

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mohamed Boudiaf - M'silla



Faculté de technologie

Département de Génie électrique

N° :/Dept.Electrique/2024

Domaine : Science et Technologie

Filière : Electromécanique

Option : Electromécanique

Mémoire de fin d'étude

Présenté pour l'obtention Du diplôme de Master Académique

Par:

Moussab Hassen youra

Mohamed Ahmed sidi Mohamed

Intitulé

Détection et réparation des defaults dans la gestion du moteur automobile diesel

Soutenu publiquement en juin 2024 devant le jury composé de :

Zine Guemmari

Prof/Univ. de M'sila

**Président
examinateur
encadrant**

Mabrouk Defdaf

Prof/Univ. de M'sila

Bouchala TARIK

Prof/Univ. de M'sila

Année universitaire 2023/2024

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

رَبِّ أَوْزَعْنِي أَنْ أَشْكُرْ نِعْمَتَكَ الَّتِي أَنْعَمْتَ عَلَيَّ وَعَلَى وَالِدَيَّ وَأَنْ أَعْمَلَ
صَلِحًا تَرْضَهُ وَأَدْخِلَنِي بِرَحْمَتِكَ فِي عِبَادِكَ الْصَّالِحِينَ

Remerciements

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements à mon encadrant, **Bouchala TARIK**, pour son suivi rigoureux, ses conseils avisés et son soutien tout au long de la réalisation de ce projet.

Mes remerciements vont également aux membres du jury, pour l'honneur qu'ils me font d'évaluer ce travail et le temps qu'ils y consacrent. Leurs remarques et recommandations me permettront d'enrichir davantage mes connaissances.

Dédicaces

À mes chers parents,

La source intarissable d'amour, de soutien et d'inspiration.

Vos dévouements sans faille et vos encouragements ont été mon phare dans les moments les plus sombres. Vos écoutes attentives et vos précieux conseils m'ont permis d'avancer avec détermination.

À ma belle-sœur,

Ma confidente et mon alliée. Ton humour apaisant et tes mots réconfortants ont su apaiser mes doutes. Ta présence à mes côtés fut un véritable réconfort tout au long de ce parcours.

À mes amis fidèles,

Qui ont cru en moi bien avant que je ne crois en moi-même. Votre amitié sincère et votre soutien indéfectible ont rendu ce défi plus léger. Nos fous rires resteront gravés comme des bouffées d'air frais qui m'ont permis de reprendre mon souffle.

Ce travail est le fruit de votre amour, de vos sacrifices et de votre confiance en moi. C'est à vous que je dédie cette réalisation, témoin de votre investissement à mes côtés. Puisse cette étape marquante m'ouvrir les portes d'un avenir radieux où je pourrai vous rendre fiers.

Moussab.

Dédicaces

À mes chers parents,

La source intarissable d'amour, de soutien et d'inspiration.

Vos dévouements sans faille et vos encouragements ont été mon phare dans les moments les plus sombres. Vos écoutes attentives et vos précieux conseils m'ont permis d'avancer avec détermination.

À mes frère et sœurs,

Vos humours apaisant et vos mots réconfortants ont su apaiser mes doutes. Votre présence à mes côtés fut un véritable réconfort tout au long de ce parcours.

À mes amis fidèles,

Qui ont cru en moi bien avant que je ne crois en moi-même. Votre amitié sincère et votre soutien indéfectible ont rendu ce défi plus léger. Nos fous rires resteront gravés comme des bouffées d'air frais qui m'ont permis de reprendre mon souffle.

Ce travail est le fruit de votre amour, de vos sacrifices et de votre confiance en moi. C'est à vous que je dédie cette réalisation, témoin de votre investissement à mes côtés. Puisse cette étape marquante m'ouvrir les portes d'un avenir radieux où je pourrai vous rendre fiers.

Mohamed.

Table de matières

Liste des figures.....	I
Liste des tableaux	V
INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE 1	3
Construction et principe de fonctionnement d'un moteur diesel.....	3
Introduction	3
I.1 Principe de fonctionnement d'un moteur diesel :.....	3
I.1.1 Cycle à quatre temps	4
I.2 La construction du moteur diesel	6
I.2.1 Organe fixe :.....	6
I.2.2 Les organes mobiles.....	9
I.3 Equation de combustion.....	14
I.3.1 Généralités sur la combustion :	14
I.4 Les différents types des moteurs diesels	15
I.4.1 Selon le type d'injection.....	15
I.4.2 Selon la disposition des cylindres	17
Conclusion :.....	20
CHAPITRE 2	21
Circuits de gestion moteur.....	21
Introduction	21
II.1 Circuit d'alimentation en carburant :.....	21
II.1.1 Réservoir du carburant.....	21
II.1.2 Pompe d'alimentation basse pression.....	22
II.1.3 Filtre à carburant.....	23
II.1.4 Pompe d'alimentation haute pression.....	23
II.1.5 Rampe commune (Common Rail)	24
II.1.6 Injecteur	25
II.1.7 Régulateur de pression.....	25
II.2 Circuit d'admission et échappement.....	26
II.2.1 Circuit d'admission d'air	26
II.2.2 Filtre à air.....	27
II.2.3 Turbocompresseur	27
II.2.4 Débitmètre	28
II.2.5 Collecteur d'admission	28
II.2.6 Echangeur	29
II.2.7 Papillon	29

II.2.2 Circuit d'échappement.....	30
II.2.2.1 Collecteur d'échappement	30
II.2.2.2 Catalyseur	31
II.2.2.3 Filtre a particule	31
II.2.2.4 Pot d'échappement (ou silencieux).....	32
II.3 Circuits de refroidissement	32
II.3.1 Radiateur.....	33
II.3.2 Pompe à eau :	33
II.3.3 Thermostat :	34
II.3.4 Liquide de refroidissement :	34
II.3.5 Ventilateur de refroidissement :	35
II.3.6 Durite d'eau :	35
II.3.7 Filtre à liquide de refroidissement :	36
II.3.8 Bocal/Réservoir d'eau :	36
Conclusion :.....	37
Chapitre 3	39
Introduction	39
III.1 Principe de fonctionnement d'un capteur.....	39
III.2 Les capteurs de circuit d'alimentation en carburant.....	42
III.2.1 Capteur de pédale d'accélérateur (capteur d'accélération).....	42
III.2.2 Capteur de pression carburant	44
III.2.3 Capteur de température carburant :	45
III.3 Les capteurs de circuit d'admission et d'échappement.....	46
III.3.1 Capteur débitmètre d'air massique :.....	46
III.3.2 Capteur de pression d'admission :	47
III.3.3 Capteur de température d'air :	48
III.3.4 Capteur de position de papillon :.....	50
III.3.5 Capteur d'oxygène (sonde lambda) :.....	51
III.4 Les capteurs de circuits de refroidissement.....	52
III.4.1 Capteur de niveau de liquide de refroidissement :	52
III.4.2 Capteur de température de liquide de refroidissement	54
III.4.3 capteur de température d'huile moteur	55
III.5 Autre capteurs.....	56
III.5.1 Capteur de régime moteur :	56
III.5.2 Capteur d'arbre à came :.....	58
CONCLUSION	60
Chapitre 4	61

Introduction	61
IV.1 Appareils de mesure et de diagnostic :.....	61
IV.1.1 Le multimètre	61
IV.1.2 L'oscilloscope	63
IV.1.3 L'appareil de diagnostic	63
IV.3 Différentes étapes de diagnostic.....	69
IV.4 Visualisation de paramètre en temps réel.....	74
Conclusion générale	77
Perspective	78
BIBLIOGRAPHIQUE.....	79
Résume	81

Liste des figures :

Figure I. 1 : Schéma d'un moteur Diesel à injection direct [2]	3
Figure I. 2 : Le fonctionnement du moteur diesel à 4 temps[3].....	4
Figure I. 3: L'admission d'air	4
Figure I. 4: La compression d'air	4
Figure I. 5: L'explosion[2]	5
Figure I. 6: L'échappement[2].....	5
Figure I. 7: Bloc-moteur	6
Figure I. 8: La chemise	7
Figure I. 9: La culasse	7
Figure I. 10: Joint de culasse[6]	8
Figure I. 11: Le Carter	8
Figure I. 12: Cache culbuteur.....	9
Figure I. 13: Les Collecteurs[6]	9
Figure I. 14: Le piston[6]	10
Figure I. 15: Le vilebrequin [5].....	10
Figure I. 16: Les soupapes[5].....	11
Figure I. 17: Courroie de distribution[5].....	12
Figure I. 18: Bielle[4]	13
Figure I. 19: Arbre à came[6]	13
Figure I. 20: Triangle du feu[9]	14
Figure I. 21: Les structures des préchambres de combustion	16
Figure I. 22: L'injection directe	17
Figure I. 23: Moteur type en ligne[8].....	17
Figure I. 24: Moteurs V[24].....	18
Figure I. 25: Moteurs w[8].....	18
Figure I. 26: Moteur en U [4].....	19
Figure II. 1 : Circuit d'alimentation en carburant.....	21
Figure II. 2: Réservoir du carburant	22
Figure II. 3: Pompe d'alimentation basse pression	22
Figure II. 4: Filtre à carburant.....	23
Figure II. 5: Pompe d'alimentation haute pression.....	23
Figure II. 6: La rampe commune	24
Figure II. 7: Les injecteurs.....	25
Figure II. 8: Régulateur de pression	26
Figure II. 9: Circuit d'admission et échappement	26
Figure II. 10: Filtre à air	27
Figure II. 11: Turbocompresseur	27
Figure II. 12: Débitmètre	28
Figure II. 13: Collecteur d'admission	28
Figure II. 14: Echangeur	29
Figure II. 15: Papillon	29
Figure II. 16: Collecteur d'échappement	30
Figure II. 17: Catalyseur	31

Figure II. 18: Filtre a particule.....	31
Figure II. 19: Pot d'échappement	32
Figure II. 20: Circuits de refroidissement.....	32
Figure II. 21: radiateur	33
Figure II. 22: pompe à eau	33
Figure II. 23: Thermostat.....	34
Figure II. 24: liquide de refroidissements	34
Figure II. 25: Moto-ventilateurs	35
Figure II. 26: durite d'eau	35
Figure II. 27: filtre à liquide de refroidissement.....	36
Figure II. 28: Bocal d'eau	36

Figure III. 1 principe de fonctionnement d'un capteur	39
Figure III. 2: Interface du logiciel de simulation	40
Figure III. 3: schéma global de circuit électrique	40
Figure III. 4: Logiciels de données constructeur	41
Figure III. 5: Capteur pédale d'accélérateur	42
Figure III. 6 : teste de capteur pédale d'accélération	43
Figure III. 7: capteur pression carburant	44
Figure III. 8: Capteur de température carburant	45
Figure III. 9: capteur débitmètre d'air massique	46
Figure III. 10: teste de capteur de débit d'air	47
Figure III. 11: Capteur de pression d'admission	47
Figure III. 12: capteur de température d'air	48
Figure III. 13: caractéristique du capteur température	49
Figure III. 14: capteur de position de papillon	50
Figure III. 15: capteur sonde lambda.....	51
Figure III. 16: test de capteur d'oxygène.....	52
Figure III. 17: Capteur niveau de liquide de refroidissements	53
Figure III. 18: Capteur de température liquide refroidissement	54
Figure III. 19: capteur de température d'huile moteur	55
Figure III. 20: Capteur de régime moteur.....	56
Figure III. 21: Signal d'un capteur inductif de Régime moteur.....	57
Figure III. 22: teste de capteur régime moteur	58
Figure III. 23: Capteur d'arbre à came	58
Figure III. 24: teste de capteur d'arbre came.....	59

Figure III. 1 principe de fonctionnement d'un capteur	39
Figure III. 2: Interface du logiciel de simulation	40
Figure III. 3: schéma global de circuit électrique	40
Figure III. 4: Logiciels de données constructeur	41
Figure III. 5: Capteur pédale d'accélérateur	42
Figure III. 6 : teste de capteur pédale d'accélération	43
Figure III. 7: capteur pression carburant	44
Figure III. 8: Capteur de température carburant	45
Figure III. 9: capteur débitmètre d'air massique	46

Figure III. 10: teste de capteur de débit d'air	47
Figure III. 11: Capteur de pression d'admission	47
Figure III. 12: capteur de température d'air	48
Figure III. 13: caractéristique du capteur température	49
Figure III. 14: capteur de position de papillon	50
Figure III. 15: capteur sonde lambda	51
Figure III. 16: test de capteur d'oxygène	52
Figure III. 17: Capteur niveau de liquide de refroidissement	53
Figure III. 18: Capteur de température liquide refroidissement	54
Figure III. 19: capteur de température d'huile moteur	55
Figure III. 20: Capteur de régime moteur	56
Figure III. 21: Signal d'un capteur inductif de Régime moteur	57
Figure III. 22: teste de capteur régime moteur	58
Figure III. 23: Capteur d'arbre à came	58
Figure III. 24: teste de capteur d'arbre came	59
Figure IV. 1 : Test du capteur de vilebrequin/arbre à cames	62
Figure IV. 2: Test de la sonde lambda	62
Figure IV. 3: Test d'injecteur	62
Figure IV. 4: oscilloscope portable	63
Figure IV. 5: Insérez le launchX431 dans le port OBDII du véhicule	65
Figure IV. 6: Signal de capteur de pédale d'accélérateur	65
Figure IV. 7: Capteur d'arbre à cames	66
Figure IV. 8: signal de Capteur de vilebrequin	67
Figure IV. 9: signal de capteur d'oxygène	67
Figure IV. 10: signal de Débitmètre d'air	68
Figure IV. 11: port OBD.II	69
Figure IV. 12: branchement du scanner launch	69
Figure IV. 13: application digzone pro	70
Figure IV. 14: choix de la sélection	70
Figure IV. 15: type de voiture	71
Figure IV. 16: modèle de la voiture	71
Figure IV. 17: Informations sur le modèle du véhicule	72
Figure IV. 18: paramètre de l'ECU	72
Figure IV. 19: sélectionnez (lire le code d'erreur)	73
Figure IV. 20: les codes des défauts	73
Figure IV. 21: Grandeur mesurées au ralenti	74

Liste des tableaux

Tableau III. 1 caractéristique du Capteur pédale d'accélérateur	43
Tableau III. 2: caractéristique du capteur pression carburant	44
Tableau III. 3: caractéristique du Capteur de température carburant.....	45
Tableau III. 4: caractéristique capteur débitmètre d'air massique.....	46
Tableau III. 5: caractéristique capteur de pression d'admission	48
Tableau III. 6: caractéristique capteur de température d'air	49
Tableau III. 7: caractéristique capteur sonde lambda	52
Tableau III. 8: caractéristique de Capteur niveau de liquide de refroidissement.....	53
Tableau III. 9: caractéristique Capteur de température liquide refroidissement.....	54
Tableau III. 10: caractéristique du capteur de température d'huile moteur.....	56
Tableau III. 11: caractéristique du Capteur de régime moteur	57
Tableau III. 12: caractéristique Capteur d'arbre à came.....	59

INTRODUCTION GENERALE

Les véhicules modernes représentent une véritable vitrine de l'évolution technologique, intégrant de manière harmonieuse des systèmes électroniques et mécaniques sophistiqués pour garantir des performances optimales, une sécurité accrue et une efficacité énergétique remarquable. Cette transformation technologique a été rendue possible grâce à l'intégration de systèmes de gestion électronique avancés, qui supervisent et régulent en temps réel les différents paramètres du moteur et des circuits associés.

Cependant, malgré ces avancées considérables, les véhicules ne sont pas à l'abri des pannes et des dysfonctionnements. Ces problèmes peuvent résulter de l'usure naturelle, de l'environnement opérationnel, ou encore de défauts techniques. Par conséquent, la détection précoce et la réparation efficace des défauts revêtent une importance cruciale pour maintenir la fiabilité et la durabilité des véhicules, tout en garantissant la sécurité de leurs occupants [1].

Le diagnostic automobile joue un rôle central dans cette démarche. En identifiant avec précision les causes des problèmes, il permet d'effectuer des réparations ciblées, d'optimiser les performances des véhicules et de prévenir les pannes futures. L'usage d'outils de diagnostic sophistiqués et d'une compréhension approfondie des divers systèmes et composants des véhicules sont essentiels pour réussir ces interventions [2].

Cette étude se concentre sur les systèmes de gestion des moteurs diesel, en mettant en lumière les principes de fonctionnement, les composants clés et les techniques de diagnostic. Elle vise à fournir une vue d'ensemble des technologies actuelles et des pratiques de maintenance qui contribuent à la performance et à la longévité des moteurs diesel modernes.

Ce document est structuré en quatre chapitres principaux, chacun explorant des aspects spécifiques du moteur diesel, de sa gestion et de son entretien.

Le premier chapitre aborde les fondamentaux du moteur diesel, en commençant par le cycle à quatre temps qui constitue la base de son fonctionnement. Nous examinerons ensuite la construction du moteur, en distinguant les composants fixes et mobiles, et nous terminerons par une discussion sur l'équation de combustion et les différents types de moteurs diesel, classifiés selon le type d'injection et la disposition des cylindres.

Le deuxième chapitre est consacré aux circuits de gestion moteur, essentiels pour assurer l'alimentation en carburant, l'admission et l'échappement des gaz, ainsi que le refroidissement du moteur. Chaque section détaille les composants spécifiques de ces circuits, tels que les pompes, les filtres, les turbocompresseurs et les systèmes de refroidissement, en soulignant leur rôle et leur importance dans le fonctionnement global du moteur diesel.

Dans le troisième chapitre, nous nous penchons sur les capteurs qui jouent un rôle crucial dans la gestion et le contrôle des différents circuits du moteur diesel. Ces capteurs permettent de surveiller des paramètres clés tels que la pression, la température et le débit, garantissant ainsi un fonctionnement optimal et sécurisé du moteur. Nous explorerons les principes de fonctionnement de ces capteurs et leur application dans les circuits d'alimentation en carburant, d'admission et d'échappement, ainsi que dans les systèmes de refroidissement.

Le dernier chapitre traite de la détection et de la réparation des défauts, un aspect vital pour la maintenance des moteurs diesel. Nous discuterons de l'importance du diagnostic automobile, des différents types de diagnostics (électronique, mécanique et des performances) et des divers appareils de diagnostic disponibles. Une partie pratique est également incluse, présentant le logiciel LAUNCH et les étapes détaillées du processus de diagnostic.

CHAPITRE 1

Construction et principe de fonctionnement d'un moteur diesel

Introduction

Fruit des travaux de l'ingénieur allemand Rudolf Diesel, le moteur diesel est un moteur à Combustion interne dont l'allumage n'est pas commandé mais spontané, par phénomène d'auto-Inflammation. Ce moteur est connu par sa puissance et son rendement élevé par rapport aux autres moteurs à combustion interne.

Le moteur à combustion est un dispositif mécanique capable de convertir l'énergie chimique d'un combustible en énergie mécanique. L'énergie chimique du combustible est d'abord Convertie en chaleur par combustion, puis la chaleur est convertie en travail mécanique. [3]

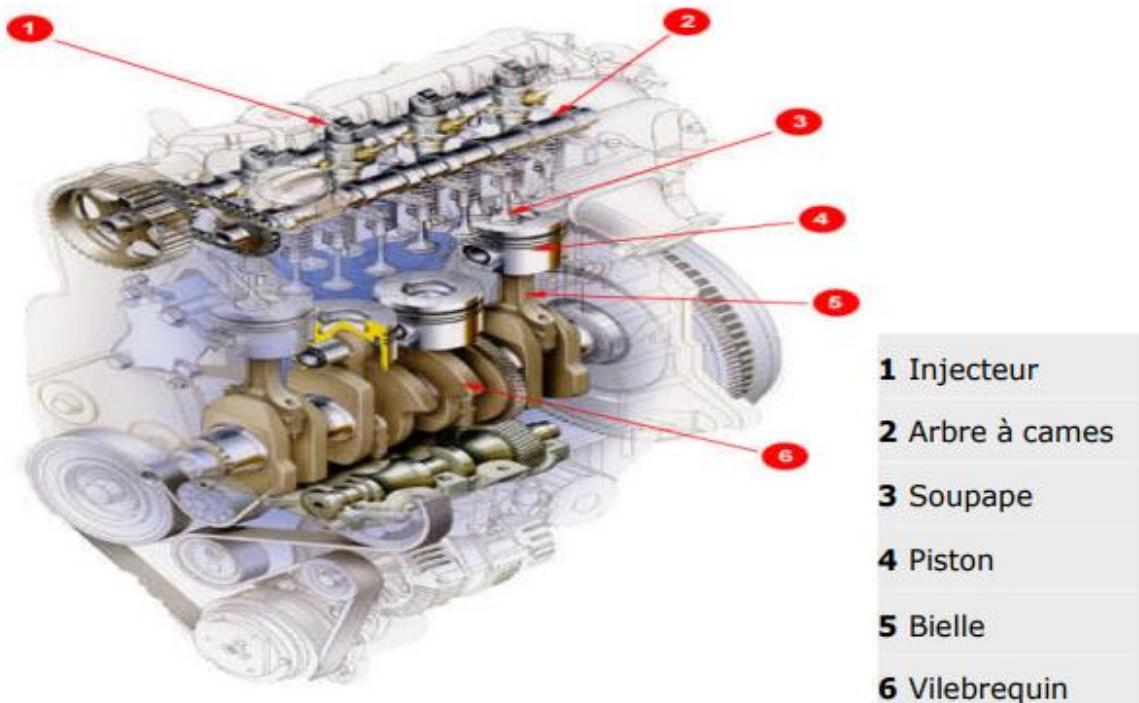


Figure I. 1 : Schéma d'un moteur Diesel à injection direct

I.1 Principe de fonctionnement d'un moteur diesel :

Le moteur diesel fonctionne selon les quatre phases fondamentales décrites par l'ingénieur français Alphonse Beau de Rochas (admission, compression, combustion, détente et échappement). Suivant que les phases du cycle se répartissent sur un tour ou sur deux tours de vilebrequin ; le moteur diesel fonctionne selon les cycles à deux temps (un tour de vilebrequin) ou à quatre temps (deux tours de vilebrequin) [5]

I.1.1 Cycle à quatre temps

C'est l'ensemble des évolutions que subisse une même masse de mélange depuis son entrée dans le cylindre jusqu'à son rejet dans l'atmosphère,

Avec variation de volume, de pression et de température. Les quatre temps correspondent à une rotation du vilebrequin égale à 720° , soit deux tours. Dans ce cycle nous avons les phases suivantes (Figure 1.2) [3]

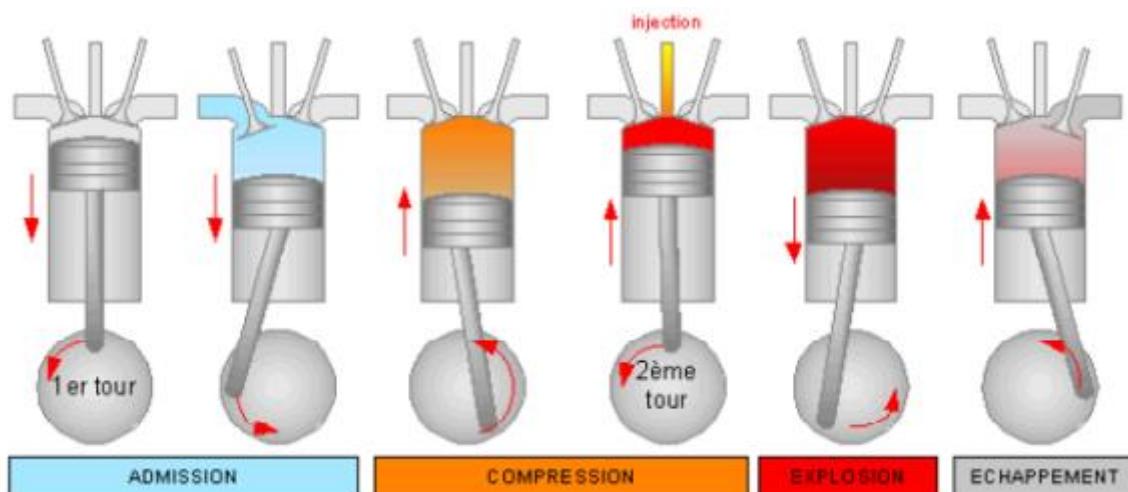


Figure I. 2 :Le fonctionnement du moteur diesel à 4 temps[5]

I.1.1.1. 1er temps : Admission



Figure I. 3: L'admission d'air

La soupape d'admission s'ouvre alors que le piston descend du point mort haut au point mort bas. L'air poussé par la pression atmosphérique entre dans la culasse. [4]

I.1.1.2. 2 e temps : Compression



Figure I. 4: La compression d'air

Les deux soupapes sont fermées ; le piston monte du point mort bas au point mort haut. Il comprime alors l'air admis dans le cylindre lors du temps précédent. L'air contenu dans le cylindre est porté à une température d'environ, 440°C par le fait qu'on le comprime [4]

I.1.3. 3 e temps : L'explosion ou temps moteur



Figure I. 5: L'explosion

Lorsque le piston arrive au voisinage du PMH enfin de compression, on injecte le combustible pulvérisé dans la chambre de combustion. La pression d'injection doit naturellement être supérieur à la pression régnant alors dans le cylindre pour permettre l'introduction du combustible. Elle varie suivant le type de moteur entre 8.106 et 25.106 Pascals. Au contact de l'air comprimé à température élevée, le combustible s'enflamme de lui-même la température d'inflammation du gas-oil étant voisine de 300° C, donc bien inférieure à celle de l'air contenu dans le cylindre. Il s'enflamme spontanément à mesure qu'il est injecté. Néanmoins, un certain temps mesurable s'écoule entre le début de l'injection et le début de la combustion. Cette intervalle est connue sous le nom de "délai d'allumage". Les gaz augmentent très rapidement de volume, leur détente chasse le piston vers le bas, ou PMB. Le vilebrequin reçoit de l'énergie durant toute cette course : c'est le temps moteur. Au moment de la combustion la pression atteint 5.106 à 107 Pascals ; la température est alors de l'ordre de 1800° à 2000° C [3]

I.1.4. 4 e temps : Echappement



Figure I. 6: L'échappement

La soupape d'échappement s'ouvre, les gaz brûlés sont chassés par le piston qui remonte [3]

I.2 La construction du moteur diesel

Le moteur Diesel est constitué de plusieurs pièces qu'on peut classer selon leur mouvement en :

I.2.1 Organe fixe :

I.2.1.1 **Bloc moteur**

Le bloc moteur, également connu sous le nom de carter, est le composant le plus important du moteur. Il abrite les cylindres et diverses pièces du moteur telles que l'équipement d'injection, le vilebrequin, la distribution et les auxiliaires électriques. Il est essentiel que le bloc moteur soit doté d'une étanchéité solide et soit suffisamment robuste pour supporter les pressions importantes à l'intérieur des cylindres pendant le processus de combustion. [6]



Figure I. 7: Bloc-moteur

I.2.1.2 **Chemise de cylindre**

Les chemises sont fabriquées à partir d'un type particulier de fonte qui a été centrifugée et qui peut être facilement retirée. Chaque enveloppe est fixée à la partie supérieure par le fait que son col est fermement positionné entre la culasse et le bloc. La partie inférieure est insérée dans le bloc et isolée de l'eau par des joints toriques. [5]



Figure I. 8: La chemise

I.2.1.3 La Culasse

Disposée à l'extrémité supérieure du cylindre, elle ferme le cylindre et constitue chambre de combustion. Elle comporte les éléments de distribution, l'injecteur, les conduits d'admission et d'échappement. Très fortement sollicitée du point de chambres d'eau sont nécessaires à son refroidissement [7]



Figure I. 9: La culasse

I.2.1.4 Joint de culasse

Le joint de culasse, généralement composé de deux couches de cuivre ou parfois simplifié en une seule feuille de cuivre, sert à établir une étanchéité sûre entre la culasse et le bloc-cylindres. [7]



Figure I. 10: Joint de culasse

I.2.1.5 Carter

Le carter est une enveloppe métallique placée à la partie inférieure du moteur, le carter se compose de :

- Le demi-carter supérieur fixé par les boulons à la partie inférieure de bloc-cylindres. Il est coulé avec l'ensemble du bloc-cylindres, il forme le carter cylindre.
- Le demi-carter inférieur ferme complètement la partie inférieure de bloc-moteur. [6]



Figure I. 11: Le Carter

I.2.1.6 Cache culbuteur

Le cache-culbuteur est un composant qui couvre la culasse située sur la face supérieure.



Figure I. 12: Cache culbuteur

I.2.1.7 Les Collecteurs

Le collecteur d'admission regroupe les conduits qui amènent les gaz frais aux soupapes d'admission et le collecteur d'échappement contient ceux qui emmènent les gaz brûlés depuis les soupapes d'échappement. [7]

Ce sont des pièces moulées, en alliage léger pour l'admission et en fonte pour l'échappement



Figure I. 13: Les Collecteurs

I.2.2 Les organes mobiles

I.2.2.1 Le Piston

Le piston, qui présente généralement une forme circulaire, fonctionne comme un composant rigide qui se déplace à l'intérieur d'un cylindre conçu pour épouser sa forme. Il est courant que les pistons soient fabriqués à l'aide d'un alliage d'aluminium afin d'obtenir une composition

légère et de faciliter la conduction thermique pendant le fonctionnement du moteur. Le rôle principal du piston consiste à comprimer le mélange air-carburant à l'intérieur du cylindre pour faciliter la combustion, à convertir cette énergie en énergie thermique, puis en travail mécanique. [7]

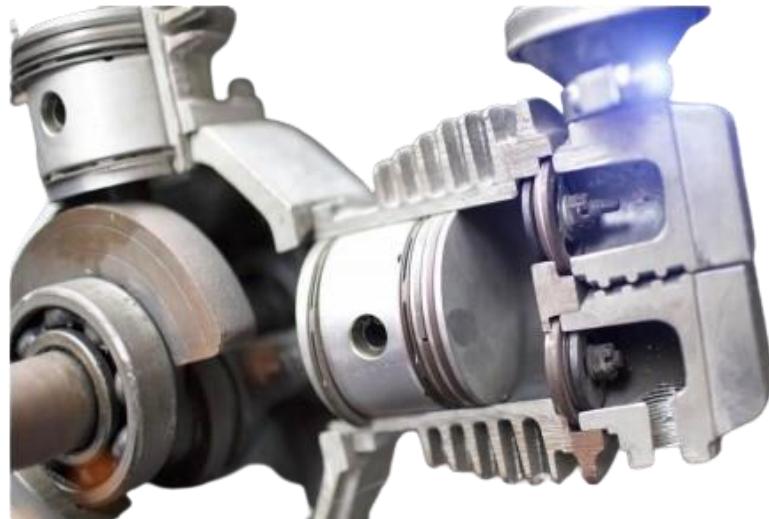


Figure I. 14: Le piston

I.2.2.2 Le Vilebrequin

Le vilebrequin constitue un composant à la fois des moteurs à combustion interne et des moteurs Stirling. En tant que composant clé de l'agencement à manivelle, il facilite la conversion du mouvement linéaire alternatif résultant des pistons en un mouvement de rotation ininterrompu. Par conséquent, le vilebrequin propulse divers composants du moteur nécessitant un mouvement de rotation, notamment la transmission principale, l'alternateur, et Les contre-arbres d'équilibrage. [8]



Figure I. 15: Le vilebrequin

I.2.2.3 Les Soupapes

Une soupape sert de dispositif mécanique utilisé pour la distribution des gaz frais et brûlés dans les moteurs thermiques à quatre temps.

Généralement, une soupape d'admission fait office de barrière entre le conduit d'admission et la chambre de combustion, tandis qu'une soupape d'échappement sépare la chambre de combustion du conduit d'échappement. Les vannes sont généralement classées en vannes à tige (ou vannes tulipes), vannes rotatives et vannes à enveloppe pivotante. [6]

Les soupapes tige/tulipe sont les plus utilisées dans les moteurs à combustion interne modernes, souvent contrôlées par un arbre à cames et soutenues par des ressorts de rappel. Les soupapes peuvent être classées en deux types principaux :

- Les soupapes d'admission
- Les soupapes d'échappement.



Figure I. 16: Les soupapes

I.2.2.4 Courroie de distribution

La courroie de distribution joue un rôle crucial dans la mécanisation d'une automobile en facilitant la coordination de certains mécanismes internes. L'un des principaux objectifs de la courroie de distribution est d'harmoniser le fonctionnement des soupapes et des pistons afin d'assurer un fonctionnement optimal du moteur. De plus, dans des cas spécifiques, il est utilisé pour alimenter la pompe à eau, un élément essentiel du système de refroidissement du moteur. [6]



Figure I. 17: Courroie de distribution

I.2.2.5 Bielle

La bielle sert de liaison intermédiaire reliant le piston au vilebrequin. Il est impératif que ce composant soit une tige forgée qui incarne un équilibre délicat entre une construction légère et des niveaux de résistance élevés.

La bielle est composée de trois éléments :

- **Le pied**

- C'est la liaison entre la bielle et le piston.
- Il est percé et alésé en cas d'axe serré dans la bielle.
- Il est percé et alésé avec une bague en bronze en cas d'axe libre dans la bielle ; la bague est alors percée pour assurer la lubrification de l'axe.

- **La tête**

- C'est la liaison avec le vilebrequin (manetons).

Elle comporte 2 parties :

- l'une solidaire du cor " la tête ".
- l'autre rapportée : " le chapeau " ; ce dernier est fixé par des boulons à écrous auto-serrures.

- **Le corps**

La structure du corps sert à maintenir la rigidité de la pièce et présente généralement un profil en forme de I qui s'étend des extrémités inférieures à la région la plus haute. [8]



Figure I. 18: Bielle

I.2.2.6 Arbre à cames

Un arbre à cames est un composant mécanique essentiel utilisé dans divers moteurs pour convertir le mouvement de rotation continu du vilebrequin en un mouvement linéaire alternatif.

Ce système complexe se compose de lobes ou de cames spécialement conçus qui agissent sur d'autres composants du moteur pour ouvrir et fermer les soupapes ou actionner d'autres mécanismes du moteur. [9]



Figure I. 19: Arbre à came

I.2.2.7 Le volant moteur

Le volant a de multiples fonctions au sein d'un véhicule. Il est impliqué dans le transfert de l'énergie de rotation du moteur aux roues, tout en jouant un rôle crucial dans le fonctionnement de l'embrayage. De plus, le volant aide à réguler la rotation du moteur et joue un rôle clé dans

le processus de démarrage. Les dents présentes sur le volant sont notamment utilisées pour engager le mécanisme de démarrage. [10]



Fig.1.20. Le Volant moteur

I.3 Equation de combustion

I.3.1 Généralités sur la combustion :

La combustion est une réaction chimique entre un corps combustible et un corps comburant. Cette manifestation, globalement exothermique, est un ensemble de phénomènes physico-chimiques complexes, plus ou moins lents. Il en résulte une action d'oxydo-réduction. La réaction chimique de combustion ne peut se produire que si l'on réunit trois éléments : un combustible, un comburant, une énergie d'activation en quantités suffisantes. On représente de façon symbolique cette association par le triangle du feu (Figure 1.20). De la même manière, la combustion cesse dès qu'un élément du triangle est enlevé. [11]



Figure I. 20: Triangle du feu

I.3.1.1 Approche globale de la combustion

Une réaction complète de combustion est représentée par une équation chimique ou équation de combustion. Celle-ci traduit la relation entre la composition des réactifs présents dans le cylindre et celle des produits formés à l'issue de la combustion. L'équation chimique comporte deux membres, les réactifs sont placés dans le membre de gauche et les produits dans le membre de droite, elle respecte le principe de conservation de la masse de chaque molécule. [11]



Masse atomique de chaque corps :

- carbone 12 - oxygène 16 - hydrogène 1 - Azote 14

Masse atomique de l'air :

$$24,5 (\text{O}_2 + 3,76 \text{ N}_2) = (24,5 \times 32) + (24,5 \times 3,76 \times 28) = 3360 \text{ g}$$

Masse atomique du gazole :

$$\text{C 16 H 34} = (16 \times 12) + (34 \times 1) = 226 \text{ g}$$

Dosage théorique : $\frac{226}{3360} = \frac{1}{14,9}$ Il faut théoriquement 14,9 g d'air pour brûler 1 g de gazole

I.4 Les différents types des moteurs diesels

I.4.1 Selon le type d'injection

On distingue deux catégories de moteurs selon le type d'injection. Deux grands types d'injection existent :

I.4.1.1 Les Moteurs à injection indirecte :

Pour qu'un moteur à combustion interne fonctionne avec régularité et ait un bon rendement, le carburant et l'air doivent être correctement mélangés. Les problèmes posés par le mélange air-carburant sont particulièrement compliqués dans un moteur Diesel, car ces composants y sont introduits dans les cylindres à des moments du cycle différent. Il existe deux types d'injection : l'injection directe et l'injection indirecte.

Traditionnellement, c'est la solution de l'injection indirecte qui a été employée, car elle constitue le moyen le plus simple de créer une turbulence qui assure un mélange intime de la dose de carburant avec l'air déjà fortement comprimé dans la chambre de combustion. Aussi, dans un moteur à injection indirecte, le carburant n'est pas injecté directement dans la chambre de combustion principale, mais il est envoyé dans une petite chambre de turbulence en spirale (appelée aussi chambre de précombustion) où s'amorce en réalité la combustion voir figure (1.21) ; L'inconvénient de ce système réside dans le fait que la chambre de turbulence est en fin de compte une annexe de la chambre de combustion, avec laquelle elle constitue un ensemble de forme peu propice à l'obtention d'une combustion réellement totale et régulière, la figure 1-21 démontre deux types de ces moteurs.[5]

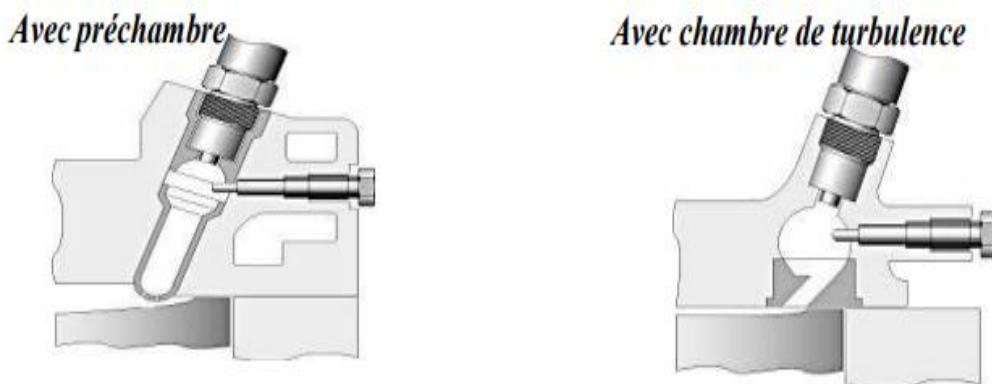


Figure I. 21: Les structures des préchambres de combustion

I.4.1.2 Les Moteurs à injection directe :

Le système d'injection directe est assez commun entre un moteur diesel et une motrice essence, ce qui n'est pas le cas pour l'injection indirecte dont la conception change en partie. Ici c'est donc assez simple : le bout de l'injecteur donne directement sur la chambre de combustion (le cylindre), il va donc pulvériser le carburant directement dans cette chambre au moment voulu (3ème temps sur les quatre temps). Sur un diesel, il est un peu plus difficile d'injecter le gazole car il est moins fluide que l'essence. En conséquence, l'injection est souvent plus puissante en termes de pression. Notez qu'il ne s'agit pas d'une bougie mais bel et bien d'un injecteur. Le carburant est ici envoyé sous pression directement dans la chambre de combustion. [5]



Figure I. 22: L'injection directe

I.4.2 Selon la disposition des cylindres

I.4.2.1 Moteur en ligne



Figure I. 23: Moteur type en ligne

Les cylindres sont alignés en une seule rangée, les uns derrière les autres. On distingue les moteurs en ligne normaux, pour lesquels l'ensemble cylindre-piston est au-dessus de l'arbre moteur, et les moteurs en ligne inversés, pour lesquels l'ensemble cylindre-piston est au-dessous de l'arbre moteur. C'est l'architecture de moteur automobile la plus utilisée actuellement. [7]

I.4.2.2 Moteur en V

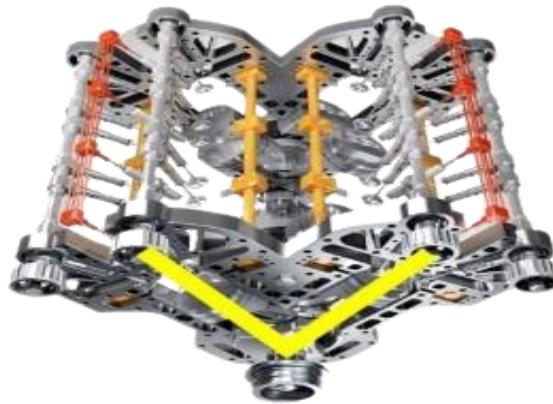


Figure I. 24: Moteurs V

Un moteur avec cylindres en V est un moteur où les cylindres sont placés les uns à côté des autres longitudinalement mais décalé d'un certain angle (15 à 135°) latéralement par paire, ce qui permet de les placer plus près les uns des autres, les têtes de cylindre s'intercalant les unes avec les autres.

Les bielles d'une paire de cylindres sont généralement placées sur le même maneton du vilebrequin, rarement sur deux manetons décalés. Lorsqu'elles partagent le même maneton, elles peuvent être placées côte à côte ou entrecroisées. [10]

I.4.2.3 Moteur avec cylindres en W :

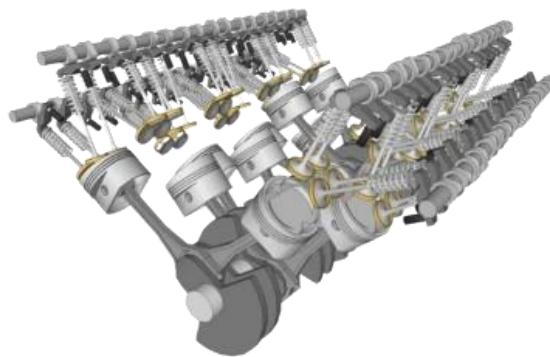


Figure I. 25: Moteurs w

L'expression cylindres en W peut se comprendre de deux façons :

- ❖ Disposition en double V accolé, ce qui donne trois rangées de cylindres.

- ❖ Disposition en double V séparé, ce qui donne quatre rangées de cylindres (pouvant regroupées deux par deux). [7]

On appelle moteur à cylindres en W, un assemblage en V de deux blocs moteurs en V fermé. Chaque bloc en V présente un bloc et une culasse unique, comme celle d'un moteur en ligne, les cylindres étant disposés en quinconce. [10]

I.4.2.4 Moteur en U :



Figure I. 26: Moteur en U

Le moteur en U est un type de moteur à combustion caractérisé par un agencement des cylindres en forme de U les uns par rapport aux autres et par rapport aux vilebrequins, on obtient ce type de moteur quand on combine et relie entre eux deux moteurs en ligne. [8]

Conclusion :

Nous avons commencé par une introduction, mettant en lumière l'origine et les caractéristiques fondamentales des moteurs diesel, notamment leur efficacité élevée et leur fonctionnement basé sur l'auto-inflammation du carburant. Ensuite, nous avons examiné le principe de fonctionnement du moteur diesel, en décomposant les quatre temps du cycle moteur et en expliquant chaque phase, de l'admission à l'échappement.

En ce qui concerne la construction du moteur, nous avons passé en revue les principales composantes fixes et mobiles, telles que le bloc moteur, les chemises de cylindre, la culasse, les pistons, le vilebrequin, les soupapes, la courroie de distribution, la bielle, l'arbre à cames et le volant moteur. Chaque élément a été décrit en détail pour illustrer son rôle crucial dans le fonctionnement global du moteur.

Nous avons également abordé l'équation de combustion, soulignant l'importance de la réaction chimique dans le processus de conversion de l'énergie chimique du carburant en énergie mécanique. Enfin, nous avons exploré les différents types de moteurs diesel en fonction de critères tels que le type d'injection et la disposition des cylindres.

CHAPITRE 2

Circuits de gestion moteur



Introduction

Le système de gestion du moteur diesel constitue le noyau sophistiqué chargé de coordonner les diverses opérations essentielles au fonctionnement efficace du moteur. Il fonctionne comme un centre de contrôle électronique qui supervise et régule de nombreux facteurs afin d'améliorer les performances du moteur conformément aux réglementations environnementales.

II.1 Circuit d'alimentation en carburant :

Le système d'alimentation joue un rôle crucial dans les moteurs diesel en facilitant le transfert du carburant du réservoir vers les éléments d'injection. Sa fonction principale est d'assurer un approvisionnement constant en carburant propre et sans air à une pression appropriée pour soutenir efficacement le mécanisme d'injection haute pression. [12].

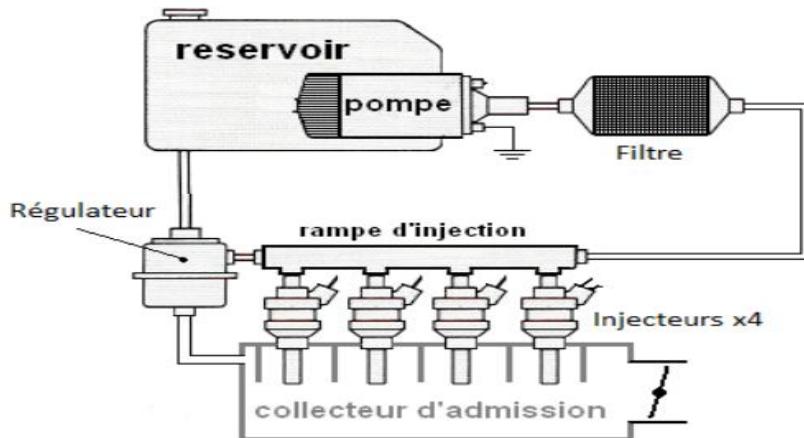


Figure II. 1 : Circuit d'alimentation en carburant

Ce circuit comprend généralement :

II.1.1 Réservoir du carburant

Le réservoir de carburant joue un rôle essentiel dans la conservation du diesel. En général, il est fabriqué à partir d'acier ou de polymère renforcé afin de faire face à la corrosion et aux chocs. Elle peut varier en fonction du type de véhicule afin de garantir une autonomie adéquate.

Il inclut un orifice de remplissage imperméable, un tuyau de reniflard pour évacuer les vapeurs, et peut être équipé d'un filtre à tamis ou d'un séparateur d'eau. Il est possible d'utiliser des

réservoirs supplémentaires ou de grande capacité pour certains véhicules. La position du réservoir permet de préserver le carburant des chocs et des vibrations excessives.

Il joue un rôle crucial en assurant une réserve de carburant adéquate dans des conditions optimales afin d'alimenter le moteur diesel de manière adéquate. [1].



Figure II. 2: Réservoir du carburant

II.1.2 Pompe d'alimentation basse pression

La pompe électrique basse pression joue un rôle essentiel en aspirant le carburant du réservoir et en le refoulant vers les composants en aval. Le but de ce dispositif est de garantir un débit adéquat de carburant à une pression relativement faible, généralement comprise entre 3 et 6 bars, afin d'alimenter de manière adéquate le système d'injection high-pressure.

En général, elle est munie d'un clapet anti-retour et est spécialement conçue pour fonctionner même en présence de vapeurs ou d'air. La montée à l'extérieur du réservoir est cruciale pour garantir sa fiabilité et ses performances afin d'assurer une alimentation en carburant constante et sans problème. [1]



Figure II. 3: Pompe d'alimentation basse pression

II.1.3 Filtre à carburant

Les filtres à carburant sont essentiels pour retenir les impuretés et contaminants présents dans le diesel. Ils comprennent un filtre grossier en amont de la pompe pour protéger celle-ci, et un filtre fin en aval pour protéger les composants sensibles comme les injecteurs. Leur entretien régulier est primordial pour éviter un colmatage qui réduirait le débit et la pression d'alimentation, pouvant causer des problèmes de fonctionnement. Les filtres contribuent ainsi à la longévité et la fiabilité de l'ensemble du système d'injection [13].



Figure II. 4: Filtre à carburant

II.1.4 Pompe d'alimentation haute pression

La pompe haute pression est un composant clé qui fournit le carburant aux injecteurs à des pressions extrêmement élevées, typiquement 500 à 2000 bars. C'est généralement une pompe à piston radiale ou axiale entraînée par le moteur. Dans les systèmes à rampe commune, elle alimente continuellement la rampe HP qui distribue le carburant aux injecteurs. Dans les systèmes à pompes rotatives, chaque cylindre a sa propre pompe HP intégrée. Sa conception robuste avec des tolérances minimales et des matériaux résistants à l'usure lui permet un fonctionnement fiable à très haute pression. Avec ses pressions de fonctionnement extrêmes, la Pompe HP est un composant critique déterminant les performances du système d'injection [12].



Figure II. 5: Pompe d'alimentation haute pression

II.1.5 Rampe commune (Common Rail)

La rampe commune, ou "Common rail" en anglais, est un élément clé des systèmes d'injection diesel modernes. Voici ses principales caractéristiques :

- C'est un accumulateur de carburant sous haute pression alimenté en continu par une pompe haute pression.
- La pression dans la rampe est typiquement maintenue entre 500 et 2000 bars selon le système.
- La rampe est constituée d'un tube métallique très résistant pour supporter ces pressions extrêmes.
- Des injecteurs sont directement connectés à la rampe et puisent le carburant haute pression de façon indépendante pour chaque cylindre.
- Cela permet une grande flexibilité sur le réglage du timing, de la pression et de la quantité d'injection par un contrôle électronique précis des injecteurs.
- La haute pression constante dans la rampe facilite une meilleure atomisation du carburant pour une combustion plus efficace.
- Un régulateur de pression et une soupape de décharge régulent la pression et protègent le circuit.
- L'accumulation garantit un débit suffisant pour les injections multiples par cycle.

Le système à rampe commune offre de nombreux avantages en termes de réduction de la consommation et des émissions par rapport aux anciens systèmes à pompes rotatives [14].



Figure II. 6: La rampe commune

II.1.6 Injecteur

Les injecteurs sont les éléments essentiels de la méthode d'injection qui injectent directement le carburant à une pression extrêmement élevée dans les cylindres de la machine.

En général, ils sont montés sur la rampe commune (Common rail) et commandés individuellement de manière précise par le calculateur. Ils jouent un rôle essentiel dans la réalisation d'une atomisation extrême du jet de carburant, ce qui permet une combustion complète et performante. Les injecteurs sont conçus avec des matériaux solides et des tolérances très strictes afin de faire face à des pressions extrêmes (jusqu'à 2000 bars) et des températures élevées, tout en garantissant un fonctionnement fiable sur de longues périodes.

Il est primordial d'effectuer un entretien régulier des injecteurs afin d'éviter les problèmes d'encrassement ou de fuite qui pourraient affecter les performances et la consommation du moteur. [12].



Figure II. 7: Les injecteurs

II.1.7 Régulateur de pression

Le régulateur de pression est un composant essentiel qui remplit deux rôles cruciaux.

D'une part, il maintient une pression d'alimentation constante dans le circuit basse pression en renvoyant l'excédent au réservoir. D'autre part, il régule avec précision la très haute pression dans la rampe commune ou la rampe d'injection, généralement entre 500 et 2000 bars, en évacuant le surplus.

Conçu pour résister aux pressions extrêmes, le régulateur assure une alimentation en carburant stable, indispensable au fonctionnement optimal de l'injection [14].



Figure II. 8: Régulateur de pression

II.2 Circuit d'admission et d'échappement

Le circuit d'admission et d'échappement sont deux systèmes cruciaux dans le fonctionnement d'un moteur diesel. Ces systèmes sont essentiels pour assurer une combustion efficace et pour minimiser les émissions polluantes. L'admission fournit l'air nécessaire à la combustion, tandis que l'échappement évacue les gaz brûlés

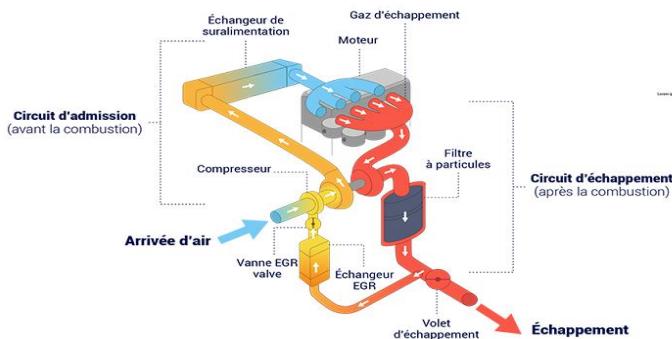


Figure II. 9: Circuit d'admission et d'échappement

II.2.1 Circuit d'admission d'air

Le circuit d'admission est un système essentiel qui achemine l'air frais nécessaire à la combustion vers les cylindres du moteur diesel.

Son rôle primordial est de fournir un débit d'air filtré, avec une température et une pression contrôlée, afin d'assurer une combustion optimale dans différentes conditions de fonctionnement [13].

Les principaux composants de ce circuit sont :

II.2.2 Filtre à air

Le filtre à air joue un rôle essentiel en éliminant les particules de poussière, les débris et les contaminants de l'air qui pénètre dans le moteur.

En général, il est composé d'un boîtier et d'un filtre en papier plissé ou mousse synthétique, qui nécessite un remplacement régulier lors de son entretien. Placer le filtre à air à l'extrémité de la tubulure d'admission permet de préserver les éléments internes du moteur de l'usure prématuée due aux particules abrasives. [13].



Figure II. 10: Filtre à air

II.2.3 Turbocompresseur

L'air d'admission est comprimé par le turbocompresseur avant d'entrer dans les cylindres. Il est constitué de deux turbines raccordées par un arbre : la turbine d'échappement entraînée par les gaz d'échappement et la turbine d'admission comprimant l'air frais. Grâce à cette compression, la densité de l'air admis augmente, ce qui permet d'introduire davantage d'air et de carburant afin d'améliorer la puissance et le couple du moteur. Il est également possible d'inclure un refroidisseur d'air de suralimentation afin d'améliorer encore plus l'efficacité. [14].



Figure II. 11: Turbocompresseur

II.2.4 Débitmètre

La mesure précise du débit massique et de la température de l'air admis dans le moteur diesel est effectuée par le débitmètre. Le calculateur se sert de ces informations pour calculer la quantité précise de carburant à injecter afin d'obtenir le mélange air-carburant optimal pour une combustion optimale. Les paramètres de fonctionnement des injecteurs, comme le timing, la durée et la pression d'injection, sont également ajustés par le calculateur en fonction du débit d'air réel mesuré par le débitmètre. [16].



Figure II. 12: Débitmètre

II.2.5 Collecteur d'admission

L'air frais provenant du filtre à air est transporté par le collecteur d'admission vers les divers cylindres. Il est essentiel de garantir une répartition homogène de l'air entre les cylindres afin d'assurer un remplissage optimal. [12].



Figure II. 13: Collecteur d'admission

II.2.6 Echangeur

L'intercooler, également appelé échangeur, se trouve entre le turbocompresseur et l'entrée d'air du moteur. L'air comprimé provenant du turbocompresseur est refroidi par l'intercooler avant d'être fourni au moteur.

L'intercooler permet d'augmenter la densité de l'air qui entre dans les cylindres, ce qui améliore l'efficacité de la combustion et les performances globales du moteur. [17].



Figure II. 14: Echangeur

II.2.7 Papillon

Il est crucial de comprendre le rôle du papillon dans un moteur automobile lors de la formation en automatique de base. Ce dispositif est essentiel pour réguler le flux d'air qui pénètre dans le moteur, ce qui a un impact sur la combustion et les performances globales. La vanne du papillon se trouve dans le collecteur d'admission.

Il contrôle l'admission d'air dans les cylindres du moteur. En ouverture, il favorise un débit d'air optimal, ce qui accroît la puissance du moteur. En position fermée, il restreint la circulation d'air, ce qui peut être bénéfique pour ralentir ou déceler. [17].



Figure II. 15: Papillon

II.2.2 Circuit d'échappement

Le circuit d'échappement dans un moteur automobile joue un rôle essentiel pour évacuer les gaz de combustion du moteur vers l'extérieur du véhicule [18].

Voici les principaux éléments de ce système :

II.2.2.1 Collecteur d'échappement

Le collecteur d'échappement est une pièce essentielle dans un moteur, permettant d'évacuer les gaz d'échappement créés par la combustion.

Son fonctionnement :

- Le collecteur d'échappement récupère les gaz d'échappement directement depuis le moteur.
- Il résiste à de fortes températures (jusqu'à 800°C en sortie de moteur) et à la pression des gaz en sortie de chambre de combustion (entre 2 et 3 bars).
- Composé d'acier résistant, il est constitué d'un conduit par cylindre moteur et se trouve à la sortie des soupapes d'échappement.
- Tous ces conduits se rejoignent en une seule chambre commune, évacuant les gaz jusqu'au pot d'échappement [19].



Figure II. 16: Collecteur d'échappement

II.2.2.2 Catalyseur

Le catalyseur est un composant essentiel du système de post-traitement qui réduit les émissions polluantes avant leur rejet. C'est un conteneur métallique ou céramique rempli d'un matériau catalytique poreux à base de métaux nobles.

Le catalyseur d'oxydation diesel (DOC) convertit les hydrocarbures imbrûlés, le monoxyde de carbone et les particules en substances moins nocives.

Le catalyseur de réduction catalytique sélective (SCR) transforme les oxydes d'azote en azote et eau grâce à un réactif. [20].



Figure II. 17: Catalyseur

II.2.2.3 Filtre à particule

Le filtre à particules (FAP) joue un rôle crucial dans le processus de post-traitement en captant les particules solides présentes dans les gaz d'échappement. En général, il s'agit d'un filtre à flux pariétal composé d'une céramique poreuse

Le rôle essentiel du filtre à particules est de diminuer les émissions de particules, ce qui permet de respecter les normes environnementales rigoureuses pour les véhicules diesel contemporains. [20].

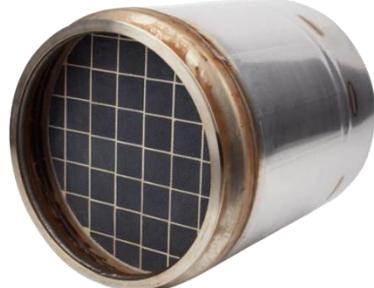


Figure II. 18: Filtre à particule

II.2.2.4 Pot d'échappement (ou silencieux)

Le pot d'échappement, également appelé silencieux, est une pièce centrale du système d'échappement dans un véhicule.

Son rôle est crucial pour le bon fonctionnement du moteur et la réduction de la pollution

Fonction du Pot d'Échappement :

- Le pot d'échappement évacue les gaz produits par la combustion du moteur.
- Il collecte ces gaz à la sortie des cylindres et les amène à l'extérieur du véhicule.
- Le pot d'échappement contrôle la vitesse des gaz d'échappement, réduit le bruit et limite les émissions polluantes [18].



Figure II. 19: Pot d'échappement

II.3 Circuits de refroidissement

Le circuit de refroidissement est un système essentiel dans un moteur diesel pour évacuer l'excès de chaleur produit par la combustion. Une surchauffe non contrôlée peut endommager

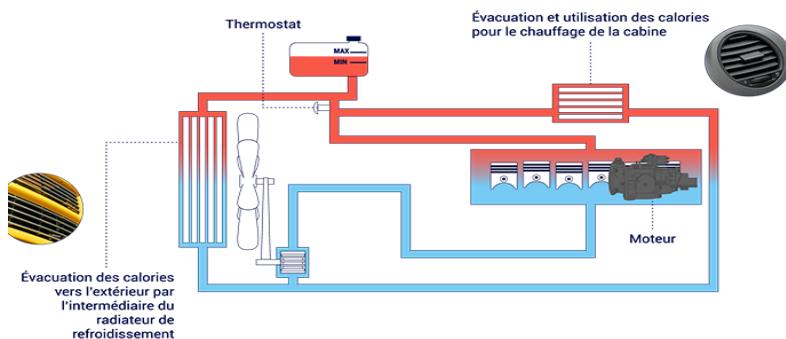


Figure II. 20: Circuits de refroidissement

gravement les composants internes du moteur. Un circuit de refroidissement efficace est donc crucial pour assurer un bon fonctionnement et une longue durée de vie du moteur.

- **Les Composants principaux du circuit de refroidissement :**

II.3.1 Radiateur :

Il s'agit du principal échangeur de chaleur qui évacue la chaleur du liquide de refroidissement vers l'extérieur. Il se compose habituellement d'ailettes métalliques et de tubes [21]

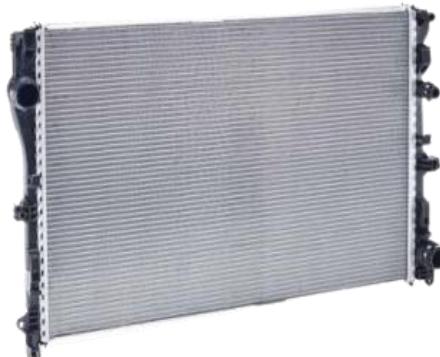


Figure II. 21: radiateur

II.3.2 Pompe à eau :

En pompant le liquide de refroidissement du radiateur vers le bloc-moteur, elle le fait circuler dans le circuit. [12]



Figure II. 22: pompe à eau

II.3.3 Thermostat :

Il s'agit d'une valve qui régule le débit du liquide de refroidissement en fonction de la température du moteur afin d'atteindre rapidement la température de fonctionnement idéale.

[16]



Figure II. 23: Thermostat

II.3.4 Liquide de refroidissement :

En général, il est composé d'eau et d'antigel, il capte la chaleur du bloc-moteur et des culasses et la déplace vers le radiateur. [12]

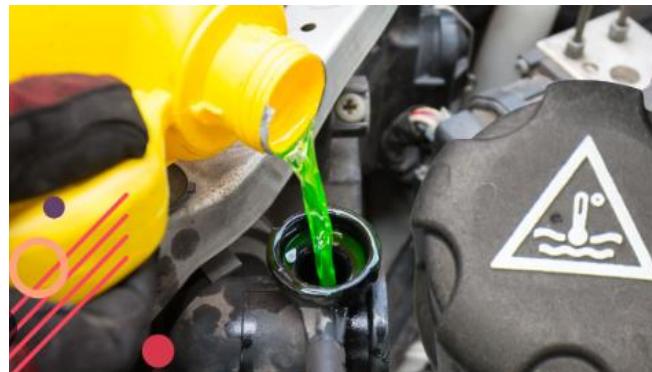


Figure II. 24: liquide de refroidissement

II.3.5 Ventilateur de refroidissement :

Actionné par le moteur ou électrique, il aspire l'air extérieur à travers le radiateur pour améliorer l'évacuation de la chaleur, surtout lorsque le véhicule est à l'arrêt ou roule à faible vitesse. [21]

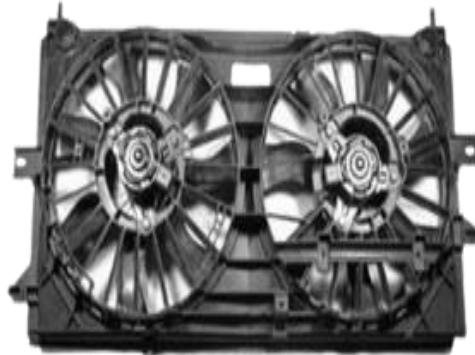


Figure II. 25: Moto-ventilateurs

II.3.6 Durite d'eau :

Il s'agit de tuyaux souples qui connectent les divers éléments du circuit de refroidissement, permettant ainsi au liquide de se déplacer du radiateur vers le bloc-moteur, la pompe à eau, le thermostat, etc. Généralement, les durites sont fabriquées à partir de caoutchouc renforcé ou de matériaux composites afin de faire face aux températures élevées. [13]

Les durites d'eau ont un rôle essentiel dans le transport du liquide de refroidissement à travers tout le circuit. L'installation est simplifiée grâce à leur souplesse et à leur capacité à absorber les vibrations, tandis que leurs matériaux résistants les préviennent de la détérioration causée par la chaleur et la pression. [13]



Figure II. 26: durite d'eau

II.3.7 Filtre à liquide de refroidissement :

Il s'agit d'un filtre habituellement placé dans le système de refroidissement, souvent près de la réservoir d'eau. Il a pour fonction de filtrer les impuretés et les particules potentielles du liquide de refroidissement pour éviter l'accumulation de dépôts ou l'obstruction des passages étroits du circuit.

Cela prévient l'encrassement prématué des éléments tels que la pompe, le thermostat et le radiateur. Il est nécessaire de remplacer régulièrement le filtre conformément aux recommandations du fabricant. [15]



Figure II. 27: filtre à liquide de refroidissement

II.3.8 Bocal/Réservoir d'eau :

Il s'agit d'un petit réservoir transparent relié au système de refroidissement, habituellement placé près du radiateur. Il a pour fonction de favoriser l'expansion du liquide de refroidissement à une température élevée et de compenser les petites pertes de liquide.

De plus, ce réservoir rend plus facile le remplissage initial et l'ajout de liquide de refroidissement. Il possède des indicateurs de niveau minimum et maximum à surveiller. [15]



Figure II. 28: Bocal d'eau

Conclusion :

Ce chapitre a permis d'explorer en détail les différents circuits essentiels à la gestion d'un moteur diesel automobile. Chacun de ces circuits joue un rôle crucial pour assurer un fonctionnement optimal du moteur.

Le circuit d'alimentation en carburant, comprenant le réservoir, les pompes, les filtres, la rampe commune et les injecteurs, achemine le carburant sous haute pression pour une combustion efficace. Le circuit d'admission et d'échappement gère respectivement l'apport d'air frais nécessaire à la combustion et l'évacuation des gaz brûlés de manière contrôlée.

Le circuit de refroidissement, avec ses composants tels que le radiateur, la pompe à eau et le liquide de refroidissement, joue un rôle primordial en évacuant l'excès de chaleur pour prévenir les dommages au moteur.

Chapitre 3

Simulation du Fonctionnement des Capteurs de Gestion Moteur

Introduction

Les moteurs diesel automobiles contemporains sont des systèmes extrêmement avancés, qui requièrent une gestion électronique précise de nombreux paramètres afin de garantir un fonctionnement optimal, fiable et respectueux de l'environnement. Dans cette gestion, les capteurs ont un rôle essentiel en fournissant en temps réel les informations nécessaires au calculateur afin de régler et contrôler les divers circuits du moteur.

Ce chapitre traite des principaux capteurs utilisés pour la gestion et le contrôle des circuits essentiels des moteurs diesel automobiles, à savoir les circuits de refroidissement, d'admission et d'échappement et le d'alimentation en carburant. Une connaissance approfondie du fonctionnement, du rôle et de l'emplacement de ces capteurs est primordiale pour pouvoir détecter, diagnostiquer et réparer d'éventuelles défaillances ou anomalies sur ces circuits vitaux. [22]

III.1 Principe de fonctionnement d'un capteur

Un capteur est un dispositif qui transforme une grandeur physique en une grandeur électrique mesurable. Il permet de détecter et de convertir des phénomènes physiques en signaux électriques exploitables par des systèmes de mesure ou de contrôle.

Le fonctionnement d'un capteur repose généralement sur trois étapes clés :

- Détection de la grandeur physique à mesurer (température, pression, lumière, etc.) par un élément sensible.
- Transduction de cette grandeur en une grandeur électrique (variation de résistance, tension, courant, etc.)
- Conditionnement du signal électrique (amplification, filtrage, numérisation) pour le rendre exploitable. [22]

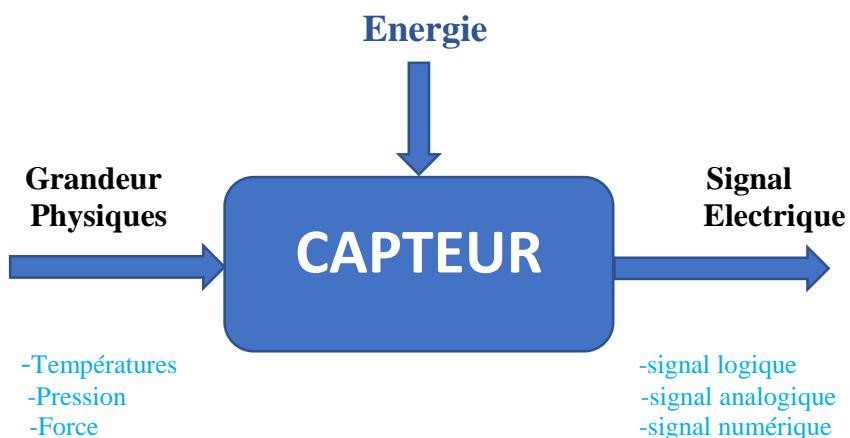


Figure III. 1 principe de fonctionnement d'un capteur

Présentation du logiciel de simulation

Sous le logiciel **Electrud Simulator** vous pouvez expérimenter le simulateur sans avoir de panne dans le système de gestion du moteur, (FigIII.2). Utilisez l'oscilloscope, le système de diagnostic, le plan de câblage et autres outils pour mesurer et comprendre le système. Débranchez, retirez et remplacez les composants pour en voir les effets sur le comportement du moteur.



Figure III. 2: Interface du logiciel de simulation

En effet, une inspection rapide et efficace devient plus facile en connaissant l'emplacement des capteurs, des actionneurs ainsi que des fils d'alimentation et de commande. C'est pour cette raison qu'on fait recours aux schémas de câblage, (FigIII.3).

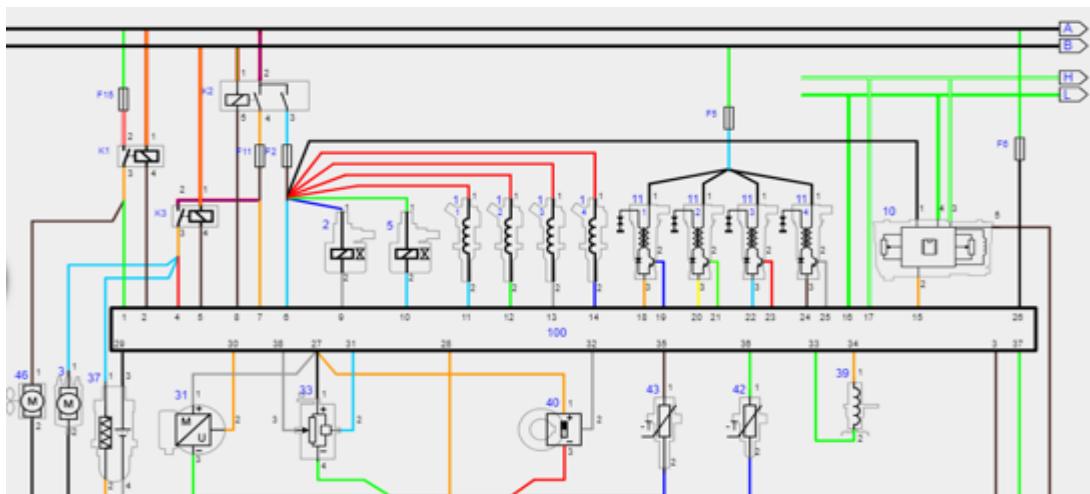


Figure III. 3: schéma global de circuit électrique

Chapitre 3 : Capteurs de gestion et contrôle des circuits

Légende:

1 : Injecteurs	2 : solénoïdes de purge de cartouche
3 : Pompe à carburant	5 : Vanne EGR
10 : TVCM	11 : bobines d'allumage
31 : Débitmètre massique d'air	33 : Capteur pédale d'accélérateur
37 : Sonde lambda	39 : Capteur de position du vilebrequin
40 : Capteur de position d'arbre à cames	42 : Sonde de température moteur
43 : capteur de température d'air d'admission	46 : Ventilateur à commande thermostatique
F2 : Fusible 15A	F5 : Fusible 40A
F6 : Fusible 10	F11 : Fusible 10
F15 : Fusible 30	K1 : relais de ventilateur
K2 : Relais principal	K3 : relais de pompe
A : 30-Borne positive de la batterie	C : 31 – Borne négative de la batterie / masse
B : 15-Positif commuté (sortie du contacteur d'allumage)	H : CAN-H
L: CAN-L	

Dans un diagnostic professionnel, pour faciliter l'accès aux différents capteurs et actionneurs et le repérage des fils, des logiciels sont conçus et commercialisés : Alldata, Haynes Pro, Autodata ...

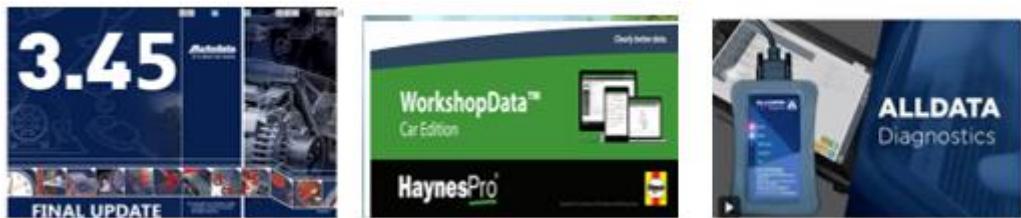


Figure III. 4: Logiciels de données constructeur

III.2 Les capteurs de circuit d'alimentation en carburant

III.2.1 Capteur de pédale d'accélérateur (capteur d'accélération) :

Le capteur d'accélération a pour objectif de mesurer la pression exercée sur la pédale d'accélérateur afin de pouvoir adapter en conséquence la charge / puissance du moteur et donc la vitesse du véhicule. [9]

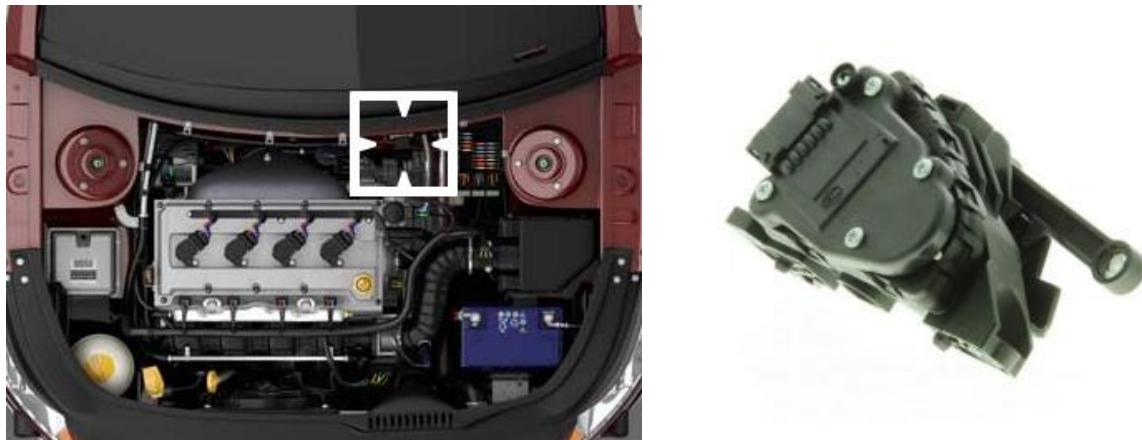


Figure III. 5: Capteur pédale d'accélérateur

- Les symptômes :**

- Envoyer des données erronées au calculateur, ce qui va provoquer un décalage entre la pression exercée sur la pédale d'accélérateur et l'allure du véhicule.
- Le régime moteur peut alors s'en trouver impacté, tout comme la réaction du moteur.
- Le voyant moteur du tableau de bord peut s'allumer et le calculateur peut passer le moteur en « mode dégradé ».

- Les causes des défaillants :**

- La présence de saleté ou un mauvais coup peuvent l'avoir endommagé.

Il peut en être de même pour la pédale d'accélérateur qui peut aussi être défaillante.

- Les caractéristiques :

Description	Valeur	Unité
tension d'alimentation	5	V
cycle de service positif broche 2	5-95	%
tension broche 3 (à un cycle de service de 5%)	0.5	V
tension broche 3 (à un cycle de service de 50%)	2.5	V
tension broche 3 (à un cycle de service de 95%)	4.5	V
résistance entre la broche 1 et la broche 4	5000	Ω

Tableau III. 1 caractéristique du Capteur pédale d'accélérateur.



Figure III. 6 : teste de capteur pédale d'accélération

III.2.2 Capteur de pression carburant

Le capteur de pression est du type Piézo-électrique, Ce capteur permet de surveiller la pression de carburant dans le circuit d'alimentation des injecteurs afin de gérer cette pression et la quantité de carburant à injecter. [23]

Ce capteur est généralement situé près de la pompe à carburant ou du rail d'injection.

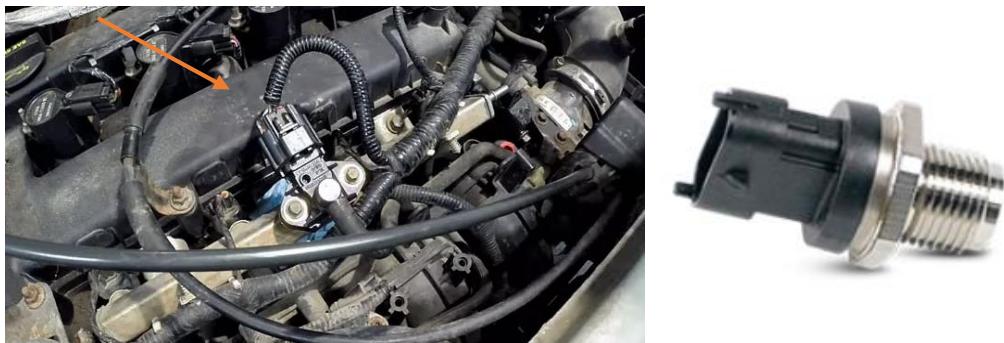


Figure III. 7: capteur pression carburant

- **Les symptômes :**

- Baisses de puissance du moteur ;
- Problèmes de démarrage ;
- Calages et ratés ;
- Voyant moteur allumé.

- **Les causes de défaillances :**

- Câblage endommagé ou connexions desserrées
- Corrosion des connecteurs
- Court-circuit interne du capteur
- Fuite de carburant au niveau du capteur
- Élément sensible (membrane, pièce) endommagé
- Encrassement/dépôts sur l'élément sensible

- **Les caractéristiques :**

Description	Valeur	Unité
tension d'alimentation	5	V
Tension de signal	0.5 - 4.5	V

Tableau III. 2: caractéristique du capteur pression carburant

III.2.3 Capteur de température carburant :

Il est du type CTN (Coefficient de Température Négatif) sa résistance diminue lorsque la température augmente). Le capteur est fixé sur la rampe ou sur le circuit de retour réservoir, il permet au calculateur de modifier le débit en fonction de la viscosité du carburant. Si le capteur est défectueux, le calculateur utilise une valeur de remplacement fixe. [4]



Figure III. 8: Capteur de température carburant

- **Les symptômes :**
 - Voyant moteur allumé
 - Problèmes de démarrage et de performances du moteur
 - Surconsommation de carburant
- **Causes de défaillances :**
 - Élément sensible (thermistance, thermocouple) endommagé
 - Intrusion d'humidité/carburant dans le boîtier du capteur
 - Chocs/vibrations excessives causant une usure prématuée
 - Court-circuit interne
 - Câblage endommagé ou connexions desserrées.
- **Les caractéristiques**

Description	Valeur	Unité
Tension du signal	2.9	V
Résistance à 0°C	100	Ω

Tableau III. 3: caractéristique du Capteur de température carburant

III.3 Les capteurs de circuit d'admission et d'échappement

III.3.1 Capteur débitmètre d'air massique :

Le capteur débitmètre d'air est situé entre le filtre à air et la tubulure d'admission. Il permet au calculateur, avec l'information de température d'air, de déterminer la masse d'air introduite dans le moteur. [24]

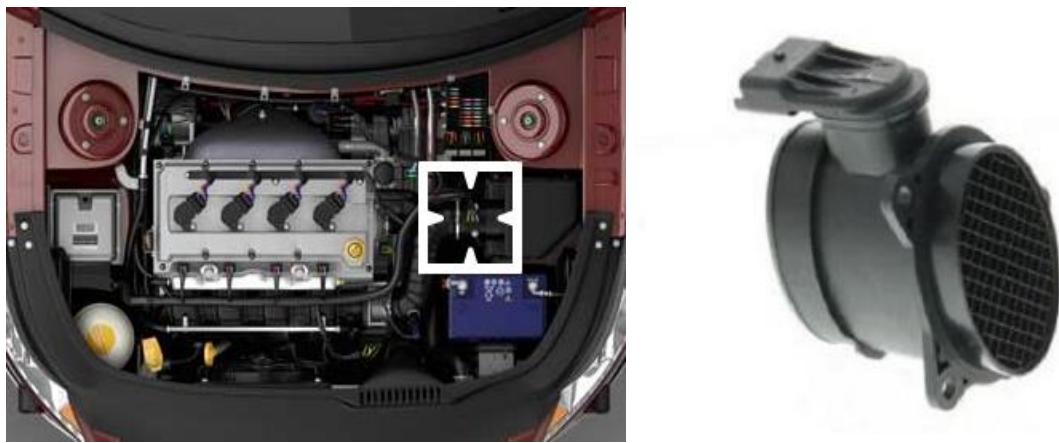


Figure III. 9: capteur débitmètre d'air massique

- Les symptômes :**

- Arrêt du moteur ou fonctionnement du calculateur de gestion moteur en mode dégradé
- Allumage du voyant moteur.

- Cause de défaillance :**

- Défaut de contact au niveau des connexions électriques
- Éléments de mesure défectueux
- Endommagements mécaniques (vibrations, accident)
- Dérive des éléments de mesure (sortie du châssis de mesure).

- Les caractéristiques :**

Description	Valeur	Unité
tension d'alimentation	5	V
tension du signal	0-5	V

Tableau III. 4: caractéristique capteur débitmètre d'air massique

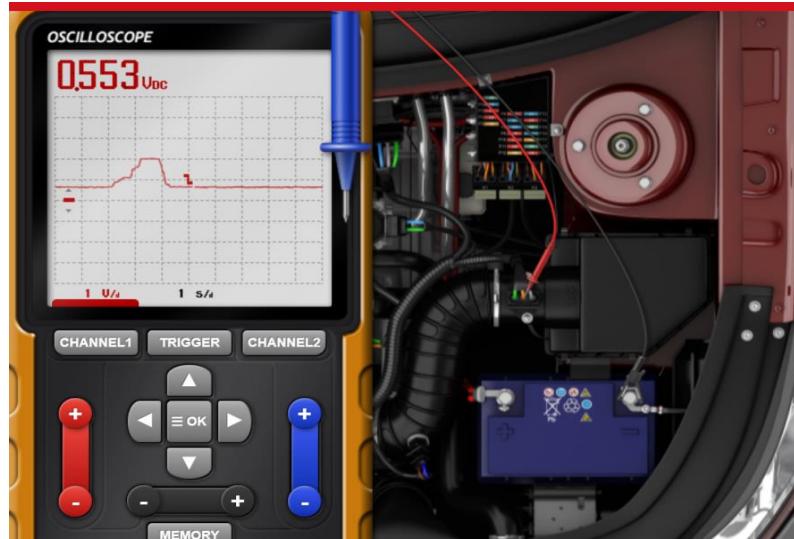


Figure III. 10: teste de capteur de débit d'air

III.3.2 Capteur de pression d'admission :

Il est du type Piézo-résistif, sa résistance varie avec la pression. Il permet de connaître la pression atmosphérique dans le collecteur d'admission.

Selon la quantité d'air reçue et le contexte (régime moteur etc.) il faudra envoyer plus ou moins de carburant. [4]



Figure III. 11: Capteur de pression d'admission

- **Les symptômes**

- Fumées noires excessives (mélange trop riche)
- Manque de reprise et de puissance

- À-coups et ratés de combustion
- Surconsommation de carburant
- Difficulté au démarrage.

- **Cause de défaillance**

- Capteur défectueux/vieillissement :
- Élément sensible usé ou endommagé
- Court-circuit ou circuit ouvert interne
- Câblage défectueux, coupure, court-circuit
- Mauvaise connectique, oxydation des contacts
- Interférences électromagnétiques.

- **Les caractéristiques**

Description	Valeur	Unité
tension d'alimentation	1,5 - 2	V

Tableau III. 5: caractéristique capteur de pression d'admission

III.3.3 Capteur de température d'air :

Ce capteur informe le calculateur de la température de l'air admis dans le moteur, grâce à cette information le calculateur détermine le volume d'air théorique, et l'avance à l'injection et le débit d'injection et l'activation d'un chauffage additionnel si nécessaire. [23]



Figure III. 12: capteur de température d'air

- **Les symptômes :**

- Enregistrement d'un code de défaut et allumage éventuel du voyant moteur
- Problèmes de démarrage
- Puissance moteur réduite
- Augmentation de la consommation de carburant.

- **Les causes de défaillance :**

- Court-circuit internes
- Coupures de câbles
- Court-circuit d'un câble
- Endommagements mécaniques
- Pointe du capteur encrassé.

- **Les caractéristiques :**

Description	Valeur	Unité
tension du signal	0-5	V

Tableau III. 6: caractéristique capteur de température d'air

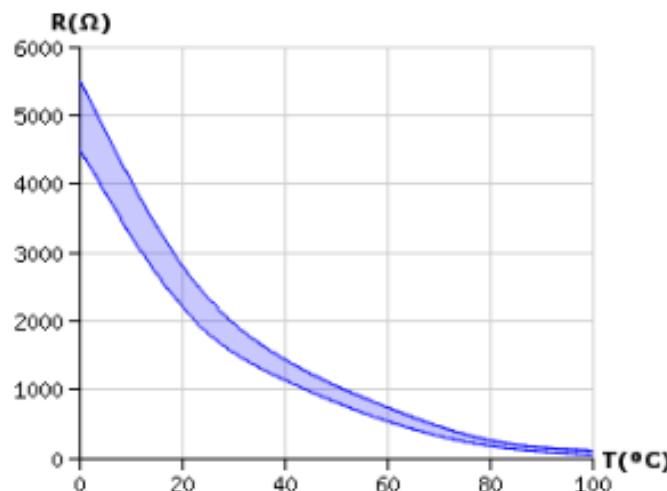


Figure III. 13: caractéristique du capteur température

III.3.4 Capteur de position de papillon :

Le capteur de position du papillon sert à déterminer son angle d'ouverture. L'information collectée est transmise au calculateur, cette information est essentielle dans le calcul de la quantité de carburant nécessaire à injecter. [25]

Le boîtier papillon se trouve entre le filtre à air et le collecteur d'admission.



Figure III. 14: capteur de position de papillon

- **Les symptômes :**

- A-coups ou ratés du moteur.
- Mauvaise accélération du moteur.
- Démarrage difficile.
- Augmentation de la consommation de carburant.

- **Les causes de défaillance :**

- Mauvais contacts au niveau du connecteur
- Court-circuit internes ou contacts sales (humidité, huile)
- Dommages mécaniques.

III.3.5 Capteur d'oxygène (sonde lambda) :

La sonde lambda détermine la teneur résiduelle en oxygène des gaz d'échappement et transmet un signal électrique à la commande moteur pour réguler la composition du mélange.

La sonde à oxygène se situe à l'avant du pot catalytique, entre le collecteur d'échappement et le catalyseur. [9]

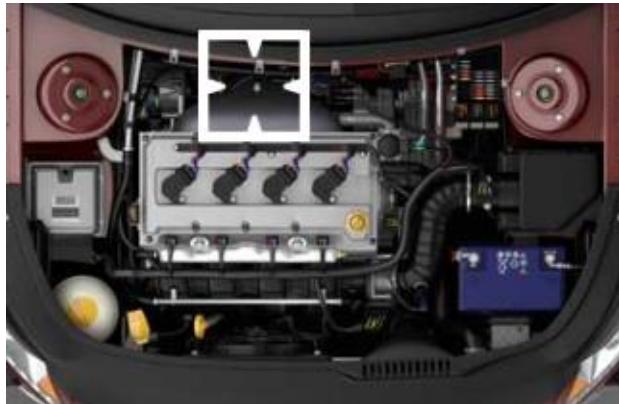


Figure III. 15: capteur sonde lambda

- **Les symptômes :**

- L'allumage du voyant moteur
- Une augmentation de la consommation diesel et/ou des rejets de polluants.
- L'allure ralenti instable.
- Une perte de performance ressenti.

- **Les causes de défaillance :**

- La durée de vie d'environ 150 000 kilomètres ou plus selon les véhicules et le type de conduite.
- La présence en trop grande quantité diesel ou d'huile lors de la combustion.
- La mauvaise qualité du carburant.
- Les résidus de suie et d'huile dans les gaz d'échappement.
- Les grandes variations de température.
- Le sel ou la poussière (éléments liés à l'environnement)

- Les caractéristiques :

Description	Valeur	Unité
tension d'alimentation	11-14.5	V
tension du signal	0-1	V
résistance du chauffage à 20°C	2-4	Ω

Tableau III. 7: caractéristique capteur sonde lambda



Figure III. 16: test de capteur d'oxygène

III.4 Les capteur de circuits de refroidissement

III.4.1 Capteur de niveau de liquide de refroidissement :

Le capteur de niveau de liquide de refroidissement est un composant critique du système de refroidissement des moteurs diesel automobiles. Son rôle est de surveiller en permanence le

niveau de liquide réfrigérant (mélange d'eau et d'antigel) dans le vase d'expansion ou réservoir de récupération. [26]

Ce capteur transmet des données en temps réel au calculateur électronique, permettant de détecter rapidement toute baisse anormale du niveau qui pourrait entraîner une surchauffe rapide et endommager gravement le moteur



Figure III. 17: Capteur niveau de liquide de refroidissement

- **Les symptômes :**

- Voyant d'alerte de niveau de liquide allumé sur le tableau de bord
- Surchauffe du moteur (température excessive)
- Perte de puissance
- Emission de vapeur/fumée blanche excessive par l'échappement
- Fuites de liquide sous le véhicule

- **Les causes de défaillances :**

- Fuite du système de refroidissement (durites, joints, etc.)
- Capteur défectueux (défaut électrique/mécanique)
- Problème de faisceau électrique/connectique
- Présence d'air ou poche de vapeur dans le circuit
- Défaillance de la pompe à eau ou du thermostat
- Corrosion/entartrage important du circuit.

- **Les caractéristiques**

Description	Valeur	Unité
Tension d'alimentation	< 2	V

Tableau III. 8: caractéristique de Capteur niveau de liquide de refroidissement

III.4.2 Capteur de température de liquide de refroidissement

Ce capteur Il est implanté sur le circuit du liquide de refroidissement. Il informe le calculateur de la température du moteur. [4]



Figure III. 18: Capteur de température liquide refroidissement

- **Les symptômes :**

- Voyant moteur allumé
- Surchauffe ou sous-refroidissement du moteur
- Surconsommation de carburant
- Dégradation des performances
- Ratés d'allumage/de combustion.

- **Les causes de défaillances :**

- Capteur défectueux (dérive, court-circuit, circuit ouvert)
- Problème de faisceau électrique/connectique
- Fuite du circuit de refroidissement
- Dysfonctionnement de la pompe à eau/du thermostat
- Présence d'air/poche de vapeur dans le circuit
- Encrassement/entartrage important.

- **Les caractéristiques :**

Description	Valeur	Unité
Tension d'alimentation	< 2	V

Tableau III. 9: caractéristique Capteur de température liquide refroidissement

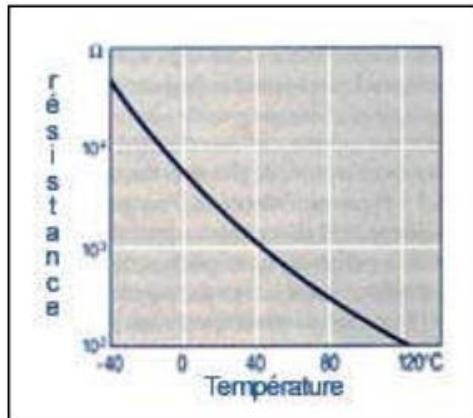


Figure : Caractéristiques de capteur température de liquide de refroidissement.

III.4.3 capteur de température d'huile moteur

Le capteur de température d'huile moteur joue un rôle crucial dans la surveillance et la gestion du système de lubrification des moteurs diesel des véhicules. Il est implanté Sur le carter d'huile. La mesure continue de la température de l'huile moteur, qui refroidit et lubrifie les pièces en mouvement, est possible grâce à lui. Ces données sont transmises au calculateur pour ajuster certains paramètres (pression d'huile, régime moteur, etc.) et éviter tout dommage lié à une surchauffe. [18]

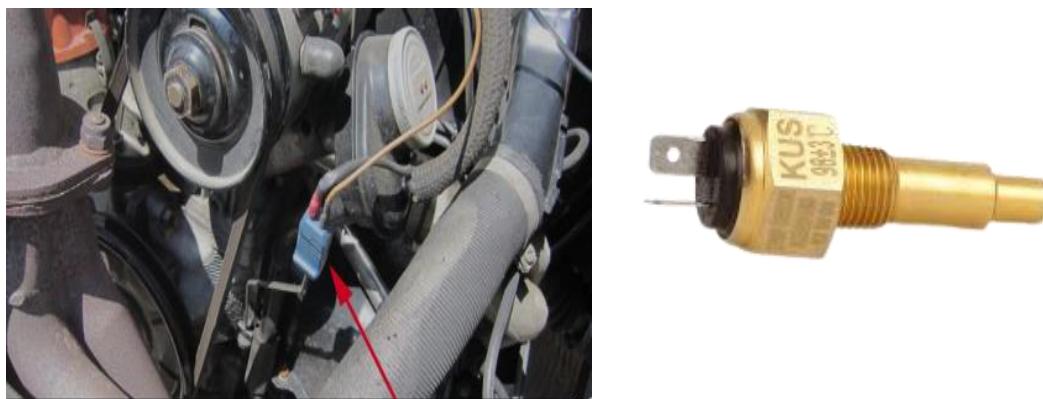


Figure III. 19: capteur de température d'huile moteur

- **Symptômes de défaillance**

- Voyant de pression/température d'huile allumé
- Bruits anormaux du moteur (cliquetis, etc.)

- Surconsommation d'huile
- Dégradation des performances
- Risque de grippage en cas de surchauffe grave.

- **Causes principales de défaillances**

- Capteur défaillant (dérive, court-circuit, circuit ouvert)
- Problème de faisceau électrique/connectique
- Fuite du circuit de lubrification
- Dysfonctionnement de la pompe à huile
- Encrassement/dégradation de l'huile
- Obstruction/colmatage du filtre à huile.

- **Les caractéristiques**

Description	Unité	Valeur
Tension d'alimentation	V	6-24
La résistance	Ω	18 ,6 – 322,8

Tableau III. 10: caractéristique du capteur de température d'huile moteur

III. 5 Autre capteurs

III.5.1 Capteur de régime moteur :

Ce capteur se trouve au-dessus du carter du volant moteur il est identique au capteur de position de l'arbre à came et vérifier la position du point mort haut (PMH).

Il s'agit d'un capteur inductif il enregistre l'angle et la vitesse de vilebrequin à l'aide de rainures usinier sur le volant moteur.

Le signal est transmis à l'unité de commande, laquelle calcule l'avance à l'injection et la quantité de carburant injectée. [23]

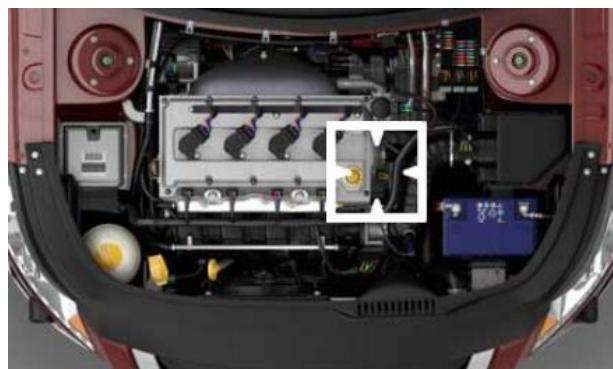


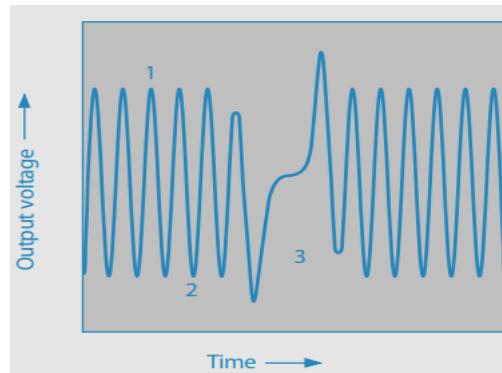
Figure III. 20: Capteur de régime moteur

- **Les symptômes :**

- Problèmes de démarrage du moteur
- Ratés/hésitations au ralenti et en accélération
- Perte de puissance et de couple
- Surconsommation de carburant
- Emissions excessives de polluants
- Voyants d'anomalie allumés au tableau de bord

- **Les causes de défaillance :**

- Capteur endommagé ou encrassé
- Connexions électriques défectueuses (court-circuit, coupure de câble)
- Pièces mécaniques associées usées (couronne du capteur, vilebrequin)
- Interférences électromagnétiques
- Défaillance électronique du calculateur moteur.



1 : Dent Espace 2 : dent 3 : Marque référence

Figure III. 21: Signal d'un capteur inductif de Régime moteur.

- **Les caractéristiques :**

Description	Valeur	Unité
Tension d'alimentation	1	V
Résistance	200	Ω

Tableau III. 11: caractéristique du Capteur de régime moteur



Figure III. 22: teste de capteur régime moteur

III.5.2 Capteur d'arbre à came :

Le capteur d'arbre à came et un capteur installé pour transmettre au calculateur moteur les données sur le cycle de combustion des pistons, afin qu'il puisse ensuite injecter le carburant au bon moment et dans le bon cylindre

Cela facilite également la mise en marche du moteur car, pour démarrer, le calculateur doit connaître la phase des pistons en point mort haut afin de déterminer le bon ordre d'allumage.

[1]



Figure III. 23: Capteur d'arbre à came

- **Les symptômes :**

- Problèmes de démarrage du moteur
- Ratés de combustion, à-coups

- Perte significative de puissance et de couple
- Surconsommation de carburant
- Émissions excessives de polluants
- Voyants de défaut allumés au tableau de bord

- **Causes de défaillances :**

- Capteur défectueux (endommagé, encrassé, court-circuit interne)
- Problèmes de connexions électriques (coupures, court-circuit)
- Usure ou dommages sur la cible/couronne dentée du capteur
- Interférences électromagnétiques
- Défaillance du calculateur moteur

- **Les caractéristiques :**

Description	Valeur	Unité
TENSION D'ALIMENTATION	5	V

Tableau III. 12: caractéristique Capteur d'arbre à came

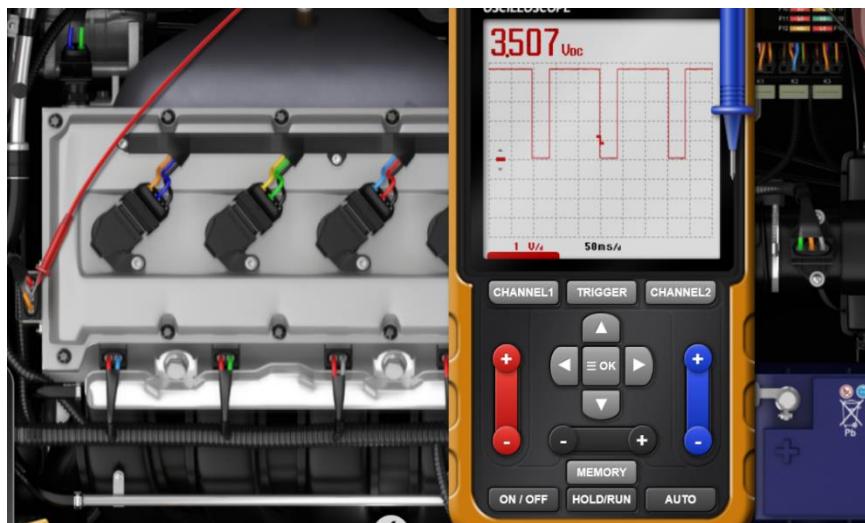


Figure III. 24: teste de capteur d'arbre came.

CONCLUSION

Ce chapitre a permis d'approfondir la connaissance des principaux capteurs intervenant dans la gestion électronique des circuits essentiels des moteurs diesel modernes, à savoir les circuits d'alimentation en carburant, d'admission/échappement et de refroidissement.

Pour chaque capteur clé, leurs rôles, principes de fonctionnement, caractéristiques techniques, symptômes de défaillance et causes potentielles de pannes ont été détaillés. Cela souligne l'importance cruciale de ces composants qui fournissent en temps réel les informations indispensables au calculateur pour contrôler et réguler avec précision les différents paramètres du moteur.

Une compréhension approfondie du fonctionnement de ces capteurs est primordiale pour permettre un diagnostic fiable et la réparation efficace d'éventuelles défaillances. Cela permet d'assurer un fonctionnement optimal du moteur, de préserver ses performances, sa fiabilité et le respect des normes environnementales strictes.

Ce chapitre démontre la complexité croissante des systèmes de gestion électronique des moteurs diesel contemporains, mettant en évidence le rôle essentiel joué par les multiples capteurs dans la supervision en temps réel de l'ensemble des circuits vitaux. Une bonne maîtrise de ces composants est indispensable pour tout technicien/mécanicien automobile intervenant sur ces véhicules.

Chapitre 4

Expérimentation de la Détection et la Réparation de Défauts

Introduction :

Les véhicules modernes représentent une intégration significative de technologies de pointe, combinant des systèmes électroniques et mécaniques complexes pour garantir leurs performances, leur sécurité et leur efficacité optimales. Cependant, même avec ces progrès, les véhicules peuvent rencontrer des problèmes ou des pannes en raison du vieillissement et de l'utilisation. L'identification et la correction de ces problèmes jouent un rôle essentiel dans l'entretien des véhicules, car elles garantissent la fiabilité et la durabilité du véhicule, ainsi que la protection de ses occupants. Cette procédure repose sur une compréhension complète des divers systèmes et composants du véhicule, ainsi que sur l'utilisation d'équipements de diagnostic sophistiqués.

IV.1 Appareils de mesure et de diagnostic :

Aujourd'hui, pour pouvoir effectuer une recherche de défauts efficace sur les véhicules, il est important d'avoir à disposition des appareils d'essai et de diagnostic. Parmi ceux-ci figurent :

- Le multimètre
- L'oscilloscope
- L'appareil de diagnostic

IV.1.1 Le multimètre

Le multimètre est bien l'appareil de mesure le plus utilisé en garage. Il peut être utilisé pour toutes les mesures rapides de tension et de résistance.

Un multimètre bien exploitable doit au minimum être doté des fonctions suivantes :

- DC V = différentes plages de mesure pour la tension continu (mV, V)
- DC A = différentes plages de mesure pour le courant continu (mA, A)
- AC V = différentes plages de mesure pour la tension alternative
- AC A = différentes plages de mesure pour le courant alternatif
- Ω = différentes plages de mesure pour la résistance

Comme option supplémentaire, il est indiqué de tenir compte des plages de mesure pour la température et la fréquence. La résistance d'entrée doit être de 10 MS minimum [27].

Exemples des tests par multimètre

On peut tester un capteur de vilebrequin ou d'arbre à cames (phase) de différentes façons. On peut évaluer la résistance (de type inductif), la tension de sortie CA ou la fréquence du signal.

Le procédé présenté ici consiste à mesurer la fréquence, qui s'élève à environ 34,7 Hz, au moyen d'un capteur de came ou de phase [28].



Figure IV. 1 : Test du capteur de vilebrequin/arbre à cames

Afin de mettre à l'épreuve une sonde à oxygène (sonde lambda), réglez le compteur à des volts DC et prend note des valeurs maximales et minimales. Cela sera automatiquement enregistré par certains compteurs. En général, une lecture qui se situe entre environ 0,2 V et 0,8 V témoigne d'un bon fonctionnement. Il convient de noter que certains capteurs possèdent une source de chaleur, qui est alimentée en 12 V [28].



Figure IV. 2: Test de la sonde lambda

Un pourcentage. Nous avons testé l'injecteur ici au ralenti et il n'avait qu'un rapport cyclique de 0,7%, ce qui est l'inverse de la lecture indiquée.



Figure IV. 3: Test d'injecteur

IV.1.2 L'oscilloscope

Un oscilloscope est nécessaire pour enregistrer et représenter les signaux de différents capteurs. Un oscilloscope doit satisfaire aux spécifications suivantes :

- 2 canaux
- 20 Mhz minimum
- Sauvegarder et imprimer des images

Comme option supplémentaire, la possibilité du défilement automatique (enregistrement et reproduction) est ici recommandée. Pour une utilisation plus simple sur véhicule, un appareil manuel portatif constitue un avantage [27].



Figure IV. 4: oscilloscope portable

IV.1.3 L'appareil de diagnostic

IV.1.3.1 L'intérêt du diagnostic

Le diagnostic automobile diesel est d'une importance cruciale dans l'industrie automobile moderne. Il offre de nombreux avantages et intérêts significatifs, tant pour les professionnels que pour les propriétaires de véhicules.

Et Voici un aperçu détaillé des principaux intérêts du diagnostic automobile diesel :

Identification précise des défaillances : Le diagnostic permet d'identifier avec précision les causes des problèmes rencontrés sur un véhicule diesel grâce à l'utilisation d'outils spécialisés et de procédures de tests spécifiques

Réparations plus rapides et plus efficaces **En identifiant clairement les défaillances** : le diagnostic aide à effectuer des réparations ciblées et efficaces, évitant ainsi les remplacements inutiles de pièces et résolvant les problèmes de manière durable

Optimisation des performances et de l'efficacité : Le diagnostic permet d'optimiser les réglages et le fonctionnement des systèmes diesel, en améliorant ainsi les performances du moteur, sa puissance, son couple et son efficacité énergétique

Prévention des pannes et prolongation de la durée de vie : Les diagnostics réguliers permettent de détecter les défaillances naissantes et les problèmes potentiels avant qu'ils ne

Chapitre 4 Détection et réparation des défauts

causent des dommages plus importants, et évitant ainsi les pannes coûteuses en prolongeant la durée de vie des composants

Amélioration de la fiabilité et de la sécurité : Un véhicule diesel correctement entretenu et diagnostiqué régulièrement est plus fiable et plus sûr, réduisant les risques de tomber en panne sur la route ou de rencontrer des problèmes de sécurité liés à des défaillances

Économies à long terme : Bien que le diagnostic représente un coût initial, il permet d'éviter des réparations coûteuses et des remplacements de pièces inutiles, générant ainsi des économies substantielles à long terme pour les propriétaires de véhicules. [29]

IV.1.3.3 Différents modèles d'appareils diagnostics

Les outils de diagnostic sont des instruments indispensables pour les techniciens et les mécaniciens automobiles lorsqu'il s'agit de détecter et de résoudre les problèmes des véhicules contemporains. Différents modèles sont disponibles pour répondre à des exigences et à des niveaux de complexité variables.

L'option la plus rentable et la plus rudimentaire est le scanner générique, qui permet de récupérer et d'effacer les codes d'erreur, ainsi que d'afficher en temps réel les données opérationnelles via le port OBD-II. Leurs capacités sont néanmoins limitées.

Pour des fonctions de diagnostic plus complètes adaptées à des systèmes spécifiques tels que le moteur, la transmission, l'ABS et l'électronique embarquée, des scanners automobiles avancés ou professionnels sont recommandés. En règle générale, ils sont conçus pour être compatibles avec des marques de véhicules particulières.

Les constructeurs automobiles fournissent également leurs propres outils de diagnostic spécialisés pour leurs modèles respectifs, incorporant souvent des fonctionnalités de programmation et de recalibrage en plus des fonctionnalités de diagnostic.

La popularité croissante des scanners sans fil équipés d'une connectivité Bluetooth ou Wifi est remarquable en raison de leur capacité d'adaptation aux tablettes et aux smartphones.

Enfin, les ateliers professionnels utilisent généralement des stations de diagnostic sophistiquées qui combinent du matériel et des logiciels avancés pour effectuer des diagnostics approfondis sur des véhicules contemporains dotés de plusieurs systèmes électroniques. [30]

IV.1.3.4 Logiciel de diagnostic

IV.1.3.4.1 Launch-X431

Pour commencer, vous devez brancher le scanner launch, ce qui est facile : il suffit de trouver le connecteur OBD-II sous votre tableau de bord. Mettez ensuite le contact sans démarrer votre moteur.

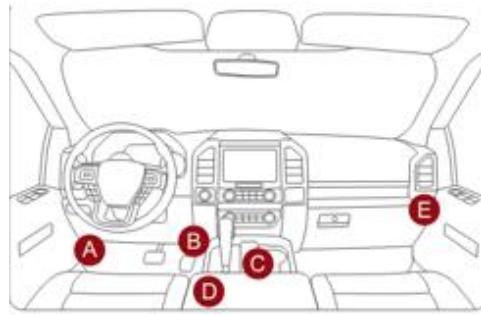


Figure IV. 5: Insérez le launchX431 dans le port OBDII du véhicule

Après avoir repéré l'emplacement du connecteur OBD dans votre voiture, vous devrez brancher le boîtier dessus. Une fois un boîtier brancher au connecteur, vous pourrez lancer votre logiciel de diagnostic. Vous pourrez alors détecter, lire et supprimer les codes défauts de votre calculateur moteur.

IV.2 Formes d'onde

Dans cette partie, j'aborderai le principe de l'utilisation d'un oscilloscope pour représenter les formes d'onde, puis je vais analyser une série de formes d'onde réelles. Il est évident que les termes « forme d'onde » et « motifs » sont employés dans les ouvrages et les manuels d'atelier – ils sont identiques [32].

A- Capteur de pédale d'accélérateur

Quand vous observez une forme d'onde sur un écran, il est important de se souvenir que la tension est représentée par la hauteur de l'échelle et le temps par la largeur. Il est possible de modifier les échelles de ces deux axes. On les désigne sous le nom d'axes car la "portée" représente un graphique de la tension aux points de test sur une période donnée [31].

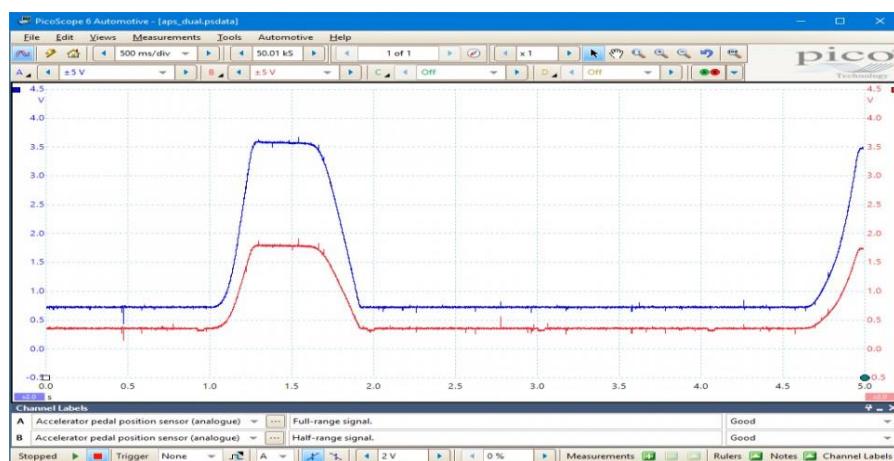


Figure IV. 6: Signal de capteur de pédale d'accélérateur

B- Capteur d'arbre à cames

Cette forme d'onde bien connue possède les propriétés suivantes :

1. Un signal numérique qui passe d'une tension basse, à peu près au-dessus de 0 V, à une tension élevée, à peu près en dessous de 5 V.
2. Les deux niveaux de tension stables présentent des transitions nettes.
3. Un hachage excessif ou des pertes de signal intermittentes ne se produisent pas.
4. Les tensions haute et basse représentent les phases de rotation de l'arbre à cames par rapport à l'ordre d'allumage du cylindre.
5. L'augmentation du régime moteur entraînera une augmentation de la fréquence globale de la forme d'onde.

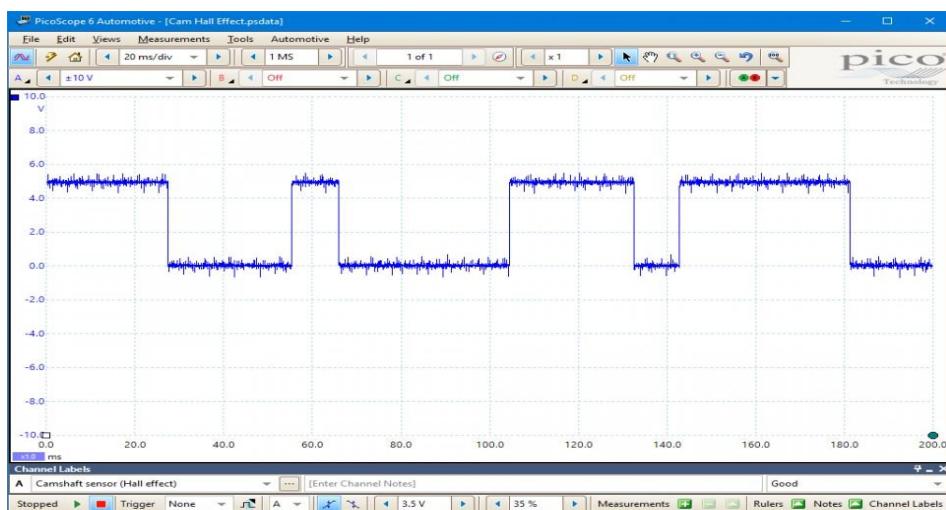


Figure IV. 7: Capteur d'arbre à cames

C- Capteur du régime moteur

Ces formes d'onde bien connues ont les propriétés suivantes :

1. Le canal B est le reflet du canal A.
2. Avec l'augmentation du régime moteur, l'amplitude et la fréquence d'oscillation augmentent également.
3. Il y a un intervalle périodique entre les oscillations, causé par le repère de synchronisation qui indique une position fixe dans chaque rotation du vilebrequin.
4. La forme d'onde ne présente aucun bruit excessif ou des ruptures incohérentes.

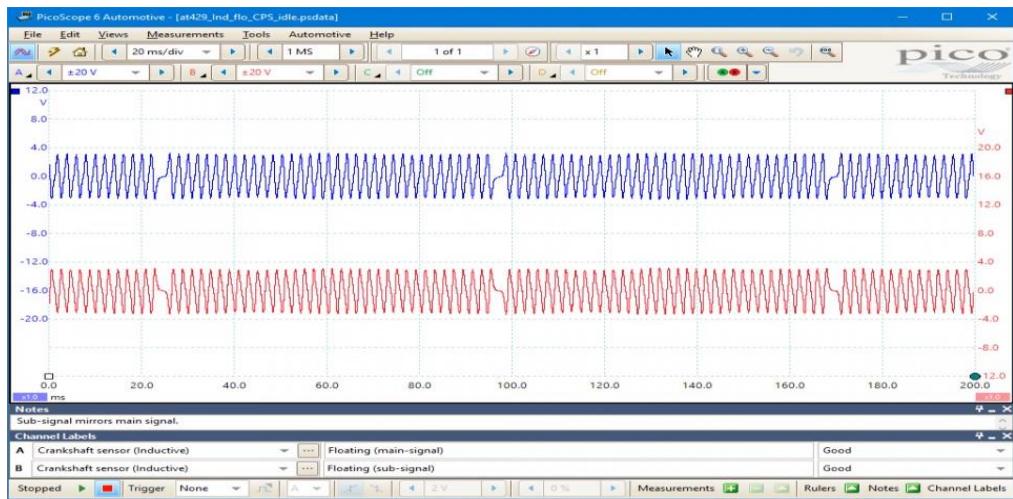


Figure IV. 8: signal de Capteur de vilebrequin

D- Capteur d'oxygène

Cette forme d'onde bien connue possède les propriétés suivantes :

1. Une tension cyclique qui fluctue entre une faible valeur, environ 0,2 V, et une valeur élevée, environ 4,5 V.
2. Les transitions entre les tensions basse et haute sont rapides et ne durent pas plus de 0,1 s lorsqu'elles se produisent.
3. Les pics de tension se produisent à environ 1 s, ce qui donne à la forme d'onde une fréquence de 1 Hz.
4. La forme d'onde présente une uniformité assez élevée, sans aucun décrochage ni irrégularités.

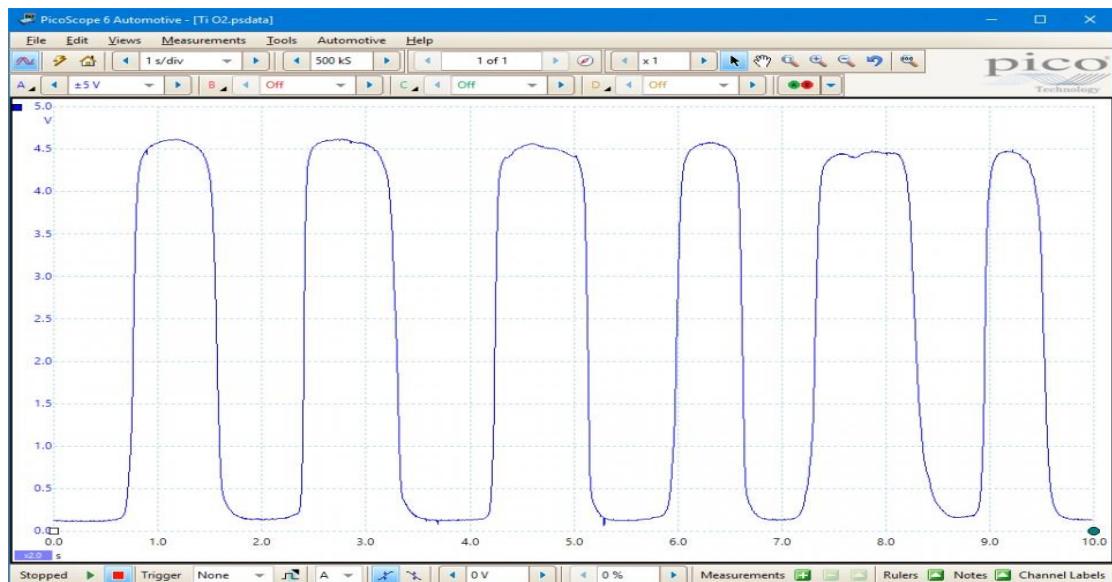


Figure IV. 9: signal de capteur d'oxygène

E- Capteur débitmètre

Cette forme d'onde bien connue possède les propriétés suivantes :

1. La sortie du capteur est d'environ 0,75 V lorsque le moteur est au ralenti.
2. Quand on appuie sur la manette des gaz, l'appel d'air initial fait monter rapidement la tension du capteur à environ 4,5 V. Une fois que le moteur a récupéré la demande initiale, le débit d'air à travers le capteur diminue rapidement et la sortie du capteur recule à environ 2,5 V. Cependant, lorsque la manette des gaz est ouverte, le régime du moteur augmente rapidement et le débit d'air à travers le capteur augmente à nouveau, ce qui fait monter la sortie du capteur à environ 3,5 V.
3. Lorsque l'accélérateur relâche la pédale, l'accélérateur coupe l'air et la sortie du capteur diminue rapidement. La tension de sortie du capteur est temporairement inférieure aux conditions initiales de ralenti en raison de l'inertie du mouvement des volets et du retour de la dépression du collecteur d'admission.
4. Après le passage au ralenti du moteur, l'aube revient à sa position de ralenti et la tension de sortie revient à celle mesurée au début de l'échantillonnage.
5. Lorsque le moteur tourne, les impulsions d'induction provoquent le hachage de la forme d'onde.

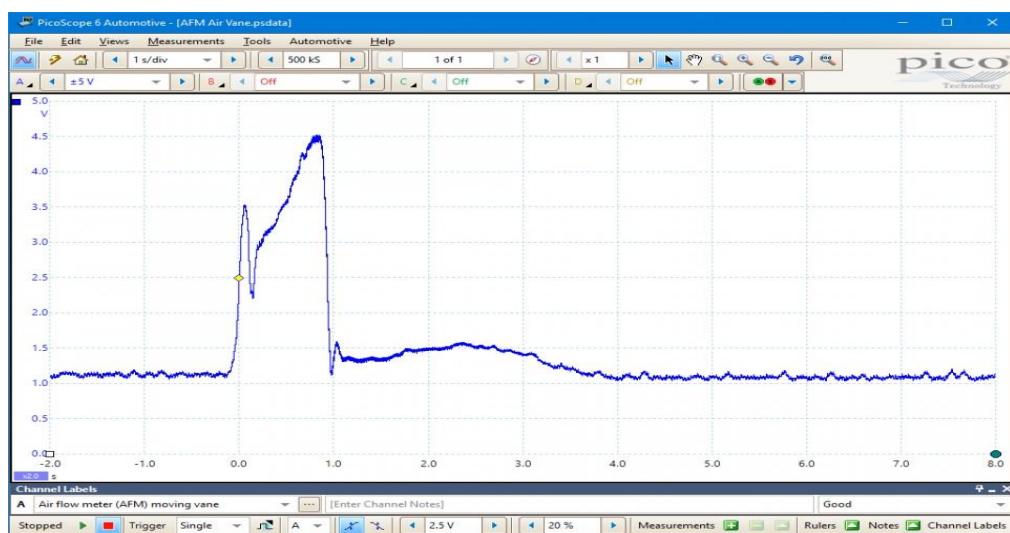


Figure IV. 10: signal de Débitmètre d'air

IV.3 Différentes étapes de diagnostic

On commence par la localisation du port OBD.II situe souvent sous le tableau d'abord et sa place varie selon la marque de voiture



Figure IV. 11: port OBD.II

Deuxièmement on connecte le scanner launch à la prise OBD-II du véhicule, généralement située sous le tableau de bord.



Figure IV. 12: branchement du scanner launch

Chapitre 4 Détection et réparation des défauts

Une fois les étapes précédentes terminée nous allumons le scanner launch en lancer l'application DiagZone Pro.



Figure IV. 13: application digzone pro

En appuyant sur l'icône (diagnostic local) un menu sera ouvert en nous indiquant le type de la sélection que nous ferons soit (recherche manuelle ou sélection automatique)

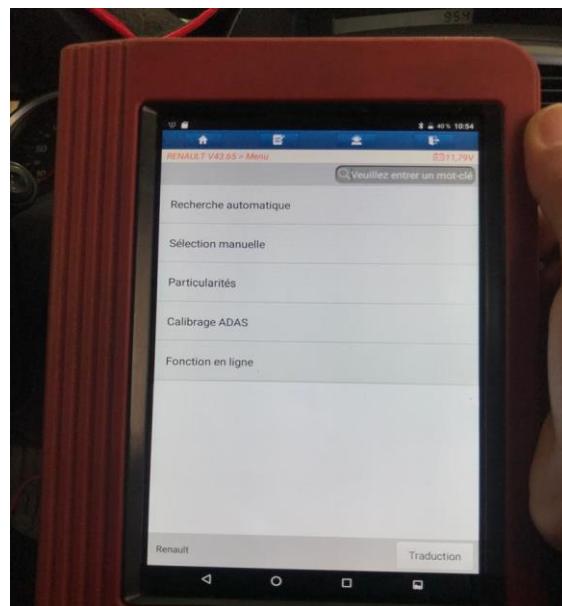


Figure IV. 14: choix de la sélection

Chapitre 4 Détection et réparation des défauts

En sélectionnant la (recherche manuelle) une liste s'ouvre pour que nous choisissons le type de la voiture que l'on veut

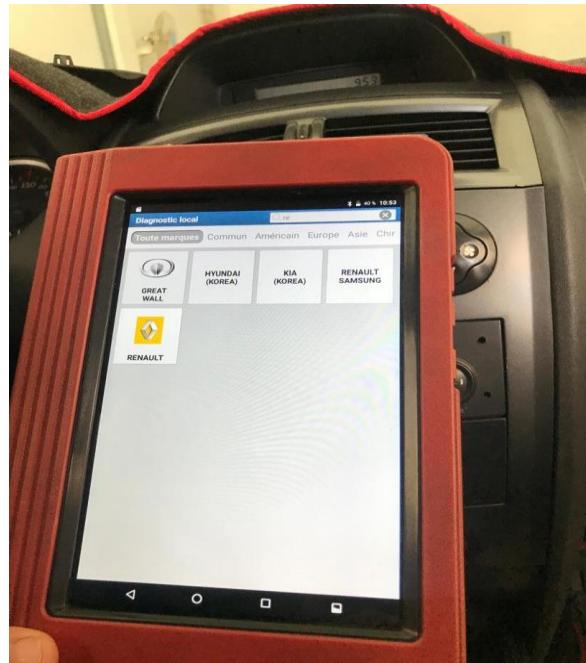


Figure IV. 15: type de voiture

En sélectionnant le type de voiture nous accédons au modèle de la voiture qui nous concernent

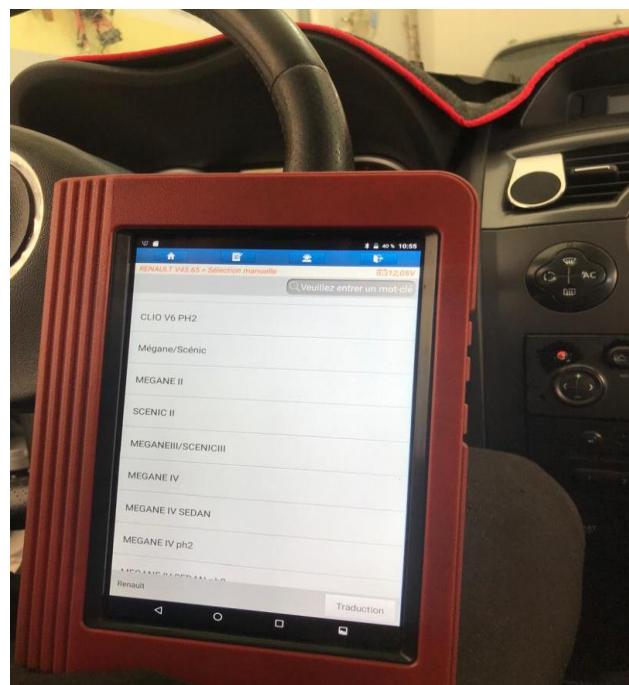


Figure IV. 16: modèle de la voiture

Chapitre 4 Détection et réparation des défauts

Ensuite, nous verrons une liste avec des informations sur la voiture et puis cliquez sur le mot confirme

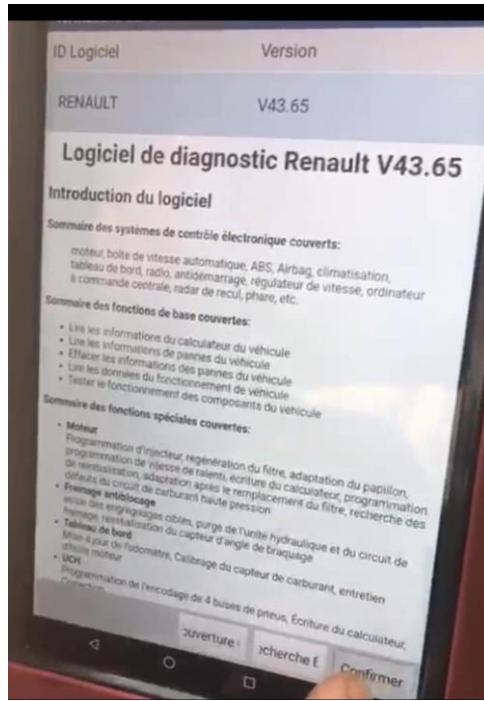


Figure IV. 17: Informations sur le modèle du véhicule

Ensuite, une liste du système nous montrerons une voiture spéciale et son fonctionnement. Nous accédons au module de gestion moteur (ECU).

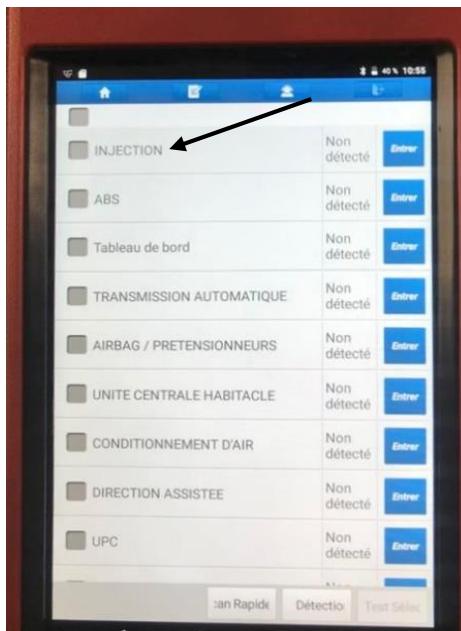


Figure IV. 18: paramètre de l'ECU

Après la sélection de ce dernière un menu s'affiche en nous montrent le paramètre ci-dessous.

Accédez à l'option "Lire les codes de défaut" ou "DTC".

Ce qui nous a permis de lire les codes de défaut stockés dans les modules de contrôle pour identifier les problèmes spécifiques.

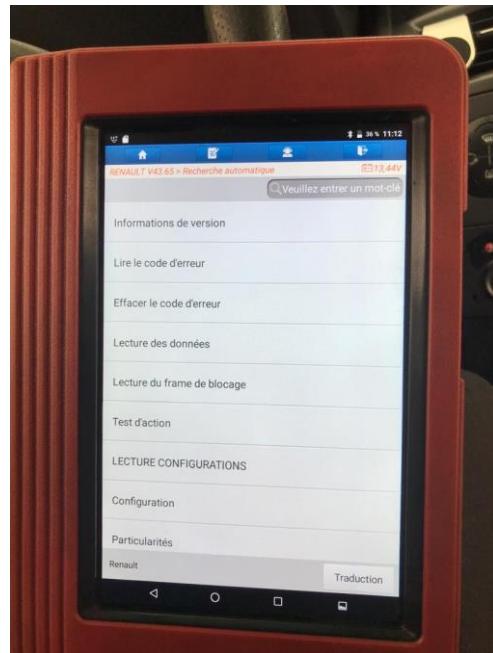


Figure IV. 19: sélectionnez (lire le code d'erreur)

Les codes affichés



Figure IV. 20: les codes des défauts

Chapitre 4 Détection et réparation des défauts

A travers ce scan, on peut déduire que l'appareil de diagnostic révèle l'existence d'un défaut : le défaut est au niveau de boitier de préchauffage. En effet, en se référant aux données du constructeur on pourra s'informer des causes possibles de l'apparition de ce défaut. D'autre part, en procédant à la vérification des caractéristiques techniques des composants soupçonnés, on peut facilement identifier la panne exacte et réparer l'anomalie.

IV.4 Visualisation de paramètre en temps réel.

L'analyser des paramètres de données actuels en temps réel, en fonction des actions de contrôle permet de bien comprendre le comportement mécanique, thermique et hydraulique dans de différents points de fonctionnement.

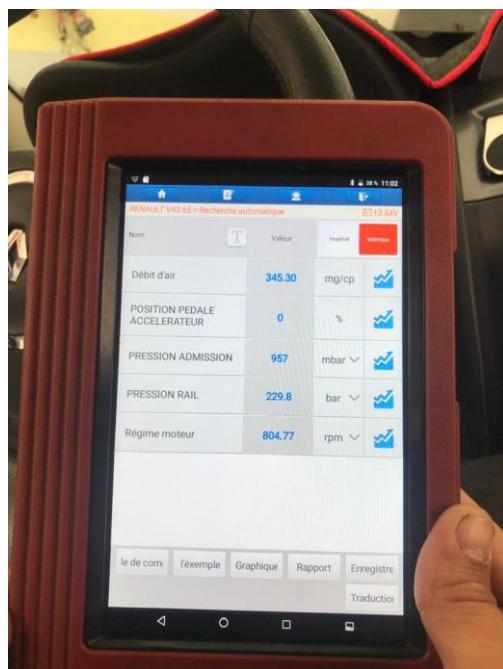
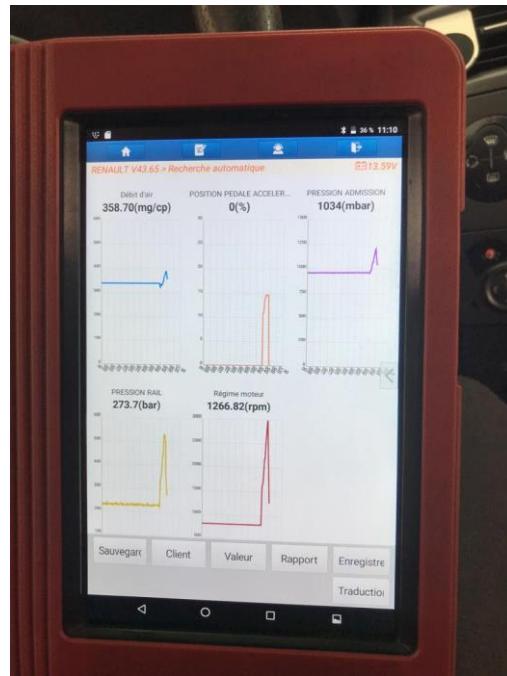


Figure IV. 21: Grandeurs mesurées au ralenti.



FigureIV.22 : le single d'élément de voiture

Avant d'appuyer sur la pédale d'accélérateur, les paramètres mécaniques et thermiques sont stables. En appuyant sur la pédale (le potentiomètre indique le passage de la tension à 14.9% de la tension maximale), la vitesse du vilebrequin et la pression rail augmente aussi. D'autre part, on constate une augmentation remarquable au niveau des capteur (de pression d'admission, et débitmètre d'air) pour atteint des valeurs maximales

CONCLUSION

Ce chapitre fournit un aperçu complet du diagnostic automobile, en mettant l'accent sur le diagnostic des véhicules diesel. Il commence par souligner l'importance cruciale du diagnostic pour garantir les performances, la fiabilité et la sécurité des véhicules modernes intégrant des systèmes électroniques et mécaniques complexes.

Le diagnostic offre de nombreux avantages, notamment l'identification précise des défaillances, des réparations plus rapides et efficaces, l'optimisation des performances, la prévention des pannes, l'amélioration de la sécurité et des économies à long terme. Le chapitre décrit ensuite les différents types de diagnostic : électronique, mécanique et de performances, ainsi que les outils et techniques associés.

Il présente également les différents modèles d'appareils de diagnostic disponibles, allant des scanners de base aux scanners professionnels et spécialisés, en passant par les outils spécifiques des constructeurs automobiles. Le choix dépend des besoins, du type de véhicules et du niveau d'expertise requis.

Enfin, le chapitre offre une démonstration pratique détaillée des différentes étapes du diagnostic à l'aide du logiciel DiagZone Pro et d'un scanner Launch,. Cette partie pratique guide le lecteur à travers les étapes de connexion au véhicule, de sélection de la marque et du modèle, de contrôle des paramètres, de lecture et d'effacement des codes de défaut, ainsi que d'analyse et de réparation.

En résumé, ce chapitre souligne l'importance du diagnostic automobile, présente ses différents types et outils, et fournit une démonstration pratique complète pour aider les techniciens et les propriétaires de véhicules à effectuer un diagnostic précis et résoudre les problèmes de manière efficace.

Conclusion générale

Ce mémoire a permis de développer une compréhension approfondie de la gestion des systèmes électroniques et du diagnostic des pannes dans les moteurs diesel modernes. À travers les différents chapitres, nous avons exploré les aspects techniques et pratiques essentiels pour assurer le fonctionnement optimal et l'entretien de ces moteurs.

Nous avons d'abord examiné les origines et les caractéristiques des moteurs diesel, en mettant en évidence leur efficacité et leur fonctionnement basé sur l'auto-allumage du carburant. Nous avons également détaillé les composants principaux du moteur, leur rôle et l'importance de la réaction chimique dans le processus de combustion.

Ensuite, nous avons étudié les circuits essentiels à la gestion du moteur, y compris l'alimentation en carburant, l'admission et l'échappement, ainsi que le refroidissement. Chaque circuit a été analysé pour comprendre son importance dans la performance globale du moteur, en assurant une combustion efficace et en évitant la surchauffe.

Nous avons approfondi notre connaissance des capteurs impliqués dans la gestion électronique des moteurs diesel. Ces capteurs fournissent des informations cruciales en temps réel au calculateur pour une régulation précise des divers paramètres du moteur. Une compréhension détaillée de leur fonctionnement permet un diagnostic fiable et une réparation efficace, garantissant ainsi des performances optimales et la conformité aux normes environnementales.

Enfin, nous avons offert une vue d'ensemble complète du diagnostic automobile, en mettant l'accent sur les techniques et les outils nécessaires pour identifier et réparer les pannes des véhicules diesel. L'utilisation d'exemples pratiques a illustré les étapes de connexion, de lecture des codes de défaut et de réparation, soulignant l'importance d'un diagnostic précis pour assurer la fiabilité et la sécurité des véhicules.

En résumé, ce mémoire met en évidence la complexité et l'importance des systèmes de gestion électronique dans les moteurs diesel modernes. Maîtriser ces systèmes est indispensable pour tout technicien souhaitant assurer la maintenance et la réparation efficaces de ces véhicules. Les connaissances acquises à travers ce travail contribueront sans doute à améliorer la performance, la fiabilité et le respect des normes environnementales dans le domaine de l'automobile.

Perspective

L'avenir du moteur diesel dépendra de sa capacité à relever ces défis et à répondre aux exigences croissantes en matière de performance environnementale et d'efficacité énergétique. Si les recherches et le développement se poursuivent à un rythme soutenu, les moteurs diesel ont le potentiel de rester une composante importante du système de transport mondial pour les années à venir.

Il est également important de considérer l'impact potentiel de la transition énergétique sur l'avenir du moteur diesel. La transition vers des sources d'énergie renouvelables pourrait entraîner une réduction de la demande de carburants fossiles, tels que le diesel, ce qui pourrait avoir un impact négatif sur l'industrie des moteurs diesel.

Cependant, il est également possible que les moteurs diesel puissent jouer un rôle dans la transition énergétique. Par exemple, les moteurs diesel pourraient être utilisés pour alimenter des générateurs électriques qui produisent de l'électricité à partir de sources renouvelables, telles que l'énergie éolienne ou solaire. De plus, les moteurs diesel pourraient être convertis pour fonctionner avec des biocarburants, ce qui réduirait leur dépendance aux carburants fossiles.

En conclusion, l'avenir du moteur diesel est incertain. Cependant, les moteurs diesel ont le potentiel de rester une composante importante du système de transport mondial si les recherches et le développement se poursuivent à un rythme soutenu et si l'industrie est capable de s'adapter aux défis et aux opportunités de la transition énergétique.

BIBLIOGRAPHIQUE

- [1] Bosch, R. (2011). *Bosch Automotive Handbook*. 9th Edition. Robert Bosch GmbH
- [2] Schmitt, B., & Guzzella, L. (2012). (Vehicle Propulsion Systems: Introduction to Modeling and Optimization). Springer
- [3] Benjedda Ibrahim, Ould Ahmedou Bemba Med El Hassen (Etude des moteurs diesels), Mémoire Master, (2017)
- [4] Labed Fayçal (Détection des défauts dans le système de combustion d'un moteur Diesel), Mémoire Master, (2007)
- [5] Hassen MERZOUK (Etude de conception d'un moteur diesel 1.7 dCI monté sur les véhicules Renault), Mémoire Master, (2017)
- [6] Benkhedir Randa (Étude et conception d'un moteur à combustion interne à quatre temps), Mémoire Master, (2021)
- [7] Salhi Zineddine (Etude thermodynamique, cinématique et dynamique d'un moteur à combustion interne), Mémoire Master, (2019)
- [8] Medjnah Oualid, Djemiat Samir (Detection des defauts et mode de reparation des blocs moteurs), Mémoire Master, (2017)
- [9] Abderahim Gherbal, Noureddine Sadaoui (Maintenance des moteurs a essences), Mémoire Master, (2019)
- [10] Kacimi Amine (Étude thermique et dynamique d'un moteur diesel de type TDI 2.0 L et 140 chevaux), Mémoire Master, (2022)
- [11] Ismaila Ba (Etude de la combustion dans le moteur diesel PIELSTICK PC4-2 pour une amélioration des performances), Mémoire Master, (2012)
- [12] Heywood, J.B. (1988). (Internal Combustion Engine Fundamentals)
- [13] (Ribbens, W.B. (2003). Understanding Automotive Electronics)
- [14] Ganesan, V. (2012). Internal combustion engines. Tata McGraw-Hill Education.
- [15] M. Amrani Said M. Nait Abderrahmane Rafik, (Etude thermique d'un radiateur de Bus-100L6 à moteur Cummins). Mémoire Master, (2014)
- [16] (Pulkrabek, W.W. (2004). Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine)
- [17] Turbocharging Performance Handbook. Jeff Hartman. Motorbooks, 2013.
- [18] Mustapha Bordjane (Modélisation et caractérisation dynamique des circuits d'admission et d'échappement des moteurs à combustion interne), Mémoire Master, (2013).
- [19] Mr M'hamdi Abdellah, Mr Omari Mohammed, (Etude de maintenance d'un moteur diesel), Mémoire Master, (2017).
- [20] Majewski, W.A. & Khair, M.K. (2006). Diesel Emissions and Their Control. SAE International.

[21] Khaled Latreche (Refroidissement à l'eau du Moteur F4L912 en version Dual-fuel), Mémoire Master, (2019)

[22]: Fraden, J. (2010). Handbook of modern sensors: physics, designs, and applications. Springer Science & Business Media

[23] Bouras Mohammed. Kerkar Mahdi. (Diagnostic des défauts d'un moteur diesel par banc d'essai), Mémoire Master, (2022).

[24] Mr. Fali Jugurtha (Etude D'un Système Electronique Embarqué Et Réalisation D'une Simulation D'injection Electronique De Carburant), Mémoire Master, (2010)

[25] Hella KGaA Hueck & Co, Lippstadt. Titre : Info Technique / Capteur de position du papillon. (2002).

[26] Moteurs Diesel automobiles - J. Baudry (Edition Foucher, 2007)

[27] file:///C:/Users/MXP%20TAIBECHE/Downloads/Documents/electronics_made_easy_1_french.pdf

[28] Tom Denton BA, AMSAE, MITRE, Cert.Ed., (automobile Electrical and Electronic) Third edition, livre Associate Lecturer, Open University (2004)

[29] Pickerill, K. (2018). Automotive Engine Repair and Rebuilding (2nd ed.). Cengage Learning.

[30] Erjavec, J. (2015). Automotive technology; A systems approach 6th edition. Cengage Learning.

[31] www.picoauto.com/library/automotive-guided-tests

[32] Tom Denton BA, AMSAE, MITRE, Cert.Ed., (automobile Electrical and Electronic) Third edition, livre Associate Lecturer, Open University (2004)

Résumé

العربية

تتناول هذه المذكرة دراسة شاملة لمحركات дизيل، موضحة بناء وعمل المحرك من خلال دورة التشغيل المكونة من أربع مراحل: السحب، الضغط، الاحتراق، والعادم. كما تستعرض الأنظمة الداعمة مثل أنظمة الوقود والتبريد. وتركز على أجهزة الاستشعار المستخدمة لمراقبة هذه الأنظمة وضمان كفاءة التشغيل. وتختتم بأساليب اكتشاف الأعطال وإصلاحها لضمان الأداء الأمثل والصيانة الفعالة لمحرك

Français :

Cette mémoire présente une étude complète des moteurs diesel, décrivant leur construction et fonctionnement à travers les quatre phases de fonctionnement : admission, compression, combustion et échappement. Elle explore les circuits essentiels comme ceux de l'alimentation en carburant et de refroidissement, et se concentre sur les capteurs utilisés pour surveiller ces circuits et assurer une gestion optimale. Elle conclut avec les méthodes de détection et de réparation des défauts pour garantir des performances optimales et une maintenance efficace.

English:

This thesis provides a comprehensive study of diesel engines, explaining their construction and operation through the four phases: intake, compression, combustion, and exhaust. It discusses essential systems such as fuel and cooling systems, focusing on sensors used to monitor these systems and ensure efficient operation. It concludes with methods for detecting and repairing faults to ensure optimal performance and effective maintenance of the engine.