics intégrés:

Lorsque la configuration est terminée, le scanner peut lancer l'opération de diagnostic. Il devient alors possible de lire les codes d'anomalie enregistrés par les calculateurs et, selon l'appareil utilisé, d'afficher certaines données en temps réel. Cette phase constitue une étape essentielle dans l'identification des dysfonctionnements du véhicule[09].

7-1-4 Types de "OBD2 Port Pinout:

Il existe deux types principaux de "OBD2 connectors" :

- **Type A Connectors** : présents dans les petits véhicules comme les voitures. Ils fournissent une tension de sortie de 12V et un débit (baud rate) d'environ 500,000 bauds.
- **Type B Connectors** : présents dans les véhicules moyens et lourds. Ils fournissent une tension de sortie de 24V et un débit maximal de 250,000 bauds.

Plus le débit (baud rate) est élevé, plus la longueur du câble adaptateur est courte. Ainsi, il n'est pas rare de trouver des "Type B Connectors" avec des câbles plus longs que les "Type A Connectors". Cependant, il faut noter que ce n'est pas une méthode fiable pour distinguer les deux types de câbles[08].

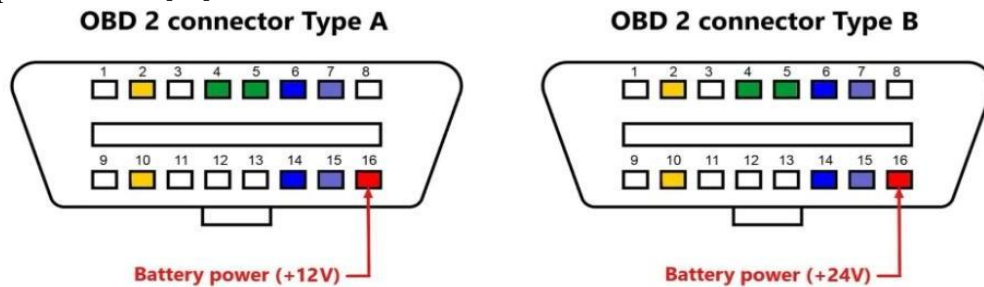


Figure II. 12 les deux types principaux de "OBD2 connectors"

❖ Explication du pinout OBD-II:

1. Définition du pinout OBD-II:

Le terme « **OBD-II Pinout** » désigne la répartition fonctionnelle des broches du connecteur **OBD-II** utilisé pour le diagnostic électronique des véhicules. Ce connecteur est normalisé afin de permettre l'accès aux informations de diagnostic à l'aide d'un appareil externe, conformément aux exigences techniques définies par les normes **SAE J1962** et **ISO 15031-3**[17].

2. Structure du connecteur:

Le connecteur **OBD-II** se présente généralement sous la forme d'une prise à **16 broches**. Chaque broche possède une fonction spécifique liée soit à l'alimentation électrique, soit à la masse, soit à la communication entre le véhicule et l'outil de diagnostic. Cette configuration standardisée facilite l'utilisation d'un même scanner sur une grande variété de véhicules[17].

3. Broches normalisées

Certaines broches sont réservées à des protocoles de communication standardisés. Parmi les plus connues, on retrouve les broches destinées à la masse, à l'alimentation électrique et aux lignes de communication comme **CAN High**, **CAN Low**, **K-Line** ou encore **J1850** selon le protocole utilisé par le véhicule. Ces affectations sont définies par les références techniques SAE et ISO afin d'assurer une lecture cohérente des données de diagnostic[17].

4. Broches réservées au constructeur:

Toutes les broches du connecteur ne sont pas obligatoirement utilisées de manière identique sur tous les véhicules. Certaines restent à la discrétion du constructeur, qui peut les affecter à des fonctions spécifiques selon l'architecture électronique du véhicule. Ainsi, malgré la normalisation générale du connecteur OBD-II, une partie de son câblage peut varier d'un fabricant à un autre[17].

5. Rôle du tableau de brochage:

Le tableau de brochage, ou **pinout**, permet d'identifier rapidement la fonction de chaque broche dans un connecteur OBD-II générique. Il constitue un support utile pour comprendre la structure de la prise, vérifier les connexions électriques et interpréter correctement les protocoles de communication utilisés lors du diagnostic électronique[17].

- ❖ Le tableau ci-dessous donne un aperçu rapide de chaque broche dans un "generic OBD2 connector".

N° de broche	Nom de la broche	Description
1	Discretion du constructeur	Cette broche n'est pas normalisée et dépend du constructeur du véhicule. Elle n'est pas nécessaire à la communication normale.
2	SAE J1850 Bus+	Broche positive du protocole. Elle utilise le protocole Variable Pulse Width (VPW) et se trouve généralement sur les véhicules General Motors.
3	Discretion du constructeur	Cette broche n'est pas normalisée et dépend du constructeur du véhicule. Elle n'est pas nécessaire à la communication normale.
4	Masse châssis (Chassis Ground)	Masse du système du véhicule (y compris le châssis).
5	Masse signal (Signal Ground)	Masse du système du véhicule utilisée comme référence pour les signaux.
6	CAN High (ISO 15765-4, SAE J2284)	Broche CAN High. Elle utilise un protocole CAN à deux fils avec une vitesse pouvant atteindre 1 Mbps.
7	ISO 9141-2 / ISO 14230-4 K-Line	Broche K-Line. Elle utilise un protocole de communication série asynchrone.
8	Discretion du constructeur	Cette broche n'est pas normalisée et dépend du constructeur du véhicule. Elle n'est pas nécessaire à la communication normale.
9	Discretion du constructeur	Cette broche n'est pas normalisée et dépend du constructeur du véhicule. Elle n'est pas nécessaire à la communication normale.
10	SAE J1850 Bus-	Broche négative du protocole. Elle suit le protocole Variable Pulse Width (VPW).
11	Discretion du constructeur	Cette broche n'est pas normalisée et dépend du constructeur du véhicule. Elle n'est pas nécessaire à la communication normale.

12	Discrétion du constructeur	Cette broche n'est pas normalisée et dépend du constructeur du véhicule. Elle n'est pas nécessaire à la communication normale.
13	Discrétion du constructeur	Cette broche n'est pas normalisée et dépend du constructeur du véhicule. Elle n'est pas nécessaire à la communication normale.
14	CAN Low (ISO 15765-4, SAE J2284)	Broche CAN Low. Elle utilise un protocole CAN à deux fils avec une vitesse pouvant atteindre 1 Mbps.
15	ISO 9141-2 / ISO 14230-4 L-Line (optionnelle)	Broche L-Line. Elle utilise un protocole de communication série asynchrone.
16	Alimentation batterie du véhicule	Connectée à la batterie du véhicule pour alimenter les outils de diagnostic. Type A : 12 V / 4 A ; Type B : 24 V / 2 A.

Tableau présentant les description des broches du connecteur de diagnostic OBD-II.

7-1-5 Récupération et lecture des codes de panne (DTCs):

1. Définition des codes DTC:

Après avoir connecté et démarré le scanner **OBD-II**, il est possible d'accéder aux **codes de panne diagnostiques (DTCs)** enregistrés par le système électronique du véhicule. Ces codes correspondent à des anomalies détectées par le système **OBD** et constituent une base essentielle pour identifier l'origine d'un dysfonctionnement[12].

2. Accès à la lecture des codes:

Pour consulter ces informations, l'utilisateur doit généralement accéder à la rubrique « **Read Codes** » ou « **Diagnostics** » sur l'interface du scanner. Cette fonction permet d'afficher la liste des codes mémorisés dans les calculateurs du véhicule, notamment ceux liés au système moteur et aux émissions polluantes[12].

3. Structure des codes de panne:

Les codes DTC se présentent sous la forme d'un **caractère alphanumérique**, composé d'une lettre suivie de chiffres. La lettre initiale indique la famille du défaut. Par exemple, la lettre **P** renvoie aux anomalies du groupe motopropulseur. Ainsi, le code **P0301** signale un défaut de combustion détecté au niveau du **cylindre 1**[11].

4. Importance de l'enregistrement des codes:

Il est recommandé de **noter ou enregistrer les codes relevés** avant toute tentative d'effacement ou d'intervention. Cette précaution permet d'éviter la perte d'informations importantes, d'autant plus que certains codes correspondent à des défauts principaux, tandis que d'autres peuvent être secondaires ou consécutifs à une panne initiale. Il convient donc de traiter en priorité les codes les plus critiques[12].



Figure II. 13 Comment enregistrer des codes

7-1-6 Comprendre les codes de diagnostic courants:

a. Définition des codes de diagnostic:

Les codes de diagnostic, appelés également **codes de panne diagnostiques (DTCs)**, constituent l'un des éléments fondamentaux du système de diagnostic électronique des véhicules modernes.

Lorsqu'une anomalie est détectée dans un composant ou dans le fonctionnement d'un système, l'unité de commande électronique enregistre un code spécifique. Ce code permet au technicien ou à l'utilisateur d'identifier, de manière préliminaire, la nature de la panne ainsi que le domaine général concerné à l'aide d'un scanner **OBD-II**.

Ces codes présentent un caractère relativement normalisé, ce qui permet leur utilisation sur la majorité des véhicules récents, malgré certaines variations propres aux constructeurs. Ce système fournit ainsi des informations techniques synthétiques facilitant l'identification du type de défaut et de son emplacement au sein de l'architecture électronique du véhicule[11].

b. Mode d'apparition des codes de panne:

Lorsque le scanner **OBD-II** est connecté au véhicule et que l'utilisateur accède à la fonction de lecture des défauts, les codes enregistrés apparaissent sous la forme d'une suite composée d'une **lettre suivie de plusieurs chiffres**. Cette structure n'est pas aléatoire ; elle répond à une organisation précise destinée à faciliter l'interprétation du défaut et son classement dans un système donné du véhicule.

La première lettre indique le domaine principal concerné par l'anomalie, tandis que les chiffres qui suivent permettent d'en préciser la nature. Grâce à cette organisation, l'utilisateur ou le technicien peut obtenir une première indication sur l'origine de la panne avant d'entreprendre une vérification plus approfondie[10].

c. Classification des codes selon la première lettre:

Les codes de panne se répartissent en quatre grandes catégories, déterminées par la lettre initiale :

- *Code P*

La lettre **P** renvoie aux défauts liés au **groupe motopropulseur**, c'est-à-dire au moteur et à la transmission. Cette catégorie comprend notamment les anomalies relatives à la combustion, au système d'allumage, à l'injection, aux capteurs moteur, au système d'échappement ainsi qu'aux éléments influençant directement les performances du véhicule[17].

- *Code B*

La lettre **B** désigne les défauts relatifs à la **carrosserie** et aux équipements intérieurs. Elle englobe par exemple les systèmes liés aux airbags, aux ceintures de sécurité, aux portières, aux vitres ainsi qu'aux dispositifs de confort et de sécurité des occupants[17].

- *Code C*

La lettre **C** correspond aux anomalies touchant le **châssis**, notamment les systèmes de freinage, de suspension et de direction. Ces codes permettent d'orienter le diagnostic vers les organes qui influencent la stabilité et la tenue de route du véhicule[17].

- *Code U*

La lettre **U** concerne les défauts liés à la **communication et aux réseaux électroniques** du véhicule. Ces codes apparaissent en cas de dysfonctionnement dans l'échange d'informations entre les différentes unités de commande électroniques, comme une interruption de communication, un signal défaillant ou une erreur de transmission de données[17].

d. Structure détaillée du code:

La compréhension d'un code de panne ne se limite pas à l'identification de sa première lettre ; elle implique également l'analyse des chiffres qui la suivent. Ces chiffres fournissent des indications complémentaires permettant de savoir si le défaut est générique ou spécifique à un constructeur, tout en précisant la nature de l'anomalie à l'intérieur du système concerné.

Par exemple, lorsque le code **P0301** apparaît :

- la lettre **P** indique que le défaut concerne le moteur ou le groupe motopropulseur ;
- les chiffres suivants permettent de préciser la nature du problème ;
- dans ce cas, le code signale un **défaut de combustion au niveau du cylindre 1**.

Cet exemple montre qu'un code ne constitue pas une simple indication générale, mais un message technique abrégé décrivant une anomalie enregistrée dans le véhicule [11].

Q

Certains codes apparaissent fréquemment lors des opérations de diagnostic, parmi lesquels :

P0420: Ce code indique une efficacité insuffisante du catalyseur. Il apparaît généralement lorsque le système de traitement des gaz d'échappement ne fonctionne pas dans les limites attendues[17].

P0300: Ce code signale des ratés d'allumage aléatoires ou multiples dans le moteur. Ce type de défaut peut être lié aux bougies d'allumage, aux bobines, au système d'alimentation en carburant ou encore à une admission d'air non maîtrisée[17].

P0171: Ce code signifie que le mélange air-carburant est trop pauvre, c'est-à-dire que la quantité d'air est excessive par rapport à la quantité de carburant. Cette situation peut résulter d'une fuite d'air, d'une alimentation insuffisante en carburant ou d'un dysfonctionnement d'un capteur lié à la mesure de l'air[07].

7-1-7 Protocoles et broches du connecteur OBD-II:

Le connecteur **OBD-II** comporte **16 broches** normalisées. Certaines sont réservées à l'alimentation et à la masse, tandis que d'autres servent à la communication entre le véhicule et l'outil de diagnostic selon plusieurs protocoles, notamment **SAE J1850 PWM**, **SAE J1850 VPW**, **ISO 9141-2**, **ISO 14230-4 KWP2000** et **ISO 15765-4 CAN**. Les normes ISO et SAE encadrent ces modes de communication afin d'assurer l'échange de données de diagnostic entre les calculateurs du véhicule et le scanner.

1.SAE J1850 PWM:

Le protocole **SAE J1850 PWM** utilise principalement les **broches 2 et 10** du connecteur OBD-II. Il fonctionne avec une modulation de largeur d'impulsion et a été utilisé notamment sur certains anciens véhicules **Ford**. La norme SAE précise que le standard J1850 comprend différentes implémentations fondées sur des différences de couche physique[16].

2.Controller Area Network (CAN) :

Le **CAN** est un réseau de communication en bus permettant à plusieurs calculateurs électroniques d'échanger des données sans recourir à un ordinateur central unique. Dans le cadre du diagnostic OBD, il utilise généralement les **broches 6 (CAN High)** et **14 (CAN Low)**, avec les broches **4 et 5** pour la masse et **16** pour l'alimentation. La norme **ISO 15765-4:2021** définit les exigences de communication diagnostique sur réseau CAN pour les systèmes liés aux émissions[16].

3.SAE J1850 VPW:

Le protocole **SAE J1850 VPW** a été largement employé sur certains véhicules **General Motors**. Il repose sur une variation de largeur d'impulsion sur une ligne de communication et constitue, avec le PWM, l'une des deux implémentations physiques principales du standard **SAE J1850**. Il est généralement associé à la **broche 2**, en complément des broches d'alimentation et de masse.

4.ISO 9141-2:

Le protocole **ISO 9141-2** est un protocole plus ancien, utilisé surtout sur de nombreux véhicules européens, certains modèles asiatiques et quelques véhicules Chrysler. Il repose sur un échange série entre les unités de commande électroniques liées aux émissions et l'outil de diagnostic OBD II. Il est généralement associé à la **broche 7 (K-Line)**, avec la **broche 15** comme ligne optionnelle selon les configurations[17].

5.ISO 14230-4 KWP2000:

Le protocole **ISO 14230-4**, connu sous le nom de **KWP2000 (Keyword Protocol 2000)**, définit les exigences de communication pour les données d'essai liées aux émissions dans le cadre du diagnostic embarqué. Comme ISO 9141-2, il est généralement utilisé via la **K-Line** et a été largement adopté avant la généralisation du CAN.

6.ISO 15765-4 CAN:

Le protocole **ISO 15765-4 CAN** correspond à la communication diagnostique OBD sur réseau **CAN**. Il permet d'établir, de maintenir et de terminer la communication entre les systèmes CAN embarqués du véhicule et l'équipement connecté à la prise de diagnostic. Il constitue aujourd'hui le protocole de référence sur une grande partie des véhicules moderne[08].

II-7-2 le LAUNCH X431 V

II-2-1 Introduction:

Avec le grand développement qu'a connu l'industrie automobile, les véhicules modernes dépendent désormais largement des systèmes électroniques et des unités de commande électroniques (ECU) pour assurer le fonctionnement de nombreuses fonctions, telles que le système d'injection, le système de freinage ABS, les airbags SRS, la boîte de vitesses automatique et le système de direction électronique. Cette évolution a rendu nécessaire l'utilisation d'appareils de diagnostic électronique avancés, capables de détecter et d'identifier les pannes des véhicules avec rapidité et précision.

Parmi ces appareils figure le LAUNCH X431 V, un outil de diagnostic professionnel composé d'une tablette électronique (Display Tablet) et d'une interface de communication avec le véhicule (VCI). Il permet d'accéder aux différents systèmes du véhicule, de lire et d'effacer les codes défauts, d'afficher les données en temps réel et d'exécuter certaines fonctions de maintenance spécifiques. Le manuel utilisateur indique que l'appareil a été conçu pour diagnostiquer un large éventail de véhicules, tandis que la série X-431 est destinée au diagnostic complet de plusieurs systèmes, notamment le moteur, la transmission, l'ABS et le SRS[07].

II-2-2 Définition du LAUNCH X431 V:

Le LAUNCH X431 V est un appareil de diagnostic automobile multimarque fonctionnant sous Android. Il se compose d'une tablette tactile et d'une interface de communication VCI reliée au véhicule, avec une connexion sans fil via Bluetooth. Cet appareil permet de recevoir les données du véhicule, de les analyser et d'afficher directement les résultats du diagnostic sur l'écran. Il prend également en charge le diagnostic intelligent grâce à la lecture du numéro de châssis VIN, ce qui facilite l'identification rapide du véhicule et l'accès au système concerné[07].



Figure II.14 Appareil LAUNCH X431 V

2-2-1 Les composants principaux de l'appareil:

Le LAUNCH X431 V se compose principalement de deux éléments essentiels : la tablette d'affichage (*Display Tablet*) et l'interface de communication VCI (*Vehicle Communication Interface*). Le manuel utilisateur présente ces deux composants dans la section *Components & Controls*, ce qui montre qu'ils constituent la base matérielle du fonctionnement de l'appareil[07].

2-2-2 La tablette d'affichage (Display Tablet) :

La tablette d'affichage représente l'unité centrale du système de diagnostic. Elle permet d'exécuter l'application de diagnostic, de recevoir les informations provenant du véhicule, de traiter les données collectées et d'afficher les résultats directement sur l'écran. Elle sert également à consulter l'historique des diagnostics, à gérer les rapports de contrôle et à utiliser les différentes fonctions du logiciel intégrées à l'appareil. Ainsi, la tablette constitue l'interface principale entre l'utilisateur et le système de diagnostic électronique[08].



Figure II. 15 La tablette d'affichage du LAUNCH X431 V

2-2-3 L'interface VCI:

L'interface VCI est l'élément qui assure la liaison entre le véhicule et la tablette. Elle se connecte au port de diagnostic du véhicule, notamment au connecteur OBD-II/DLC, afin de transmettre les données des calculateurs électroniques vers l'appareil. Le manuel indique aussi que le voyant d'état de la VCI possède plusieurs indications : la lumière rouge signale l'alimentation via le connecteur du véhicule, tandis que la lumière bleue indique que l'interface fonctionne en communication Bluetooth avec la tablette. Le document mentionne en outre l'existence de câbles adaptateurs optionnels pour certains véhicules qui ne disposent pas du connecteur OBD-II standard. En résumé, la tablette assure le traitement et l'affichage des informations, alors que la VCI garantit la communication technique avec le véhicule. La complémentarité de ces deux composants permet au LAUNCH X431 V de réaliser un diagnostic électronique fiable et pratique dans les conditions d'atelier[08].

2-2-4 Principe de fonctionnement de l'appareil:

Le LAUNCH X431 V fonctionne selon le principe de communication entre le véhicule et l'appareil de diagnostic à travers le port OBD-II. Après le branchement de l'interface VCI au véhicule, les données provenant des unités de commande électroniques sont transmises vers la tablette. Le logiciel de diagnostic analyse ensuite ces informations et les affiche directement à l'utilisateur sous différentes formes, notamment les codes défauts (DTCs), les données en temps réel (Live Data), les informations système, les résultats de tests, ainsi que les rapports de diagnostic avant et après réparation[07].

Le manuel indique également que l'appareil prend en charge le diagnostic intelligent par reconnaissance automatique du numéro d'identification du véhicule (VIN). Une fois le VIN détecté, le système récupère les informations du véhicule afin d'orienter directement l'utilisateur vers la page de diagnostic appropriée. Cette fonctionnalité permet de gagner du temps et de réduire les erreurs liées à la sélection manuelle des menus[11].

2-2-5 Les fonctions principales de l'appareil:

Le LAUNCH X431 V offre un ensemble de fonctions essentielles qui le rendent adapté au diagnostic des véhicules modernes. Ces fonctions permettent à l'utilisateur d'identifier les défauts, d'analyser l'état des systèmes électroniques et de suivre l'évolution de la réparation de manière structurée[07].

1. Lecture des codes défauts:

Cette fonction permet de lire les codes de défaut (DTCs) enregistrés dans les unités de commande électroniques du véhicule. Elle aide ainsi le technicien à localiser la zone concernée par la panne et à orienter le diagnostic vers le système ou le circuit affecté. Le manuel précise que ces codes servent de guide pour identifier l'origine probable du dysfonctionnement[07].

2. Effacement des codes défauts:

Après la réparation, l'appareil permet d'effacer les codes défauts mémorisés dans le calculateur. Cette opération est importante pour vérifier si l'anomalie a réellement disparu et pour confirmer que le défaut ne réapparaît pas après l'intervention[07].

3. Affichage des données en temps réel:

Le LAUNCH X431 V peut afficher les données en temps réel (Live Data) provenant des capteurs et des unités électroniques pendant le fonctionnement du moteur ou des autres systèmes du véhicule. Le manuel indique également que ces données peuvent être présentées sous forme de valeurs, de courbes ou de graphiques, avec possibilité d'enregistrement pour une consultation ultérieure. Cette fonction est particulièrement utile pour l'analyse dynamique du véhicule[07].

4. Lecture des informations système:

L'appareil permet aussi de consulter les principales informations système du véhicule, telles que le numéro d'identification du véhicule (VIN), la version du logiciel et les informations relatives à l'unité de commande électronique (ECU). Ces données facilitent l'identification précise du véhicule et du système diagnostiqué[07].

5. Test rapide global (Health Report / Quick Test) :

La fonction Health Report ou Quick Test permet d'accéder rapidement à l'ensemble des unités de commande électroniques du véhicule afin de produire un rapport détaillé sur son état général. Ce rapport met en évidence les systèmes qui présentent des défauts et peut être utilisé comme document de référence avant ou après la réparation. Le manuel mentionne en effet la possibilité de générer différents types de rapports, notamment avant et après intervention[07].

6. Analyse des systèmes (System Scan) :

Cette fonction permet d'effectuer un balayage des systèmes installés dans le véhicule, puis d'accéder à chacun d'eux séparément. L'utilisateur peut ainsi diagnostiquer des systèmes tels que le moteur (ECM), l'ABS, le SRS, la transmission, ainsi que d'autres systèmes de confort, de climatisation ou de carrosserie. Cette approche rend le diagnostic plus précis et mieux ciblé selon la nature du problème rencontré[07].

2-2-6 Les fonctions de maintenance et les services spéciaux:

En plus des fonctions de diagnostic classique, le LAUNCH X431 V comprend plusieurs fonctions de maintenance et de services spéciaux, parmi lesquelles on peut citer :

Réinitialisation de la vidange (Oil Reset Service) : cette fonction permet de remettre à zéro l'indicateur de maintenance après le changement de l'huile moteur.

Réinitialisation du frein de stationnement électronique (EPB) : elle est utilisée après certaines interventions sur le système de freinage afin de rétablir le fonctionnement normal du frein électronique.

Calibration de l'angle de braquage (Steering Angle Calibration) : cette fonction sert à recalibrer le capteur d'angle de direction pour assurer le bon fonctionnement des systèmes liés à la stabilité et à la direction du véhicule.

Service de l'antidémarrage (Immo Service) : il permet d'effectuer certaines opérations liées au système d'immobilisation et de sécurité du véhicule.

Réinitialisation du système de gestion de batterie (Battery Maintenance System Reset) : cette fonction est nécessaire après le remplacement ou l'entretien de la batterie afin de mettre à jour les paramètres du système.

Apprentissage ou adaptation de la boîte de vitesses (Gearbox Matching / Gear Learning) : elle permet d'ajuster ou de réinitialiser certains paramètres de la transmission après réparation ou remplacement de composants.

Fonctions supplémentaires : selon le type de véhicule, l'appareil peut aussi prendre en charge d'autres services spéciaux, tels que AFS, l'initialisation du toit ouvrant et la calibration du système de suspension[07].

2-2-7 Le diagnostic local et le diagnostic à distance:

L'une des caractéristiques importantes du LAUNCH X431 V est qu'il ne se limite pas uniquement au diagnostic local, mais qu'il prend également en charge le diagnostic à distance. Le manuel utilisateur consacre une section à cette fonction et précise qu'il est possible de connecter l'appareil à un autre technicien ou à un client Web afin de lui apporter une assistance pendant l'opération de diagnostic. Il indique également qu'un rapport de diagnostic à distance peut être généré à la fin de l'intervention. Cette fonctionnalité présente un intérêt particulier dans les ateliers modernes, notamment lorsqu'il s'agit de traiter des pannes complexes nécessitant un appui technique supplémentaire ou une expertise spécialisée. Elle contribue ainsi à améliorer l'efficacité du diagnostic, à faciliter l'échange d'informations entre techniciens et à renforcer la qualité de l'intervention technique[08].

2-2-8 Les avantages du LAUNCH X431 V:

Les principaux avantages du LAUNCH X431 V peuvent être résumés comme suit :

Large compatibilité : l'appareil prend en charge un grand nombre de marques et de types de véhicules.

Diagnostic complet : il permet d'effectuer un diagnostic global des différents systèmes électroniques du véhicule.

Simplicité d'utilisation : son interface est facile à utiliser grâce à l'écran tactile et au système Android.

Analyse des données : il prend en charge les données en temps réel, les graphiques et l'enregistrement des résultats.

Rapports de diagnostic : il permet d'établir des rapports avant et après réparation.

Fonctions de maintenance : il intègre plusieurs fonctions spéciales utiles au travail quotidien du mécanicien.

Diagnostic intelligent : il prend en charge l'identification automatique du véhicule par le VIN, ce qui permet de gagner du temps.

Connectivité avancée : il offre la possibilité du diagnostic à distance ainsi que des mises à jour en ligne[07].

2-2-9 Importance de l'appareil dans l'atelier mécanique:

Le LAUNCH X431 V est considéré comme un outil particulièrement efficace dans les ateliers de mécanique moderne, car il contribue à améliorer de manière significative la qualité et la rapidité des opérations de diagnostic. En effet, il permet tout d'abord de réduire le temps de diagnostic, grâce à l'accès rapide aux différents systèmes électroniques du véhicule.

Il contribue également à augmenter la précision dans l'identification des pannes, en fournissant des données fiables issues directement des unités de commande électroniques. De ce fait, il permet de limiter le recours au raisonnement approximatif ou au diagnostic par supposition, méthode souvent utilisée dans les approches traditionnelles.

Par ailleurs, cet appareil participe à l'amélioration de la qualité de la maintenance, puisqu'il facilite la détection des anomalies, le suivi des réparations et la vérification des résultats après intervention. Il permet aussi de documenter l'état du véhicule à travers des rapports électroniques établis avant et après la réparation, ce qui constitue un avantage important pour le suivi technique et l'organisation du travail en atelier.

Ainsi, l'utilisation du LAUNCH X431 V s'inscrit dans le cadre de la transition de la maintenance traditionnelle vers une maintenance électronique fondée sur le diagnostic numérique, devenue aujourd'hui indispensable face à la complexité croissante des systèmes embarqués dans les véhicules modernes[07].

2-2-10 Autres modèles d'appareils de la société LAUNCH:



Figure II.16 Launch CRP123X



Figure II.17 Launch X431 PRO3 APEX

II-7-3 L'appareil de diagnostic Autel MaxiCOM MK908 Pro II et son rôle dans le diagnostic des pannes automobiles:

II-3-1 Introduction:

Les véhicules modernes reposent de plus en plus sur des systèmes électroniques et des unités de commande électronique ECU pour gérer leurs différentes fonctions, ce qui rend le diagnostic des pannes plus complexe qu'auparavant. Par conséquent, l'expérience mécanique traditionnelle seule ne suffit plus pour détecter avec précision les défaillances ; il est désormais nécessaire d'utiliser des outils de diagnostic électroniques capables de communiquer avec les unités de commande, de lire les données, d'analyser les codes défauts et d'aider le technicien à identifier l'origine de la panne avec rapidité et précision.

Dans ce cadre, l'appareil Autel MaxiCOM MK908 Pro II figure parmi les équipements professionnels modernes largement utilisés dans les ateliers et les centres de maintenance, grâce aux fonctionnalités avancées qu'il offre pour le diagnostic multysystème des véhicules. Cet appareil se distingue également par sa capacité à diagnostiquer un grand nombre de véhicules américains, asiatiques et européens à partir des modèles de l'année 1996, ainsi que par la prise en charge de fonctions importantes telles que AutoVIN, Auto Scan, les tests actifs et la technologie J2534.

Ainsi, l'étude de cet appareil présente un intérêt particulier, dans la mesure où il constitue un outil efficace pour améliorer le processus de diagnostic et accroître la précision des opérations de maintenance, ce qui en fait un modèle pertinent à analyser dans le domaine du diagnostic des pannes automobiles modernes[06].

II-3-2 Définition de l'entreprise fabricante AUTEL:

La société Autel est reconnue à l'échelle internationale dans le domaine du développement des appareils de diagnostic électronique et des équipements destinés au contrôle et à la maintenance automobile. Selon sa présentation officielle, elle figure parmi les principaux fournisseurs de solutions de diagnostic automobile avancé, d'inspection et de systèmes TPMS, tout en proposant plusieurs gammes de produits adaptées à différents niveaux d'utilisation, allant des outils de diagnostic de base jusqu'aux plateformes professionnelles avancées. Dans ce cadre, le MaxiCOM MK908 Pro II appartient à la catégorie des appareils professionnels haut de gamme conçus pour les techniciens et les ateliers de maintenance nécessitant une couverture étendue et des fonctions avancées[06].

II-3-3 Définition de l'appareil Autel MaxiCOM MK908 Pro II:

L'Autel MaxiCOM MK908 Pro II est un appareil de diagnostic professionnel sous forme de tablette tactile de 10,1 pouces, fonctionnant sous Android 10 et équipé d'un processeur octa-core Qualcomm 660, avec une mémoire de 4 Go RAM et un stockage interne de 128 Go. Il est également fourni avec l'interface MaxiFlash VCI/J2534, permettant la communication avec le véhicule et la prise en charge de la programmation de type Pass-Thru. Ces caractéristiques font de cet équipement non seulement un simple lecteur de codes défauts, mais aussi une plateforme intégrée de diagnostic électronique et de contrôle pratique destinée aux ateliers de maintenance automobile[06].



Figure II. 18 l'appareil Autel MaxiCOM MK908 Pro II

II-3-4 Classification de l'appareil parmi les outils de diagnostic:

L'Autel MaxiCOM MK908 Pro II se classe parmi les appareils de diagnostic professionnels multisystèmes. Il appartient également à la catégorie des outils bidirectionnels (Bi-directional), ainsi qu'à celle des dispositifs prenant en charge la technologie J2534 Pass-Thru. Cette classification signifie que l'appareil ne se limite pas à la simple lecture des codes défauts, mais qu'il permet aussi au technicien d'interagir avec le véhicule, d'exécuter des tests fonctionnels sur certains composants, et d'accéder à des fonctions plus avancées telles que les adaptations et le codage. Par ailleurs, la présence de l'interface J2534 lui permet d'être utilisé, lorsque les logiciels et abonnements appropriés sont disponibles, dans certaines opérations nécessitant une communication avec des programmes de niveau constructeur. Ces éléments confirment que le MaxiCOM MK908 Pro II relève d'une plateforme de diagnostic avancée destinée aux ateliers de maintenance modernes et aux interventions techniques approfondies[06].

II-3-5 L'architecture technique de l'appareil:

5.1. La plateforme matérielle (Hardware) :

L'appareil se distingue par une architecture matérielle robuste, ce qui le rend particulièrement adapté au travail en atelier. Il est équipé d'un écran LED de 10,1 pouces avec une résolution de 1920×1200 , d'une batterie de 15000 mAh et d'une caméra arrière de 16 MP. Il prend également en charge les technologies Wi-Fi, Bluetooth 5.0, USB et HDMI. En outre, sa structure externe est conçue avec un boîtier résistant renforcé par une protection en caoutchouc, ce qui favorise son utilisation répétée sur le terrain et offre au technicien une plus grande souplesse dans ses déplacements et ses interventions à proximité du véhicule[06].

5.2. L'interface de communication VCI:

Le MaxiCOM MK908 Pro II repose sur l'unité de communication MaxiFlash VCI/J2534, connectée via Bluetooth, qui assure la liaison entre l'appareil et les unités de commande électronique du véhicule. L'intérêt de cette interface réside dans le fait qu'elle garantit une communication sans fil pratique à l'intérieur de l'atelier, tout en permettant des opérations de Pass-Thru Programming conformément à la norme J2534. Cette caractéristique revêt une importance particulière dans les interventions avancées liées à l'initialisation, à l'adaptation ou à la programmation de certains calculateurs, à condition de disposer des logiciels et abonnements appropriés[06].

5.3. Les protocoles de communication:

Selon la documentation officielle d'Autel, l'appareil prend en charge un large éventail de protocoles de communication, parmi lesquels ISO 9141-2, ISO 14230-2, ISO 15765-4, SAE J1850, CAN ISO 11898, SAE J1939 et SAE J1708, entre autres. Cette diversité de protocoles permet au dispositif d'interagir avec un grand nombre de véhicules et de systèmes électroniques, ce qui élargit considérablement son champ d'application dans le domaine du diagnostic automobile multimarque[06].

II-3-6 Principe de fonctionnement de l'appareil:

Le MaxiCOM MK908 Pro II fonctionne en se connectant au port de diagnostic du véhicule, généralement le port OBD-II, par l'intermédiaire de l'unité VCI. Une fois la connexion établie, l'appareil communique avec les différentes unités de commande électronique du véhicule afin d'extraire les données mémorisées ou instantanées. En règle générale, le processus de diagnostic commence par l'identification du véhicule, puis par l'accès au système concerné, suivi de la lecture et de l'analyse des codes défauts, avant de passer à l'observation des données en temps réel ou à l'exécution des tests nécessaires. Le manuel officiel précise que le système MaxiCOM prend en charge quatre modes d'identification du véhicule : Auto VIN Scan, Manual VIN Input, Manual Vehicle Selection et OBD Direct Entry. Il indique également que la fonction Auto VIN Scan permet de détecter rapidement les véhicules compatibles CAN, de scanner toutes les unités ECU diagnosticables, puis de lancer l'analyse du système sélectionné[06].



Figure II.19 Comment utiliser l'appareil Autel MaxiCOM MK908 Pro II

II-3-7 Les méthodes d'identification du véhicule dans l'appareil:**7.1. Auto VIN Scan:**

Cette méthode repose sur l'identification automatique du numéro de châssis VIN à partir du véhicule, et constitue l'un des moyens les plus rapides pour démarrer une session de diagnostic. Le manuel d'Autel précise que cette fonction permet au technicien d'identifier rapidement le véhicule, de scanner toutes les unités ECU pouvant être diagnostiquées, puis d'accéder directement au système à tester. Elle présente donc un intérêt majeur pour réduire le temps d'intervention et garantir la précision dans le choix du modèle.

7.2. Manual VIN Input:

Lorsque certains véhicules ne prennent pas en charge la détection automatique, il est possible d'introduire manuellement le numéro VIN. Le manuel signale également la possibilité de photographier l'étiquette du VIN afin d'accélérer l'identification dans certains cas. Cette méthode permet ainsi de préserver la précision de l'opération lorsque le balayage automatique ne donne pas de résultat satisfaisant.

7.3. Manual Vehicle Selection:

Dans certaines situations, l'utilisateur peut sélectionner manuellement la marque, le modèle, le moteur et l'année du véhicule à travers les menus intégrés au système. Cette méthode est particulièrement utile lorsque le véhicule n'est pas entièrement pris en charge par la détection automatique ou lorsque les données du VIN ne sont pas disponibles.

7.4. OBD Direct Entry:

Lorsqu'une identification complète du véhicule n'est pas possible, l'utilisateur peut accéder directement au mode OBD afin d'effectuer des tests OBD-II ou EOBD généraux, notamment ceux liés au moteur et au système d'émissions. Cette option offre au technicien un niveau minimal de diagnostic, même lorsque la base de données ou la communication spécifique au modèle concerné demeure incomplète[06].

II-3-8 Les fonctions principales de l'appareil:**8.1. Lecture et effacement des codes défauts:**

Parmi les fonctions fondamentales de l'appareil figure la lecture des codes défauts enregistrés dans l'ensemble des systèmes disponibles, ainsi que leur effacement après réparation. Cette fonctionnalité permet d'identifier rapidement le système concerné par l'anomalie et constitue la première étape d'un diagnostic méthodique et structuré. La fiche officielle d'Autel précise expressément que le MaxiCOM MK908 Pro II permet de lire et d'effacer les codes sur tous les systèmes disponibles, ce qui confirme son orientation vers le diagnostic multysystème professionnel.

8.2. Lecture des données Freeze Frame:

L'appareil affiche également les données Freeze Frame, c'est-à-dire les informations enregistrées par le système au moment de l'apparition initiale du défaut ou lors de la mémorisation du code. Ces données sont particulièrement utiles pour comprendre les conditions de fonctionnement dans lesquelles la panne s'est produite, telles que le régime moteur, la température ou la charge appliquée. Elles permettent ainsi au technicien de reconstituer le contexte exact de l'anomalie et d'affiner son analyse. Autel mentionne officiellement cette fonction parmi les caractéristiques prises en charge par l'appareil.

8.3. Affichage des données en temps réel (Live Data) :

Le MaxiCOM MK908 Pro II offre un affichage direct et graphique des données en temps réel, ce qui permet de suivre le fonctionnement des capteurs et des actionneurs pendant le fonctionnement du véhicule. Cette fonction revêt une importance majeure, car de nombreuses anomalies ne peuvent être confirmées par le seul code défaut et nécessitent une comparaison des valeurs réelles mesurées en conditions de fonctionnement. La documentation officielle d'Autel indique clairement que l'appareil permet de visualiser et de représenter graphiquement les données en temps réel[06].

8.4. Les tests actifs bidirectionnels (Bi-directional Active Tests) :

L'un des principaux atouts de cet appareil réside dans la prise en charge des tests actifs bidirectionnels, c'est-à-dire la possibilité d'envoyer des commandes depuis l'outil de diagnostic vers certains composants du véhicule afin de vérifier leur réponse. Cela peut concerner, par exemple, l'activation des ventilateurs de refroidissement, de la pompe à carburant ou de certaines électrovannes.

Cette fonction permet au technicien de dépasser la simple observation des données pour accéder à une phase de test pratique, utile pour déterminer si la panne est d'origine électrique, mécanique ou liée à la commande électronique. Autel indique explicitement que l'appareil peut perform bi-directional active tests[06].

8.5. Les adaptations et le codage (Adaptations and Coding) :

La page officielle du produit mentionne également la prise en charge des fonctions Adaptations and Coding. Les adaptations correspondent à certaines opérations d'initialisation, de recalibrage ou de réapprentissage effectuées après une réparation ou un remplacement de composant, comme la réinitialisation de certains capteurs ou actionneurs. Quant au codage, il consiste à modifier ou à écrire certains paramètres au sein des unités de commande électroniques, dans les limites autorisées par le véhicule et l'outil. Ces fonctions confèrent à l'appareil une valeur technique élevée en atelier, puisqu'il ne se limite pas à la détection du défaut, mais intervient aussi dans les opérations de service après réparation[06].

8.6. Auto Scan et AutoVIN: L'appareil se distingue également par la prise en charge des fonctions Auto Scan et AutoVIN, qui facilitent considérablement le démarrage du diagnostic et l'analyse rapide des systèmes. L'intérêt de ces fonctions réside dans la réduction du temps de travail, notamment dans les ateliers recevant plusieurs véhicules au cours d'une même journée. La documentation Autel présente ces fonctions parmi les caractéristiques intégrées au MK908 Pro II, ce qui confirme leur rôle dans l'optimisation de la procédure de diagnostic.

8.7. Le partage des rapports:

Autel indique également que l'appareil permet le partage des rapports par courrier électronique, par message texte, ainsi que l'impression via Wi-Fi. Cette fonction présente un intérêt professionnel important, dans la mesure où elle permet de conserver une trace des résultats du diagnostic, de remettre un rapport clair au client ou encore d'archiver les opérations effectuées dans le registre de l'atelier. Ainsi, l'appareil ne se limite pas au diagnostic technique, mais participe aussi à l'amélioration de l'organisation documentaire de la maintenance[06].

II-3-9 Les systèmes pouvant être diagnostiqués:

Étant donné que l'appareil prend en charge le diagnostic de tous les systèmes disponibles, il peut généralement intervenir sur des systèmes tels que le moteur, la transmission, l'ABS, les airbags, la direction assistée, le confort, la climatisation, le châssis, ainsi que sur d'autres systèmes électroniques selon la marque et le modèle du véhicule. La page officielle ne dresse pas une liste exhaustive système par système pour chaque constructeur, mais elle confirme clairement que l'appareil permet la lecture et l'effacement des défauts sur l'ensemble des systèmes disponibles, tout en assurant un diagnostic multisystème sur les véhicules américains, asiatiques et européens à partir de 1996[09].

II-3-10 L'utilisation de l'appareil dans le diagnostic pratique:**10.1. La phase de connexion:**

Le technicien commence par raccorder l'interface VCI au port OBD-II du véhicule, puis met l'appareil en marche et établit la communication, notamment via Bluetooth ou selon le mode de connexion approprié. Cette étape constitue la base de toute intervention diagnostique, puisqu'elle permet d'assurer la liaison entre l'outil et les unités électroniques du véhicule[06].

10.2. La phase d'identification du véhicule:

Après l'ouverture de l'application Diagnostics, le véhicule est identifié soit par Auto VIN, soit par saisie manuelle du VIN, soit par sélection manuelle des caractéristiques du véhicule. Le manuel officiel confirme que le système prend en charge plusieurs méthodes d'identification, permettant ainsi une adaptation à différentes situations pratiques[06].

10.3. La phase de contrôle:

Une fois l'accès au système souhaité établi, les codes défauts sont lus, puis les données Freeze Frame et les données en temps réel sont examinées afin de confirmer l'origine probable de la panne. Cette étape permet de passer d'un simple repérage du défaut à une analyse plus précise de son contexte d'apparition et de ses manifestations fonctionnelles.

10.4. La phase de test pratique:

Lorsque le technicien souhaite vérifier le comportement d'un composant précis, il peut recourir à la fonction Active Test afin de commander ce composant et d'observer sa réaction. Cette phase est particulièrement importante dans le diagnostic moderne, car elle permet de valider concrètement l'état de fonctionnement d'un organe au lieu de se limiter à une interprétation théorique des données.

10.5. La phase de réparation et de recontrôle:

Après avoir corrigé la cause de la panne, les codes défauts sont effacés, puis un nouveau contrôle est réalisé afin de s'assurer de la disparition de l'anomalie et de l'absence de réapparition du code défaut. Ces différentes étapes sont directement soutenues par les fonctions décrites sur la page officielle du produit ainsi que dans le manuel d'utilisation, ce qui montre que l'appareil accompagne le technicien durant l'ensemble du processus, depuis la détection initiale jusqu'à la vérification finale après intervention[06].

II-3-11 Exemple pratique d'utilisation de l'appareil:

Supposons qu'un véhicule présente une irrégularité du régime moteur accompagnée de l'allumage du témoin de défaut. Dans ce cas, le technicien peut suivre une démarche progressive en commençant par connecter le MaxiCOM MK908 Pro II au véhicule, puis en procédant à l'identification de celui-ci au moyen de la fonction Auto VIN ou par sélection manuelle. Ensuite, il accède au système moteur, lit le code défaut mémorisé, consulte les données Freeze Frame afin de comprendre les conditions d'enregistrement du code, puis examine les données en temps réel relatives au capteur concerné. Si le composant prend en charge l'activation commandée, il peut également exécuter un Active Test afin de vérifier sa réponse. Après avoir localisé la panne, le technicien procède à la réparation du composant ou du circuit incriminé, puis efface les codes défauts et effectue un nouveau contrôle. L'intérêt essentiel de cette démarche réside dans le fait que l'appareil ne fournit pas uniquement un numéro de défaut, mais met à la disposition du technicien

un ensemble cohérent d'outils permettant de passer de la lecture initiale du défaut à la confirmation de sa cause, puis à la vérification de l'efficacité de la réparation. Ces capacités sont explicitement indiquées dans les spécifications officielles du produit[06].

II-3-12 Les avantages de l'appareil Autel MaxiCOM MK908 Pro II:

Parmi les principaux avantages de cet appareil figure le fait qu'il réunit, sur une seule plateforme, le diagnostic complet, les tests actifs bidirectionnels, les fonctions d'adaptation, le codage ainsi que la compatibilité J2534 Pass-Thru. Il est en outre doté d'un écran de grande taille à haute résolution, d'une batterie de forte capacité, d'une mémoire confortable et d'une connectivité sans fil pratique pour le travail quotidien en atelier. À cela s'ajoute la prise en charge d'un large éventail de véhicules et de protocoles de communication, ce qui le rend particulièrement adapté aux ateliers multimarques. La présence de fonctions telles que AutoVIN, Auto Scan et le partage des rapports contribue également à améliorer la rapidité d'intervention et le niveau de professionnalisme du diagnostic. L'ensemble de ces éléments apparaît directement dans la fiche technique officielle du constructeur[06].

II-3-13 L'importance de l'appareil dans l'atelier moderne:

Le MaxiCOM MK908 Pro II joue un rôle important dans les ateliers modernes, dans la mesure où il permet de réduire le temps consacré au contrôle, d'améliorer la précision du diagnostic, de documenter les résultats et, par conséquent, d'élever la qualité du service fourni au client. Dans un atelier traditionnel, un temps considérable peut être perdu dans les hypothèses imprécises ou dans le démontage inutile de composants. En revanche, un appareil professionnel de ce niveau permet de circonscrire la panne plus rapidement grâce à la lecture des codes défauts, à l'exploitation des données en temps réel, à l'usage des tests actifs et à la vérification après réparation. Pour cette raison, il peut être considéré comme un outil central dans la transition d'une maintenance traditionnelle vers une maintenance fondée sur un diagnostic électronique méthodique et structuré[06].

II-3-14 Autres modèles d'appareils de la société AUTEL:

La société AUTEL propose plusieurs appareils de diagnostic pouvant être classés selon le niveau d'utilisation et la nature des fonctions offertes. Cette diversité de gammes montre que l'entreprise ne se limite pas à un seul type d'équipement, mais développe au contraire des solutions variées adaptées au diagnostic général, au diagnostic professionnel avancé ainsi qu'aux fonctions spécialisées. Les gammes professionnelles de la marque incluent notamment les séries MaxiSYS et MaxiCOM, tandis que d'autres lignes de produits sont orientées vers les besoins intermédiaires, l'usage de base ou les applications spécialisées, comme le TPMS et l'immobilizer/key programming.

14.1. Les appareils professionnels:



Figure II.20 l'appareil Autel MaxiSYS Ultra



Figure II.21 l'appareil Autel MaxiSYS MS909

Ces modèles appartiennent aux plateformes de diagnostic avancé destinées aux ateliers professionnels et aux interventions multimarques de haut niveau.

14.2. Les appareils intermédiaires:



Figure II.22 l'appareil Autel MaxiCOM MK808BT



Figure II.23 l'appareil Autel MaxiDAS DS808

Cette catégorie regroupe des outils destinés aux besoins de diagnostic courant et de maintenance intermédiaire dans les ateliers de petite et moyenne dimension.

14.3. Les appareils de base ou destinés à un usage léger:



Figure II.24 Autel MaxiDiag MD808 Pro



Figure II.25 l'appareil Autel MaxiDiag MD806 Pro

Ces appareils sont généralement orientés vers les opérations de diagnostic de base, les contrôles initiaux et les utilisations moins complexes.

14.4. Les appareils spécialisés



Figure II.26 l'appareil Autel MaxiTPMS TS508 **Figure II.27** l'appareil Autel MaxiIM IM608

Cette dernière catégorie concerne les équipements spécialisés, notamment dans les domaines du TPMS et des fonctions liées à l'immobilizer et à la programmation de clés. La documentation officielle d'Autel présente par exemple le TS608 comme un outil complet dédié au TPMS et au diagnostic, ce qui illustre bien l'orientation spécialisée de cette gamme.

Ainsi, cette classification montre que AUTEL propose une offre diversifiée répondant à plusieurs profils d'utilisation, qu'il s'agisse du diagnostic ordinaire, du diagnostic professionnel approfondi ou de fonctions techniques spécialisées[06].

II-4 conclusion:

En conclusion, ce chapitre met en évidence que l'évolution rapide du secteur automobile a profondément transformé l'architecture fonctionnelle des véhicules modernes, désormais largement dominée par les systèmes électroniques et les unités de commande intelligentes. Parmi celles-ci, le calculateur moteur (ECU) occupe une place centrale, puisqu'il assure la gestion précise des paramètres essentiels du moteur tels que l'injection de carburant, le temps d'allumage, la régulation du régime ainsi que la réduction des émissions polluantes, contribuant ainsi à l'optimisation des performances globales et au respect des normes environnementales.

Par ailleurs, le diagnostic électronique s'est imposé comme un élément indispensable dans les opérations de maintenance moderne. Grâce à la lecture des codes défauts (DTC) et à l'analyse en temps réel des données des capteurs, il permet une identification rapide et précise des anomalies, tout en améliorant l'efficacité des interventions techniques et en réduisant significativement le temps et les coûts de réparation.

Dans ce cadre, les appareils de diagnostic modernes tels que Autel, Launch ainsi que les interfaces OBD2 occupent une position stratégique dans les ateliers de maintenance. Ils se distinguent par leur performance, leur polyvalence et leur compatibilité avec un large éventail de véhicules, ce qui a permis une transition progressive du diagnostic traditionnel vers un diagnostic électronique intelligent et assisté par données.

Ainsi, l'interaction entre le calculateur moteur et les outils de diagnostic électronique constitue aujourd'hui la base fondamentale de la maintenance automobile moderne. Cette complémentarité rend le diagnostic des pannes plus fiable, plus rapide et plus précis, illustrant clairement la transformation technologique profonde que connaît le domaine automobile vers des systèmes toujours plus intelligents et connectés[08].

Chapitre III

**Les code défaut de
diagnostic automobile**

III.1 Introduction:

Au cours des dernières décennies, le secteur automobile a connu une évolution rapide dans l'intégration des systèmes électroniques au sein des véhicules. L'automobile moderne repose désormais sur un grand nombre d'unités de commande électroniques, de capteurs et d'actionneurs fonctionnant de manière interconnectée afin d'assurer la performance, l'efficacité et la sécurité. Cette évolution a profondément transformé la nature des pannes mécaniques et électriques. Dès lors, le diagnostic ne repose plus uniquement sur l'expérience traditionnelle ou sur l'inspection visuelle, mais s'appuie de plus en plus sur l'analyse des données et des signaux émis par les systèmes électroniques du véhicule. Dans ce contexte, les appareils de diagnostic électronique se sont imposés comme des outils essentiels pour comprendre le comportement du véhicule et détecter les défaillances avec davantage de précision et de méthode[09].

Les codes de diagnostic constituent l'un des principaux résultats exploités par ces appareils, dans la mesure où ils représentent une formulation normalisée des défauts détectés par les unités de commande électroniques. Lorsqu'un système enregistre une anomalie donnée, il mémorise un code de diagnostic qui exprime la nature du problème ou le circuit concerné, puis ce code est lu au moyen d'un appareil de diagnostic. Ainsi, le code de diagnostic ne se limite pas à un simple chiffre ou à un symbole technique, mais il constitue un véritable outil d'analyse permettant d'orienter la démarche de diagnostic vers le domaine concerné et de fournir une base initiale pour la prise de décision technique appropriée.

Le système **OBD-II** constitue le cadre fondamental qui régit la structure de ces codes ainsi que leur mode de lecture, tandis que les appareils **Autel** et **Launch** offrent des fonctionnalités avancées permettant la lecture des codes génériques et spécifiques, leur analyse, ainsi que leur mise en relation avec les données en temps réel et les différentes fonctions de test. Par conséquent, ce chapitre a pour objectif d'étudier les codes de diagnostic à travers leur définition, leur structure, leur classification, ainsi que la manière dont les systèmes **OBD-II**, **Autel** et **Launch** les exploitent, tout en mettant en évidence leur importance pratique dans le diagnostic des pannes des véhicules modernes.

III.2. Les codes diagnostic:

2.1 Définition des codes de diagnostic:

Les codes de diagnostic, également appelés codes d'anomalie diagnostique, sont des séquences alphanumériques enregistrées par les unités de commande électroniques du véhicule lorsqu'un dysfonctionnement est détecté dans l'un des systèmes, ou lorsqu'une valeur de fonctionnement anormale est relevée par rapport aux paramètres préalablement programmés. Ces codes apparaissent sous une forme relativement normalisée, permettant aux appareils de diagnostic de les lire et d'en fournir une première interprétation.

La valeur technique de ces codes réside dans le fait qu'ils constituent le moyen de transmission de l'information entre le système électronique embarqué et l'appareil de diagnostic. Ils n'indiquent pas toujours de manière directe l'élément défaillant, mais renvoient le plus souvent au domaine du dysfonctionnement, au circuit concerné ou à la nature de l'écart constaté dans le fonctionnement. Par conséquent, ils doivent être considérés comme un point de départ dans la démarche de diagnostic, et non comme un jugement définitif sur l'origine exacte de la panne [10].

2.2 L'importance technique des codes de diagnostic:

L'importance des codes de diagnostic découle du rôle qu'ils jouent dans la réduction du temps de contrôle et dans l'orientation plus précise du technicien vers la zone probable de défaillance. Au lieu de s'appuyer sur des hypothèses approximatives ou sur une inspection manuelle générale, le technicien dispose d'un premier indicateur qui restreint le champ d'investigation au sein des systèmes complexes du véhicule. Ces codes permettent également de consigner les défauts détectés et de comparer leur état avant et après l'intervention, tout en offrant la possibilité de distinguer les défauts actuels, les défauts en attente ainsi que les anomalies apparaissant de manière intermittente.

Cela en fait un outil essentiel dans les ateliers modernes, en particulier avec la complexification croissante des systèmes d'injection électronique, des dispositifs de contrôle des émissions, des systèmes de sécurité et des réseaux de communication internes aux véhicules.

Sur le plan pratique, les codes de diagnostic contribuent à améliorer la prise de décision technique et à réduire le risque de remplacement injustifié de composants encore fonctionnels, dans la mesure où le technicien peut relier le code à des informations complémentaires, telles que les données en temps réel et les données figées, avant de procéder à la réparation[10].

2.3 Rôle des codes dans le diagnostic électronique:

Le code de diagnostic constitue la première étape d'un ensemble de procédures diagnostiques intégrées. Lorsqu'un comportement anormal apparaît au niveau du véhicule, l'appareil de diagnostic procède à la lecture des codes mémorisés dans la mémoire électronique, puis le technicien entame leur interprétation en les reliant au comportement réel du véhicule. Par la suite, l'analyse poursuit par la lecture des valeurs en temps réel des capteurs et des actionneurs, par l'examen des conditions dans lesquelles le défaut a été enregistré, puis par la réalisation de vérifications complémentaires permettant d'identifier la cause réelle du dysfonctionnement[11].

Il apparaît ainsi que la fonction du code ne consiste pas à clore le diagnostic, mais plutôt à l'orienter. Dès lors, son exploitation scientifique suppose une compréhension rigoureuse de sa signification technique, sans se limiter à sa seule description textuelle, car certains codes peuvent traduire les conséquences d'une anomalie donnée plutôt que ses causes directes. C'est ce qui justifie la nécessité d'intégrer le code dans une démarche diagnostique globale et méthodique[10].

III.3 la structure des codes de diagnostic dans le système OBD-II:

3.1 Les composantes du code de diagnostic:

Dans le système OBD-II, le code de diagnostic se compose généralement de cinq caractères, à savoir une lettre suivie de quatre chiffres, comme dans les exemples **P0301** ou **C0035**. Cette structure n'est pas arbitraire, mais repose sur une normalisation précise visant à unifier la manière de représenter les défaillances au sein des différents systèmes du véhicule[11].

Chaque élément du code remplit une fonction sémantique déterminée. La première lettre permet d'identifier le domaine général du dysfonctionnement, tandis que les chiffres qui suivent renseignent sur la nature de la panne, sur son caractère générique ou spécifique, ainsi que sur sa relation avec le sous-système concerné. Cette organisation normalisée permet donc au technicien ou à l'appareil de diagnostic d'obtenir une compréhension initiale rapide du code avant d'en approfondir l'interprétation détaillée [10].

3.2 La signification de la première lettre du code:

La première lettre du code représente le domaine fonctionnel auquel appartient la défaillance à l'intérieur du véhicule, et peut être explicitée comme suit :

3.2.1 tableau des codes P:

Les codes **P** concernent principalement le **groupe motopropulseur et le moteur**.

Ils représentent la catégorie la plus répandue dans le système **OBD-II**, car la plupart des lecteurs de diagnostic standards commencent par lire ce type de défauts.

Ils sont directement liés aux performances du véhicule, à la consommation de carburant ainsi qu'aux émissions polluantes. C'est pour cette raison que, lorsque le témoin **Check Engine** s'allume, les codes relevés appartiennent très souvent à cette famille[17].

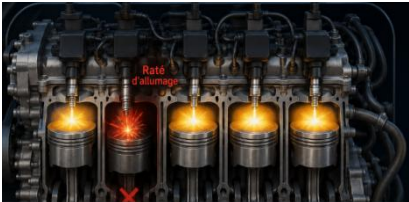
Code	Explication	Les photos
P0300	Indique un raté d'allumage aléatoire ou multiple , c'est-à-dire une combustion irrégulière dans plusieurs cylindres.	
P0301	Signale un raté d'allumage au cylindre n°1 , ce qui oriente directement le diagnostic vers un cylindre précis.	
P0171	Correspond à un mélange air-carburant pauvre , ce qui signifie que la quantité d'air est excessive ou que l'alimentation en carburant est insuffisante.	
P0420	Désigne une baisse d'efficacité du catalyseur , ce qui en fait l'un des codes les plus fréquents dans les systèmes de dépollution.	
P0128	Indique que la température du liquide de refroidissement est inférieure à la valeur attendue , souvent en lien avec le thermostat ou la montée en température du moteur.	

Tableau présentant des exemples de codes de défauts **P**.

3.2.2 tableau des codes B:

Les codes **B** se rapportent aux **systèmes de carrosserie, aux équipements intérieurs et aux dispositifs de sécurité**. Ils concernent notamment les airbags, l'antidémarrage, certains éléments du système de climatisation ainsi que plusieurs fonctions de confort embarquées. Bien qu'ils soient moins fréquemment lus par les lecteurs OBD-II les plus simples, ils occupent une place importante dans les véhicules modernes en raison de leur lien direct avec la sécurité et l'électronique de bord[17].

Code	Explication	Les photos
B0020	Correspond généralement à un défaut dans le circuit d'airbag latéral ou dans un circuit de déploiement associé.	
B0092	Signale une anomalie liée à un capteur latéral de sécurité ou à un élément du système de retenue supplémentaire.	
B1325	Est souvent associé à un problème de tension électrique ou d'alimentation dans certains systèmes de carrosserie.	
B1421	Peut désigner, selon le constructeur, un défaut lié à un capteur solaire ou à un élément du système de climatisation et de carrosserie .	
B2799	Est fréquemment lié au système antidémarrage ou à la clé électronique dans plusieurs modèles de véhicules.	

Tableau présentant des exemples de codes de défauts **B**.

3.2.3 tableau des codes C:

Les codes **C** concernent le châssis. Ils sont principalement associés aux systèmes **ABS**, à la stabilité, à l'antipatinage et aux capteurs de vitesse des roues. Ces codes revêtent une importance particulière, car ils sont directement liés à la sécurité dynamique du véhicule. En pratique, ils apparaissent fréquemment lorsqu'un capteur de roue présente une défaillance ou lorsqu'un système de freinage électronique fonctionne de manière anormale[17].

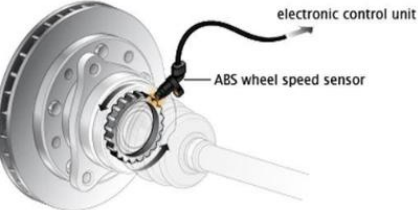
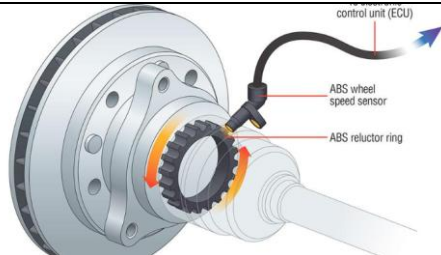
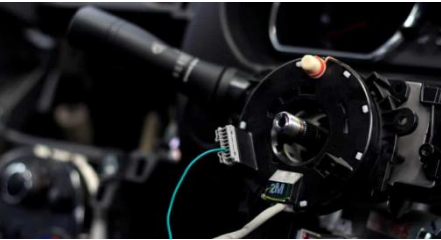
Code	Explication	Les photos
C0035	Indique un défaut dans le circuit du capteur de vitesse de la roue avant gauche.	
C0040	Correspond à un défaut dans le circuit du capteur de vitesse de la roue avant droite.	
C0045	Signale un défaut dans le circuit du capteur de vitesse de la roue arrière gauche.	
C0050	Désigne un défaut dans le circuit du capteur de vitesse de la roue arrière droite.	
C0245	Est souvent lié à une fonction de contrôle de traction ou de stabilité , selon le constructeur et le système concerné.	

Tableau présentant des exemples de codes de défauts **C**.

3.2.4 tableau des codes U:

Les codes U concernent les réseaux de communication et l'échange de données entre les unités de commande électroniques. Cette catégorie a pris une importance considérable dans les véhicules récents, car les différents systèmes électroniques ne fonctionnent plus de manière isolée, mais communiquent entre eux à travers des réseaux tels que le CAN Bus. Par conséquent, un défaut de communication peut entraîner l'apparition simultanée de plusieurs anomalies dans des systèmes distinct [17].

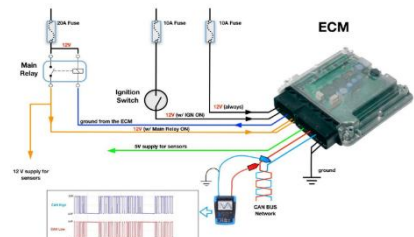
Code	Explication	Les photos
U0073	Indique que le bus de communication A est désactivé ou hors service.	
U0100	Signale une perte de communication avec le module de commande moteur ou groupe motopulseur (ECM/PCM).	
U0101	Correspond à une perte de communication avec le module de commande de transmission (TCM).	
U0121	Désigne une perte de communication avec le module ABS.	
U0140	Indique une perte de communication avec le module de commande de carrosserie (BCM).	

Tableau présentant des exemples de codes de défauts U.

Cette première indication permet de déterminer le domaine à partir duquel le diagnostic doit débiter et aide également le technicien à relier le code au symptôme observé sur le véhicule.

3.3 La signification des chiffres à l'intérieur du code:

Après la première lettre vient une série de chiffres, dont chacun possède une signification particulière. Le deuxième caractère numérique précise si le code est générique, c'est-à-dire commun à plusieurs constructeurs, ou spécifique à un fabricant donné.

Le troisième chiffre indique le sous-système ou le domaine plus précis auquel se rattache l'anomalie, tandis que les quatrième et cinquième chiffres expriment de façon plus détaillée la nature de la défaillance.

Grâce à cette organisation, le code devient un outil normalisé qui associe, d'une part, l'uniformisation des informations et, d'autre part, la précision dans l'identification du type de dysfonctionnement.

De plus, cette structure permet aux codes d'être lus par différents appareils de diagnostic, qu'ils soient simples ou avancés, avec des niveaux variables d'explication et d'analyse[17].

3.4 La différence entre les codes génériques et les codes spécifiques:

La distinction entre les codes génériques et les codes spécifiques constitue un élément fondamental dans la compréhension de la structure du code de diagnostic. Les codes génériques sont ceux dont la signification a été normalisée dans le cadre des standards OBD-II, ce qui explique que leur interprétation soit généralement identique ou très proche dans la majorité des véhicules. En revanche, les codes spécifiques sont définis par le constructeur afin de décrire des défauts davantage liés à son architecture électronique ou à ses solutions techniques particulières.

Il en résulte qu'un lecteur OBD-II simple peut parfois se limiter à la lecture des codes génériques, ou bien lire les codes spécifiques sans être capable d'en fournir une interprétation suffisamment précise. À l'inverse, les appareils professionnels tels que Autel et Launch sont en mesure de proposer une explication plus développée et une analyse plus fine des codes associés aux différents constructeurs[08].

III.4 classification des codes de diagnostic:

4.1 Les codes génériques

Les codes génériques sont des codes normalisés adoptés dans le cadre du système OBD-II, et se distinguent par le fait qu'ils peuvent être compris à grande échelle par les différents constructeurs automobiles. Ce type de code constitue la base du diagnostic standardisé, puisqu'il permet à un seul appareil de lire les défaillances essentielles sur des véhicules de marques diverses. Parmi les exemples de ces codes figurent **P0300**, qui indique un raté d'allumage aléatoire ou multiple, **P0171**,

qui signale un mélange pauvre, ainsi que **P0420**, associé à une baisse de l'efficacité du catalyseur.

Ces exemples illustrent clairement l'intérêt des codes génériques dans l'unification du langage de diagnostic entre les différents véhicules[17].

4.2 Les codes spécifiques au constructeur:

Ce type de code est utilisé lorsque le constructeur a besoin de décrire une défaillance que le codage générique ne suffit pas à exprimer, ou lorsqu'il souhaite fournir un diagnostic davantage lié aux caractéristiques propres de ses systèmes électroniques. C'est pour cette raison que l'interprétation de ces codes varie d'un constructeur à un autre, et que leur signification ne peut parfois être pleinement comprise qu'en consultant les bases de données du fabricant ou en utilisant des appareils de diagnostic compatibles spécifiquement avec cette marque.

L'importance de ces codes apparaît particulièrement dans les véhicules modernes dotés de logiciels et de systèmes évolués, car ils permettent un niveau de précision plus élevé dans le diagnostic. En revanche, leur exploitation requiert des outils de diagnostic plus avancés ainsi qu'une compétence technique plus approfondie afin d'en saisir la portée réelle.

4.3 Les codes actuels:

Les codes actuels sont ceux qui signalent la présence d'une défaillance effectivement active au moment du contrôle. L'apparition de ce type de code signifie que l'unité de commande électronique continue de détecter l'anomalie au moment présent, ou que les conditions nécessaires à son enregistrement demeurent toujours réunies.

Ces codes revêtent une importance particulière, car ils représentent les défauts les plus prioritaires dans la démarche de diagnostic. Ils sont, dans la plupart des cas, directement liés aux symptômes observés sur le véhicule, tels qu'une baisse de performance, une augmentation de la consommation ou l'allumage d'un témoin d'alerte sur le tableau de bord.

4.4 Les codes en attente:

Les codes en attente sont des codes qui signalent une défaillance détectée, mais dont les conditions ne se sont pas encore répétées de manière suffisante pour qu'elle devienne un code confirmé et définitif.

Ce type apparaît généralement dans les situations où l'anomalie est intermittente, instable ou liée à des conditions de fonctionnement particulières qui ne se sont pas encore reproduites entièrement. Ces codes sont utiles dans une perspective de diagnostic préventif, car ils alertent le technicien sur l'existence d'un début de problème susceptible d'évoluer ultérieurement en panne permanente. C'est pourquoi ils ne doivent pas être négligés, notamment lorsqu'ils sont associés à des symptômes signalés par le conducteur ou à des indicateurs de fonctionnement anormaux.

4.5 Les codes permanents:

Les codes permanents sont des codes qui demeurent enregistrés dans la mémoire du système même après l'effacement des codes dans certains cas, et qui ne disparaissent qu'une fois que l'unité de commande a vérifié de manière effective la disparition du défaut selon des conditions précises de fonctionnement et de test.

Ce type de code vise à empêcher la dissimulation superficielle des pannes par un simple effacement, sans traitement de leur cause réelle. Par conséquent, la présence d'un code permanent après réparation peut indiquer que le cycle de fonctionnement requis pour la vérification n'a pas encore été achevé, ou que la défaillance n'a pas été corrigée de manière adéquate[08].

III.5 relation entre les modes de diagnostic et les codes:

5.1 La lecture des codes:

La fonction de lecture des codes constitue l'une des fonctions les plus importantes des appareils de diagnostic, puisqu'elle représente la première étape dans l'identification des défauts enregistrés. Grâce à elle, les codes stockés dans les unités de commande électroniques sont récupérés, qu'ils soient actuels, en attente ou permanents, avec une première description de leur signification. Cette opération permet au technicien de se former une image initiale de la nature du dysfonctionnement avant de passer à une analyse plus approfondie. Elle l'aide également à classer les défauts selon leur degré d'importance et selon leur relation avec les symptômes observés sur le véhicule.

5. 2 L'effacement des codes:

Après l'exécution de la réparation ou à l'issue du contrôle initial, la fonction d'effacement des codes peut être utilisée pour supprimer les défauts enregistrés dans la mémoire du système. Toutefois, cette opération ne doit pas être réalisée de manière arbitraire, car l'effacement d'un code avant son enregistrement ou son étude peut entraîner la perte d'informations importantes liées à la panne.

En outre, l'effacement du code ne signifie pas nécessairement que la cause réelle du problème a disparu, puisque le code peut réapparaître si le défaut subsiste. C'est pourquoi la fonction d'effacement doit intervenir à la fin du processus diagnostique et non à son commencement.

5.3 Les données en temps réel:

Les données en temps réel sont les valeurs instantanées affichées par les appareils de diagnostic concernant le fonctionnement des capteurs, des actionneurs et des systèmes électroniques pendant le fonctionnement du véhicule. Elles constituent un élément complémentaire aux codes, car elles permettent de vérifier dans quelle mesure le code enregistré correspond effectivement au comportement réel du système.

À titre d'exemple, un certain code peut indiquer une anomalie liée au mélange air-carburant, mais seules les données en temps réel permettent au technicien de confirmer l'état des capteurs et les valeurs effectives associées à ce défaut. Ainsi, la mise en relation du code avec les données en temps réel constitue l'un des principes fondamentaux du diagnostic scientifique.

5.4. Les données figées

Les données figées présentent l'état du véhicule au moment exact où le code a été enregistré pour la première fois. Elles comprennent généralement des informations telles que le régime moteur, la température, la charge moteur, l'état du carburant ainsi que d'autres paramètres.

Ces données revêtent une grande importance, car elles permettent de comprendre les conditions de fonctionnement dans lesquelles l'anomalie est apparue, ce qui aide à la reproduire ou à l'interpréter avec davantage de précision. De ce fait, elles constituent une source essentielle pour comprendre la relation entre le code et les conditions réelles de fonctionnement.

5.5. L'état de préparation des systèmes d'émissions

La fonction relative à l'état de préparation des systèmes d'émissions est utilisée pour vérifier la situation des autotests effectués par le système sur les composants liés aux émissions, tels que le système EVAP, le catalyseur et les capteurs d'oxygène.

Cette fonction est liée aux codes dans la mesure où elle permet de savoir si le véhicule a bien achevé les cycles de test nécessaires après la réparation ou après l'effacement des codes. Elle constitue ainsi un outil important pour vérifier l'efficacité de la réparation et pour s'assurer que le véhicule est prêt à subir un contrôle technique ou environnemental.

III .6. les codes de diagnostic dans les appareils Autel:

6.1. Les caractéristiques des appareils Autel dans la lecture des codes:

Les appareils Autel se distinguent par leur capacité à lire les codes de manière claire et structurée, tout en offrant une interface qui aide le technicien à comprendre la nature de la panne et à en établir la classification. Ces appareils vont de simples lecteurs destinés au contrôle général à des plateformes professionnelles plus évoluées permettant la couverture de plusieurs systèmes au sein du véhicule.

Ces caractéristiques contribuent à faire des appareils Autel des outils adaptés aux ateliers et aux centres de maintenance qui ont besoin d'un moyen pratique combinant facilité d'utilisation et élargissement des possibilités de diagnostic.

6.2. Les types de codes pris en charge:

Les appareils Autel ne se limitent pas à la lecture des seuls codes génériques, mais prennent également en charge, dans plusieurs de leurs modèles, les codes spécifiques aux constructeurs, en plus des codes en attente et de certaines données associées au défaut. Cela leur confère une valeur diagnostique supérieure à celle des lecteurs simples, qui se limitent le plus souvent aux défauts liés au moteur et aux émissions polluantes.

En outre, la capacité de l'appareil à accéder à différents systèmes du véhicule, tels que l'ABS, le SRS et la transmission, fait de la lecture du code une partie intégrante d'un diagnostic plus global, qui ne se limite pas à l'unité de commande du moteur.

6.3. L'analyse du code et sa mise en relation avec les données en temps réel:

L'un des avantages majeurs des appareils Autel réside dans le fait qu'ils ne présentent pas le code comme un simple numéro isolé, mais l'associent le plus souvent à des informations complémentaires qui facilitent son interprétation. Parmi ces informations figurent les données en temps réel, les données figées ainsi qu'une description succincte du code [12]

L'importance de cette mise en relation apparaît dans la transition qu'elle permet entre la lecture initiale du code et la vérification technique de sa cause. Au lieu de se contenter d'une indication théorique générale, le technicien devient en mesure de comparer le code enregistré aux valeurs réelles du système, ce qui améliore sensiblement le niveau de précision du diagnostic.

6.4. La valeur pratique des appareils Autel dans le diagnostic:

La valeur pratique des appareils Autel se manifeste dans leur capacité à construire une démarche diagnostique intégrée qui commence par la lecture du code, se poursuit par l'analyse des données qui lui sont associées, puis s'élargit à des opérations de vérification plus approfondies. C'est pour cette raison que ces appareils constituent un outil efficace pour réduire le temps de diagnostic et améliorer la qualité des décisions de réparation.

Leur adoption dans de nombreux ateliers s'explique également par l'équilibre qu'ils offrent entre simplicité d'utilisation, d'une part, et étendue de couverture ainsi que richesse fonctionnelle, d'autre part, ce qui les rend particulièrement adaptés aux véhicules modernes dotés de systèmes électroniques multiples[09].

III .7 les codes de diagnostic dans les appareils Launch:**7.1. Les caractéristiques des appareils Launch dans la lecture des codes:**

Les appareils Launch figurent parmi les outils reconnus dans le domaine du diagnostic électronique, en particulier dans les catégories qui assurent une large couverture des systèmes et des fonctions. Ils se distinguent par leur aptitude à lire les codes de manière professionnelle, avec la possibilité d'intervenir sur un grand nombre de véhicules et de modèles.

L'efficacité des appareils Launch apparaît clairement dans les ateliers qui prennent en charge des véhicules variés, puisqu'ils facilitent l'accès aux défauts enregistrés dans plusieurs unités de commande et offrent un environnement propice à leur interprétation dans un cadre technique cohérent et intégré[13].

7.2. Les fonctions de diagnostic associées au code:

Les appareils Launch ne se limitent pas à la lecture et à l'effacement du code, mais permettent également l'affichage des données en temps réel ainsi que de certaines fonctions liées à l'état des systèmes, ce qui donne au technicien une capacité accrue de vérification du défaut.

Ces fonctions contribuent à transformer le code, d'un simple indicateur théorique, en un élément opérationnel au sein du processus diagnostique, puisqu'il devient possible de le relier aux valeurs de fonctionnement ainsi qu'à la réponse des différents systèmes. Cela participe à l'amélioration de l'efficacité du contrôle et à la réduction des erreurs de diagnostic.

7.3 . L'interprétation des codes dans l'environnement Launch:

Dans de nombreux cas, les appareils Launch fournissent une description du code et l'associent au système dont il provient, tout en aidant à classer les défauts selon leur nature ou le domaine auquel ils appartiennent. Cela offre au technicien une compréhension plus claire de la structure de la panne avant d'entamer les vérifications appliquées.

L'importance de cette fonctionnalité apparaît particulièrement dans les véhicules modernes susceptibles de présenter des défauts imbriqués entre plusieurs unités de commande. Dans ce contexte, l'interprétation du code au sein d'un environnement de diagnostic étendu devient un facteur déterminant pour définir correctement les priorités de maintenance.

7.4. Le rôle des appareils Launch dans l'élargissement du diagnostic:

La force des appareils Launch réside dans le fait qu'ils ne traitent pas le code comme une donnée isolée, mais l'intègrent dans un système de diagnostic plus large englobant les réseaux de communication, les systèmes de châssis, les unités de sécurité, les systèmes d'émissions et d'autres fonctions encore.

Par conséquent, leur utilisation permet d'élargir le champ du diagnostic, en passant du niveau du défaut individuel à celui de l'interaction entre les différents systèmes du véhicule, ce qui devient indispensable dans les automobiles modernes fondées sur une forte interconnexion électronique entre leurs composants.

III.8 comparaison entre OBD-II, Autel et Launch dans le traitement des codes:**8.1. Les points de similitude:**

Le système **OBD-II**, ainsi que les appareils **Autel et Launch**, partagent un principe fondamental, à savoir le recours aux codes de diagnostic comme moyen principal de détection des défaillances. Tous reposent sur la lecture des codes enregistrés dans les unités de commande électroniques et sur la fourniture d'une première indication relative à la nature du défaut ou à sa localisation probable.

De même, ces trois outils se rejoignent sur un ensemble de fonctions essentielles, telles que la lecture des codes, leur effacement ainsi que l'affichage de certaines données qui leur sont associées, même si le degré de précision, la profondeur d'analyse et l'étendue des informations fournies varient d'un appareil à un autre[14].

8.2. Les points de divergence:

La différence principale réside dans le fait que **OBD-II** représente la norme générale ou le cadre réglementaire, tandis que **Autel et Launch** constituent des outils d'application pratique qui s'appuient sur cette norme tout en l'enrichissant. Un lecteur **OBD-II** simple se concentre généralement sur les codes liés au moteur et aux émissions, alors que les appareils Autel et Launch offrent des fonctions plus étendues couvrant des systèmes supplémentaires, une interprétation plus claire du code ainsi qu'une mise en relation plus poussée avec les données en temps réel.

Les appareils Autel et Launch diffèrent également entre eux en ce qui concerne l'étendue de la couverture, l'interface logicielle et le niveau de développement des fonctions d'analyse, même s'ils se rejoignent dans leur capacité à dépasser la simple lecture des codes pour s'orienter vers un diagnostic plus professionnel et plus approfondi.

8.3 Les limites de chaque appareil dans le processus de diagnostic:

Malgré l'importance de ces appareils, chacun présente des limites qu'il convient de prendre en considération. Un lecteur OBD-II simple reste limité quant au type de systèmes qu'il peut couvrir et quant au niveau d'interprétation qu'il peut fournir à propos des codes. Quant aux appareils plus avancés tels qu'Autel et Launch, bien qu'ils disposent de capacités supérieures, ils ne dispensent pas le technicien de la nécessité de vérifier concrètement l'origine réelle du dysfonctionnement.

En effet, le code, aussi précis soit-il, ne constitue pas à lui seul un diagnostic définitif, mais demeure un indicateur qui exige une lecture scientifique, une mise en relation avec le contexte général de la panne et le recours à des contrôles complémentaires. Dès lors, l'efficacité du diagnostic ne dépend pas uniquement de l'appareil utilisé, mais également de la méthode technique adoptée pour interpréter ses résultats.

III.9 exemples appliqués de quelques codes courants:

9.1 Les codes du groupe motopropulseur:

Parmi les codes les plus fréquents dans le domaine du moteur figurent **P0300**, qui indique un raté d'allumage aléatoire ou multiple, **P0171**, qui signale la présence d'un mélange pauvre, ainsi que **P0420**, associé à une diminution de l'efficacité du catalyseur.

Ces codes reflètent la nature des défaillances les plus souvent liées à la combustion, aux émissions polluantes et à la qualité des performances du moteur. C'est pour cette raison qu'ils comptent parmi les codes les plus couramment rencontrés dans la pratique du diagnostic au sein des ateliers[13].

9.2 Les codes du châssis:

Entrent dans cette catégorie les codes qui commencent généralement par la lettre C, et qui sont liés à des systèmes tels que l'ABS, certains dispositifs de stabilité et les fonctions associées au mouvement du véhicule. Parmi les exemples fréquemment rencontrés figurent les codes relatifs aux capteurs de vitesse de roue ou aux défaillances des circuits de commande de freinage.

Ces codes se distinguent par leur grande importance dans les véhicules modernes, car ils sont directement liés aux éléments de sécurité et de stabilité, ce qui impose de les traiter avec rapidité, précision et rigueur.

9.3 Les codes des réseaux et de la communication:

Les codes qui commencent par la lettre U correspondent aux défauts de communication entre les unités de commande électroniques à l'intérieur du véhicule. Il s'agit de défaillances dont l'importance s'est accrue avec le développement des réseaux internes dans les automobiles modernes.

Ces codes peuvent indiquer une faiblesse dans la communication ou une interruption de l'échange de données entre les différentes unités, ce qui peut entraîner l'apparition de pannes imbriquées ou l'arrêt de certaines fonctions liées aux systèmes intelligents du véhicule.

9.4 La manière d'exploiter ces codes dans le diagnostic:

L'exploitation réelle de ces codes ne peut être pleinement assurée qu'à condition de les analyser dans un contexte global, incluant les symptômes observés, les données de fonctionnement et les vérifications complémentaires. Ainsi, un code lié au moteur ne doit pas être interprété indépendamment des valeurs du carburant, de l'air et de l'allumage, de même qu'un code relatif aux réseaux ne peut être compris sans examiner la communication entre les différentes unités électroniques.

Par conséquent, les exemples appliqués de codes courants montrent que le code de diagnostic constitue avant tout un outil d'orientation technique, et que sa véritable valeur apparaît lorsqu'il est intégré dans une démarche méthodique et cohérente visant à identifier la cause réelle de la panne.

III.10 la méthodologie correcte de traitement du code de diagnostic:**10.1 La lecture du code:**

La méthodologie correcte commence par le raccordement de l'appareil de diagnostic au véhicule et par la lecture de l'ensemble des codes enregistrés, sans se hâter à les effacer. Il convient d'enregistrer ces codes et de les classer selon leur nature et leur état, car cette étape constitue la base sur laquelle reposent l'ensemble des autres phases du diagnostic[11].

10.2 L'analyse des conditions d'apparition:

Après la lecture du code, il importe d'étudier les conditions dans lesquelles il est apparu, notamment par l'examen des données figées et par l'identification de l'état du moteur ou du système au moment de l'enregistrement du défaut. Cette étape permet de comprendre le contexte de fonctionnement dans lequel le problème s'est manifesté, ce qui aide à distinguer une panne permanente d'une anomalie occasionnelle.

10.3 La mise en relation avec les données en temps réel:

L'étape suivante consiste à confronter la signification du code avec les valeurs en temps réel des capteurs et des actionneurs. C'est cette comparaison qui permet de déterminer si le défaut est toujours présent et si les signaux émis par le système demeurent cohérents ou s'écartent des limites normales de fonctionnement.

Cette mise en relation constitue l'un des fondements majeurs du diagnostic moderne, car elle permet d'éviter les interprétations superficielles ainsi que le remplacement erroné de composants.

10.4 La vérification pratique de la cause du défaut:

Il est ensuite nécessaire de procéder à des contrôles pratiques afin de vérifier la cause réelle du dysfonctionnement, tels que la mesure de la tension, de la résistance, l'examen des connexions ou encore le test de la réponse d'un élément déterminé. En effet, le code peut parfois indiquer la conséquence d'une panne plutôt que sa source directe. C'est pourquoi la vérification concrète constitue une condition essentielle avant toute décision de réparation.

10.5 Le réexamen après réparation:

Une fois la réparation nécessaire effectuée, les codes sont effacés puis le véhicule est soumis à un nouvel essai afin de s'assurer de la disparition du défaut et de l'absence de sa réapparition. Cette étape est indispensable pour vérifier l'efficacité de l'intervention technique, et elle permet également de confirmer que le système a retrouvé un fonctionnement normal et que la réparation n'était ni provisoire ni incomplète[11].

Conclusion:

Il ressort de ce chapitre que les codes de diagnostic constituent un élément fondamental dans le système de détection des pannes des véhicules modernes, en ce qu'ils représentent le moyen normalisé par lequel les unités de commande électroniques communiquent avec les appareils de diagnostic. Il apparaît également que le système OBD-II fournit le cadre structuré de la forme de ces codes et des fonctions liées à leur lecture, tandis que les appareils Autel et Launch offrent des possibilités plus avancées en matière d'analyse, de mise en relation avec les données en temps réel et d'exploitation d'autres fonctions diagnostiques.

L'étude a également montré que la valeur réelle du code ne réside pas dans sa simple lecture isolée, mais dans son intégration au sein d'une démarche scientifique qui commence par la compréhension de sa signification, se poursuit par l'analyse des conditions de son apparition, puis par la vérification pratique de l'origine du défaut, jusqu'à la confirmation de l'efficacité de la réparation. Par conséquent, les codes de diagnostic constituent un support scientifique et pratique de grande importance dans la maintenance automobile moderne, tout en demeurant un outil parmi d'autres, et non un substitut à l'expertise technique et à la rigueur méthodologique[12].

Chapitre IV
Exemple Pratique

Première partie: Un exemple pratique tiré d'un cours pratique sur le diagnostic automobile.

IV-1-Introduction:

Ce chapitre présente les différentes étapes et moyens utilisés dans le processus de diagnostic des pannes automobiles à l'aide d'un appareil de diagnostic électronique au sein d'un atelier de maintenance spécialisé. Il décrit également en détail les équipements et outils utilisés, ainsi que les procédures de contrôle et de diagnostic appliquées au véhicule étudié.

Ce travail inclut la lecture des codes défauts, l'analyse des données en temps réel issues des calculateurs électroniques, ainsi que le suivi de différents paramètres techniques du véhicule afin d'identifier précisément l'origine de la panne et de proposer les solutions adaptées pour la réparation et la maintenance.

Cette étude pratique vise à maîtriser les techniques modernes de diagnostic électronique, à développer des compétences pratiques dans la détection et l'analyse des pannes, ainsi qu'à améliorer la qualité des opérations de maintenance et garantir le bon fonctionnement du véhicule.

IV-2- Exemple 1:Étude de l'impact des dysfonctionnements des capteurs de température sur la voiture:

2-1- Présentation de l'atelier:

Ce travail pratique a été réalisé au sein de l'atelier **Scanner des Voitures**, spécialisé dans la maintenance automobile, le diagnostic électronique et la réparation multi-techniques. L'atelier est situé au quartier En-Nasr, commune d'El-Nazla, wilaya de Touggourt, en face du stade municipal de l'Union de la commune d'El-Nazla.

Cet atelier prend en charge différentes catégories de véhicules pour des opérations de contrôle technique, d'entretien périodique ainsi que de détection et de réparation des pannes mécaniques, électriques et électroniques. Il adopte une méthodologie de travail combinant l'expérience pratique et les technologies modernes de diagnostic, à travers l'utilisation d'appareils électroniques avancés permettant la lecture et l'analyse précise des données du véhicule. Cette approche facilite l'identification rapide et efficace des défauts et contribue à réduire le temps d'intervention.

L'atelier dispose également d'un ensemble d'équipements et d'outils techniques indispensables aux opérations de maintenance mécanique et électrique, ainsi que d'une organisation interne assurant le bon déroulement des différentes étapes de contrôle et de réparation dans des conditions optimales de sécurité et de qualité.

Le diagnostic électronique constitue une étape essentielle au sein de cet atelier, puisqu'il est utilisé comme phase préliminaire avant toute intervention de réparation, afin de garantir une identification précise de l'origine de la panne et d'assurer une meilleure efficacité des opérations de remise en état.

Dans le cadre de ce stage, une visite technique a également été effectuée au sein d'un centre de maintenance et de diagnostic automobile situé dans la ville d'El Eulma, wilaya de Sétif. Cette visite a permis d'observer les méthodes de travail adoptées dans un centre spécialisé, de découvrir

différents équipements de diagnostic avancés et d'enrichir les connaissances pratiques acquises durant la période de stage.



Figure IV. 1 : Vue générale de l'atelier

2-2-Présentation du véhicule et description des symptômes :

Ce travail pratique porte sur un véhicule de marque Volkswagen, modèle 2014, équipé d'un moteur essence de 1.4 litre et fonctionnant avec un système d'injection électronique.

Ce véhicule a été choisi en raison de la présence d'un dysfonctionnement technique lié au système de régulation thermique, ayant un impact direct sur les performances globales et la stabilité du moteur. L'objectif de cette étude est d'identifier l'origine de cette anomalie à travers une procédure de diagnostic électronique précise à l'aide d'équipements de diagnostic modernes.

Cette catégorie de véhicules repose fortement sur les systèmes électroniques embarqués, ce qui rend le diagnostic électronique une étape indispensable dans toute opération de maintenance et de réparation.



Figure IV.2 : un moteur de voiture Volkswagen

2-3-Symptômes observés :

Lors du fonctionnement du véhicule, plusieurs anomalies ont été constatées, notamment l'instabilité de l'indicateur de température du moteur, le fonctionnement anormal du ventilateur de refroidissement, ainsi qu'une augmentation significative de la consommation de carburant. De plus, des difficultés de démarrage ont été observées lorsque le moteur est froid, indiquant un dysfonctionnement potentiel au niveau du système de gestion moteur.

2-4-Hypothèses initiales :

Sur la base des symptômes relevés, plusieurs hypothèses ont été formulées afin d'identifier l'origine de la panne. Celles-ci incluent un défaut possible dans le système de refroidissement, une défaillance de l'un des capteurs de température ou de certains capteurs associés au système. Il est également possible qu'un problème de signal électrique ou de faisceau de câblage soit présent, ainsi qu'un dysfonctionnement du calculateur moteur (ECU), susceptible d'altérer le traitement des informations et la commande des actionneurs.

2-5-Matériel utilisé :

Au cours de ce travail pratique, un ensemble d'équipements et d'outils techniques indispensables a été utilisé afin de réaliser le diagnostic électronique du véhicule. Parmi les principaux équipements, on retrouve l'appareil de diagnostic électronique de marque LAUNCH, un outil avancé permettant la communication avec les unités de commande électroniques du véhicule, la lecture des codes défauts ainsi que l'analyse des données en temps réel avec une grande précision.

Le câble de liaison OBD-II a également été utilisé, assurant la connexion entre le véhicule et l'appareil de diagnostic. En complément, certains outils d'aide au diagnostic ont été employés, notamment des instruments de mesure électrique.

Par ailleurs, un multimètre a été utilisé afin de mesurer certaines grandeurs électriques lorsque cela était nécessaire, telles que la tension, la résistance et la continuité des circuits, ce qui a permis de renforcer la précision du diagnostic et de vérifier l'état de certains composants électriques du système.

L'ensemble de ces équipements a contribué à faciliter la détection des pannes, l'analyse des données en temps réel et l'identification précise de la source du dysfonctionnement, garantissant ainsi l'efficacité et la rapidité de l'intervention technique.

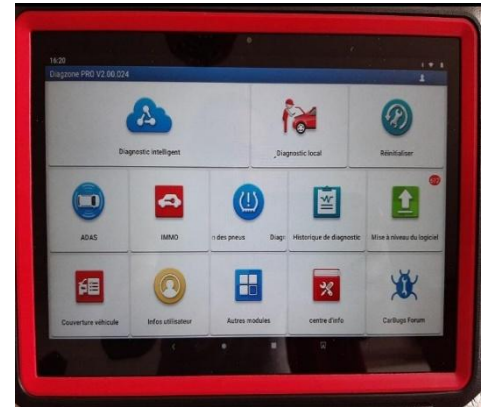


Figure IV. 3 :Un câble de connexion OBD-II

Figure IV. 4 :Appareil de mesure multimètre

Figure IV .5 :l'appareil de LAUNCH

2-6-Procédure de diagnostic suivie :

Afin d'identifier avec précision l'origine de la panne, une méthodologie de diagnostic structurée a été adoptée, basée sur plusieurs étapes successives et couramment utilisées dans le domaine du diagnostic électronique automobile.

Cette démarche repose principalement sur la lecture des codes défauts enregistrés dans le calculateur moteur, permettant d'orienter le diagnostic vers le système concerné et de définir la nature du dysfonctionnement.

Ensuite, une analyse des données en temps réel (Live Data) a été effectuée, en surveillant les paramètres de fonctionnement du moteur, notamment la température, ainsi que le comportement du système de refroidissement.

Par la suite, une comparaison entre les valeurs relevées et les valeurs de référence en condition normale a été réalisée afin de détecter d'éventuels écarts indiquant une anomalie au niveau des capteurs ou du système.

Enfin, l'ensemble des résultats obtenus a été exploité afin de déterminer la cause finale la plus probable de la panne au sein du système étudié.

1. Lecture des codes défauts:

Dans un premier temps, l'appareil de diagnostic électronique a été connecté au véhicule via la prise OBD-II, puis le logiciel de diagnostic a été lancé afin d'accéder aux différents systèmes électroniques.

Ensuite, le système concerné a été sélectionné afin de procéder à la lecture des codes défauts enregistrés dans le calculateur.

Code défaut relevé :

- **P00818** : Transmetteur de température de diffusion

→ indique un défaut au niveau du capteur de température de diffusion de l'air (circuit ouvert ou court-circuit).

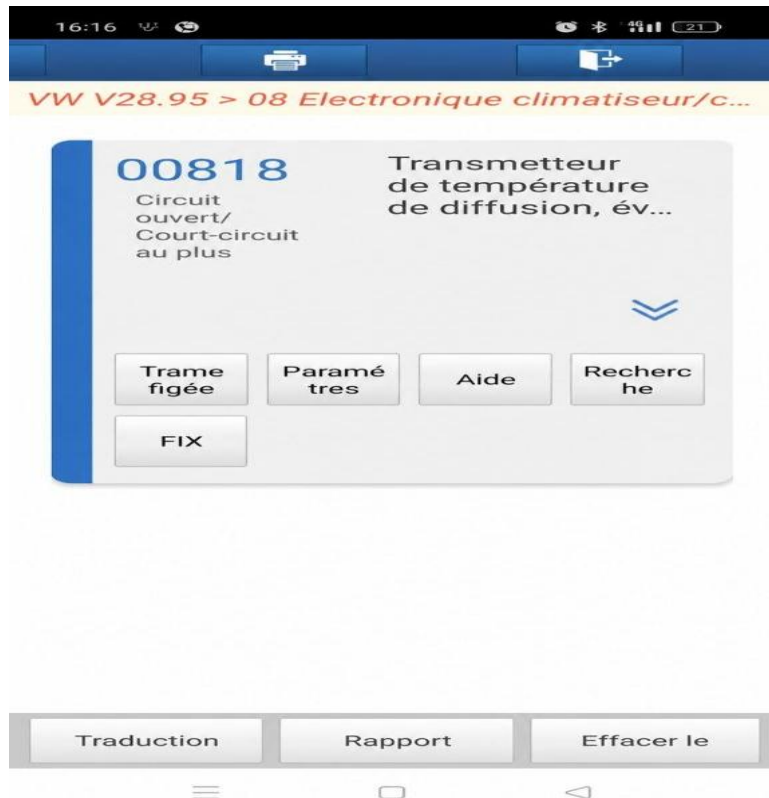


Figure IV.6: Les Code défaut relevé de l'appareil de diagnostic de LAUNCH

Analyse préliminaire :

Ce code indique une anomalie au niveau du système de mesure de la température de diffusion de l'air. L'origine du défaut peut être liée au capteur lui-même, à son câblage électrique ou à un problème de connexion. Cette situation nécessite une analyse plus approfondie à travers les étapes suivantes du diagnostic afin de localiser précisément la source de la panne.

2.Analyse des données en temps réel (Live Data):

Après la lecture des codes défauts, on est passé à l'étape d'analyse des données en temps réel (Live Data) afin de surveiller les valeurs réelles pendant le fonctionnement du système.

Après l'accès à la section des données en temps réel via l'appareil de diagnostic électronique, les paramètres relatifs à la température du système ont été affichés.

Lors de cette lecture, une valeur anormale de la température a été enregistrée, atteignant 120°C, ce qui n'est pas conforme aux conditions réelles de fonctionnement du véhicule. Cela indique la présence d'un défaut dans la mesure du signal ou dans sa transmission.

Cette donnée suggère une possible défaillance du capteur de température ou du circuit électrique associé, ce qui nécessite de passer à une étape de comparaison avec les valeurs normales afin de confirmer la source du problème.



Figure IV.7: Valeur de température enregistrée.

3. Tableau de comparaison des températures:

Condition de fonctionnement	Température (°C)	Interprétation
État normal (moteur froid)	20 – 30 °C	Température ambiante
État normal (moteur chaud)	85 – 95 °C	Température normale de fonctionnement
Valeur relevée	120 °C	Valeur anormale indiquant un défaut

4. Analyse des résultats:

En comparant la valeur de température enregistrée lors du diagnostic (120°C) avec les valeurs de référence en conditions normales, on constate un écart important et incohérent par rapport à la plage de fonctionnement normale du moteur, où la température de fonctionnement se situe généralement entre 85 et 95°C lorsque le moteur est chaud.

Cette valeur anormalement élevée indique directement un dysfonctionnement dans le système de mesure de la température, et pas nécessairement une surchauffe réelle du moteur. Par conséquent, l'hypothèse la plus probable est une défaillance du capteur de température ou du signal électrique qu'il fournit.

Ce dysfonctionnement peut également être lié à une coupure de câblage, un court-circuit ou un mauvais contact, entraînant l'envoi d'une information erronée vers le calculateur électronique (ECU). Dans certains cas, le problème peut aussi provenir d'un défaut de traitement du signal au niveau du calculateur lui-même.

Sur la base de ces résultats, le diagnostic est principalement orienté vers le contrôle du capteur et du circuit électrique associé afin d'identifier précisément l'origine de la panne.



Figure IV.8:Capteur de température

5.Résultat et diagnostic final:

Après l'analyse des données en temps réel et la comparaison des valeurs enregistrées avec les valeurs de référence, une première conclusion a été établie, indiquant la présence d'un dysfonctionnement dans le système de mesure de la température.

En passant à l'étape suivante du diagnostic, qui a consisté à effectuer plusieurs contrôles sur le capteur ainsi que sur le circuit électrique associé, il a été confirmé dans un premier temps que le capteur de température est globalement en bon état.

Cependant, lors d'une inspection plus approfondie du circuit électrique, il a été découvert que le fil reliant le capteur de température au calculateur était coupé et mal connecté, ce qui a provoqué l'envoi de signaux erronés vers l'unité de commande et l'apparition de valeurs anormales telles que 120°C.

Par conséquent, il peut être confirmé que la cause de la panne est due à une coupure du câblage électrique du capteur de température, entraînant un défaut de transmission du signal et les symptômes observés précédemment.



Figure IV.9:Image montrant la rupture du fil reliant le capteur de température et l'unité de commande.

6.Intervention et réparation:

Après avoir identifié avec précision l'origine de la panne, il a été conclu que la cause du dysfonctionnement provenait d'une coupure du fil reliant le capteur de température du moteur au calculateur électronique (ECU).

Sur cette base, l'inspection a été orientée directement vers le faisceau électrique du capteur, où il a été confirmé la présence d'une rupture du conducteur chargé de la transmission du signal.

En conséquence, cette interruption a été réparée par la reconstitution correcte du câble, avec une isolation adéquate afin de garantir la continuité et la fiabilité du signal entre le capteur et le calculateur.

Ainsi, il a été confirmé que cette coupure dans le circuit électrique constituait la cause principale des valeurs anormales enregistrées lors de la phase de diagnostic.



Figure IV.10:Filetage du capteur après réparation

7. Contrôle après réparation :

Après l'achèvement de l'opération de réparation et la confirmation de la correction de la coupure du fil reliant le capteur de température du moteur au calculateur électronique, un nouveau diagnostic a été effectué afin de vérifier l'efficacité de l'intervention.

L'appareil de diagnostic électronique a été reconnecté au véhicule et les données en temps réel relatives à la température du moteur ont été lues. Il a été constaté que les valeurs sont revenues à la normale et se sont stabilisées dans la plage de référence.

Tableau comparatif de la température avant et après réparation

Situation	Température (°C)	Interprétation
Avant réparation	120 °C	Valeur anormale due à une coupure du fil du capteur
Après réparation	88 °C	Valeur normale dans la plage de fonctionnement du moteur

- Les résultats du contrôle après réparation confirment le succès de l'intervention, puisque la lecture de la température est redevenue normale. Cela indique la restauration correcte du fonctionnement du capteur ainsi que de la chaîne de transmission du signal.

Conclusion

À la fin de ce travail pratique, une opération de diagnostic électronique a été réalisée sur un véhicule présentant un dysfonctionnement du système de mesure de la température. Cette intervention s'est appuyée sur l'utilisation de l'appareil de diagnostic et sur des étapes de contrôle structurées, comprenant la lecture des codes défauts, l'analyse des données en temps réel et la comparaison avec les valeurs de référence.

Cette méthodologie a permis d'identifier avec précision l'origine de la panne, à savoir une coupure du câble reliant le capteur de température au calculateur électronique (ECU), ce qui a entraîné l'apparition de valeurs anormales.

Après réparation et vérification, les valeurs sont revenues à leur état normal, confirmant ainsi l'efficacité du diagnostic et la fiabilité des résultats obtenus.

IV-3- Le deuxième exemple Étude de l'impact des dysfonctionnements de la vanne EGR des gaz d'échappement:

3-1-Présentation du véhicule:

Le véhicule objet de l'étude est une Citroën Berlingo HDi de l'année 2011, équipée d'un moteur diesel fonctionnant avec un système d'injection électronique ainsi qu'un système de recirculation des gaz d'échappement EGR.



Figure IV.11:Moteur de voiture Citroën Berlingo

3-2-Les symptômes observés:

Lors du diagnostic du véhicule Citroën Berlingo HDi, plusieurs symptômes ont été constatés. Le moteur présente une perte de puissance importante accompagnée d'une accélération instable durant la conduite. Une augmentation de la consommation de carburant a également été remarquée, ainsi que l'apparition d'une fumée noire au niveau du système d'échappement. De plus, le témoin moteur s'est allumé sur le tableau de bord, indiquant la présence d'un dysfonctionnement dans le système de gestion électronique du moteur.

3-3-Étapes de diagnostic:

Afin d'identifier avec précision l'origine de la panne, une méthodologie de diagnostic structurée a été adoptée, basée sur plusieurs étapes successives et couramment utilisées dans le domaine du diagnostic électronique automobile.

Cette démarche repose principalement sur la lecture des codes défauts enregistrés dans le calculateur moteur, permettant d'orienter le diagnostic vers le système concerné et de définir la nature du dysfonctionnement.

Ensuite, une analyse des données en temps réel (Live Data) a été effectuée, en surveillant les paramètres de fonctionnement du moteur, notamment la température, ainsi que le comportement du système de refroidissement.

Par la suite, une comparaison entre les valeurs relevées et les valeurs de référence en condition normale a été réalisée afin de détecter d'éventuels écarts indiquant une anomalie au niveau des capteurs ou du système.

Enfin, l'ensemble des résultats obtenus a été exploité afin de déterminer la cause finale la plus probable de la panne au sein du système étudié.

3-3-1 Lecture des codes défauts:

Après avoir connecté l'appareil de diagnostic au port OBD-II du véhicule, l'accès a été effectué au calculateur moteur (ECU) afin de lire les défauts enregistrés dans la mémoire électronique.

Cette opération a permis de consulter les codes défauts mémorisés ainsi que les données en temps réel relatives au fonctionnement du moteur et des différents capteurs.

Le diagnostic a été réalisé à l'aide d'un appareil de marque Launch spécialisé dans le diagnostic électronique automobile. Après la sélection du modèle du véhicule et l'accès au système de gestion moteur, un défaut a été détecté dans le calculateur.

Code défaut enregistré:

P0401 : débit insuffisant dans le circuit EGR

Ce code indique une insuffisance du débit des gaz d'échappement dans le système EGR.

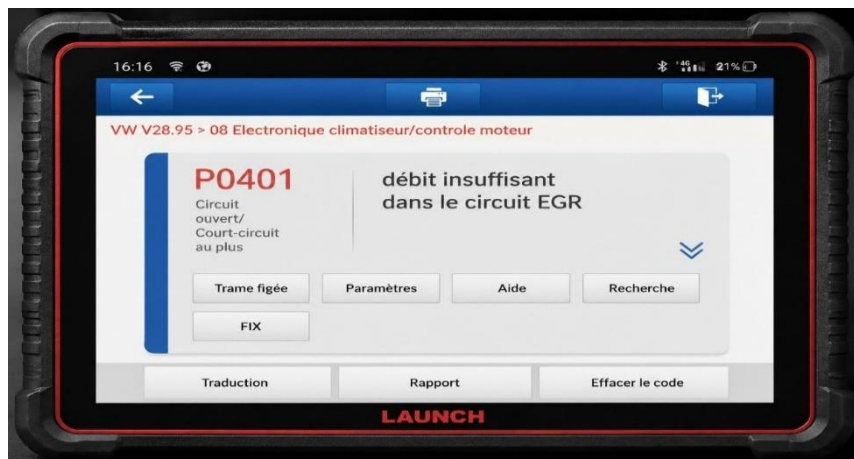


Figure IV.12: Les Code défaut relevé

a.Analyse.preliminaire:

Après la lecture des codes défauts à l'aide de l'appareil de diagnostic, le code P0401 lié au système EGR a été enregistré. Ce code indique une diminution du débit des gaz d'échappement dans le circuit EGR. Les premières données orientent le diagnostic vers plusieurs hypothèses possibles, notamment un encrassement des conduits du système, un dysfonctionnement de la vanne EGR ou une anomalie provenant des capteurs associés au système, ce qui nécessite des contrôles complémentaires afin de déterminer l'origine exacte du défaut.

3-3-2Analyse des données en temps réel (Live Data):

Après la lecture des codes défauts enregistrés dans le calculateur moteur, l'étape suivante du diagnostic a consisté à analyser les données en temps réel « Live Data ». Cette opération permet de surveiller instantanément le fonctionnement des différents composants électroniques du moteur et de comparer les valeurs demandées par le calculateur avec les valeurs réellement mesurées.

Dans cette intervention, l'analyse a porté principalement sur :

- Position EGR demandée
- Position EGR mesurée

Ces paramètres ont été contrôlés pendant le fonctionnement du moteur au ralenti ainsi que durant les phases d'accélération afin d'évaluer le comportement du système EGR.

3-4-Étapes réalisées lors de l'analyse:**1. Accès aux données en temps réel**

Après l'entrée dans le système de gestion moteur à l'aide de l'appareil de diagnostic Launch, la fonction « Live Data » a été sélectionnée afin d'afficher les paramètres liés au système EGR.

2. Démarrage du moteur:

Le moteur a été mis en marche et laissé fonctionner au ralenti pendant quelques minutes afin d'atteindre une température de fonctionnement stable.

Cette étape est importante pour obtenir des valeurs fiables lors du contrôle du système EGR.

3. Surveillance des paramètres EGR:

Les paramètres suivants ont été affichés sur l'écran du dispositif de diagnostic :

- Position EGR demandée (%) ;
- Position EGR mesurée (%) ;
- Régime moteur ;
- Température moteur.

Le comportement des valeurs a été observé en temps réel.

4. Contrôle au ralenti:

Pendant le fonctionnement au ralenti, les valeurs de la vanne EGR ont été surveillées afin de vérifier la stabilité du système.

Une légère ouverture de la vanne a été observée selon les conditions de fonctionnement imposées par le calculateur.

5. Contrôle pendant l'accélération:

Des accélérations progressives du moteur ont ensuite été réalisées afin d'observer l'évolution des valeurs EGR sous différentes charges moteur.

Le calculateur modifie automatiquement l'ouverture de la vanne EGR selon le régime moteur et la charge appliquée.

Durant cette phase, une comparaison a été effectuée entre :

- la position demandée par le calculateur.
- la position réellement mesurée par le capteur.

6. Analyse des résultats obtenus:

L'analyse des données a montré une différence entre la position EGR demandée et la position EGR mesurée dans certaines conditions de fonctionnement.

Cette différence indique que le système EGR ne répond pas parfaitement aux commandes du calculateur, ce qui peut expliquer l'apparition du code défaut P0401.

3-5-Comparaison des courbes:

Dans cette étape, l'accent a été mis sur le suivi des paramètres suivants :

Position EGR demandée (%).

Position EGR mesurée (%).

Ces données permettent de contrôler en temps réel la réponse de la vanne EGR et de la comparer aux ordres envoyés par le calculateur moteur ECU, afin d'évaluer la précision et la réactivité du système dans différentes conditions de fonctionnement du moteur.

Premièrement : Enregistrement des courbes en cas de défaut:

Lors du fonctionnement du moteur et de la surveillance des données en temps réel (Live Data), la courbe suivante a été enregistrée.

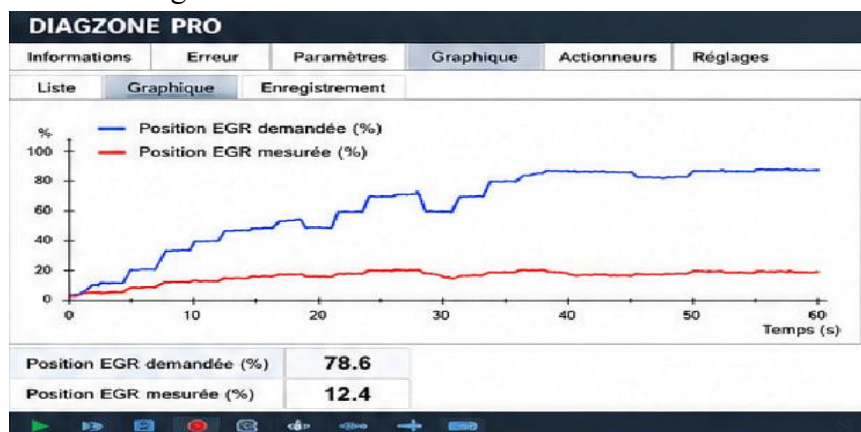


Figure IV.13: La courbe EGR change dans des conditions normales et défectueuses.

Interprétation de la courbe en cas de défaut:

➤ À partir de la courbe précédente, on observe que :

La courbe bleue (valeur demandée) augmente normalement,
Tandis que la courbe rouge (valeur réelle) reste faible et ne suit pas la valeur demandée.

➤ Cela indique que :

La vanne EGR ne répond pas correctement aux ordres du calculateur,
Le mouvement de la vanne est lent ou quasiment bloqué,
La quantité de gaz recyclés est insuffisante.

- Cet écart important peut également indiquer la présence de :

Un blocage mécanique au niveau de la vanne EGR.

Ou un encrassement important par des dépôts de carbone (calamine).

Ainsi, l'analyse des courbes en mode Live Data a permis de confirmer la présence d'un dysfonctionnement réel au niveau du système EGR.

- Après avoir confirmé la présence d'un défaut au niveau de la vanne EGR grâce à l'analyse des données en temps réel en phase de défaut, un contrôle direct de la vanne a été effectué. Il a été constaté la présence d'importants dépôts de calamine ainsi qu'un encrassement partiel ayant affecté son mouvement et sa réactivité.



Figure IV.14: Accumulation de carbone et dépôts dans la vanne EGR.

Deuxièmement : Enregistrement des courbes après réparation (état normal):

Après remontage, un nouveau test en Live Data a été réalisé afin d'observer le comportement du système et de comparer les courbes après réparation, pour confirmer l'amélioration de la réponse de la vanne EGR et le retour à un fonctionnement normal, et la courbe suivante a été enregistrée.

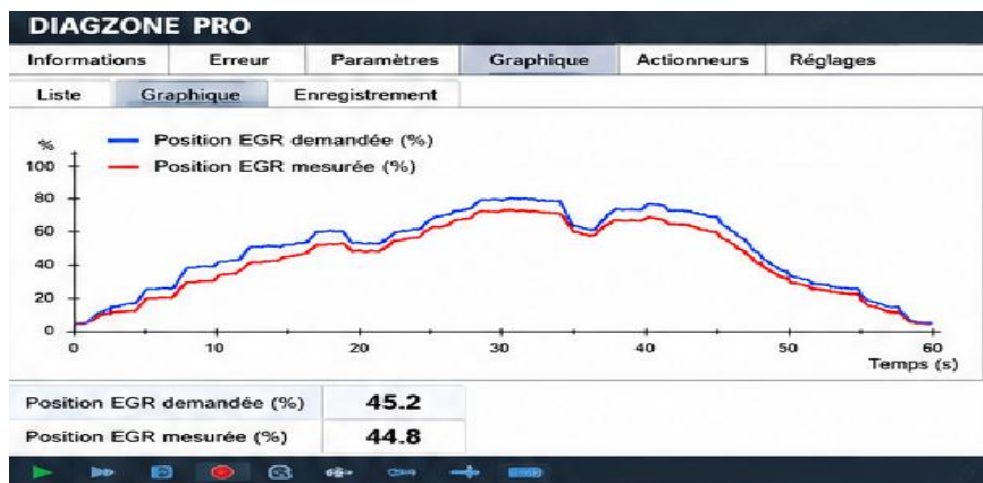


Figure IV.15: Une courbe montrant l'état normal de la vanne EGR

Interprétation de la courbe en état normal:

Après la réparation, on observe que :

La réponse de la vanne EGR est stable,
Le décalage entre les deux valeurs a totalement disparu.

Cela indique :

Le retour du mouvement normal de la vanne EGR,
Une amélioration du débit des gaz dans le système,
Le rétablissement du fonctionnement normal du moteur.

Voici la photo après nettoyage comme indiqué



Figure IV.16: Nettoyer la vanne pour EGR

Conclusion technique de l'analyse des courbes:

État du système	Forme des courbes	Interprétation
Avant réparation	Écart important entre les deux courbes	Vanne EGR défectueuse ou obstruée
Après réparation	Quasi-superposition des deux courbes	Système en bon fonctionnement

À travers cette étape, il apparaît clairement que la comparaison des courbes dans les données en temps réel (Live Data) constitue l'une des phases les plus importantes du diagnostic électronique moderne. Elle permet de détecter rapidement et avec précision les défaillances mécaniques et électroniques au sein des systèmes du véhicule.

Conclusion:

À travers cet exemple pratique, l'importance du diagnostic électronique dans la détection des pannes des systèmes automobiles modernes, notamment le système de la vanne EGR, a été mise en évidence.

Les différentes étapes du diagnostic, allant de la lecture des codes défauts jusqu'à l'analyse des données en temps réel et la comparaison des courbes, ont permis d'identifier avec précision l'origine du dysfonctionnement et de confirmer la présence d'un encrassement au niveau de la vanne EGR.

IV-4-Deuxième partie: Exemple pratique de conception de certaines pièces d'un moteur V6 à l'aide de SolidWorks:**IV-4-1- Introduction :**

Au cœur de tout processus de développement de produit réussi se trouve une conception technique magistrale. SolidWorks est une plate-forme puissante et complète qui permet aux ingénieurs et aux concepteurs de transformer leurs idées créatives en modèles numériques 3D précis et réalistes. Ce n'est pas seulement un programme de dessin, c'est un environnement intégré qui prend en charge l'ensemble du cycle de vie du produit, de l'idée initiale jusqu'à la fabrication.

IV-4-2- SOLID WORKS :

SOLID WORKS est un outil de modélisation en 3D qui utilise la conception paramétrique. Il génère trois types de fichiers relatifs à trois concepts de base : la pièce, l'assemblage et la mise en plan. Ces fichiers sont dépendants, de façon que toute modification sur n'importe quel concept de base est répercutée vers tous les fichiers correspond. Cet outil est créé par l'éditeur américain « éponyme » en 1993 et acheté en 1997 par la société « Dassault Systèmes », il est utilisé par les grandes firmes comme Michelin, Méga Bloks et AREVA.

IV-4-3- Historique :

SolidWorks Corporation a été fondée en décembre 1993 par Jon Hirschtick, diplômé du Massachusetts Institute of Technology. Hirschtick a utilisé le million de dollars qu'il avait gagné en tant que membre de l'équipe de blackjack du MIT pour créer la société (Tremblay, 26 mars 2008). Initialement basé à Waltham, dans le Massachusetts, aux États-Unis, Hirschtick a recruté une équipe d'ingénieurs dans le but de concevoir un logiciel de CAO 3D facile à utiliser, abordable et disponible sur le bureau Windows. SolidWorks a lancé son premier produit SolidWorks 95 en novembre 1995 (Charlès, Green). En 1997, Dassault, mieux connu pour son logiciel CATIA CAD, a acquis SolidWorks pour un stock de 310 millions de dollars (Charlès). Jon Hirschtick a occupé divers postes au cours des 14 années suivantes. Sous sa direction, SolidWorks est passé à une société générant un chiffre d'affaires de 100 millions de dollars (GRIFFITH, 6 mars 2015).

SolidWorks a été dirigé par John McEleney de 2001 à juillet 2007 et Jeff Ray de 2007 à janvier 2011. Le président actuel est Gian Paolo Bassi depuis janvier 2015. Gian Paolo Bassi remplace Bertrand Sicot, qui est promu vice-président des ventes des solutions de valeur de Dassault Systèmes. Canal de vente.

IV-4-4- Étude du moteur V6:

Le moteur V6 est un type de moteur à combustion interne composé de six cylindres disposés en deux rangées inclinées formant la lettre « V ». Il est largement utilisé dans les véhicules modernes grâce à son bon équilibre entre puissance, performance et consommation de carburant. Son fonctionnement repose sur la combustion du mélange air-carburant à l'intérieur des cylindres afin de produire l'énergie nécessaire au déplacement du véhicule. Le moteur V6 se distingue par un fonctionnement plus souple avec moins de vibrations, ainsi qu'une puissance et un couple élevés adaptés aux voitures sportives, familiales et aux SUV. Cependant, il présente aussi quelques inconvénients, notamment un coût d'entretien plus élevé et une consommation de carburant supérieure à celle des moteurs à quatre cylindres [15].

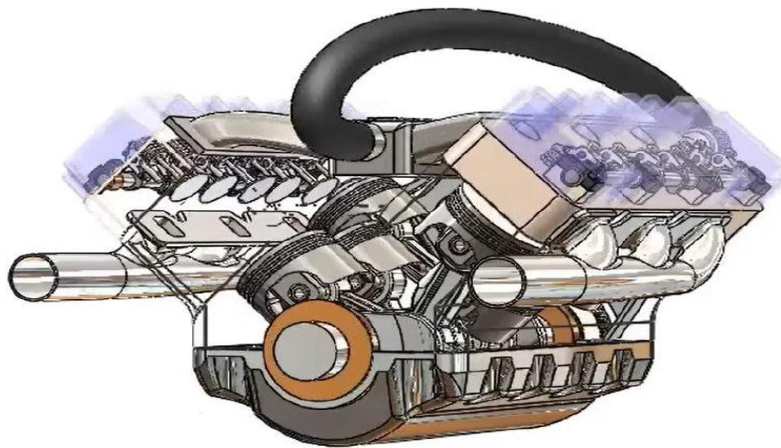
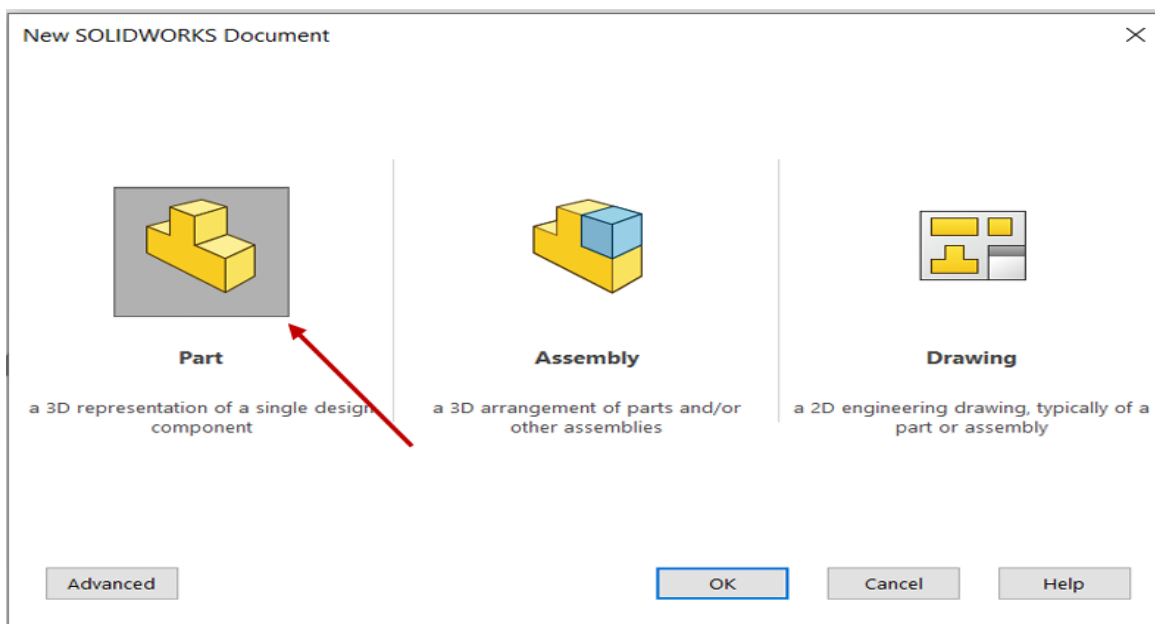


Figure IV.17: Moteur V6

IV-4-5- Les principales étapes pour conception d'un piston :

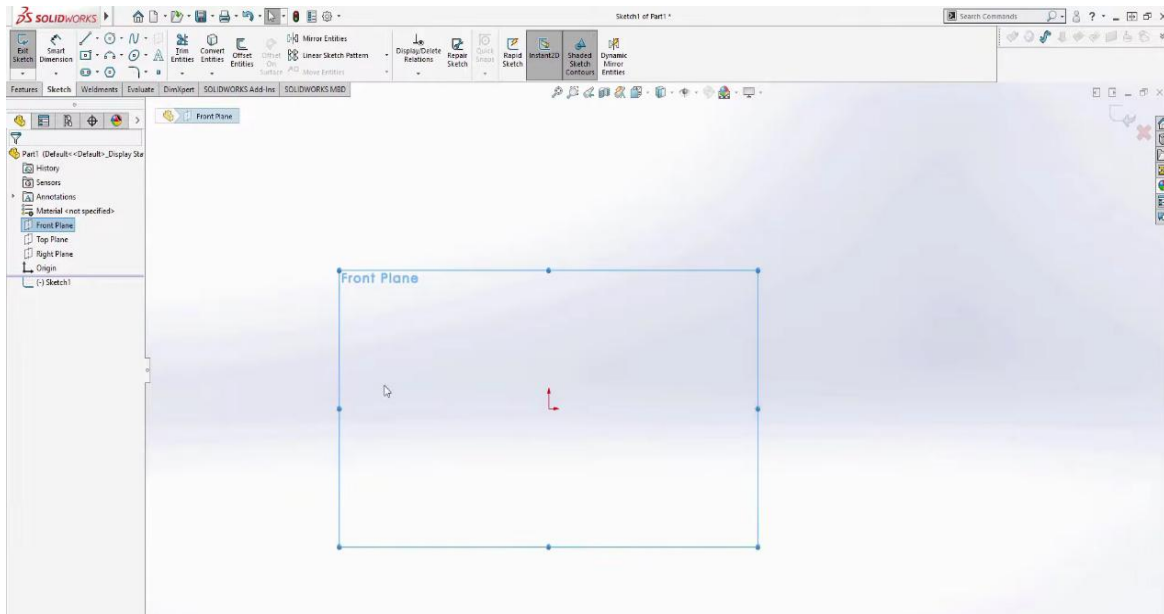
IV-4-5-1- Conception de la tête de piston:

Etape 1 : Nous ouvrons Solid Works, puis un menu apparaît. Sélectionner sur Part alors OK

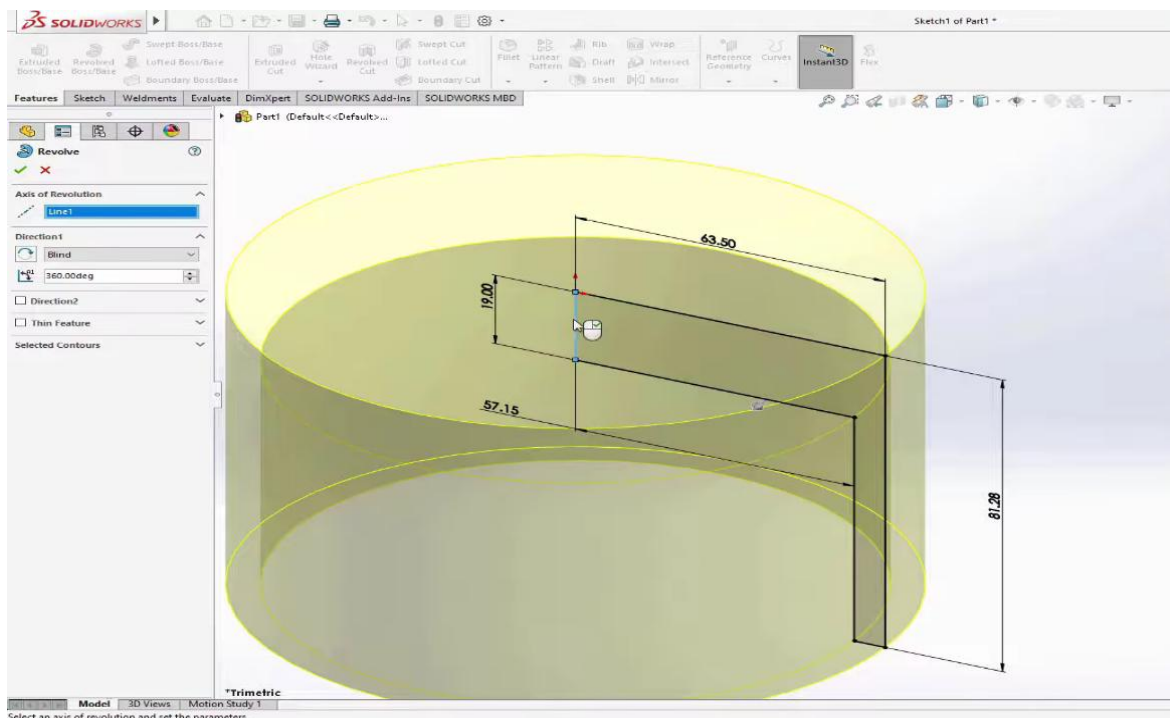


Etape 2 : Cette interface nous montre Nous ouvrons un nouveau fichier en cliquant sur 

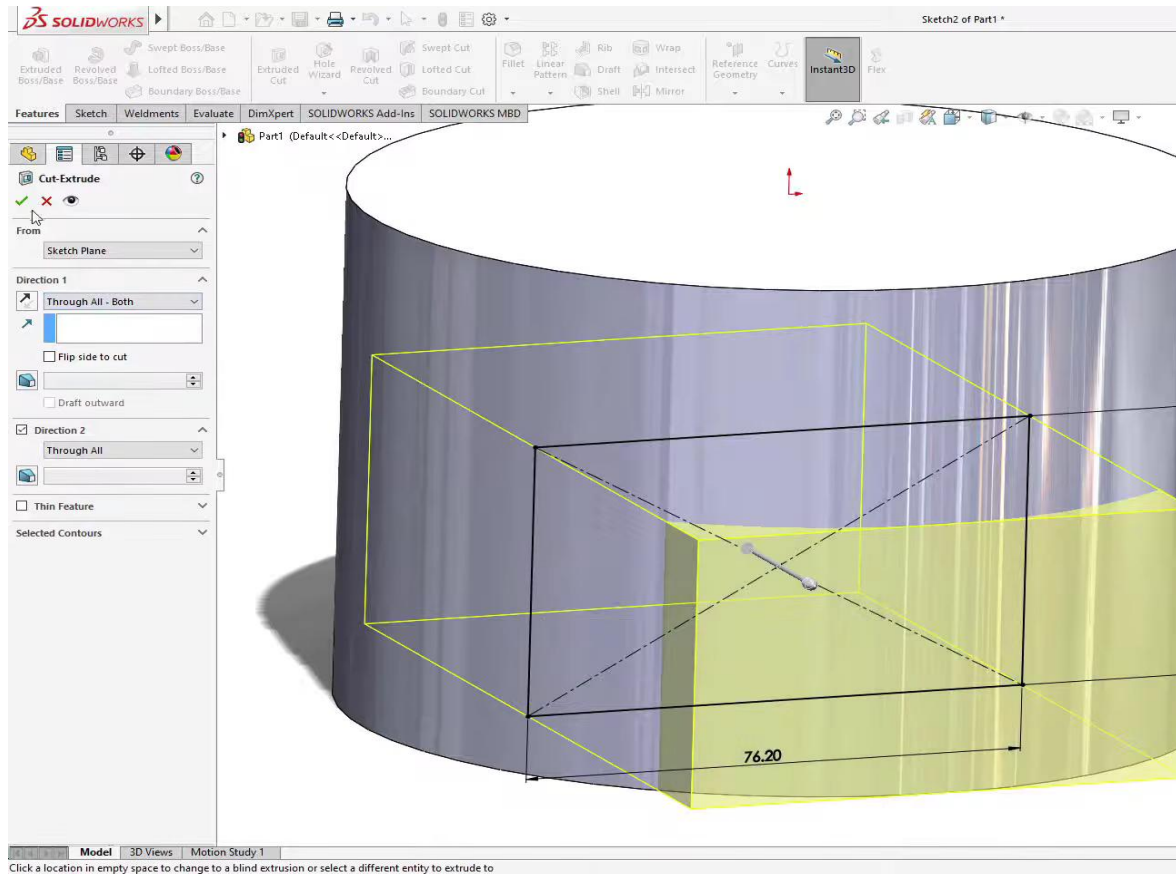
Ensuite, nous procédons à la définition de la surface avant.  Front Plane



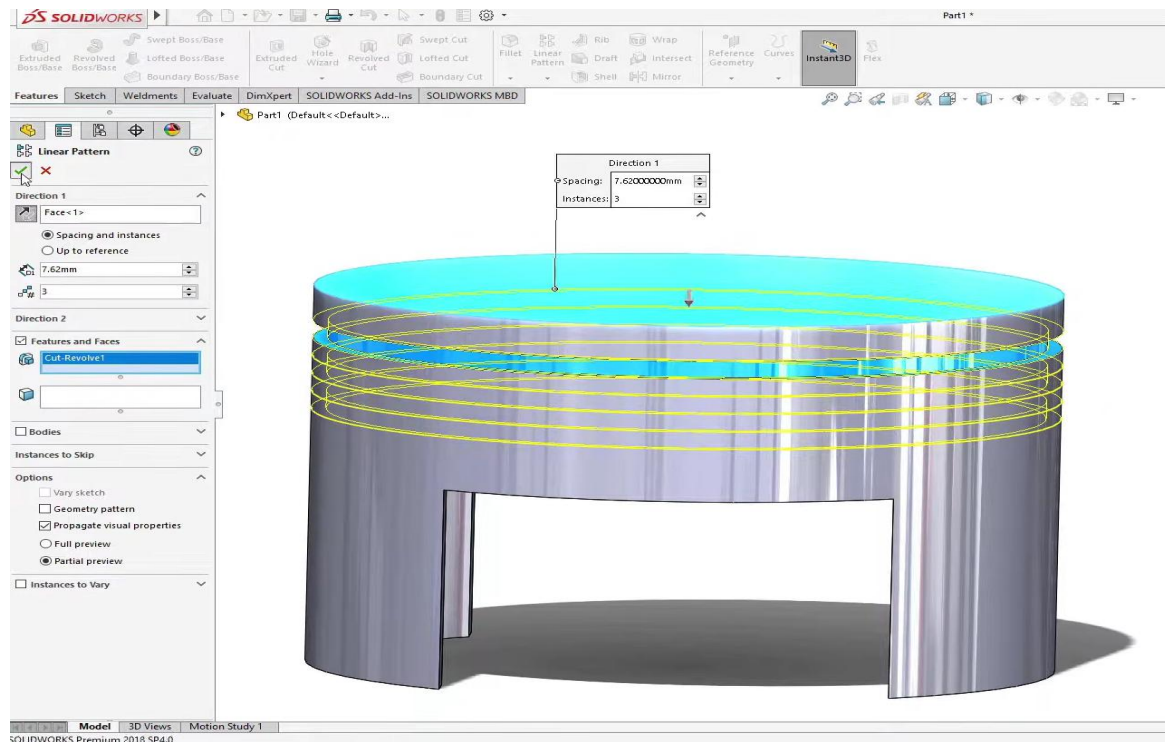
Etape 3: Nous passons ensuite à l'option « Features », puis à « Revolved Boss/Base », ensuite nous sélectionnons la ligne indiquée.



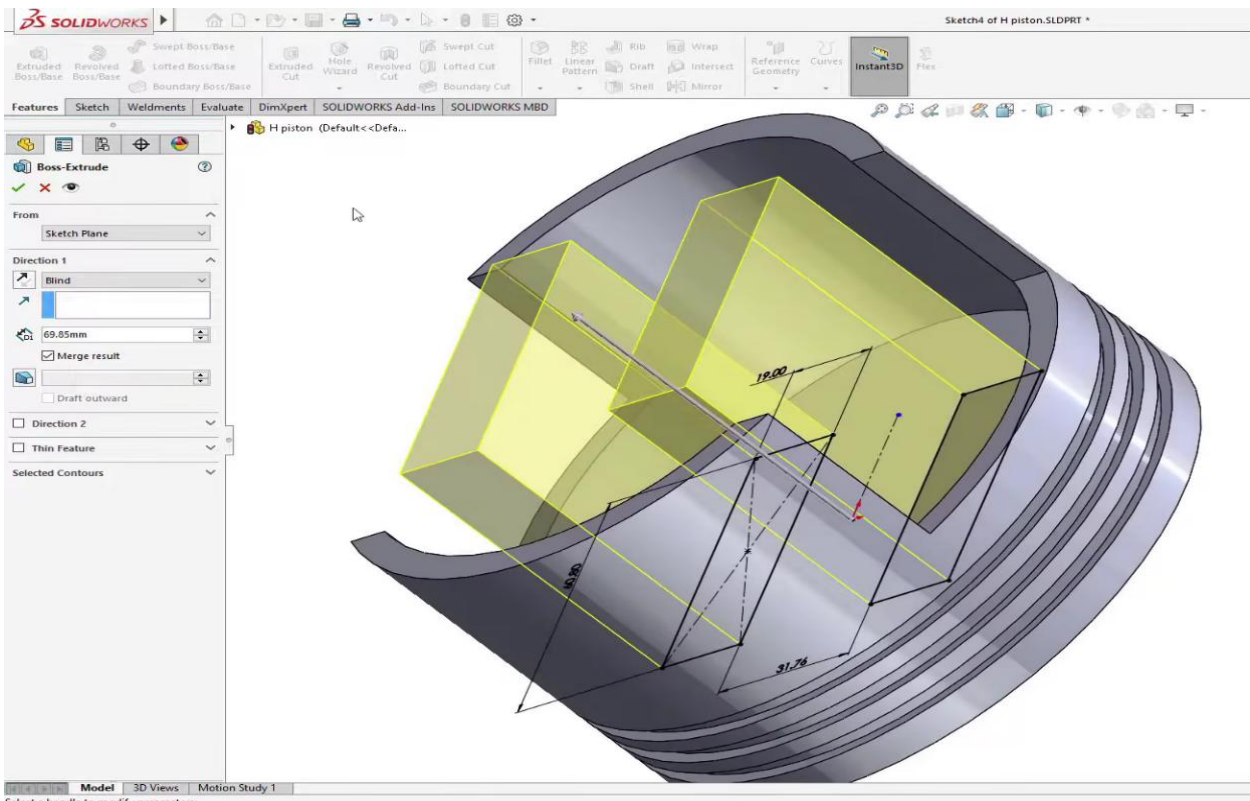
Etape 4 : On sélectionne **Features**, puis on choisit la commande **Extruded Cut** afin de supprimer ou découper la partie définie.



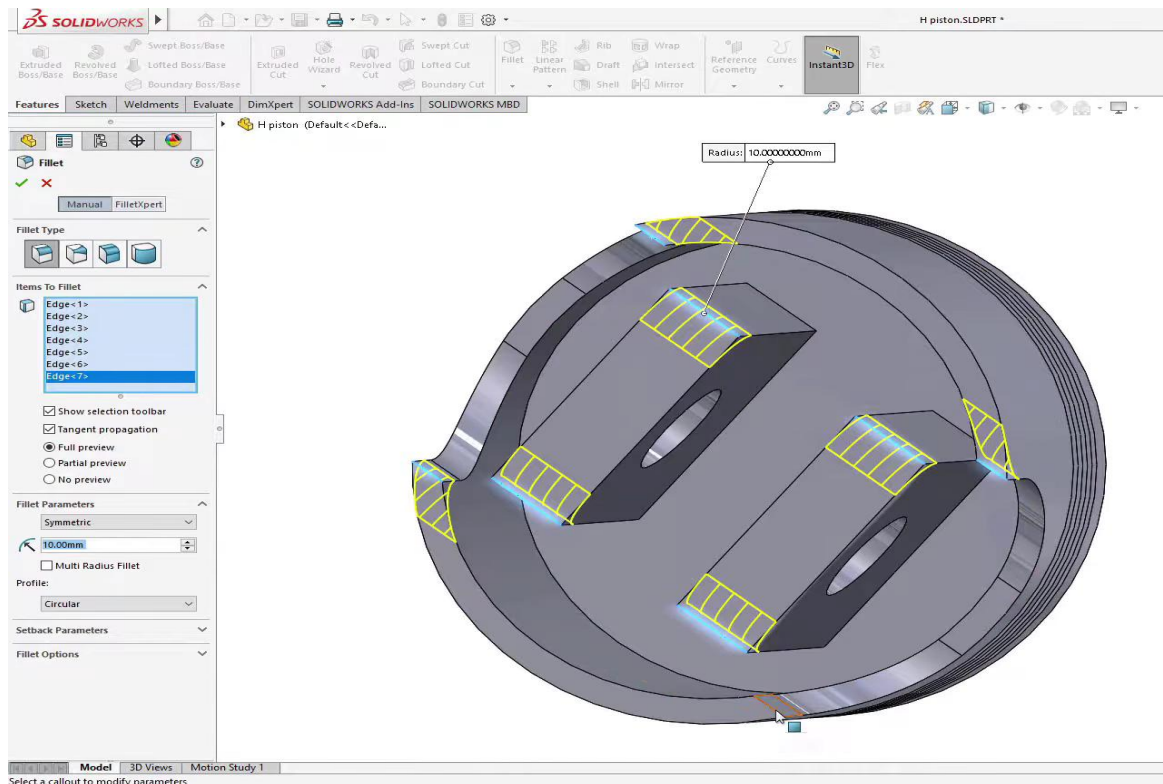
Etape 5 : Nous sélectionnons **Linear Pattern**, puis la face supérieure, et nous définissons 3 instances.



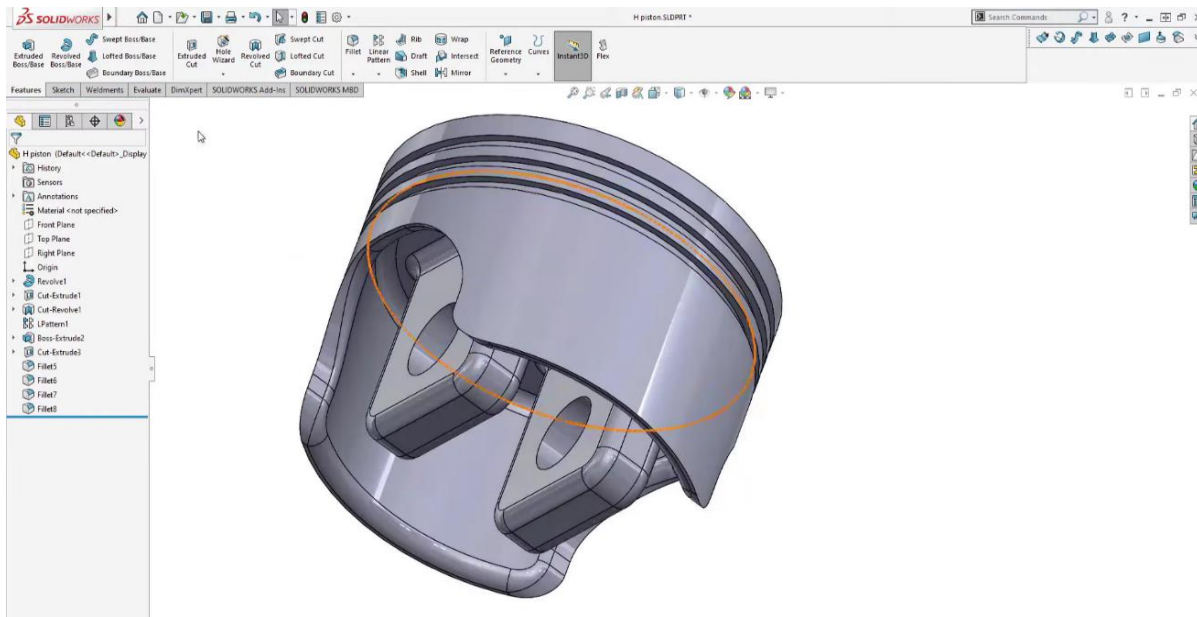
Etape 6: Nous créons une ligne de centre, puis nous dessinons deux rectangles selon les dimensions indiquées, ensuite nous sélectionnons **Features**, puis **Extruded Boss/Base**, nous définissons la distance à 63,5, et nous validons en cliquant sur OK.



Etape 7 : Nous sélectionnons **Fillet**, puis à chaque fois nous choisissons une zone spécifique et nous définissons un rayon déterminé à l'endroit souhaité.

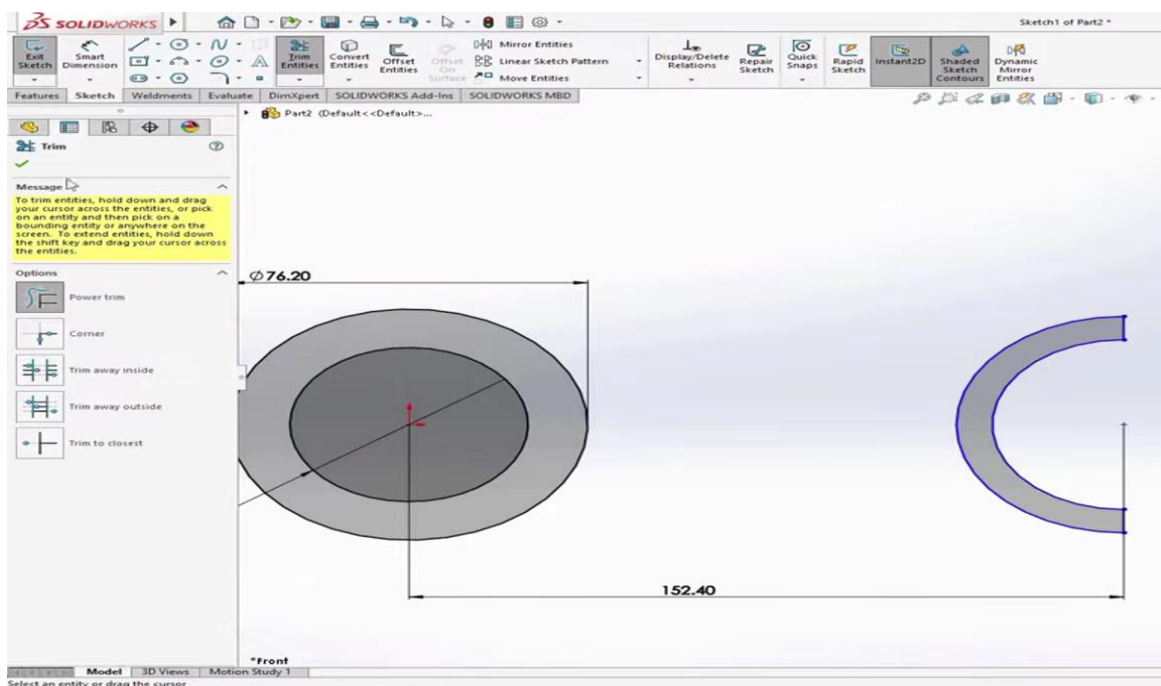


Etape 8 : Enfin, nous obtenons la forme suivante, puis nous l'enregistrons.

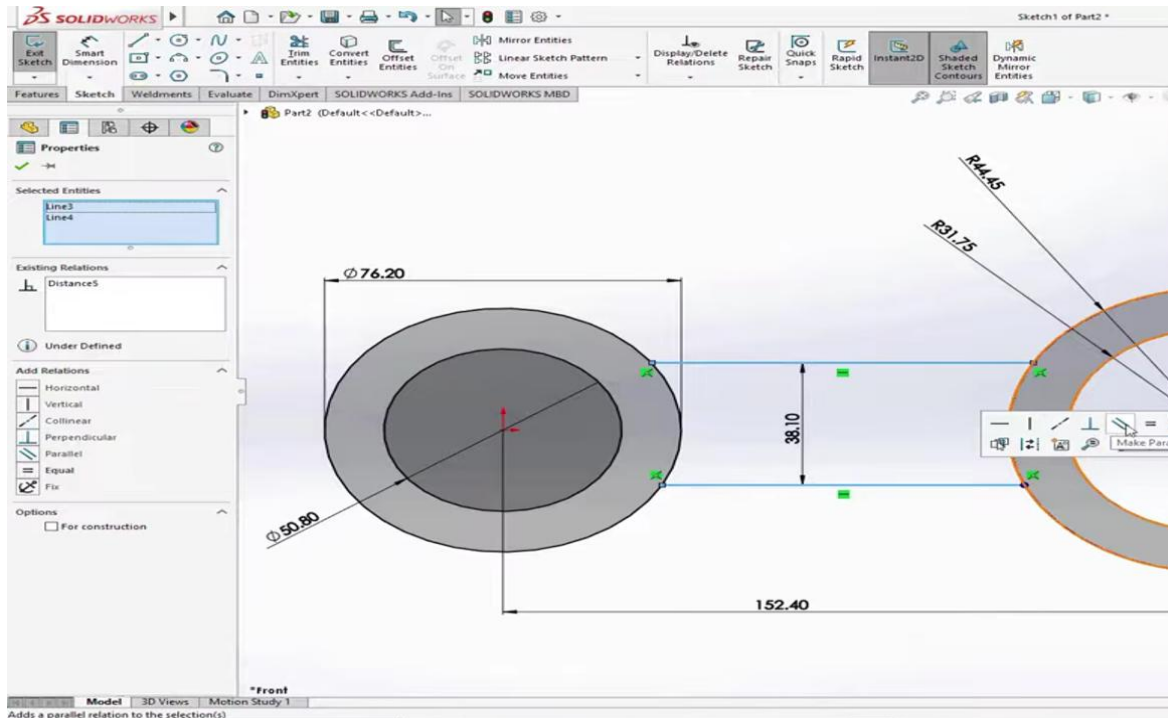


IV-4-5-2- Conception de bielle piston.

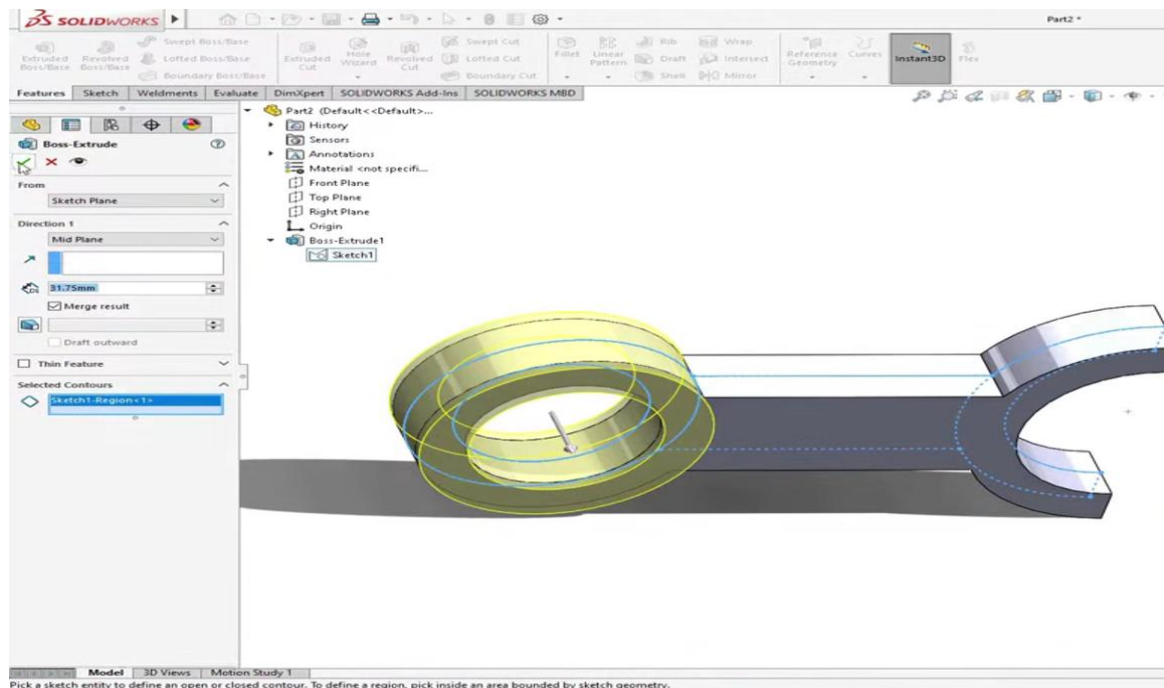
Etape 1 : Nous réalisons deux cercles selon les dimensions indiquées, puis nous créons deux autres cercles dont la distance entre le premier et le deuxième est de 152,40. Ensuite, nous sélectionnons l'outil Trim Entities et nous découpons un cercle comme indiqué. Enfin, nous définissons les dimensions de l'arc comme sur la figure.



Etape 2 : Nous traçons deux lignes parallèles reliant l'arc et le cercle, avec une distance de 38,10 entre les deux lignes. Ensuite, nous sélectionnons Features, puis Extruded Boss/Base, et nous définissons l'épaisseur comme indiqué.

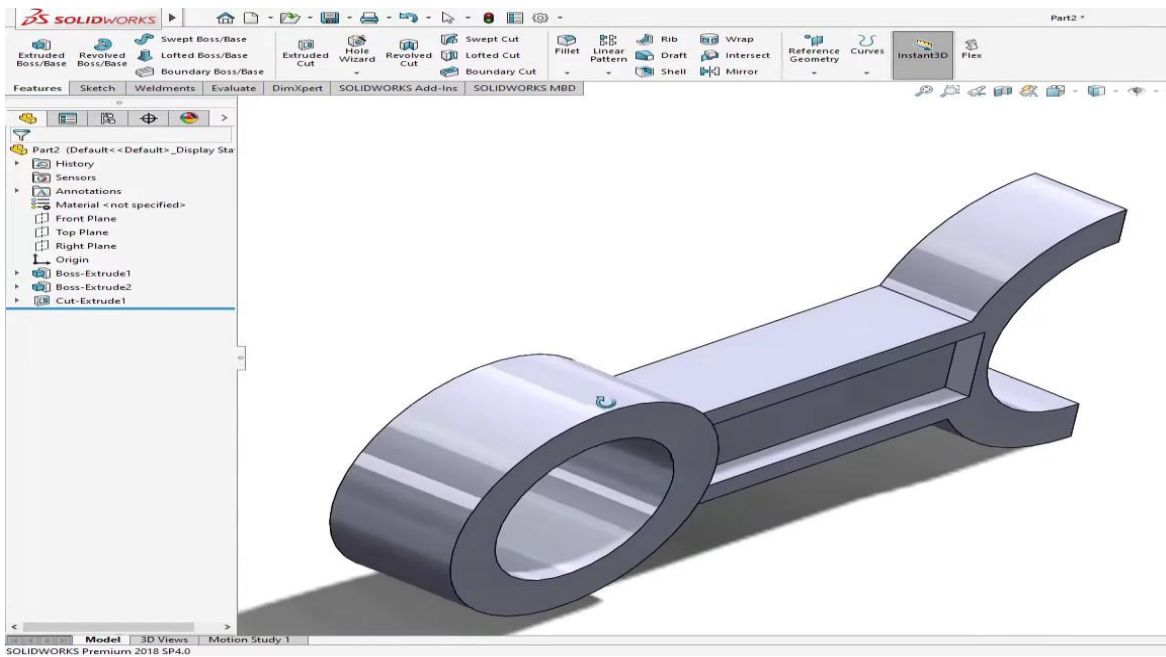


Etape 3 : Nous sélectionnons de nouveau Extruded Boss/Base, puis nous choisissons Boss-Extrude1 et Sketch1. Ensuite, nous définissons la zone indiquée en jaune, puis nous attribuons une épaisseur de 31,75.

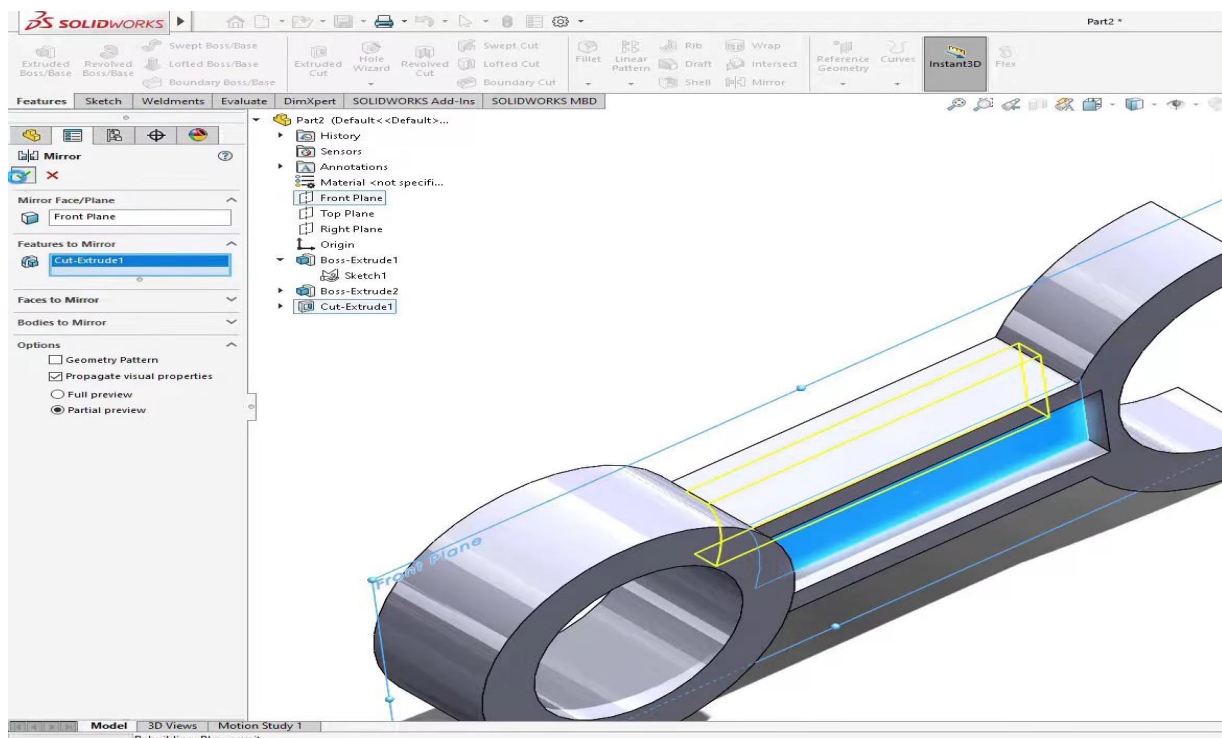


Etape 4 : Nous réalisons un rectangle centré avec les dimensions indiquées, puis nous alignons le centre du rectangle avec le centre du cercle horizontalement. Ensuite, nous sélectionnons le contour extérieur du cercle, puis nous utilisons l'outil **Trim Entités** pour supprimer la partie intérieure du cercle comme indiqué.

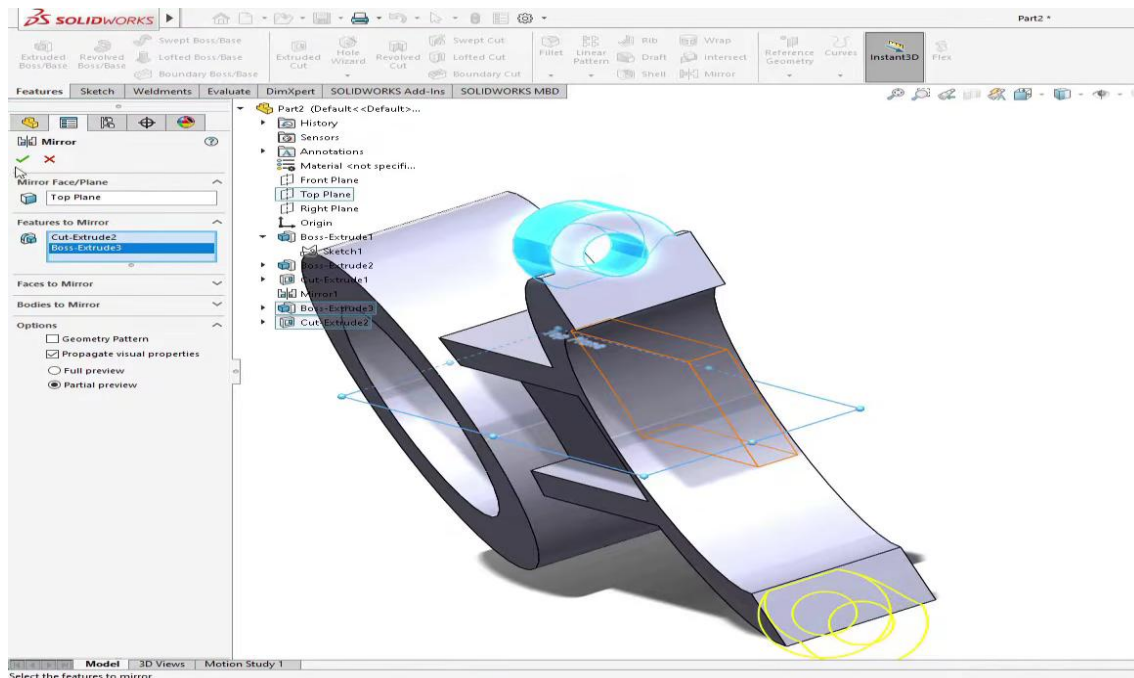
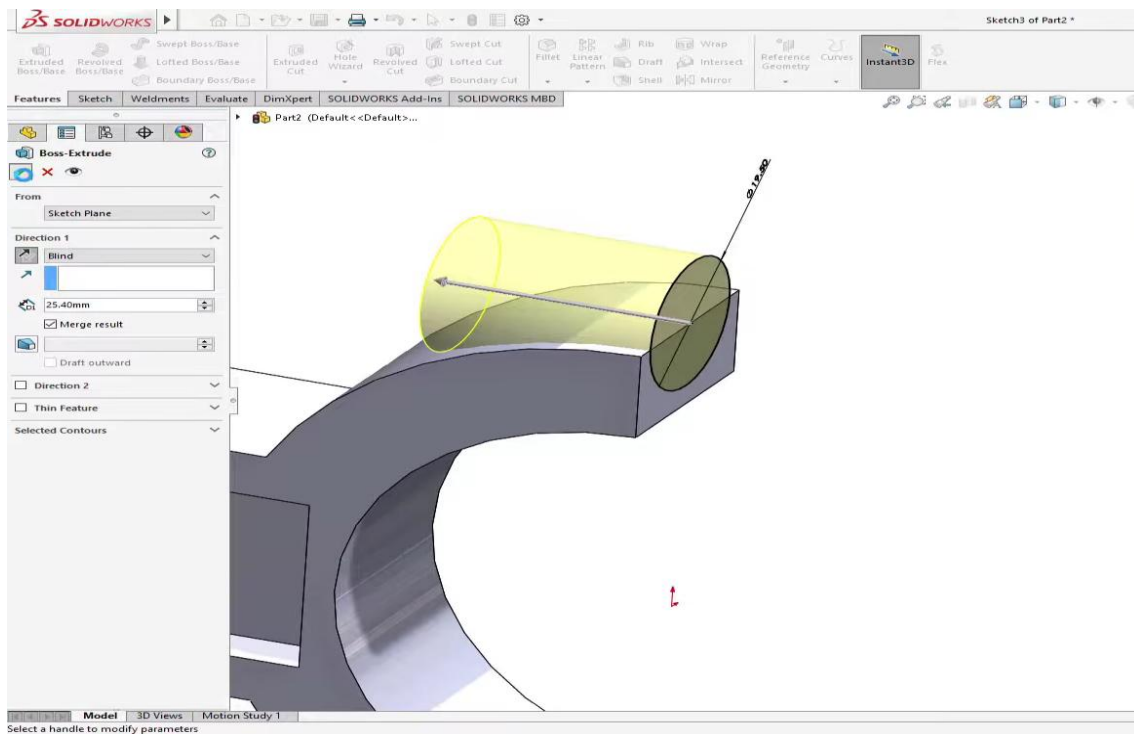
Nous allons dans Features, puis nous sélectionnons Extruded Cut. Ensuite, nous réglons la profondeur à environ 6,35, puis nous validons en cliquant sur OK.



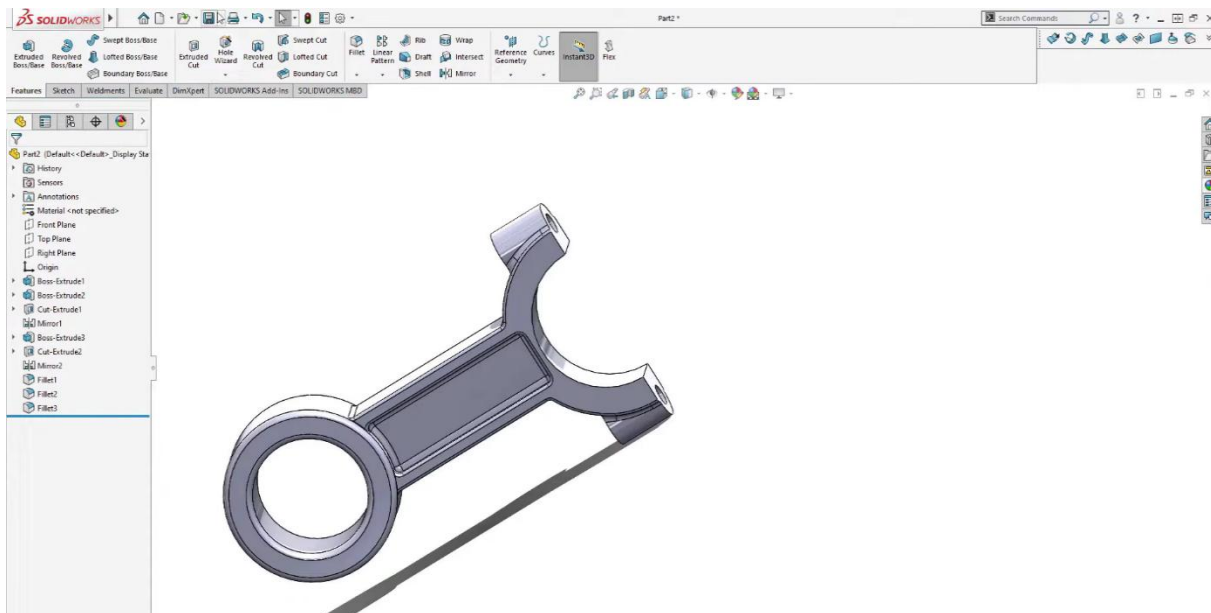
Etape 5 : Nous répétons la même opération sur l'autre côté en sélectionnant Mirror, puis en choisissant la face avant comme plan de symétrie. Ensuite, nous sélectionnons la surface concernée et nous validons en cliquant sur OK.



Etape 6 : Nous sélectionnons un cercle selon la dimension indiquée, puis nous choisissons Extruded Boss/Base. Ensuite, nous le perçons dans les deux directions sur une longueur de 25,4 en sens opposé, en cliquant sur OK.

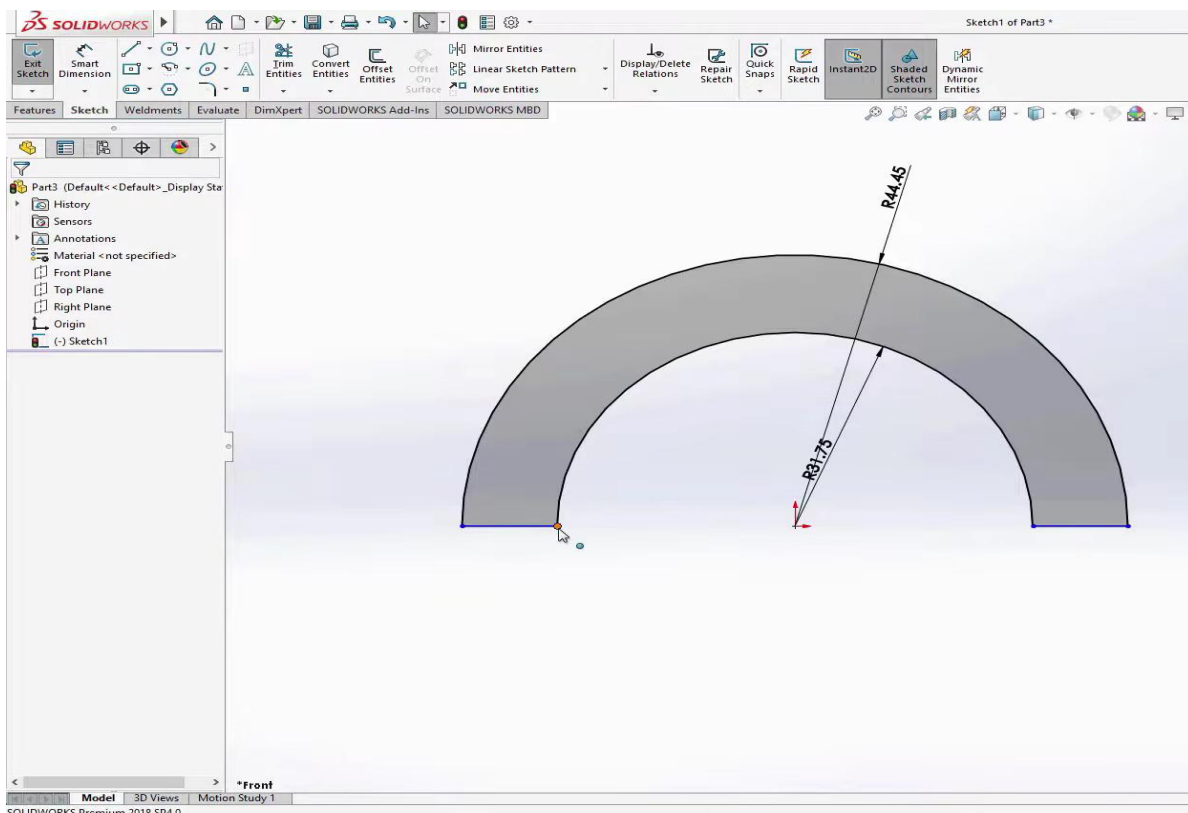


Etape 7 : Enfin, nous effectuons quelques modifications à l'aide de l'outil Fillet afin d'obtenir la pièce finale souhaitée, puis nous l'enregistrons.

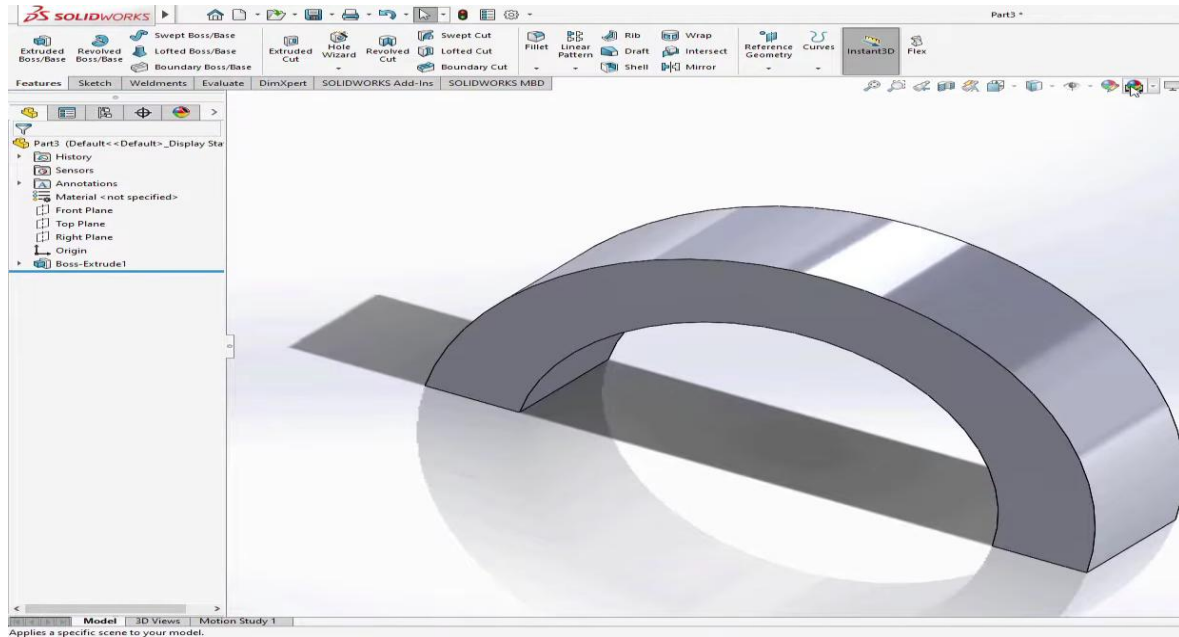


IV-4-5-3- Conception de chapeau de piston.

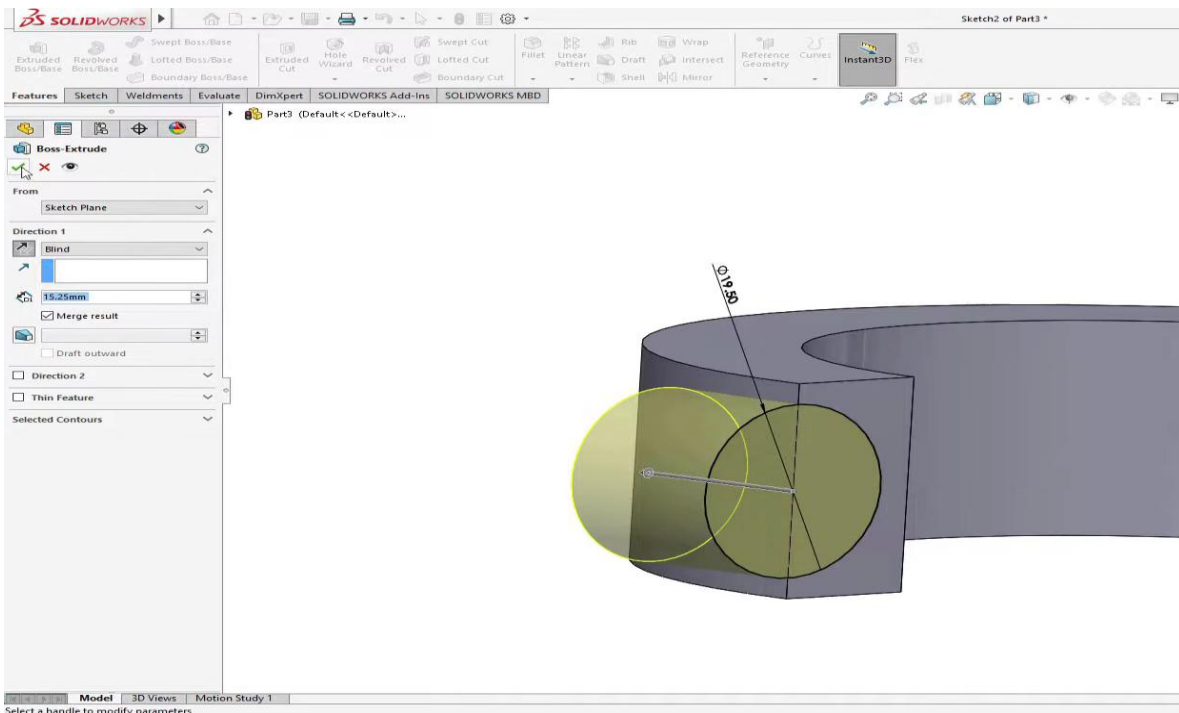
Etape 1 : Nous sélectionnons la face avant et nous créons deux arcs à partir de deux points centraux selon les dimensions indiquées.



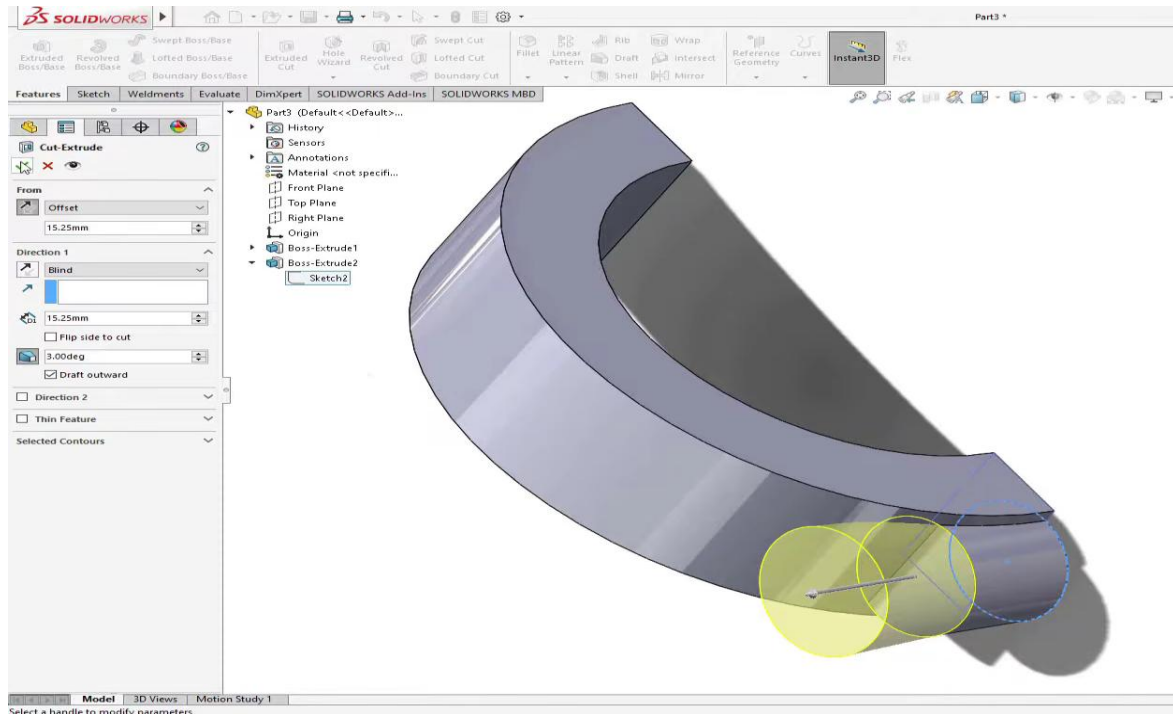
Etape 2 : Nous allons dans Features, puis nous sélectionnons Extruded Boss/Base. Ensuite, nous définissons le milieu de la surface et nous appliquons une épaisseur égale des deux côtés, d'une valeur de 24,13.



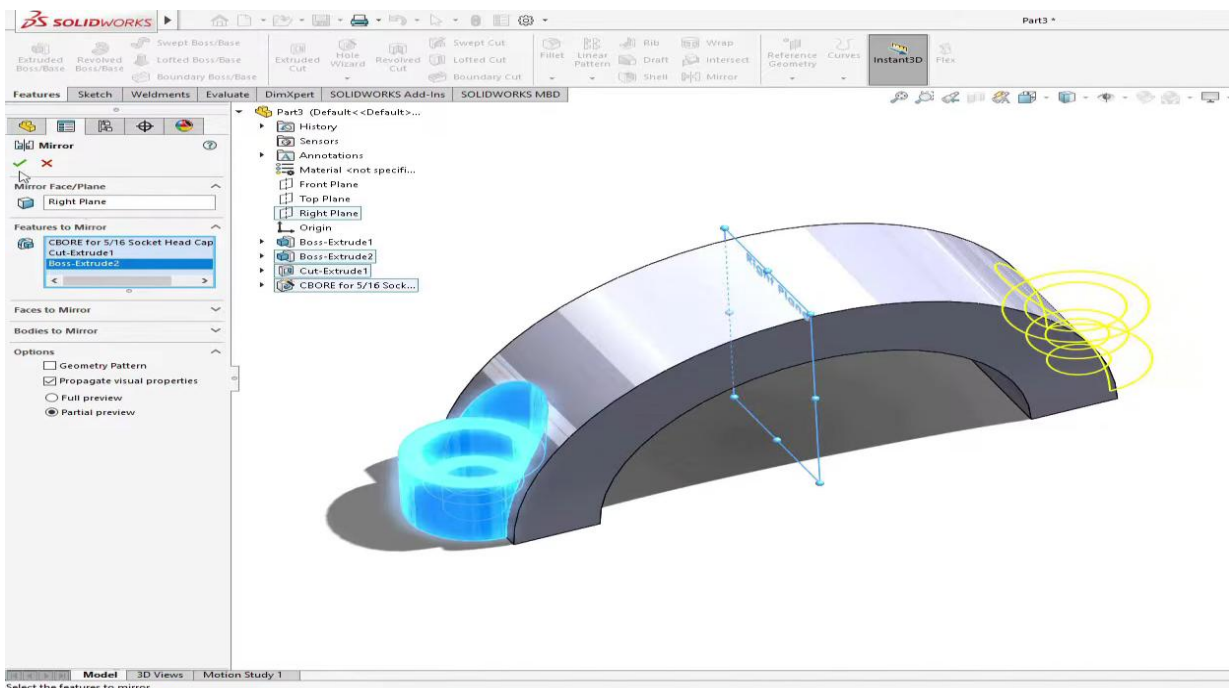
Etape 3 : Nous créons un cercle selon la dimension indiquée, puis nous sélectionnons Features et Extruded Boss/Base. Ensuite, nous choisissons la direction de l'extrusion avec une longueur d'environ 15,25, puis nous validons en cliquant sur OK.



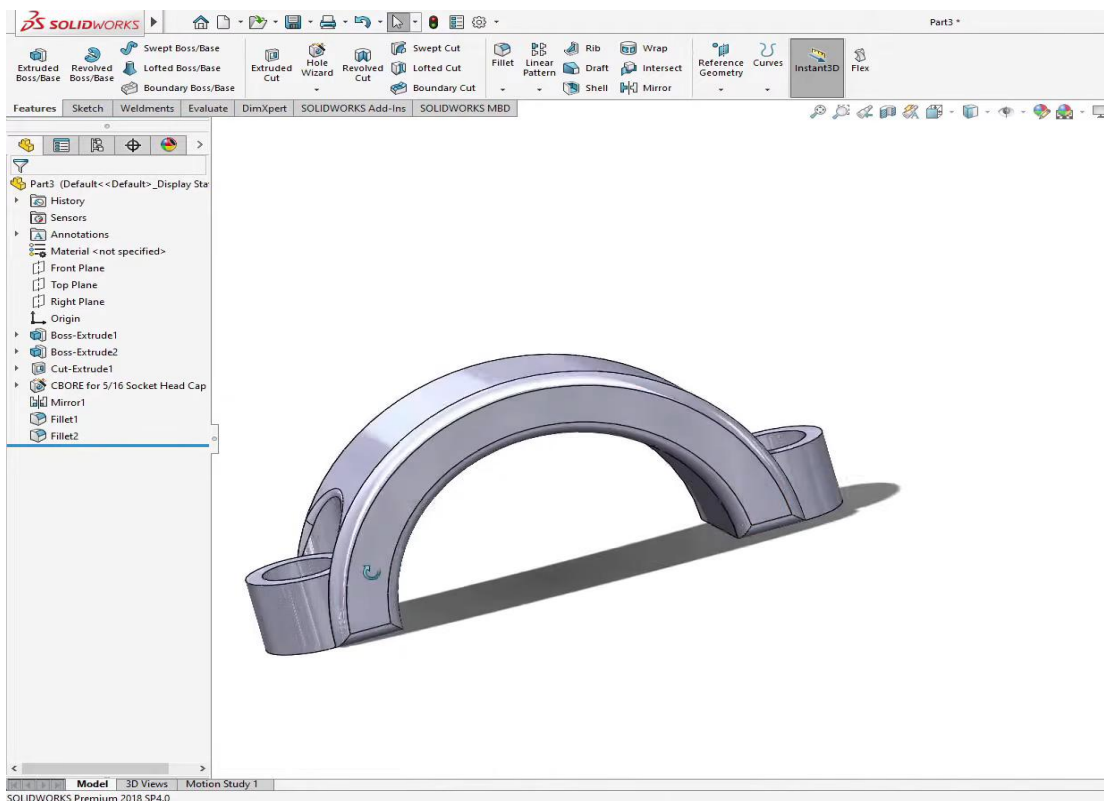
Etape 4 : Nous sélectionnons Features, puis Extruded Cut. Ensuite, nous choisissons Boss-Extrude2 puis Sketch2, puis nous définissons un angle d'inclinaison de 3 degrés, et enfin nous validons en cliquant sur OK.



Etape 5: Nous répétons la même procédure sur l'autre côté en utilisant l'option Mirror, puis nous validons en cliquant sur OK.

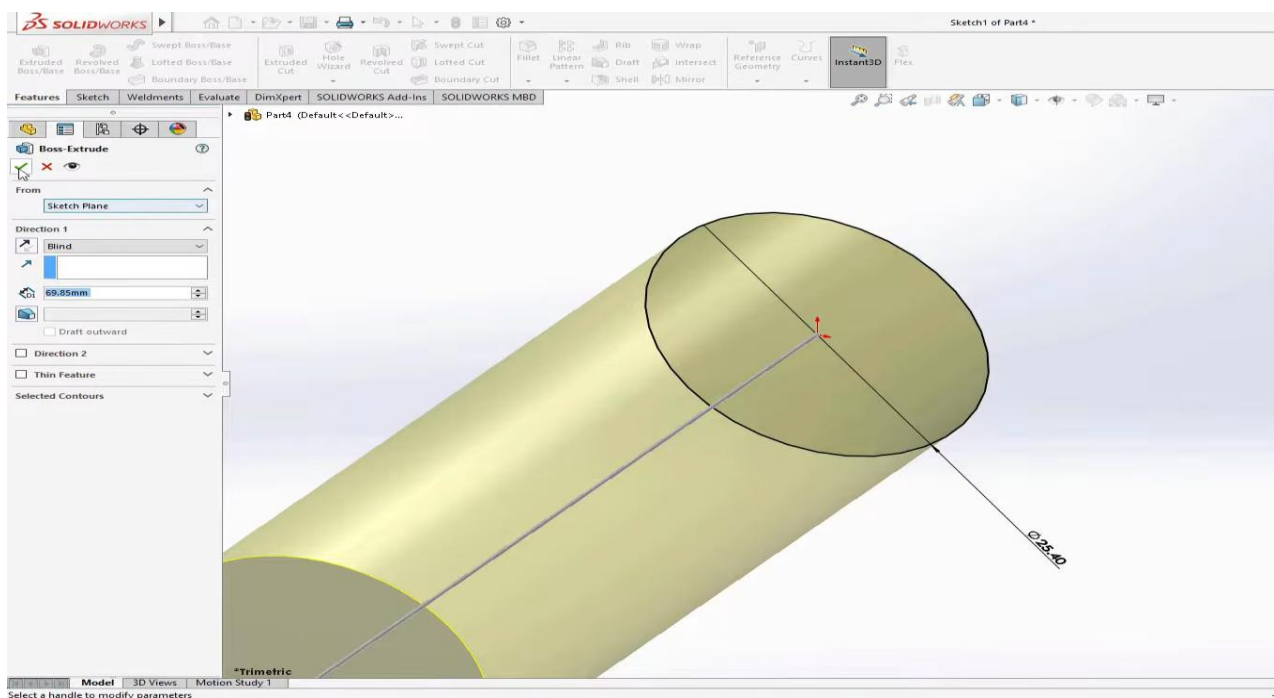


Etape 6: Enfin, nous effectuons quelques modifications à l'aide de l'outil Fillet, puis nous enregistrons afin d'obtenir la forme finale indiquée.

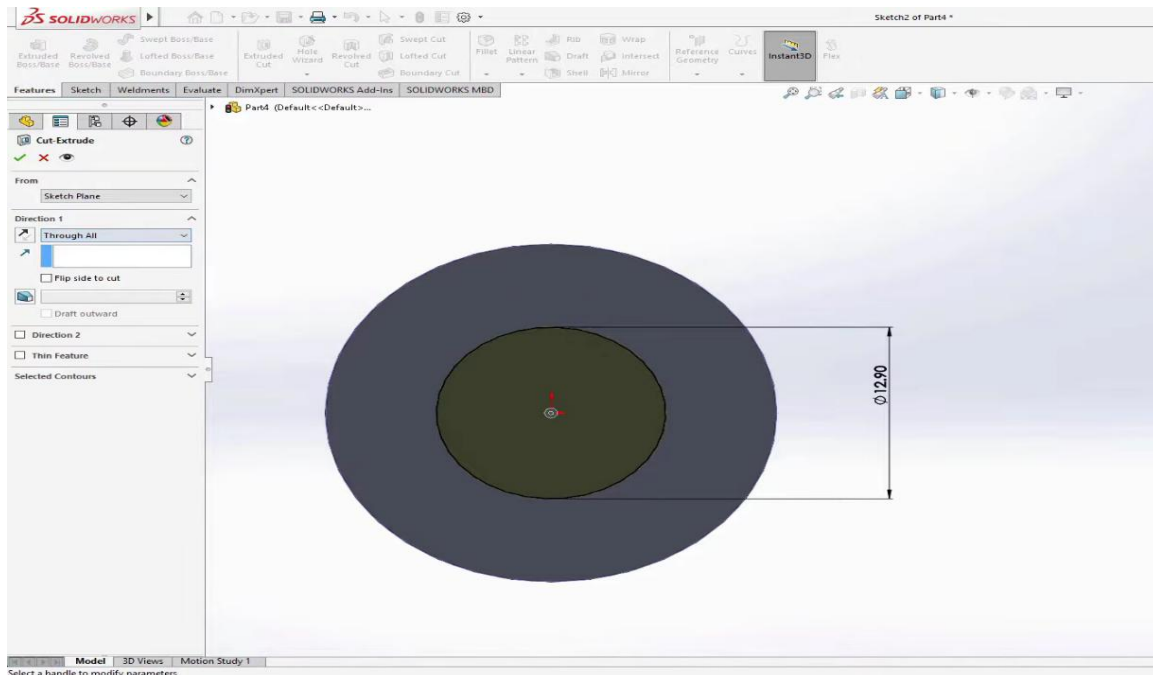


IV-4-5-4- Conception de axe de piston.

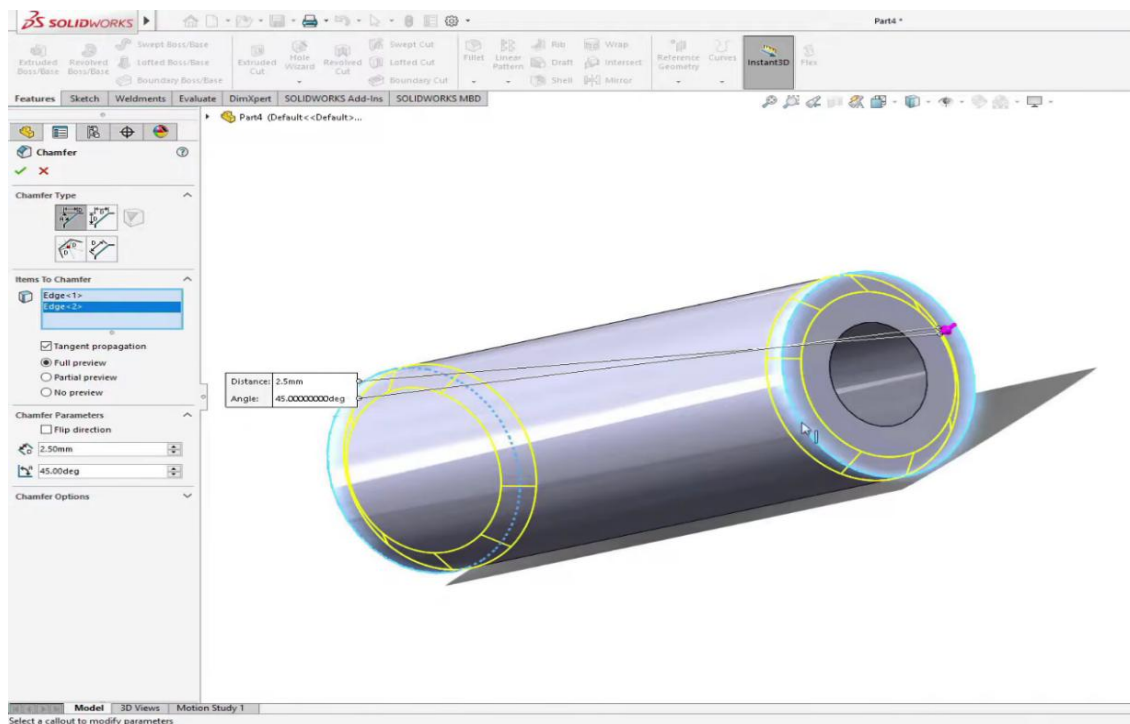
Etape 1 : Nous créons un cercle selon la dimension suivante, puis nous sélectionnons Features et Extruded Boss/Base. Ensuite, nous définissons une hauteur de 69,85, puis nous validons en cliquant sur OK.



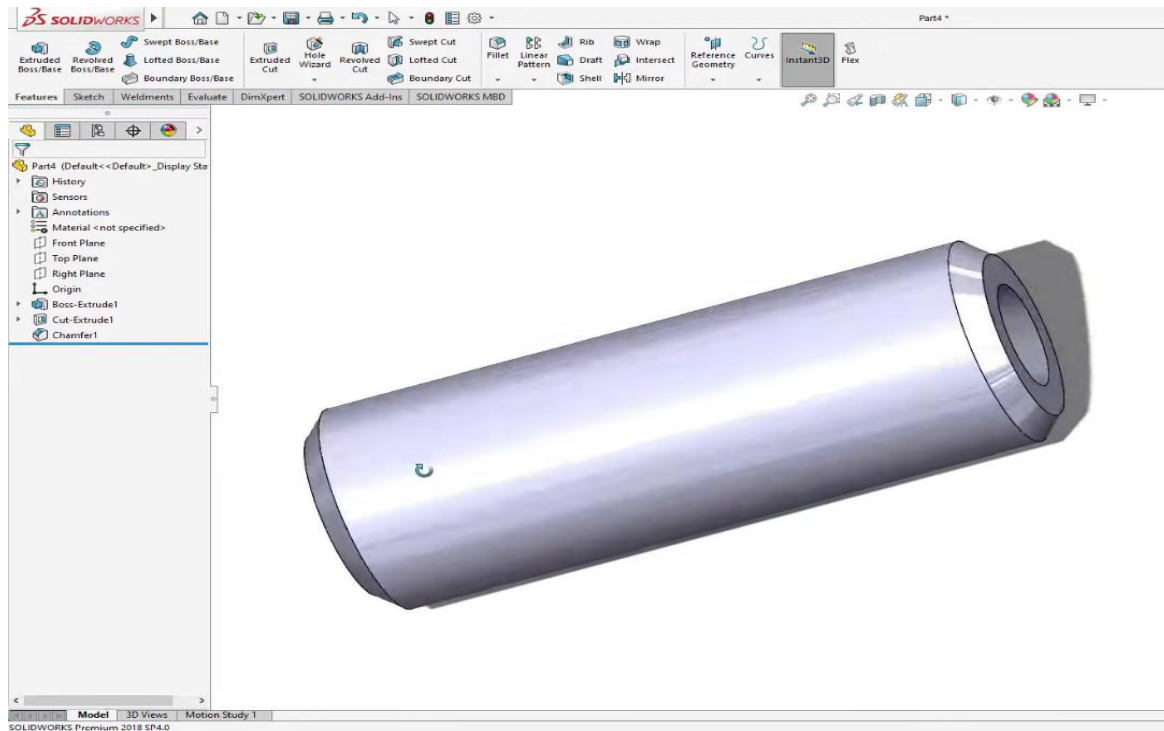
Etape 2 : Nous traçons un cercle selon la dimension indiquée, puis nous sélectionnons Features et Extruded Cut, et nous validons en cliquant sur OK.



Etape 3 : Nous sélectionnons Fillet, puis nous définissons le rayon et les paramètres d'angle comme indiqué, et enfin nous validons en cliquant sur OK.

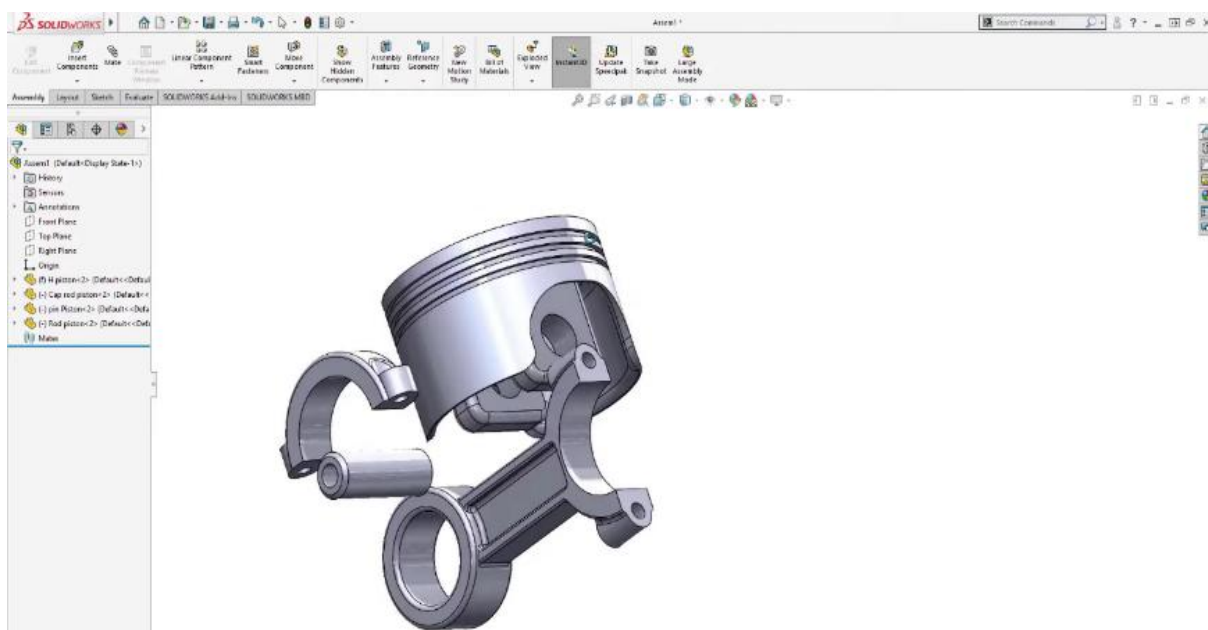


Etape 4 : Enfin, nous obtenons la forme finale et nous procédons à son enregistrement.

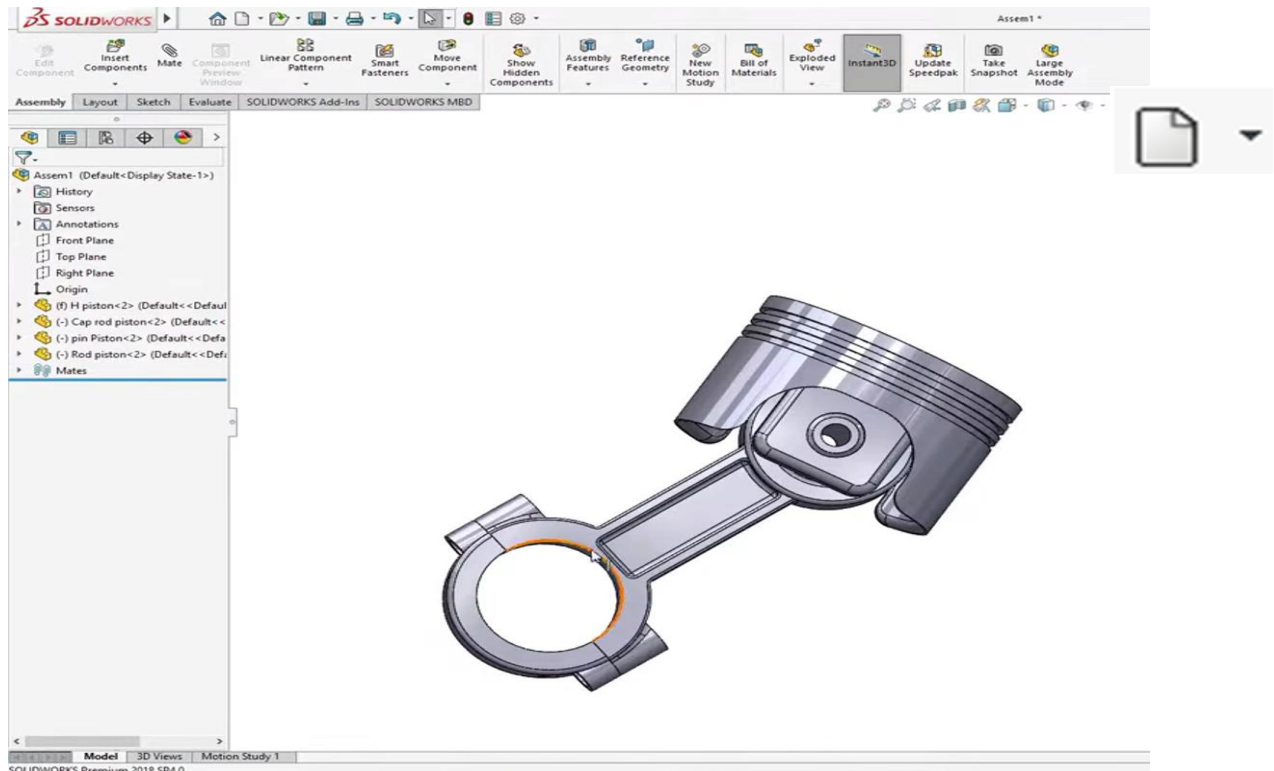


IV-4-5-5- Processus d'assemblage du piston

Etape1 : Après l'achèvement de la fabrication des différentes pièces du piston, cette étape consiste à procéder à l'assemblage afin d'obtenir une pièce complète et fonctionnelle. Cela se fait en rassemblant toutes les composantes et en entamant le processus de montage.



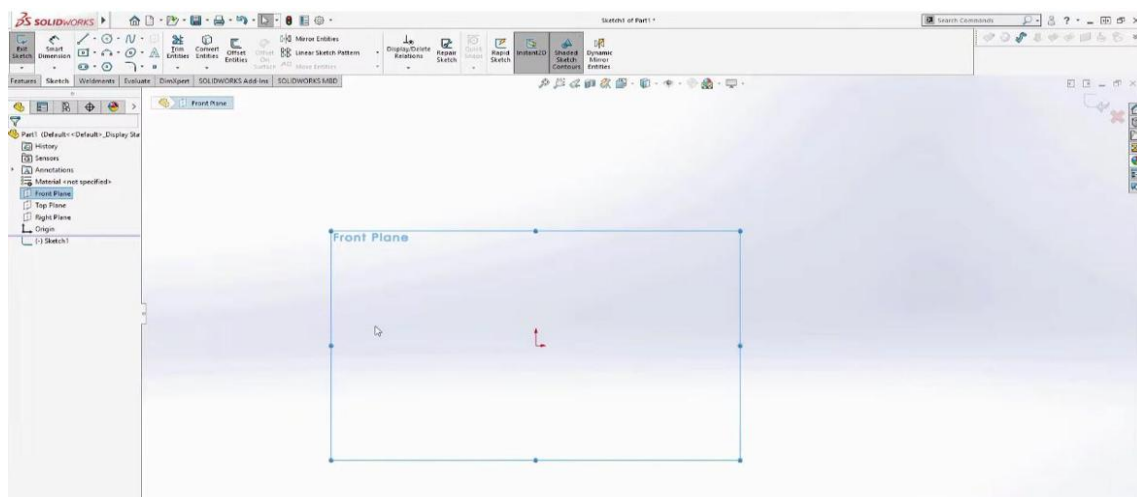
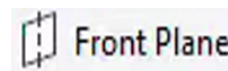
Etape2 : En conclusion, après l'opération d'assemblage, nous obtenons la pièce finale prête à l'emploi, comme indiqué



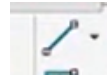
IV- 4-6- Les principales étapes pour conception d'un Bloc moteur

Etape 1 : Cette interface nous montre Nous ouvrons un nouveau fichier en cliquant sur

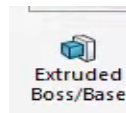
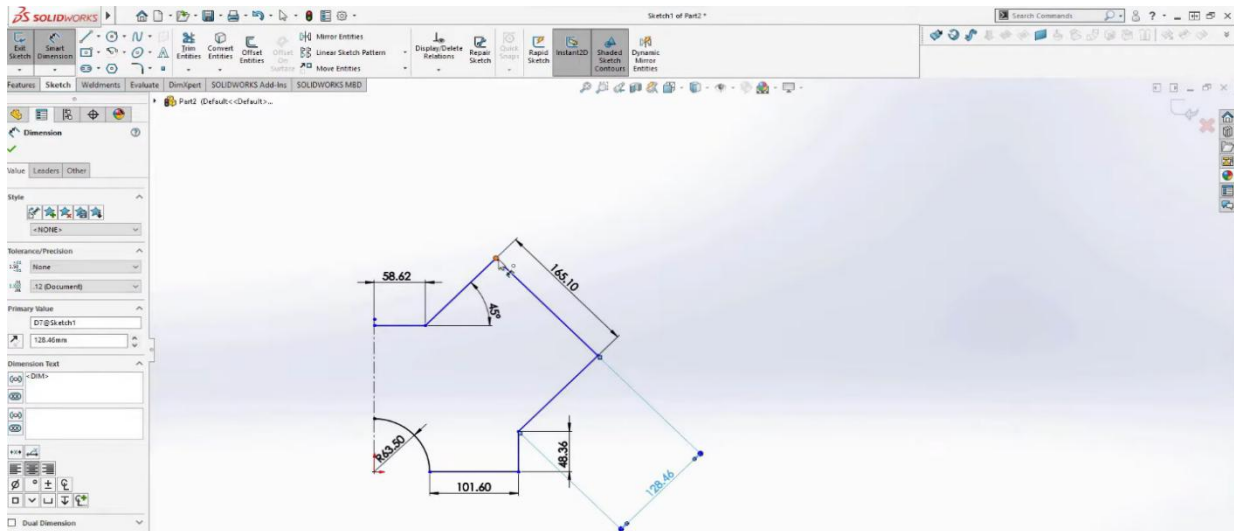
Ensuite, nous procédons à la définition de la surface avant.



Etape 2 : Nous procédons à la sélection des lignes



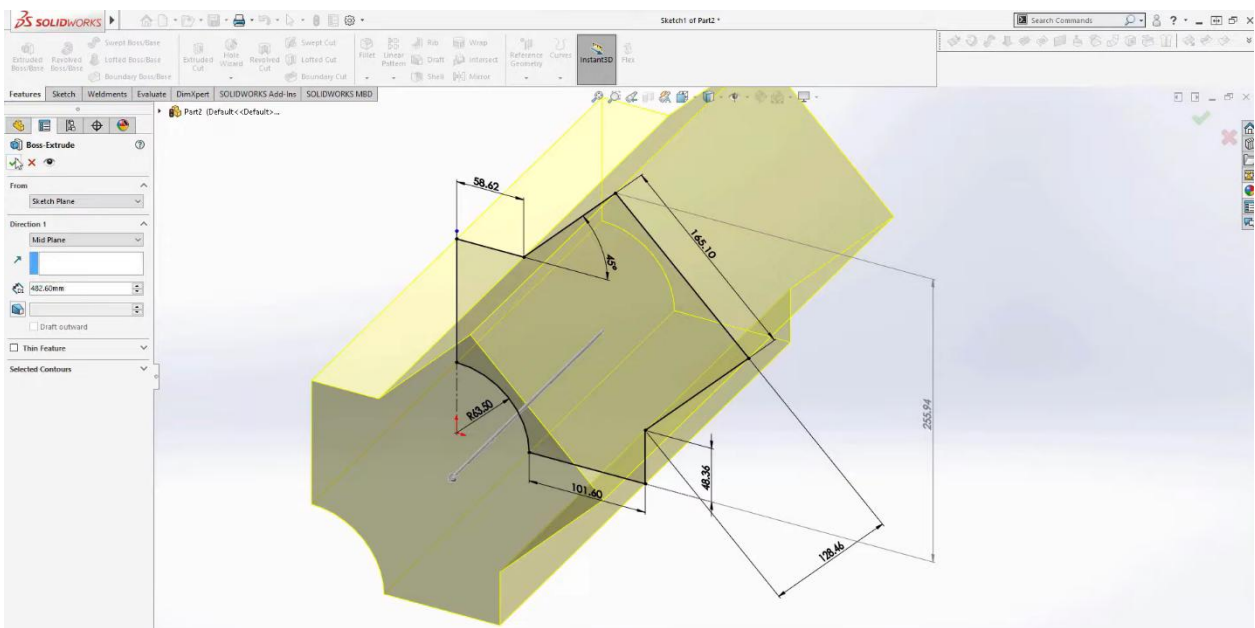
afin de tracer la forme représentée dans l'image, puis nous les ajustons en fonction des dimensions indiquées.



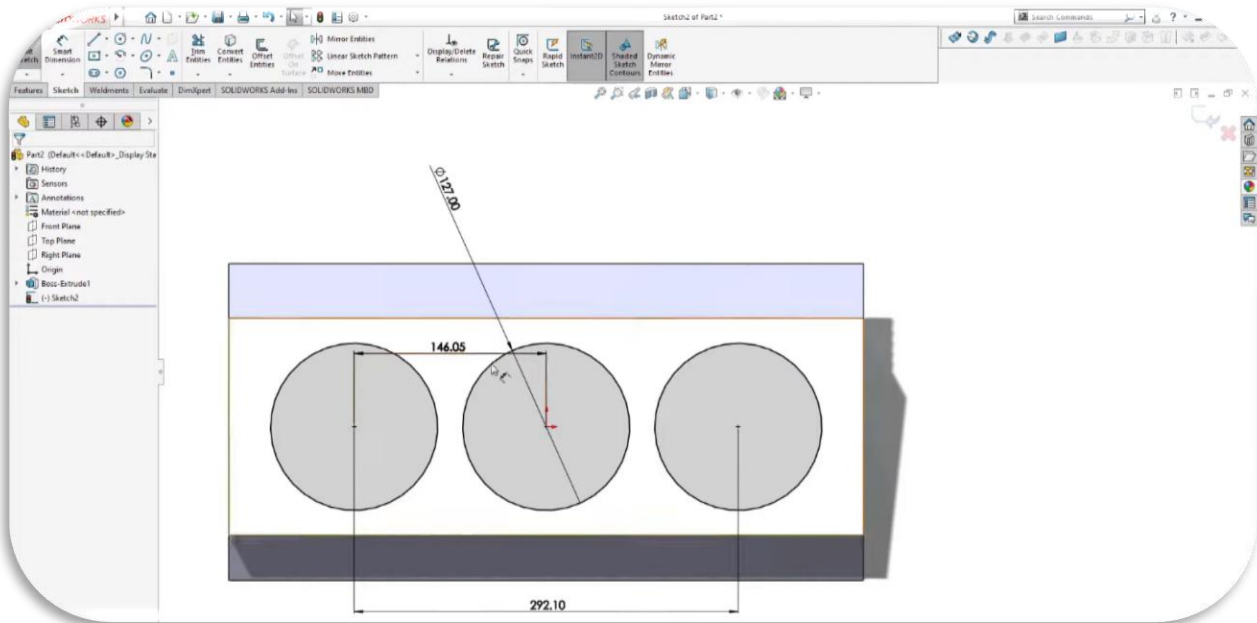
Etape 3 : Nous sélectionnons cette option

afin de créer la forme du dessin, sans oublier de choisir .

le plan médian (Mid Plane), puis nous saisissons la longueur indiquée, soit 482,60 mm.

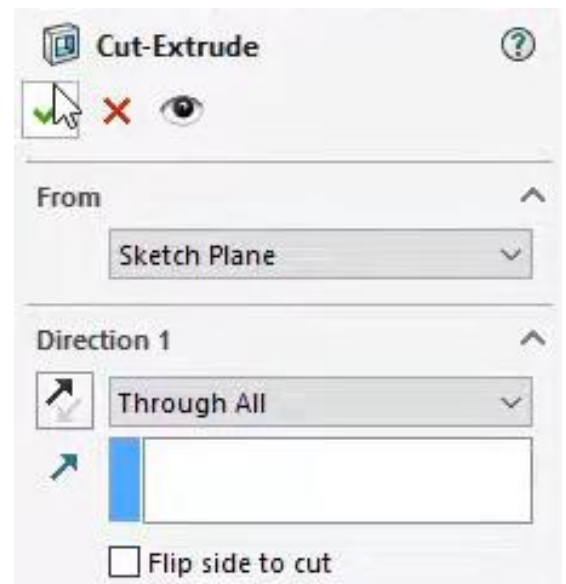
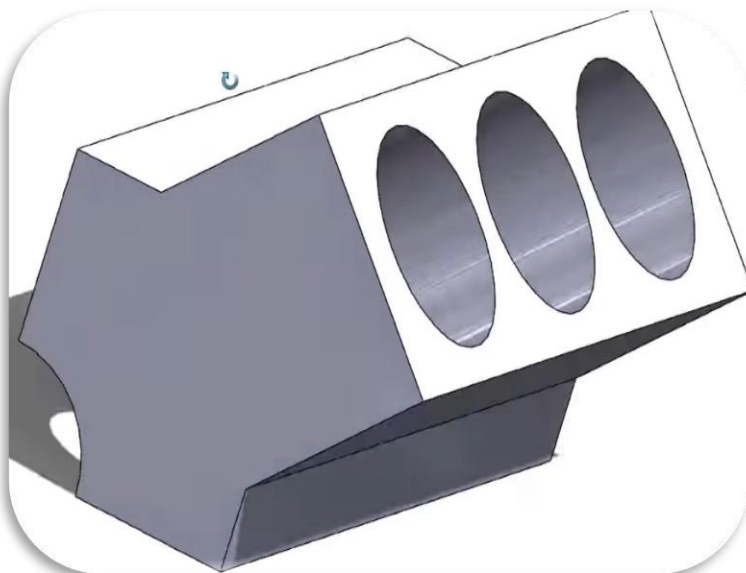
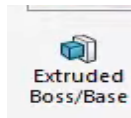


Etape 4 : Nous définissons la face indiquée comme référence, puis nous y positionnons le centre précédent à l'aide du plan frontal (Front Plane). Ensuite, nous traçons trois cercles identiques selon les dimensions indiquées sur l' image.



Etape 5 : Nous sélectionnons l'option de découpe (Cut) comme indiqué sur

la figure.



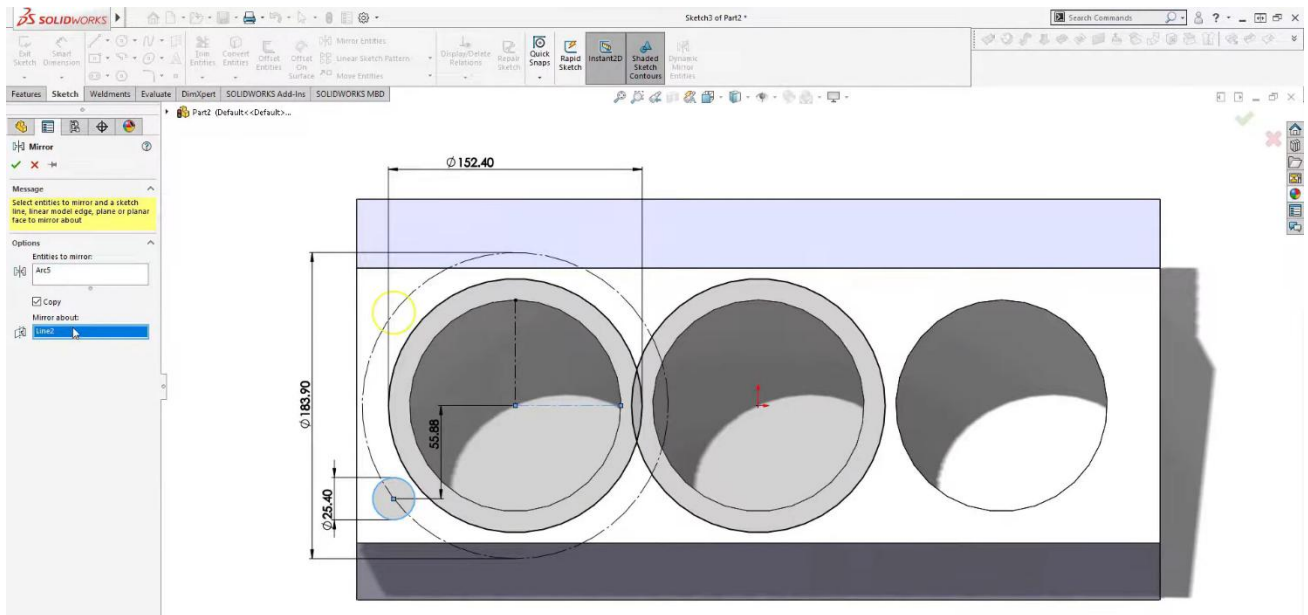
Etape 6 : Nous procédons maintenant au tracé de l'esquisse en utilisant des cercles ainsi que les dimensions indiquées dans la figure suivante. Ensuite, nous effectuons l'extrusion du petit cercle à l'aide de l'option



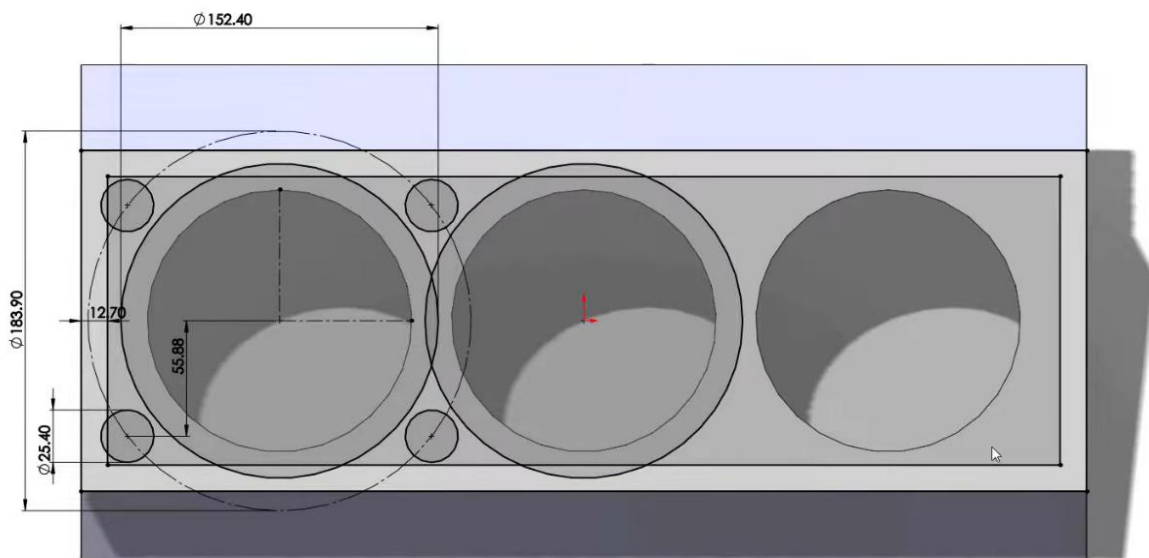
correspondante.

Nous continuons ainsi selon la même démarche.

Mais il ne faut pas oublier de sélectionner la ligne médiane du diamètre afin de rendre le cercle symétrique.

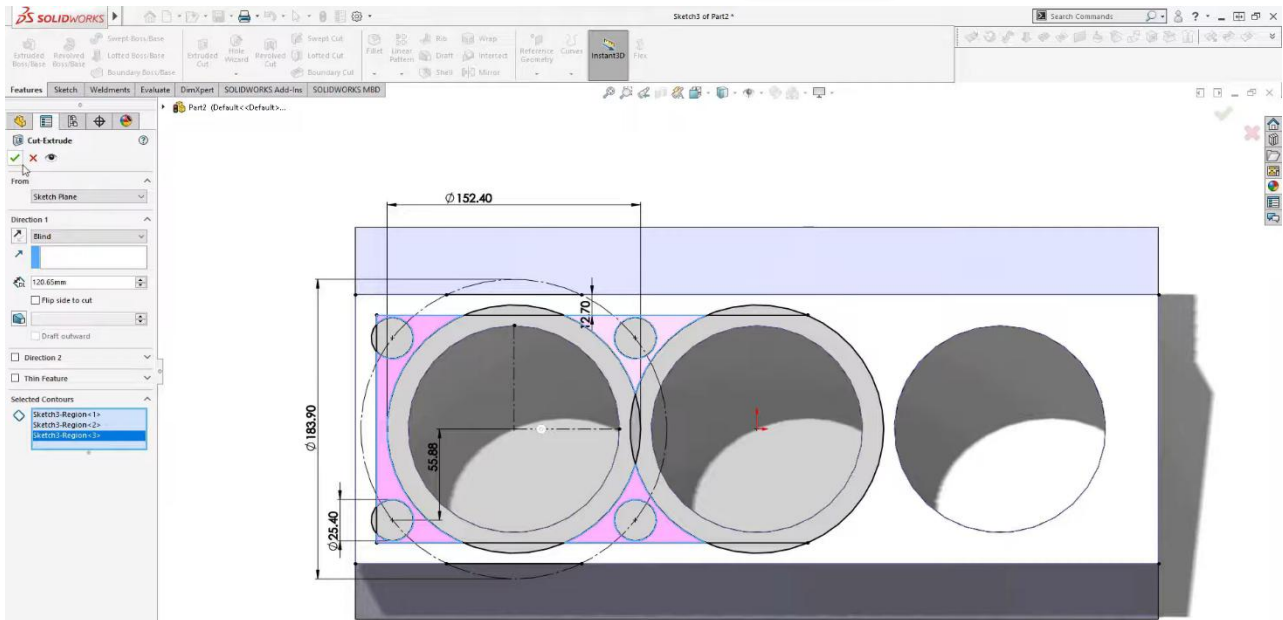


Etape 7 : Ensuite, nous positionnons les cercles sur la face opposée en suivant la même méthode que précédemment, comme indiqué sur la figure.

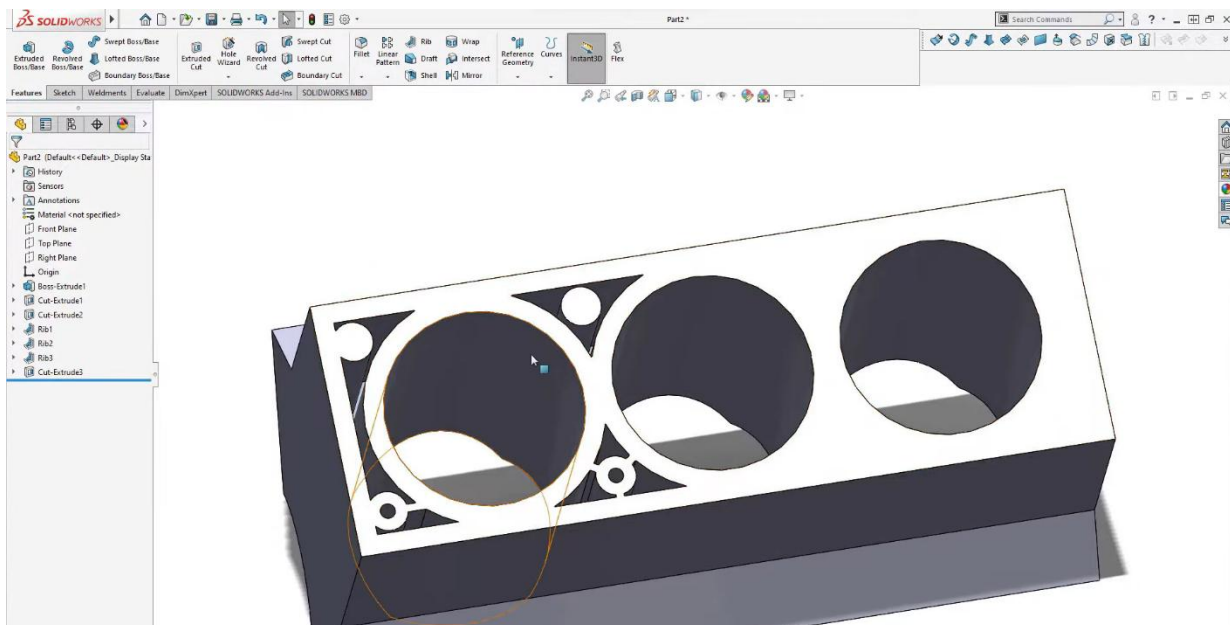


Etape 8 : Nous réalisons maintenant des perçages au niveau des petits cercles et nous définissons

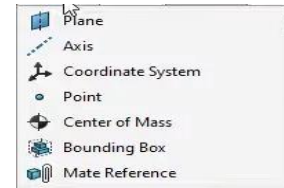
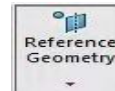
certaines positions, comme indiqué sur la figure.



Etape 9 : Enfin, la structure obtenue est comme représentée sur la figure.

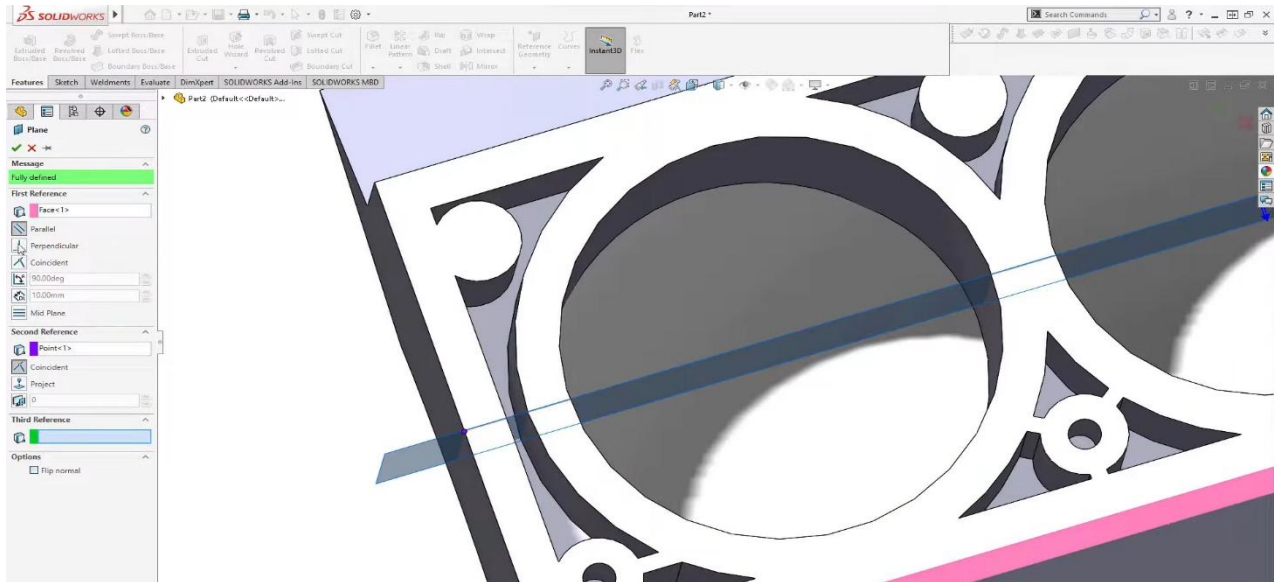


Etape 10 : 1.Nous sélectionnons l'option affichée.

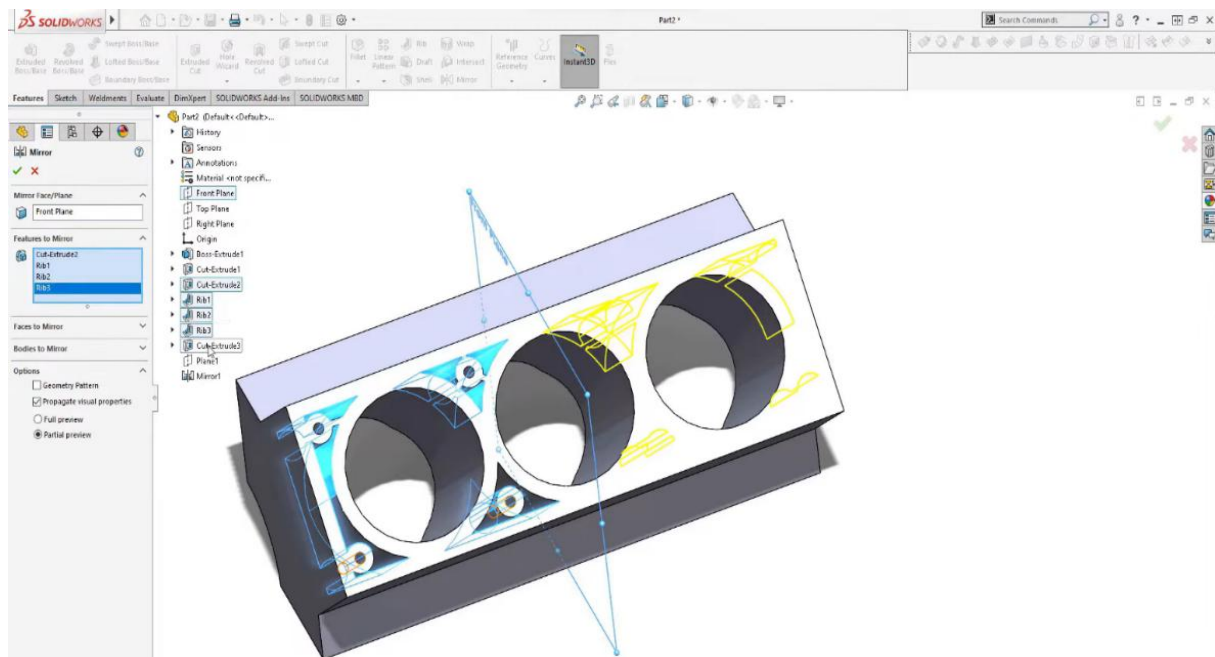


2.Nous sélectionnons une icône de plane .

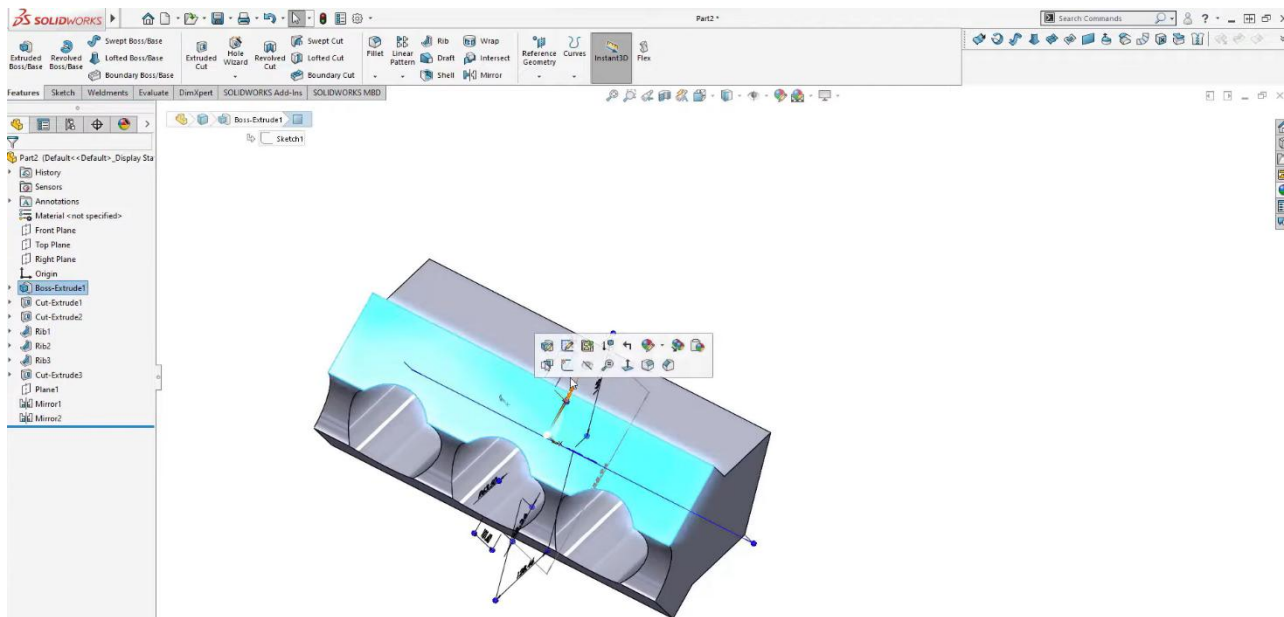
3.Nous sélectionnons la partie inférieure de la forme et appuyons sur le point situé au milieu de la ligne latérale.



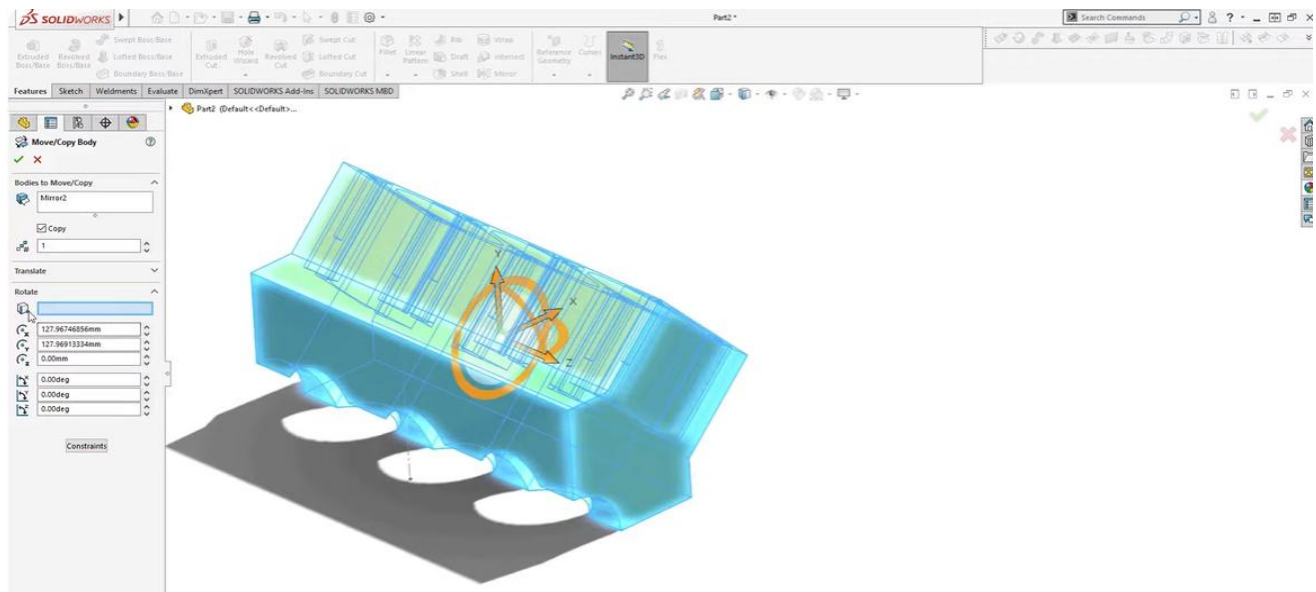
Etape 11 : Nous sélectionnons l'icône Miroir et configurons les options affichées sur l'image afin de copier certaines parties.



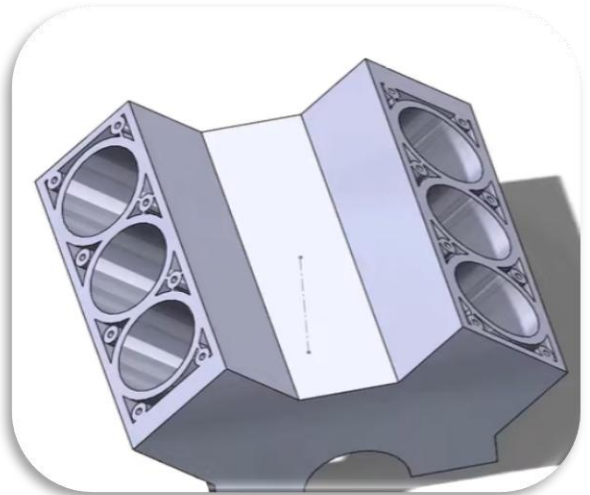
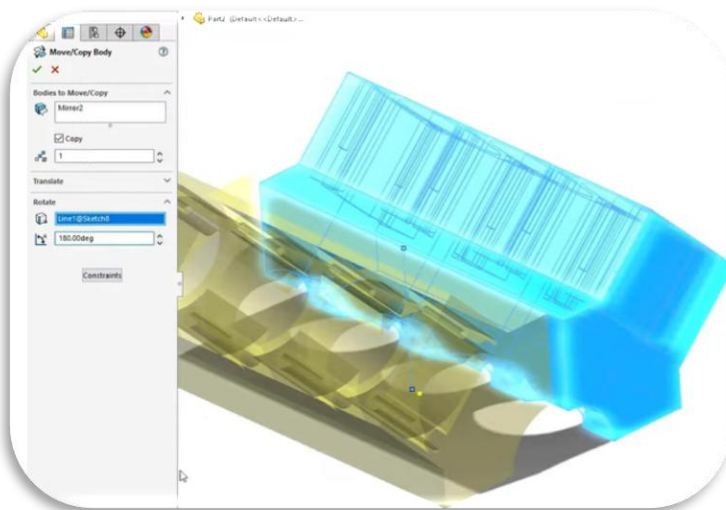
Etape 12 : Nous choisissons le bon visage



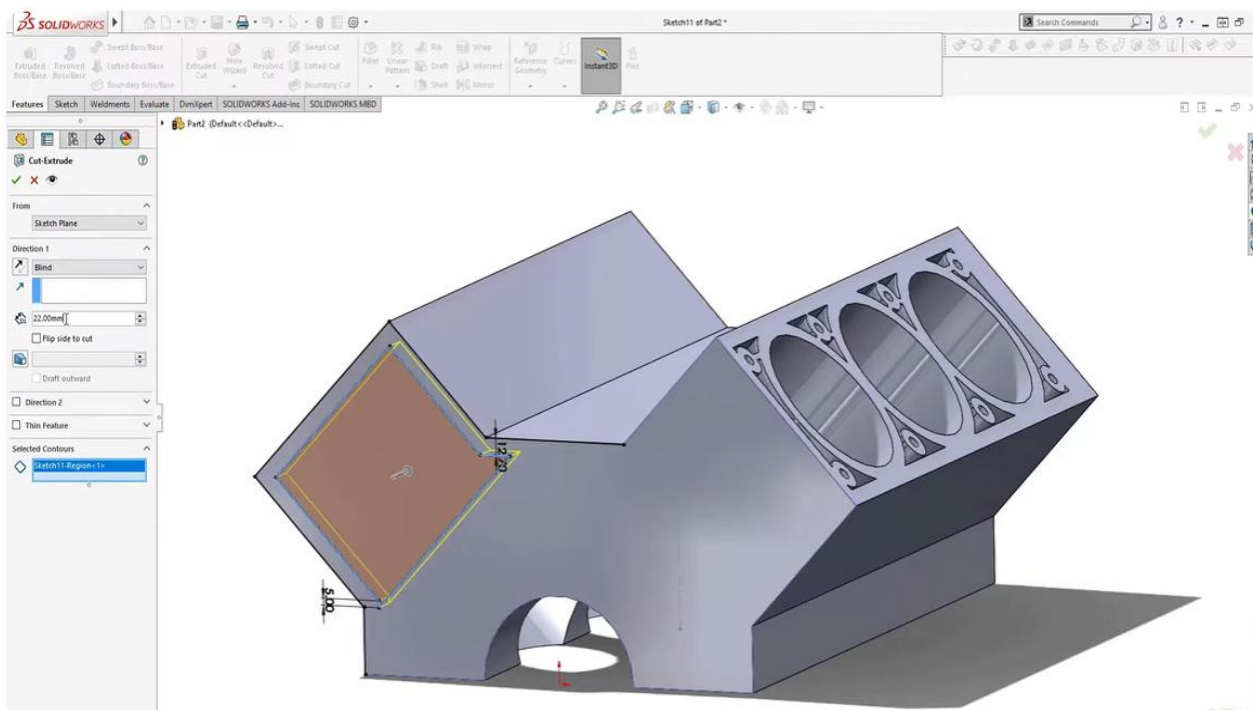
Etape 13 : Nous choisissons * Move /copy body



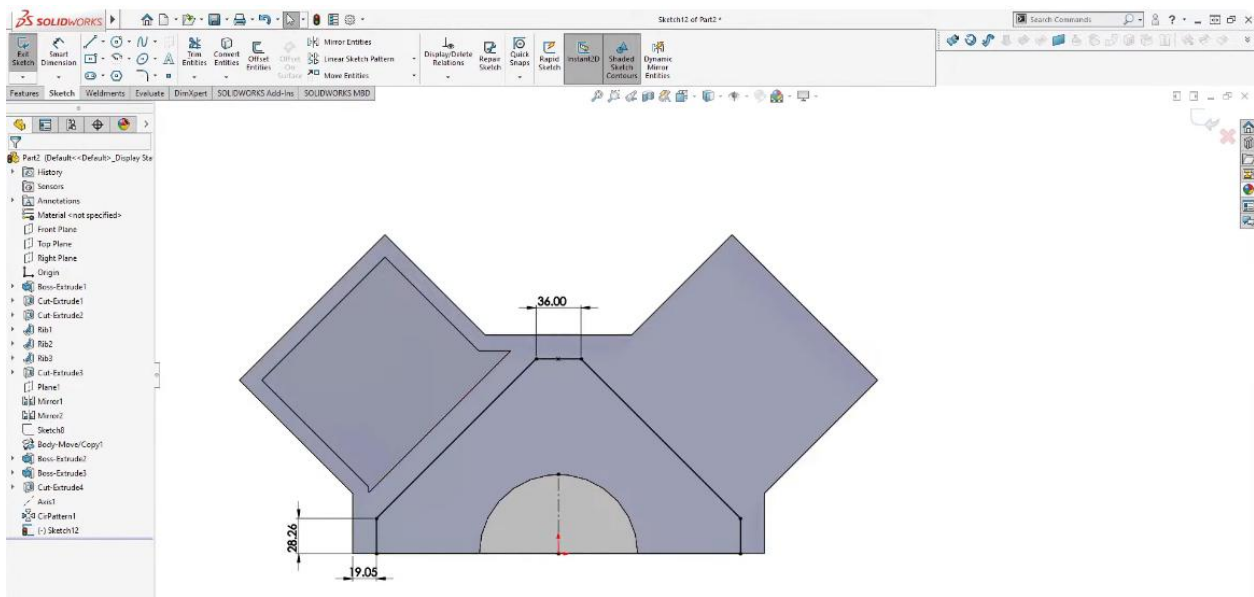
Etape 14 : Après avoir suivi les étapes décrites ci-dessus, nous obtenons une structure comme celle-ci.



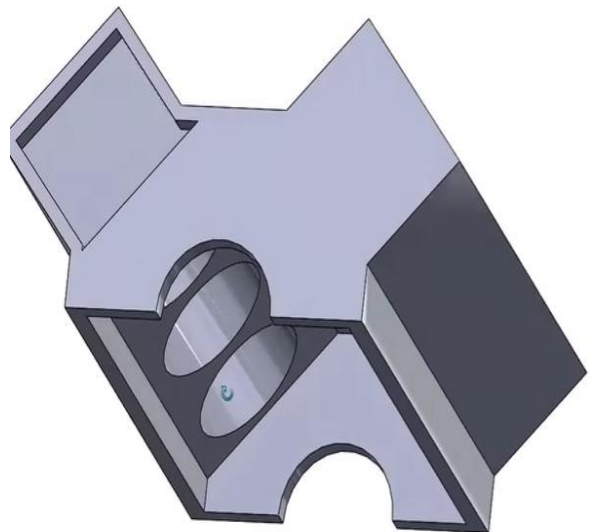
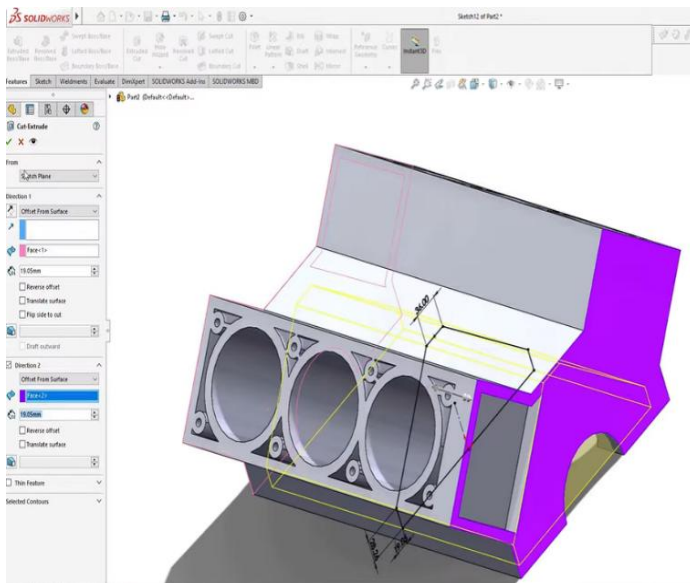
Etape 15 : Nous dessinons la forme illustrée et son homologue de l'autre côté afin de façonner la structure d'une manière spécifique, en harmonie avec le reste des pièces du moteur, puis nous perçons à la longueur appropriée comme indiqué.



Etape 16 : Nous dessinons la forme comme indiqué

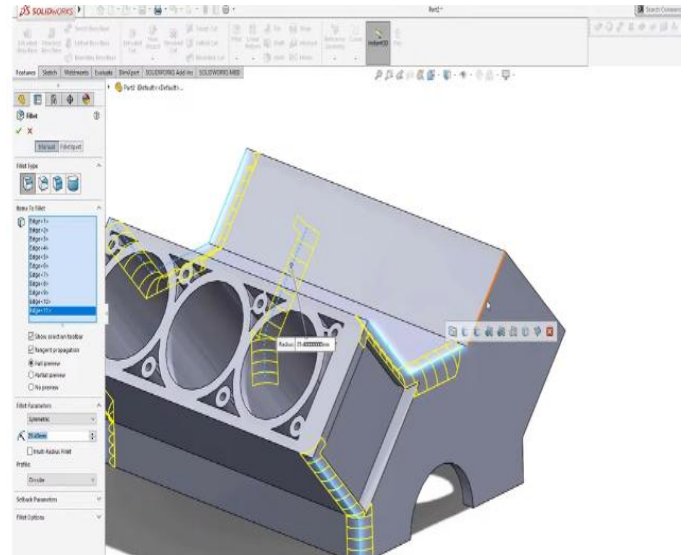
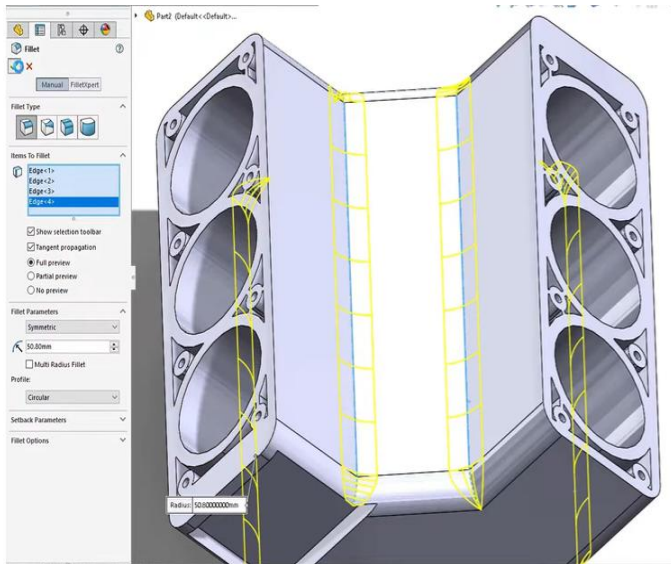


Etape 17 : Il découpe selon les longueurs et les options indiquées sur l'image.

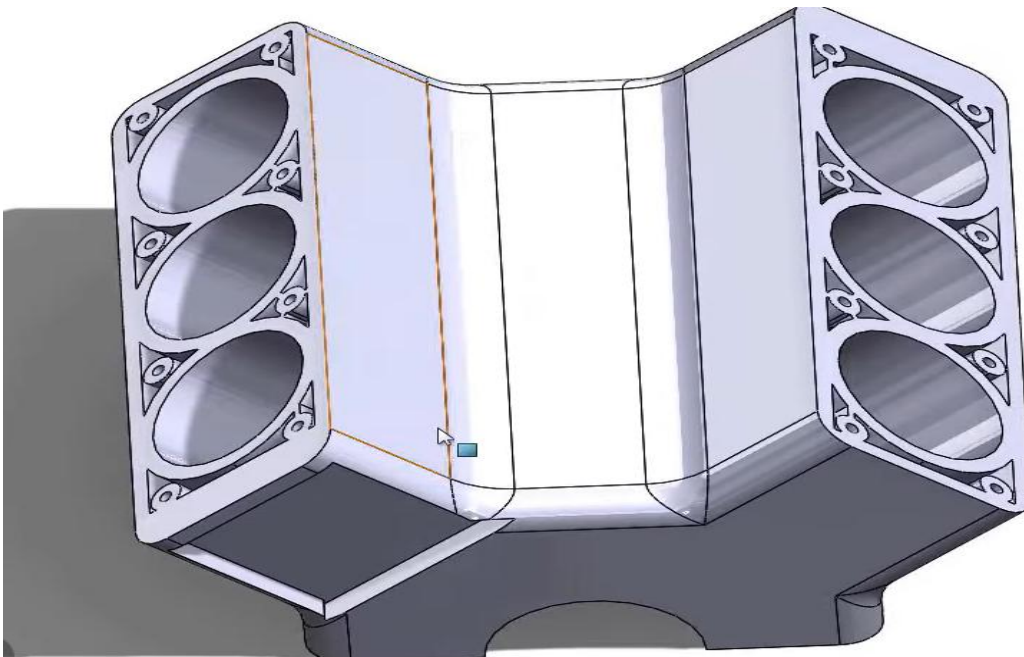


Etape 18 : Nous allons maintenant rendre les pièces convexes sur les bords du cadre

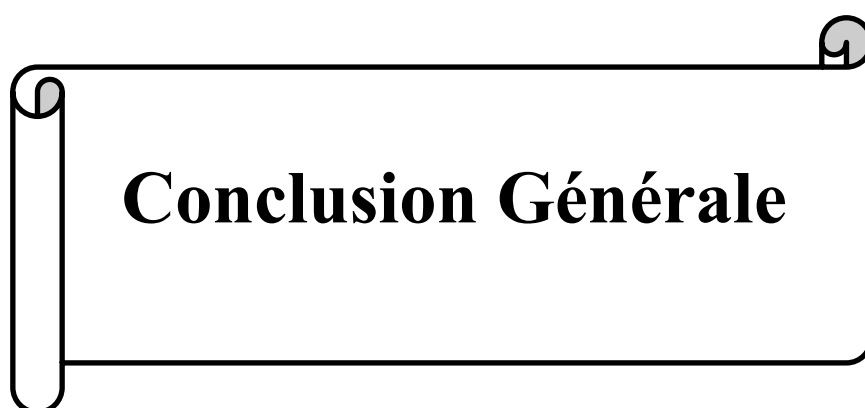
en utilisant l'option de fillet.



Etape 19: La structure prendra alors sa forme finale comme ceci



Conclusion Générale:



Conclusion Générale:

Au terme de ce travail pratique intitulé « *Étude d'un système de diagnostic automobile : techniques de diagnostic, outils et équipements* », il apparaît clairement que le diagnostic automobile occupe aujourd'hui une place centrale dans le domaine de la maintenance des véhicules modernes. En effet, l'évolution rapide des systèmes électroniques et électromécaniques embarqués a profondément transformé les méthodes de recherche de pannes, rendant indispensable l'utilisation de techniques et d'équipements de diagnostic avancés pour garantir une intervention rapide, fiable et précise.

Dans le premier chapitre, consacré à la **fonction technique de l'automobile (Fonction technique automobile)**, nous avons étudié l'architecture générale des principaux systèmes du véhicule, notamment les systèmes mécaniques, électriques et électroniques. Cette partie a permis de comprendre le rôle essentiel des capteurs, actionneurs et calculateurs dans le fonctionnement global du moteur et des différents organes du véhicule, constituant ainsi une base indispensable pour toute démarche de diagnostic.

Le deuxième chapitre a porté sur les **différents types d'appareils de diagnostic automobile**, où nous avons présenté les principaux équipements utilisés dans ce domaine, tels que les valises de diagnostic, le protocole OBD-II, ainsi que les instruments de mesure et d'analyse comme le multimètre et les outils de lecture des paramètres en temps réel. Cette étude a mis en évidence l'importance de ces dispositifs dans l'amélioration de la précision du diagnostic et la réduction du temps d'intervention.

Le troisième chapitre a été consacré aux **codes défauts de diagnostic (DTC – Diagnostic Trouble Codes)**, en expliquant leur principe de génération par les calculateurs électroniques et leur rôle dans l'identification des anomalies. L'analyse de ces codes constitue une étape fondamentale dans la démarche de diagnostic moderne, car elle permet d'orienter efficacement le technicien vers le système ou le composant défaillant.

Le quatrième chapitre a concerné un **stage pratique en atelier de maintenance automobile**, durant lequel plusieurs véhicules présentant différents types de dysfonctionnements ont été diagnostiqués. Cette phase pratique a permis d'appliquer une méthodologie rigoureuse allant de la lecture des codes défauts à l'analyse des données en temps réel, en passant par le contrôle des capteurs et actionneurs, jusqu'à l'identification précise des causes des pannes et la proposition de solutions adaptées. Cette expérience a renforcé la dimension professionnelle et opérationnelle de ce travail.

Par ailleurs, un volet complémentaire a été réalisé à travers la conception de certaines pièces d'un moteur **V6** à l'aide du logiciel SOLIDWORKS. Cette étape a permis de développer nos compétences en conception mécanique assistée par ordinateur et d'approfondir notre compréhension de la structure et du fonctionnement des moteurs modernes.

Conclusion Générale:

En conclusion, ce travail nous a permis d'acquérir des connaissances à la fois théoriques et pratiques dans le domaine du diagnostic automobile. Il a également mis en évidence l'importance croissante des technologies numériques et électroniques dans l'amélioration des performances des opérations de maintenance. Enfin, ce stage constitue une expérience enrichissante qui a contribué au développement de nos compétences techniques, analytiques et professionnelles, et qui nous prépare efficacement à une insertion dans le domaine de la maintenance et du diagnostic automobile.

Bibliographie

- [01] **DENTON, Tom.** Diagnostic des systèmes électroniques automobiles. Paris : Éditions Dunod, 2018.
- [02] **BOSCH.** La technologie automobile – Électricité et électronique embarquée. Paris : Dunod, 2014.
- [03] **VOLKSWAGEN AG.** Guide de diagnostic électronique OBD-II. Wolfsburg : Volkswagen Technical Service, 2020.
- [04] **AWARI, G.K; KUMBHAR, V.S.; TIRPUDE, R.B.** Automotive Systems: Principles and Practice. New Delhi : McGraw-Hill Education, 2020.
- [05] **SAE International. (2016).** J1962_201607: Diagnostic connector. SAE International.
- [06] Autel, MaxiCOM MK908 Pro II User Manual
- [07] **LAUNCH X-431 V** User Manual — ManualsLib.
- [08] **Halderman, J. D, & Ward, C. (2025).** Automotive technology: Principles, diagnosis, and service (7th ed.). Pearson.
- [09] **Robert Bosch GmbH. (2014).** Bosch automotive electrics and automotive electronics: Systems and components, networking and hybrid drive (5th ed.). Springer Vieweg.
- [10] “Diagnostic du système de carburant : conseils techniques | Delphi Auto Parts.”
- [11] CDX Automotive, *Fundamentals of Automotive Technology*, 2nd ed. Burlington: Jones & Bartlett Learning, 2020.
- [12] **T. Denton, *Advanced Automotive Fault Diagnosis***, 4th ed. London, United Kingdom: Routledge, 2020.
- [13] “Diagnostic batterie auto, tout savoir de l’entretien et du remplacement de la batterie de votre voiture.”
- [14] INFOBOOKS. Automotive Engineering Books Collection. Mexico : InfoBooks Organization, 2022.
- [15] <https://www.youtube.com/watch?v=cZJcM8417AU&t=3510s>. **V6 Car Engine Complete Tutorial SolidWorks STEP by STEP, Advanced Assembly**
- [16] **Haynes Publishing. (2009).** OBD-II & electronic engine management systems (1996-on). Haynes Publishing.

Bibliographie:

[17] OBD-II Diagnostic Trouble Codes (DTC).

[18]EL MISSAOUI, Le système de freinage 15 oct. 2020.

[19]**Y. ADJIRI 2019**, Étude de conception d'un système de freinage hydraulique automatique
Mémoire de master, Université Mohamed Khider de Biskra.

[20]**A. NACIM 2015**, Etude et conception d'un nouveau système de freinage ABS sur l'essieu
rigide E4 AX 21 équipant l'autocar SAFIR, Mémoire de fin d'étude, Université Mouloud
Mammeri de Tizi Ouzou.