



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche
Scientifique



Université Echahid Hamma Lakhdar d'El-Oued

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE

Mémoire de fin d'étude

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Génie mécanique

Spécialité : Energétique

Thème

**Etude comparative d'émission du CO et
CO₂ entre les systèmes essence et GPL dans
les moteurs thermiques à essence**

Devant le jury composé de :

Dr. MENACER Nouredine : président

Dr. GHARBI Mohammed Tahar : examinateur

BOULIFA Mohammed Ilias Encadreur

Présenté par

* HAMMADI Mohammed

* MESSAOUDI Massaoud

Année académique : 2022/2023



DEDICACES

Je dédie cette mémoire à tous ceux qui ont contribué à sa réalisation et l'ont enrichie de leurs connaissances et de leur expertise. À mes superviseurs et à tous ceux qui nous ont guidés et soutenus tout au long de la période de préparation de cette mémoire, je vous remercie pour votre temps précieux et vos efforts inestimables.

Je dédie également cette mémoire à ma famille et à mes amis qui ont été un soutien moral tout au long de mes études. Merci pour vos encouragements et votre confiance, ainsi que pour tout le soutien et la motivation que j'ai reçus de votre part.

Enfin, je dédie cette mémoire à la société et à l'humanité, espérant qu'elle puisse contribuer modestement au domaine dentelleraient. J'espère que les lecteurs trouveront cette mémoire utile et inspirante pour suivre davantage de recherche et de développement dans ce domaine.

Que ce travail soit un bon travail, et que cette dédicace exprime ma profonde appréciation et ma gratitude envers tous ceux qui ont participé et soutenu mon parcours pour réaliser cette mémoire.



REMERCIEMENTS

Nous remercions Dieu de nous avoir donné la force et la patience pour achever ce travail, et nous exprimons nos sincères remerciements à tous pour leur précieuse contribution à la réalisation de ce mémorandum. Nous vous souhaitons du succès dans toutes vos entreprises futures. Merci du fond du cœur.

Nous tenons à remercier tout particulièrement le Dr.Boulifa Mohammed Iliasse, superviseur de ce travail, pour les précieux conseils et orientations qu'il a prodigués tout au long de la préparation de la note. Votre forte présence et votre patience sans faille ont eu un impact significatif sur le succès de ce travail.

Nous tenons également à remercier tous les collègues amis qui nous ont apporté leur aide et leurs conseils lors de la rédaction de ce mémorandum. Vos précieuses expériences et discussions on tête pour nous une source d'inspiration et d'enrichissement, et ont grandement contribué au développement de notre compréhension et de notre vision du sujet.

En conclusion, nous voudrions exprimer notre profonde gratitude à ceux qui ont fourni le soutien financier nécessaire à la réalisation de ce mémorandum. Sans ce soutien, nous n'aurions pas pu franchir cette étape. Nous sommes reconnaissants à tous ceux qui ont contribué de quelque manière que ce soit à la réalisation de ce mémorandum et qui nous ont tendu la main pour atteindre nos objectifs.

Merci encore à tous pour leur coopération et leurs efforts considérables. Nous espérons que cette note sera une contribution modeste et précieuse au domaine que nous avons couvert.

Liste des Figures

Figure I.1. Fonction d'un moteur à combustion interne	4
Figure I.2. Vue éclatée et assemblée d'un moteur à explosion	4
Figure. I.3 Bloc-moteur 4 cylindres en ligne	5
Figure I.4. La chemise de cylindre	6
Figure I.5. La culasse	6
Figure I.6. Coupe transversale d'un piston	7
Figure I.7. La Bielle	7
Figure. I.8. Les segments et leur position dans le piston	8
Figure I.9. Les soupapes	9
Figure. I.10. Le vilebrequin	9
Figure. I.11. L'arbre à cames	10
Figure I.12. Admission	11
Figure I.13. Compression	11
Figure I.14. Coup de puissance	12
Figure I.15. Echappement	13
Figure. I.16. Diagramme théorique (P, V) d'un moteur HCCI	13
Figure. I.17. Diagramme réel (P, V) d'un moteur HCCI	15
Figure I.18. Un film d'huile sépare les pièces	16
Figure I.19. Une cale d'huile soulève l'arbre du roulement.	16
Figure. I.20. Cycle du système de graissage	19
Figure. I.21. Cycle du système de refroidissement	22
Figure. I.22. Système d'allumage d'un ancien système	24
Figure. I.23. Système d'allumage électromagnétique	25
Figure I.24. Composants du système d'injection de carburant	28
Figure I.25. Cycle du système d'injection de carburant	30
Figure I.26. Injection de carburant en un seul point.	31
Figure. I.27. Système injection de carburant multipoint	31
Figure I.28. Injection directe de carburant	32
Figure I.29. Injection séquentielle de carburant	33
Figure. I.30. Injection de carburant à rampe commune	33
Figure. I.31. Cycle du système d'alimentation du moteur	35
Figure I.32. Schéma d'installation et éléments du kit GPL	37

Figure.II.1. Raffinage de pétrole	41
Figure II.2. Origine du GPL	46
Figure III.1. Composition des gaz d'échappement sur les moteurs à essence	53
Figure III.2. Composants en entrée et sortie de combustion.....	53
Figure. IV.1. L'appareil utilisé pour mesurer les émissions	64
Figure. IV.2. écran de l'appareil	64
Figure. IV.3. Capteur de gaz	65
Figure. IV.4. Résultat par l'ordinateur.....	65
Figure. IV.5. L'écran affiche le résultat de l'analyse des gaz d'un moteur de voiture.....	66
Figure IV.4. Teneur en CO dans les moteurs à essence sans plomb.....	70
Figure IV.5. Teneur en CO ₂ dans les moteurs à essence sans plomb	70
Figure IV.6. Teneur en CO dans les moteurs à essence GPL	71
Figure IV.7. Teneur en CO ₂ dans les moteurs à essence GPL	71

Liste des tableaux

Le tableau II.1. Montre un exemple de structure du benzène selon la famille chimique. [20]	42
Tableau II.2 Les principaux composants de l'essence [18]	44
Tableau II.3 Caractéristiques des composants du GPL [22]	47
Tableau III.1. Sources de pollution et leurs types [23]	51
Tableau IV.1. Résultats d'analyse moteurs à essence sans plomb de 2007 à 2011	67
Tableau IV.2. Résultats d'analyse moteurs à essence sans plomb de 2012 à 2015	67
Tableau IV.3. Résultats d'analyse moteurs à essence sans plomb de 2016 à 2018	68
Tableau IV.4. Résultats d'analyse moteurs à essence GPL de 2007 à 2011	68
Tableau IV.5. Résultats d'analyse moteurs à essence GPL de 2012 à 2015	69
Tableau IV.6. Résultats d'analyse moteurs à essence GPL de 2016 à 2018	69
Tableau IV.8. Tableaux récapitulatifs des résultats de l'analyse pour les moteurs à essence sans plomb	69
Tableau IV.9. Tableaux récapitulatifs des résultats de l'analyse pour les moteurs à essence GPL	70

Liste des abréviations

NO₂: Dioxyde d'azote

C₇H₁₆ : Heptane hydrocarbure

O₂: Oxygène

N₂: Azote

H₂O : eau

SO₂ : Dioxyde de soufre

NO_x : Oxydes d'azote (NO et NO₂)

CO : Monoxyde de carbone

CO₂ : dioxyde de carbone

H : Hydrocarbures

HCl : Acide chlorhydrique

COV : Composés organiques volatils

O₃ : Ozone

MPI : signifie Injection Multipoint

EFI : signifie Electronic Fuel Injection

AP1500 : L'analyseur de gaz d'échappement

O : Monoxygène

CH₄ : Méthane

CFC : Clorofluorocarbure

N₂O : oxydes nitreux

HO₂ : hydro-peroxyde

H₂ : hydrogène

HC : Hydrocarbures imbrûlés

R : radicaux alkyls

Ppm: Partie par million

C₄H₁₀ : butane

C₃H₈ : propane

C₅H₁₂ : pentane

RH : molécule d'hydrocarbure

PFI : signifie Port Fuel Injection

DI : signifie Essence Direct Injection

Sommaire

DEDICACES	I
REMERCIEMENTS	II
Liste des Figures.....	III
Liste des tableaux	V
Liste des abréviations	VI
Introduction générale.....	1
I.1 - Introduction	3
I.2 - Historique de moteur combustion interne (à explosion)	3
I.3 - Moteur à combustion interne (à explosion).....	3
I.4 - L'architecture générale	4
I.4.1 - Organes fixes	5
I.4.1.1 - Le bloc moteur (bloc cylindre)	5
I.4.1.2- La chemise de cylindre	5
I.4.1.3. La culasse.....	6
I.4.2 - organes mobiles	7
I.4.2.1- Le piston	7
I.4.2.2- La bielle	7
I.4.2.3- Les segments.....	8
I.4.2.4- la soupape	8
I.4.2.5- Le vilebrequin.....	9
I.4.2.6- Arbre à cames	10
I.5- Fonctionnement Du Moteur À Quatre Temps	10
I.6- Etude thermodynamique.....	13
I.6.1. Cycle théorique	13
I.7. Systèmes de moteur à combustion interne (essence).....	16

I.7.1. Système de lubrification (graissage) :.....	16
I.7.1.1. Le principe de lubrification.....	16
I.7.1.2. Les composantes principales du système de lubrification	17
I.7.1.2.a. Substance de lubrification	17
I.7.1.2.b. Des composants mécaniques.....	17
I.7.1.3. Pièces de moteur à lubrifier	18
I.7.1.4. Déroulement de l'opération de lubrification.....	18
I.7.2. Système de refroidissement	19
I.7.2.1. L'importance du système de refroidissement.....	19
I.7.2.2. Composants du système de refroidissement	20
I.7.2.3. Cycle du système de refroidissement.....	21
I.7.3. Le système d'allumage	22
I.7.3.1. L'importance du système d'allumage	22
I.7.3.2. Types de système d'allumage.....	22
I.7.3.2.1. Système d'allumage par étincelle moderne	23
I.7.3.2.1.1. Composants d'un système d'allumage moderne (figure I.22)	23
I.7.3.2.1.2. Principe de fonctionnement du système d'allumage moderne	23
I.7.3.2.2. Système d'allumage électromagnétique (DIS – Distributeur les Ignition System)...	24
I.7.3.2.2.1. Composants du système d'allumage électronique par étincelle: (figure I.23)	24
I.7.3.2.2.2. Le Principe de fonctionnement du système d'allumage électronique:.....	25
I.7.4. Système d'alimentation de moteur à essence :	26
I.7.4.1. L'importance du système d'alimentation.....	26
I.7.4.2. Composants du système d'alimentation	26
I.7.4.2.1. Système d'alimentation en air	26
I.7.4.2.1.1. L'importance du système d'alimentation en air.....	26
I.7.4.2.1.2. Composants du système d'alimentation en air	27
I.7.4.2.1.3. Types de système d'alimentation en air	27
I.7.4.2.2. Système d'alimentation en carburant	27
I.7.4.2.2.1. Composants du système d'alimentation en carburant [14].....	28

I.7.4.2.2.2. Cycle du système d'injection de carburant:.....	29
I.7.4.2.2.3. Types de systèmes d'injection de carburant	30
I.7.4.2.2.3.1. Injection à point unique ou corps de Papillon (TBI)	30
I.7.4.2.2.3.2. Injection de carburant multipoint (MPFI).....	31
I.7.4.2.2.3.3. Injection directe (DI).....	32
I.7.4.2.2.3.4. Injection de carburant dans l'orifice (PFI)	32
I.7.4.2.2.3.5. Injection séquentielle de carburant	32
I.7.4.2.2.3.6. Injection de carburant à rampe commune:.....	33
I.7.4.2.2.4. Cycle du système d'alimentation du moteur	34
I.7.4.2.2.5. Symptômes de dysfonctionnements du système d'injection de carburant:	35
I.7.5. Moteurs GPL [16]	36
I.7.5.1. Composants du moteur GPL:.....	36
I.7.5.2. Caractéristiques et avantages des moteurs essence et GPL:	37
I.8. Conclusion	39
II.1. Introduction	41
II.2. L'essence.....	41
II.2.2. Composition de l'essence.....	42
II.2.3. Unités d'exploitation et de production de mélange final (essence)	42
II.2.4. Les différents types d'essences.....	43
II.3. Le gaz du pétrole liquéfié (GPL).....	45
II.3.1. Définition du GPL	45
II.3.2. Origine du GPL	46
II.4. Conclusion :.....	48
III.1. Introduction	50
III.2. Définition générale de la pollution :.....	50
III.2.1. Sources de pollution :.....	50
III.2.2. Pollution des aux véhicules :.....	52
III.2.3. Composition des gaz d'échappement.....	52
III.2.4. Composants en entrée et sortie de combustion [24].....	53

III.2.5. Normes d'émission	54
III.3. les composants des gaz d'échappement	54
III.3.1. monoxyde de carbone.....	54
III.3.1.1. Production de monoxyde de carbone	54
III.3.1.2. Effets du monoxyde de carbone sur la santé humaine	54
III.3.1.3. Effets du monoxyde de carbone sur l'environnement	55
III.3.2. Le dioxyde de carbone	56
III.3.2.1 production de dioxyde de carbone	56
III.3.2.2. Effets du dioxyde de carbone sur l'environnement	56
III.3.2.3. Effets du dioxyde de carbone sur la santé humaine	57
III.3.3. Définition du dioxyde d'azote	57
III.3.3.1. Production de dioxyde d'azote.....	57
III.3.3.2. Effets du dioxyde d'azote (NO ₂) sur l'homme.....	58
III.3.3.3. Effets du dioxyde d'azote (NO ₂) sur l'environnement.....	58
III.3.4. Définition de l'ozone	58
III.3.4.1. Production de l'ozone	58
III.3.4.2 Effets de l'ozone sur la santé humaine et l'environnement.....	58
III.3.5. Définitions Hydrocarbures imbrûlés (HC) et composés organiques volatils (COV)...	59
III.3.5.1. Production d'hydrocarbures imbrûlés et de composés organiques volatils:.....	59
III.3.5.2. Effets sur l'homme et l'environnement.....	59
III.3.6. Définition Anhydride sulfureux (SO ₂).	60
III.3.6.1. Production de dioxyde de soufre SO ₂	60
III.3.6.2. Effets du dioxyde de soufre sur l'homme	60
III.3.6.3. Effets du dioxyde de soufre sur l'environnement	60
III.4. Conclusion.....	61
IV.1. Introduction :	63
IV.2. Analyseur de gaz d'échappement:	63

IV.2.1. Principe de fonctionnement de l'appareil	65
IV.2.2. Composants de l'appareil	65
IV.3. Méthode expérimentale:	66
IV.4. Résultats	67
IV.4.1. Résultats d'analyse moteurs à essence sans plomb	67
IV.4.2. Résultats d'analyse moteurs à essence GPL.....	68
IV.4.3. Tableaux récapitulatifs.....	69
IV.5. Discussion des résultats	72
IV.5.1. Moteurs à essence sans plomb	72
IV.5.2. Moteurs à essence GPL.....	72
IV.6. Conclusion	74
Conclusion Générale :	76

Introduction générale

Introduction générale

Introduction générale

Les moteurs thermiques ont révolutionné le monde des transports depuis leur invention. Ils transforment la chaleur en énergie mécanique, à travers la combustion d'un mélange de carburant et d'air dans une chambre de combustion. Parmi les types de moteurs thermiques, on retrouve les moteurs à pistons, les turbines à gaz et les turbines à réaction, chacun avec ses caractéristiques et ses applications spécifiques.

Cependant, l'utilisation de ces moteurs peut avoir un impact négatif sur l'environnement, notamment en termes d'émissions de gaz à effet de serre. Dans ce contexte, notre étude se concentrera sur les différences d'émissions de dioxyde de carbone (CO_2) et de monoxyde de carbone (CO) entre le système de carburant essence et le gaz de pétrole liquéfié (GPL) dans les moteurs à combustion interne utilisant de l'essence.

Notre objectif est d'évaluer l'impact environnemental et économique de l'utilisation du GPL par rapport à l'essence, en analysant les résultats de nos tests de mesure de gaz d'échappement prélevés dans un centre de contrôle technique automobile.

Notre étude se composera de quatre chapitres. Le premier chapitre fournira des informations générales sur les moteurs à combustion interne (essence). Dans le deuxième chapitre, nous étudierons les carburants utilisés dans les moteurs à essence, tandis que le troisième chapitre se concentrera sur l'impact des gaz d'échappement sur l'environnement. Enfin, dans le quatrième et dernier chapitre, nous présenterons une étude expérimentale sur les gaz

Chapitre I

Généralité sur les moteurs à combustion interne

I.1 - Introduction

Le moteur à essence est un type de moteur qui utilise de l'essence comme carburant. À l'intérieur du moteur, le carburant est mélangé à de l'air et brûlé, produisant des gaz chauds qui se dilatent contre les pièces du moteur et les font bouger. C'est pourquoi les moteurs à essence sont appelés moteurs à combustion interne. Le mouvement à l'intérieur de ce moteur est ensuite transformé en mouvement à l'extérieur pour faire tourner les roues et les ventilateurs, ou pour alimenter d'autres machines. Ainsi, le moteur à essence convertit l'énergie thermique en énergie mécanique. Le taux de production de travail d'un moteur à essence est mesuré en chevaux-vapeur ou en watts.

Les moteurs à essence sont petits et légers par rapport à la puissance produite, ce qui en fait l'un des moteurs les plus importants pour les voitures. Presque toutes les voitures, les tondeuses à gazon, les motos, les motoneiges, les petits tracteurs fonctionnent avec des moteurs à essence, ainsi que les camions, les bus, les avions et les petits bateaux. Le moteur à essence est parfois utilisé comme source d'énergie mobile pour alimenter les pompes et autres machines dans les fermes.

I.2 - Historique de moteur combustion interne (à explosion)

L'histoire du moteur à combustion interne (à explosion) remonte à 1862 lorsque Beau de Rochas a publié une étude détaillée sur les performances du moteur à quatre temps. En 1884, Edouard Delamar-Divotville a produit sa première voiture utilisant le principe du moteur à quatre temps, mais elle n'a pas été commercialisée. En 1885, G. Daimler a fabriqué un moteur à essence à quatre temps de 264 cm³. En 1899, le constructeur Paris-Singer a conçu un moteur sans pression à quatre temps, suivi en 1900 par Humber qui a développé l'un des premiers moteurs utilisant des soupapes mécaniques pour contrôler l'échappement. [1]

I.3 - Moteur à combustion interne (à explosion)

C'est une machine qui convertit l'énergie thermique issue de la combustion d'un mélange air/carburant en énergie mécanique utilisable. Ce type de moteur fonctionne avec de l'air, qui est principalement de l'azote, avec l'ajout d'oxygène nécessaire à la combustion du carburant. La Figure I.1 montre le processus de conversion d'énergie dans un moteur à combustion interne. [2]

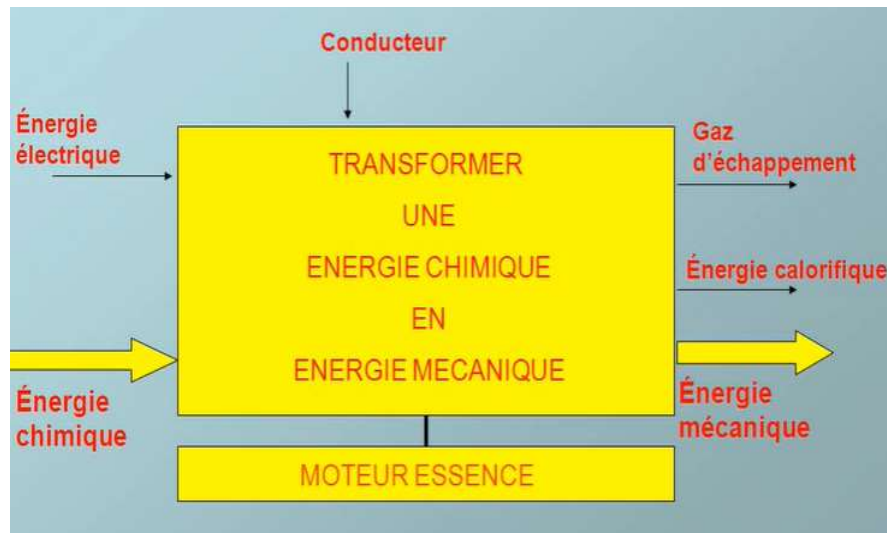


Figure I.1. Fonction d'un moteur à combustion interne [3]

I.4 - L'architecture générale

Le moteur à combustion interne se compose d'un ensemble de composants principaux et secondaires. Il est caractérisé par la présence de pièces mobiles et fixes, chacune jouant un rôle crucial dans son fonctionnement en fonction de sa structure, tout en prenant en compte la sécurité des composants thermosensibles. La Figure I.2 ci-dessous illustre l'architecture générale du moteur

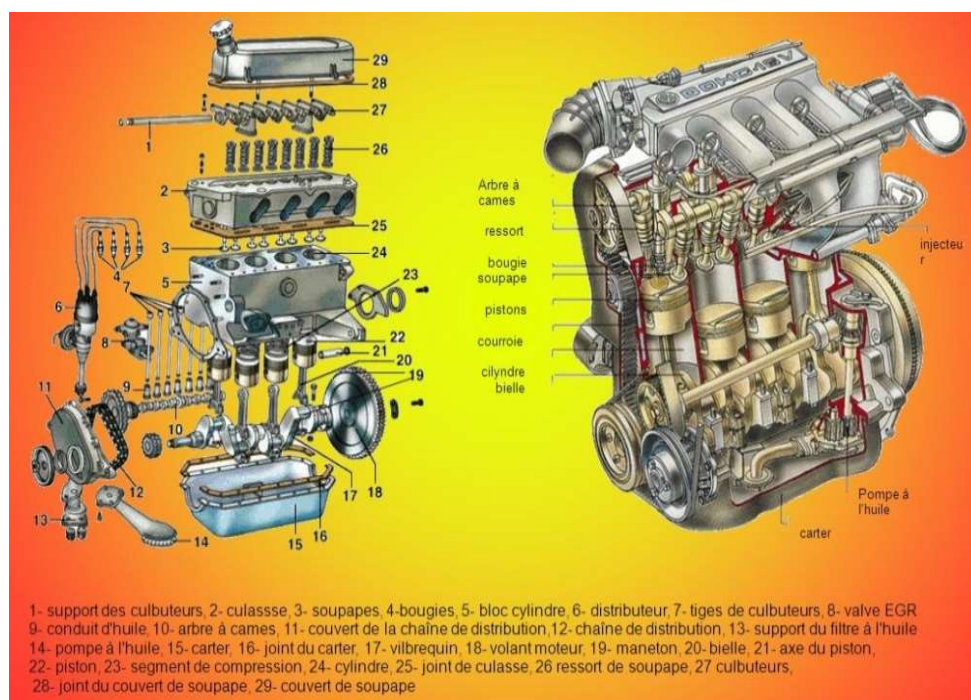


Figure I.2. Vue éclatée et assemblée d'un moteur à explosion [3]

I.4.1 - Organes fixes**I.4.1.1 - Le bloc moteur (bloc cylindre)**

Le bloc est en fonte ou en alliage d'aluminium moulé, il contient les cylindres et reçoit l'ensemble des organes du moteur : équipement d'injection, vilebrequin, distribution, auxiliaires,...etc. En revanche, le bloc cylindre doit remplir plusieurs fonctions, figure (I.3) :

- supporte le vilebrequin ;
- permet le guidage des pistons ;
- assure avec la culasse l'étanchéité des cylindres ;
- permet le passage des canalisations de graissage et de refroidissement.

Il y a aussi des conditions qui doivent être remplies par le bloc moteur, à savoir :

- être indéformable et répondre à des dispositions géométriques précises ;
- résister aux pressions, torsions, frottements, variations de température ;
- être d'une bonne conductibilité thermique (évacuation rapide des calories en excédent) ;
- posséder la masse la moins élevée possible. [4]



Figure. I.3 Bloc-moteur 4 cylindres en ligne [5]

I.4.1.2- La chemise de cylindre

La chemise de cylindre est une pièce cylindrique qui est pressée fermement dans le cylindre du bloc moteur. Cette pièce, qui est souvent en fonte ou en acier, est plus résistante que le reste du bloc moteur. Elle permet au piston de glisser à l'intérieur et est le lieu où se produit la combustion/compression. Différents usinages et traitements sont appliqués à la chemise pour améliorer son état de surface et réduire les frottements. De plus, la dureté est accrue pour éviter l'usure, comme le montre. [6]



Figure I.4. La chemise de cylindre [4]

I.4.1.3. La culasse

La culasse assure la fermeture des cylindres dans leur partie supérieure, constituant ainsi la chambre de combustion, voir la figure (I.5).

Elle permet :

- l'arrivée et l'évacuation des gaz,
- la mise en position des éléments de la distribution et d'une partie de l'allumage,
- l'évacuation rapide des calories, le point le plus chaud du moteur étant précisément la chambre de combustion.



Figure I.5. La culasse [4]

La culasse est aussi en fonte ou en alliage d'aluminium moulé. Les contraintes mécaniques étant moins importantes que pour le bloc-moteur, les constructeurs ont quasiment abandonné la fonte au profit d'aluminium, en raison de sa légèreté et sa très bonne conductibilité thermique. Un réseau de conduits d'eau et d'huile est pratiqué dans la culasse, l'étanchéité bloc-culasse est assurée par le joint de culasse. [4]

I.4.2 - organes mobiles

I.4.2.1- Le piston

Le rôle principal du piston est de transmettre la force générée par la pression des gaz à travers la bielle. La jupe du piston est en contact avec le cylindre et travaille en tandem avec les segments pour assurer le refroidissement du piston. De plus, une partie de la chaleur est évacuée par l'huile qui est projetée sur le fond du piston. La bielle est connectée au piston via un axe en acier. Les pistons sont généralement fabriqués en alliage d'aluminium, tel que AS12UN, et parfois renforcés par des fibres. Plus rarement, ils peuvent être en fonte GS ou en acier forgé. [6]

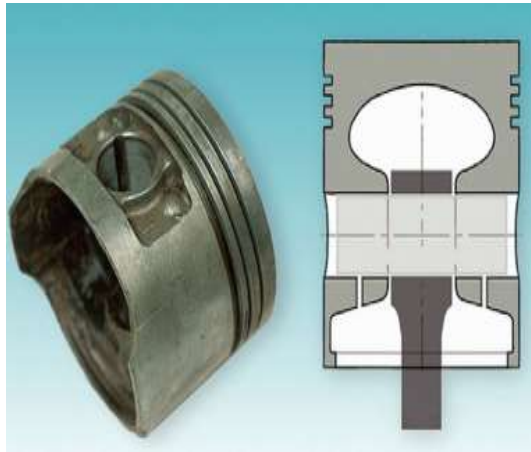


Figure I.6. Coupe transversale d'un piston [5]

I.4.2.2- La bielle

La bielle est un élément intermédiaire qui permet la transmission des forces entre deux éléments animés de mouvements différents :

- Le mouvement rectiligne alternatif du piston ;
- Le mouvement circulaire continu du vilebrequin.

Par la combinaison des mouvements rapides du piston et du vilebrequin, cet élément est soumis à de multiples contraintes : la compression, la traction, la flexion.

Elle peut être en fonte GS, en acier forgé ou fritté, et aussi en alliage léger. [4].



Figure I.7. La Bielle [5]

I.4.2.3- Les segments

Les segments jouent un rôle crucial dans le fonctionnement du moteur en assurant l'étanchéité aux gaz du côté de la chambre de combustion et à l'huile du côté du carter. En plus de leur fonction d'étanchéité, ils participent également à l'évacuation d'une partie de la chaleur générée par les gaz vers le cylindre. Les segments sont généralement au nombre de trois et est:

- le segment de feu situé au sommet du piston.
- le segment d'étanchéité au milieu.
- le segment racleur qui assure principalement l'étanchéité à l'huile. La Figure I.8 ci-dessous illustre la disposition des segments. [4]



Figure. I.8. Les segments et leur position dans le piston [5]

I.4.2.4- la soupape

Les soupapes (figure I.9) jouent un rôle crucial dans le bon fonctionnement du moteur en permettant un passage rapide et efficace des gaz. Elles doivent être parfaitement étanches à la fermeture sur le siège de soupape pour éviter toute perte de pression. Cependant, en raison des températures élevées de la chambre de combustion, atteignant jusqu'à 800°C à l'ouverture de la soupape d'échappement, leur fabrication nécessite l'utilisation de métaux capables de résister à la déformation à haute température (fluage) et aux chocs répétés, comme les aciers austéniques avec des additifs tels que le chrome, le nickel et le tungstène. La portée conique de la soupape permet une fermeture étanche et un centrage correct, prévenant ainsi toute déformation de la tige ou de la queue. [6]



Figure I.9. Les soupapes [4]

I.4.2.5- Le vilebrequin

Le vilebrequin (figure I.10) joue un rôle clé dans la transformation du mouvement linéaire alternatif du piston en mouvement circulaire continu, aux côtés de la bielle. Les contraintes subies par le vilebrequin comprennent [4] :

- Des torsions résultant des forces opposées du couple moteur et du couple résistant ;
- Des flexions, compressions, tractions et cisaillements ;
- Des frottements au niveau des paliers ;
- Des vibrations résultant de la masse du vilebrequin lancé à grande vitesse.

Pour supporter ces forces, le vilebrequin doit posséder :

- Un bras de manivelle robuste ;
- Une géométrie indéformable ;
- Un équilibrage parfait (il peut être en acier forgé ou moulé et également en fonte ductile).



Figure. I.10. Le vilebrequin [5]

I.4.2.6- Arbre à cames

L'arbre à cames (figure I.11) est une partie essentielle du moteur, car il contrôle l'ouverture et la fermeture des soupapes et la distribution du carburant et de l'air à l'intérieur des cylindres. La colonne est constituée d'un long corps métallique équipé d'un nombre de cames égal au nombre de soupapes, qui commandent la levée des soupapes d'une manière cohérente avec le mouvement du vilebrequin. L'arbre à cames peut être situé dans le carter latéral du moteur ou dans la culasse. [6]

L'arbre à cames peut être en fonte GS ou GLA, ou en acier trempé ou nitruré.

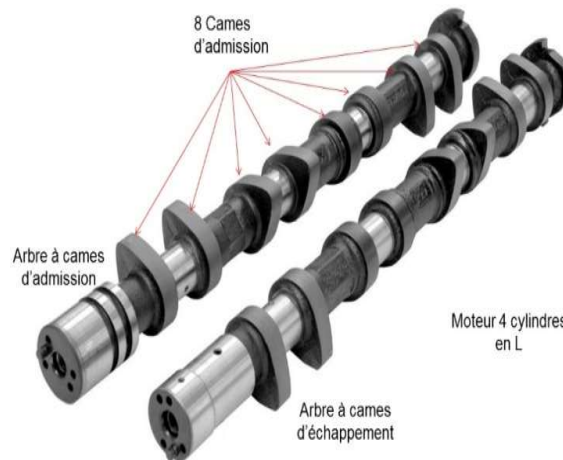


Figure. I.11. L'arbre à cames [6]

I.5- Fonctionnement Du Moteur À Quatre Temps

Une course est le mouvement du piston du PMH (point mort haut) au PMB (point mort bas). Il y a quatre temps dans un cycle à quatre temps du moteur. Ils sont appelés la course d'admission, la course de compression, la course motrice et la course d'échappement.

a. La course d'admission :

L'essence ne brûlera pas si elle n'est pas mélangée avec la bonne quantité d'air. Il est très explosif lorsqu'une partie est mélangée à environ 15 parties d'air. Peu de temps avant que le piston n'atteigne le PMH, la soupape d'admission commence à s'ouvrir. Lorsque le vilebrequin tourne, il tire la tige et le piston vers le bas dans le cylindre vers le PMB (Figure I.12). Cette action crée un vide à basse pression qui est rempli par la pression d'air atmosphérique et le carburant à travers la soupape d'admission ouverte. Environ 10 000 gallons d'air sont aspirés pour chaque 1 gallon de carburant fourni par le système de carburant. Le mélange idéal (appelé stœchiométrique) pour les besoins combinés des

performances du moteur, du contrôle des émissions et de l'économie de carburant est d'environ 14.7 :1 (au niveau de la mer). Lorsque le vilebrequin continue de tourner, le piston commence à remonter dans le cylindre et la soupape d'admission se ferme. [8]

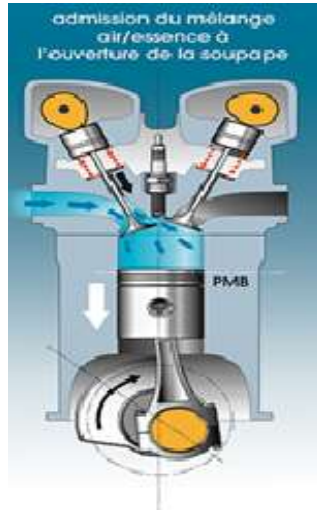


Figure I.12. Admission [7]

b. **La course de compression :** Le piston monte dans le cylindre, comprimant le mélange air-carburant (Figure I.13). Si vous allumez une flaque d'essence en feu à l'air libre, elle ne produit pas d'électricité. S'il est confiné dans un cylindre, cependant, une puissance utilisable peut être produite. La compression du mélange d'air et de carburant dans une zone plus petite facilite la combustion. La course de compression commence au PMB une fois la course d'admission terminée. Lorsque le piston se déplace vers le PMH, les deux soupapes sont fermées car le mélange est comprimé à environ $\frac{1}{8}$ du volume qu'il occupait lorsque le piston était au PMB. Dans ce cas, le taux de compression est dit de 8:1. Si le mélange est comprimé à $\frac{1}{12}$ de son volume d'origine, le taux de compression est alors de 12:1. [8]

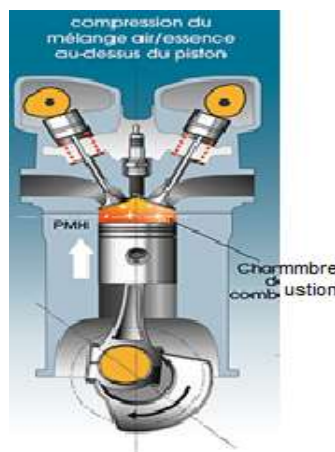


Figure I.13. Compression [7]

c. **Coup de puissance** : Lorsque le piston approche du point mort haut (PMH) sur sa course de compression, le mélange air-comburant devient très explosif (Figure I.14). Lorsque le système d'allumage génère une étincelle à la bougie, le carburant s'enflamme. Le mélange air-carburant brûle, mais ne doit pas exploser. Au fur et à mesure que le mélange brûle, il se dilate, forçant le piston à descendre dans le cylindre jusqu'à ce qu'il atteigne le point mort bas (PMB). L'action du piston fait tourner le vilebrequin pour propulser la voiture. La course motrice est parfois appelée la course d'expansion. [8]



Figure I.14. Coup de puissance [7]

d. **Course d'échappement** :

Lorsque le piston s'approche du PMB lors de la course motrice, la soupape d'échappement s'ouvre, permettant aux gaz usés de s'échapper. Étant donné que les gaz de combustion continuent de se dilater, ils sont expulsés par la soupape d'échappement ouverte. Alors que le vilebrequin continue de tourner au-delà du PMB, le piston monte dans le cylindre, aidant à pousser les gaz d'échappement restants à travers la soupape d'échappement ouverte (Figure I.15). Quelques degrés après le passage du piston au PMH, la soupape d'échappement se ferme. L'ensemble du cycle à quatre temps se répète, recommençant lorsque le piston descend sur la course d'admission.

Le cycle à quatre temps est considérablement plus compliqué que cette simple explication. Lorsque le moteur tourne, le moment de l'ouverture et de la fermeture des soupapes détermine en fait le moment où chaque course commence effectivement. [8]



Figure I.15. Echappement [7]

I.6- Etude thermodynamique

La dynamique thermique du moteur est étudiée à travers les quatre temps du cycle de Beau de Rochas ou du cycle Otto, qui dépendent des transformations thermiques dans l'analyse des temps. Ce cycle est représenté graphiquement dans un diagramme pression-volume.

I.6.1. Cycle théorique

L'évolution des pressions à l'intérieur de la chambre de combustion en fonction du volume du cycle Pau de Rocha est représentée dans le graphique (p, v) (voir Figure I.16).

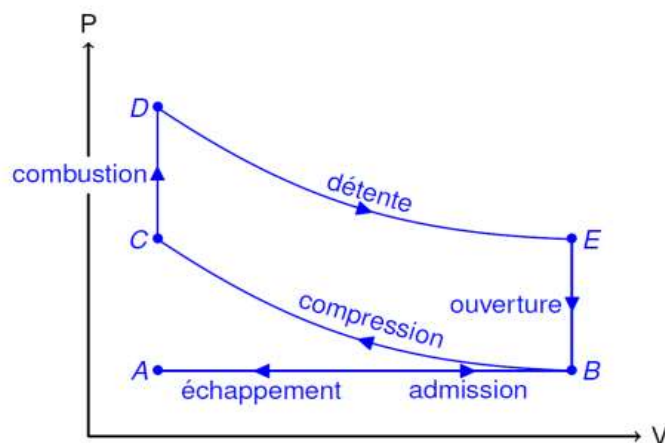


Figure. I.16. Diagramme théorique (P, V) d'un moteur HCCI [9]

$A \rightarrow B$: Le gaz est aspiré à partir de la pression atmosphérique dans le cylindre à travers la conduite à pression égale AB (c'est-à-dire entre les points A et B), et il est représenté sous la forme d'un processus de compression ou ($PA = PB$).

$B \rightarrow C$: La pression adiabatique (sans échange thermique avec les parois du moteur) est augmentée de B à C jusqu'à ce que le volume atteigne un minimum V_1 , et la pression passe à P_1 .

$C \rightarrow D$: La combustion instantanée d'un gaz de volume constant se produit à travers l'isochore CD , provoquant une forte augmentation de la température jusqu'à T_2 et de la pression jusqu'à P_2 .

$D \rightarrow E$: L'expansion des gaz chauds se produit à travers la couche adiabatique DE , entraînant une réduction de volume jusqu'à V_2 , mais à une pression P_3 supérieure à la pression atmosphérique.

$E \rightarrow B$: Une expansion théorique des gaz a lieu à l'intérieur du cylindre de telle sorte que la pression chute immédiatement jusqu'à la pression atmosphérique à travers l'isochore EB , et que la température retombe.

$B \rightarrow A$: L'échappement des gaz brûlés décrit l'isobarique BA , le système revient donc au point de départ A .

Le cycle Beau de Rocha est conçu pour un moteur qui permet aux gaz d'entrer et de sortir du cylindre par des trous de valve situés à l'extrémité fermée du cylindre, dont l'autre partie est la tête de piston.

Cependant, ce cycle a été appliqué à d'autres géométries de moteurs, notamment le moteur rotatif. [9]

$$P \cdot V^\gamma = \text{Cte} \rightarrow P_1 \cdot V_1^\gamma = P_2 \cdot V_2^\gamma \rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^\gamma = \left(\frac{V + V_c}{V_c}\right)^\gamma \quad \text{I.1}$$

On pose : $\epsilon = \left(\frac{V + V_c}{V_c}\right)^\gamma$ rapport volumétrique de compression

$$T \cdot V^{\gamma-1} = \text{Cte} \rightarrow T_1 \cdot V_1^{\gamma-1} = T_2 \cdot V_2^{\gamma-1} \rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} = \epsilon^{\gamma-1} \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1}$$

$$\text{Soit} \quad \begin{cases} \frac{P_2}{P_1} = \epsilon^\gamma \\ \frac{T_2}{T_1} = \epsilon^{\gamma-1} \end{cases} \quad \text{I.2}$$

$C \rightarrow D$: Combustion à volume constant (explosion).

Apport de chaleur par combustion de la masse m_c en présence de l'oxygène de MASSE m_a

$$Q_1 = (m_a + m_c) \cdot C_v (T_3 - T_2) = m_c \cdot P_{ci} \quad \text{I.3}$$

Avec :

m_a : Masse d'air.

m_c : Masse du carburant.

P_{ci} : Pouvoir calorifique du carburant

D → E : Détente adiabatique des gaz. (Temps moteur)

Les gaz chauds à une pression de (40 à 60) bars repoussent le piston, vers le point mort bas (PMB) initiant le mouvement :

$$\frac{T_3}{T_4} = \left(\frac{V_4}{V_3}\right)^{\gamma-1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} = \epsilon^{\gamma-1} \rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \frac{T_3}{T_4} = \epsilon^{\gamma-1} \quad \text{I.4}$$

E → B : Echappement des gaz brûlés,

Remontée du piston vers le point mort haut (PMH) en chassant les gaz brûlés détendus dans le collecteur d'échappement avec dégagement de chaleur Q_2 ,

$$Q_2 = (m_a + m_c) \cdot C_v (T_1 - T_4) \quad \text{I.5}$$

$$Q_1 = (m_a + m_c) \cdot C_v (T_D - T_C) = m_c \cdot P_{ci} \quad \text{I.6}$$

$$Q_1 = (m_a + m_c) \cdot C_v (T_B - T_E) = m_c \cdot P_{ci} \quad \text{I.7}$$

$$\eta = 1 - \frac{T_B}{T_C} = 1 - \frac{1}{\epsilon^{\gamma-1}} \quad \text{I.8}$$

Rendement théorique du cycle de Beau de Rochas :

$$\eta_{th} = \frac{W_e}{Q_1} = -\frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 + Q_2}{Q_1} = 1 + \frac{Q_2}{Q_1} = 1 + \frac{(m_a + m_c) \cdot C_v (T_1 - T_4)}{(m_a + m_c) \cdot C_v (T_3 - T_2)} \quad \text{I.9}$$

$$\eta = 1 - \frac{T_1}{T_2} = 1 - \frac{1}{\epsilon^{\gamma-1}} \quad \text{I.10}$$

I.6.2. Cycle réel

La première expérience pratique d'un moteur à pistons a été réalisée par Otto à Cologne en 1876. Il convient de noter que l'évolution de la pression réelle n'a pas suivi exactement le cycle théorique.

En théorie, les performances ont été nettement inférieures aux attentes (voir Figure I.17) pour les raisons suivantes :

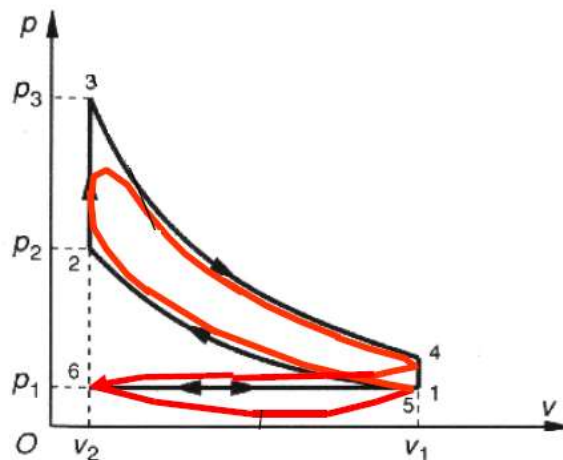


Figure. I.17. Diagramme réel (P, V) d'un moteur HCCI [10]

Admission : L'effet d'auto-trainée des gaz, qui augmente avec la vitesse de rotation du moteur, fait que le cylindre n'est pas complètement rempli.

Compression : La pression n'est pas adiabatique. À mesure que la chaleur est transférée aux parois, la pression des gaz augmente plus lentement que prévu par la loi adiabatique.

Combustion : La combustion du mélange air-carburant ne se produit pas immédiatement au point de pression maximale (PMH), ce qui entraîne une région de combustion circulaire dans le diagramme.

Détente : L'expansion des gaz brûlés n'est pas adiabatique car les gaz perdent une partie de leur chaleur vers les parois.

Echappement : A la fin de la période de détente, la pression du gaz est bien supérieure à la pression atmosphérique. [10]

I.7. Systèmes de moteur à combustion interne (essence)

I.7.1. Système de lubrification (graissage) :

Le système de lubrification d'un moteur thermique est l'un du système principales dans le moteur, il assure un fonctionnement fiable du moteur en empêchant l'usure des différent parts du moteur causé par le frottement de la pièce moteur ou cours de fonctionnement, ce système est très important ce qui oblige un entretien régulier et une maintenance immédiate en cas de panne (disfonctionnement)

I.7.1.1. Le principe de lubrification

La lubrification efficace d'un moteur thermique est basé sur la diminution de frottement entre les parts mouvants d'un moteur par l'utilisation d'un lubrifiant (huile et /ou graisse) qui joue le rôle d'isolant entre les surfaces des pièces en contact lors de mouvement, ce lubrifiant crée une couche mince constitué par les molécules de ce dernier où empêche ou diminue le frottement entre les surfaces des pièces mouvants (voir figure I.18 et figure I.19). [8]

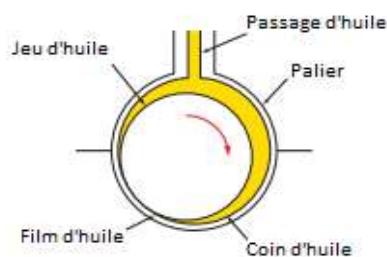


Figure I.19. Une cale d'huile soulève l'arbre du roulement. [8]

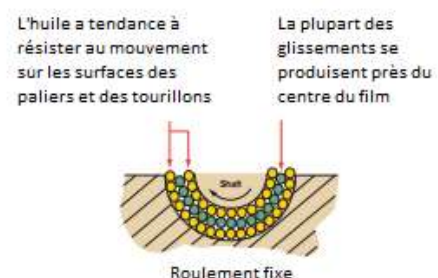


Figure I.18. Un film d'huile sépare les pièces. [8]

I.7.1.2. Les composantes principales du système de lubrification

Le système de lubrification se compose principalement de la substance de lubrification (huile en généralement) et des composants mécaniques qui faire circuit l'huile efficacement dans le moteur pour lubrifier ses différents éléments.

I.7.1.2.a. Substance de lubrification

Est un liquide visqueux constitue par des huiles principales (industriel, minéral) qui forme la structure de base de cet élément et des additifs comme l'anti corrosion, l'anti oxydation, l'anti mousse pour augmenter ses performance.

Il est caractériser par :

- La viscosité : c'est la résistance de la déformation où l'huile doit être le plus visqueuse possible pour assurer la bonne lubrification mais sans perdre l'aptitude de bien circuler entre les parts de moteur.
- Stabilité : c'est la capacité d'huile de garder ses performances dans les différentes conditions de pression et température.
- La compressibilité : c'est la capacité d'huile de garder le même volume dans les différentes conditions de pression et température

Il garantit également :

- La réduction de la friction et l'usure entre les pièces mobiles.
- L'Augmentation de l'efficacité et de la durée de vie du moteur.
- Le Refroidissement des pièces mobiles et l'élimination de leur chaleur excessive, donc évitement de la surchauffe du moteur.
- Le transfert des impuretés et des sédiments vers le filtre, donc le nettoyage du moteur.
- La facilité de déplacement des pièces mobiles, alors la réduction de la consommation d'énergie et de carburant. [6]

I.7.1.2.b. Des composants mécaniques

Le système de lubrification se compose de plusieurs composants mécaniques (voire figure I.20):

- Carter : C'est le récipient inférieur du moteur dans lequel l'huile de lubrification est stockée.
- Crépine : Il empêche le transfert d'impuretés du carter vers la pompe à huile.
- Pompe à huile : C'est un appareil qui aspire l'huile et la transfère du carter vers les pièces du moteur.

- Soupape de régulation de pression : il permet le transfert d'huile sorti de la pompe vers le carter en cas d'excès de pression donc maintenir le niveau de pression d'huile constant lorsque le moteur fonctionne à différents régimes.
- Filtre d'huile : Il filtre l'huile et piège les impuretés et les petites particules.
- Indicateur niveau d'huile (Jauge): il détermine le niveau de remplissage de circuit par l'huile qui doit être entre des valeurs minimal et maximal bien déterminés.
- Soupape de sécurité : Il s'ouvre lorsque l'huile ne peut pas être passée à travers le filtre à cause du froid (l'huile est trop épaisse) ou en cas de bouchage du filtre.
- Senseur de quantité d'huile : est pour but de contrôler la quantité d'huile dans le moteur, en cas de changement inhabituel d'quantité d'huile dans le moteur (fuite) il envoie un signal à l'unité de contrôle (ECU).
- Canalisation : c'est le chemin d'huile dans le moteur, il garantit le passage d'huile vers les éléments à lubrifier et leur routeur au carter.
- Pulvérisateurs : Ils distribuent l'huile sur les pièces à lubrifier. [6]

I.7.1.3. Pièces de moteur à lubrifier

Ce sont les pièces mobiles exposées au frottement et à l'usure en raison de leur mouvement et de leur rotation. Voici quelques- pièces qui bénéficient de la lubrification (figure I.19) [6]

- Arbre à cames et les soupapes
- Piston et ses segments
- Chemise
- Bielle et les axe piston
- Vilebrequin avec ses coussinets

I.7.1.4. Déroulement de l'opération de lubrification

L'huile est remplie dans le moteur par l'orifice de remplissage situé dans le couvercle supérieur de moteur et se dirige vers le carter à travers les canalisations de retour traversant le bloc et la culasse.

Dès le démarrage du moteur, la pompe commence à tourner grâce à son entraînement avec le vilebrequin et elle commence à aspirer l'huile de carter et l'évacuer vers deux canaux de sa sortie, l'une mène au filtre à huile et l'autre au régulateur de pression puis au carter en cas d'excès de pression.

L'huile évacuer par la pompe traverse filtre le pour s'filtrer après il passe par la soupape de sécurité et le senseur de quantité d'huile.

A ce moment l'huile atteint les différents composants à lubrifier et commence à passer par leurs canaux et orifices de graissage placés dans des endroits bien déterminé.

A la fin cette huile retourne au carter à travers les canaux de retour comme pour les composants situés dans la culasse ou directement dans le cas du bielle et vilebrequin. Comme il est montré à la figure I.20.

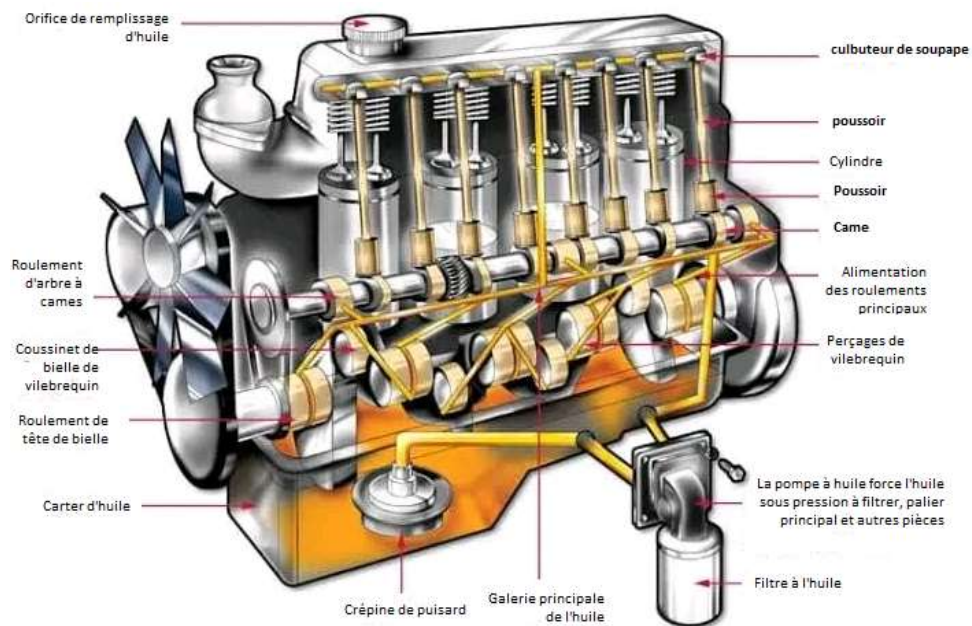


Figure. I.20. Cycle du système de graissage [11]

I.7.2. Système de refroidissement

Lorsqu'un moteur fonctionne, sa température de combustion monte jusqu'à 800 C en quelques minutes. Cette montée en température est assurée par un thermostat qui se situe sur la culasse. C'est là qu'intervient le système de refroidissement, dont l'action permet de refroidir le moteur afin d'éviter tout risque de surchauffe.

I.7.2.1. L'importance du système de refroidissement

Le système de refroidissement (figure I.21) du moteur garantit un fonctionnement efficace et sûr du moteur, ce qui entraîne une durée de vie accrue du moteur et une amélioration des performances. Il est d'une grande importance pour les raisons suivantes:

Empêcher la montée en température du moteur : Pour que le moteur fonctionne correctement, il est nécessaire de libérer une partie de ces calories, de maintenir une température constante et d'éviter qu'elle ne monte. Une température élevée du moteur peut endommager les pièces et composants thermiques tels que les pièces mobiles et les bagues, de sorte que le bloc moteur et la culasse sont disposés pour permettre la circulation du liquide de refroidissement qui quitte le moteur par le tuyau

supérieur et passe dans le liquide de refroidissement en fonction de la température ambiante. L'air et retourne au moteur par le tuyau inférieur.

Améliorer l'efficacité de la combustion : la température du moteur doit être dans la plage optimale pour garantir une combustion efficace du carburant et de l'air et obtenir des performances et une économie de carburant maximales.

Durée de vie accrue du moteur : lorsque la température du moteur est maintenue dans la plage optimale, l'usure causée par la surchauffe peut être réduite, contribuant ainsi à augmenter la durée de vie du moteur.

Prévention du gel et de la corrosion : Le liquide de refroidissement aide à prévenir le gel du moteur par temps froid et protège contre la corrosion et la rouille à l'intérieur du moteur.

Performance environnementale améliorée : la température correcte du moteur contribue à réduire les émissions d'échappement nocives et répond aux normes environnementales.

Prévenir les accidents de voiture : Une température élevée du moteur peut entraîner un calage du moteur et donc une panne de la voiture, ce qui augmente le risque d'accidents de la route.

I.7.2.2. Composants du système de refroidissement

Le système de refroidissement se compose d'un groupe de composants principaux (figure I.21) qui fonctionnent ensemble pour garantir qu'une chaleur adéquate soit fournie au moteur et l'empêcher de surchauffer. Les composants les plus importants du système de refroidissement sont:

Liquide de refroidissement (huile thermique) : C'est le liquide utilisé pour refroidir le moteur. Il s'agit souvent d'eau mélangée à de l'antigel.

Pompe principale : pompe le liquide de refroidissement du réservoir de liquide de refroidissement vers l'ensemble des tuyaux et des pièces qui doivent être refroidis dans le moteur. La pompe fonctionne en continu pour distribuer le liquide de refroidissement rapidement et efficacement.

Échangeur de chaleur (radiateur) : Le radiateur est la principale unité de refroidissement de la voiture. Le liquide de refroidissement passe à travers des tubes à l'intérieur du radiateur, où la chaleur est échangée avec l'air venant de l'extérieur. Ce processus permet de refroidir le liquide de refroidissement avant qu'il ne retourne au moteur.

Ventilateur : Le ventilateur augmente le débit d'air à travers le radiateur lorsque cela est nécessaire, afin d'augmenter l'efficacité du processus d'échange thermique et de mieux refroidir le liquide de refroidissement.

Tuyaux de base et de guidage : il contient un ensemble de tuyaux et d'ancrages pour garantir que le liquide de refroidissement s'écoule correctement et avec précision vers les différentes zones du moteur qui ont besoin d'être refroidies.

Interrupteur thermique (thermostat) : Le thermostat aide à réguler la température du liquide de refroidissement en ouvrant ou en fermant le chemin du liquide de refroidissement vers le radiateur. Lorsque le moteur est froid, le thermostat se ferme pour permettre au moteur de se réchauffer en premier. Lorsque la température du moteur atteint un certain degré, le thermostat s'ouvre pour permettre au liquide de refroidissement de s'écouler dans le radiateur.

Réservoir de réserve (bouteille de trop-plein) : utilisé pour stocker l'excès de liquide de refroidissement qui se dilate lorsque la pression du système augmente en raison d'une température élevée du liquide de refroidissement.

Tuyaux et connexions : il contient un groupe de tuyaux et de connexions qui dirigent le flux de liquide de refroidissement entre les différents composants du système de refroidissement.

I.7.2.3. Cycle du système de refroidissement

Le cycle du système frigorifique dépend de processus bien définis (figure I.21) :

Le liquide de refroidissement est versé dans le moteur par le radiateur. Il est ensuite pompé à travers la chemise de refroidissement du cylindre. À ce stade, le fluide passe à travers des trous spéciaux dans le joint de culasse, remplit la culasse, et contribue au chauffage du collecteur d'admission. Un tuyau relie la pompe de circulation au boîtier du thermostat. Ce dernier est équipé d'un élément de verrouillage qui régule le flux de liquide.

Le tuyau supérieur du radiateur transporte le liquide du thermostat au radiateur, et un bouchon de radiateur maintient la pression dans l'ensemble du système. Le système de refroidissement peut prendre diverses formes, y compris un système d'injection d'air (EFI) pour un contrôle précis de la quantité d'air injectée dans le moteur, un système d'air du compresseur pour augmenter les performances, et un système pneumatique du turbocompresseur qui tire parti de l'énergie des gaz d'échappement pour accroître la quantité d'air injectée dans le moteur.

Lorsque la température du liquide de refroidissement est inférieure à 80 degrés Celsius, l'élément de verrouillage du thermostat bloque le chemin vers le radiateur, obligeant ainsi le liquide à retourner vers la pompe de circulation. Cela permet au liquide de capturer la chaleur générée par les cylindres.

Cependant, lorsque la température du liquide dépasse les 80 degrés Celsius, l'élément de verrouillage du thermostat s'ouvre, permettant au liquide d'être dirigé vers le radiateur. À

l'intérieur du radiateur, une turbine refroidit le liquide. En cas de surchauffe critique, une soupape de décharge s'ouvre pour relâcher l'excès de pression et de liquide dans un vase d'expansion.

Lorsque le moteur est froid et que le liquide diminue de volume, un vide se forme dans le système de refroidissement. Dans le même temps, la pression atmosphérique pousse le liquide dans le vase d'expansion. Une fois que le vide atteint une certaine valeur, une soupape d'admission s'ouvre pour renvoyer le liquide précédemment extrait dans l'ensemble du système. [8]

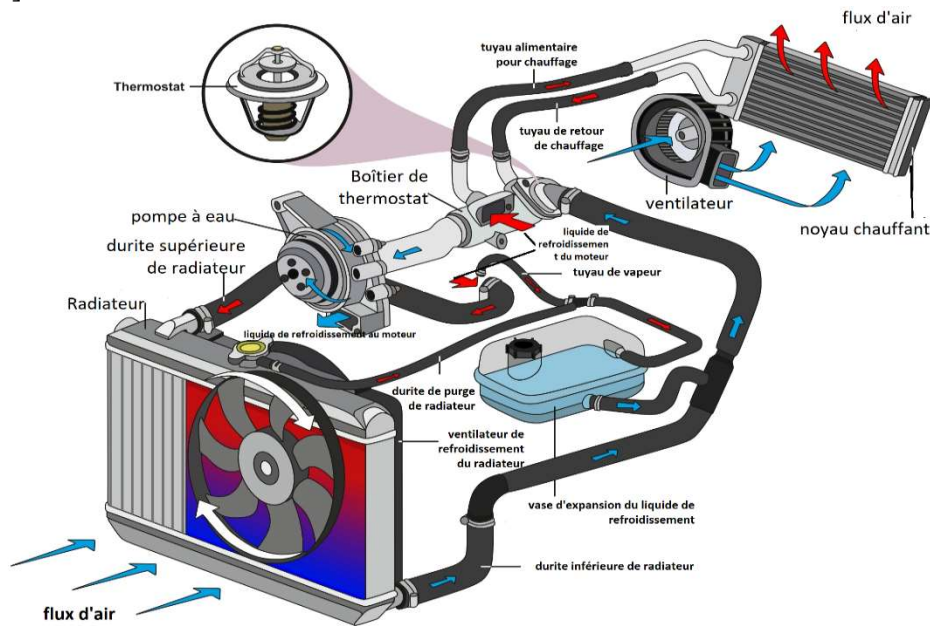


Figure. I.21. Cycle du système de refroidissement [12]

I.7.3. Le système d'allumage

Le système d'allumage est la partie d'un moteur à combustion interne qui génère une étincelle électrique pour brûler le mélange de carburant (essence et air) à l'intérieur des cylindres au moment approprié, convertissant ainsi l'énergie chimique en énergie cinétique.

I.7.3.1. L'importance du système d'allumage

Le système d'allumage joue un rôle essentiel dans les performances du moteur à essence, affectant l'efficacité de la combustion, la puissance et l'économie de carburant. Comprendre le calage des étincelles et la manière précise dont les étincelles électriques sont générées est essentiel pour obtenir de meilleures performances et réduire les émissions d'échappement.

I.7.3.2. Types de système d'allumage

Il existe deux principaux types de systèmes d'allumage modernes :

I.7.3.2.1. Système d'allumage par étincelle moderne

Il s'agit du type le plus courant (figure I.22), car il utilise des bougies d'allumage pour créer une étincelle électrique qui s'enflamme pour entraîner le processus de combustion dans les cylindres. Ce système s'appuie sur des composants clés tels que la batterie pour alimenter les bougies d'allumage et le distributeur d'étincelles, qui synchronisent précisément l'étincelle. Le système est contrôlé par un module de commande électronique connu sous le nom de module de commande d'allumage qui répond à des informations telles que la vitesse et la charge du moteur pour déterminer le bon moment pour une étincelle.

I.7.3.2.1.1. Composants d'un système d'allumage moderne (figure I.22)

Bougies d'allumage : elles créent l'étincelle électrique qui enflamme le carburant.

Bobine primaire : utilisée pour augmenter le courant électrique de la batterie.

Bobine secondaire : augmente la tension électrique pour créer une forte étincelle.

Batterie de voiture : Fournit l'alimentation électrique principale du système.

Interrupteur d'allumage : utilisé pour allumer et éteindre le système.

Clé de synchronisation : détermine mécaniquement le timing de l'étincelle.

Connecteurs et fils : connectez les composants du système ensemble et connectez-les à batterie et entre eux.

I.7.3.2.1.2. Principe de fonctionnement du système d'allumage moderne

Lorsque l'interrupteur est allumé, le courant électrique circule de la batterie vers la bobine primaire. La bobine primaire condense le courant électrique pour créer un champ magnétique autour d'elle. Le courant électrique est rapidement coupé, ce qui entraîne une diminution rapide du magnétisme et génère une haute tension dans la bobine secondaire. La haute tension est transmise à la bougie d'allumage dans la chambre de combustion. La bougie d'allumage utilise cette tension pour créer une étincelle électrique qui enflamme et enflamme le carburant mélangé à l'air à l'intérieur de la chambre de combustion du cylindre (figure I.22). [6]

- 1- batterie
- 2- Clé de contact
- 3- Bobine/ 3.a- enroulement primaire
3.b enroulement secondaire
- 4- corps de distributeur contenant un mécanisme d'avance/retard centrifuge (vitesse)
- 5- bougie
- 6- came (avec un lobe pour chaque cylindre)
disjoncteurs de contact (points)
- 7- condenseur (condensateur)
- 8- mécanisme d'avance/retard du vide (charge)
- 9- bras rotor
- 10- sens de rotation (à n tr/min).

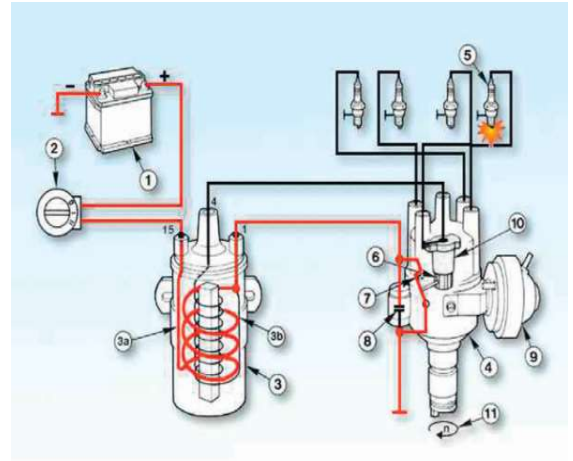


Figure. I.22. Système d'allumage d'un ancien système [5]

I.7.3.2.2. Système d'allumage électromagnétique (DIS – Distributeur les Ignition System)

Ce système (figure I.23) s'appuie sur des technologies plus avancées où le distributeur traditionnel est supprimé et une unité de commande électronique est utilisée pour contrôler le processus d'allumage individuellement pour chaque cylindre. Une bobine est utilisée pour chaque bougie au lieu d'une seule bobine connectée au distributeur. Cela augmente la précision du contrôle de l'allumage et améliore les performances du moteur et l'économie de carburant.

Le deuxième système peut également inclure différents types, tels que le système d'allumage direct, où des tubes sont placés sur chaque cylindre directement à l'intérieur de la culasse. Ces technologies améliorent les performances du moteur et réduisent les émissions d'échappement.

I.7.3.2.2.1. Composants du système d'allumage électronique par étincelle: (figure I.23)

Module de commande d'allumage : gère avec précision le processus d'allumage et répond aux signaux des capteurs.

Capteur de position du vilebrequin : mesure la position du vilebrequin et aide à déterminer le calage de l'étincelle.

Capteur de position d'arbre à cames : mesure l'emplacement de l'arbre à cames et aide à déterminer le calage de l'étincelle.

Capteur de température : mesure la température du moteur et affecte le calage de l'étincelle.

Unité de commande du moteur (ECU) : gère les performances du moteur et détermine le calage des étincelles et du carburant.

Bougies d'allumage : également utilisées dans ce système.

Batterie : Fournit au système de l'énergie électrique.

Unité de commande d'injection de carburant : elle gère l'injection de carburant dans les cylindres et se coordonne avec l'unité de commande d'allumage.

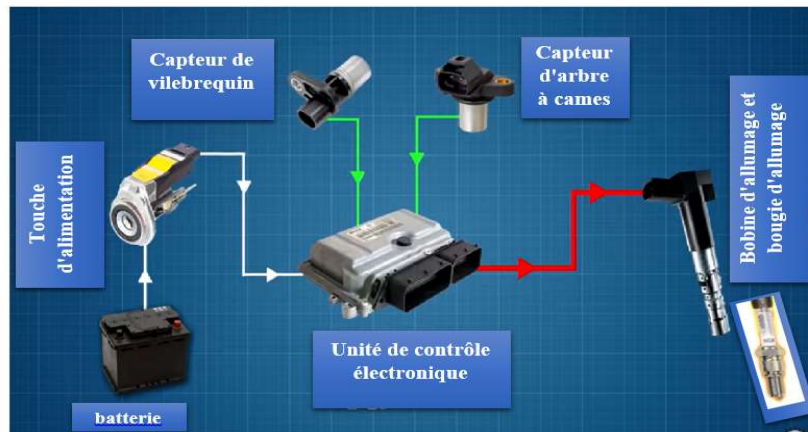


Figure.I.23. Système d'allumage électromagnétique [13]

I.7.3.2.2.2. Le Principe de fonctionnement du système d'allumage électronique:

Le système d'allumage électronique s'appuie sur une technologie électronique avancée pour enflammer le carburant dans le moteur. Ce système commence à fonctionner lorsque le courant électrique primaire circule de la batterie de la voiture vers le système. Les informations provenant de capteurs tels que le capteur de position du vilebrequin et le capteur de position de l'arbre à cames sont analysées par l'unité de commande d'allumage. Ce système détermine le moment optimal pour créer une étincelle électrique, en fonction des informations reçues et d'autres facteurs tels que la température et la charge du moteur.

Après cela, un signal électronique est envoyé de l'unité de commande à la bobine d'allumage au moment approprié. La bobine d'allumage utilise ce signal électronique pour créer une étincelle électrique à travers l'espace entre les électrodes à l'extrémité de la bougie. L'étincelle électrique est libérée et s'enflamme dans la chambre de combustion, enflammant le carburant et l'air dans la chambre.

Ce système fonctionne efficacement pour améliorer les performances du moteur et augmenter le rendement énergétique. Il est considéré comme une amélioration par rapport au système d'allumage traditionnel qui repose sur des bougies d'allumage.

I.7.4. Système d'alimentation de moteur à essence :

Le système d'alimentation du moteur est un ensemble complexe de systèmes et de composants qui fonctionnent en coordination précise pour garantir que le mélange idéal (homogène) d'air et de carburant est fourni à la chambre de combustion du moteur. Ce mélange, connu sous le nom de « rapport air-carburant », est le principal facteur qui affecte directement les performances du moteur, l'économie de carburant et les émissions. [6]

I.7.4.1. L'importance du système d'alimentation

Le système d'alimentation du moteur joue un rôle de premier plan dans l'obtention de performances optimales du moteur et de la voiture en général, en réduisant les émissions et la consommation de carburant en créant un équilibre dans le rapport air/carburant optimal et en fournissant le mélange approprié à la chambre de combustion. Ce rapport est généralement exprimé sous le format suivant:

Rapport air/carburant = masse d'air / masse de carburant

Dans les moteurs à essence modernes, le rapport air/carburant varie d'environ 14:1 à 17:1. Cela signifie qu'il faut environ 14 à 17 parties d'air pour chaque partie de carburant pour obtenir une combustion efficace.

Si cet équilibre est déséquilibré, cela peut entraîner des problèmes moteur, tels que:

- Un manque de volume d'air entraîne une augmentation de la consommation de carburant, une diminution de la puissance du moteur et des émissions nocives. C'est ce qu'on appelle un mélange « riche. »

- En cas d'augmentation de la quantité d'air, cela entraîne une diminution de la température du moteur, des difficultés de fonctionnement et des risques d'inflammation spontanée. C'est ce qu'on appelle un « mauvais » mélange. [6]

I.7.4.2. Composants du système d'alimentation

Le système d'alimentation se compose généralement d'un groupe d'éléments importants, notamment (figure I.31):

I.7.4.2.1. Système d'alimentation en air

Le système d'air est l'autre partie du système d'alimentation qui permet d'aspirer l'air nécessaire au processus de combustion dans le moteur.

I.7.4.2.1.1. L'importance du système d'alimentation en air

Le système pneumatique contribue de manière significative à l'obtention de performances optimales du moteur et son importance réside dans:

Alimentation en oxygène : le système d'air fournit de l'air contenant de l'oxygène à la chambre de combustion, ce qui est essentiel à la combustion du carburant.

Refroidissement par air : Le système d'air est également utilisé pour refroidir l'air d'admission avant qu'il n'entre dans le moteur afin d'augmenter l'efficacité de la combustion.

I.7.4.2.1.2. Composants du système d'alimentation en air

Ce système comprend un ensemble de composants, tels que:

- Boîte à air: Elle contient un filtre pour éliminer les impuretés de l'air et réduire le bruit résultant du processus d'admission.

- Filtre à air:** Utilise un matériau poreux pour filtrer les particules nocives de l'air avant qu'elles ne pénètrent dans le moteur.

- Vanne de régulation d'air:** Elle s'ouvre et se ferme automatiquement pour réguler la quantité et la vitesse de l'air entrant dans le moteur en fonction de son état.

- Tuyau d'air:** transfère l'air filtré de la boîte à air vers le moteur.

- Capteur d'air:** mesure la qualité, la pression et la température de l'air entrant dans le moteur et envoie cette information au dispositif de contrôle du rapport air-carburant.

I.7.4.2.1.3. Types de système d'alimentation en air

Le système pneumatique peut être de différents types, notamment:

A-Système d'injection d'air (EFI) :

Permet un contrôle précis de la quantité d'air injectée dans le moteur.

B-Système d'air du compresseur : augmente la quantité d'air injectée dans le moteur pour augmenter les performances.

C-Système pneumatique du turbocompresseur : augmente la quantité d'air injectée dans le moteur en utilisant l'énergie des gaz d'échappement.

I.7.4.2.2. Système d'alimentation en carburant

Ce système est appelé système d'injection de carburant et il s'agit d'un type de système de moteur à combustion interne qui utilise des injecteurs de carburant pour transférer avec précision le carburant vers la chambre de combustion ou les cylindres du moteur. Ce système permet une combustion efficace en atomisant et en injectant en temps opportun du carburant sous haute pression dans les cylindres du moteur.

Les carburateurs étaient largement utilisés dans les moteurs avant l'invention des injecteurs de carburant, un système utilisé encore aujourd'hui dans certaines machines. Cependant, il a été couramment remplacé par des systèmes d'injection de carburant en raison de sa préférence

pour un contrôle précis de l'alimentation en carburant, un rendement énergétique accru et des émissions réduites.

Les systèmes d'injection de carburant comprennent plusieurs composants de base tels que la pompe à carburant, l'injecteur de carburant, le régulateur de pression de carburant et l'unité de commande électronique (ECU) qui gère le processus de contrôle du système. L'utilisation d'un système d'injection de carburant permet d'augmenter le rendement énergétique, de réduire les émissions nocives et d'améliorer les performances du moteur. [14]

I.7.4.2.2.1. Composants du système d'alimentation en carburant [14]

Un système de carburant est un système compliqué comprenant plusieurs parties importantes voire la Figure I.24 et Figure I.30. Les composants essentiels d'un système d'injection de carburant sont :

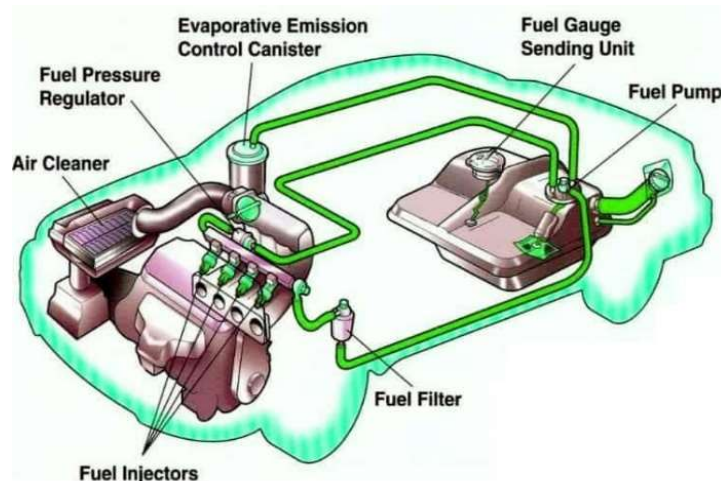


Figure I.24. Composants du système d'injection de carburant [14]

A- Réservoir de carburant

Le réservoir de carburant sert de réservoir pour l'alimentation en carburant, aidant à maintenir sa température en dessous du point d'éclair. De plus, le réservoir de carburant joue un rôle crucial dans la dissipation de la chaleur du carburant renvoyé par le moteur

B- Pompe à essence

Le carburant est transféré du réservoir de carburant aux injecteurs de carburant par la pompe à carburant. Des pompes à carburant électriques ou mécaniques sont disponibles. Le but de la pompe à carburant est de maintenir la pression de carburant constante.

C- Pompe à injection

Le mécanisme qui injecte du carburant dans les cylindres d'un moteur diesel est appelé pompe à injection. Une courroie crantée (souvent la courroie de distribution) qui entraîne également

l'arbre à cames est utilisée pour entraîner la pompe d'injection indirectement à partir du vilebrequin.

D- Filtre à carburant

Un filtre à carburant réduit la quantité de saleté, de débris et d'autres contaminants atteignant les injecteurs de carburant et aide à prévenir la contamination du carburant. Un filtre à carburant obstrué peut réduire les performances du moteur et même endommager le système d'injection de carburant.

E- Gouverneur

La fonction du régulateur est de réguler le carburant vers les cylindres du moteur afin de contrôler la vitesse de l'unité, en maintenant la vitesse constante pour toutes les conditions de charge imposées au générateur entraîné par le moteur.

F- Régulateur de pression de carburant

La fonction du régulateur de pression de carburant est de contrôler la pression de carburant et de garantir un débit constant de carburant vers le moteur. Cela permet de s'assurer que la pression de carburant reste dans une plage prédéterminée.

G-Injecteur de carburant

Les pièces qui fournissent le carburant à la chambre de combustion du moteur sont appelées injecteurs de carburant. Le carburant est pulvérisé dans le moteur par les injecteurs de carburant à haute pression et selon un schéma précis.

H-Corps de Papillon:

Un corps de papillon (figure I.31) est une partie du moteur qui contrôle la quantité d'air autorisée à entrer dans le moteur. Normalement, il est situé à mi-chemin entre le filtre à air et le collecteur d'admission.

I.7.4.2.2. Cycle du système d'injection de carburant:

Le système d'injection de carburant joue un rôle crucial dans l'obtention d'une combustion efficace et d'excellentes performances du moteur à combustion interne. Ce système garantit une livraison précise et rapide du carburant à la chambre de combustion ou aux cylindres du moteur en fonction des conditions de fonctionnement (figure I.25). Un système d'injection de carburant se compose généralement d'une unité de commande électronique (ECU), d'un régulateur de pression de carburant, d'injecteurs de carburant et d'une pompe à carburant.

La pompe à carburant comprime efficacement le carburant et l'achemine vers les injecteurs de carburant, où le carburant est ensuite acheminé vers la chambre de combustion du moteur. D'autre part, le régulateur de pression de carburant maintient le niveau de pression dans le

système dans une plage spécifiée, tandis que l'unité de commande électronique analyse les informations sur la charge, le régime et la température du moteur pour déterminer la meilleure façon de fournir du carburant.

Le système d'injection de carburant permet un contrôle précis de la quantité, du moment et du modèle d'alimentation en carburant, ce qui contribue à améliorer les performances du moteur, à accroître le rendement énergétique et à réduire les émissions d'échappement. Il existe différents types de systèmes d'injection de carburant, qui diffèrent par la manière dont le carburant est acheminé vers le moteur. Certains livrent du carburant à l'orifice d'admission, tandis que d'autres livrent du carburant directement à la chambre de combustion. [14]

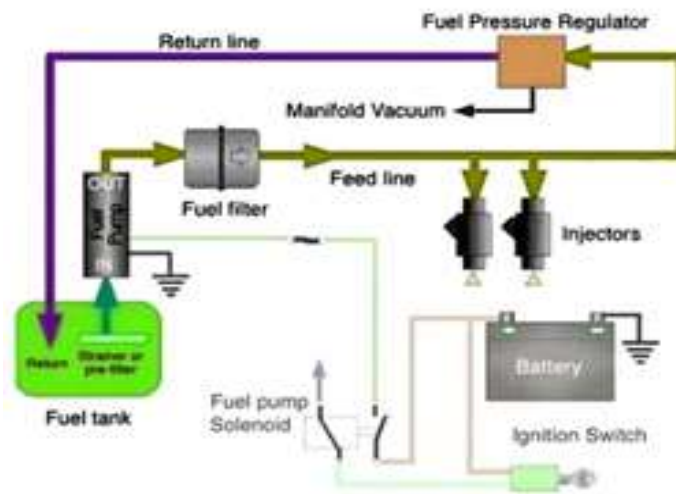


Figure I.25. Cycle du système d'injection de carburant [14]

I.7.4.2.2.3. Types de systèmes d'injection de carburant

Les systèmes d'injection de carburant sont de différents types, chacun avec des qualités et des avantages particuliers. Voici quelques-unes des conceptions de systèmes d'injection de carburant les plus typiques :

I.7.4.2.2.3.1. Injection à point unique ou corps de Papillon (TBI)

Le premier système d'injection de carburant à remplacer les carburateurs était du type à point unique (figure I.26). Les voitures plus anciennes ont souvent ce type de système d'injection de carburant car c'est le plus simple. Un seul injecteur de carburant se trouve sur le corps de papillon, qui est monté sur le dessus du collecteur d'admission. Le corps de papillon reçoit le spray de carburant de l'injecteur, qui le mélange avec l'air entrant avant de le transmettre au moteur. Il se compose d'une ou deux buses d'injection dans le corps de papillon du moteur,

qui est la gorge du collecteur d'admission d'air. Bien que les injecteurs ne soient pas aussi précis que les carburateurs, ils ont un meilleur contrôle, sont moins chers et sont plus faciles à entretenir. [14]

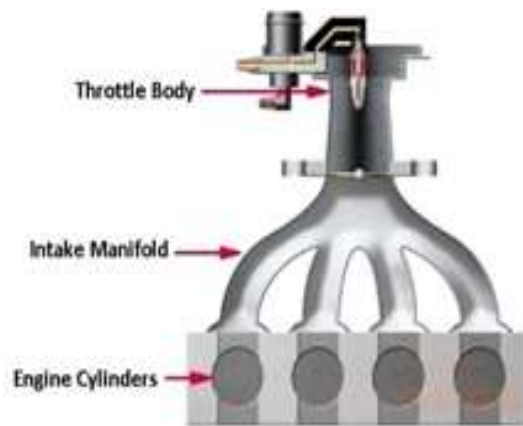


Figure I.26. Injection de carburant en un seul point [14]

I.7.4.2.2.3.2. Injection de carburant multipoint (MPFI)

Plusieurs injecteurs de carburant sont utilisés dans un système d'injection de carburant multipoint (figure I.27), et ils sont positionnés au niveau des orifices d'admission de chaque cylindre. Ce système permet de meilleures performances du moteur et un contrôle plus précis du mélange de carburant. Ce système utilise plusieurs orifices sur la soupape d'admission de chaque cylindre pour injecter du carburant dans les moteurs à combustion interne. Il distribue avec précision et en temps opportun la bonne quantité de carburant à chaque cylindre. Les systèmes MPFI peuvent être classés en lots, simultanés ou séquentiels. Les automobiles modernes et autres véhicules l'utilisent fréquemment. [14]

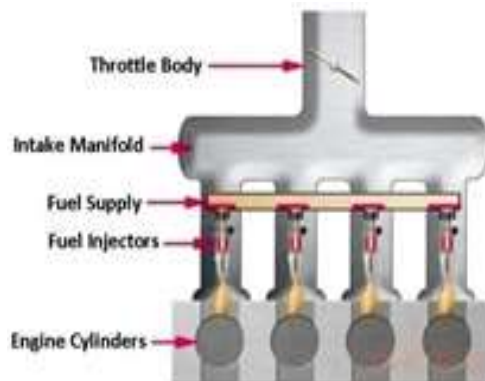


Figure.I.27. Système injection de carburant multipoint [14]

I.7.4.2.2.3.3. Injection directe (DI)

Au lieu du collecteur d'admission ou du corps de papillon, l'injection directe (DI) injecte le carburant directement dans la chambre de combustion du moteur (figure I.28). Ce système permet un contrôle plus précis du mélange de carburant, ce qui peut améliorer les performances du moteur, augmenter le rendement énergétique et réduire les émissions. Ceux-ci sont généralement gérés par une unité de commande électronique (ECU) qui détermine la meilleure distribution de carburant à l'aide des informations provenant de divers capteurs. La distribution directe de carburant dans la chambre de combustion permet d'optimiser le mélange de carburant pour diverses conditions du moteur, telles qu'une charge élevée ou un fonctionnement à basse vitesse. [14]



Figure I.28. Injection directe de carburant [14]

I.7.4.2.2.3.4. Injection de carburant dans l'orifice (PFI)

Un système d'injection de carburant dans l'orifice fournit du carburant au moteur en plaçant des injecteurs de carburant à l'intérieur de chaque orifice d'admission. Dans un système PFI, le carburant est pulvérisé dans les orifices d'admission du moteur, qui se mélange à l'air entrant avant d'entrer dans la chambre de combustion. Le carburant est acheminé vers les injecteurs sous pression depuis la pompe à carburant. Par rapport aux systèmes d'injection à point unique, qui utilisent un seul injecteur de carburant, les systèmes PFI utilisent plusieurs injecteurs de carburant. Dans les voitures modernes et autres véhicules, les systèmes d'injection de carburant portuaires sont fréquemment utilisés. [14]

I.7.4.2.2.3.5. Injection séquentielle de carburant

Dans un système d'injection séquentielle de carburant (figure I.29), le carburant est livré dans un ordre spécifique aux cylindres du moteur en fonction de l'ordre d'allumage du moteur. Lorsque le moteur tourne au ralenti, le carburant peut rester jusqu'à 150 millisecondes car ils pulvérisent tous en même temps ou successivement. L'injection séquentielle de carburant a

l'avantage de permettre au moteur de réagir plus rapidement aux changements brusques de conducteur. Cela est dû au fait que la soupape n'a pas besoin d'attendre que le moteur tourne complètement ; au lieu de cela, il suffit d'attendre que la soupape d'admission suivante s'ouvre.

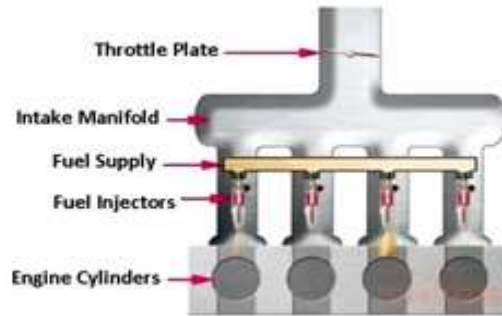


Figure I.29. Injection séquentielle de carburant [14]

I.7.4.2.3.6. Injection de carburant à rampe commune:

L'injection de carburant à rampe commune (figure.I.30) est un système d'injection de carburant qui alimente en carburant les injecteurs de carburant du moteur via une rampe de carburant haute pression. Une unité de commande électronique (ECU) gère la pression de carburant dans le rail en sélectionnant la pression de carburant et le calage idéaux pour chaque injection en fonction des informations provenant de divers capteurs. Comparé à d'autres types de systèmes d'injection de carburant, ce système permet un contrôle plus précis du mélange de carburant et améliore les performances du moteur, le rendement énergétique et les émissions. Dans les moteurs diesel modernes où l'injection de carburant à haute pression est nécessaire, elle est fréquemment utilisée. [14]

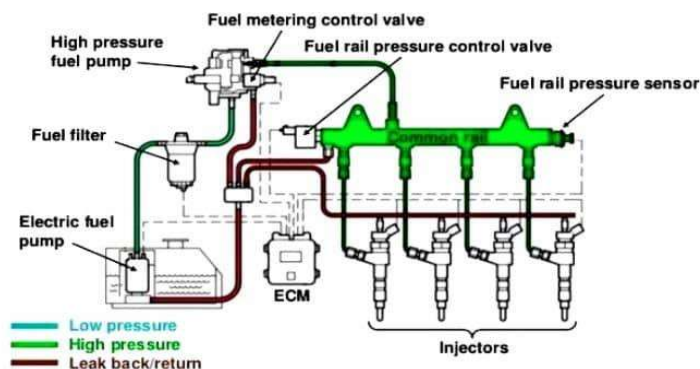


Figure. I.30. Injection de carburant à rampe commune [14]

I.7.4.2.2.4.Cycle du système d'alimentation du moteur

Ce cycle (figure I.31) s'effectue grâce à une coordination minutieuse entre le système de carburant et le système d'air du moteur. Nous allons vous expliquer comment se fait ce format de manière simplifiée:

a- Système de carburant:

Pompe : Le cycle commence avec la pompe à carburant qui aspire le carburant du réservoir de carburant et augmente son débit.

Injecteurs de carburant : le carburant se dirige vers les injecteurs de carburant où il est finement pulvérisé dans la chambre de combustion. L'unité de commande électronique (ECU) détermine la quantité de carburant obtenue en fonction des besoins du moteur et des conditions ambiantes.

b-Système d'aération:

Condenseur à air : L'air traverse un condenseur à air où il est refroidi et sa densité augmente. Soupape de régulation de débit : le débit d'air est régulé à l'aide d'une soupape de régulation de débit en fonction des besoins du moteur et des conditions de conduite.

c-Coordination et contrôle:

Unité de commande électronique (ECU) : Cette unité joue un rôle essentiel dans la coordination des systèmes de carburant et d'air. Il analyse les informations provenant de capteurs tels que la température du moteur, la pression barométrique, le régime moteur et la charge du moteur, puis décide comment distribuer avec précision le carburant et l'air.

d-Répartition du mélange:

Le système de carburant pulvérise avec précision le carburant dans les injecteurs de carburant. Le système pneumatique ajuste constamment la quantité d'air circulant dans le moteur.

e-Combustion du mélange:

Le mélange air-carburant précis est acheminé vers la chambre de combustion à l'intérieur du moteur.

Le mélange est enflammé par une étincelle provenant de la bougie d'allumage.

f-Combustion et performances:

Le mélange est brûlé à l'intérieur de la chambre de combustion, produisant une explosion d'énergie qui déplace le piston et démarre le moteur.

Grâce à une coordination précise entre les systèmes de carburant et d'air, des performances optimales du moteur peuvent être obtenues avec un rendement plus élevé et des émissions réduites. [14]

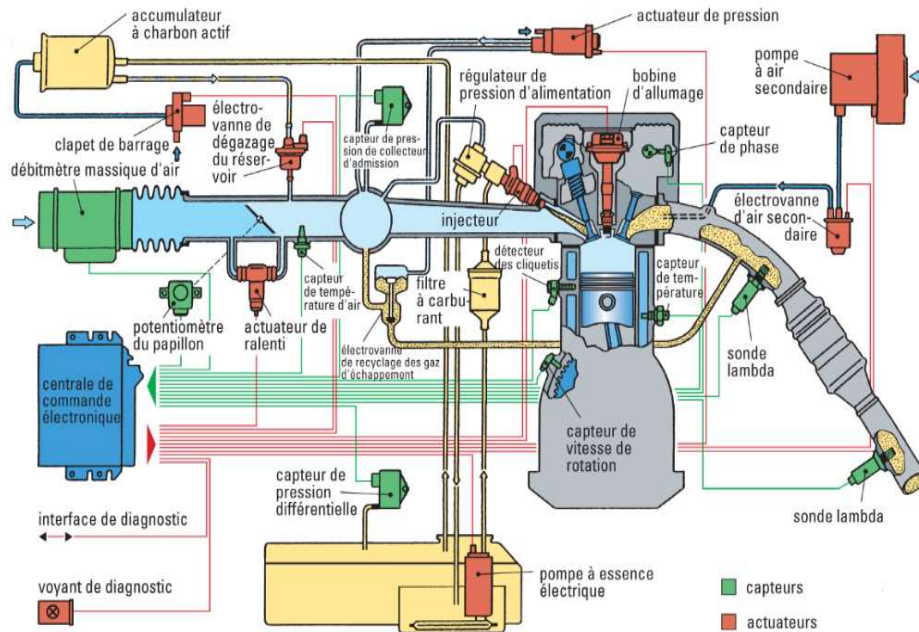


Figure. I.31. Cycle du système d'alimentation du moteur [15]

I.7.4.2.2.5. Symptômes de dysfonctionnements du système d'injection de carburant:

Les perturbations du système d'injection de carburant sont un problème courant dans la maintenance automobile et peuvent avoir un impact significatif sur les performances du véhicule. Voici quelques symptômes pouvant indiquer un problème avec le système d'injection de carburant :

Diminution de l'efficacité énergétique : lorsque votre système d'injection de carburant est inefficace, vous remarquerez peut-être une économie de carburant plus élevée et une efficacité énergétique réduite, entraînant des dépenses supplémentaires.

Ralenti et secousses : des perturbations dans le système d'injection de carburant peuvent entraîner une réponse lente du moteur et des secousses ou des vibrations inhabituelles pendant la conduite.

Perte de puissance : Si vous sentez que le véhicule a perdu de la puissance et ne répond pas bien à l'accélération, cela peut être le résultat d'un dysfonctionnement du système d'injection de carburant.

Difficulté à démarrer : vous pourriez avoir des difficultés à démarrer le moteur ou avoir besoin de plusieurs tentatives de démarrage en cas de défaut dans le système d'injection de carburant.

Performances intermittentes ou intermittentes : le système d'injection de carburant peut provoquer des intermittences du moteur pendant la conduite, rendant la conduite instable.

Voyant de contrôle du moteur : Le voyant de contrôle du moteur peut s'allumer en raison d'un système d'injection de carburant défaillant, ce qui pourrait être un problème de moteur ou de système d'émission.

Puissance moteur réduite : un système d'injection de carburant défaillant peut entraîner une perte de puissance du moteur ou un fonctionnement moins efficace qu'il le devrait. [14]

I.7.5. Moteurs GPL [16]

Un moteur GPL est un type de moteur à combustion interne fonctionnant au carburant gazeux, également connu sous le nom de moteur bi-carburant ou moteur essence/GPL. Ce moteur se distingue du moteur à essence traditionnel en ce qui concerne la qualité du carburant utilisé.

Le GPL est un carburant gazeux composé principalement de propane et de butane, issu du raffinage du pétrole brut. Le GPL peut être utilisé comme substitut à l'essence dans les moteurs des voitures et des camions grâce à sa capacité à brûler dans les moteurs à combustion interne.

L'avantage le plus important de l'utilisation de ce type de moteur est la réduction des coûts de carburant, car le GPL est souvent moins cher que l'essence. De plus, les moteurs alimentés au GPL peuvent offrir de bonnes performances et de faibles émissions. Un avantage supplémentaire réside dans la réduction des émissions environnementales et des impacts négatifs sur l'environnement. [6]

I.7.5.1. Composants du moteur GPL:

Pour permettre à un moteur à essence d'utiliser un carburant autre que l'essence, tel que le gaz de pétrole liquéfié (GPL), des modifications doivent être apportées au système de carburant. Voici les principaux composants ajoutés ou modifiés (figure I.32) :

Calculateur GPL : utilisé pour mesurer la quantité de GPL nécessaire au fonctionnement efficace du moteur.

Injecteurs de gaz : ils injectent du gaz de pétrole liquéfié dans des bouteilles pour le brûler avec de l'air.

Électrovanne : contrôle le débit de gaz du réservoir vers les injecteurs de gaz en cas de besoin.

Vaporisateur/Régulateur : Il convertit le gaz liquide en état de vapeur et régule la pression du gaz avant qu'il n'entre dans le moteur.

Filtre à gaz : Il est utilisé pour purifier le gaz des impuretés et des sédiments avant qu'il n'entre dans les injecteurs.

Capteur de pression : mesure la pression du gaz dans le système et aide à réguler correctement son débit.

Commutateur essence/GPL avec indicateur : permet au conducteur de basculer facilement entre l'essence et le GPL et affiche un indicateur du mode de carburant sélectionné.

Réservoir : Il contient du gaz de pétrole liquéfié et est conçu pour résister aux fuites et assurer la sécurité.

1. Calculateur GPL.
2. Injecteurs gaz.
3. Électrovanne.
4. Vaporisateur/régulateur (détendeur).
5. Filtre à gaz.
6. Sonde de pression.
7. Commutateur essence/GPL (avec indicateur).
8. Réservoir

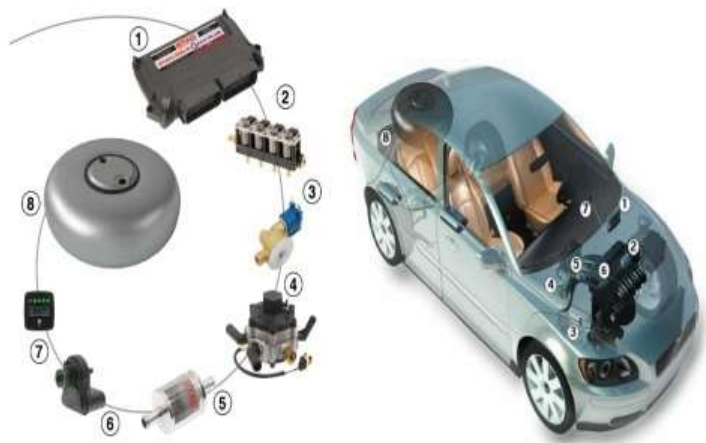


Figure I.32. Schéma d'installation et éléments du kit GPL [17]

I.7.5.2. Caractéristiques et avantages des moteurs essence et GPL:

Les moteurs de voiture à essence et au GPL présentent plusieurs caractéristiques et avantages qui en font un choix distinct pour les conducteurs [16]:

Faibles émissions : L'utilisation de gaz de pétrole liquéfié est considérée comme l'une des options respectueuses de l'environnement, car elle contribue à réduire les émissions de dioxyde de carbone jusqu'à 12 % par rapport aux moteurs à essence. Cela contribue à maintenir la qualité de l'air et à réduire les impacts environnementaux négatifs.

Économie de carburant : le GPL est considéré comme un carburant économique, permettant au conducteur d'économiser davantage d'argent sur le ravitaillement. Grâce à une technologie abordable, le prix du GPL est généralement bas par rapport à celui de l'essence.

Voiture silencieuse : Les voitures à essence et au GPL sont connues pour être silencieuses et douces à conduire. Cette fonctionnalité réduit le bruit et offre une expérience de conduite confortable et stable.

Multiplicité de carburant : permet au conducteur de basculer facilement entre l'essence et le GPL avec un simple interrupteur. Cela augmente l'indépendance du conducteur et contribue à économiser du temps et des efforts.

Sécurité des véhicules : Les moteurs essences et GPL respectent des normes de sécurité strictes, ce qui en fait un choix sûr pour les conducteurs. Les réservoirs de carburant sont constitués de matériaux imperméables et contiennent plusieurs accessoires de sécurité.

Facilité d'entretien : Ce type de moteur est facile à entretenir et permet d'économiser les coûts de réparation.

Dépendance aux énergies alternatives : L'utilisation de gaz de pétrole liquéfié contribue à réduire la dépendance aux combustibles fossiles, ce qui contribue à réduire les émissions de dioxyde de carbone jusqu'à 70 % par rapport à l'utilisation de 100 % d'essence.

Excellentes performances : Les moteurs à essence et au GPL offrent des performances excellentes et fiables dans une variété de conditions et de terrains.

Ces caractéristiques et caractéristiques se combinent pour faire des moteurs de voiture essence et GPL un excellent choix pour les conducteurs cherchant à économiser du carburant, à préserver l'environnement et à bénéficier d'excellentes performances.

I.8. Conclusion

Cette étude donne un aperçu des composants des moteurs à combustion interne et de leur rôle important dans l'amélioration des performances du moteur. L'accent a également été mis sur l'impact de la composition des composants du moteur sur ses performances, et c'est une partie importante du développement des moteurs à combustion interne à l'avenir.

Bien que le phénomène de combustion à l'intérieur du moteur soit très complexe, il peut être contrôlé en résolvant des équations chimiques et en contrôlant le volume. Cela nécessite l'utilisation de solutions numériques et de modèles de systèmes ouverts pour surmonter le problème de fermeture du système.

Compte tenu des conditions environnementales et économiques actuelles, les voitures sont construites pour réduire la consommation de carburant du moteur. Par conséquent, les moteurs des voitures modernes doivent être propres et efficaces. Pour ce faire, la combustion est contrôlée à l'intérieur du piston, en définissant différents paramètres caractéristiques à l'un des points de contrôle du volume.

Au final, on peut dire que comprendre l'impact de la composition des composants du moteur sur ses performances est essentiel pour améliorer l'efficacité de la combustion et réduire la consommation de carburant. Grâce à l'utilisation de solutions numériques et de modèles de systèmes ouverts, les moteurs à combustion interne du futur peuvent être développés pour répondre à l'évolution des besoins environnementaux et économiques.

Chapitre II :

Carburant utilisés

dans les moteurs

II.1.Introduction

Le moteur à essence a ses propres caractéristiques uniques et distinctes, étant plus léger et relativement plus rapide à bas régime et à froid, ce qui en fait un moteur populaire dans de nombreuses voitures et autres véhicules. Cependant, le type d'essence utilisé dans les moteurs diffère selon la composition distinctive des composants de base de chaque type, et cette différence est utilisée en fonction des besoins du consommateur et des recommandations du fabricant. De plus, le gaz liquéfié peut être utilisé dans certains moteurs en installant des écrans spéciaux, car le gaz liquéfié est également un carburant efficace. Dans ce chapitre, nous aborderons les principaux types de carburants utilisés dans les moteurs à combustion interne, y compris l'essence et le gaz liquéfié.

II.2. L'essence

L'essence est un liquide incolore, brun clair ou rosâtre qui contient divers produits chimiques que l'on trouve couramment dans de nombreuses conditions physiques dans les établissements humains, que ce soit sous forme de gaz, de liquide et autres. Le benzène est produit à partir du pétrole lors du processus de raffinage (figure II.17). Le benzène est généralement composé de plus de 150 produits chimiques, dont le benzène, le toluène, le xylène et parfois le plomb. La quantité de produits chimiques dans le mélange d'essence et la quantité de chacun sont déterminées par la méthode de produisant l'essence. L'essence est hautement inflammable, s'enflamme très facilement, se vaporise rapidement et forme un mélange d'air explosif. Cependant, le benzène ne se dissout pas facilement dans l'eau, mais certains des produits chimiques contenus dans le benzène peuvent facilement se dissoudre dans l'eau. Le benzène se trouve également dans l'air, les eaux souterraines et le sol, et les gens peuvent sentir le benzène à une concentration de 0,25 partie de benzène par million de parties d'air (ppm). [18]

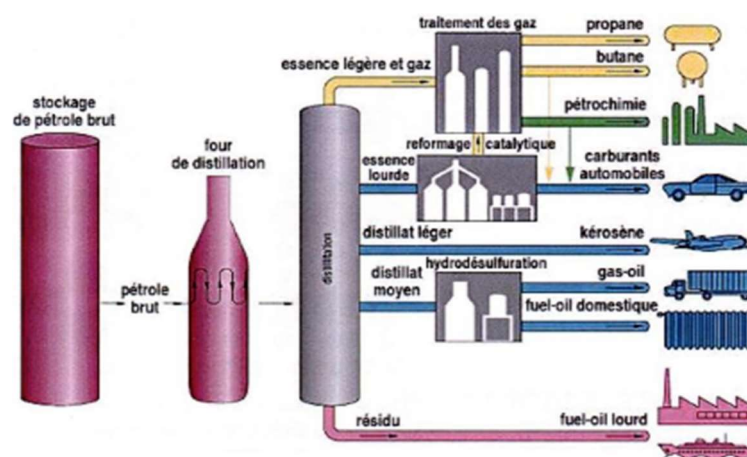


Figure.II.1. Raffinage de pétrole [19]

II.2.2. Composition de l'essence

L'essence est constituée d'un mélange complexe d'hydrocarbures, auquel sont parfois ajoutés des produits combustibles ou des additifs, selon l'origine du pétrole à raffiner et les procédés de raffinage utilisés. Le distillat de pétrole dont le benzène est extrait est constitué de molécules paraffiniques isolées, de cycles aromatiques, de naphthènes et d'oléfines.

Le tableau II.1. Montre un exemple de structure du benzène selon la famille chimique. [20]

Famille chimique	Rapport volumétrique (%)
Paraffines	40-65
Naphtènes	0-5
Oléfines	0-20
Aromatiques	15-45

II.2.3. Unités d'exploitation et de production de mélange final (essence)

Ce sont des processus dans lesquels le pétrole brut est converti en essence utilisable. Ces opérations comprennent :

- **Distillation de l'air** : où le pétrole brut est chauffé et transformé en vapeur, puis refroidi pour être décomposé en ses différents composants, dont l'essence.
- **Le reformage catalytique** : Il est utilisé pour convertir des hydrocarbures lourds en essence à l'aide d'un catalyseur, à hautes températures et pressions.
- **Craquage catalytique** : Il est utilisé pour convertir de grosses particules en particules plus petites à l'aide d'un catalyseur et à haute température.
- **Fissuration thermique** : Les liaisons chimiques dans les grosses molécules sont brisées par une chaleur élevée pour former du benzène.
- **Alkylation** : permet d'ajouter des molécules de carbone aux hydrocarbures légers pour les transformer en benzène.
- **Isomère** : utilisé pour convertir les oléfines en isooléfines pour la production d'essence.
- **Craquage de l'hydrogène** : Les hydrocarbures lourds sont convertis en benzène en utilisant l'hydrogène comme catalyseur. [21]

Propriétés de l'essence :

La caractéristique la plus importante de l'essence est l'indice d'octane, qui est une mesure de la résistance de l'essence à un allumage prématuré, ce qui endommage le moteur et diminue son efficacité. Plus l'indice d'octane est élevé, plus l'essence est stable et performante dans le moteur.

Indice d'octane :

L'indice d'octane est calculé en comparant la puissance de combustion d'un mélange de carburant à 100 % d'octane à un carburant contenant de l'isoheptane, qui est conçu pour résister à la combustion spontanée.

L'essence avec un indice d'octane compris entre 87 et 95 est généralement utilisée dans les voitures légères, et cela varie en fonction des conditions météorologiques et des besoins du moteur. En Algérie, l'essence est disponible en plusieurs types et niveaux d'octane, l'indice d'octane le plus courant étant 90 (ordinaire), 95 (sans plomb) et 96 (le plus élevé).

On peut souligner que plus l'indice d'octane est élevé, moins le carburant est exposé à une inflammation indésirable, et ainsi les voitures améliorent leurs performances, réduisent les émissions d'échappement et économisent la consommation de carburant. Le type d'essence approprié pour le moteur doit être choisi en fonction des recommandations du constructeur du véhicule et des conditions environnantes. [18]

II.2.4. Les différents types d'essences

Les types d'essence sont divisés en trois classes différentes, selon le type de moteurs utilisés. Ces classes ont des caractéristiques physiques similaires, mais diffèrent par leurs indices d'octane. Les catégories sont les suivantes :

A) Essence ordinaire : Il s'agit d'un mélange d'hydrocarbures comprenant de la paraffine, de l'oléfine, du naphthalène et des aromatiques (4 % de benzène), et il est distillé à une température inférieure à 205 degrés Celsius. Il a un indice d'octane compris entre 89 et 92.

b) Super carburant : Il se caractérise par la même nature que l'essence ordinaire, mais il est obtenu par un processus de raffinage spécial afin d'améliorer l'indice d'octane, qui varie de 97 à 99. Il diffère de l'essence ordinaire par sa teneur élevée en essence. (4-6%) en raison des faibles niveaux de plomb et de la teneur élevée en soufre (0,5%).

c) Essence sans plomb : Elle est constituée d'un mélange d'hydrocarbures et de composés oxygénés, et est apparue en Europe depuis 1988. Des additifs tels que le MTBE (méthyltertiobutyléther) et l'essence sont utilisés pour améliorer l'indice d'octane, qui varie de 95 à 98. L'utilisation d'essence est réduite en raison de sa forte toxicité.

En Algérie, l'usage de l'essence sans plomb s'est généralisé depuis juillet 2021, afin de réaliser des gains économiques et environnementaux. Selon l'autorité de contrôle des carburants, son coût était très élevé. Il a également contribué à réduire les coûts de maintenance des installations de stockage et de distribution, et à éviter la pollution et la corrosion. C'est moins cher et plus propre.

Tableau II.2 Les principaux composants de l'essence [18]

Composants	Pourcentage décomposant	Composants
N-alkanes	3.0	Exhausteurs d'octane
C5	11.6	Éther méthylique de t-butyle
C6	1.2	(MTBE) t-butyl alcohol (TBA)
C7	0.7	ethanol
C9	0.8	methanol
C10-C13	1	Antioxydants
Totale de n-alkanes	7.3	
Alcanes ramifiées		
C4	2.2	N, N-dialkylphénylènediamines 2,6-dialkyl et 2,4,6-
C5	15.1	trialkylphénols Butyliquesméthyliques, éthyliques et
C6	8.0	diméthyliquesPhénolsTriéthylènetétramine di
C7	1.9	(monononylphénolate)Désactivateurs de métaux N.N'-
C8	1.8	disalicylidène-1,2-éthanediamine N.N '-disalicylidène-
C9	2.1	propanediamine N.N '-disalicylidène-
C10-C13	1.0	cyclohexanediamineDisaiicylidène-N-méthyl-
Totale de alcanes ramifiés	32.0	dipropylènetriaminecontrôleursd'allumage
Cycloalcanes		
C6	3.0	Tri-o-crésylphosphate (TOCP) Inhibiteurs de givrage
C7	1.4	Alcool isopropylique Détergents / dispersants
C8	0.6	Phosphates d'alkylamine amines poly-isobutène
Totale de cycloalcanes	5.0	
Oléfines		
C6	1.8	Alkylphénols à longue chaîne Alcools à longue
Total d'oléfinés	1.8	chaîneAcides carboxyliques à longue chaîne Amines à
		longue chaîne
Aromatiques	3.2	
Benzène	4.8	
Toluène Xylènes	6.6	
Ethylbenzène	1.4	Inhibiteurs de corrosion Acides carboxyliques Acides
C3-benzènes	4.2	phosphoriques acides sulfoniques
C4-benzènes Autres	7.6	
Aromatiques totaux	2.7	
	30.5	

II.3. Le gaz du pétrole liquéfié (GPL)

II.3.1. Définition du GPL

Le gaz de pétrole liquéfié ou GPL est défini comme un mélange d'hydrocarbures légers, composé principalement de 80% de butane (C_4H_{10}) et de 20% de propane (C_3H_8), ces hydrocarbures sont saturés. Le GPL est soumis à des conditions spécifiques pour passer à l'état liquide, et cela peut se faire lors de la mesure de pression à température ambiante, à pression atmosphérique et basse température, ou à pression modérée et partiellement basse température. [22]

Le GPL a l'avantage de pouvoir stocker une grande quantité d'énergie dans un très petit volume, ce qui lui permet d'être transporté plus facilement que les gaz non condensables, comme le méthane et l'éthane, qui nécessitent de très hautes pressions pour se liquéfier à température ambiante, et sont facilement commercialisés dans des cylindres en acier [21].

Le GPL est produit principalement à partir du raffinage du pétrole (40 % des ressources mondiales) et dans une moindre mesure du traitement du gaz naturel (60 % des ressources mondiales) (figure II.2). Le GPL est utilisé dans de nombreuses applications, et la composition chimique de ce gaz varie en fonction des différents usages et normes des différents pays. Par exemple, le GPL en France contient environ 50 % de butane et 50 % de propane, tandis que le GPL aux États-Unis contient environ 95 % de butane et 5 % de propane. Il peut contenir du propylène, du butène, de petites quantités de méthane (CH_4), de l'éthylène et du pentane (C_5H_{12}), ainsi que des hydrocarbures exceptionnels comme le butadiène, l'acétylène et le méthylacrylique. Il convient de noter que le propane et le butane commerciaux ne sont pas des produits purs mais plutôt un mélange, et sont généralement utilisés en mélange sans qu'il soit nécessaire de séparer complètement les molécules car la plupart des applications acceptent les mélanges. [22]

Donc, le GPL est un gaz riche, il contient du

$C_3 + iC_4 + nC_4 + \text{traces de } (C_2 + iC_5 + nC_5)$

Ce mélange est aussi appelé « BUPRO » car il contient de fortes proportions en C_3 et C_4 .

i: étant l'iso X.

n: étant le nombre de carbone. X: étant le nom du carbonyle. [22]

II.3.2. Origine du GPL

Le GPL est extrait de diverses sources, y compris les raffineries de pétrole, car le processus de raffinage du pétrole nécessite plusieurs étapes complexes. Le butane et le propane sont extraits du pétrole brut par le processus de distillation et constituent un petit pourcentage compris entre 2 et 3 % du total des produits extraits. [22]

Le GPL est également extrait lors du craquage thermique ou du reformage catalytique des produits pour produire de l'essence.

En outre, le GPL peut être obtenu au cours des processus de séparation et de collecte des condensats de gaz naturel, qui comprennent le propane, le butane, l'essence légère, etc.. Environ 3 % d'un baril de pétrole brut standard est raffiné en GPL, tandis que jusqu'à 40 % du baril au gaz de pétrole liquéfié.(figure II.2)

Ces processus sont une source importante de combustible qui est utilisé dans de nombreuses applications domestiques et industrielles. [22].



Figure II.2. Origine du GPL [22]

Dans les unités de liquéfaction, on extrait du gaz naturel qui a généralement une forte teneur en méthane (environ 90 %), plus 5 % de propane et 5 % d'autres gaz, dont le butane. [22]

Ces gaz associés sont également issus des opérations de liquéfaction des gaz associés aux gisements pétroliers, et produits comme sous-produit des unités de liquéfaction de GNL.

Tableau II.3 Caractéristiques des composants du GPL [22]

	éthylène	éthylène	éthane	propylène	propane	Isobutene	butène	n butane
Formule chimique	CH ₄	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₄ H ₈	C ₄ H ₁₀
Tension de vapeur à 10°C (kg/cm ²)	370	45	32	7,7	6,2	1,3	1,7	1,5
Point d'ébullition à 760 mm Hg ; (°C)	-161,5	-103,7	- 88,5	- 47,7	- 42	- 11,7	- 6,2	- 0,5
Masse volumique (Kg/litre)	0,3	0,37	0,52	0,51	0,56	0,6	0,58	
Litres de gaz obtenus à partir d'un litre de liquide(L)	443	333,7	294,3	283,5	272,7	229,3	252,9	237,8
Poids spécifique du gaz à 15°C 760mm/Hg ; (kg/m ³)	0,677	1,18	1,27	1,77	1,86	2,45	2,37	2,45
Pouvoir calorifique supérieur (kcal/kg)	13,288	12,028	12,417	11,700	11,980	11,828	11,589	11,586
Nombre d'octane (Motor Method)	120	76	99	83	96	97	84	89

II.4. Conclusion :

Ainsi, dans ce chapitre, nous avons couvert les types de carburant utilisés dans l'industrie automobile et les caractéristiques de chaque catégorie, et comment utilisés ces informations dans les prochains chapitres.

Nous pouvons également dire que comprendre les propriétés des carburants est un élément essentiel pour comprendre comment les moteurs fonctionnent et les entretenir, et comment passer à des carburants plus durables et plus respectueux de l'environnement à l'avenir.

Chapitre III :
Influence de dégagement du
CO et CO₂
sur l'environnement et la santé
humaine

III.1. Introduction

Le problème de la pollution de l'environnement est l'un des défis les plus importants auxquels l'humanité est confrontée à l'ère moderne. La pollution provoque des changements négatifs dans l'environnement et des effets nocifs sur les organismes vivants. Ces changements sont principalement dus aux interventions humaines dans l'environnement et à son utilisation irresponsable et excessive de ses ressources, en plus des activités industrielles dans les usines, les installations médicales et nucléaires.

L'un des facteurs contribuant à ces changements environnementaux est l'émission de gaz d'échappement après la combustion du carburant automobile. Les gaz d'échappement sont constitués d'une variété de gaz constitutifs de compositions différentes, et parmi ceux-ci se trouvent les gaz partiels importants que nous aborderons dans ce chapitre.

Dans ce contexte, nous aborderons la source et la composition structurelle de ces gaz, ainsi que les effets qu'ils produisent sur la santé humaine et la nature. Cette étude aidera à mieux comprendre les facteurs affectant la pollution de l'air causée par les gaz d'échappement des véhicules, et contribuera ainsi au développement de stratégies efficaces pour réduire cet impact néfaste et préserver la santé environnementale et le bien-être de la communauté.

III.2. Définition générale de la pollution :

La pollution en général fait référence à la présence de substances, d'énergie ou de facteurs nocifs dans l'environnement à des niveaux qui dépassent les limites normales ou acceptables, ce qui entraîne un impact négatif sur les organismes vivants et les écosystèmes. La pollution est un problème environnemental mondial auquel l'humanité est confrontée, et les sources et les types de pollution varient en fonction des matériaux et des polluants causés. [23]

III.2.1. Sources de pollution :

Les sources de pollution, en général, peuvent être classées en sources naturelles et sources humaines. Ces sources diffèrent par leur nature et l'ampleur de leur impact sur l'environnement. Le tableau III.1.Suivant présente quelques sources de pollution et leurs types selon les matériaux et polluants impliqués : [23]

Tableau III.1. Sources de pollution et leurs types [23]

Type de source	Matières/polluants causant	la nature de la pollution
Industries	Gaz d'échappement industriels, polluants organiques persistants, produits chimiques toxiques	Humain
Véhicules	Gaz d'échappement (tels que le monoxyde de carbone, l'oxyde d'azote, les particules en suspension)	
Agriculture	Pesticides, engrais chimiques, déchets agricoles	
Déchets	Déchets solides, déchets liquides, déchets dangereux	
Activités minières	Gisements minéraux, toxines provenant des opérations minières	
La production d'énergie	Gaz d'échappement provenant de la combustion de combustibles (tels que le charbon, le pétrole et le gaz naturel)	
Activités de bâtiment et de construction	Poussières et sédiments résultant de la construction et des travaux de construction	
dépenses publiques et de fonctionnement	Gaz d'échappement résultant de l'entretien et de l'exploitation des bâtiments, des infrastructures et des services publics	
Volcans et incendies	Gaz et particules résultant d'éruptions volcaniques et d'incendies	naturel
Érosion et érosion	Poussière et sédiments provenant de l'érosion naturelle des roches et de l'érosion	
Emissions naturelles	Gaz volcaniques, gaz issus de processus biologiques, poussière du désert	

III.2.2. Pollution des aux véhicules :

Il fait référence aux émissions nocives résultant de la combustion et de l'utilisation de carburant dans les véhicules fonctionnant à l'essence, au diesel ou à tout autre carburant. La pollution des véhicules consiste en une variété de polluants atmosphériques émis par les gaz d'échappement et l'évaporation résultant du processus de combustion et de la combustion incomplète du carburant. [24]

III.2.3. Composition des gaz d'échappement

Dans des conditions de combustion idéales, la combustion complète du carburant produit du dioxyde de carbone (CO_2) et de l'eau (H_2O). Cependant, dans la combustion réelle à l'intérieur d'un moteur de voiture, les gaz d'échappement de la voiture contiennent des composants supplémentaires qui incluent [24] :

- Hydrocarbures non brûlés : il s'agit de composés organiques qui n'ont pas été complètement brûlés et qui sont formés à partir de combustibles résiduels et d'autres composés ;
- Combustibles partiels : il comprend des composés organiques qui ont été partiellement transformés au cours du processus de combustion et transformés en nouveaux composés ;
- Produits et produits de craquage thermique : il s'agit notamment des particules de suie et d'autres composés formés à la suite de processus de décomposition thermique dans le moteur ;
- Oxydes d'azote : il s'agit notamment des oxydes d'azote (NO_x) qui se forment en raison de réactions élevées à des températures élevées à l'intérieur du moteur ;
- Dioxyde de soufre : Le dioxyde de soufre (SO_2) peut être présent dans les gaz d'échappement en raison de la présence d'impuretés soufrées dans le carburant.

Lors de l'examen de la composition des gaz d'échappement automobiles, les termes suivants font référence aux composants possibles des gaz d'échappement automobiles :

- monoxyde de carbone (CO) ;
- Hydrocarbures (HC) ;
- Oxydes d'azote (NO_x).
- Particules de suie

Chapitre III : Influence de dégagement du Co et Co₂ sur l'environnement et la santé humaine

Cependant, dans la plupart des cas, il est omis de préciser que ces éléments ne représentent qu'une fraction de la quantité totale de gaz d'échappement. Ainsi, le schéma suivant indiquera la composition approximative des gaz d'échappement des moteurs à essence.

Sous l'action de la lumière du soleil, des oxydants tels que l'ozone, le nitrate de peroxyde ou les peroxydes organiques peuvent être générés par certains composants des gaz d'échappement. La composition des gaz d'échappement peut être affectée par diverses mesures "au niveau du moteur" et "de remédiation ultérieure" pour réduire ou éviter ces composants nocifs.

La figure III.1 : représente le schéma d'installation approximatif des composants d'échappement du moteur à essence

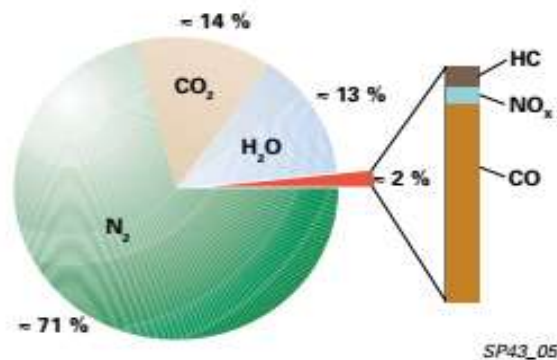


Figure III.1. Composition des gaz d'échappement sur les moteurs à essence [25].

III.2.4. Composants en entrée et sortie de combustion [24]

Dans le diagramme ci-dessous (La figure III.2) est un aperçu des composants qui entrent et sortent d'un moteur pendant la combustion. [24]

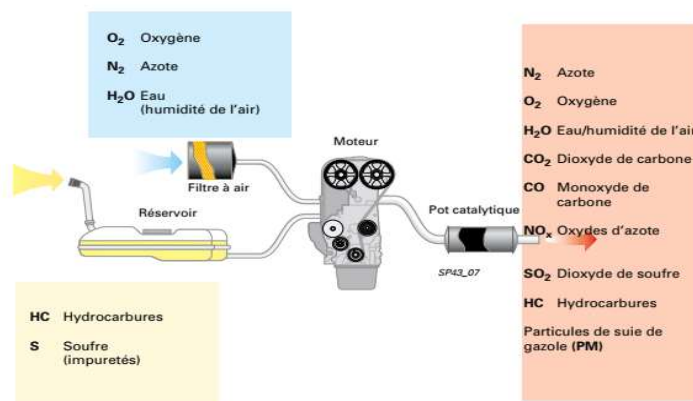


Figure III.2. Composants en entrée et sortie de combustion. [25]

III.2.5. Normes d'émission [24]

Le ministère algérien de l'environnement a fixé des normes d'émission pour les véhicules afin de contrôler la quantité de polluants émis dans l'environnement. Les normes d'émission précisent les niveaux maximaux de dioxyde de carbone, d'hydrocarbures, d'oxydes d'azote et de particules qu'un véhicule peut émettre. Les normes en vigueur pour les voitures particulières en Algérie sont :

Monoxyde de carbone : 4,5 g/km

HC : 0,15 g/km

Oxydes d'azote : 0,25 g/km

PM : 0,025 g/km

Ces normes sont revues et mises à jour régulièrement afin de s'assurer que la quantité de polluants rejetés dans l'environnement est réduite.

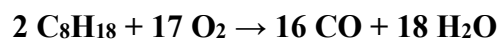
III.3. les composants des gaz d'échappement

III.3.1. monoxyde de carbone

Le monoxyde de carbone (CO) est un gaz incolore, inodore, ininflammable, explosif et toxique qui peut être mortel à fortes concentrations.

III.3.1.1. Production de monoxyde de carbone

Le monoxyde de carbone est produit dans un moteur à essence à la suite d'une combustion incomplète du carburant. Lorsque le carburant d'un moteur à essence brûle, il a besoin d'oxygène de l'air pour compléter le processus de combustion. Cependant, dans certains cas, il peut ne pas y avoir suffisamment d'oxygène disponible pour une combustion complète du carburant, ce qui entraîne la production de monoxyde de carbone (CO). Selon la réaction chimique suivante [24] :



III.3.1.2. Effets du monoxyde de carbone sur la santé humaine

Le monoxyde de carbone (CO) a des effets négatifs sur la santé humaine lorsqu'il est exposé à de fortes concentrations dans l'air ambiant. Voici quelques-uns des principaux effets du monoxyde de carbone sur la santé humaine [24] :

1- Intoxication au monoxyde de carbone : Le monoxyde de carbone est un gaz toxique à forte concentration. Il est absorbé dans le sang par les poumons et entre en compétition avec

l'oxygène dans sa fixation à l'hémoglobine dans les globules rouges, ce qui provoque une diminution de la capacité du sang à transporter l'oxygène vers les tissus du corps, et affecte ainsi négativement les fonctions des organes et systèmes du corps. [24]

2- Impact sur le système respiratoire : L'exposition des personnes à de fortes concentrations de monoxyde de carbone peut entraîner un essoufflement, une bronchite, une toux, une sinusite et une irritation de la gorge, du nez et des yeux. [24]

3- Symptômes psychologiques et neurologiques : L'exposition à de fortes concentrations de monoxyde de carbone peut entraîner des symptômes psychologiques et neurologiques, tels que maux de tête, étourdissements, fatigue, dépression, confusion mentale, perte de mémoire, convulsions et troubles du sommeil. [24]

4- L'effet sur le cœur et les vaisseaux sanguins : L'exposition continue au monoxyde de carbone est associée à un risque accru de maladies cardiovasculaires, telles que l'hypertension artérielle, les maladies coronariennes, les caillots sanguins, les faibles niveaux d'oxygène dans le sang et la perméation du cerveau et d'autres organes vitaux. Une exposition prolongée au monoxyde de carbone peut endommager les tissus et augmenter le risque de maladie cardiaque et d'accident vasculaire cérébral. [24]

III.3.1.3. Effets du monoxyde de carbone sur l'environnement

Le monoxyde de carbone (CO) joue un rôle important dans le changement climatique et affecte l'environnement de plusieurs façons. Voici quelques-uns des principaux effets du monoxyde de carbone sur l'environnement [24] :

1- L'effet de serre : Le monoxyde de carbone est un gaz à effet de serre, car il contribue à augmenter la concentration des gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Le monoxyde de carbone emprisonne la chaleur dans l'atmosphère et favorise une augmentation des températures mondiales, entraînant des changements climatiques et des impacts négatifs sur les écosystèmes.

2- Impact sur la faune : Une augmentation de la concentration de monoxyde de carbone dans l'atmosphère est associée à des changements chez les plantes et les animaux. Cela peut entraîner des changements dans la croissance des plantes, la propagation de maladies, des changements dans la répartition de la faune et l'extinction d'espèces menacées.

3- Impact sur la qualité de l'air : Des concentrations élevées de monoxyde de carbone dans l'air signifient la présence d'autres sources de pollution, comme la combustion de combustibles impurs. La pollution atmosphérique par le monoxyde de carbone peut augmenter le smog et la pollution de l'air intérieur, affectant négativement la santé humaine et d'autres organismes vivants.

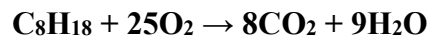
4-Impact sur l'ozone atmosphérique : Le monoxyde de carbone peut contribuer à la formation de gaz ozone dans la basse atmosphère, qui est nocif pour la santé humaine et les plantes lorsqu'il est présent à des niveaux élevés.

III.3.2. Le dioxyde de carbone

C'est un gaz incolore, incombustible et non toxique.

III.3.2.1 production de dioxyde de carbone

Le dioxyde de carbone dans un moteur à essence se forme à la suite de la combustion complète des hydrocarbures dans l'essence. Lors de la combustion, l'oxygène (O₂) réagit avec le carbone (C) et l'hydrogène (H) dans l'essence pour produire du dioxyde de carbone (CO₂) et de l'eau (H₂O). L'équation chimique de la combustion de l'essence est la suivante [24] :



La quantité de dioxyde de carbone produite par un moteur à essence dépend de divers facteurs, notamment le type de carburant, l'efficacité du moteur et les conditions de conduite. En général, les moteurs plus anciens produisent plus de CO₂ que les moteurs plus récents en raison de leur moindre efficacité. [24]

III.3.2.2. Effets du dioxyde de carbone sur l'environnement

Le dioxyde de carbone est un contributeur majeur au réchauffement climatique et au changement climatique. Lorsqu'il est libéré dans l'atmosphère, il forme une couche qui emprisonne la chaleur et l'empêche de s'échapper dans l'espace. Cela se traduit par une élévation de la température de la Terre, ce qui entraîne divers effets environnementaux tels que [23] :

La fonte des calottes polaires et des glaciers, qui entraîne une élévation du niveau de la mer et l'inondation des zones côtières.

Changements dans les conditions météorologiques, y compris une augmentation de la fréquence et de l'intensité des phénomènes météorologiques extrêmes tels que les ouragans, les sécheresses et les inondations.

- Altération des écosystèmes et de la biodiversité due aux changements de température et de précipitations.

III.3.2.3. Effets du dioxyde de carbone sur la santé humaine

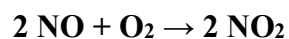
Le dioxyde de carbone n'est pas directement nocif pour la santé humaine à de faibles concentrations. Cependant, à des concentrations élevées, il peut provoquer des symptômes tels que des maux de tête, des étourdissements et un essoufflement. Dans les espaces clos, tels que les cabines de voiture, des concentrations élevées de dioxyde de carbone peuvent provoquer de la somnolence et une diminution des niveaux de concentration. De plus, les effets indirects du dioxyde de carbone sur l'environnement, tels que le changement climatique et la modification des écosystèmes, peuvent avoir des répercussions importantes sur la santé humaine. [24]

III.3.3. Définition du dioxyde d'azote

Le dioxyde d'azote (NO₂) est un gaz toxique brun rougeâtre avec une forte odeur suffocante. C'est un gaz hautement réactif qui interagit facilement avec d'autres composants de l'atmosphère, notamment l'oxygène (O₂), la vapeur d'eau (H₂O) et d'autres oxydes d'azote (NO_x). [24]

III.3.3.1. Production de dioxyde d'azote

Le dioxyde d'azote est principalement produit lors de la combustion de carburant à haute température dans le moteur. Plus précisément, le NO₂ est formé par l'oxydation de l'oxyde d'azote (NO), qui est un sous-produit de la combustion de l'air et du carburant dans la chambre de combustion du moteur. La réaction est la suivante. [24]



La quantité de dioxyde d'azote produite dans un moteur est affectée par divers facteurs, tels que la conception du moteur, le type de carburant et la température de combustion. Les moteurs à essence, en particulier les modèles plus anciens, ont tendance à produire plus de dioxyde d'azote que les modèles plus récents en raison d'une efficacité de combustion plus faible. [24]

III.3.3.2. Effets du dioxyde d'azote (NO₂) sur l'homme

L'exposition au dioxyde d'azote peut avoir des effets néfastes sur la santé humaine, en particulier sur le système respiratoire. Lorsqu'il est inhalé, le NO₂ peut irriter les poumons et provoquer une inflammation des voies respiratoires, entraînant un essoufflement, une toux et une respiration sifflante. Une exposition prolongée au NO₂ peut provoquer des maladies respiratoires chroniques, telles que l'asthme et la maladie pulmonaire obstructive chronique (MPOC). De plus, l'exposition au dioxyde d'azote peut aggraver des problèmes cardiaques préexistants et peut contribuer au développement de maladies cardiovasculaires. [24]

III.3.3.3. Effets du dioxyde d'azote (NO₂) sur l'environnement

Le dioxyde d'azote est un contributeur majeur à la formation de la couche d'ozone troposphérique et des pluies acides, qui sont nocives pour l'environnement. Lorsque le dioxyde d'azote interagit avec la lumière du soleil, il produit de l'ozone au niveau du sol, qui est un puissant gaz à effet de serre et un contributeur majeur au réchauffement climatique. De plus, le dioxyde d'azote réagit avec l'eau dans l'atmosphère pour former de l'acide nitrique (HNO₃), ce qui entraîne des pluies acides qui peuvent nuire à la vie végétale, aux écosystèmes d'eau douce et aux bâtiments. [24]

III.3.4. Définition de l'ozone

L'ozone est un gaz incolore avec une odeur piquante qui se forme lorsque les molécules d'oxygène (O₂) sont décomposées par des sources à haute énergie telles que la foudre ou la lumière ultraviolette. Les atomes d'oxygène résultants (O) peuvent ensuite se combiner avec d'autres molécules d'oxygène pour former de l'ozone (O₃). [24]

II.3.4.1. Production de l'ozone

L'ozone n'est pas émis directement par les moteurs à essence, mais se forme comme polluant secondaire à partir de la réaction des oxydes d'azote (NO_x) et des composés organiques volatils (COV) en présence de la lumière du soleil. Les oxydes d'azote et les composés organiques volatils sont émis par les moteurs à essence lors de la combustion, et lorsqu'ils réagissent en présence de la lumière du soleil, ils peuvent former de l'ozone.

III.3.4.2 Effets de l'ozone sur la santé humaine et l'environnement

Au niveau du sol, l'ozone peut être nocif pour la santé humaine, en particulier pour les personnes souffrant de problèmes respiratoires tels que l'asthme. L'exposition à des niveaux élevés d'ozone peut provoquer une toux, un essoufflement et des douleurs thoraciques.

L'ozone peut également endommager les cultures et d'autres plantes, réduisant ainsi les rendements agricoles. De plus, l'ozone contribue à la formation de smog, qui peut avoir une gamme d'effets négatifs sur l'environnement et la santé humaine. [24]

III.3.5. Définitions Hydrocarbures imbrûlés (HC) et composés organiques volatils (COV)

Les hydrocarbures imbrûlés (HC) et les composés organiques volatils (COV) sont des molécules organiques émises dans l'atmosphère à la suite d'une combustion incomplète. HC est un terme général qui fait référence à toute molécule organique contenant des atomes d'hydrogène et de carbone, comme le méthane (CH_4), l'éthane (C_2H_6), le propane (C_3H_8) et le butane (C_4H_{10}). D'autre part, les composés organiques volatils sont un sous-ensemble d'hydrocarbures qui ont une pression de vapeur élevée à température ambiante et peuvent facilement s'évaporer dans l'atmosphère. Des exemples de COV comprennent le benzène (C_6H_6), le toluène (C_7H_8) et le xylène (C_8H_{10}). [24]

III.3.5.1. Production d'hydrocarbures imbrûlés et de composés organiques volatils:

La production d'hydrocarbures imbrûlés et de composés organiques volatils dans un moteur à essence est principalement due à la combustion incomplète du carburant. Lors de la combustion, les molécules d'hydrocarbures du carburant sont oxydées par l'oxygène pour former du dioxyde de carbone (CO_2) et de la vapeur d'eau (H_2O). Cependant, s'il n'y a pas assez d'oxygène, certaines molécules d'hydrocarbures ne seront pas complètement oxydées et formeront à la place des hydrocarbures imbrûlés et des COV. [24]

III.3.5.2. Effets sur l'homme et l'environnement

Les hydrocarbures non brûlés et les composés organiques volatils ont des effets négatifs à la fois sur la santé humaine et sur l'environnement. Ils contribuent à la formation d'ozone troposphérique (O_3), un polluant nocif qui peut causer des problèmes respiratoires chez l'homme, en particulier chez les personnes souffrant d'asthme ou d'autres problèmes respiratoires. L'ozone peut également endommager la végétation, réduire les rendements des cultures et nuire aux écosystèmes. [24]

De plus, certains composés organiques volatils, comme le benzène, sont cancérigènes et peuvent augmenter le risque de cancer chez l'homme. L'exposition à long terme au benzène a été liée à la leucémie, un type de cancer qui affecte les cellules sanguines.

III.3.6. Définition Anhydride sulfureux (SO₂).

Le dioxyde de soufre est un gaz incolore à odeur piquante. Il est très soluble dans l'eau et forme de l'acide sulfurique lorsqu'il réagit avec la vapeur d'eau dans l'atmosphère. [24]

III.3.6.1. Production de dioxyde de soufre SO₂

Le dioxyde de soufre est produit lorsque des composés contenant du soufre, comme le soufre dans l'essence ou dans les additifs, sont brûlés pendant la combustion. La quantité d'émissions de dioxyde de soufre dépend de plusieurs facteurs, tels que la teneur en soufre du carburant, l'efficacité de la combustion et les conditions de fonctionnement du moteur. [24]

III.3.6.2. Effets du dioxyde de soufre sur l'homme

L'exposition au dioxyde de soufre peut provoquer des problèmes respiratoires, tels que la bronchoconstriction et l'asthme, en particulier chez les personnes souffrant de problèmes respiratoires préexistants. Une exposition à long terme au dioxyde de soufre peut entraîner des maladies respiratoires chroniques, telles que l'emphysème et la bronchite chronique. [24]

III.3.6.3. Effets du dioxyde de soufre sur l'environnement

Les émissions de dioxyde de soufre contribuent aux pluies acides, qui peuvent endommager les forêts, les lacs et d'autres écosystèmes. Il peut également provoquer de la corrosion dans les bâtiments et autres structures, entraînant des coûts de maintenance. [24]

III.4. Conclusion

Après avoir terminé ce chapitre qui nous a permis de mieux comprendre la pollution et son problème global, nous avons constaté que l'émission de dioxyde de carbone est l'un des facteurs principaux et les plus importants dans ce contexte, en plus de certains autres gaz. Dans le dernier chapitre, nous explorerons les types d'essence qui contribuent de manière significative à l'émission de ces gaz et les analyserons en détail

Chapitre IV

Travail expérimental

IV.1. Introduction :

La surveillance et l'analyse des émissions d'échappement des véhicules sont essentielles pour maintenir la qualité de l'air et réduire la pollution de l'environnement. Dans ce but, ce dernier chapitre a été réalisé pour nous montrer l'approche expérimentale par laquelle un groupe d'échantillons de voitures fonctionnant à l'essence sans plomb, en plus des voitures fonctionnant au gaz de pétrole liquéfié, ont été testés à l'aide d'un dispositif spécial, et nous avons enregistré les résultats dans des tableaux pour étude.

Ensuite, nous avons analysé les résultats principalement appliqués au ratio (CO et CO₂) émis par les deux types de carburant afin de déterminer lequel est le plus respectueux de l'environnement.

IV.2. Analyseur de gaz d'échappement:

L'appareil utilisé pour analyser les gaz d'échappement Altus Serer AP1500 (Figure IV.1) est un appareil utilisé pour mesurer la concentration des gaz d'échappement émis par l'échappement du moteur. Cet appareil peut mesurer la concentration de quatre gaz majeurs, à savoir le CO, HC, NO_x et CO₂, ainsi que la température des gaz, le régime moteur et la pression du vide. Les résultats sont affichés sur un grand écran LCD (figure IV.2) et peuvent être imprimés ou transférés sur un ordinateur via un port USB .[26]

Les résultats peuvent également déterminer la sécurité du moteur selon les spécifications suivantes: [26]

Dioxyde de carbone (CO) : 0-10 % en volume

Dioxyde de carbone (CO₂) : 0-20 % en volume

Hydrocarbure (HC) : 0-10 000 ppm en volume

Oxygène (O₂) : 0-25 % en volume

Lambda : 0,5-9,999

Température de l'huile : 0-150°C

Vitesse de rotation : 400-10 000 tr/min.

Si les résultats correspondent à ces valeurs, alors le moteur présente un défaut. Par exemple, mais sans s'y limiter, nous en mentionnons quelques-uns: [27]

- Si la concentration de CO est supérieure à 10 %, cela signifie qu'il y a une combustion incomplète du carburant dans le moteur, ce qui entraîne de mauvaises performances du moteur, une augmentation de la consommation de carburant et des émissions toxiques.

- Si la concentration de CO_2 est supérieure à 20 %, cela signifie qu'il y a une combustion complète du carburant dans le moteur, ce qui entraîne une diminution des émissions d'autres gaz nocifs.
- Si la concentration en HC est supérieure à 10 000 ppm, cela signifie qu'il reste un résidu de carburant imbrûlé dans le moteur, ce qui entraîne une diminution du rendement du moteur, une augmentation de la consommation de carburant et des émissions toxiques.
- Si la concentration d' O_2 est supérieure à 25 %, cela signifie qu'une partie du carburant est perdue sans combustion dans le moteur, ce qui entraîne une consommation de carburant plus élevée et des émissions d'autres gaz plus élevées.



Figure. IV.1. L'appareil utilisé pour mesurer les émissions



Figure. IV.2. écran de l'appareil

IV.2.1. Principe de fonctionnement de l'appareil

Le principe de fonctionnement de l'analyseur de gaz d'échappement AP1500 repose sur l'utilisation de capteurs électrochimiques pour mesurer la concentration de CO, HC et NO_x, et d'un capteur asymétrique pour mesurer la concentration de CO₂. Ces capteurs s'appuient sur l'interaction entre les gaz et les électrodes dans des cellules électrochimiques, qui génèrent un courant électrique proportionnel à la concentration du gaz. Ce courant est converti en signal numérique, traité et corrigé par un circuit électronique, pour afficher les valeurs de concentration sur l'écran

IV.2.2. Composants de l'appareil

Les composants de l'analyseur de gaz d'échappement AP1500 sont:

- Pompe AC: Fournit de l'énergie électrique à l'appareil et convertit le courant alternatif en courant continu.
- Tuyau d'échappement: Il relie le tuyau d'échappement du moteur à l'appareil et transporte les gaz d'échappement jusqu'aux capteurs.
- Capteurs électrochimiques: mesurent la concentration de CO, HC et NO_x par l'interaction entre les gaz et les électrodes dans les cellules électrochimiques (Figure IV.3).
- Capteur asymétrique: Mesure la concentration de CO₂ en mesurant une différence de température entre deux côtés d'une thermocellule.
- Circuit électronique: Il convertit le courant électrique généré par les capteurs en un signal numérique et le traite et le corrige à l'aide d'un microprocesseur.
- Écran LCD (Figure IV.2): Affiche les valeurs de concentration des différents gaz, la température des gaz, le régime moteur et la pression du vide.
- Imprimante thermique: imprime les valeurs de concentration des différents gaz sur du papier thermosensible.
- Port USB: connecte l'appareil à l'ordinateur (figure IV.4) et transfère les données stockées dans la mémoire de l'appareil.

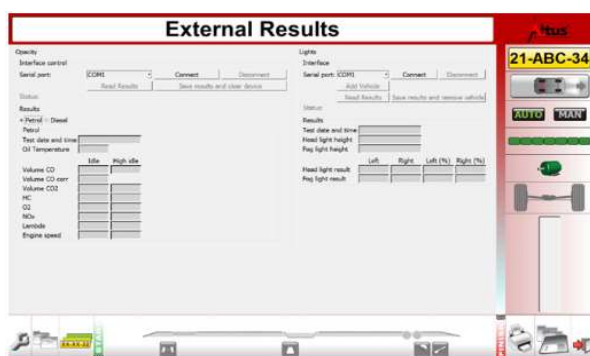


Figure. IV.4. Résultat par l'ordinateur [26]



Figure. IV.3. Capteur de gaz

IV.3. Méthode expérimentale:

Cette formation a été réalisée expérimentalement au Centre de Contrôle Technique des Véhicules de l'Agence RABIH, qui est un centre accrédité spécialisé dans le contrôle technique des véhicules. Cette étude vise à mesurer et analyser les niveaux de divers gaz polluants, tels que le monoxyde de carbone (CO) et le dioxyde de carbone (CO₂), émis par les véhicules fonctionnant à l'essence et au GPL.

Nous avons utilisé l'analyseur de gaz d'échappement AP1500 (figure IV.1) mentionné ci-dessus en étapes simples, qui sont:

- Connectez l'adaptateur secteur à l'appareil et à la source électrique.
- Raccorder le tuyau d'échappement à l'appareil et au tuyau d'échappement du moteur.
- Démarrer le moteur et attendre qu'il atteigne sa température de fonctionnement.
- Choisissez le type de carburant utilisé dans le moteur dans la liste des appareils.
- Choisissez le type de mesure souhaité, qu'il s'agisse d'une rotation, d'une rotation fixe ou variable.
- Appuyez sur le bouton START pour démarrer le processus de mesure.
- Lisez les valeurs de concentration des différents gaz sur l'écran, ou appuyez sur le bouton IMPRIMER pour les imprimer, ou appuyez sur le bouton SAVE pour les enregistrer en mémoire.
- Appuyez sur le bouton STOP pour arrêter le processus de mesure.
- Débranchez le tuyau d'échappement et l'adaptateur secteur de l'appareil.

Après cela, les résultats ont été pris et enregistrés dans les tableaux suivants.

Remarque : Les résultats ont été extraits directement de l'écran (figure IV.5)



Figure. IV.5. L'écran affiche le résultat de l'analyse des gaz d'un moteur de voiture

IV.4. Résultats

Dans cette section, nous exposons les résultats de l'analyse des émissions de gaz d'échappement des moteurs à essence. Pour faciliter l'étude et mieux appréhender l'impact de ces gaz sur l'environnement, nous avons classé les résultats en trois catégories statistiques en fonction de l'année de mise en service des moteurs et de deux types de carburant. Les tableaux que nous avons élaborés (de 1 à 6) sont présentés ci-dessous.

IV.4.1. Résultats d'analyse moteurs à essence sans plomb

- **Classe 1 : 2007 → 2011**

Tableau IV.1. Résultats d'analyse moteurs à essence sans plomb de 2007 à 2011

Moteur	Année de mis en marche	CO (% Vol)	CO ₂ (% Vol)
Moteur 1	2007	1.07	10.4
Moteur 2	2008	0.1	13
Moteur 3	2009	1.1	12.7
Moteur 4	2009	0.13	11.7
Moteur 5	2010	0.1	10.2
Moteur 6	2010	3.29	10.9
Moteur 7	2011	0.5	12.8
Moteur 8	2011	0.05	10.2
Moteur 9	2011	0.13	10.1
Moteur 10	2011	0.12	10

- **Classe 2 : 2012 → 2015**

Tableau IV.2. Résultats d'analyse moteurs à essence sans plomb de 2012 à 2015

Moteur	Année de mis en marche	CO (% Vol)	CO ₂ (% Vol)
Moteur 1	2012	0.41	14
Moteur 2	2012	0.75	12.2
Moteur 3	2012	0.31	9.3
Moteur 4	2012	1.26	9.7
Moteur 5	2013	0.85	9.6
Moteur 6	2013	0.47	13.2
Moteur 7	2013	0.73	13.3

Moteur 8	2013	0.34	14.9
Moteur 9	2013	1.81	11.7
Moteur 10	2014	2.02	11.9
Moteur 11	2014	0.03	9.3
Moteur 12	2014	0.38	13.6
Moteur 13	2015	1.63	11.7
Moteur 14	2015	0.09	12.3
Moteur 15	2015	0.3	13.5
Moteur 16	2015	0.47	14.4

- **Classe 3 : 2016 → 2018**

Tableau IV.3. Résultats d'analyse moteurs à essence sans plomb de 2016 à 2018

Moteur	Année de mis en marche	CO (% Vol)	CO ₂ (% Vol)
Moteur 1	2016	0.15	11.3
Moteur 2	2016	0.65	13.8
Moteur 3	2017	1.34	12.5
Moteur 4	2018	0.51	14.4
Moteur 5	2018	0.07	13.3

IV.4.2. Résultats d'analyse moteurs à essence GPL

- **Classe 1 : 2007 → 2011**

Tableau IV.4. Résultats d'analyse moteurs à essence GPL de 2007 à 2011

Moteur	Année de mis en marche	CO (% Vol)	CO ₂ (% Vol)
Moteur 1	2007	0.88	12
Moteur 2	2008	0.56	11.9
Moteur 3	2009	0.12	11.15
Moteur 4	2009	0.45	11.1
Moteur 5	2010	8.17	4.9
Moteur 6	2010	0	11.5
Moteur 7	2011	0.09	7

- **Classe 2 : 2012 —→ 2015**

Tableau IV.5. Résultats d'analyse moteurs à essence GPL de 2012 à 2015

Moteur	Année de mis en marche	CO (% Vol)	CO ₂ (% Vol)
Moteur 1	2012	0.05	12.9
Moteur 2	2012	0.72	10.3
Moteur 3	2013	0.06	9.8
Moteur 4	2013	0.92	11.8
Moteur 5	2013	1.34	9.9
Moteur 6	2014	0	12.8
Moteur 7	2015	0.57	11.2

- **Classe 3 : 2016 —→ 2018**

Tableau IV.6. Résultats d'analyse moteurs à essence GPL de 2016 à 2018

Moteur	Année de mis en marche	CO (% Vol)	CO ₂ (% Vol)
Moteur 1	2016	0.06	9.4
Moteur 2	2016	0.35	12.2
Moteur 3	2016	0.05	9.1
Moteur 4	2016	0.49	10.6
Moteur 5	2018	0.51	12.8
Moteur 6	2018	0.08	10.7

IV.4.3. Tableaux récapitulatifs

Les tableaux IV.8 et IV.9 résument les concentrations moyennes arithmétiques de monoxyde de carbone et de dioxyde de carbone pour chaque classe et type de carburant. Des graphiques (4,5,6,7) illustrant ces résultats sont également fournis.

Tableau IV.8. Tableaux récapitulatifs des résultats de l'analyse pour les moteurs à essence sans plomb

	CO (% Vol)	CO ₂ (% Vol)
Classe 1	0.65	11.2
Classe 2	0.74	12.16
Classe 3	0.54	13.06

Tableau IV.9. Tableaux récapitulatifs des résultats de l'analyse pour les moteurs à essence GPL

	CO (% Vol)	CO ₂ (% Vol)
Classe 1	0.47	9.94
Classe 2	0.52	11.24
Classe 3	0.26	10.8

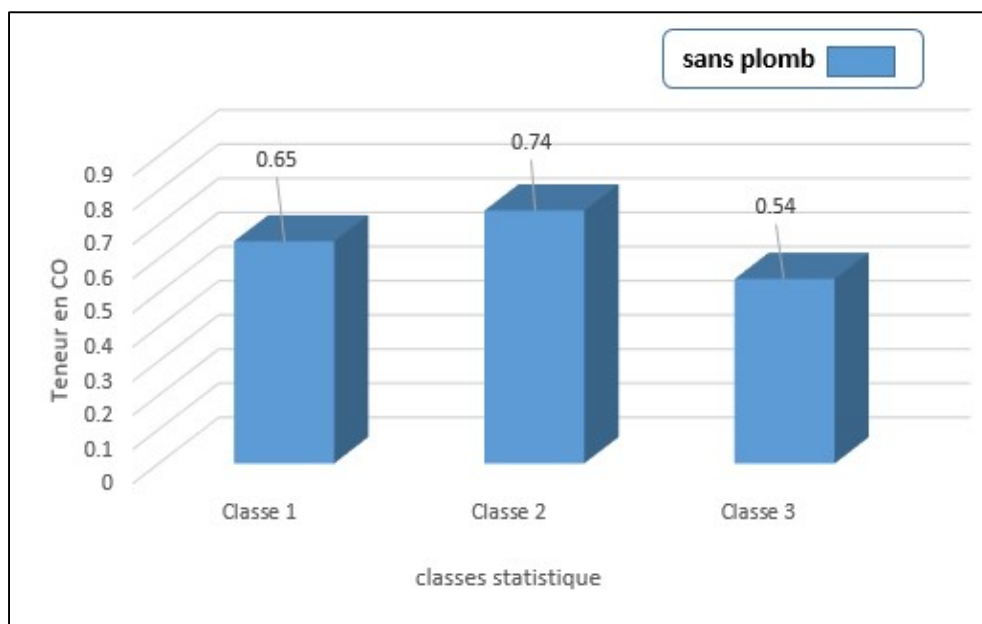


Figure IV.4. Teneur en CO dans les moteurs à essence sans plomb

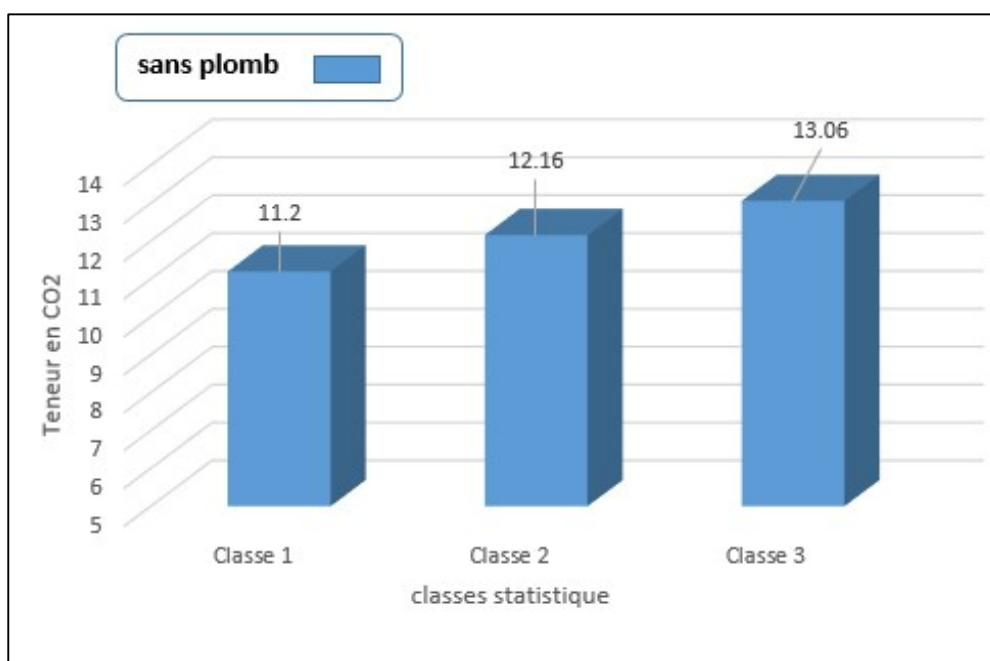
Figure IV.5. Teneur en CO₂ dans les moteurs à essence sans plomb



Figure IV.6. Teneur en CO dans les moteurs à essence GPL

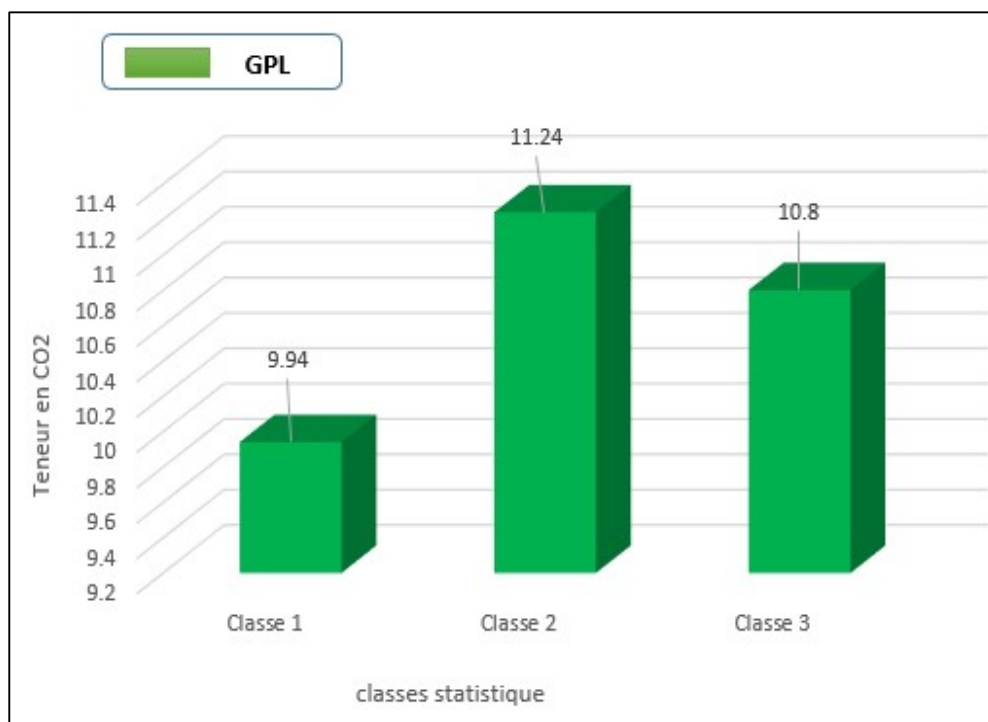


Figure IV.7. Teneur en CO₂ dans les moteurs à essence GPL

IV.5. Discussion des résultats**IV.5.1. Moteurs à essence sans plomb**

Les moteurs à essence sans plomb ont montré une variation significative des concentrations de CO et CO₂ selon l'année de mise en marche. On observe que la classe 1 (2007-2011) présente la plus faible concentration moyenne de CO₂ (11,2 % Vol), mais aussi la plus forte concentration moyenne de CO (0,65 % Vol). Ceci peut s'expliquer par le fait que ces moteurs sont plus anciens et moins performants, et qu'ils utilisent un mélange air-carburant plus riche, ce qui entraîne une combustion incomplète et une production accrue de CO. Le CO est un gaz toxique qui contribue à la pollution atmosphérique et au réchauffement climatique.

La classe 2 (2012-2015) présente une concentration moyenne de CO₂ légèrement supérieure à celle de la classe 1 (12,16 % Vol), mais une concentration moyenne de CO inférieure (0,74 % Vol). Ceci peut s'expliquer par le fait que ces moteurs sont plus récents et plus efficaces, et qu'ils utilisent un mélange air-carburant plus pauvre, ce qui entraîne une combustion plus complète et une production réduite de CO. Le CO₂ est un gaz à effet de serre qui contribue également à la pollution atmosphérique et au réchauffement climatique, mais dans une moindre mesure que le CO.

La classe 3 (2016-2018) présente la plus forte concentration moyenne de CO₂ (13,06 % Vol), mais aussi la plus faible concentration moyenne de CO (0,54 % Vol). Ceci peut s'expliquer par le fait que ces moteurs sont les plus récents et les plus performants, et qu'ils utilisent un mélange air-carburant optimal, ce qui entraîne une combustion quasi-totale et une production minimale de CO. Toutefois, ces moteurs consomment davantage de carburant, ce qui augmente la production de CO₂.

On peut donc conclure que les moteurs à essence sans plomb ont tendance à produire moins de CO mais plus de CO₂ au fil du temps, ce qui traduit une amélioration de la performance et de l'impact environnemental des moteurs, mais aussi une augmentation de la consommation de carburant.

IV.5.2. Moteurs à essence GPL

Les moteurs à essence GPL ont montré une variation moins importante des concentrations de CO et CO₂ selon l'année de mise en marche. On observe que la classe 1 (2007-2011) présente la plus forte concentration moyenne de CO (0,47 % Vol), mais aussi la plus faible concentration moyenne de CO₂ (9,94 % Vol). Ceci peut s'expliquer par le fait que ces moteurs

sont plus anciens et moins performants, mais qu'ils utilisent un carburant moins polluant que l'essence sans plomb, ce qui entraîne une production moindre de CO₂.

La classe 2 (2012-2015) présente une concentration moyenne de CO₂ légèrement supérieure à celle de la classe 1 (11,24 % Vol), mais une concentration moyenne de CO similaire (0,52 % Vol). Ceci peut s'expliquer par le fait que ces moteurs sont plus récents et plus efficaces, mais qu'ils utilisent toujours le même carburant GPL, ce qui entraîne une production stable de CO.

La classe 3 (2016-2018) présente la plus faible concentration moyenne de CO (0,26 % Vol), mais aussi la plus faible concentration moyenne de CO₂ (10,8 % Vol). Ceci peut s'expliquer par le fait que ces moteurs sont les plus récents et les plus performants, et qu'ils utilisent un carburant encore moins polluant que le GPL, ce qui entraîne une production minimale de CO et CO₂.

On peut donc conclure que les moteurs à essence GPL ont tendance à produire moins de CO et CO₂ que les moteurs à essence sans plomb, ce qui traduit une meilleure performance et un meilleur impact environnemental des moteurs, mais aussi une consommation de carburant plus faible.

IV.6. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les résultats de l'analyse des gaz d'échappement des moteurs à essence sans plomb et GPL, selon trois classes statistiques basées sur l'année de mise en marche des moteurs. Nous avons comparé les concentrations de CO et CO₂ pour chaque classe et chaque type de carburant, et nous avons illustré ces résultats par des graphiques. Nous avons constaté que les moteurs à essence sans plomb ont tendance à produire moins de CO mais plus de CO₂ au fil du temps, ce qui traduit une amélioration de la performance et de l'impact environnemental des moteurs, mais aussi une augmentation de la consommation de carburant. Nous avons également constaté que les moteurs à essence GPL ont tendance à produire moins de CO et CO₂ que les moteurs à essence sans plomb, ce qui traduit une meilleure performance et un meilleur impact environnemental des moteurs, mais aussi une consommation de carburant plus faible.

Ces résultats sont intéressants pour évaluer la qualité de l'air et le potentiel de réduction des émissions de gaz à effet de serre des moteurs à essence. Ils montrent que le choix du carburant et l'année de mise en marche des moteurs sont des facteurs importants à prendre en compte. Ils suggèrent également que le développement de technologies plus avancées et plus propres pour les moteurs à essence est nécessaire pour réduire davantage la production de CO et CO₂.

Conclusion Générale

Conclusion Générale :

Les taux d'émission de gaz à effet de serre varient en fonction des facteurs d'influence, du type de source d'énergie et du type de combustible en raison de leur composition différente. La combustion dans les moteurs entraîne le dégagement de gaz polluants tels que le dioxyde de carbone (CO₂), le monoxyde de carbone (CO) et autres. Les émissions de gaz d'échappement sont classées parmi les principales sources de pollution urbaine, car les émissions de gaz polluants des moteurs jouent un rôle dans la pollution atmosphérique de nombreuses grandes villes, et ces gaz sont principalement constitués de monoxyde de carbone (CO) et de dioxyde de carbone (CO₂). Les émissions de dioxyde de carbone des automobiles devraient dépasser celles des industries dans les années à venir, faisant des moteurs automobiles l'un des principaux contributeurs à l'accumulation de gaz à effet de serre.

Sur la base des résultats de l'étude, il a été constaté que certains moteurs à essence émettent plus de monoxyde de carbone que la limite autorisée ne le permet. Pour éviter cela, il est recommandé d'effectuer un entretien régulier du moteur, y compris le changement des bougies d'allumage, et de ne pas utiliser de carburant de mauvaise qualité. Le fonctionnement inutilement prolongé du moteur doit également être évité car des dépôts s'accumulent autour des bougies d'allumage et affectent les performances et les émissions d'échappement. De plus, il est recommandé de réduire la vitesse, d'éviter les régimes excessifs et le ralenti, de couper le moteur à l'arrêt pendant plusieurs minutes et de réduire l'utilisation de la climatisation lorsqu'elle n'est pas nécessaire. Ce comportement responsable permet de réduire la consommation de carburant et donc de réduire les émissions polluantes des véhicules. Parmi les autres recommandations pour adopter un comportement responsable, citons la réduction de l'excès de poids dans la voiture, l'utilisation des transports en commun lorsque cela est possible et la préférence pour les voitures électriques ou hybrides à faibles émissions. En adoptant ces actions, nous pouvons contribuer à réduire les effets du changement climatique et à améliorer la qualité de l'air et la santé environnementale globale.

Bibliographies

- [1] V. COMPOS, S. ARNOULD LAURENT, A. DAVID, énergie et environnement moteur à combustion Moteur Diesel Moteur à Essence Moteur Stirling.
- [2] R. Maamri, modélisation et expérimentation des moteurs à combustion fonctionnant avec différents carburants de substitution et mélanges, université du Québec, Octobre 2014.
- [3] Bureau, G. (plus de 6 ans). Démarrez vos moteurs !!! Fonctionnement Historique Pièces et composantes Entretien et réparations Quiz éclair Sortie références [Présentation PowerPoint]. Récupéré de (lien d'accès au fichier).
- [4] P. Michel, La préparation des moteurs, E-T-A-I (Auto service).
- [5] Denton, T. (s.d.). Automobile Mechanical and Electrical Systems: Automotive Technology - Vehicle Maintenance and Repair. AMSTERDAM : Butterworth-Heinemann.
- [6] **Ch. Clos**, Technologie des moteurs à combustion interne, édition E.T.A.I, Paris, 1993, 166p.
- [7] Hoynant, C. (21 janvier 2022). Titre de l'article [Image]. Voile et Moteur. Récupéré le 1er janvier 2023, de https://www.voileetmoteur.com/bateaux-a-moteur/pratique-univers_moteur/mecanique/le-coin-du-mecano-le-cycle-du-moteur-a-bateau-quatre-temps/102284.
- [8] Gilles, T. (2019). AUTOMOTIVE ENGINES: Diagnosis, Repair, and Rebuilding (8 e édition). Santa Barbara, CA : Santa Barbara City College. Cengage Learning.
- [9] [Lovers Renault symbol]. "Système de graissage automobile - PDF." Facebook, 27 février 2017. Disponible sur : <http://goo.gl/Du4cbX>.
- [9] A. Bhave, M. Kraft, F. Mauss, A. Oakley, H. Zhao, Evaluating the EGR-AFR Operating Range of a HCCI Engine SAE paper no 2005-01-0161
- [10] Jean-Claude Guibet, Carburants et moteurs, Technip, Paris, 1997
- [11] Flash Cooling. "Cycle du système de refroidissement." <https://flash-cooling.com/liquide-de-refroidissement/>. (s.d).
- [12] Maheer Rabah. (2019, 6 mai). Découvrez les systèmes d'allumage électronique dans votre voiture [Vidéo]. Chaîne YouTube de Maheer Rabah. <https://www.youtube.com/watch?v=od19H0SInik>
- [13] The Engineers Post. "FUEL INJECTION SYSTEM: DIAGRAM, PARTS, WORKING, TYPES." Accessed 2023. Available at: [\[https://www.theengineerspost.com/fuel-injection-system-diagram-parts-working-types/\]](https://www.theengineerspost.com/fuel-injection-system-diagram-parts-working-types/).
- [14] Europa-Lehrmittel. (2015). Système d'injection essence. Educauto. <http://www.educauto.org/ressources-mediatheque/systeme-dinjection> (s.d).

- [15] AC Spółka Akcyjna, Instructions de montage des kits d'injection GPL AC SA, Pologne.
- [16] L. M. Said, contribution à la réduction de la pollution urbaine en Algérie par recours à l'utilisation de carburants alternatifs, thèse de doctorat, université de BOUMERDES-Alger, 2011.
- [17] U.S. department of health and human services, Toxicological profile for gasoline, June 1995.
- [18] Benyamina, N. (2011). Étude et modélisation des effets thermiques de BLEVE sur la sphère de stockage de GPL au niveau de GP2/Z [Master's thesis, Université d'Oran]. Mémoire Online. (s.d)
- [19] G. CHERRADOU, N. DJABOUR, Analyse par CPG/SM des Essences Automobiles et de Condensat Issus du Pétrole Brut Algérien, Université Abderrahmane Mira - Bejaia, Juin 2013.
- [20] SAJJAD KHUDHUR ABBAS, Wael Khalil Ibrahim, Zahra Ali Hameed, Improvement of gasoline production, Université Malaysia Pahang, 2016.
- [21] N. HOCINI, étude d'un système de vaporisation du GPL au niveau de l'unité gpl-2/cishmd, université Badji Mokhtar-Annaba, juin-2018.
- [22] H. B. BRAHIM, Environnement et développement durable.
- [23] https://environnement.public.lu/fr/loft/air/Polluants_atmospheriques.html
- [24] Technologie 4000. "La dépollution des moteurs." Accessed June 17, 2015. Available at: <http://technologie4000.blogspot.com/2015/06/la-depollution-des-moteurs.html>
- [25] Altus. (S.D). Altus AP1534 Gas Analyser Smoke Meter. Récupéré sur <https://cvbip.com/v2/product/altus-ap1534-gas-analyser-smoke-meter/>
- [26] Agence de protection de l'environnement (EPA). (2021). Pollution au monoxyde de carbone. <https://www.epa.gov/co-pollution>

Résumé

Cette recherche scientifique vise à étudier et comparer deux types de carburants, à savoir l'essence et le gaz de pétrole liquéfié, et leur impact sur le taux d'émission de gaz. La recherche est divisée en deux parties : une étude bibliographique et une étude expérimentale. La recherche vise à comprendre l'effet de l'utilisation de ces deux types de carburant sur l'émission de gaz nocifs dans le processus de combustion des moteurs à combustion interne. Une attention particulière est accordée à l'examen des différences d'émissions de gaz entre l'essence et le GPL. La recherche vise à identifier les différences et les similitudes entre les deux carburants et leur impact sur l'environnement, dans le but d'améliorer l'utilisation du carburant le plus respectueux de l'environnement et de réduire l'impact des émissions nocives sur l'environnement.

Mots clés : Émissions automobiles, alimentation en carburant, Moteurs à combustion interne, essence, Gaz de pétrole liquéfié (GPL), impact environnemental

Summary:

This scientific research aims to study and compare two types of fuel, namely gasoline and liquefied petroleum gas (LPG), and their impact on gas emissions. The research is divided into two sections: a bibliographic study and an experimental study. The objective is to understand the effects of using these fuel types on harmful gas emissions in the combustion process of internal combustion engines. Special focus is given to examining the differences in gas emissions between gasoline and LPG. The research aims to identify the differences and similarities between the fuels and their impact on the environment, with the goal of improving the use of more environmentally friendly fuels and reducing the impact of harmful emissions on the environment.

Keywords: Automotive Emissions, Fuel Supply, Internal Combustion Engines, Gasoline, Liquefied Petroleum Gas (LPG), Environmental Impact

ملخص

يهدف هذا البحث العلمي إلى دراسة ومقارنة بين نوعين من الوقود، وهما البنزين وغاز البترول المسال، وتأثيرهما على معدل انبعاث الغازات. ينقسم البحث إلى قسمين: دراسة بيليوغرافية ودراسة تجريبية. يهدف البحث إلى فهم تأثير استخدام هذين النوعين من الوقود على انبعاث الغازات الضارة في عملية الاحتراق في محركات الاحتراق الداخلي. يتم التركيز بشكل خاص على فحص الفروق في انبعاث الغازات بين البنزين وغاز البترول المسال. يهدف البحث إلى تحديد الاختلافات والتشابهات بين الوقودين وتأثيرهما على البيئة، بهدف تحسين استخدام الوقود الأكثر صديقاً للبيئة وتقليل تأثير الانبعاثات الضارة على البيئة.

الكلمات المفتاحية: انبعاثات السيارات، إمداد الوقود، محركات الاحتراق الداخلي، البنزين، غاز البترول المسال (LPG)، التأثير البيئي.