

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

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Génie mécanique

Spécialité : Energétique

Thème

**Etude d'installation et maintenance du
système GPL dans les moteurs à essences**

Devant le jury composé de :

- ❖ Dr. BOUKHARI Ali :
- ❖ M^{me} BERKANE Houda :
- ❖ BOULIFA Mohammed Iliasse :

Président
Examineur
Encadreur

Présenté par :

- ❖ ALLAL Fares
- ❖ KHECHANA Soufiane
- ❖ Berrhouma Youcef
- ❖ SEBA Belgacem

2022/2023

Remerciements

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui nous ont aidés à réaliser ce mémoire en apportant des renseignements ou en acceptant de répondre à nos questions.

En premier lieu nous tenons à remercier chaleureusement Dr. BOULIFA Mohammed Iliasse qui n'a épargné aucun effort pour nous aider durant la réalisation de ce modeste travail. Nous lui sommes très reconnaissants pour sa patience, ses suggestions et ses conseils qui nous ont bien orientés et nous ont beaucoup aidés à réaliser ce projet.

Nous remercions les membres du comité d'évaluation de mémoire pour leurs précieux commentaires et suggestions

Enfin, nous remercions toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Nous dédions ce modeste travail :

*A nos parents en témoignage de leurs sacrifices et leurs
encouragements.*

A nos sœurs et frères pour leurs soutiens.

*A nos amis en souvenirs des bons moments passés
ensemble.*

SOMMAIRE

Introduction Général

Chapitre I : Généralité sur les moteurs à Combunstion interne	3
I .1. Introduction.....	3
I .2. Historique du moteur thermique à combustion interne.....	3
I .3. Moteur à combustion interne	4
I .3.1. Principaux éléments de moteur à combustion interne	4
I .3.2. Le cycle du moteur 4 temps.....	4
I .3.3. principeaux cycles du moteur a combustion interne	5
I .3.3.1. Moteurs thermiques a explosion ou a allumage commandé (moteur a essence).....	5
I .3.3.2. Moteurs thermiques à allumage par compression (moteur diesel).	6
I .4. Moteurs Homogeneous Charge Compression Ignition (Hcci)	8
Chapitre II : Carburants dans les moteurs à combustion interne	10
II.1. Introduction.....	10
II.2. Comburant	10
II.2.1. Formule chimique de l'air pur (gaz rares assimilés au diazote).....	10
II.3. Les carburants	11
II.3.1. Le gazole	11
II.3.1.1. Formule chimique du gazole.....	12
II.3.2. Les essences	12
II.3.2.1. Formule chimique de l'essence	13
II.3.3. Le GPL (Gaz propane liquéfié)	13
II.3.3.1. Formule chimique du GPL	13
II.3.4. Le Méthane CH ₄	13
II.3.4.1. Formule chimique de méthane	14
II.4. Les équations de combustion	14
II.4.1. La combustion du gazole.....	14
II.4.2. Combustion de l'essence.....	14

II.4.3. Combustion du GPL	15
II.4.4. La combustion de méthane	15
II.5. La comparaison entre les carburants	15
Conclusion	16
Chapitre III : Système GPL	17
III .Introduction.....	17
III.1. Définition.....	18
III.1.2. Le GPL carburant	18
III.1.3. Liquéfaction	18
III.1.4. Point d'éclair	19
III.1.5. Point d'inflammation :.....	19
III.1.6. Dilatation	19
III.2.1. Analyse de gaz	20
III.2.2. Emissions	20
III.3. Pourquoi utiliser les GPL	21
III.4. Etude du système GPL	23
III.4.1. Schémas de principe d'un système évolué	24
III.4.2 . Principe de fonctionnement.....	24
III.5. Etude des composants du système	25
III.5.1. Le réservoir	25
III.5.2. Polyvanne	26
III.5.3. Le vapo-détendeur	30
III.5.4. Le Doseur – Distributeur	32
III.5.5. Electrovanne de fermeture de gaz	33
III.5.6. Les injecteurs	34
III.5.7. Calculateur	35
III.6. Précautions à l'intervention	35
Conclusion.....	36
Chapitre IV :Travail expérimental.....	37
IV .Introduction.....	37
IV.1. Étapes d'installation du système GPL	37
IV.1.1. Installation le vapo-détendeur	37
IV.1.2. Installation d'électrovanne	38

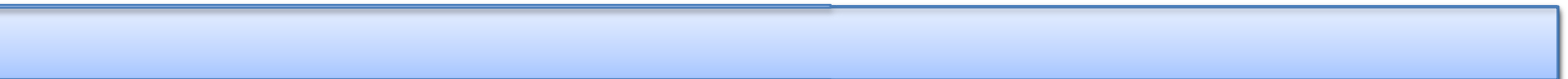
IV.1.3. Installation le ray d'injecteur	38
IV .1.4. Installation du filtre GPL	39
IV .1.5. Installation du capteur de manomètre	40
IV.1.6. Installation Centrale de control	41
IV.1.7. Installation du câblage électrique	41
IV.1.8. Installation de Poly vanne	42
IV.1.9. Installation du réservoir GPL	42
IV.1.10. Conduites de gaz du réservoir	43
IV.2.11. Installation d'embout de remplissage	44
IV.1.12. Installation de commutateur	45
IV.1.13. Programmation	46
IV.2. Maintenance	49
IV.2.1. Méthodes utilisées pour l'entretien	49
IV.2.1.1. Maintenance oculaire (résumé)	49
IV.2.1.1.1 Panne au niveau filter	50
IV.2.1.1.2. Panne au niveau le détendeur	51
IV.2.2. Surveillance des pannes de programmation	52
IV.2.2.1. Panne du niveau des fils électriques	52
Conclusion.....	54
Conclusion générale	55
Bibliographie	
Résumé	

Liste des figures

Fig. I .1. Description du moteur à 4 temps.....	4
Fig. I .2 : Fonctionnement d'un moteur 4 temps.....	5
Fig. I .3: Cycle de BEAU DE ROCHAS (cycle à apport de chaleur à volume constant)...	6
Fig. I .4 : Cycle diesel pur (combustion à pression constante).....	7
Fig. I .5 : Moteur HCCI.....	8
Fig.II.2. Composition détaillée de l'atmosphère.....	10
Figure III.1.3. GPL liquéfié.....	19
Figure III.2.2. Mesures comparatives d'émissions de gaz.....	21
Figure III.4. Installation GPL.....	23
Figure III.4.1. Schémas de principe GPL.....	24
Figure III.4.1. Calculateur GPL.....	25
Figure III.5.1. Position le réservoir GPL.....	26
Figure III.5.2. Le schéma Polyvanne.....	27
Figure III.5.2.2.la poly vanne.....	28
Figure III.5.2.3. La poly vanne phase 1.....	28
Figure III.5.2.4 la poly vanne phase 2.....	28
Figure III.5.2.5 la poly vanne phase3.....	29
Figure III.5.2.6. La poly vanne limiteur de débit.....	29

Figure III.5.2.7 la poly vanne Limiteur	30
Figure III.5.2.8. La Polyvanne.....	30
Figure III.5.3. le Vapo-détendeur.....	31
Figure III.5.3.1. Le schéma de la vapo-détendeur.....	31
Figure III.5.3.2. Le schéma de la Vapo-détendeur.....	32
Figure III.5.4. LE DOSEUR – DISTRIBUTEUR.....	33
Figure III.5.5. Electrovanne.....	33
Figure III.5.6. Schéma l'injecteur.....	34
Figure III.5.6.1 l'injecteur.....	34
Figure III.5.6.2. La ray d'injecteur.....	34
Figure III.5.6.3. Moteur et l'injecteur.....	35
Figure III.5.7. Calculateur GPL.....	35
Fig.IV.1.1. Vapo-détendeur.....	38
Fig.IV.1.2. Electrovanne.....	38
Fig.IV.1.3.1. Pisa d'admission.....	39
Fig.IV.1.3.2. Ray d'injecteur.....	39
Fig.IV .1.4. Filtre GPL.....	40
Fig.IV.1.5. Capteur de manomètre.....	40
Fig.IV.1.6. Centrale de control.....	41
Fig.IV.1.7. Câblage électrique.....	42
Fig.IV.1.8. Poly Vannes.....	42
Fig.IV.1.9. Réservoir.....	43
Fig.IV.1.10. Conduites de gaz du réservoir.....	44
Fig.IV.1.11. Embout de remplissage.....	45
Fig.IV.2.12. Commutateur.....	46

Fig.IV.1.13.1. L'interface du programme.....	47
Fig.IV.1.13.2. Modification des paramètres du moteur.....	47
Fig.IV.1.13.3. Identification du type de capteur.....	48
Fig.IV.1.13.4. Start calibration.....	48
Fig.IV.1.13.5 Registration des informations.....	49
Fig.IV.2.1.1.1. Saleté du filtre.....	50
Fig.IV.2.1.1.1. Différence entre le filtre neuf et l'ancien.....	51
Fig.IV.2.1.1.2. Fuite le détendeur.....	51
Fig.IV.2.2.1. Interface du logiciel.....	52
Fig.IV.2.2.1. Apparition du problème.....	53



Liste des tableaux

Tableau. I.1 : comparatif entre le moteur essence et diesel	7
Tableau .II.2 : comparaison entre les carburants.....	16
Tableau. III.1.6. représentant les équations de combustion de GPL.....	20
Tableau. III .2 : Analyse de gaz	20

Introduction Générale

Introduction Générale

Les émissions de gaz à effet de serre des voitures ont des conséquences dommageables sur notre planète et accentuent le changement climatique. Nous devons donc trouver des solutions pour limiter l'impact écologique des véhicules, en utilisant des carburants alternatifs et des technologies plus respectueuses de l'environnement. Les voitures à essence produisent des émissions de carbone et d'autres polluants, tout comme les voitures diesel qui sont plus nocives pour la santé humaine. Les voitures électriques sont une alternative mais peuvent également contribuer à la pollution atmosphérique si elles sont alimentées par des sources d'énergie polluantes. Les voitures hybrides et à hydrogène sont les options les plus durables, mais leur utilisation est encore limitée. L'utilisation de systèmes de GPL peut également être une solution écologique pour maintenir la qualité de l'air et de l'environnement.

Le système GPL est un système qui permet de convertir le moteur à combustion interne en un système qui utilise le GNL comme combustible au lieu de combustibles fossiles contenant des substances toxiques. Le système GPL présente un ratio de consommation élevé, ce qui réduit la consommation de carburant et les coûts de maintenance à long terme. Le système contribue également à réduire les émissions de carbone de 30 à 40 %, réduisant ainsi les changements climatiques et améliorant la qualité de l'air.

En général, on peut soutenir que le système GPL est une solution environnementale efficace qui contribue à réduire le phénomène de pollution et à améliorer la qualité de l'air, et peut être utilisé comme une alternative écologique aux combustibles fossiles qui contiennent des substances toxiques et causent la formation de smog et la pollution de l'air et de l'eau.

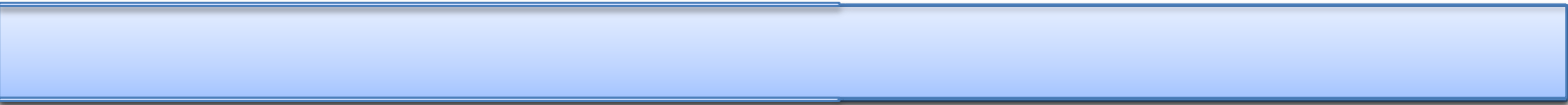
Dans ce travail, nous avons étudié l'entretien et l'installation du système de gaz dans un moteur à essence. L'objectif principal est d'installer et de maintenir pour ce faire

Dans la premier Chapitre parle du moteur en général et nous l'avons défini et sa date et mentionné 4 ses runs

Dans la deuxième Chapitre Nous avons parlé de la combustion dans l'essence, le diesel, le gaz et le méthane et nous avons mentionné des équations et des formules chimiques pour chacun à la fois.

Dans la troisième Chapitre Nous avons abordé le système de gaz et nous l'avons défini dans le premier et puis dans le dernier nous avons abordé les dispositifs qui composent le système de gaz dans la voiture et l'a expliqué.

Dans la quatrième Chapitre Ce chapitre explique le processus d'installation du système de carburant GPL dans les moteurs à essence ainsi que les principales considérations pour garantir une mise en œuvre sûre et efficace. Il traite également des principes fondamentaux de la maintenance du système de carburant GPL et des précautions à prendre pour assurer le bon fonctionnement du système tout au long de sa durée de vie.



Chapitre I

Généralité sur les moteurs à Combustion interne

I.1. Introduction

Les moteurs à combustion interne sont des dispositifs mécaniques qui transforment l'énergie chimique contenue dans les carburants en énergie mécanique utilisable pour produire du mouvement. Ils sont largement utilisés dans une variété d'applications, allant des voitures et des camions aux avions et aux bateaux, en passant par les équipements de construction et les générateurs électriques. Il existe deux types de moteurs à combustion interne dans lesquels le système est renouvelé à chaque cycle. C'est le cas des moteurs essence et diesel. Le type de système (air) n'est pas renouvelé chaque cycle nécessite deux sources de chaleur comme le moteur Sterling.

I.2. Historique du moteur thermique à combustion interne

Le moteur thermique de combustion interne à pistons est très ancien, au moins dans ses principes, c'est une exception faite de la machine à vapeur, il est difficile de trouver actuellement des réalisations techniques aussi près des idées générales conçues il y a un siècle. C'est en janvier 1862 que le français Alphonse Beau de Rochas, ingénieur de chemin de fer de Provence, obtient un brevet pour le cycle à quatre temps avec compression préalable, universellement appliqué de nos jours. Quelques années plus tard en 1876, l'Allemand N.A. Otto (Nikolaus Otto) réalise le premier moteur thermique fonctionnant selon le cycle de Beau de Rochas, avec les Français Hugon et Lenoir apparaît en 1860 le moteur à deux temps à un seul cylindre fait naître, mais la première application de la compression préalable au cycle deux temps sera due, en 1879, à « Dugald Clerk », les moteurs à combustion interne qui sont alors fabriqués fonctionnent aux gaz des hauts fourneaux ou à l'essence de pétrole avec allumage par étincelle. Un autre type de moteur va naître des travaux R. Adolphe Diesel qui essaie tout d'abord, d'appliquer le cycle de Carnot à la réalisation d'un moteur alimenté en poussière de charbon. Celui-ci est injecté dans une atmosphère portée à une température élevée par compression, et il doit s'enflammer spontanément au fur à mesure de son introduction. Les travaux entrepris par l'inventeur, avec la collaboration des ingénieurs de la « société Krupp », aboutiront en 1897 au moteur diesel tel qu'on le connaît aujourd'hui, ainsi apparaissent les moteurs à combustion interne à deux temps et à quatre temps, à allumage commandé et à allumage par compression, dont les réalisations successives depuis un siècle, aboutiront aux machines perfectionnées que nous connaissons aujourd'hui [1].

I.3. Moteur à combustion interne

Un moteur thermique à combustion interne est un organe transformateur d'énergie. Il permet de convertir l'énergie thermique en énergie mécanique motrice. [2].

La production de l'énergie thermique commence par l'injection du carburant pulvérisé très finement qui sera mélangé à l'air pour composer le mélange combustible dans le cylindre. A ce stade de l'introduction dans le cylindre, le mélange gazeux est à faible pression [3].

I.3.1. Principaux éléments de moteur à combustion interne

Pour comprendre le fonctionnement d'un moteur "4 temps" il faut connaître les pièces qui le composent (figure 1).

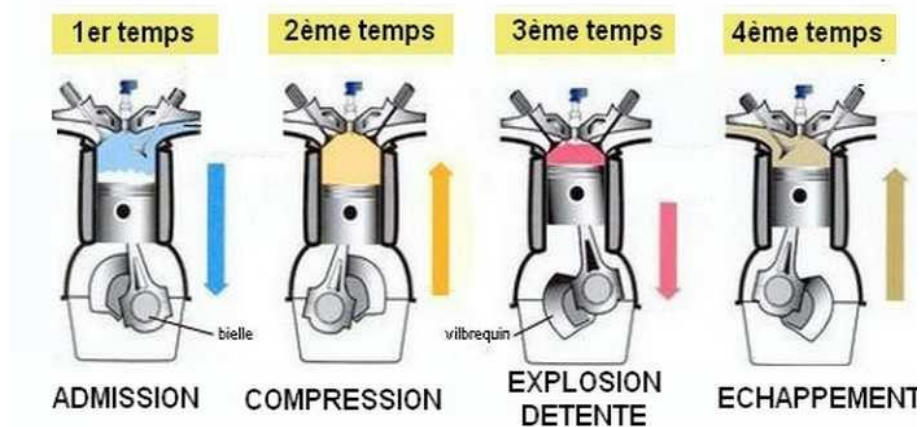


Fig.I.1.Description du produit moteur 4 temps [4]

- | | | |
|-----------------|--------------------------|------------------|
| 1. Came | 2. Soupape | |
| 3. Bougie | 4. Piston | |
| 5. Bielle | 6. Vilebrequin | |
| 7. Distribution | 8. Chambre de combustion | 9. Lubrification |

I.3.2. Le cycle du moteur 4 temps

On appelle cycle l'ensemble des phases qui se succèdent dans le moteur, dans notre cas le cycle comprend quatre phases ou temps comme le montre la figure I.2. :

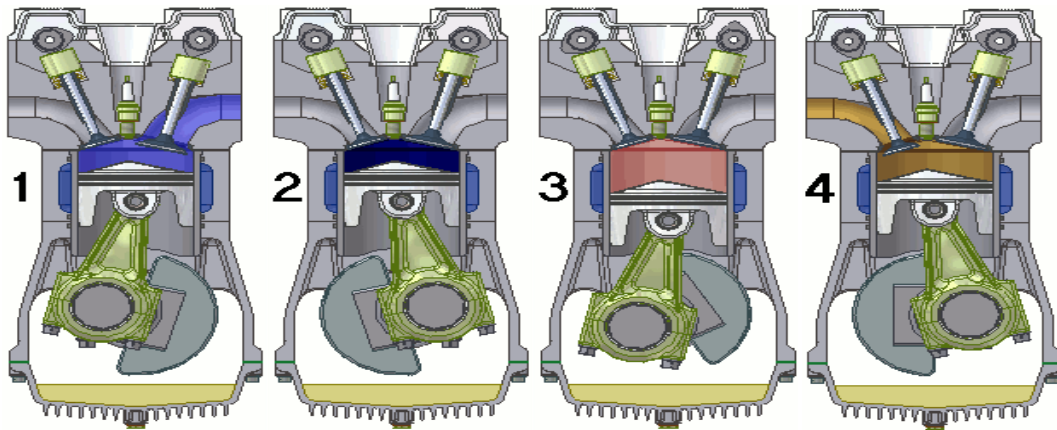


Fig.I.2 : Fonctionnement d'un moteur 4 temps [4]

Etape 1 : L'admission Durant l'admission, la soupape d'échappement est fermée et la soupape d'admission est ouverte. Le piston descend donc il crée une dépression permettant d'aspirer l'air ou du mélange air et carburant.

Etape 2 : La compression : l'air ou du mélange.

Etape 3 : La détente (ou explosion) : inflammation rapide du mélange provoquant une brusque montée en pression des gaz puis leur détente.

Etape 4 : L'échappement : La soupape d'échappement s'ouvre et le piston en remontant va pousser devant lui les gaz brûlés qui s'échappent par cet seul orifice.

I.3.3. Principaux cycles du moteur à combustion interne

Les deux principaux cycles du moteur à combustion interne peuvent être résumés de la manière suivante :

- Cycle de BEAU DE ROCHAS (cycle à apport de chaleur à volume constant) utilisé dans les moteurs à allumage commandés (Moteurs à essence). [5].
- Cycle diesel pur (cycle à apport de chaleur à pression constante) concerne les moteurs à allumage par compression. [5].

I.3.3.1. Moteurs thermiques à explosion ou à allumage commandé(Moteurs à essence)

Un moteur à allumage commandé, plus communément appelé moteur à essence en raison du type de carburant le plus fréquemment utilisé, est une famille de moteur à combustion interne,

pouvant être à mouvement alternatif ou plus rarement à mouvement rotatif [6]. L'ingénieur belge Étienne Lenoir fabrique en 1860 le premier moteur à allumage commandé [7].

Contrairement au moteur Diesel, le mélange combustible d'un moteur à allumage commandé n'est pas censé s'enflammer spontanément lors du fonctionnement, mais sous l'action d'une étincelle provoquée par la bougie d'allumage [8].

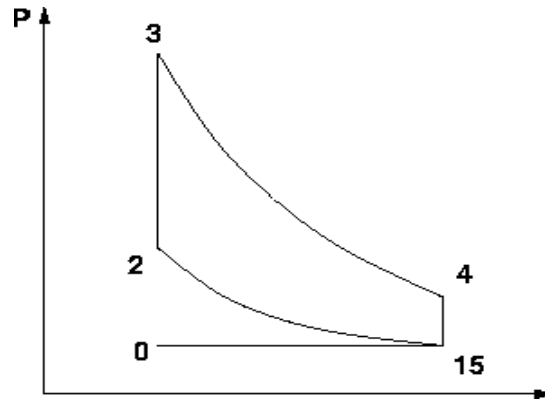


Fig. I.3: Cycle de BEAU DE ROCHAS (cycle à apport de chaleur à volume constant) [9]

Ce cycle est caractérisé par quatre temps :

- L'admission est modélisée par une isobare 0-1.
- La compression 1-2 est supposée adiabatique.
- La combustion se déroule à volume constant sur 2-3, la détente 3-4 est adiabatique.
- L'ouverture de la soupape est modélisée par l'isochore 4-5, et l'échappement par l'isobare 5-0.

I.3.3.2. Moteurs thermiques à allumage par compression (moteur diesel)

Le moteur diesel est similaire au moteur à essence utilisé dans la plupart des voitures. Dans un moteur diesel, le taux de compression est généralement compris entre 14,1 et 24,1. Ainsi, le moteur a encore suffisamment d'oxygène pour brûler et le moteur tentera d'augmenter le régime pour correspondre au nouveau taux d'injection de carburant. [7].

Le cycle Diesel se décompose aussi en quatre temps (figure I.4.)

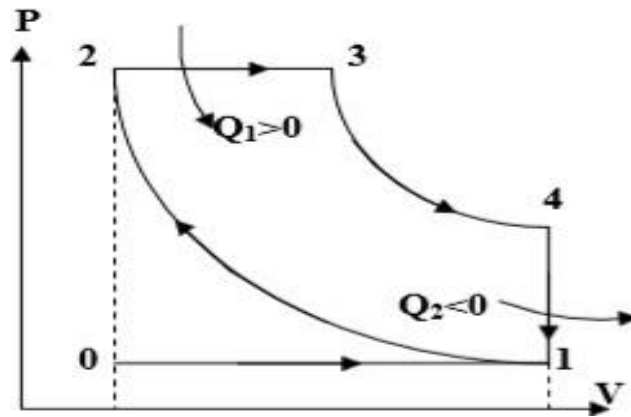


Fig.I.4 : Cycle diesel pur (combustion à pression constante) [9]

- Admission 0—1 d'air (descente du piston)
- Compression 1—2 de l'air.
- Combustion se déroule à pression constant sur 2-3, la détente 3-4 est adiabatique.
- Échappement 4—1 des gaz brûlés par l'ouverture de la soupape d'échappement [8].

I.3.3.3. Comparaison entre moteur essence et diesel

La comparaison entre les deux moteurs essence et diesel est illustrée dans le tableau I.1

Tableau. I.1 : comparatif entre le moteur essence et diesel [10]

	Diesel	Essence
Taux de compression	30 à 1	12 à 1
Admission	Uniquement de l'air	Air + Essence
Combustion/Détente	Auto inflammation	Provoquée par bougie d'allumage
Durée de la combustion	Durée de la combustion = Durée de l'injection	La combustion ne dure que le temps ou l'étincelle de la bougie enflamme le mélange et que ce mélange soit consommé
Volume de la combustion	Combustion a volume variable et à pression constante (l'injection continue pendant la poussée du piston)	Combustion à volume constant et à pression variable (qui s'estompe au fur et à mesure que le mélange brule et que le piston descend)

I.4. Moteurs Homogeneous Charge Compression Ignition (Hcci)

Engine (Homogeneous Charge Compression Ignition), ou HCCI, est un type de moteur à combustion interne dans lequel le mélange carburant-air est mélangé aussi uniformément que possible (comme dans les moteurs à essence) et suffisamment comprimé pour atteindre le point d'allumage [11].

Comme pour les autres types de combustion, la réaction exothermique libère de l'énergie qui est transférée au moteur sous forme de travail et de chaleur. Semblable aux moteurs à essence à charge égale, le carburant et le comburant sont mélangés uniformément. Les moteurs à charge stratifiée fonctionnent sur le même principe de compression, mais la différence est que la combustion commence à la frontière entre l'air et le carburant qui est injecté mais non vaporisé. La combustion dans le moteur Hcci démarre en plusieurs points en même temps, ce qui conduit entre autres à cette combustion presque simultanée de tout le mélange carburant-air. Dans ce cas, le moteur a plus de mal à contrôler la combustion. En effet, les moteurs Hcci permettent des émissions de NO_x extrêmement faibles sans traiter les gaz d'échappement. [12].

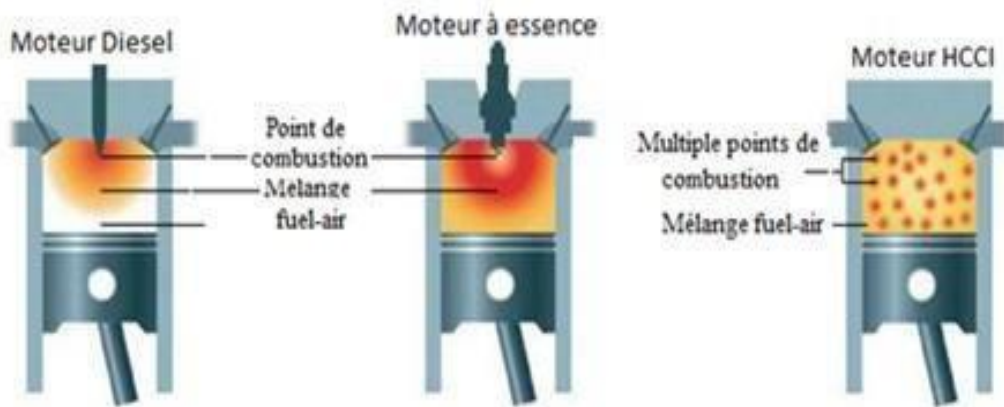


Fig. I .5 : Moteur HCCI

I.5. Conclusion

Maintenant, les moteurs à combustion interne sont des éléments clés de notre vie quotidienne, permettant de produire l'énergie nécessaire pour nos moyens de transport et équipements industriels. Ils sont des dispositifs mécaniques complexes, mais leur fonctionnement est relativement simple, basé sur l'introduction d'un mélange de carburant et d'air dans une

Chapitre 1 Généralités sur les moteurs à combustion interne

chambre de combustion qui produit de l'énergie mécanique utilisable L'un de ces moteurs est le moteur essence et diesel

Chapitre II

Carburants dans les* ***moteurs à combustion ***interne*****

II.1. Introduction

Les moteurs à combustion interne sont des dispositifs qui convertissent l'énergie thermique en énergie mécanique. Ces moteurs sont très répandus dans les transports, l'industrie et l'agriculture, car ils fournissent une source d'énergie efficace et pratique. Les moteurs à combustion interne peuvent être alimentés par différents types de carburants, tels que l'essence, le diesel, le gaz naturel, le propane et le gaz de pétrole liquéfié (GPL).

II.2. Comburant

Un comburant est une substance chimique qui a pour propriété de permettre la combustion d'un combustible. Un mélange approprié de comburant et de combustible peut entraîner une combustion, un incendie en présence d'une source d'ignition (étincelle, point chaud, flamme, etc.), le comburant étant l'un des trois éléments du triangle du feu. [13]

L'air est un mélange de gaz : ce n'est pas un corps pur, L'air est composé de 21% de dioxygène, de 78% de diazote et de 1% d'autres gaz. [14]

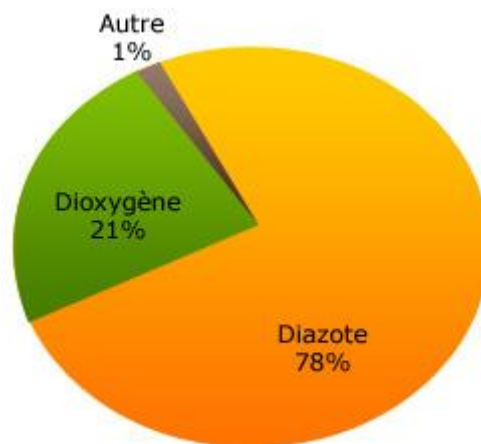


Fig.II.2. Composition détaillée de l'atmosphère [14]

II.2.1. Formule chimique de l'air pur (gaz rares assimilés au diazote) [15]

Composition massique de l'air : dioxygène (O_2) 23 % ; diazote (N_2) 77 %

- Masse molaire du dioxygène : $16 \times 2 = 32 \text{ kg}$
- Masse d'air contenant une kilomole de dioxygène : $(32 / 23) \times 100 = 139 \text{ kg}$
- Masse de diazote correspondante : $139 - 32 = 107 \text{ kg}$

- Masse molaire du diazote : $14 \times 2 = 28$ kg
- Coefficient du diazote : $107 / 28 = 3,8$

Formule chimique de l'air pur : **O₂ + 3,8 N₂**

II.3. Les carburants

Un carburant est un combustible qui alimente un moteur thermique. Celui-ci transforme l'énergie chimique du carburant en énergie mécanique [16].

Le moteur à essence et le moteur diesel sont des types de moteur à combustion interne, alors que la machine à vapeur est un moteur à décompression. Leur principal avantage est d'avoir une grande densité énergétique, c'est-à-dire qu'ils peuvent fournir beaucoup d'énergie pour une masse ou un volume donné (c'est ce qui permet à un véhicule d'avoir une grande autonomie). Comme son nom l'indique, un carburant contient du carbone. Dans le cas de l'hydrogène par exemple on parlera de combustible. Le carburant est souvent un liquide et parfois un gaz. Il est stocké dans le réservoir des véhicules. Un réservoir de voiture peut généralement contenir 50 litres. Les carburants peuvent être classés de différentes manières. On peut par exemple distinguer les carburants fossiles des biocarburants. [16]

Le carburant est une substance dont la combustion fournit l'énergie nécessaire au thermique (moteurs à allumage commandé, moteurs diesel). Un carburant est un mélange de plus d'hydrocarbures différents issus du raffinage. On peut distinguer deux grandes catégories de carburants historiques pour les moteurs de voiture : le gazole et les essences. Il faut aujourd'hui ajouter les carburants moins polluants, tel que le GPL (Gaz de Pétrole Liquéfié) et le méthane CH₄ et d'autres produits en cours d'étude ou de développement). [17]

II.3.1. Le gazole

Le gazole est destiné à être utilisé dans les moteurs diesel. La densité du gazole est supérieure à celle des essences : 0,845 contre 0,755. [18]

L'indice de cétane caractérise l'aptitude à l'allumage du gazole. On utilise le même principe d'essai que pour mesurer l'indice d'octane d'un carburant : on fait fonctionner un moteur d'essai normalisé avec le gazole étudié, puis avec un mélange de deux carburants de référence.

Chapitre 2 Carburants dans les moteurs à combustion interne

Le gazole contient des paraffines qui se transforment en cristaux lorsque la température s'abaisse. Le gazole se trouble vers $- 5\text{ }^{\circ}\text{C}$: c'est le point de trouble. Par la suite, si la température s'abaisse encore, les cristaux de paraffine bloquent le filtre empêchant le gazole d'arriver à la pompe d'injection. La température à laquelle se produit ce phénomène est la température limite de filtrabilité (TLF), fixée en hiver à $- 15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Puis on atteint la température à laquelle le gazole se fige : c'est le point d'écoulement ($- 18\text{ }^{\circ}\text{C}$). [18]

II.3.1.1. Formule chimique du gazole

Composition massique du gazole : carbone (C) 87 % ; hydrogène (H) 13 % Indice du carbone : $87 / 12 = 7,25$; indice del'hydrogène : $13 / 1 = 13$

Formule chimique : $\text{C}_{7,25}\text{H}_{13}$ [19].

II.3.2. Les essences

Les essences sont destinées aux moteurs à allumage commandé, moteurs dans lesquels l'explosion du mélange air / essence dans le cylindre est déclenchée par l'étincelle de la bougie. Autrefois, on pouvait distinguer les essences ordinaires et les supercarburants qui comportaient du plomb comme additif. Aujourd'hui, seuls les supercarburants sans plomb sont distribués sur le marché : sans Plomb 98 (SP 98) et sans Plomb 95 (SP 95). Cette absence de plomb est indispensable à la durée de vie des pots catalytiques utilisés pour diminuer la pollution des véhicules. [20]

Le taux de compression détermine le rendement du moteur : c'est le rapport entre le volume du cylindre lorsque le piston a été repoussé vers le bas par la détente des gaz, et le volume lorsque le piston est en haut du cylindre. Plus le taux de compression du moteur est élevé, plus celui-ci est performant. Toutefois, le phénomène de cliquetis ou autoallumage du carburant limite le taux de compression, et sa manifestation peut fortement endommager les différents éléments du moteur. Une solution consiste à augmenter l'indice d'octane du carburant. L'indice d'octane est déterminé par la composition du mélange d'un produit détonant résistant à la détonation (indice 100). Pour accroître l'indice d'octane d'un carburant, on peut utiliser le supercarburant plombé. Pour les supercarburants sans plomb, on utilise des additifs de composés organiques. [20]

Un supercarburant est caractérisé par l'indice d'octane recherche (RON), mesuré dans des conditions de vitesse et d'accélération faibles, et l'indice d'octane moteur (MON), déterminé dans des conditions d'essais plus sévères. [20]

Chapitre 2 Carburants dans les moteurs à combustion interne

II.3.2.1. Formule chimique de l'essence

Composition massique de l'essence : carbone (C) 84 % ; hydrogène (H) 16 % Indice du carbone : $84 / 12 = 7$; Indice de l'hydrogène : $16/1 = 16$

Formule chimique : C7 H16 [21]

II.3.3. Le GPL (Gaz propane liquéfié)

Le GPL (Gaz de Pétrole Liquéfié) carburant est un mélange de 50% de butane et 50% de propane, provenant du raffinage de pétrole ou de gisements de gaz naturel. La composition de ce mélange (GPL carburant) est régie par la norme européenne EN589 qui spécifie notamment un indice d'octane minimal de 89 MON. En fin d'année 2007, près de 150 000 véhicules en France sont équipés d'une carburation au GPL. Le GPL fait partie des carburants alternatifs soutenus par l'Europe et en particulier la France, destinés à prendre une part de plus en plus importante dans la consommation d'énergie pour l'automobile. En effet, le GPL, par ses vertus écologiques et sa disponibilité est la meilleure alternative aujourd'hui possible pour limiter les phénomènes de pollution dans nos villes. [22]

Ci-dessous sont mentionnées quelques spécificités indispensables à l'utilisation du carburant GPL. [22]

II.3.3.1. Formule chimique du GPL

Composition du GPL : butane (C4H10) 50 % ; propane (C3H8) 50 % Formule chimique approchée : C3,5 H9 [23].

II.3.4. Le Méthane CH4

Dans les conditions normales de température et de pression, le méthane est un gaz incolore et inodore. Environ deux fois plus léger que l'air, il est explosif en milieu confiné (grisou). En milieu non confiné il se dilue dans l'air et s'échappe vers la haute atmosphère, où il a moins tendance à former des nuages explosifs que les gaz plus lourds que l'air (propane, butane) ; par contre c'est un gaz à effet de serre. La solubilité du méthane dans l'eau dépend beaucoup de la température et de la pression (il diminue avec l'une et augmente avec l'autre).

Ainsi le grisou minier peut être en partie solubilisé et transporté par de l'eau (qui contient alors aussi du radon ainsi que du dioxyde de carbone et du dioxyde de soufre qui l'acidifient). Selon l'inéris, une eau à 10 °C initialement saturée en gaz de mine sous une pression de 10 bars (équivalente à 100 m de charge hydraulique), va perdre lors de sa détente environ 0,5 m³[24].

Chapitre 2 Carburants dans les moteurs à combustion interne

II.3.4.1. Formule chimique de méthane

De méthane et 12 de CO₂ par m³ d'eau.

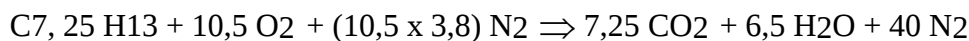
Le méthane est un combustible qui compose jusqu'à 90 % le gaz naturel. Sa température d'auto-inflammation dans l'air est de 540 °C [21].

Formule chimique : $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \Rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

II.4. Les équations de combustion

La combustion du carburant étant la source de la motricité dans le moteur. L'origine de cette cinétique étant la combustion du carburant qui se traduit par une réaction chimique. Cette réaction chimique permet d'estimer d'abord les quantités de produits toxiques émis dans l'atmosphère et aussi entre autres le calcul pouvant mener à la détermination du rendement du moteur [25].

II.4.1. La combustion du gazole



C_{7,25}H₁₃ : gazole

O₂ : dioxygène

N₂ : diazote

CO₂ : dioxyde de carbone

H₂O : eau

À partir de la masse molaire de chaque élément présent dans la réaction, on obtient les proportions suivantes :

1 kg de gazole + 3,36 kg de dioxygène + 11,2 kg de diazote $\Rightarrow$ 3,19 kg de CO₂ + 1,17 kg d'eau + 11,2 kg de diazote

À partir de la masse volumique de chaque corps intervenant dans la réaction, on obtient les proportions suivantes :

1 litre de gazole + 1 985 litres de dioxygène + 7 570 litres de diazote $\Rightarrow$ 1 375 litres de CO₂ + 1 litre d'eau + 7 570 litres de diazote [26].

II.4.2. Combustion de l'essence



C₇H₁₆ : essence O₂ : dioxygène

Chapitre 2 Carburants dans les moteurs à combustion interne

N₂ : diazote CO₂ : dioxyde de carbone.

H₂O : eau.

À partir de la masse molaire de chaque élément présent dans la réaction, on obtient les proportions suivantes :

1 kg d'essence + 3,52 kg de dioxygène + 11,76 kg de diazote $\Rightarrow$ 3,08 kg de CO₂ + 1,44 kg d'eau + 11,76 kg de diazote

À partir de la masse volumique de chaque corps intervenant dans la réaction, on obtient les proportions suivantes :

1 litre d'essence + 1 870 litres de dioxygène + 7 150 litres de diazote $\Rightarrow$ 1 195 litres de CO₂ + 1,1 litre d'eau + 7 150 litres de diazote [20].

II.4.3. Combustion du GPL

$3,5 \text{ H}_9 + 5,75 \text{ O}_2 + (5,75 \times 3,8) \text{ N}_2 \Rightarrow 3,5 \text{ CO}_2 + 4,5 \text{ H}_2\text{O} + 22 \text{ N}_2$

C_{3,5} H₉ : GPL; O₂ : dioxygène ; N₂ : diazote ; CO₂ : dioxyde de carbone H₂O : eau

À partir de la masse molaire de chaque élément présent dans la réaction, on obtient les proportions suivantes :

1 kg de GPL + 3,6 kg de dioxygène + 12 kg de diazote $\Rightarrow$ 3 kg de CO₂ + 1,6 kg d'eau + 12 kg de diazote

À partir de la masse volumique de chaque corps intervenant dans la réaction, on obtient les proportions suivantes :

1 litre de GPL + 1 390 litres de dioxygène + 5 320 litres de diazote $\Rightarrow$ 850 litres de CO₂ + 0,875 litre d'eau + 5 320 litres de diazote [27].

II.4.4. La combustion de méthane

$\text{CH}_4 + 2(\text{O}_2 + 3,76 \text{ N}_2) \Rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{ H}_2\text{O} + 7,52 \text{ N}_2$

CH₄ : méthane ; O₂ : dioxygène ; N₂ : diazote ; CO₂ : dioxyde de carbone ; H₂O : eau [19].

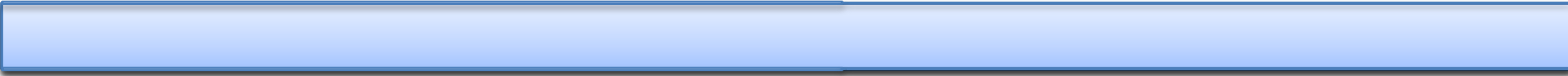
II.5. La comparaison entre les carburants

Tableau. III .2 : comparaison entre les carburants [28].

Type de Carburant	Densité énergétique spécifique (MJ/kg)	Densité énergétique volumétrique (MJ/L)
Carburant gazeux		
Méthane (CH₄)	55 – 55,7	(liquéfié) 23,0 – 23,3
Carburants fossiles (comparaison)		
Pétrole	41,868	28 – 31,4
Essence	45 – 48,3	32 – 34,8
Gazole (Diesel)	48,1	40,3

Conclusion

Les carburants utilisés dans les moteurs à combustion interne ont un impact significatif sur l'environnement, la performance et l'efficacité énergétique des véhicules et des équipements industriels. Les carburants traditionnels tels que l'essence et le diesel peuvent émettre des gaz nocifs dans l'atmosphère, tandis que des alternatives plus propres et économiques comme le GPL, le gaz naturel et l'électricité peuvent réduire l'empreinte carbone et les coûts de carburant. C'est aussi un carburant économique : Méthane est mesuré et compté en kg. En comparaison avec 1 Litre d'essence ou de diesel ou GPL, un kilogramme méthane permet de parcourir une distance plus grande. Il est donc important pour les propriétaires de véhicules et les opérateurs d'équipements industriels de comprendre les caractéristiques des différents types de carburants et de choisir le carburant le plus approprié en fonction de leurs besoins et de l'impact environnemental.



Chapitre III

Système GPL

Introduction

Les secteurs du pétrole et du gaz n'ont développé que tardivement l'industrie des GPL, les gaz butane et propane. Leur histoire débute avec celle du XXe siècle. Au tout début de la production d'essence, un des problèmes rencontrés était la rapide évaporation du produit une fois stocké. En 1911, un chimiste américain, Walter Snelling, démontra que la présence de propane et de butane dans l'essence était à l'origine de l'évaporation. Il développa rapidement une méthode pour séparer ces gaz de l'essence [29].

La première production de GPL pour leur utilisation remonte aux années 20 et il faut attendre les années 50 pour les échanges commerciaux d'envergure. L'utilisation des GPL n'a vraiment commencé que dans les années 40 [29].

Au début des années 50, des entreprises emplissaient des bouteilles de GPL à usage domestique en les commercialisant sous licence chez des revendeurs [30].

La croissance alla de pair avec les capacités de raffinage. Capacités qui furent augmentées dans les années 60 alors que de nouvelles raffineries étaient construites et que le fuel remplaçait le charbon comme combustible industriel. Les ventes de GPL en Europe passèrent de 300 000 tonnes en 1950 à 3.000.000 de tonnes en 1960 puis à 11 millions en 1970 [31].

Avant les années 70, la commercialisation des GPL était essentiellement une activité régionale, chaque secteur géographique ayant ses propres structures de prix, expéditions, acheteurs et vendeurs. La première transaction d'envergure eut lieu dans les années 1950, des États-Unis vers l'Amérique du Sud [31].

La crise pétrolière de 1973 a marqué un tournant. Après avoir réalisé que les exportations de GPL pourraient générer un important retour sur investissement, de nombreux pays pétroliers construisirent les infrastructures pour les GPL. L'expansion de la capacité de production de GPL au Moyen-Orient au cours de la décennie 1975- 1985 fut réellement impressionnante – passant d'un total de 6 millions de tonnes de capacité existante en 1975 à 17 millions en 1980 et 30 millions en 1985. Le Moyen-Orient ne fut pas la seule région d'implantation d'usines GPL [31].

III.1. Définition

Le GPL est un mélange d'hydrocarbures ayant un poids moléculaire peu élevé. Contenant principalement le propane et le butane, ayant une température de vaporisation respectivement de -42°C et 0°C à pression normale permettant de les maintenir liquides à une température ordinaire sous une pression modérée 14 et 5 KPa respectivement, contrairement au méthane et l'éthane qui ne peuvent être liquéfiés qu'à des températures très basses. C'est pourquoi le méthane et l'éthane produits en raffineries sont utilisés sur place comme combustible interne puisque leur transport est très coûteux [32].

Le stockage de GPL se fait à l'état liquide. C'est l'un des meilleurs combustibles avec le gaz naturel en ce qui concerne le contrôle de l'environnement. Les GPL sont utilisés dans les secteurs tertiaires et industriels en tant que combustibles, dans la pétrochimie en tant que charge, dans le secteur de transport en tant que carburant et pour la production d'électricité [33].

III.1.2. Le GPL carburant

Le gaz de pétrole liquéfié utilisé comme carburant (GPL) est un hydrocarbure composé de propane C_3H_8 et de butane C_4H_{10} comprimé (les gaz de pétrole liquéfiés sont issus des coupes les plus légères lors de la distillation du pétrole). Le gaz naturel véhicule GNV (méthane CH_4) provient de matières fossiles ; il est extrait de gisements souterrains. Le faible niveau d'émissions, en termes de pollution, d'un moteur thermique alimenté par un mélange AIR-GAZ est un des facteurs de développement potentiel de cette technologie. Les pertes par évaporation de carburant au niveau du réservoir sont nulles (circuit étanche). L'utilisation du GPL n'entraîne ni dilution du fluide lubrifiant, ni encrassement par dépôts de calamine (gommage de segmentation inhibé et absence de corrosion, lubrification du haut cylindre optimisée) [34].

III.1.3. Liquéfaction

Les gaz de pétrole liquéfiés utilisés comme carburant sont des hydrocarbures qui peuvent être aisément condensés en phase liquide sous une pression limitée (la liquéfaction du carburant GPL et GNV est obtenue par compression et/ou refroidissement) ; elle est nécessaire pour assurer le stockage d'une quantité suffisante de carburant GAZ (autonomie) dans le réservoir d'un véhicule automobile. [32], La figure III.1.3 montre la liquéfaction du GPL.

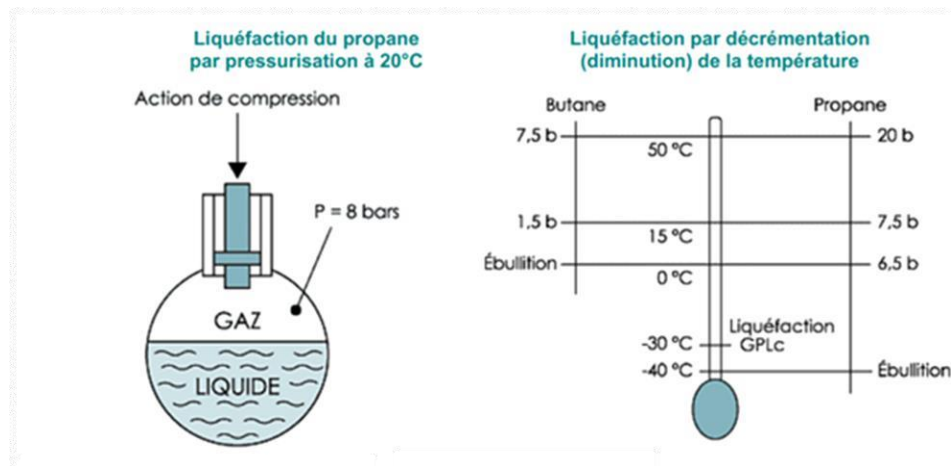


Figure III.1.3. GPL liquéfiée [35].

La norme EN 589 préconise une pression de 2,5 bars à - 10 °C.

Le GPLc se liquéfie à une température de - 30 °C ; son comportement est relativement proche de celui du propane.

Le taux d'inflammabilité du propane (indice d'octane 104 à 110) est de 2,4 % à 9,6 % dans l'air, sa température d'auto-inflammation de 855 °F (457 °C).

$$^{\circ}\text{C} = [(^{\circ}\text{F} - 32) (5/9)]$$

III.1.4. Point d'éclair

Le point d'éclair d'une combustion est la température nécessaire à chauffer de gaz jusqu'au point où sa vapeur s'enflammera spontanément. A ce point, la chaleur est juste suffisante pour brûler la vapeur qui vient de se former. Butane -60°C [36]

III.1.5. Point d'inflammation

Le point d'inflammation d'une combustion est la température la plus élevée nécessaire à former assez de vapeur du comburant pour causer sa combustion régulière. [36]

III.1.6. Dilatation

La dilatation du GPL est de 0,25 % par degré Celsius, d'où l'impératif de n'autoriser le remplissage du réservoir de carburant qu'au deçà de 80 à 85 % de son volume (dispositif limiteur). À 15 °C et sous une pression de 1013 mb :

- ✓ Une masse de 1 kg de GPL à l'état liquide occupe un volume de 1,8 dm³
- ✓ Un volume de 1 dm³ de GPL à l'état liquide a pour équivalent un volume de 242 dm³ de GPL gazeux [32].

Équation de combustion du GPL

III.1.6. Tableau représentant les équations de combustion de GPL [32]

Butane (50 %) + Propane (50 %) + Air	Combustion	Échappement
$C_3H_8 + C_4H_{10} + x(O_2 + 3,76\text{ fi})$	Combustion	$x\text{ CO}_2 + x\text{ H}_2\text{O} + x\text{ N}_2$
$C_3H_8 + C_4H_{10} + 23/2(O_2 + 3,76\text{ N}_2)$	Combustion	$7\text{ CO}_2 + 9\text{ H}_2\text{O} + \text{N}_2$

Ce qui nous donne un rapport stœchiométrique de 1 gramme de GPL pour 15,47 grammes d'air.

III.2.1. Analyse de gaz

Tableau III.2.1. Analyse de gaz [35]

Régime tr/min 750	Essence	GPLc
% volume de CO ₂	0,04	0,08
% volume de CO	14,6	13,2
Hc ppm	8	12
% volume d'O ₂	0,9	0,6
Lambda	1,04	1,03

III.2.2. Emissions

La combustion de GPLc est associée à celle de tout autre hydrocarbure ; elle est à l'origine d'émissions de polluants considérablement diminuées comparativement à celles générées dans le cas du fonctionnement d'un moteur thermique alimenté par un mélange AIR-ESSENCE. Il est à noter que le carburant GPLc (inodore et incolore) ne contient ni plomb, ni benzène, et que la teneur en soufre (longévité de la ligne d'échappement) est très nettement inférieure à celle du carburant essence [35], La figure III.2.2. Représente un diagramme comparatif d'émission de gaz

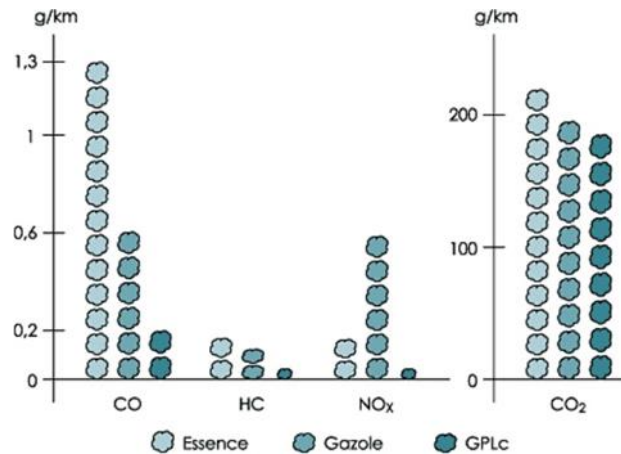


Figure III.2.2. Mesures comparatives d'émissions de gaz [35].

La difficulté d'assurer un mélange idéalement dosé est plus difficilement maîtrisée dans le cas du GPLc : inertie de la masse gazeuse, répartition des parts propane-butane, lieu du dispositif de distribution du carburant à l'admission, configuration bicarburation...

L'équation de combustion détermine le dosage pour lequel la transformation est complète [35].

III.3. Pourquoi utiliser les GPL

Les gaz butane et propane, les GPL, sont une énergie exceptionnelle en raison de leurs origines, de leurs caractéristiques, de leurs applications et de leur filière. En tant qu'énergie moins polluante, faiblement émettrice de CO₂, performante et novatrice, les GPL offrent de nombreux avantages pour les consommateurs et les secteurs professionnels comme pour l'environnement. Avec une disponibilité immédiate et en tous points du globe, des atouts environnementaux, leur origine double (gaz – pétrole), leur facilité de transport et leur variété d'usages, les GPL permettent d'assurer et de contribuer, sans délai, à un modèle énergétique durable, compétitif et plus sûr [37].

La combustion des GPL est propre et ils contribuent au développement des énergies renouvelables. Ils sont accessibles et indispensables à des centaines de millions de personnes dans le monde aujourd'hui. C'est une énergie multi usages bénéficiant de milliers d'applications. Elle est facilement transportable, stockable et utilisable quasiment partout dans le monde et ses ressources sont assurées pendant plusieurs décennies. A usage équivalent, les GPL produisent moins de gaz à effet de serre que l'essence, le gazole et l'électricité d'origine thermique [37].

- **Propre**

La qualité de l'air peut avoir un impact négatif sur la santé humaine, les plantes, les animaux et même les bâtiments. Les transports, les combustions liées au chauffage et à la cuisson et la production d'énergie sont les principales sources de la pollution de l'air. Les GPL peuvent contribuer à l'amélioration de la qualité de l'air s'ils sont substitués au gazole, au fioul ou au charbon. Au regard de son empreinte carbone – la somme de ses émissions de gaz à effet de serre pendant son cycle de vie (ACV)- les GPL sont l'une des seules énergies conventionnelles disponible partout et plus propre. Provenant majoritairement des champs de gaz naturel, les GPL sont également non toxiques et sans impact sur les sols, l'eau et les nappes phréatiques [38].

Les GPL permettent également de réduire les émissions de carbone et leur combustion n'émet pas de particules.

Ces particules qui non seulement nuisent à la qualité de l'air extérieur comme intérieur, mais peuvent causer des problèmes de santé graves. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé, la pollution de l'air due aux particules fines réduit en moyenne de 8,6 mois la durée de vie de chaque habitant de l'UE [38].

Les GPL offrent des solutions immédiates d'amélioration de la qualité de l'air avec, d'une part, l'adoption du GPL carburant dans le secteur de l'automobile, d'autre part, la substitution du bois et du kérosène par des GPL pour les besoins de cuisson et de chauffage dans les pays en voie de développement [38].

- **Faible en carbone**

Les GPL sont une source d'énergie faible en carbone faiblement émetteurs de carbone et peu polluants, les GPL sont reconnus par les gouvernements du monde entier pour leur contribution à l'amélioration de la qualité de l'air - en intérieur comme en extérieur - et pour leur contribution à la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES). L'empreinte carbone des GPL, les gaz butane et propane, est de 20% inférieure à celle du fioul et de 50% inférieure à celle du charbon. Le GPL carburant réduit les émissions de CO₂ et n'émet aucune particule.

Les GPL figurent également, dans de nombreuses régions du monde, parmi les sources d'énergie destinées à la cuisson les plus faiblement émettrices de carbone [38].

III.4. Etude du système GPL

La figure III.3. Montre un schéma d'une installation GPL

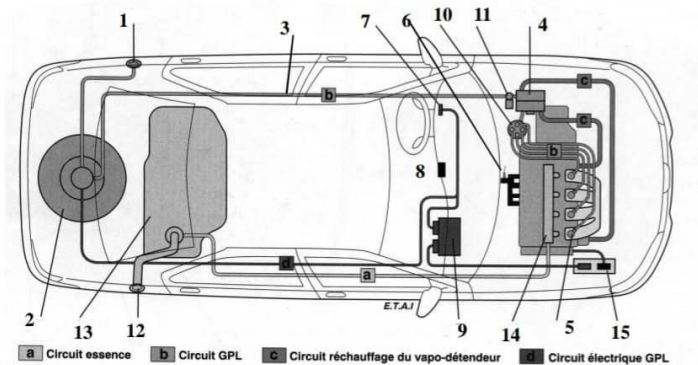


Figure III.4. Installation GPL [39]

- 1 : Dispositif de remplissage
- 2 : Réservoir
- 3 : Conduite d'alimentation
- 4 : Détendeur / vaporisateur
- 5 : Système d'admission du gaz
- 6 : Sonde lambda
- 7 : Jauge GPL
- 8 : Interrupteur de commutation de mode GPL ou Essence
- 9 : Calculateur injection GPL
- 10 : Doseur distributeur
- 11 : Electrovanne
- 12 : Remplissage essence
- 13 : Réservoir essence
- 14 : Rampe d'alimentation injecteurs essence
- 15 : Calculateur injection essence [10 ;11 ;13] [39].

III.4.1. Schémas de principe d'un système évolué

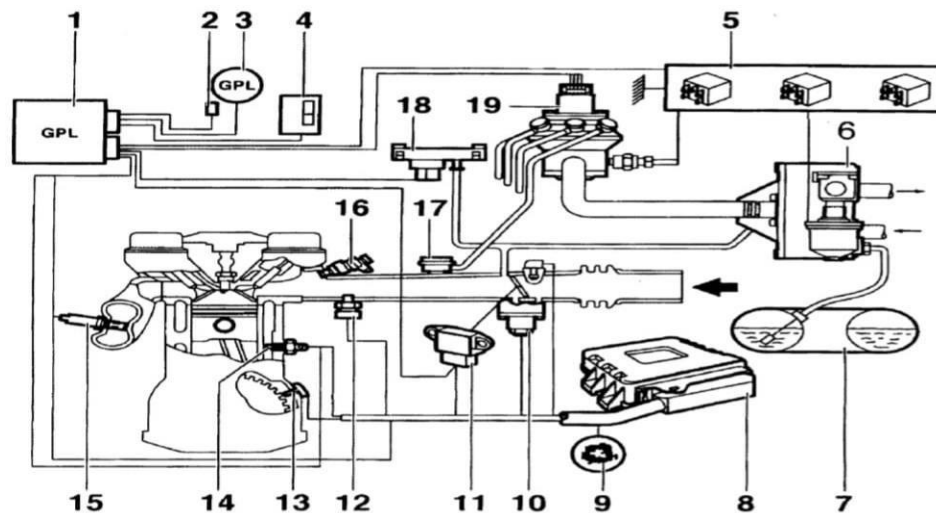


Figure III.4.1. Schémas de principe GPL [40]

- | | |
|--|---|
| 1 : Calculateur injection GPL | 11 : Potentiomètre papillon |
| 2 : Prise diagnostic GPL | 12 : Capteur de pression d'air admission ESS |
| 3 : Voyant diagnostic GPL | 13 : Capteur de régime moteur /GPL |
| 4 : Interrupteur commutation ESS | 14 : Sonde de t° eau moteur |
| 5 : Relais triple | 15 : Sonde lambda |
| 6 : Vapo-détendeur | 16 : Injecteur essence |
| 7 : Réservoir GPL | 17 : Injecteur GPL |
| 8 : Calculateur injection allumage | 18 : Capteur de pression d'air admission GPL |
| 9 : Voyant diagnostic initial | 19 : Doseur distributeur GPL |
| 10 : Dispositif de régulation de ralenti [40] | |

III.4.2. Principe de fonctionnement

Le passage en mode GPL se fait par l'intermédiaire d'un interrupteur (4) situé sur le tableau de bord. Le témoin (3) rappelle au conducteur le mode de carburant utilisé. Le démarrage du moteur s'effectue en mode essence quelle que soit la position de l'interrupteur.

La commutation en mode GPL s'effectue lorsque la température du moteur est supérieure ou égale à 15°C. Le GPL liquide provenant du réservoir se vaporise au travers du Vapo- détendeur (6), celui-ci est réchauffé par l'intermédiaire du circuit de refroidissement du moteur. Asservi à la pression de la tubulure d'admission, il module le débit de gaz envoyé au doseur distributeur (19). Ainsi, le GPL à l'état gazeux est distribué aux injecteurs (17) par l'intermédiaire du doseur distributeur (19) [36].

Le calculateur (1) exploite les informations des différents capteurs et sondes (11-13-14-15-18) et pilote le doseur distributeur par l'intermédiaire d'un moteur « pas à pas » et ainsi module la quantité de gaz à injecter. L'injection s'effectue de façon simultanée sur tous les cylindres [37].

Le calculateur GPL est équipé d'un autodiagnostic permettant de signaler et d'identifier les défauts [37].

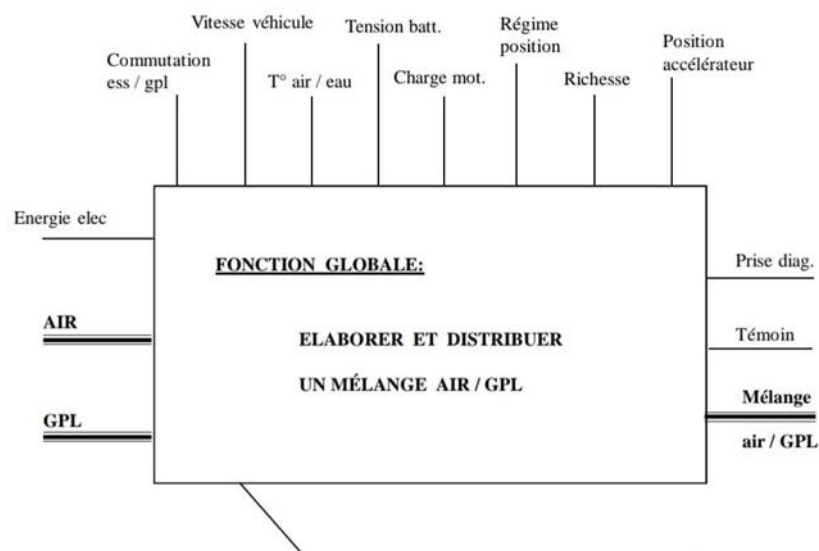


Figure III.4.1. Calculateur GPL [40]

III.5. Etude des composants du système

III.5.1. Le réservoir

Elément essentiel du dispositif, il est réalisé en acier spécial d'environ 5 mm d'épaisseur. Il peut être de forme « bonbonne » ou « torique » selon le fournisseur du kit de montage. Son remplissage est limité par une poly vanne à 85 % de sa capacité pour des raisons de sécurité.

En effet, le GPL à l'état liquide, se dilate de 0.25% par degré sous l'effet de la chaleur c'est la raison pour laquelle le réservoir ne doit pas être rempli à plus de 85 %. Lors d'une

augmentation de température l'espace restant évite la mise en pression trop importante du GPL liquide à l'intérieur du réservoir, cette pression interne pouvant atteindre 20 bars [41].

- Pression moyenne : été =8 bars hiver =3 bars
- Résistance du réservoir :30 bars.

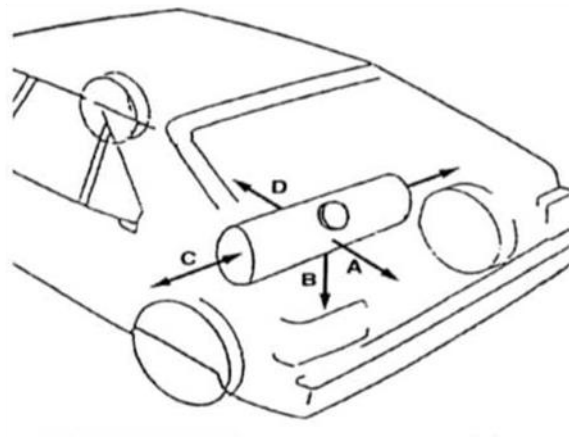


Figure III.5.1. Position le réservoir GPL [40]

III.5.2. Polyvanne

C'est un élément important contribuant à la sécurité de l'alimentation GPL. Elle est vissée sur le réservoir, son étanchéité est assurée par un joint.

Fonctions : - Assurer la fermeture du réservoir et son étanchéité.

- Limiter le remplissage du réservoir à 85 %.
- Indiquer au conducteur le niveau de carburant restant. [42]

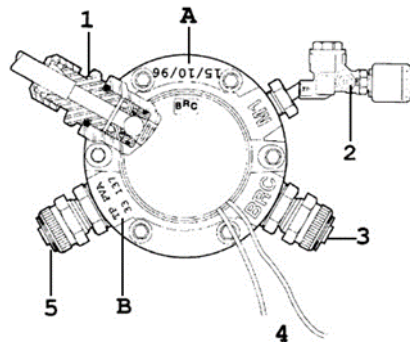


Figure III.5.2. Le schéma Polyvanne [43]

La Polyvanne se compose de :

- 1 : Remplissage
- 2 : Electrovanne de sécurité sur sortie GPL
- 3 : Robinet d'arrêt sortie GPL
- 4 : Jauge électrique
- 5 : Robinet d'entrée GPL
- A : Date de fabrication
- B : Numéro d'homologation

Limiteur de remplissage : Le fonctionnement du système d'arrêt de remplissage est automatique dans la Polyvanne, mais la pression de la source GPL doit être supérieure à la pression interne du réservoir pour garantir un fonctionnement normal. [43]



Figure III.5.2.2.la poly vanne [43]

1^{ère} Phase : Multi vanne au repos

Le clapet se repose sur son siège et empêche le gaz de s'échapper du réservoir.

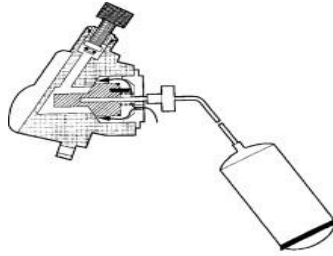


Figure III.5.2.3. La poly vanne phase 1 [43]

2^{ème} Phase : Remplissage

La pression de la pompe de distribution ouvre le clapet permettant l'entrée du GPL dans le réservoir.

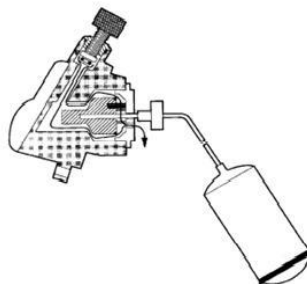


Figure III.5.2.4 la poly vanne phase 2 [43]

3^{ème} Phase : Arrêt du remplissage

Dès que la tige pivote, sous l'action du flotteur, le clapet solidaire de la tige entraîne le doigt de verrouillage sur l'orifice d'entrée du gaz. A 85 % du remplissage l'orifice est complètement fermé.

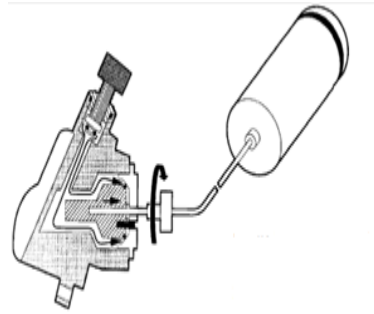


Figure III.5.2.5 la poly vanne phase3[43]

➤ Limiteur de débit :

Le circuit d'alimentation comporte un limiteur de débit et un robinet d'arrêt à la sortie de la poly vanne.

Fonction :

-Réduire fortement le débit de gaz en cas de débit trop important (rupture canalisation)

A : Débit normal

B : Débit trop important

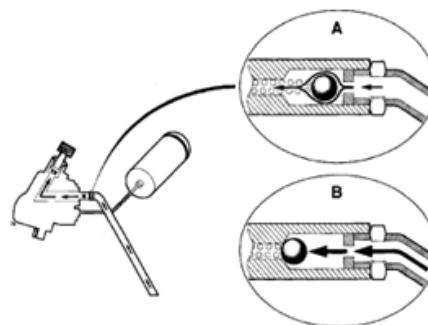


Figure III.5.2.6. La poly vanne limiteur de débit [43]

➤ Electrovanne de sécurité :

1 : Solénoïde

2 : Support de l'électrovanne

3 : Noyau

4 : Corps de l'électrovanne

5 : Filtre

6 : Bouchon

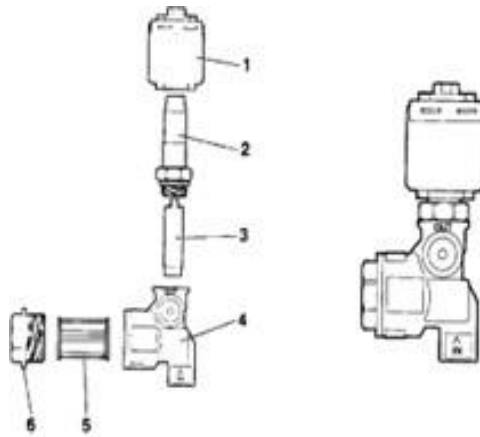


Figure III.5.2.7. Electrovanne de sécurité [40]

De débit Electrovanne de sécurité Fonctions :

- Couper l'arrivée du gaz liquide.
- Retenir les impuretés contenues dans le gaz grâce à un filtre. (Périodicité)

L'électrovanne est alimentée par un relais commandé par le calculateur.



Figure III.5.2.8. La Polyvanne [44]

III.5.3. Le vapo-détendeur

Fonction : transformation du GPL liquide en GPL gazeux (figure III.16)

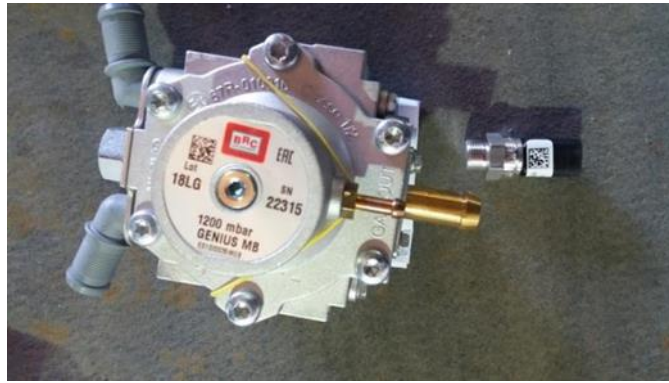


Figure III.5.3. Le Vapo-détendeur [45]

La figure (III.5.3) représente un Vapo détendeur

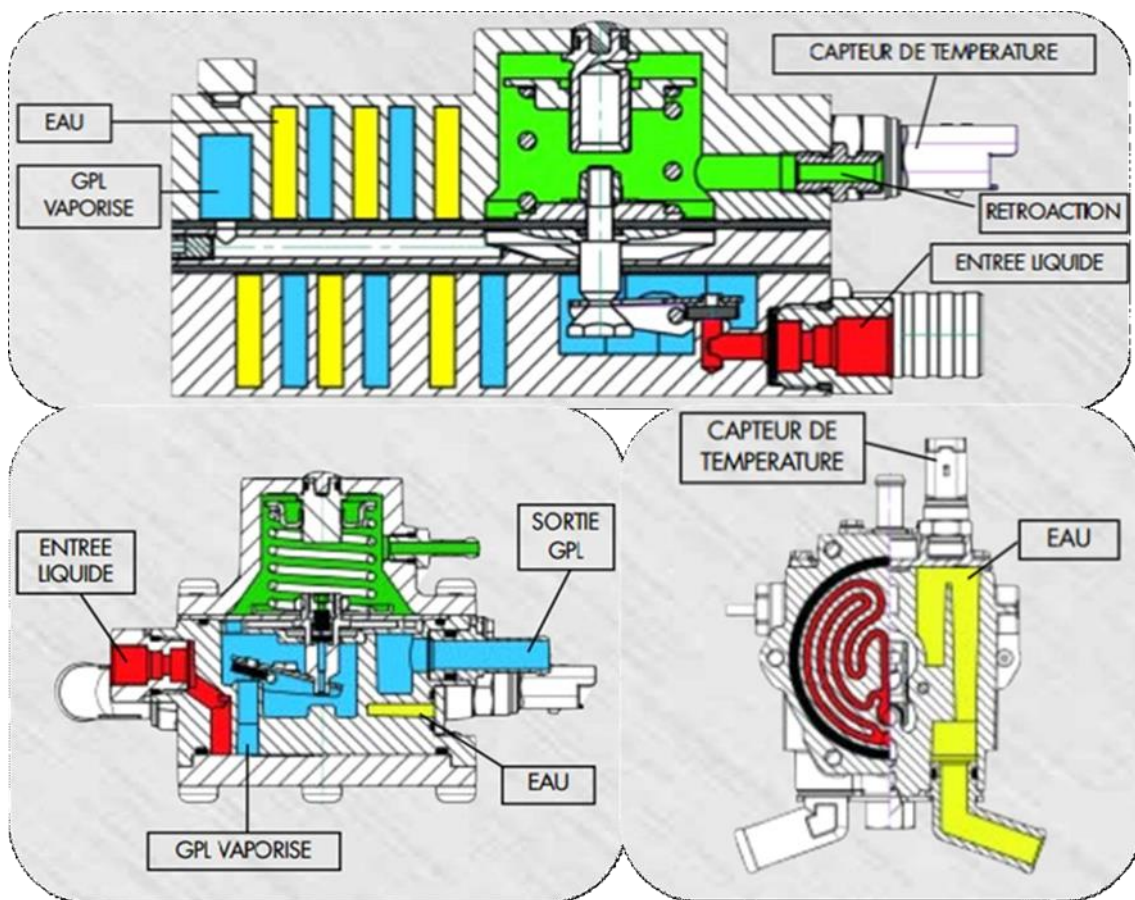


Figure III.5.3.1. Le schéma de la vapo-détendeur [45]

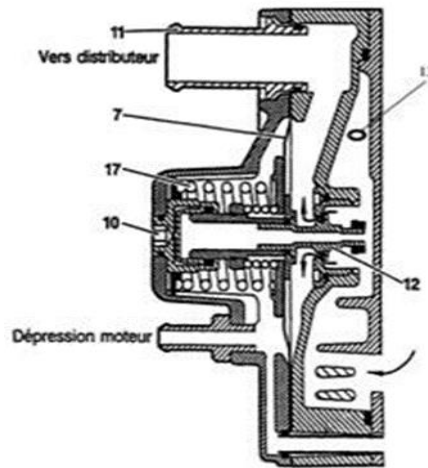


Figure III.5.3.2. Le schéma de la Vapo-détendeur [40]

Le deuxième étage du vaporisateur détendeur fait chuter la pression du 1er étage. Le réglage de cette pression s'effectue à l'aide de la vis 10. Cette pression varie en fonction de la pression moteur (entre 0.16 et 0.96 bar). Lorsque la membrane 7 se déplace sous l'effet du ressort 17, la soupape 12 s'ouvre et permet la communication du gaz avec la sortie 11. Le bouchon 13 permet de contrôler la pression du 2ième étage.

En maintenance on utilise un appareil Le contrôleur de pression différentielle.

III.5.4. Le Doseur – Distributeur

Il se compose d'un boîtier avec noyau central dans lequel sont percées 6 fentes (jusqu'à 6 cylindres) de dimensions identiques et dans lequel se déplace un piston plongeur de réglage. Il est équipé d'un moteur pas à pas, d'une électrovanne de fermeture de gaz et d'un ressort de rappel de piston plongeur [44].

Le doseur-distributeur veille à ce que chaque cylindre du moteur soit alimenté avec la quantité de gaz précise pour toutes les conditions d'utilisation [44].

La quantité de gaz dosée (dosage idéal 1/15.5 environ) est déterminée par l'ouverture de passage des fentes et par la pression de sortie du gaz du 2ième étage du vaporisateur-détendeur [44].

L'ouverture du passage des fentes est déterminée par la position du piston plongeur qui est actionné par le moteur pas à pas, lequel est commandé par le calculateur GPL [44].

La figure (III.5.4) représente un Doseur-Distributeur

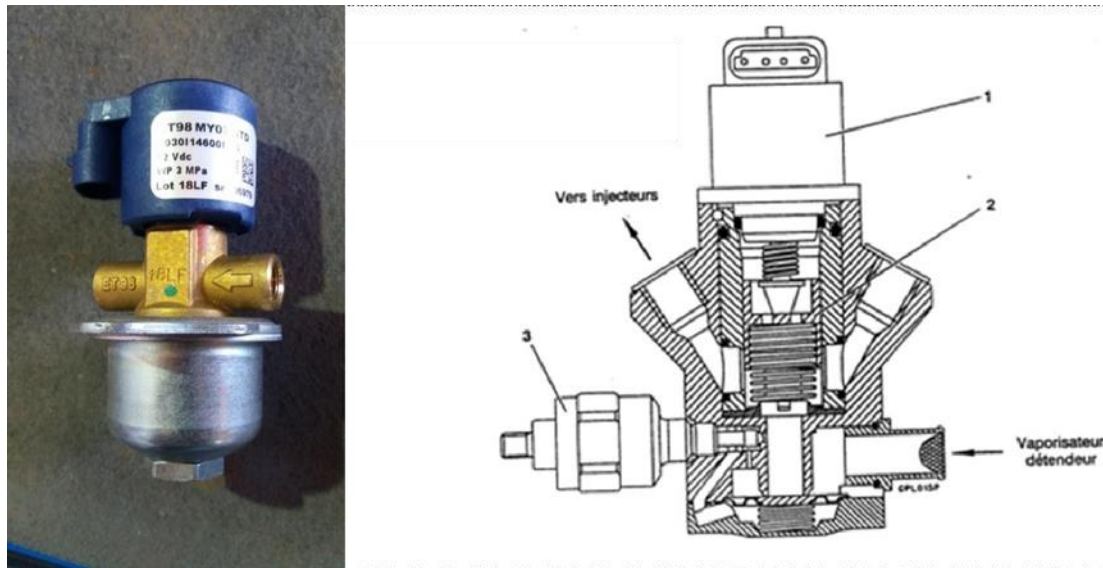


Figure III.5.4. LE DOSEUR – DISTRIBUTEUR [40]

III.5.5. Electrovanne de fermeture de gaz

Le doseur-distributeur n'étant pas exempt de fuites, l'électrovanne de fermeture de gaz permet de fermer le passage lorsque le contact est coupé ou lorsque le véhicule fonctionne en mode « Essence ».

Elle assure la coupure de l'injection du gaz et permet la commutation :

- Moteur arrêté
- En décélérations
- Régime maximal du moteur. (Protection)

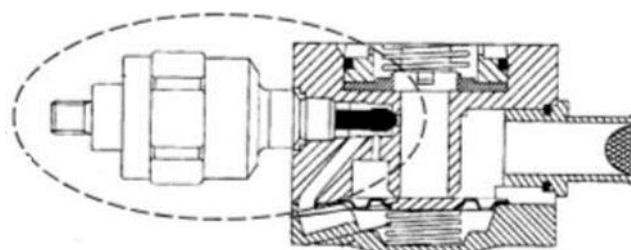


Figure III.5.5. Electrovanne [40]

Elle est commandée par le calculateur via un relais.

III.5.6. Les injecteurs

Pour chaque cylindre, le gaz est injecté par une valve d'injection (injecteur), juste avant la soupape d'admission. Ces injecteurs sont vissés directement sur la tubulure d'admission.

Débit en continu (figure III.5.6 et III.5.6.1).

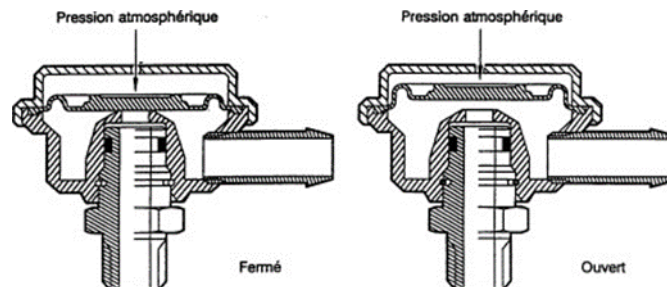


Figure III.5.6. Schéma l'injecteur [40]



Figure III.5.6.1 l'injecteur [45]

La figure III.5.6.2 représente un ray d'injecteur GPL



Figure III.5.6.2. Le ray d'injecteur [45]

A : soupape d'admission B : siège de soupape C : valve d'injection GPL

D : injecteur essence E : collecteur d'admission

La figure III.5.6.3 représente un injecteur dans le moteur

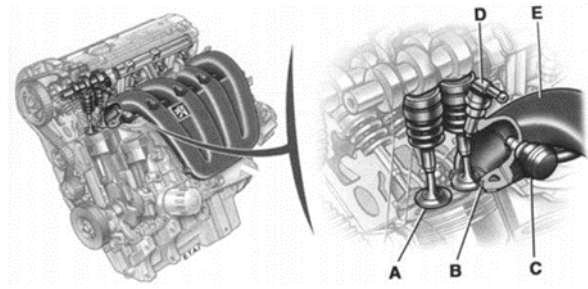


Figure III.5.6.3. Moteur et l'injecteur [45]

III.5.7. Calculateur

Le coeur du système est le microprocesseur situé dans le calculateur GPL, il traite tous les signaux entrants, les compare aux données stockées dans la mémoire et active alors tous les actionneurs (moteur « pas à pas », électrovannes, ...

Le calculateur GPL (figure III.5.7) règle le processus de combustion de telle manière que:

- Le rapport stœchiométrique air / gaz soit respecté.
- Minimum de pollution
- Consommation faible
- Conduite agréable.

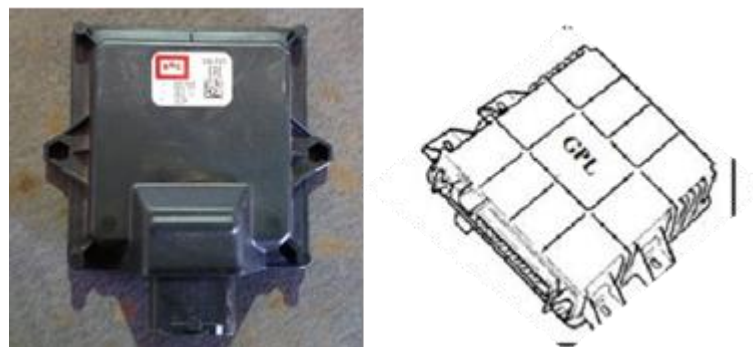


Figure III.5.7. Calculateur GPL [45]

Le calculateur se compose de plusieurs semi-conducteurs tels que : Convertisseur analogique/numérique, RAM, ROM,

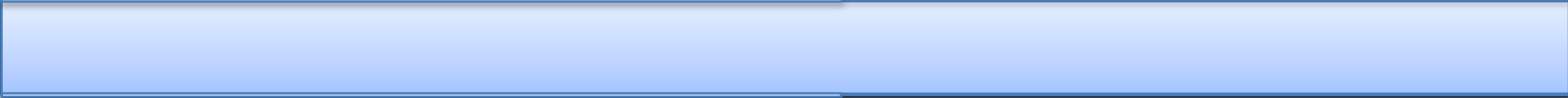
III.6. Précautions à l'intervention

La maintenance et la réparation du dispositif GPL équipant en série un véhicule n'est permise qu'aux personnes ayant suivi une formation interne spécifique GPL. Les ateliers ne peuvent intervenir sur le réservoir que s'ils possèdent un brûleur (appelé TORCHERE), permettant de le dégazer. Dans le cas contraire, contacter le spécialiste GPL le plus proche qui réalisera l'opération. Toutefois la dépose du réservoir équipé de ses accessoires est possible sans le dégazer au préalable. S'il est impossible de dégazer le réservoir pour un problème technique. Les diverses mesures de sécurité à prendre à proximité d'une installation fonctionnant au GPL portent surtout sur les risques de fuites et de dilatation sous l'effet de la température [46].

1. Le GPL nécessite l'utilisation des raccords très soignés ainsi que des joints de qualité résistants aux hydrocarbures. Les durites et conduits véhiculant du GPL doivent être compatible avec ce dernier (caoutchouc synthétique).
2. Une vérification sous pression de l'absence de fuite doit être effectuée pour chaque raccord à l'aide d'un détecteur de fuites approprié.
3. Le gaz se dilate fortement en fonction de la température, de ce fait, le réservoir ne doit jamais être rempli à plus de 85 % de son volume total. L'espace restant permet l'expansion correcte du gaz.
4. Le contact du GPL avec la peau peut provoquer des gelures dues au froid. L'usage de gants et de lunettes de protection est recommandé lors d'une intervention sur toute partie du circuit pouvant contenir du gaz à l'état liquide [46].

Conclusion

Le système GPL constitue une alternative écologique et économique pour les véhicules à moteur à essence. Il offre des avantages environnementaux en réduisant les émissions polluantes, tout en permettant des économies significatives sur les coûts de carburant. Cependant, il est primordial de veiller à une installation et une maintenance adéquate pour assurer un fonctionnement fiable et sécurisé du système.



Chapitre IV

Travail expérimental

IV. Introduction

Le système GPL (Gaz de Pétrole Liquéfié) a été inventé dans les années 1930 par un ingénieur italien du nom de Dr. Eugenio Barsanti. Il a développé le concept du GPL en tant qu'alternative aux carburants traditionnels dans le but de réduire les émissions polluantes des véhicules. Depuis lors, le système GPL a connu de nombreuses améliorations et est devenu une solution largement utilisée dans le monde entier, tant pour les véhicules particuliers que pour les flottes de transport commercial. Son utilisation s'est répandue en raison de ses avantages environnementaux et économiques, faisant du GPL une option attrayante pour les propriétaires de voitures soucieux de l'environnement et de leur portefeuille.

IV.1. Étapes d'installation du système GPL

Le système GPL est une alternative au système d'essence aux voitures, et pour l'installer, il faut s'assurer que le moteur fonctionne correctement et est libéré de défauts tout en confirmant la propreté de la voiture et du moteur contre les impuretés qui peuvent compliquer le travail. Comme il est nécessaire d'avoir de mécaniciens professionnels qualifiés.

Les étapes d'installation sont les suivantes :

IV.1.1. Installation le vapo-détendeur

Nous déterminons l'emplacement optimal pour l'installation d'un évaporateur réducteur de pression sur le châssis interne. Le site doit être protégé et facilement accessible pour l'installation et le remplacement.

La figure IV.1.1. Montre le vapo-détendeur à installé



Fig.IV.1.1. Vapo-détendeur

IV.1.2. Installation d'électrovanne

Après l'installation du vapo-détendeur nous passons à l'installation de la vanne électronique, qui est protégée contre les facteurs externes dans le compartiment moteur.

La figure IV.2.2. Montre d'électrovanne à installé



Fig.IV.1.2. Electrovanne

IV.1.3. Installation le ray d'injecteur

Nous faisons un trou d'entrée de carburant au niveau du collecteur d'admission pour alimenter chaque cylindre dans le moteur et nous mettons dans chaque trou de l'admission, puis nous installons les injecteurs dans le châssis par un stand dans un endroit accessible et les connectons avec l'admission par des tuyaux à haute pression.

La figure IV.1.3.2. Montre Ray d'injecteur à installé



Fig.IV.1.3.1. Pisa d'admission.



Fig.IV.1.3.2. Ray d'injecteur

IV .1.4. Installation du filtre GPL

Nous devons maintenant installer la raffinerie de gaz en la plaçant dans le tube entre l'évaporateur réducteur de pression et l'injection avec les bandes adhésives.

La figure IV.2.4. Montre filtre GPL à installé



Fig.IV.1.4. Filtre GPL

IV .1.5. Installation du capteur de manomètre

Ensuite, nous installons un sélecteur pour mesurer la pression du gaz en dehors de l'évaporateur réducteur de pression orienté injection, le deuxième tube à l'extérieur de l'évaporateur et a deux fonctions est responsable de déplacer le ressort de l'évaporateur pour le faire transférer le gaz à l'injection et nous l'utilisons également pour trouver la déviation de l'évaporateur. La figure IV.2.5. Montre Capteur de manomètre à installé

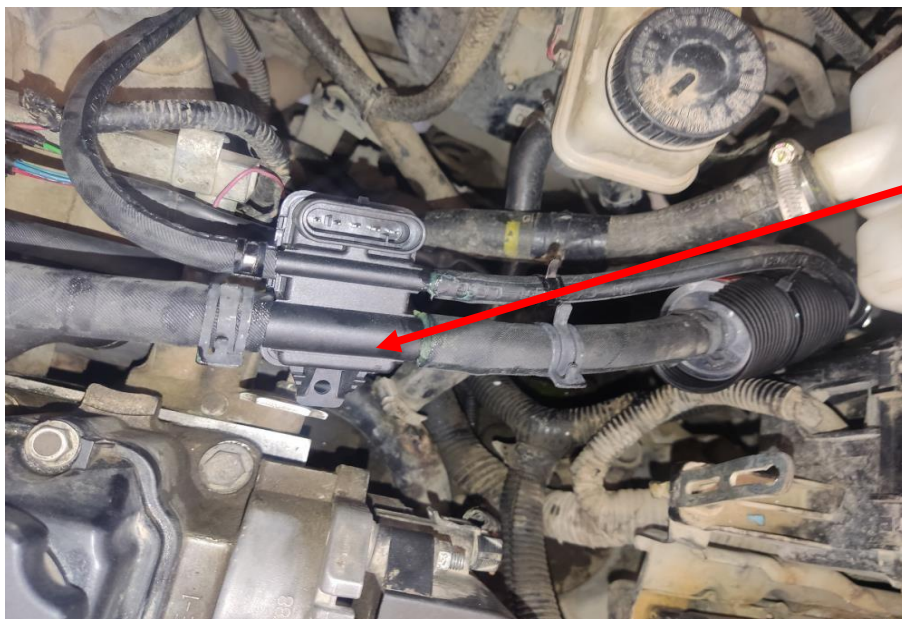


Fig.IV.1.5. Capteur de manomètre

IV.1.6. Installation Centrale de control

Le centre de contrôle GPL est installé près du panneau de commande électrique de la voiture par des vis et est fixé par un fil électrique à l'évaporateur détendeur et l'injection de chaque pièce spécialement connecté et ajouté au minéral électronique avec le capteur de pression avec le commutateur de conversion connecté à son propre fil et le sans-fil multiple responsable de passer le gaz dans le réservoir arrière avec deux vannes personnalisées

La figure IV.2.6. Montre Centrale de control à installé

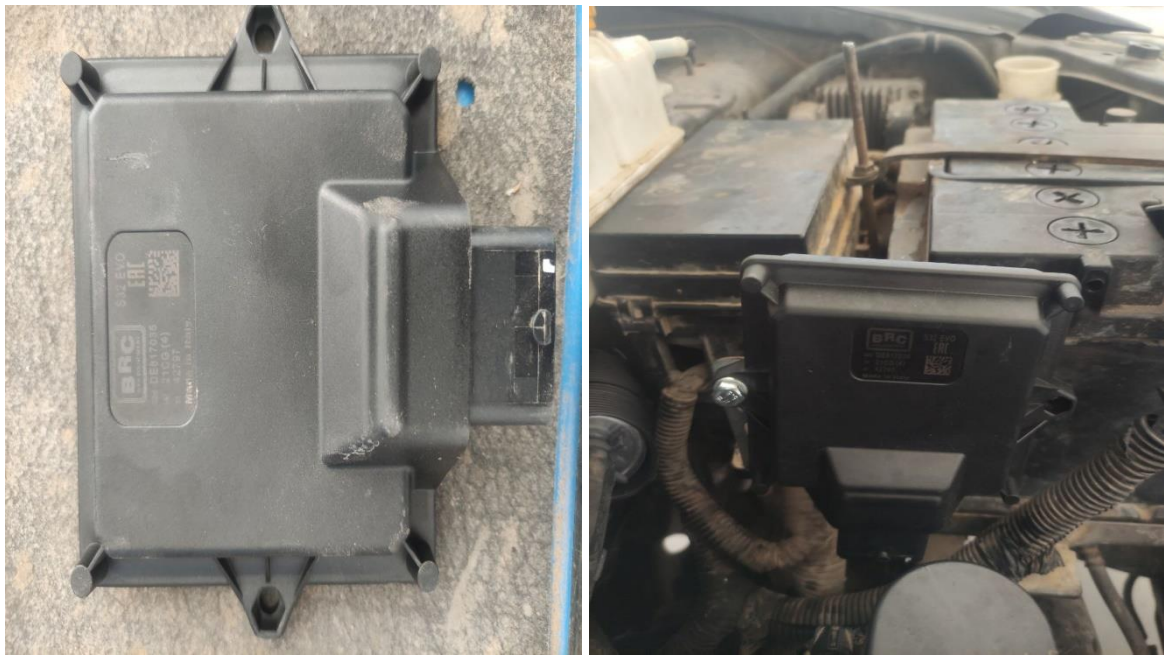


Fig.IV.1.6. Centrale de control

IV.1.7. Installation du câblage électrique

Le contrôleur est connecté au reste des pièces par fil électrique



Fig.IV.1.7. Câblage électrique

IV.1.8. Installation de Poly vanne

Nous installons ce dernier (figure IV.2.8.) dans le réservoir de carburant pour mesurer la pression et le taux de carburant rempli.



Fig.IV.1.8. Poly Vannes

IV.1.9. Installation du réservoir GPL

Vient maintenant le rôle de montage du réservoir du carburant (GPL) dans la boîte arrière du véhicule, installé par des vis dans lequel est placé un multi-valve qui à son tour est connecté à deux tubes à haute pression, un en tête à la buse de remplissage et l'autre à l'évaporateur

La figure IV.1.9. Montre réservoir GPL à installé



Fig.IV.1.9. Réservoir

IV.1.10. Conduites de gaz du réservoir

Le réservoir est raccordé aux tuyaux de haute pression, fixés à l'évaporateur à pression réduite et doit être passé à côté du système d'essence, loin des points chauds et d'échappement et fixé aux vis et aux colliers pour éviter les frottements et les chutes.

La figure IV.2.10. Montre Conduites de gaz du réservoir à installé



Fig.IV.1.10. Conduites de gaz du réservoir

IV.2.11. Installation d'embout de remplissage

Nous installons la buse de remplissage en plaçant un trou à côté de la buse de remplissage d'essence et en sortant la vanne de remplissage.

La figure IV.2.11. Montre d'embout de remplissage à installé



Fig.IV.1.11. Embout de remplissage

IV.1.12. Installation de commutateur

Nous installons le commutateur de conversion dans le cockpit intérieur de la voiture en faisant un trou à côté du volant dans un endroit qui est facile pour le conducteur de voir tout en conduisant pour lui monter le niveau de gaz dans le réservoir.

La figure IV.1.12. Montre commutateur à installé



Fig.IV.2.12. Commutateur

Ici, nous avons terminé l'installation de toutes les parties du système, après quoi nous remplissons le réservoir avec du gaz.

IV.1.13. Programmation

Nous programmer le panneau de commande de sorte que la voiture reconnaisse le système d'essence et commence à passer par elle et ce processus de programmation est fait par un programme spécial et plusieurs étapes. Ces étapes sont montrées dans les figures (IV.1.13.1., IV.1.13.2, IV.1.13.3. IV.1.13.4. Et IV.1.13.5.) suivantes :

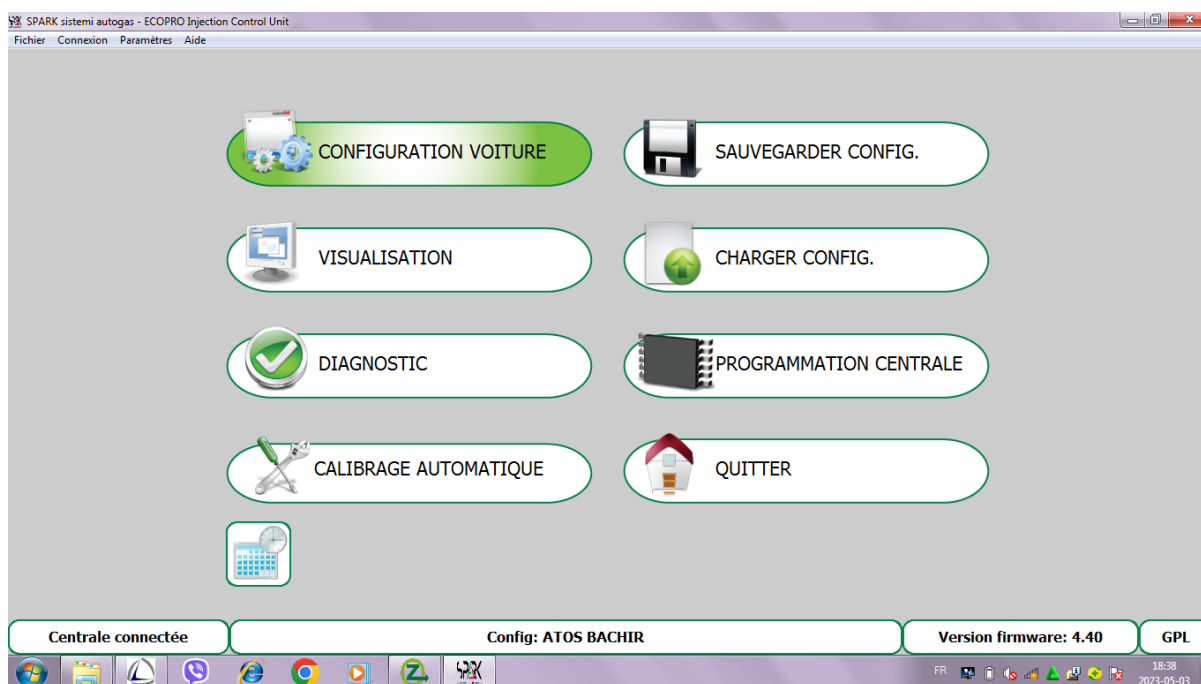


Fig.IV.1.13.1. L'interface du programme

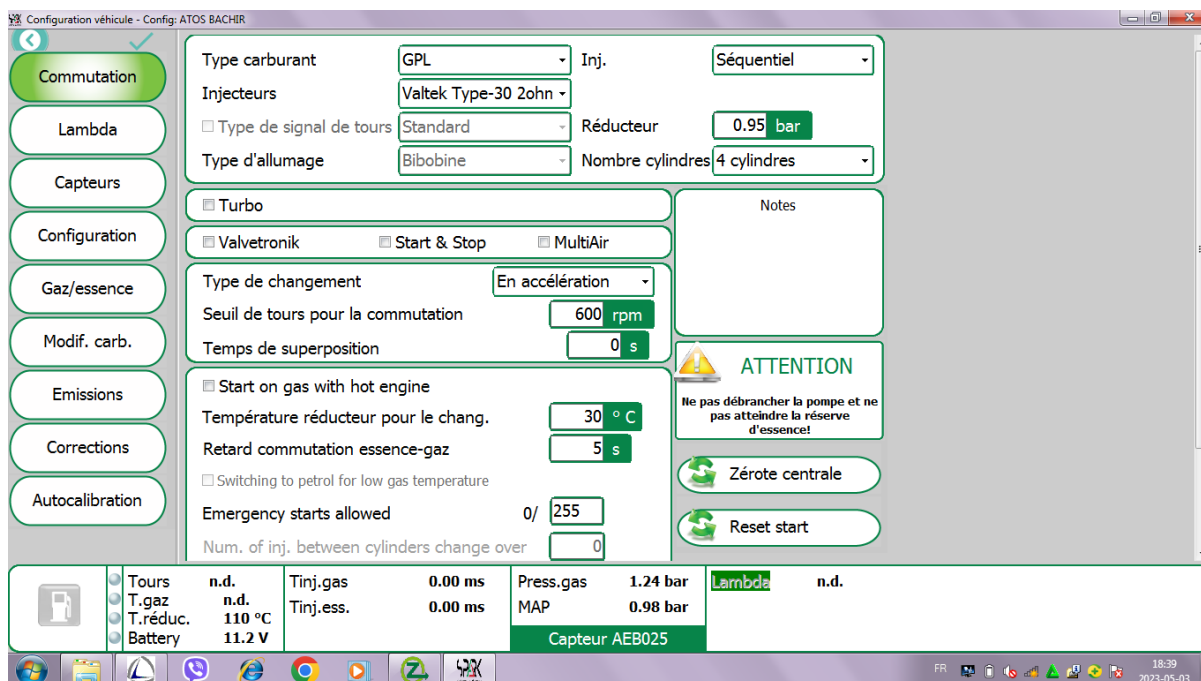


Fig.IV.1.13.2. Modification des paramètres du moteur

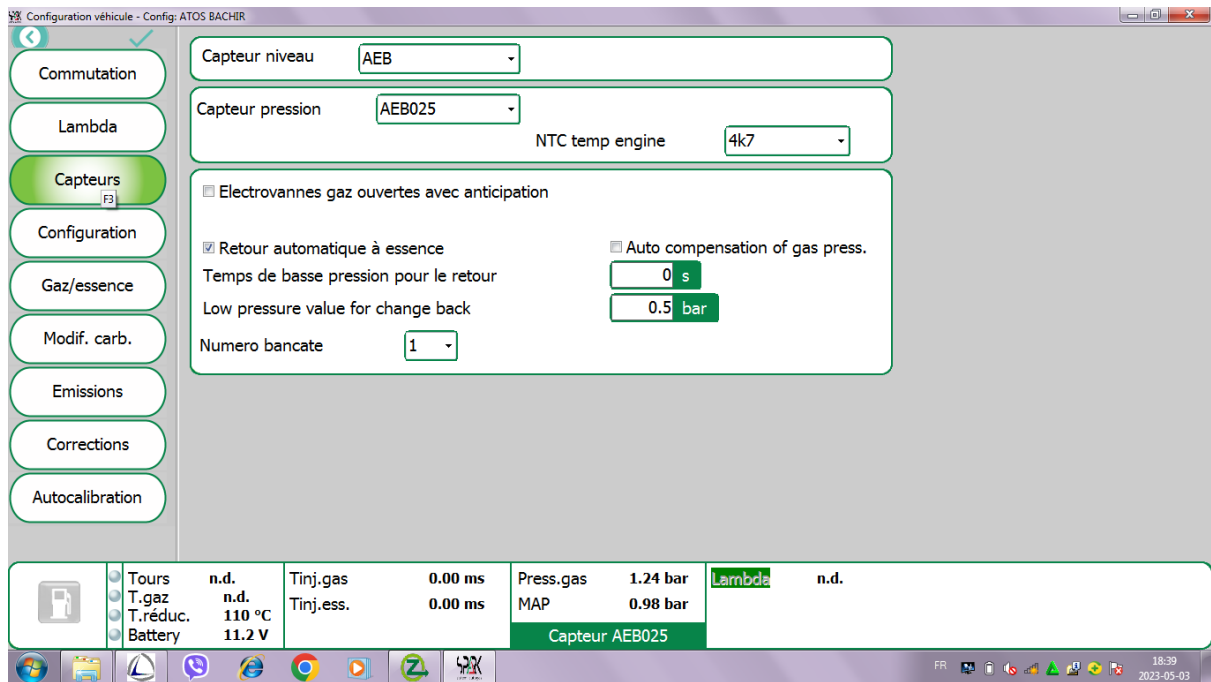


Fig.IV.1.13.3. Identification du type de capteur

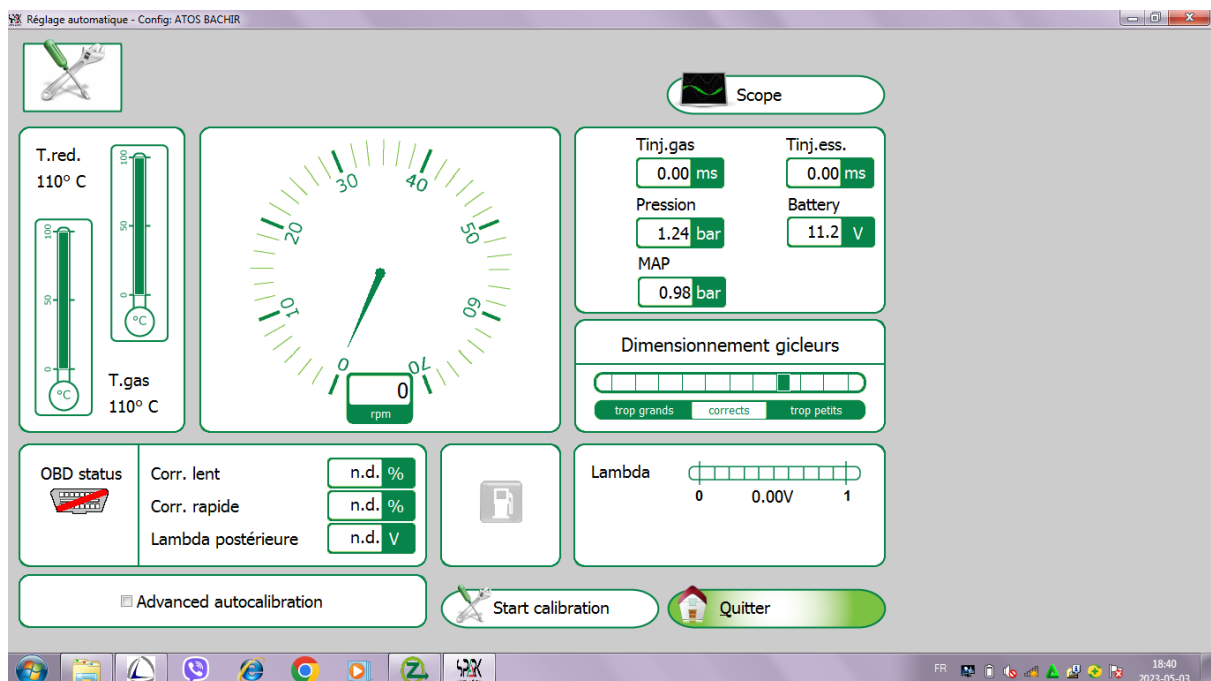


Fig.IV.1.13.4. Start calibration

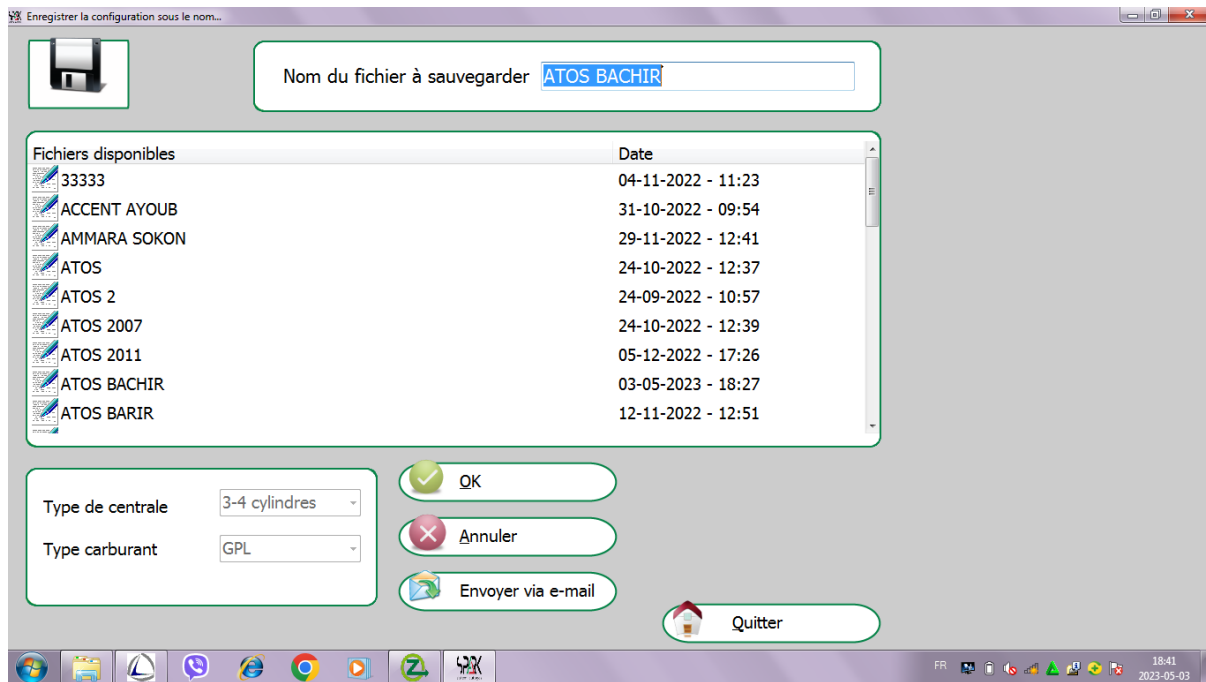


Fig.IV.1.13.5. Registration des informations

À la fin de ce processus, la voiture démarre un système double c.-à-d. essence et GPL et fera inévitablement face au système nouvellement installé qui est GPL pour de nombreux problèmes pour le moteur ou de dommages de pièces de rechange.

IV.2. Maintenance

La maintenance est effectuée dans des ateliers privés et sous la main de professionnels utilisant une expérience pratique et des logiciels qui aident à surveiller le fonctionnement sous-système GPL

IV.2.1. Méthodes utilisées pour l'entretien

IV.2.1.1. Maintenance oculaire (résumé)

Le travailleur dans l'atelier profite de son expérience et entend le propriétaire de la voiture, pour décrire le problème et va ensuite directement au moteur pour découvrir et réparer ce dernier.

Après le processus d'installation du système et de conduire pendant une période de temps nous avons remarqué qu'il y a de nombreux problèmes, y compris le faible niveau du moteur, le mal fonctionnement du moteur le matin, surtout en hiver, le changement de la voiture de gaz à l'essence automatique, colmatage du Filtre, fuite de gaz de l'évaporateur, problèmes de puissance au fil et panneau de commande...etc.

Dans notre étude et pendant notre stage pratique au niveau du centre GPL de NAFTAL, nous avons remarqué qu'il y a deux ou trois défaillances, dont nous avons fait l'entretien.

IV.2.1.1.1 Panne au niveau filtre

Nous avons 2 filtres dans une voiture, qui sont changés tous les 60 mille kilomètres et nous pouvons les changer avant cela en fonction de la qualité du GPL, dans les stations-service, et quand le filtre est sale il nous amène à réduire le couple du moteur.

Pour les réparer, le travailleur les enlève et les nettoie. La saleté sous est forme de poudre. Il faut mieux les changer complètement pour assurer la sécurité du moteur.

Pour les réparer, le travailleur sépare le courant de la batterie, puis enlève les tuyaux de gaz qui y sont attachés pour garder le moteur en toute sécurité. Après le processus d'installation du filtre on retourne le fil de la batterie, fait fonctionner le moteur et le met sur l'essence, nous nous assurons qu'il n'y a pas de fuite dans les tuyaux que nous avons séparés, puis nous les retournons en mettant de la mousse sur eux et en vérifiant à l'œi.



Fig.IV.2.1.1.1. Saleté du filtre



Fig.IV.2.1.1.1. Différence entre le filter neuf et l'ancien

IV.2.1.1.2. Panne au niveau le détendeur

Le détendeur (figure.IV.2.1.1.2) est exposé à une haute pression de gaz, entraînant une fuite et un taux de consommation de gaz plus élevé, qui expose le moteur à un risque de dommages et doit être remplacé.



Fig.IV.2.1.1.2. Fuite le détendeur

Pour le changer, on ferme le réservoir, puis on sépare les tuyaux qui y sont attachés, on les enlève, on en monte un nouveau détendeur, puis on relie les tubes, on ouvre le réservoir, on allume le moteur et on le met sous GPL pour s'assurer qu'il n'y a pas de fuite, et on met un peu de mousse d'eau et de savon autour des tuyaux qui y sont attachés.

IV.2.2. Surveillance des pannes de programmation

Nous installions le système d'essence à bord de la voiture et il s'est avéré que c'était une défaillance à ce dernier niveau, et c'est pourquoi nous avons utilisé le programme BRC pour être en mesure de surveiller avec précision l'emplacement de la panne.

IV.2.2.1. Panne du niveau des fils électriques

Après avoir discuté avec le propriétaire de la voiture, nous avons connecté la voiture à l'ordinateur et découvert dans ce cas qu'il y avait une défaillance au niveau des fils électriques d'injecter 1/2 figure. (IV.2.2.1, IV.2.2.2).

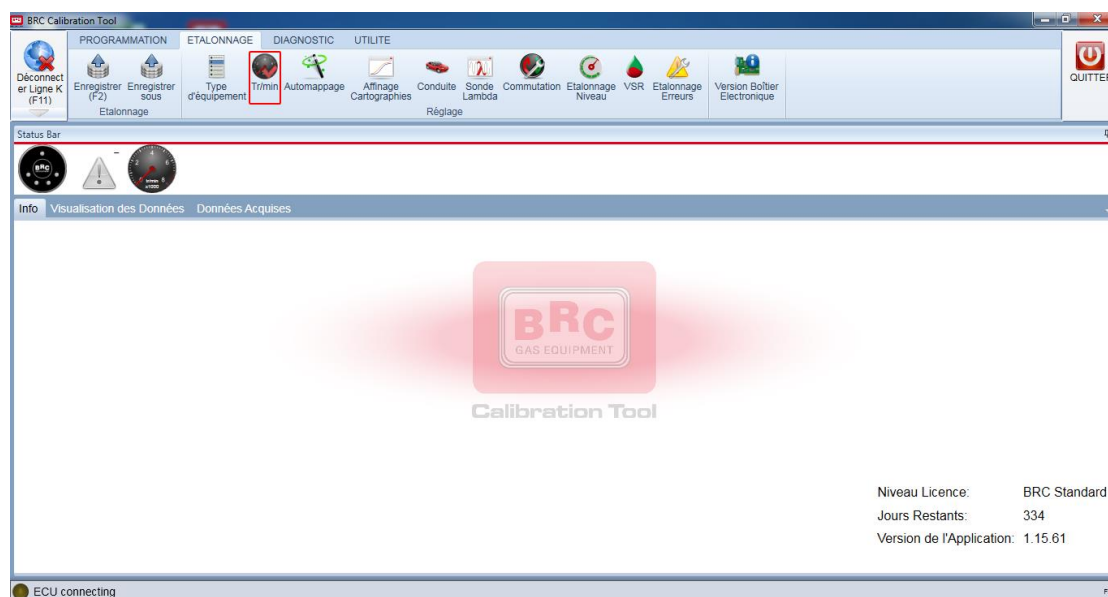


Fig.IV.2.2.1. Interface du logiciel

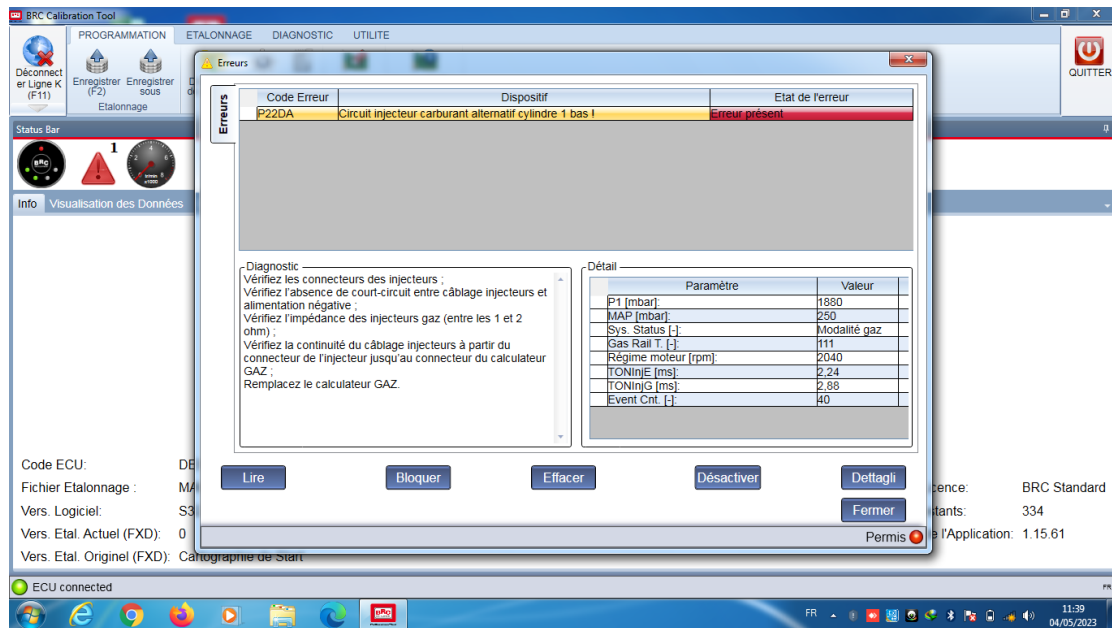


Fig.IV.2.2.1. Apparition du problème

Pour résoudre ce problème, nous allons au moteur de la voiture, retirer le couvercle en plastique, puis à injecteur n°. 1/2, enlever le ruban autour des fils électriques et faire une vue claire autour d'eux pour voir lesquels d'entre eux sont blessés ou coupés, nous le livrons, puis nous retournons sur les bandes pour empêcher toute électrification.

Conclusion

Le système GPL constitue une alternative écologique et économique pour les véhicules à moteur à essence. Il offre des avantages environnementaux en réduisant les émissions polluantes, tout en permettant des économies significatives sur les coûts de carburant. Cependant, il est primordial de veiller à une installation et une maintenance adéquate pour assurer un fonctionnement fiable et sécurisé du système

Conclusion générale

Conclusion générale

L'objectif principal de cette étude était de fournir une compréhension approfondie du système GPL, de son installation et de sa maintenance, afin d'encourager les propriétaires de voitures à essence à adopter cette alternative plus respectueuse de l'environnement. En comprenant les avantages du système GPL et en suivant les bonnes pratiques, nous pouvons contribuer à réduire les émissions de gaz polluants et à préserver notre environnement.

Les composantes devant être converties de l'essence au GPL ont été étudiées, et l'équipement et les raccords nécessaires à l'installation adéquate du système sont identifiés. En ce qui concerne la maintenance, des procédures de maintenance appropriées ont été étudiées pour maintenir le rendement et l'intégrité du système. Les pannes potentielles et la façon de les traiter ont été analysées, ainsi que des conseils de maintenance réguliers pour maintenir les performances à long terme du système. L'étude a révélé des résultats positifs confirmant l'efficacité et la sécurité de l'utilisation du système GPL dans les véhicules à moteur à essence. Les résultats ont montré une réduction marquée des émissions de gaz d'échappement et une amélioration de la performance automobile grâce à l'utilisation du GPL comme carburant. Sur la base de ces résultats, on peut conclure que l'installation du système GPL dans les véhicules à essence est une bonne option pour atteindre la durabilité environnementale et réduire la pollution par la combustion de carburant. Il est essentiel de respecter les procédures de maintenance et d'utilisation sûre du système.

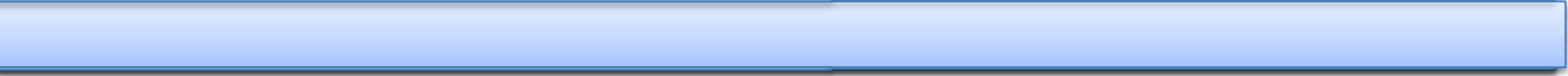
Bibliographie

Bibliographie

1. Citroën T0US Types. RÉF. BRE 0330 F. JUILLET 1997
2. Combustion Engineering, Second Edition par “Kenneth W. Ragland et Kenneth M. Bryden”.
3. Combustion: Physical and Chemical Fundamentals, Modeling and Simulation, Experiments, Pollutant Formation par “Maximilian Lackner”.
4. Automotive LPG and Natural Gas Systems: Design, Installation and Operation de “John Carroll”.
5. Conception des systèmes de gaz de pétrole liquéfié : Conception, installation, maintenance de « William L. Reeves », publié en 2012 aux éditions Elsevier.
6. Conception des systèmes de gaz de pétrole liquéfié : Conception, installation, maintenance de « William L. Reeves », publié en 2012 aux éditions Elsevier.
7. Contribution Dr. M. Naoun. Moteur à Combustion Interne. Partie IV Constitution des Moteurs à Combustion Interne 2021.
8. Copyright2001-2005 Gicquel renaud
9. Chemistry: The Central Science par « Theodore L. Brown, H. Eugene LeMay Jr., et Bruce E. Bursten » (chapitre 5 : Gases).
10. DOSSIER ANTI-CRISE Essence ou Diesel ? / GPL / E85 .2018
11. Didier Jolivet, Le moteur Diesel, Editeurs Chotard Et Associés, 1986.
12. Diesel Fuel Handbook par « James F. Adducci ».
13. Dossier technique A.N.F.A. « Le GPLc » Edition 2000
14. Dossier technique A.N.F.A. « Le GPLc » Edition 2000
15. Dr. HENNI. MANSOUR. Z, Thermo propulsion I. chapitre III- Moteurs thermiques. Tiré de l'internet.

16. dr. Mohamed BENCHERIF, ANNEE 2018, Moteurs à Combustion Interne, Combustion et Eléments de Carburation.
17. Essences: Utilisation, combustion, pollution" de Jean-Louis Bernicot, publié en 2011 aux éditions Dunod.
18. ETUDE SYSTEME MISSE EN SITUATION.
19. Fuel Cells and Hydrogen: From Fundamentals to Applied Research par "Detlef Stolten et Bernd Emonts".
20. Gaz naturel véhiculaire et GPL : Guide pratique, de « C. Bagein et G. Huard ».
21. GHERBAL, Abderrahim ; SADAoui, Noureddine. *MAINTENANCE DES MOTEURS A ESSENCE*. 2018. PhD Thésis.
22. GPL: Caractéristiques, production, distribution, utilisation" de Jean-Claude Guibet, publié en 2018 aux éditions Presses des Mines.
23. Hcci and Cai engines for the auto motive industry . august 2nd.2007.
24. Les carburants : Caractéristiques, production, distribution, utilisation de « Jean-Claude Guibet », publié en 2018 aux éditions Presses des Mines.
25. Histoire de l'énergie « de Laurent Herment et Alain Beltran », publié en 2018 aux éditions Belin.
26. Introduction to Fire Dynamics par « Dougal Drysdale » (chapitre 2: Combustion).
27. La crise du pétrole de 1973 de « Jean-Pierre Poulain », publié en 2013 aux éditions Belin.
28. Le gaz naturel: Caractéristiques, production, transport, distribution, utilisation de « Jean-Claude Guibet », publié en 2010 aux éditions Presses des Mines.
29. Le guide des carburants: Choix, utilisation, performances" de Jean-Pierre Josselin, publié en 2017 aux éditions Flammarion.
30. Le Guide du GPL : Carburant propre et économique de « Jean-Pierre Sueur », publié en 2010 aux éditions Flammarion.

31. Les avantages environnementaux et économiques du GPL de la Fédération Française du Gaz (FFG)
32. Les carburants alternatifs de « Catherine Chauvel et David Guérin », publié en 2014 aux éditions Dunod.
33. Les carburants: Caractéristiques, production, distribution, utilisation de « Jean-Claude Guibet », publié en 2018 aux éditions Presses des Mines.
34. L'histoire de l'énergie en France de « Bruno Béthouart », publié en 2019 aux éditions L'Harmattan.
35. LIVER ECOLE NATIONALE DE LA PROTECTION CIVILE feux des hydrocarbures -2014.
36. Liquefied Petroleum Gas Handbook par "Michael D. Holloway et Antony Ingram".
37. M.T.M. s.r.l. TA010976F Nr. 5 du 01.07.03
38. Manuel pour l'installateur. M.T.M. s.r.l. TA010976F Nr. 5 du 01.07.03 Olivier Perrot, cours de thermodynamique 2010-2011.
39. P. Arques, Moteurs alternatifs à combustion interne, Edition Masson, février 1987.
40. Petroleum Refining: Technology and Economics par "James H. Gary et Glenn E". Handwerk.
41. Rapport DRS 06 51198/R01, 4 mai 2006, p. 81/140, chap. Transport de gaz sous forme dissoute dans l'eau.
42. Repair Manual, Nissan Diesel Engine, Model Pd6, Ltd .Tokyo, Japan, 1990.
43. System de compression <https://www.unevoiture.com/rudiments/le-fonctionnement-d-un-moteur-diesel>
44. Thermodynamique de la combustion: Introduction à la combustion des gaz et des liquides de « Michel Lemaire », publié en 2008 aux éditions Tec & Doc.
45. livre de Chimie Générale de Raymond Chang. Manuel pour l'installateur.
46. ZELLA GUI Redouane, SAMSAN Mehdi. 2007. « étude et conception d'un moteur à quatre cylindres sans vilebrequin avec une application d'un champ magnétique, pour mouvoir les tiges poussoir » (Université du Mentouri Constantine). Dirigé par



Résumé

Résumé

L'objectif de cette étude est de comprendre et d'analyser l'installation et la maintenance du système GPL dans les véhicules à moteur à essence. La station de Naftal a été visitée dans l'Etat d'El-Oued, où la phase d'installation et de maintenance a été étroitement surveillée. La visite comprenait une compréhension approfondie du processus d'installation et le réglage des composants nécessaires au bon fonctionnement du système. Les mesures de précaution et les mesures de sécurité ont également été surveillées pour assurer la sécurité lors de l'installation et de la maintenance. La recherche vise à fournir aux propriétaires de véhicules des informations précises sur le processus afin qu'ils puissent prendre des décisions éclairées concernant l'installation et l'entretien du système GPL dans leurs véhicules.

Mots clés : gaz de pétrole liquéfié, maintenance, installation.

ملخص

الهدف من هذه الدراسة هو فهم وتحليل تركيب وصيانة نظام غاز البترول المسال في المركبات التي تعمل بالبنزين. تمت زيارة محطة نفطال في ولاية الواد، حيث تمت مراقبة مرحلة التركيب والصيانة عن كثب. وشملت الزيارة فهماً شاملاً لعملية التركيب وتعديل المكونات اللازمة لتشغيل النظام بشكل سليم. كما تم رصد الاحتياطات وتدابير السلامة لضمان السلامة أثناء التركيب والصيانة. يهدف البحث إلى تزويد مالكي المركبات بمعلومات دقيقة حول العملية حتى يتمكنوا من اتخاذ قرارات مستنيرة بشأن تركيب وصيانة نظام غاز البترول المسال في سياراتهم.

الكلمات المفتاحية: غاز البترول المسال، صيانة، تركيب.

Abstract

The objective of this study is to understand and analyze the installation and maintenance of the LPG system in gasoline-powered vehicles. The Naftal station was visited in the state of El-Oued, where the installation and maintenance phase was closely monitored. The visit included a thorough understanding of the installation process and the adjustment of the components necessary for the proper operation of the system. Precautions and safety measures were also monitored to ensure safety during installation and maintenance. The research aims to provide vehicle owners with accurate information about the process so that they can make informed decisions about the installation and maintenance of the LPG system in their vehicles.

Keywords: liquefied petroleum gas, maintenance, installation.