

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA BEJAIA
FACULTÉ DE TECHNOLOGIE
DÉPARTEMENT DE GÉNIE MÉCANIQUE

MEMOIRE

PRÉSENTÉ POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME DE

MASTER

FILIÈRE : **GÉNIE MÉCANIQUE**

SPÉCIALITÉ : **ÉNERGÉTIQUE**

PAR :

AKLOUL SOFIANE

SAID RAOUF

Thème

Etude comparative d'un moteur a bicarburation

(Essence / GPL-C)

Soutenu le : **07/10/2020** devant le jury composé de :

Mr. A. DJERRADA	Président
Mr. B. HAMTACHE	Rapporteur
Mr. N. BOUTALBI	Examineur

ANNÉE UNIVERSITAIRE 2019-2020

Remerciement

Nous remercions le bon DIEU

Qui nous a aidé dans

Nos pas, qui nous a donné le courage et

La volonté pour continuer nos études.

Nous tenons expressément et chaleureusement à remercier

Nos parents pour leur soutien et leurs encouragements tout au

long de nos études

Nous tenons particulièrement à remercier le professeur

MR HAMTACHE.B pour l'attention qu'il a apporté à

Notre travail.

Il est également très agréable de remercier toutes personnes

ayant participées de près

Ou de loin à la réalisation de ce travail.

Enfin, nous exprimons nos remerciements à l'ensemble des

enseignants de Génie mécanique,

Ainsi que tous les autres, Qui ont contribué

À notre formation de master.



Dédicace

Je dédie mon mémoire à m'a *précieuse mère*,

Qui a su me soutenir tout au long de mon parcours et qui m'a
encouragé jusqu'au bout,

Merci beaucoup *maman*

À toute m'a famille,

Mes frères et sœur qui ont su rester à mes coté et me donner la bonne
ambiance de travail,

Sans oublier leurs encouragements aussi.

Aux petits *Ramy* et *Sifou*,

À tous mes amis et camarades d'étude,

Et bien-sûr mon binôme *Sofiane*,

Je remercie également *Chcahinez.B* qui m'a aidé à surmonter mes peurs
et m'a m'encouragé et soutenue,

Et à tout le groupe *Samicos*.

Merci.



Je dédie ce modeste travail :

A ma chère mère, mon père, mon petit frère
Yacine et mes sœurs.

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon
respect et l'amour que vous me portez depuis
mon enfance.

A mes grands-parents, mes oncles Smail et
Zoubir, leurs femmes, ma tante et à toute ma
famille Akloul.

A mon binôme Raouf, mes proches et mes chers
collègues.

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de
loin pour que ce projet soit possible, je vous dis
merci.

Sofiane AKLOUL.

Sommaire :

Liste des figures.....	- 3 -
Liste des tableaux.....	- 4 -
Nomenclature.....	- 5 -
Annexe.....	- 7 -
Bibliographie.....	- 8 -
Introduction générale :.....	- 9 -
I. Introduction :.....	- 10 -
I.1. Le moteur à essence :	- 10 -
I.1.1. Histoire :	- 10 -
I.1.2. Définition :.....	- 10 -
I.1.3. Les composants d'un moteur à essence :.....	- 11 -
I.2. Mode de fonctionnement d'un moteur à 2 temps et à 4 temps ⁽²⁾ :.....	- 14 -
I.2.1. Fonctionnement d'un moteur à 2 temps :	- 14 -
I.2.2. Moteur à quatre temps :.....	- 14 -
I.3. Les avantages et inconvénients du moteur à essence :.....	- 15 -
I.3.1. Avantages :	- 15 -
I.3.2. Inconvénients :	- 15 -
I.4. Composantes chimiques de l'essence, diesel et GPL :.....	- 16 -
I.4.1. Définition du moteur diesel ⁽⁶⁾ :.....	- 16 -
I.4.2. Les différentes composantes chimiques :	- 16 -
I.5. Moteurs à bicarburation :	- 16 -
I.6. Production des GPL ⁽⁵⁾ :.....	- 17 -
I.6.1. Les GPL proviennent de deux origines :	- 17 -
I.7. Le moteur GPL-C :.....	- 19 -
I.7.1. Histoire :	- 19 -
I.7.2. Définition :.....	- 19 -
I.8. Moteur GPL et mode de fonctionnement :.....	- 19 -
I.9. Mode d'injection du gaz au moteur :.....	- 19 -
I.10. Le kit de conversion essence/GPL :	- 20 -
I.11. Le coût de l'installation du kit GPL en Algérie :.....	- 24 -
I.12. Les ventes GPL/c :.....	- 24 -
I.13. Les risques du GPL :	- 24 -
I.14. Les avantages et inconvénients du GPL/C ⁽⁷⁾ :.....	- 25 -

I.14.1. Les avantages :	- 25 -
I.14.2. Les inconvénients :	- 25 -
I.15. D'autres différences entre l'utilisation des deux carburants :	- 26 -
I.16. Conclusion :	- 27 -
II. Moteur à essence ⁽⁴⁾ :	- 28 -
II.1. Introduction :	- 28 -
II.2. Paramètre du moteur (ZMZ-4025.10) ⁽⁴⁾ :	- 28 -
II.3. Paramètres thermodynamiques :	- 28 -
II.4. Tableau récapitulatif de l'essence ⁽³⁾ :	- 41 -
II.5. Bilan thermique du moteur à essence :	- 41 -
II.6. Bilan thermique en pourcentage :	- 44 -
II.7. Conclusion :	- 46 -
III. Moteur essence alimenté par le GPL (gaz pétrole liquéfier) ⁽⁵⁾ :	- 47 -
III.1. Introduction :	- 47 -
III.2. Définition :	- 47 -
III.3. Paramètres thermodynamiques :	- 47 -
III.4. Tableau récapitulatif du GPL-C ⁽⁵⁾ :	- 57 -
III.5. Bilan thermique du moteur GPL :	- 57 -
III.6. Bilan thermique en pourcentage :	- 59 -
III.7. Conclusion :	- 60 -
IV. Comparaison :	- 61 -
IV.1. Introduction :	- 61 -
IV.2. Les prix des carburants en Algérie :	- 61 -
IV.3. Tableaux représentatifs des calculs des quatre temps du moteur :	- 62 -
IV.4. Conclusion :	- 65 -
Conclusion générale :	- 66 -

Liste des figures

Figure 1 : Moteur à essence.....	- 11 -
Figure 2 : Bloc moteur.....	- 11 -
Figure 3 : La culasse.....	- 12 -
Figure 4 : Piston.	- 12 -
Figure 5 : La bielle.	- 13 -
Figure 6 : Volant moteur.	- 13 -
Figure 7 : Fonctionnement de moteur à quatre temps.	- 14 -
Figure 8 : Représentation d'un schéma du système bicarburation (GPL-C)	- 17 -
Figure 9 : Différentes formes du réservoir du GPL-C.....	- 22 -
Figure 10 : Polyvanne et ses accessoires.....	- 22 -
Figure 11 : Progression de vente des voitures au GPL-C.....	- 24 -

Liste des tableaux

Tableau 1 : Récapitulatif de l'essence.	- 41 -
Tableau 2 : Bilan thermique du moteur à essence.....	- 44 -
Tableau 3 : récapitulatif du GPL-C.....	- 57 -
Tableau 4 : Bilan thermique du moteur GPL-C.....	- 59 -
Tableau 5 : Tableau représentatif des prix des carburants de 2015 à 2020.....	- 61 -
Tableau 6 : Admission	- 62 -
Tableau 7 : compression	- 63 -
Tableau 8 : combustion.....	- 63 -
Tableau 9 : détente	- 64 -
Tableau 10 : paramètre indiqué et effectif	- 64 -

Nomenclature

α : Coefficient de l'excès d'air. (Sans unité)

η_v : Facteur de remplissage. (%)

η_m : Efficacité mécanique. (%)

Q_h : Le pouvoir calorifique du combustible. (kJ/kg)

P_r : La pression des gaz résiduels. (MPa)

T_r : La température des gaz résiduels. (°K)

ρ_0 : La masse volumique de l'air. (kg/m³)

ΔP_a : Les pertes de charge à l'admission. (MPa)

P_a : La pression à la fin de l'admission. (MPa)

γ_r : Le coefficient des gaz résiduels. (Sans unité)

T_a : La température à la fin de l'admission. (°K)

ζ : Le taux de remplissage. (Sans unité)

P_c : La pression à la fin de la compression. (MPa)

T_c : La température à la fin de la compression. (°K)

μ_{vc} : La capacité calorifique moyenne de l'aire à la fin de la compression. (kJ/kmol.°K)

μ_{vz} : La capacité calorifique moyenne des gaz résiduels à la fin de la combustion.

(kJ/kmol.°K)

Q : La quantité de chaleur transmise aux gaz. (kJ/kg)

ξ : Le coefficient d'utilisation de chaleur. (Sans unité)

ΔQ_h : La quantité de chaleur perdu du aux imbrulés. (kJ/kg)

T_z : La température à la fin de la combustion. (°K)

P_z : La pression à la fin de la combustion. (MPa)

P_{zr} : La pression réelle à la fin de la combustion. (MPa)

P_b : La pression à la fin de la détente. (MPa)

T_b : La température à la fin de la détente. (°K)

P'_i : La pression moyenne théorique indiqué du cycle. (MPa)

η_i : Le rendement indiqué du cycle. (%)

g_i : La consommation spécifique indiquée du combustible. (g/kWh)

P_m : La pression moyenne des pertes mécaniques. (MPa)

P_e : La pression moyenne effective. (MPa)

η_m : Le rendement mécanique. (%)

η_e : Le rendement effectif. (%)

g_e : La consommation spécifique du combustible. (g/kWh)

V_h : La cylindrée unitaire. (l)

N_e' : La puissance effective du moteur. (kW)

W_{mp}' : La vitesse moyenne du piston. (m/s)

M_e : La puissance (couple moteur). (N.m)

G_T : La consommation horaire du combustible. (kg/h)

n : La vitesse de rotation. (tr/min)

Q_0 : La quantité totale dégagée par le combustible dans le moteur. (kJ/kg)

Q_{ref} : La quantité de chaleur cédée au système de refroidissement. (kJ/kg)

Q_g : la quantité de chaleur emportée par les gaz d'échappement. (kJ/kg)

Q_{ci} : de la quantité de chaleur non dégagée dans le moteur en raison de la combustion. (kJ/kg)

Q_{rest} : La quantité de chaleur restante. (kJ/kg)

GPL : gaz pétrole liquide.

GNL : gaz naturel liquide.

Gaz E : Gaz éthanol.

Annexe

Tableau 5

Température, °C	La capacité calorifique moyenne des produits de combustion de l'essence, kJ/(kmole.°c), sous α											
	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25
0	21,683	21,786	21,880	21,966	22,046	22,119	22,187	22,123	22,065	22,011	21,962	21,916
100	21,902	22,031	22,149	22,257	22,356	22,448	22,533	22,457	22,388	22,325	22,266	22,216
200	22,140	22,292	22,431	22,559	22,676	22,784	22,885	22,796	22,722	22,650	22,584	22,523
300	22,445	22,618	22,776	22,921	23,055	23,173	23,293	23,200	23,115	23,036	22,964	22,898
400	22,777	22,968	23,143	23,303	23,450	23,586	23,712	23,613	23,521	23,437	23,360	23,289
500	23,138	23,345	23,534	23,707	23,867	24,014	24,150	24,045	23,948	23,859	23,777	23,702
600	23,507	23,727	23,929	24,113	24,284	24,440	24,586	24,475	24,373	24,280	24,193	24,114
700	23,882	24,115	24,328	24,523	24,702	24,868	25,021	24,905	24,798	24,700	24,610	24,527
800	24,249	24,493	24,715	24,919	25,107	25,280	25,441	25,319	25,208	25,106	25,012	24,925
900	24,608	24,861	25,092	25,304	25,500	25,680	25,847	25,720	25,604	25,498	25,400	25,309
1000	24,949	25,211	25,449	25,668	25,870	26,056	26,229	26,098	25,977	25,867	25,766	25,672
1100	25,276	25,545	25,791	26,016	26,224	26,415	26,593	26,457	26,333	26,219	26,114	26,016
1200	25,590	25,866	26,118	26,349	26,562	26,758	26,940	26,800	26,672	26,554	26,446	26,345
1300	25,887	26,168	26,426	26,662	26,879	27,080	27,265	27,121	26,989	26,868	26,757	26,653
1400	26,099	26,456	26,719	26,959	27,180	27,385	27,574	27,426	27,291	27,166	27,051	26,945
1500	26,436	26,728	26,995	27,240	27,465	27,673	27,866	27,714	27,575	27,447	27,330	27,221
1600	26,685	26,982	27,253	27,501	27,729	27,941	28,136	27,981	27,836	27,708	27,588	27,477
1700	26,924	27,225	27,499	27,751	27,983	28,197	28,395	28,236	28,091	27,958	27,835	27,722
1800	27,147	27,451	27,728	27,983	28,218	28,434	28,634	28,473	28,324	28,188	28,063	27,948
1900	27,359	27,667	27,948	28,205	28,442	28,661	28,836	28,698	28,548	28,409	28,282	28,164
2000	27,559	27,870	28,153	28,413	28,652	28,873	29,078	28,910	28,757	28,616	28,487	28,367
2100	27,752	28,065	28,351	28,613	28,854	29,077	29,283	29,113	28,958	28,815	28,684	28,562
2200	27,935	28,251	28,539	28,803	29,046	29,270	29,478	29,306	29,148	29,004	28,870	28,747
2300	28,104	28,422	28,712	28,978	29,223	29,449	29,658	29,484	29,324	29,177	29,042	28,917
2400	28,268	28,588	28,879	29,147	29,394	29,621	29,832	29,655	29,494	29,345	29,209	29,082
2500	28,422	28,744	29,037	29,305	29,553	29,782	29,993	29,815	29,652	29,502	29,364	29,236
2600	28,570	28,892	29,187	29,458	29,706	29,936	30,149	29,969	29,804	29,653	29,513	29,384
2700	28,711	29,036	29,332	29,604	29,854	30,085	30,298	30,116	29,950	29,797	29,657	29,527
2800	28,847	29,173	29,470	29,743	29,994	30,226	30,440	30,257	30,090	29,936	29,794	29,663

Tableau 6

Température, °C	La capacité calorifique moyenne des produits de combustion du Diesel, kJ/(kmole.°c), sous α											
	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6
0	22,184	22,061	21,958	21,870	21,794	21,728	21,670	21,572	21,493	21,428	21,374	21,328
100	22,545	22,398	22,275	22,169	22,078	21,999	21,929	21,812	21,717	21,640	21,574	21,519
200	22,908	22,742	22,602	22,482	22,379	22,289	22,210	22,077	21,970	21,882	21,808	21,745
300	23,324	23,142	22,989	22,858	22,745	22,647	22,560	22,415	22,300	22,202	22,121	22,052
400	23,750	23,554	23,390	23,249	23,128	23,022	22,930	22,774	22,648	22,544	22,457	22,384
500	24,192	23,985	23,811	23,662	23,533	23,421	23,322	23,157	23,023	22,914	22,822	22,743
600	24,631	24,413	24,229	24,073	23,937	23,819	23,716	23,541	23,401	23,285	23,188	23,106
700	25,069	24,840	24,648	24,484	24,342	24,218	24,109	23,927	23,780	23,659	23,557	23,471
800	25,490	25,251	25,050	24,879	24,731	24,602	24,488	24,298	24,144	24,018	23,912	23,822
900	25,896	25,648	25,439	25,261	25,107	24,973	24,855	24,657	24,487	24,366	24,256	24,162
1000	26,278	26,021	25,804	25,620	25,460	25,321	25,199	24,993	24,828	24,692	24,578	24,481
1100	26,641	26,375	26,151	25,960	25,795	25,652	25,525	25,313	25,142	25,001	24,883	24,783
1200	26,987	26,713	26,482	26,286	26,116	25,967	25,837	25,618	25,442	25,296	25,175	25,071
1300	27,311	27,029	26,792	26,589	26,415	26,262	26,128	25,903	25,722	25,572	25,447	25,341
1400	27,618	27,328	27,085	26,877	26,698	26,541	26,404	26,173	25,986	25,833	25,705	25,596
1500	27,907	27,610	27,361	27,148	26,965	26,805	26,664	26,427	26,237	26,080	25,948	25,836
1600	28,175	27,873	27,618	27,400	27,212	27,049	26,905	26,663	26,468	26,308	26,173	26,059
1700	28,432	28,123	27,863	27,641	27,449	27,282	27,135	26,888	26,690	26,526	26,389	26,272
1800	28,669	28,354	28,089	27,863	27,668	27,497	27,348	27,096	26,894	26,727	26,587	26,469
1900	28,895	28,575	28,305	28,076	27,877	27,704	27,552	27,296	27,090	26,921	26,781	26,658
2000	29,107	28,782	28,508	28,275	28,073	27,898	27,743	27,483	27,274	27,102	26,958	26,835
2100	29,310	28,980	28,703	28,466	28,262	28,083	27,926	27,663	27,451	27,276	27,130	27,005
2200	29,503	29,169	28,888	28,648	28,441	28,260	28,101	27,834	27,619	27,442	27,294	27,168
2300	29,680	29,342	29,057	28,815	28,605	28,422	28,261	27,991	27,774	27,595	27,444	27,317
2400	29,851	29,510	29,222	28,976	28,764	28,580	28,411	28,144	27,924	27,743	27,591	27,462
2500	30,011	29,666	29,375	29,127	28,913	28,726	28,562	28,286	28,064	27,881	27,728	27,598
2600	30,164	29,816	29,523	29,272	29,056	28,868	28,702	28,424	28,199	28,015	27,860	27,729
2700	30,311	29,960	29,664	29,412	29,194	29,004	28,837	28,557	28,331	28,144	27,988	27,856
2800	30,451	30,097	29,799	29,546	29,326	29,135	28,966	28,684	28,456	28,269	28,111	27,978

Bibliographie

1° Calcule des moteurs à allumage par étincelles, Instructions méthodiques pour la conception des cours et des diplômes (Université d'état transnistré). Russie.

2° Etude prospective de la gouvernance des parties prenantes du marché du gaz de pétrole liquéfié carburant (GPL/C) en Algérie

3° Ministère de l'éducation de la Fédération de Russie Université d'État de Vladimir
(Calcul des moteurs à pistons combustion interne)

4° Centre Universitaire Belhadj Bouchaib d'Ain-Temouchent Institut des Sciences et de la Technologie Département de Génie Mécanique (Etude des performances mécaniques et énergétiques d'un moteur d'automobile à hydrogène)

5° Ministère de l'éducation et des sciences de la fédération de Russie agence fédérale pour l'éducation (Calcul thermique des moteurs automobiles à gaz) " Université d'état d'Orenbourg "

6° Ministère de l'éducation et des sciences de la fédération de Russie ; Etablissement d'enseignement professionnel supérieur budgétaire de l'état fédéral, Université technique d'Etat de Tambov (Calcul thermique et équilibre thermique d'un moteur diesel).

7° site officielle du gaz et de l'environnement :

<https://www.gaz-mobilite.fr/dossiers/fonctionnement-voiture-gpl/>

Introduction générale :

Une voiture est une machine créée par l'homme pour satisfaire ses besoins quotidiens comme parcourir de grandes distances ou transporter des objets lourds, et d'autres façons d'utiliser cette dernière, mais pour faire marcher notre véhicule on a besoin d'une autre machine qu'on appelle un moteur, et c'est lui qui fait fonctionner tout le reste.

Ce moteur comme beaucoup d'autres machines à besoin d'être alimenté pour pouvoir fonctionner, et pour cela on utilise des carburants qui sont des combustibles qui, mélangé à un comburant permet de mettre en combustion rapide un mélange gazeux dans un moteur en transformant l'énergie chimique du carburant en énergie mécanique ou en poussée.

Au fur du temps, ces mêmes carburants ont connu des évolutions et on a découvert d'autres types de carburants, nous qui avant déjà connu l'essence et le gasoil, ou avons encore on a eu le charbon comme carburants pour les trains à vapeur par exemple, on a développé les gaz comme carburants, et parmi eux le GPL (gaz pétrole liquéfié), GNL (gaz naturelle liquéfié) ou encore les biocarburants à base d'alcool (bioéthanol) ou d'huile (biodiesel) et beaucoup d'autres qui ont été mis en place pour à chaque fois satisfaire des besoins que demande le marché de l'automobile.

Bien sûr avec toutes ces types de carburants, on trouve aussi différents modèles de voitures et engins qui sont adaptés à chacun de ses carburants, et au milieu de tout ça une nouvelle tendance à vue le jour, on appelle ça les véhicules à bicarburation, alors c'est quoi ?

On dit d'un véhicule qu'il est à bicarburation, celui qui utilise deux différents carburants dans la même voiture, et le plus répandu et réussi, est l'association de l'essence au GPL-C.

Cette nouvelle façon de faire tourner notre moteur est-elle sans inconvénients ? et pourrions-nous mieux exploiter notre machine, et est-elle sans risque pour l'humain et pour l'environnement ?

Dans les chapitres qui suivent, on va voir de plus près de quoi est constitué un moteur et étudier tous les paramètres qui nous donneront un meilleur bilan thermique pour un meilleur rendement. On va aussi voir comment installer nos deux carburants dans une même voiture et comment peut-elle rouler sans risque.

Pour finir, on va tout simplement faire la comparaison entre l'essence et le GPL-C, dans différents domaines, comme le coût de l'installation, le prix des deux carburants, l'entretien, la sécurité, le rendement, et d'autres critères encore que nous allons étudier.

Donc pour résumé, la méthodologie de notre travail se fera comme suite :

- Chapitre I : Généralité sur les moteurs
- Chapitre II : Calcul thermique d'un moteur à essence
- Chapitre III : Calcul thermique d'un moteur à gaz (GPL-C)
- Chapitre IV : Comparaison.

I. Introduction :

On appelle moteur toute machine transformant l'énergie fournie sous une certaine forme (électrique, thermique) en énergie mécanique.

Un moteur thermique délivre de l'énergie mécanique (c'est-à-dire un travail) à partir de la chaleur, produite le plus souvent par la combustion d'un carburant (essence, kérosène, charbon ou encore hydrogène). Cette énergie mécanique servira aussi bien à propulser une automobile, à faire voler un avion, qu'à entraîner un alternateur produisant du courant électrique. Son rendement, c'est-à-dire le travail qu'il fournit par rapport à la quantité de chaleur qu'il consomme, est de l'ordre de 30 %.

I.1. Le moteur à essence :

I.1.1. Histoire :

L'ingénieur belge Étienne Lenoir fabrique en 1860 le premier moteur à allumage commandé.

Le 24 janvier 1860 Étienne Lenoir dépose le brevet d'un " système de moteurs à un deux temps dilaté par la combustion des gaz enflammés par l'électricité" mais sans compression préalable des gaz.

Le 16 janvier 1862 le physicien Alphonse Beau de Rochas publie la théorie du moteur à allumage commandé à quatre temps, avec compression des gaz c'est le principe des moteurs essence actuels.

Mais c'est finalement l'ingénieur allemand Nikolaus Otto qui construit et met au point le premier moteur à allumage commandé fondé sur ce principe, en 1864 puis les moteurs à allumage commandé sont installés à partir de 1886 sur les premières automobiles par les futurs constructeurs : Goettlieb Daimler, Carl Benz, Armand Peugeot, les frères Renault, Panhard et le vassor.

I.1.2. Définition :

Le moteur à essence est un moteur à allumage commandé qui utilise l'essence comme carburant, Comme il précédemment, c'est un moteur thermique connu de tout le monde, mais beaucoup ne connaissent pas ses avantages, et inconvénients, et c'est ce qu'on va vous expliquer ci-dessous avec quelques autres points⁽²⁾. Et cette figure (1) représente notre moteur :



Figure 1 : Moteur à essence.

I.1.3. Les composants d'un moteur à essence :

Comme notre véhicule est à bicarburant, donc c'est le même moteur qui tourne à l'essence et au GPL, ce qui fait que les mêmes composants qui sont comme suite :

Le bloc moteur :

On l'appelle également " BLOC- CYLINDRES " ou " CARTER-CYLINDRES ".



Figure 2 : Bloc moteur.

Il sert de support à tous les organes principaux (piston, vilebrequin, ...) et aux organes annexes (démarreur, conduits, ...).

C'est la pièce-maîtresse du moteur, le " châssis " de celui-ci.

Le cylindre :

- Il sert de glissière au piston.
- Il contient les gaz et permet leur évolution.
- Il détermine la cylindrée unitaire.

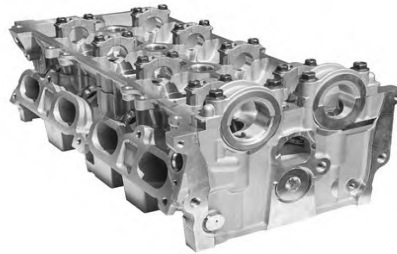
La culasse :

Figure 3 : Culasse.

Elle assure la fermeture des cylindres dans leur partie supérieure, et contient la chambre de combustion.

- _ Elle permet la circulation des gaz : conduits ou chapelles.
- _ Elle reçoit tout ou partie de la distribution.
- _ Elle reçoit la bougie d'allumage.
- _ Elle doit évacuer une quantité importante de chaleur (combustion = 2000°C).

Le piston :

Compression des gaz frais grâce à la force de la bielle ($P = F / S$).

- _ Transformation de la pression des gaz enflammés en une force ($F = P \cdot S$).
- _ Le déplacement de la force permet au moteur de fournir un travail ($W = F \cdot d$).



Figure 4 : Piston.

La bielle :

Elle transmet la force du piston au vilebrequin.

- _ Elle participe à la transformation du mouvement.



Figure 5 : Bielle.

Le vilebrequin :

Il reçoit l'effort transmis par les pistons et les bielles et fournit un mouvement circulaire en sortie du moteur.

_ Il entraîne en rotation certains accessoires (ex : pompe à huile, distributeur d'allumage etc....).

Le volant moteur :

Le volant moteur est une masse d'inertie servant à régulariser la rotation du vilebrequin.

_ Le volant a également d'autres fonctions secondaires :

- il porte la couronne de lancement du démarreur.
- il porte le système d'embrayage et possède une surface d'appui pour le disque.
- il porte parfois le repère de calage d'allumage ou le déclenchement du repère P.M.H.



Figure 6 : Volant moteur.

I.2. Mode de fonctionnement d'un moteur à 2 temps et à 4 temps⁽²⁾ :

I.2.1. Fonctionnement d'un moteur à 2 temps :

Comme leur nom l'indique, les moteurs à deux temps ne comptent que deux phases dans leur processus de combustion. Ces types de moteurs équipent principalement les motos et d'autres types de deux roues motorisés.

1er temps : admission, aspiration et compression

Le mélange huile, carburant et air est admis dans la chambre de combustion suite au mouvement d'aspiration créé par la dynamique du piston. Le mélange est de nouveau compressé et remonte vers la bougie.

2eme temps : compression, combustion, détente et échappement

Le moteur comprime le mélange de carburant, d'air et d'huile, dont la fonction est de lubrifier l'ensemble du mécanisme. La combustion se produit de la même façon que pour les moteurs à 4 temps, grâce à une bougie. Le piston est éjecté vers le bas et la fumée résultant du processus est rejetée par l'échappement.

I.2.2. Moteur à quatre temps :

Utilisés dans l'automobile et l'aviation, les moteurs 4 temps fonctionnent par cycles comme pour le moteur 2 temps. Ces moteurs à combustion interne (le mélange d'air et carburant brûle à l'intérieur des cylindres) ou explosion sont soumis à 4 étapes identiques à celles du moteur 2 temps mais dans un laps de temps plus long. Voici une représentation du fonctionnement de ce type de moteur dans la figure (7) :

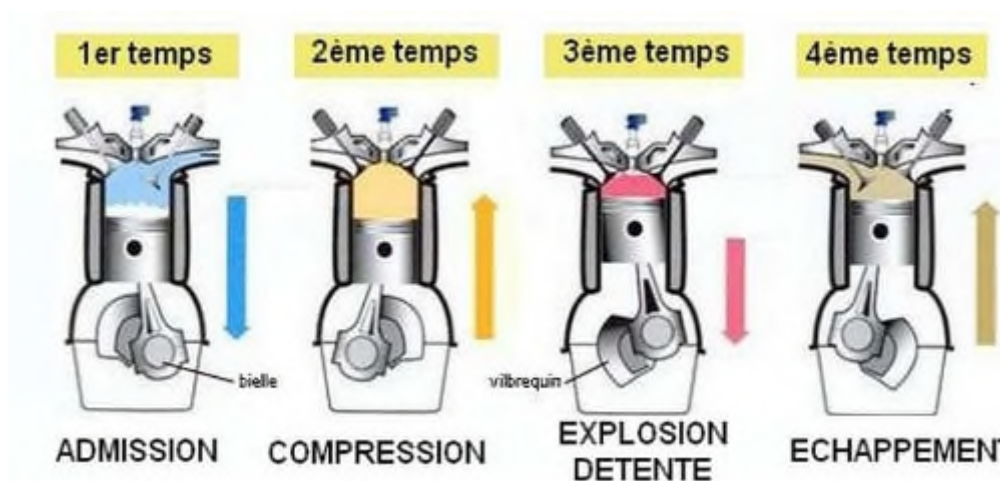


Figure 7 : Fonctionnement de moteur à quatre temps.

a) Admission des gaz frais : La soupape d'admission s'ouvre tandis que le piston aspire l'air dans sa descente, comme le ferait une pompe à vélo. Avec un carburateur ou une injection indirecte, de l'essence est préalablement vaporisée dans l'aire d'admission pour

former un mélange gazeux dit « carburé ». Dans le cas de l'injection directe, l'essence sera vaporisée directement dans le cylindre ou la culasse au début de la phase suivante.

b) Compression : La soupape d'admission s'étant refermée, le piston remonte et comprime fortement le mélange gazeux, désormais prisonnier dans le cylindre, puis la culasse.

c) Détente : Lorsque le piston atteint le point mort haut (PMH), la bougie d'allumage produit une étincelle dont la chaleur enflamme le mélange gazeux pré-comprimé. La combustion peut alors atteindre des températures de plus de 1 000 °C. L'élévation de pression qui en résulte va repousser le piston vers son point mort bas (PMB) qui va entraîner le vilebrequin sur un demi-tour via sa liaison par la bielle articulée sur deux pivots. Il s'agit du seul temps moteur utile.

d) Echappement : Toujours par inertie de rotation, le vilebrequin entraîne à nouveau le piston du PMB vers son PMH via la bielle. Pour éviter une compression parasite des gaz d'échappement, la soupape est ouverte un peu avant le PMB pour leur évacuation. On parle donc « d'avance ouverture échappement » (AOE).

I.3. Les avantages et inconvénients du moteur à essence :

I.3.1. Avantages :

-La facilité d'utilisation et de maintenance de ce type de moteur explique également son succès. Aussi, ces moteurs ne sont pas délicats et fonctionnent sans problème avec divers carburants.

-Le moteur essence est relativement plus silencieux qu'un moteur diesel.

-Le moteur à allumage commandé est plus vif lorsqu'il est froid par rapport à un moteur diesel, car l'allumage se fait par l'intermédiaire d'une bougie. Le démarrage à froid est meilleur pour un moteur à explosion essence.

-Une voiture essence neuve est moins chère à l'achat qu'une voiture diesel neuve (environ 10%).

I.3.2. Inconvénients :

-La combustion entraîne le rejet de gaz potentiellement polluants (**CO₂, HC, CO, NO₂**).

-Les moteurs à explosion utilisent généralement un carburant d'origine fossile. Cette source d'énergie n'est pas renouvelable, donc son prix ne va cesser d'augmenter.

I.4. Composantes chimiques de l'essence, diesel et GPL :

Avant de parler des composantes chimiques du diesel, faut savoir c'est quel genre de moteur et pour sa voici une petite définition :

I.4.1. Définition du moteur diesel⁽⁶⁾ :

Le moteur diesel appelé également moteur à allumage par compression est un moteur à combustion interne dont l'allumage est spontané lors de l'injection du carburant, par phénomène d'auto-inflammation lié aux températures élevées dans la chambre de combustion. Celles-ci sont atteintes grâce à un fort taux de compression (rapport volumétrique de 14 à 25), permettant d'obtenir une température de 700 à 900 °C.

I.4.2. Les différentes composantes chimiques :

Ils se différencient par leurs caractéristiques chimiques ainsi que par le type de moteurs qu'ils alimentent.

L'essence est composée d'un mélange d'hydrocarbures légers, majoritairement de l'heptane (C_7H_{16}), tandis que le gazole est constitué d'hydrocarbures plus lourds répartis autour du cétane ($C_{16}H_{34}$). Ils sont tous deux produits à partir de pétrole brut dont les composantes sont extraites en différentes coupes par distillation. Les produits résultant sont ensuite soumis à un certain nombre de transformations pour en améliorer la qualité.

Pour ce qui est du GPL, l'appellation « Gaz de Pétrole Liquéfiés » ou (*LPG* en anglais) peut qualifier deux gaz à l'état liquide : le propane (C_3H_8) et le butane (C_4H_{10}). Ce sont tous les deux des hydrocarbures « saturés » qui sont composés de liaisons simples d'atomes de carbone et d'hydrogène. Ils présentent l'intérêt de se liquéfier sous une pression moins forte que les autres gaz (notamment le méthane) : entre 1,5 et 7 bar, soit une pression équivalente à celle de l'eau du robinet ou à celle de l'air dans un pneu.

I.5. Moteurs à bicarburation :

Les moteurs à bicarburation sont des moteurs qui utilisent simultanément deux carburants, comme le montre la figure (8), par exemple essence/GPL ou bien essence/GNL pour donner une meilleure approche de ces véhicules, voyons de plus près comment ça marche, et pour ça on va prendre le type essence/GPL. Lorsque le conducteur du véhicule GPL démarre, la voiture

est en mode essence. Une fois que la température du moteur dépasse les 40°C, le véhicule passe automatiquement en mode GPL.

Les véhicules GPL n'émettent pas de particules polluantes. Par rapport à une voiture essence, la voiture GPL émet 18% de Nox de moins.

Le GPL est constitué de 50% de butane et 50% de propane. Il consomme environs 20% de carburant de plus qu'un véhicule essence, en revanche il est vendu deux fois moins cher que l'essence. Les émissions de CO₂ d'un véhicule GPL sont inférieures d'environ 18% à celle d'un véhicule essence.

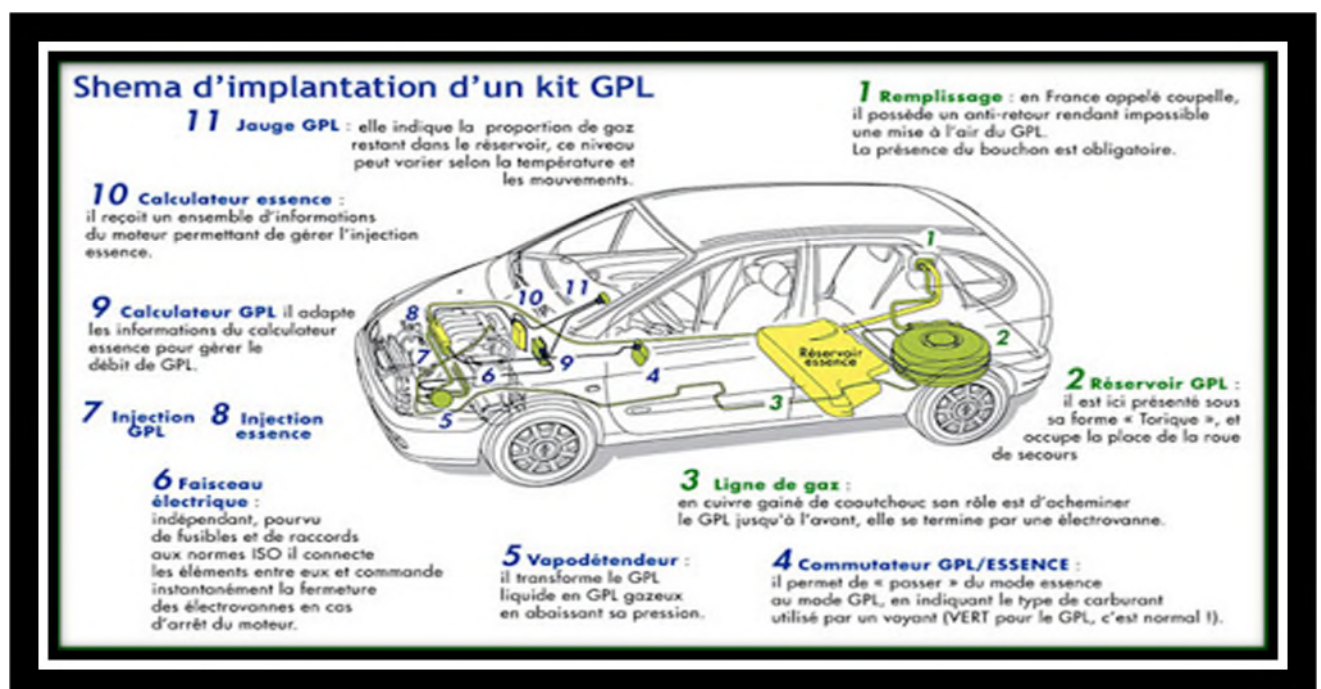


Figure 8 : Représentation d'un schéma du système bicarburant (GPL-C)

I.6. Production des GPL ⁽⁵⁾ :

I.6.1. Les GPL proviennent de deux origines :

- **Les champs de gaz** (pour plus de 60%). En moyenne, un champ de gaz naturel fournit près de 90 % de méthane (CH₄) mais aussi 5 % de propane et 5 % d'autres gaz dont le butane. Schématiquement, on refroidit le gaz naturel extrait pour en séparer les différents constituants. On obtient alors des GPL (butane et propane à l'état liquide) alors que le méthane se trouve encore à l'état gazeux, ces gaz ayant des points de liquéfaction différents. Du butane et du propane sont également récupérés lors de l'extraction de pétrole, sous forme de gaz associés dissous (d'où l'appellation de gaz

« de pétrole » liquéfiés). Les pourcentages de butane et de propane contenus dans le gaz naturel et le pétrole brut sont très variables d'un gisement à un autre ;

- **Les raffineries de pétrole** (pour moins de 40%). Lors du raffinage du pétrole brut, le butane et le propane constituent entre 2 et 3 % de l'ensemble des produits obtenus. Ils constituent les coupes les plus légères issues de la distillation du pétrole brut. Ces gaz sont également récupérés à l'issue d'opérations de traitement « secondaires », après la phase de distillation. Selon sa provenance, une tonne de pétrole brut traitée produit 20 à 30 kg de GPL.

I.7. Le moteur GPL-C :

I.7.1. Histoire :

Les industries gazières et pétrolières ne se sont intéressées que tardivement à l'industrie des GPL, les gaz butane et propane. Si l'aventure du gaz naturel a commencé à l'orée du XIX^e siècle. En 1911, un chimiste américain, Walter Snelling, démontre que la présence de propane et de butane dans l'essence est à l'origine de l'évaporation. Il développe rapidement une méthode pour séparer ces gaz de l'essence. La première production de GPL pour leur utilisation remonte aux années 20 et il faudra attendre les années 50 pour que commencent des échanges commerciaux d'envergure. Si, en France, l'entreprise Liotard invente et commercialise en 1934 la première bouteille de gaz butane via sa filiale Primagaz, il faudra attendre le milieu des années 40 pour que l'utilisation des GPL débute véritablement.

Limitée pendant une trentaine d'année à une commercialisation régionale, la crise pétrolière de 1973 marque un tournant pour l'industrie des GPL avec la prise de conscience de leurs intérêts par les pays pétroliers. Les années 80 se révélèrent être une période d'expansion considérable des exportations de GPL dans le monde.

I.7.2. Définition :

Comme le diesel ou l'essence, le GPL-C sert de carburant pour des véhicules, majoritairement des voitures ou utilitaires. Peu cher et plus propre que d'autres carburants, il est utilisé par des véhicules équipés d'un système bicarburant, c'est-à-dire fonctionnant à l'essence et au GPL carburant.

I.8. Moteur GPL et mode de fonctionnement :

L'unité de contrôle, le calculateur électronique et le système de distribution du gaz assurent automatiquement la gestion des deux carburants. Lorsque le conducteur du véhicule GPL démarre, la voiture est en mode essence. Une fois que la température du moteur dépasse les 40°, le véhicule passe automatiquement en mode GPL.

Les véhicules GPL n'émettent pas de particules polluantes. Par rapport à une voiture essence, la voiture GPL émet 18% de Nox de moins.

Le GPL est constitué de 50 % de butane et 50 % de propane. Il consomme environ 20 % de carburant de plus qu'un véhicule essence, en revanche il est vendu deux fois moins cher à la pompe que l'essence. Les émissions de CO₂ d'un véhicule GPL sont inférieures d'environ 18% à celle d'un véhicule essence ⁽²⁾.

I.9. Mode d'injection du gaz au moteur :

Aujourd'hui, il existe trois technologies utilisées pour alimenter un véhicule GPL :

Fonctionnement du moteur GPL en phase gazeuse :

Dans ce cas, le moteur démarre en utilisant l'essence jusqu'à une certaine température du liquide de refroidissement moteur. Arrivée à cette valeur, l'alimentation bascule automatiquement sur les injecteurs supplémentaires dédiés au gaz GPL. La transition est invisible pour le conducteur. À tout moment, ce dernier peut choisir son carburant selon les indications des deux jauges des deux réservoirs respectifs.

Fonctionnement du moteur GPL en phase liquide et injection indirecte :

Techniquement, tous les éléments précédents sont repris, sauf bien sûr le vaporisateur détenteur devenu inutile, tandis que les injecteurs, le calculateur dédié et leurs débits sont adaptés au GPL liquide.

À l'instar de l'injection indirecte d'essence, la version GPL possède sa propre pompe intégrée au réservoir de carburant, ainsi qu'un régulateur de pression avec son circuit de retour.

Grâce à l'injection indirecte en phase liquide, on peut donc démarrer directement sur le carburant GPL. Ce système réduit à néant l'écart de performance entre les deux carburants. Ce système est plus connu sous les initiales LPI pour liquide propane injection chez le spécialiste allemand des carburants alternatifs Vialle.

Fonctionnement du moteur GPL en phase liquide et injection directe :

Ici, un sélecteur de carburant, appelé FSU chez Vialle, commandé par un bouton depuis le tableau de bord permet de choisir entre l'essence et le GPL. Dans ce dernier cas, le GPL en phase liquide remplace l'essence à partir du sélecteur FSU. De cette façon, on réutilise la pompe haute pression et les injecteurs directs du moteur d'origine afin de réduire la complexité du système et son coût final.

Bien sûr, avec un tel système on peut également démarrer directement avec du GPL et profiter des avantages de l'injection directe classique en réduction de la consommation en particulier à froid et durant la montée en température du moteur (cas typique en ville).

I.10. Le kit de conversion essence/GPL :

C'est un ensemble d'organes qui sont installés dans le coffre et sur les moteurs des véhicules qui permet la carburation au GPL. Cet ensemble est divisé en deux parties appelée : kit avant et kit arrière.

Le choix du kit de conversion :

Le choix du type de conversion est en fonction de :

- La marque du véhicule à convertir
- De l'année de fabrication
- Du type de carburation employé

Le kit avant est constitué de :

- Un détendeur de vaporisateur
- Une électrovanne GPL avec filtre
- Une électrovanne essence
- Mélangeur
- Une boîte de commutation gaz/essence avec starter, câble et fusible de rotation
- Un tuyau cuivre gainé (pour GPL haute pression)
- Un tuyau eau avec collier pour T (raccordement d'eau)
- Un tuyau GPL (phase gaz)
- Un tuyau essence

Le kit arrière :**Le réservoir :**

- Un réservoir de forme cylindrique ou torique (figure 4) permettant de stocker le GPL à l'état liquide, fabriqué selon des normes de fabrication des appareils à pression de gaz et prenant en considération la réglementation algérienne en vigueur, subira durant et à la fin de fabrication des contrôles réglementaire et tests très poussés par le constructeur en présence des services mines imposera la date et la pression d'épreuve, et dont il faudra refaire au bout de cinq (9) an.
- Le réservoir est doté d'un orifice avec un platine conçu spécialement de manière à permettre le montage des accessoires d'exploitation de contrôle et de sécurité du réservoir.



Figure 9 : Différentes formes du réservoir du GPL-C.

La polyvanne :

La polyvanne dans la figure (5) est montée dans un boîtier étanche qui empêche d'abord toute fuite dans le coffre du véhicule en l'évacuant à l'extérieur à travers un flexible et une buse d'aération de forme biseautée, et elle regroupe plusieurs ensemble d'organe qui a pour fonction :

- De remplir et d'arrêter le remplissage du réservoir lorsque le niveau liquide atteint 80% du volume totale du réservoir.
- D'assurer le maintien de GPL dans le réservoir ou de permettre son passage vers le moteur et en option une électrovanne barrage.
- D'arrêter toute fuites liquide importante et accidentelle en sortie du réservoir par un limiteur de débit.
- De jauger le niveau de GPL en % restant dans le réservoir.
- De protéger le réservoir contre éventuels excès de pression.



Figure 10 : Polyvanne et ses accessoires.

La jauge :

Indique au conducteur en % la quantité liquide de GPL restante dans le réservoir. La liaison entre l'intérieur du réservoir et le cadran de la jauge s'effectue par un aimant afin d'éviter une liaison mécanique propice aux fuites.

La soupape de sécurité :

Elément de protection du réservoir contre les éventuels excès de pression interne. Lorsque la pression du réservoir dépasse la pression de tarage, le clapet se soulève et libère une quantité de gaz faisant ainsi chuter la pression interne.

Un bouchon en plastique protège la soupape, sa pression permet de vérifier qu'il n'y a pas eu de surpression. La soupape de sécurité est tarée entre 17 et 20 bars.

Le boîtier d'étanchéité :

Les éléments équipant le réservoir sont protégés par un boîtier de sécurité destiné à sécuriser les passagers et le véhicule dans le cas d'éventuelles fuites de raccordements ou de la soupape de sécurité. Il doit être toujours fermé. Les fuites éventuelles de gaz sont rejetées directement vers l'extérieur.

Les tubes biseautés :

Sont des éléments servant à :

- Evacuer par dépression les éventuelles fuites de gaz se trouvant dans le boîtier d'étanchéité et même dans le coffre du véhicule
- Assurer le passage pour l'acheminement de canalisation d'alimentation du réservoir, et de départ de gaz vers le moteur.

Les tubes biseautés sont installés sur le plancher de la male, et doivent déboucher à l'air libre sous le véhicule à une distance d'au moins 30 cm du conduit d'échappement.

Ces voitures peuvent être directement achetées en « bicarburation » ou transformées par des installateurs spécialisés grâce à un kit GPL, même si la voiture n'avait qu'un moteur fonctionnant à l'essence lors de son achat.

I.11. Le coût de l'installation du kit GPL en Algérie :

La sarl Ghazal GPL offre l'installation d'un kit GPL au prix promotionnel de 58.000 DZD (paiement cash) pour tous véhicules équipés d'un moteur 3 et 4 cylindres avec une cylindrée comprise entre 800cm et 1.8L, l'offre concerne un réservoir cylindrique d'une capacité de 58 litres, deux autres types de réservoir torique de 53 et 39 litres sont aussi disponible mais à un prix plus élevé.

I.12. Les ventes GPL/c :

Les carburants routiers distribués sur le marché national comprennent 3 types d'essence (essence normale, essence super et essence sans plomb), le gasoil et le GPL carburant (sirghaz). Le marché national des carburants : est constitué de 75% de gasoil, 22% d'essences et 3% de GPL/C.

Etude prospective de la gouvernance des parties prenantes du marché du gaz de pétrole liquéfié carburant (GPL/C) en Algérie est montrée dans la figure (6) ci-dessous :

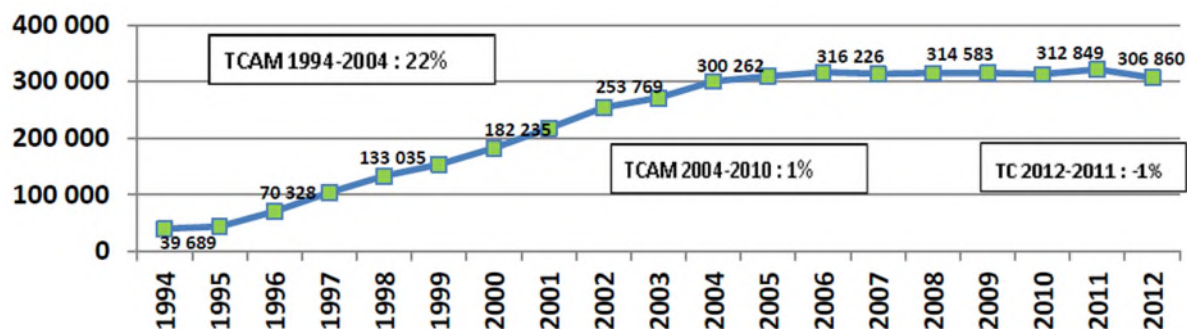


Figure 11 : Progression de vente des voitures au GPL-C.

Durant la période 1994-2005, les ventes GPL/c ont connu une tendance haussière avec un taux de croissance annuel moyen de 22%.

Par contre à partir de 2005, un tassement des ventes est affiché, soit une consommation moyenne de 313 000 tonnes/an, Cette situation s'explique par : la diésélisation du parc automobile, indisponibilité des kits de conversion, fermeture de stations-service pour travaux de rénovation.

I.13. Les risques du GPL :

Parce que le GPL est un gaz lourd, il ne se dissipe pas rapidement dans l'air comme l'hydrogène par exemple. Ici, il peut donc stagner au sol, s'accumuler et exploser en cas

d'étincelle au même titre qu'une fuite de gaz domestique. Suite à quelques accidents mettant en cause directement des fuites au niveau du réservoir, une nouvelle conception imposant une valve de sécurité supplémentaire et un clapet anti-retour, a permis de fiabiliser à 99,9% l'utilisation du GPL.

Les principaux risques sont liés à des fuites suite à une défaillance de l'installation, à l'endommagement de l'équipement GPL, à une manipulation malencontreuse lors d'une intervention sur le véhicule ou à des ruptures liées à l'augmentation de la température des récipients de stockage.

La vaporisation, en phase liquide, provoque des brûlures de la peau. La phase gazeuse, à haute dose, peut avoir un effet légèrement anesthésiant et/ou asphyxiant. Le risque de fuite peut être à l'origine d'incendie et d'explosion. Quant à l'échauffement, il peut conduire à l'éclatement du réservoir.

I.14. Les avantages et inconvénients du GPL/C ⁽⁷⁾ :

I.14.1. Les avantages :

En dépit de ses caractéristiques, le GPL/C présente les avantages suivants :

- La pureté et la propreté ; les GPL/C sont exempts de soufre et de plomb, ce qui réduit les risques de pollution et de corrosion lors de leur combustion.
- Le stockage et le transport en phase liquide des GPL/C sont possibles dans des réservoirs fixes alimentés par des camions citernes.
- Economie sur l'achat du carburant.
- Espacement des vidanges (double le kilométrage), ce qui n'est pas négligeable puisque l'huile est aussi un produit pétrolier.
- Conduite plus souple (couple moteur disponible à plus bas régime).
- L'utilisation du GPL réduit l'usure du moteur : c'est-à-dire ni encrassement, ni dépôt de calamine dans le moteur.
- Génère moins de bruit et de vibrations

I.14.2. Les inconvénients :

- Surcoût à l'achat
- Consommation + 20 % par rapport à celle d'un véhicule essence
- Baisse de la performance de - 5% comparé à celles de l'essence
- La roue de secours se substitue au réservoir de GPL

- Offre constructeurs réduite en nombre de modèles
- Embout spécifique pour faire le plein de GPL.

I.15. D'autres différences entre l'utilisation des deux carburants :

Le GPL s'utilise par une adaptation du moteur à essence, qui devient alors à bicarburation : le moteur fonctionne indifféremment à l'essence ou au gaz. En plus de son prix inférieur, le GPL est plus respectueux de l'environnement et affiche un niveau de pollution inférieur à l'essence. Mais ces motorisations sont moins agréables à utiliser car elles engendrent une perte de puissance de 5 à 10 % et une surconsommation pouvant atteindre les 20 % (par rapport à l'essence). Au final, le bilan financier par rapport à l'essence reste toutefois à l'avantage du gaz pour ceux qui roulent le plus. En comparaison avec le diesel, le GPL n'est pas vraiment avantageux pour le porte-monnaie.

I.16. Conclusion :

La bicarburation dans un véhicule nous donne de nombreux avantages qui sont bénéfique au véhicule lui-même, au conducteur et à l'environnement, car cette façon de procéder nous garantit une autonomie étendue avec les réservoirs du gaz, la valeur de revente d'un véhicule GPL par exemple est supérieure à celle d'un véhicule essence, et est moins polluant que les véhicules mono carburants, tout ça nous laisse changer notre façon de penser concernant notre confort au volant.

II. Moteur à essence ⁽⁴⁾ :

II.1. Introduction :

Un moteur à essence est un moteur thermique à combustion interne à 2 ou 4 temps qui utilise un carburant léger (l'essence). Il est capable de transformer l'énergie calorifique contenue dans le carburant en énergie mécanique utilisable pour déplacer un véhicule.

Il est caractérisé par :

- Son mouvement au couple de rotation
- La puissance maximale qu'il peut fournir

II.2. Paramètre du moteur (ZMZ-4025.10) ⁽⁴⁾ :

Type de carburant : essence

$\alpha = 0.94$; $V_h = 1200\text{cm}^3$; $Me = 150\text{Nm}$; $V_{max} = 162\text{Km/h}$; $D = 92\text{mm}$; $S = 92\text{mm}$; $\xi = 8.2$
 $n = 4400\text{tr/min}$; $Ne = 73\text{Kw}$; Nombre de cylindres = 8 ;

II.3. Paramètres thermodynamiques :

L'énergie thermique dans les cylindres du moteur est formée à la suite de réactions chimiques lors de la combustion du carburant. Pour leur mise en œuvre, il est nécessaire de préparer un mélange de carburant avec un comburant. Dans le moteur à combustion interne, l'air atmosphérique est utilisé comme oxydant. La combustion complète d'une unité de masse ou de volume de carburant nécessite une quantité d'air très spécifique, que l'on appelle théoriquement nécessaire. Il est calculé en fonction de la composition élémentaire du carburant pour les carburants liquides.

La quantité stœchiométrique à la combustion de 1kg de combustible ⁽⁴⁾ :

La combustion est une réaction d'oxydation d'un combustible par une espèce chimique oxydante appelée comburant. Dans la majorité des cas, elle se déroule en phase gazeuse.

$$l_0 = \frac{1}{0.23} \left(\frac{8}{3} C + 8H - O \right). \quad (\text{II.1})$$

Avec : $C = 0.855$; $H = 0.145$, $O = (\text{négligeable})$

$$= \frac{1}{0.23} \left(\frac{8}{3} \times 0.855 + 8 \times 0.145 \right) = 14.956\text{kg d'air / kg combustible}$$

$$L_0 = l_0 / \mu_{air} = \left(\frac{14.956}{29} \right) = 0.515\text{kmol / kg de combustible}$$

Les paramètres du gaz et du combustible :**Le pouvoir calorifique du combustible :**

Le pouvoir calorifique est la quantité de chaleur dégagée par la combustion complète sous pression atmosphérique normale (1,01325 bar) de l'unité de quantité de ce combustible. Le pouvoir calorifique des combustibles s'exprime en quantité de chaleur (généralement en kWh ou MJ) par quantité de combustible

$$Q_H = 33.91C + 125.6H - 10.89(O - S) - 2.51(9H + W) \quad (\text{II.2})$$

$$Q_H = 43.9295 \text{ MJ / kg} = 43929.5 \text{ kJ / kg}$$

La quantité réelle a la charge fraîche ⁽¹⁾ :

La charge fraîche dans les moteurs à essence (à carburateur et avec injection de carburant dans le système d'admission) se compose d'air et de carburant évaporé (mélange combustible). Puisqu'il est plus pratique de calculer la combustion du carburant pour la quantité de fluide de travail, exprimée en kmol, la quantité du mélange combustible (kmol de charge légère / kg de carburant) est calculée par l'équation suivante :

$$M_1 = \alpha \times L_0 + \left(\frac{1}{\mu_t} \right) \quad (\text{II.3})$$

L'excès d'air est caractérisé par un coefficient α qui est le rapport entre la quantité d'air disponible et la quantité théoriquement nécessaire pour la combustion.

On a dans le moteur à essence $0.75 \leq \alpha \leq 1.25$ $\alpha = 0.94$

α : La quantité d'air introduite dans le cylindre (quantité disponible) peut être supérieure, égale ou inférieure à celle théoriquement nécessaire pour la combustion complète du combustible.

On a : $M_1 = \alpha \times L_0 + \left(\frac{1}{\mu_t} \right)$; $110 \leq \mu_t \leq 120 \text{ kg}$ prenons : $\mu_t = 115 \text{ kg}$

Avec μ_t : poids moléculaire de la vapeur du carburant

$$M_1 = (0.94 \times 0.515) + \left(\frac{1}{115} \right) = 0.4927 \text{ kmol}$$

On constate que la quantité M est inférieure car on travaille avec un excès d'air dans le but de réalisation d'une combustion complète.

La quantité totale des produits du combustible M₂ :

Il est plus pratique de calculer les produits de combustion pour le nombre de composants en kmol / (kg de carburant) pour le carburant liquide et en kmol / (kmol de carburant) pour le carburant gazeux. La composition des produits de combustion dépend du coefficient d'excès d'air α , qui détermine les conditions d'une combustion complète ou incomplète du carburant.

$$M_2 = \left(\frac{C}{12}\right) + \left(\frac{H}{2}\right) + 0.79(\alpha \times L_0) \quad (\text{II.4})$$

$$= \left(\frac{0.855}{12}\right) + \left(\frac{0.145}{2}\right) + 0.79(0.94 \times 0.515)$$

$$M_2 = 0.5261 \text{ kmol}$$

Il est évident que la quantité va augmenter car on prend en considération la quantité du combustible injecté.

Le coefficient du changement moléculaire chimique :

On appelle le coefficient de changement moléculaire le rapport du nombre de kilo-moles des produits de combustion sur le nombre de kilo-moles des substances initiales introduites (existantes) dans le cylindre du moteur.

$$\beta_0 = \left(\frac{M_2}{M_1}\right) = \frac{0.5261}{0.4927} = 1.067 \quad (\text{II.5})$$

La pression et la température des gaz résiduels :

Choix de : $T_0 ; P_0 ; T_r ; P_r$

Les températures T_0 , T_r et les pressions P_0 , P_r peuvent être calculées thermodynamiquement mais généralement, les résultats obtenus sont souvent éloignés de la réalité ; pour cela on préfère les donner dans les intervalles ci-dessus.

Pour les températures dans un moteur à essence :

$$900^\circ K \leq T_r \leq 1100^\circ K \quad \text{d'où : } T_r = 1025^\circ K \quad \text{et} \quad T_0 = 298^\circ K$$

Pour nos deux pressions on a : $P_0 = 0.1 \text{ MPa}$ Et $1.1 \leq P_r \leq 1.21$

$$\text{D'où : } P_r = P_0 \times 1.21 \quad (\text{II.6})$$

$$P_r = 1.21 \times 0.1 = 0.121 \text{ MPa}$$

Processus d'admission d'un moteur à essence :

Le choix de la différence de température ΔT dépend de la conception et l'installation de la conduite d'admission du moteur.

On a : $5^\circ \leq \Delta T \leq 25^\circ$

Prenons : $\Delta T = 15^\circ \text{C}$

Calcul de la masse volumique de l'air :

La masse volumique de l'air caractérise la masse d'air qui est contenue dans un mètre cube. Elle se mesure en kilogrammes par mètre cube (kg/m^3).

On a :

$$\rho_0 = \left(\frac{P_0 \times 10^{-6}}{r_a \times T_0} \right) \quad (\text{II.7})$$

$$= \left(\frac{0.1 \times 10^6}{287 \times 298} \right) = 1.169 \text{ kg} / \text{m}^3$$

Calcul des pertes de charge à l'admission :

À l'origine des pertes de charge lors du mouvement d'un liquide ou d'un gaz réel se trouve le processus de transformation irréversible de l'énergie mécanique du fluide en chaleur.

On a :

$$\Delta P_a = (\beta^2 + \xi_a) \times \left(\frac{W_a^2}{2} \right) \times (\rho_0 \times 10^{-6}). \quad (\text{II.8})$$

Dans le moteur à essence on a : $50 \text{ M} / \text{s} \leq W_a \leq 130 \text{ M} / \text{s}$;

Et : $2.5 \leq \beta^2 + \xi_a \leq 4$

ou W_a : vitesse de charge moyenne.

et β^2 : coefficient d'amortissement de la vitesse

ξ_a : coefficient de résistance

Prenons : $W_a = 98 \text{ m} / \text{s}$ $\beta^2 + \xi_a = 3.62$

$$\Delta P_a = 3.62 \times 1.169 \times 10^{-6} \times \left(\frac{(98)^2}{2} \right) = 0.0203 \text{ MPa}$$

Ces pertes de charge à la tubulaire d'admission sont des frottements intermoléculaires de l'air à l'admission.

Calcul de la pression à la fin de l'admission :

La pression à la fin de l'entrée P_a est le principal facteur qui détermine la quantité de fluide de travail qui pénètre dans le cylindre du moteur. Cela dépend de la pression à l'entrée (devant la conduite d'entrée) p_0 et des pertes de charge dues aux résistances dans le système d'entrée Δp_a .

$$\begin{aligned} \text{On a : } P_a &= P_0 - \Delta P_a & \text{(II.9)} \\ &= 0.1 - 0.0203 = 0.0797 \text{ MPa} \end{aligned}$$

La pression à la fin d'admission est inférieure à la pression atmosphérique, cette chute de pression est due aux pertes de charge durant l'admission.

Calcul du coefficient des gaz résiduels :

La quantité de gaz résiduels est généralement estimée à l'aide du coefficient des gaz résiduels γ_r , qui est le rapport de la masse de gaz résiduels M_r à la masse de la charge fraîche.

$$\begin{aligned} \text{On a : } \gamma_r &= \left(\frac{T_0 + \Delta T}{T_r} \right) \times \left(\frac{P_r}{\zeta P_a - P_r} \right) & \text{(II.10)} \\ &= \left(\frac{298 + 15}{1025} \right) \times \left(\frac{0.121}{8.2 \times 0.08 - 0.121} \right) \\ \gamma_r &= 0.069 \end{aligned}$$

Calcul de la température à la fin de l'admission :

La température en fin d'admission est déterminée avec une précision suffisante à partir de l'équation de l'équilibre de la chaleur du mélange de gaz résiduels et de la charge fraîche, en tenant compte de son échauffement.

$$\begin{aligned} T_a &= \frac{(T_0 + \Delta T + (\gamma_r \times T_r))}{(1 + \gamma_r)} & \text{(II.11)} \\ &= \frac{(298 + 15 + (0.069 \times 1025))}{(1 + 0.069)} = 358.78^\circ K \end{aligned}$$

Le volume du cylindre a été chauffé auparavant suite aux frottements intermoléculaires, il est logique que la température va augmenter légèrement.

Calcul du taux de remplissage :

Le taux de remplissage des bouteilles avec une charge fraîche est un indicateur important caractérisant la qualité du processus d'admission. Le type d'équation pour son calcul

est déterminé par le nombre de facteurs pris en compte, les formules thermodynamiques utilisées et le nombre de dépendances empiriques qui y sont incluses.

$$\eta_v = \left(\frac{1}{\zeta - 1} \right) \times \left(\frac{T_0}{(T_0 + \Delta T)} \right) \times \left(\frac{1}{P_0} \right) \times (\zeta P_a - P_r). \quad (\text{II.11})$$

Avec ζ est : le taux de compression

$$\eta_v = \left(\frac{1}{8.2 - 1} \right) \times \left(\frac{298}{298 + 15} \right) \times \left(\frac{1}{0.1} \right) \times (8.2 \times 0.0797 - 0.121) = 0.704$$

Etude processus de compression :

Le processus de compression vise à augmenter la pression et la température du fluide de travail pour assurer un allumage fiable et une combustion efficace du mélange combustible. Et pour sa on a la compression suivante :

$$P_c = P_a \times \zeta^{n_1} \quad (\text{II.12})$$

$$T_c = T_a \times \zeta^{n_1 - 1} \quad (\text{II.13})$$

Pour un moteur à essence : $1.34 \leq n_1 \leq 1.37$

Prenons : $n_1 = 1.35$

D'où : $P_c = 0.0797 \times 8.2^{1.35} = 1.36 \text{ MPa}$

$T_c = 358.78 \times 8.2^{1.35 - 1} = 749.772 \text{ °K}$

Le phénomène de la compression engendre des frottements qui varient par rapport avec la variation de la pression.

La capacité calorifique moyenne de l'aire à la fin de la compression :

$$\mu_{c_{vc}} = 20.16 + 1.74 \times 10^{-3} \times T_c \quad (\text{II.14})$$

$$= 20.16 + 1.74 \times 10^{-3} \times 749.772 = 21.46 \text{ kJ / kmol.°K}$$

La quantité molaire des gaz résiduels :

$$\text{On a : } Mr = \alpha \times L_0 \times \gamma_r \quad (\text{II.15})$$

$$= 0.94 \times 0.515 \times 0.069$$

$$Mr = 0.0334 \text{ kmol}$$

Elle respecte la quantité des gaz restant dans le cylindre après l'échappement.

La quantité molaire des gaz à la fin de la compression :

$$M_c = M_1 + M_r \quad (\text{II.16})$$

$$= 0.4927 + 0.0334$$

$$M_c = 0.5257 \text{ Kmol}$$

Le processus de la combustion :

La capacité calorifique moyenne des gaz résiduels à la fin de la combustion :

$$\mu_{c_{vc}} = (18.4 + 2.6\alpha) + (15.5\alpha + 13.8\alpha) \times 10^{-4} \times T_z \quad (\text{II.17})$$

$$= (18.4 + 2.6 \times 0.94) + (15.5 \times 0.94 + 13.8 \times 0.94) \times 10^{-4} \times T_z$$

$$= 20.844 + 28.472 \times 10^{-4} \times T_z$$

La quantité molaire des gaz à la fin de la combustion :

$$\text{On a : } M_z = M_2 + M_r \quad (\text{II.18})$$

$$= 0.5261 + 0.033$$

$$M_z = 0.5591 \text{ kmol}$$

Il est évident que la quantité va augmenter car on doit prendre en considération la quantité du combustible injecté.

Calcul du coefficient du changement molaire après la combustion :

C'est la relation entre la quantité molaire à la fin de la combustion et de la compression

$$\beta = \frac{M_z}{M_c} \quad (\text{II.19})$$

$$= \frac{0.5591}{0.5257} = 1.063$$

La quantité de chaleur transmise aux gaz :

$$Q = \xi (Q_H - \Delta Q_H) \quad (\text{II.20})$$

; Avec ξ est : Le coefficient d'utilisation de chaleur.

Dans un moteur à essence on a : $0.85 \leq \xi \leq 0.92$

prenons : $\xi = 0.88$

La quantité de chaleur perdu du aux imbrulés :

$$\text{On a : } \Delta Q_H = 4130 \times (1 - \alpha) \times l_0 \quad (\text{II.21})$$

$$= 4130 \times (1 - 0.94) \times 14.956$$

$$\Delta Q_H = 3706.09 \text{ kJ / kg}$$

$$\text{Donc : } Q = 0.88 \times (43929.5 - 3706.09) = 35336.6 \text{ kJ / kg .}$$

La température à la fin de la combustion :

$$\beta \times \mu c_{vz} \times T_z = \mu c_{vc} \times T_c + \frac{\xi \times (Q_H - \Delta Q_H)}{\alpha \times L_0 (1 + \gamma_r)} \quad (\text{II.22})$$

$$1.063 \times (20.844 + 28.472 \times 10^{-4} \times T_z) \times T_z = 21.46 \times 749.31 + \frac{0.88 \times (43929.5 - 3706.09)}{0.94 - 0.515 \times (1 + 0.069)}$$

$$30.26 \times 10^{-4} T_z^2 + 22.15 T_z - 84479.03 = 0$$

$$T_z = 2766.02^\circ \text{K}$$

Calcul de la pression à la fin de la combustion :

$$P_z = \frac{(\beta_z \times T_z \times P_c)}{T_c} \quad (\text{II.23})$$

$$= \frac{1.063 \times 2766.02 \times 1.36}{749.31} = 5.33 \text{ MPa}$$

Calcul de la pression réelle à la fin de la combustion :

$$P_{zr} = 0.85 \times P_z \quad (\text{II.24})$$

$$= 0.85 \times 5.33 = 4.53 \text{ MPa}$$

Calcul du taux de croissance de pression :

$$\lambda = \left(\frac{P_z}{P_c} \right) \quad (\text{II.25})$$

$$= \left(\frac{5.33}{1.36} \right) = 3.91$$

Etude de la détente :**Calcul de la pression et la température à la fin de la détente :**

$$P_b = \frac{P_z}{\zeta^{n_2}} \quad (\text{II.26})$$

$$T_b = \left(\frac{T_z}{\zeta^{n_2-1}} \right). \quad (\text{II.27})$$

Dans un moteur à essence ont as : $1.23 \leq n_2 \leq 1.3$; Prenons : $n_2 = 1.27$

$$\text{D'où : } P_b = \left(\frac{P_z}{\zeta^{n_2}} \right) = \left(\frac{5.33}{8.2^{1.27}} \right) = 0.36 \text{ MPa}$$

$$T_b = \frac{T_z}{\zeta^{n_2-1}} = \left(\frac{2766.02}{8.2^{0.27}} \right) = 1567.2^\circ \text{K}$$

La vérification de la température des gaz résiduels prise auparavant :

$$\text{Ont as : } T_r' = \frac{T_b}{\sqrt[3]{P_r / P_b}} \quad (\text{II.28})$$

$$= \frac{1567.2}{\sqrt[3]{\frac{0.121}{0.36}}} = 1089.64^\circ \text{K}$$

Calcul du pourcentage d'erreur :

$$\Delta T_r = \left(\frac{T_r' - T_r}{T_r} \right) \times 100 \quad (\text{II.29})$$

$$= \left(\frac{1089.64 - 1025}{1025} \right) \times 100 \quad \Delta T_r = 6.3 \% < 10\%$$

Paramètres de performances du moteur :**Les paramètres indiqués du cycle :****Calcul de la pression moyenne théorique indiqué du cycle :**

$$P_i' = \left(\frac{P_c}{\zeta - 1} \right) \times \left[\left(\frac{\lambda}{n_2 - 1} \right) \times \left(1 - \frac{1}{\zeta^{n_2-1}} \right) - \left(\frac{1}{n_1 - 1} \right) \times \left(1 - \frac{1}{\zeta^{n_1-1}} \right) \right] \quad (\text{II.30})$$

$$P_i' = \left(\frac{1.36}{8.2 - 1} \right) \times \left[\left(\frac{3.91}{1.27 - 1} \right) \times \left(1 - \frac{1}{8.2^{1.27-1}} \right) - \left(\frac{1}{1.35 - 1} \right) \times \left(1 - \frac{1}{8.2^{1.35-1}} \right) \right]$$

$$P_i' = 0.9042 \text{ MPa}$$

Calcul de la pression moyenne indiqué :

Ont as dans un moteur à essence : $0.94 \leq \nu \leq 0.97$ Avec ν est : le taux de complétude

Prenons : $\nu = 0.95$

$$\text{On a : } P_i = \nu \times P_i' \quad (\text{II.31})$$

$$= 0.95 \times 0.9042 = 0.858 \text{MPa}$$

Calcul du rendement indiqué du cycle :

$$\eta_i = \frac{P_i \times \alpha \times l_0}{Q_H \times \rho_0 \times \eta_v} \quad (\text{II.32})$$

$$= \frac{0.858 \times 0.94 \times 14.956}{43929.5 \times 1.169 \times 0.704}$$

$$\eta_i = 0.3336$$

Calcul de la consommation spécifique indiquée du combustible :

$$g_i = \frac{3600}{Q_H \times \eta_i} \quad (\text{II.33})$$

$$= \frac{3600}{43.9295 \times 0.3336}$$

$$g_i = 243.89 \text{g / kwh}$$

Les paramètres effectifs :

Calcul de la pression moyenne des pertes mécaniques :

$$P_m = a + b \times W_{mp} \quad (\text{II.34})$$

Dans un moteur à essence ont as : $12 \leq W_{mp} \leq 20 \text{m / s}$;

Avec W_{mp} est : vitesse de charge moyenne

Prenons : $W_{mp} = 12 \text{ m / s}$

$$\text{Nous avons : } \frac{S}{D} = 1$$

$$\text{Donc : } a = 0.039 \text{MPa} \quad \text{et} \quad b = 0.0132 \frac{\text{S}}{\text{m}} \text{MPa}$$

$$P_m = 0.039 + 0.0132 \times 12 = 0.1974 \text{MPa}$$

Calcul de la pression moyenne effective :

$$P_e = P_i - P_m \quad (\text{II.35})$$

$$= 0.858 - 0.1974$$

Calcul du rendement mécanique :

$$\eta_m = \frac{P_e}{P_i} \quad (\text{II.36})$$

$$= \frac{0.6606}{0.858} = 0.77$$

Calcul du rendement effectif :

$$\eta_e = \eta_i \times \eta_m \quad (\text{II.37})$$

$$= 0.77 \times 0.3336$$

$$\eta_e = 0.2568$$

Calcul de la consommation spécifique du combustible :

$$g_e = \frac{3600}{\eta_e \times Q_H} \quad (\text{II.38})$$

$$= \frac{3600}{43.9295 \times 0.2568}$$

$$g_e = 319.12 \text{ g / kWh}$$

Calcul des dimensions principales du moteur :

La cylindrée unitaire :

$$V_h = \frac{30 \times \tau \times N_e}{P_e \times i \times n} \quad (\text{II.39})$$

$$= \frac{30 \times 4 \times 73}{0.6606 \times 8 \times 4400}$$

$$V_h = 0.3767 \text{ l}$$

Calcul du diamètre du piston :

$$k = \frac{S}{D} \quad k = \frac{92}{92} = 1$$

$$\text{Donc :} \quad S \times \pi \times D^2 = 4 \times V_h \quad D = \sqrt[3]{\frac{4 \times V_h}{\pi \times k}}$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \times 0.3767}{3.14 \times 1}}$$

$$D = 78.27 \text{ mm}$$

Prenons : $D = 78mm$

Calcul de la course du piston :

On a : $S = k \times D$ $S = 1 \times 78$ $S = 78mm$

Calcul de la cylindrée unitaire du moteur par les valeurs prise de S et D :

$$V_h = \left(\frac{\pi}{4}\right) \times D^2 \times \left(\frac{S}{10^6}\right) \quad (\text{II.40})$$

$$= \left(\frac{\pi}{4}\right) \times (78)^2 \times \left(\frac{78}{10^6}\right)$$

$$V_h = 0.3727 l$$

Calcul de la puissance effective du moteur :

$$Ne' = \frac{i \times V_h \times Pe \times n}{30 \times \tau} \quad (\text{II.41})$$

$$= \frac{8 \times 0.3727 \times 0.6606 \times 4400}{30 \times 4}$$

$$Ne' = 72.22 Kw$$

Calcul du pourcentage d'erreur :

$$\Delta N_e = \left(\frac{N_e' - N_e}{N_e'}\right) \times 100\% \quad (\text{II.42})$$

$$= \left(\frac{72.22 - 73}{72.22}\right) \times 100\%$$

$$\Delta N_e = 1.08\% < 3\%$$

Calcul de la vitesse moyenne du piston :

$$\text{On a : } W_{mp}' = \left(\frac{S \times n}{30}\right) \quad (\text{II.43})$$

$$= \left(\frac{78 \times 4400 \times 10^{-3}}{30}\right)$$

$$W_{mp}' = 11.44 m/s$$

Donc la différence de vitesse du piston est comme suite :

$$\Delta W_{mp} = \left(\frac{W_{mp}' - W_{mp}}{W_{mp}'} \right) \times 100\% \quad (\text{II.44})$$

$$= \left(\frac{11.44 - 12}{11.44} \right) \times 100\%$$

$$\Delta W_{mp} = -4.89\% < 3\%$$

Calcul du couple moteur :

$$M_e = 9550 \times \left(\frac{N_e}{n} \right) \quad (\text{II.45})$$

$$= 9550 \times \left(\frac{72.22}{4400} \right)$$

$$M_e = 156.75 \text{ Nm}$$

Calcul de la consommation horaire du combustible :

$$G_T = N_e \times g_e \times 10^{-3} \quad (\text{II.46})$$

$$= 72.22 \times 319.12 \times 10^{-3}$$

$$G_T = 23.04 \text{ kg / h}$$

II.4. Tableau récapitulatif de l'essence ⁽³⁾ :**Tableau 1 :** Récapitulatif de l'essence.

Les paramètres principaux du moteur	Les paramètres calculés	Fiche technique
1/Couple moteur	156.75Nm	158.44 N.m
2/La vitesse de rotation	4400 tr/Min	4400 tr/Min
3/La cylindrée unitaire	0.3727L	0.3767L
4/La vitesse moyenne du piston	11.44 M/s	12M/s
5/ La consommation horaire	23.04Kg/h	23 Kg/h
6/ Les consommation spécifique des combustibles	319.12g/Kwh	315.068 g/Kwh
7/La course du piston	78mm	92mm
8/ Diamètre du piston	78m	92mm

II.5. Bilan thermique du moteur à essence :

$$Q_0 = Q_e + Q_{ref} + Q_m + Q_{CI} + Q_{rest}$$

Calcul de la quantité total dégagé par le combustible dans le moteur :

$$Q_0 = Q_H \times G_T \quad (II.47)$$

$$= 43.9295 \times 10^6 \times \left(\frac{23.04}{3600} \right)$$

$$Q_0 = 281148.8J / s$$

La quantité de chaleur cédée au système de refroidissement :

$$Q_{ref} = C \times i \times D^{1+2M} \times n^M \times \left(\frac{Q_H - \Delta Q_H}{\alpha \times Q_H} \right) \quad (II.48)$$

Avec C : Facteur proportionnel adopté pour les moteurs à quatre temps

Et M : exposant pour un moteur a quatre temps

On a : $0.45 \leq C \leq 0.53$ Prenons : $C = 0.46$

$$\text{Et : } 0.7 \leq M \leq 0.7$$

$$\text{Prenons : } M = 0.61$$

$$\Delta Q_H = 4130 \times (1 - \alpha) \times l_0$$

$$\Delta Q_H = 4130 \times (1 - 0.94) \times 14.956$$

$$\Delta Q_H = 3706.09 \text{ kJ / s}$$

$$Q_{ref} = 0.46 \times 8 \times 7.8^{1+2 \times 0.61} \times 4400^{0.61} \times \left(\frac{43929.5 - 3706.09}{0.94 \times 43929.5} \right)$$

$$Q_{ref} = 57200 \text{ J / s}$$

Calcul de la quantité de chaleur emporté par les gaz d'échappement :

$$\text{On a : } Q_g = G_T \times \left[M_2 \times [\mu c_{p_2}]_0^{t_r} \times t_r - M_1 \times [\mu c_{p_1}]_0^{t_0} \times t_0 \right]$$

(II.49)

$$\text{On a aussi : } T_r = 1025^\circ \text{K}; \quad T_r = 752^\circ \text{C}; \quad t_0 = 25^\circ \text{C}$$

$$T_r' = 1089.64^\circ \text{K} ; \quad t_r = 816.49^\circ \text{C}.$$

D'après le tableau de la capacité calorifique moyenne des produits de combustion de l'essence on trouve ce qui suit :

$$[\mu c_{p_1}^{air}]_0^{t_r} = \mu c_{v_2} + R = 25.494 + 8.314 = 33.808 \text{ kJ / kmol}^\circ \text{C}$$

$$[\mu c_{p_2}^{air}]_0^{25} = \mu c_{v_3} + R = 25.4586 + 8.314 = 33.7726 \text{ kJ / kmol}^\circ \text{C}$$

Donc, notre quantité de chaleur emporté par les gazs d'échappement se fera d'après le calcul suivant :

$$Q_g = \frac{23.04 \times 10^3}{3600} \times [0.5261 \times 33.7726 \times 816.49 - 0.4927 \times 33.808 \times 25]$$

$$Q_g = 90180.9427 \text{ J / s}$$

Calcul de la quantité de chaleur non dégagé dans le moteur en raison de la combustion (Q_{ci}) :

$$Q_{ci} = \Delta Q_H \times G_T \tag{II.50}$$

$$= 3706.09 \times 10^3 \times \left(\frac{23.04}{3600} \right) \qquad Q_{ci} = 23677.80 \text{ J / s}$$

Calcul de la quantité de chaleur restante :

$$Q_{rest} = Q_0 - (Q_e + Q_{ref} + Q_g + Q_{CI}) \quad (II.51)$$

$$Q_e = 1000 \times N_e \quad (II.52)$$

$$= 1000 \times 72.22 = 72220 J / s$$

$$Q_{rest} = Q_0 - (Q_e + Q_{ref} + Q_g + Q_{CI}) = 281148.8 - (72220 + 57200 + 90180.9427 + 23677.80)$$

$$Q_{rest} = 37870.0573 J / s$$

II.6. Bilan thermique en pourcentage :

Ce tableau représente en quantité et en pourcentage le bilan thermique de notre moteur à essence :

Tableau 2 : Bilan thermique du moteur à essence

La composition du bilan thermique	Q[J/s]	q[%]
1/La quantité de chaleur équivalente au travail effectif	72220	25.7%
2/ La quantité de chaleur cédée au système de refroidissement	57200	20.34%
3/ La quantité de chaleur emporté par les gaz d'échappement	90180.9427	32.07%
4/ La quantité de chaleur non dégagé au niveau de la chambre de combustion	23677.80	8.42%
5/ La quantité de chaleur restante	37870.0573	13.46%
6/ La quantité de chaleur total dégagé par le combustible	281148.8	100%

$$q_e = \left(\frac{Q_e \times 100}{Q_0} \right) = 25.70\%$$

$$q_{ref} = \left(\frac{Q_{ref} \times 100}{Q_0} \right) = 20.34\%$$

$$q_{gaz} = \left(\frac{Q_{gaz} \times 100}{Q_0} \right) = 32.07\%$$

$$q_{ci} = \left(\frac{Q_{ci} \times 100}{Q_0} \right) = 8.42\% \quad ; \quad q_{rest} = \left(\frac{Q_{rest} \times 100}{Q_0} \right) = 13.46\%$$

II.7. Conclusion :

Cette étude sur le moteur à essence nous a permis d'avoir une idée sur tous les paramètres qui sont pris en compte pour aboutir à un bilan thermique juste et correcte concernant le bon fonctionnement de notre machine

III. Moteur essence alimenté par le GPL (gaz pétrole liquéfier) ⁽⁵⁾ :

III.1. Introduction :

Le GPL (gaz de pétrole liquéfié) s'utilise par une adaptation du moteur à essence, qui devient alors à bicarburant : le moteur fonctionne indifféremment à l'essence ou au gaz. En plus de son prix inférieur, le GPL est plus respectueux de l'environnement et affiche un niveau de pollution inférieur.

III.2. Définition :

Les GPL sont des hydrocarbures qui sont gazeux à la température ambiante mais se liquéfient facilement sous une pression modérée. Aujourd'hui, il existe deux principales technologies utilisées pour alimenter un véhicule GPL : injection liquide ou injection gazeuse.

III.3. Paramètres thermodynamiques :

Type de carburant : GPL

$\alpha = 0.98$; $V_h = 1200 \text{ cm}^3$; $M_e = 150 \text{ Nm}$; $V_{max} = 162 \text{ Km/h}$; $D = 92 \text{ mm}$; $S = 92 \text{ mm}$; $\xi = 9$
 $n = 4400 \text{ tr/min}$; $N_e = 73 \text{ Kw}$; Nombre de cylindres = 8 ;

Les paramètres du gaz et du combustible :

$$Q_H = [35,7 CH_4 + 63,3 C_2H_6 + 90,9 C_3H_8 + 119,7 C_4H_{10} + 146,2 C_5H_{12}] \times 10^3 \quad (\text{III.1})$$

Nous avons le GPL contient 50% de C_3H_8 (propane) et 50% de C_4H_{10} (butane) :

$$\text{Donc : } Q_H = [90,9 C_3H_8 + 119,7 C_4H_{10}] \cdot 10^3 = 105.3 \text{ kJ/m}^3$$

Paramètre de l'air du gaz d'échappement :

$$\text{On a : } L_0 = \frac{1}{0.208} \sum \left[\left(n + \frac{m}{4} + \frac{r}{2} \right) \times C_n H_m O_r \right] \quad (\text{III.2})$$

$$= 27.644 \text{ m}^3/\text{m}^3 \text{ comb}$$

La quantité réelle a la charge fraiche :

$$M_1 = \alpha L_0 + 1 \quad (\text{III.3})$$

$$\text{Avec : } 0.85 \leq \alpha \leq 1.30$$

$$\text{Prenons : } \alpha = 0.98$$

$$M_1 = 28.09 \text{ m}^3 / \text{m}^3 \text{ comb}$$

La quantité totale des produits du combustible M2 :

$$M_2 = M_{CO_2} + M_{H_2O} + M_{CO} + M_{N_2} \quad (\text{III.4})$$

$$M_{CO_2} = \sum n C_n H_m O_r = (3+4) \times 0.5 = 3.5 \text{ m}^3 / \text{m}^3 \text{Carb.} \quad (\text{III.5})$$

$$M_{H_2O} = \sum \frac{m}{2} C_n H_m O_r = \left(\frac{8}{2} + \frac{10}{2} \right) \times 0.5 = 4.5 \text{ m}^3 / \text{m}^3 \text{Carb} \quad (\text{III.6})$$

$$M_{N_2} = 0.792 \times \alpha \times L_0 = 0.792 \times 0.98 \times 27.644 = 21.456 \text{ m}^3 / \text{m}^3 \text{Carb} \quad (\text{III.7})$$

$$M_2 = 3.5 + 4.5 + 21.456 = 29.456 \text{ m}^3 / \text{m}^3 \text{Carb} \quad (\text{III.8})$$

$$\Delta M = M_2 - M_1 \quad (\text{III.9})$$

$$= 29.456 - 28.091 = 1.365 \text{ m}^3 / \text{m}^3 \text{Carb}$$

Le coefficient du changement moléculaire chimique :

$$\beta_0 = \left(\frac{M_2}{M_1} \right) \quad (\text{III.10})$$

$$= \frac{29.456}{28.091} = 1.049$$

Paramètres de l'air ambiant des gaz résiduels :

La pression et la température des gaz résiduels :

Choix de : $T_0 ; P_0 ; T_r ; P_r$

$$750^\circ K \leq T_r \leq 850^\circ K, \text{ Prenons : } T_r = 790^\circ K \text{ et } T_0 = 298^\circ K$$

Avec $1.05 \leq P_r \leq 1.25$ Et : $P_0 = 0.1 \text{ MPa}$

$$P_r = 1.06 \times P_0 \quad (\text{III.11})$$

$$\text{D'où : } P_r = 1.06 \times 0.1 = 0.106 \text{ MPa}$$

Le processus d'admission d'un moteur GPL :

On a : $0^\circ \leq \Delta T \leq 20^\circ$

Prenons : $\Delta T = 15^\circ C$

Calcul de la masse volumique de l'air :

$$\text{On a : } \rho_0 = \left(\frac{P_0 \times 10^{-6}}{R_e \times T_0} \right) \quad (\text{III.12})$$

$$= \left(\frac{0.1 \times 10^6}{287 \times 298} \right) = 1.1692 \text{ kg} / \text{m}^3$$

Calcul des pertes de charge à l'admission :

$$\text{On a : } \Delta P_a = 0.5 \times (\beta^2 + \xi_a) \times \rho_0 \times \mathcal{G}^2 \times 10^{-6}$$

$$\text{Dans le moteur GPL : } 50M / s \leq \mathcal{G} \leq 130m / s$$

$$2.5 \leq \beta^2 + \xi_a \leq 4$$

$$\text{Prenons : } \beta^2 + \xi_a = 3.2 \text{ et } \mathcal{G} = 78m / s$$

$$\Delta P_a = 0.5 \times 3.2 \times 1.1692 \times (78)^2 \times 10^{-6}$$

$$\Delta P_a = 0.0114 MPa$$

Calcul de la pression à la fin de l'admission :

$$\text{On a : } P_a = P_0 - \Delta P_a \quad (\text{III.13})$$

$$= 0.1 - 0.0114 .$$

$$P_a = 0.0886 MPa$$

Calcul du coefficient des gaz résiduels :

On a :

$$\gamma_r = \left(\frac{T_0 + \Delta T}{T_r} \right) \times \left(\frac{Pr}{\zeta P_a - P_r} \right) \quad (\text{III.14})$$

$$= \left(\frac{298 + 2}{790} \right) \times \left(\frac{0.106}{9 \times 0.0886 - 0.106} \right)$$

$$\gamma_r = 0.0607$$

Calcul de la température à la fin de l'admission :

$$T_a = \frac{(T_0 + \Delta T + (\gamma_r \times T_r))}{(1 + \gamma_r)} \quad (\text{III.15})$$

$$= \frac{(298 + 15 \times (0.0582 \times 790))}{(1 + 0.0582)}$$

$$T_a = 339^\circ K$$

Calcul du taux de remplissage :

$$\eta_v = \left(\frac{1}{\zeta - 1} \right) \times \left(\frac{T_0}{(T_0 + \Delta T)} \right) \times \left(\frac{1}{P_0} \right) \times (\zeta P_a - P_r) \quad (\text{III.16})$$

$$= \frac{1}{9-1} \times \left(\frac{298}{298+15} \right) \times \left(\frac{1}{0.1} \right) \times (9 \times 0.0886 - 0.106).$$

$$\eta_v = 0.936$$

Etude processus de compression :

Calcul de pression et la température à la fin de la compression :

$$P_c = P_a \times \zeta^{n_1} \quad (\text{III.17})$$

$$T_c = T_a \times \zeta^{n_1-1} \quad (\text{III.18})$$

On a dans un moteur GPL : $1.37 \leq n_1 \leq 1.39$

$$n_1 = K_1 - (0.00 \dots \dots \dots 0.02) \quad n_1 = K_1 - 0.01$$

$$K_1 = 1.4359 - 0.132 \times 10^{-3} \times T_a - 0.1643 \times 10^{-2} \times \zeta = 1.4359 - 0.132 \times 10^{-3} \times 339 - 0.1643 \times 10^{-2} \times 9$$

$$K_1 = 1.376$$

$$n_1 = 1.376 - 0.01 = 1.366$$

D'où : $P_c = 0.0886 \times 9^{1.366} = 1.668 \text{ MPa}$

$$T_c = T_a \times \zeta^{n_1-1} = 339 \times 9^{1.366-1} = 757.62^\circ \text{K}$$

La capacité calorifique moyenne de l'air à la fin de la compression :

$$\mu_{c_{vc}} = 20.6 + 2.638 \times 10^{-3} \times T_c \quad (\text{III.19})$$

$$= 20.6 + 2.638 \times 10^{-3} \times 484.62 = 21.878 \text{ kJ / kmol.}^\circ \text{K}$$

La quantité molaire des gaz résiduels :

On a : $M_r = \alpha \times L_0 \times \gamma_r \quad (\text{III.20})$

$$= 0.98 \times 27.644 \times 0.0607$$

$$M_r = 1.6444 \text{ kg / m}^3$$

Le processus de la combustion :**La capacité calorifique moyenne des gaz résiduels à la fin de la combustion :**

$$\mu c'_{cv} = \frac{1}{1 + \gamma_r} [\mu c_{cv} + \gamma_r \times \mu c''_{cv}] \quad (\text{III.21})$$

$$\mu c_{vc} = 19.191635 + 0.003556 t_c + 3.225 \times \alpha = 21.878 \text{ kJ / kmol}^\circ\text{C} \quad (\text{III.22})$$

$$\mu c''_{cv} = 19.191635 + 0.003556 \times 484.62 + 3.225 \times 0.98 = 24.0754 \text{ kJ / kmol}^\circ\text{C} \quad (\text{III.23})$$

$$\mu c'_{cv} = \frac{1}{1 + 0.0607} \times [21.878 + 0.0607 \times 24.0754]$$

$$\mu c'_{cv} = 22.004 \text{ kJ / kmol}^\circ\text{C}$$

Calcul du coefficient du changement molaire après la combustion :

$$\beta = \frac{\beta_0 + \gamma_r}{1 + \gamma_r} \quad (\text{III.24})$$

$$= \frac{1.049 + 0.0607}{1 + 0.0607} = 1.0462$$

La température à la fin de la combustion :

Pour le combustible gazeux, on suppose que la combustion se produit à volume constant, le rapport d'air excédentaire peut être supérieur ou inférieur à l'unité, en tenant compte de la conversion de la chaleur en kJ / mol

On a :

$$\mu_{cv_z}'' = \frac{1}{M_2} \times [M_{co_2} \times m_{cv_{co_2}} + m_{H_2O} \times m_{cv_{H_2O}} + m_{N_2} \times m_{cv_{N_2}} + M_{CO} \times m_{cv_{CO}}] \quad (\text{III.25})$$

$$m_{cv_{co_2}} = 39,123 + 0,003349 t_z \quad (\text{III.27})$$

$$m_{H_2O} = 26,670 + 0,004438 t_z \quad (\text{III.28})$$

$$m_{N_2} = 21,951 + 0,001457 t_z \quad (\text{III.29})$$

$$m_{CO} = 22.490 + 0.001430 t_z \quad (\text{III.30})$$

Calcul de M_{co} :

$$\text{On a : } M_{co_2} = \frac{C - A}{12} \quad (\text{III.31})$$

$$\text{Avec : } A = 0.174 \times (1 - \alpha) \times I_0$$

$$l_0 = \frac{1}{0.23} \times \left[0.5 \times \left(\frac{8 \times 1}{3 \times 12 + 8} \right) + 0.5 \times \left(\frac{10 \times 1}{4 \times 12 + 8} \right) \right] = 0.770 \text{ kmol / kgcomb}$$

$$\rho_{gaz} = 0.5 \times (3 \times 12 + 8) + 0.5 \times (4 \times 12 + 10) = 51 \text{ kg / m}^3$$

$$A = 0.174 \times (1 - 0.98) \times 0.770$$

$$A = 0.00268 \text{ kmol / kgcomb} = 0.1366 \text{ kmol / m}^3 \text{ comb}$$

Donc : $M_{CO} = 0.0114$

$$\mu_{cv_z}^* = \frac{1}{29.456} \times \left[3.5 \times (39.123 + 0.003349 t_z) + 4.5 \times (26.670 + 0.004438 t_z) \right. \\ \left. + 21.456 \times (21.951 + 0.001457) + 0.0114 \times (22.490 + 0.001430 t_z) \right]$$

$$\mu_{cv_z}^* = 2.1438 \times 10^{-3} t_z + 24.8166$$

On remplace dans cette loi :

$$\frac{22.4 \times \xi_z \times Q_H}{M_1 \times (1 + \gamma_r)} + \mu_{cv}^* \times t_c = \mu_{cv_z}^* \times t_z \quad (\text{III.32})$$

$$\frac{22.4 \times 0.83 \times 2560.5}{28.091 \times (1 + 0.0607)} + 22.004 \times 484.62 = (24.721 + 0.00214 t_z) t_z$$

$$2.1438 \times 10^{-3} t_z + 24.8166 t_z - 12261.2634 = 0$$

$$T_z = 2200.44^\circ K$$

Calcul du taux de croissance de pression :

$$\lambda = \left(\frac{\beta \times T_z}{T_c} \right) \quad (\text{III.33})$$

$$= \frac{1.0462 \times 2200.44}{757.62}$$

$$\lambda = 3$$

Calcul de la pression à la fin de la combustion :

$$P_z = \lambda \times P_c \quad (\text{III.34})$$

$$= 3 \times 1.668 = 5.004 \text{ MPa}$$

La détente :**Calcul de la pression et la température à la fin de la détente :**

$$P_b = \frac{P_z}{\zeta^{n_2}} \quad (\text{III.35})$$

$$T_b = \left(\frac{T_z}{\zeta^{n_2 - 1}} \right). \quad (\text{III.36})$$

On a : $n_2 = K_2$

$$K_2 = 1.33 + 0.00076 \times \zeta - 0.000014 T_z - 0.0462 \alpha = 1.33 + 0.00076 \times 9 - 0.000014 \times 2200.44 - 0.0462 \times 0.98$$

$$K_2 = 1.26$$

D'où : $P_b = \frac{5.004}{9^{1.26}} = 0.314 \text{ MPa}$

$$T_b = \frac{T_z}{\zeta^{n_2 - 1}} = \frac{2200.44}{9^{0.26}} = 1242.815^\circ \text{K}$$

La vérification de la température des gaz résiduels prise auparavant :

On a : $T_r' = \frac{T_b}{\sqrt[3]{P_b / P_r}} \quad (\text{III.37})$

$$= \frac{1242.815}{\sqrt[3]{\frac{0.314}{0.106}}} = 865.363^\circ \text{K}$$

Calcul du pourcentage d'erreur :

$$\Delta T_r = \left(\frac{T_r' - T_r}{T_r'} \right) \times 100 \quad (\text{III.38})$$

$$= \left(\frac{865.363 - 790}{865.363} \right) \times 100$$

$$\Delta T_r = -8.7\% < 10\%$$

Les paramètres indiqués du cycle :**Paramètres indiqués :****Calcul de la pression moyenne théorique indiquée du cycle :**

$$P_i' = \left(\frac{P_c}{\zeta - 1} \right) \times \left[\left(\frac{\lambda}{n_2 - 1} \right) \times \left(1 - \frac{1}{\zeta^{n_2 - 1}} \right) - \left(\frac{1}{n_1 - 1} \right) \times \left(1 - \frac{1}{\zeta^{n_1 - 1}} \right) \right] \quad (\text{III.39})$$

$$P_i' = \left(\frac{1.668}{9 - 1} \right) \times \left[\left(\frac{3}{1.26 - 1} \right) \times \left(1 - \frac{1}{9^{1.26 - 1}} \right) - \left(\frac{1}{1.366 - 1} \right) \times \left(1 - \frac{1}{9^{1.366 - 1}} \right) \right]$$

$$P_i' = 0.773 \text{ MPa}$$

Calcul de la pression moyenne indiquée :

On a dans un moteur GPL : $0.94 \leq \nu \leq 0.97$

Prenons : $\nu = 0.95$

$$P_i = \nu \times P_i' \quad (\text{III.40})$$

$$= 0.95 \times 0.732 = 0.695 \text{ MPa}$$

Calcul du rendement indiqué du cycle :

$$\eta_i = \frac{R \times P_i \times M_1 \times T_0}{22.4 \times Q_H \times P_0 \times \eta_v} \quad (\text{III.41})$$

$$= \frac{8.3144 \times 0.695 \times 28.091 \times 298}{22.4 \times 2560.5 \times 0.1 \times 0.936}$$

$$\eta_i = 0.31$$

Calcul de la consommation spécifique indiquée du combustible :

$$g_i = \frac{3600}{Q_H \times \eta_i} \quad (\text{III.42})$$

$$= \frac{3600}{25.605 \times 0.31}$$

$$g_i = 453.5404 \text{ g / kWh}$$

Les paramètres effectifs :**Calcul de la pression moyenne des pertes mécanique :**

$$P_m = a + b \times W_{mp} \quad (\text{III.43})$$

Dans un moteur GPL on a :

$$7 \leq W_{mp} \leq 11 \text{ m/s}, \text{ Avec : } W_{mp} = 8 \text{ m/s (Pour les moteurs de véhicule utilitaire GPL)}$$

Dans notre cas : $\frac{S}{D} = 1$

Donc : $a = 0.039 \text{ MPa}$ et $b = 0.0132 \frac{S}{m} \text{ MPa}$

$$P_m = 0.039 + 0.0132 \times 8 = 0.1446 \text{ MPa}$$

Calcul de la pression moyenne effective :

$$P_e = P_i - P_m \quad (\text{III.44})$$

$$= 0.695 - 0.1446 = 0.5504 \text{ MPa}$$

Calcul du rendement mécanique :

$$\eta_m = \frac{P_e}{P_i} \quad (\text{III.45})$$

$$= \frac{0.5504}{0.695} = 0.7919$$

Calcul du rendement effectif :

$$\eta_e = \eta_i \times \eta_m \quad (\text{III.46})$$

$$= 0.31 \times 0.7919 = 0.245$$

Calcul de la consommation spécifique du combustible :

$$g_e = \frac{3600}{\eta_e \times Q_H} \quad (\text{III.47})$$

$$= \frac{3600}{25.605 \times 0.245} = 573.86 \text{ g / kwh}$$

Calcul des dimensions principal du moteur :

La cylindrée unitaire :

$$V_h = \frac{30 \times \tau \times N_e}{P_e \times i \times n} \quad (\text{III.48})$$

$$= \frac{30 \times 4 \times 73}{0.5504 \times 8 \times 4400} = 0.452 \text{ l}$$

$$\text{B/ } k = \frac{S}{D} \quad k = \frac{92}{92} = 1$$

$$\text{Donc : } S \times \pi \times D^2 = 4 \times V_h \qquad D = \sqrt[3]{\frac{4 \times V_h}{\pi \times k}}$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \times 0.452}{3.14 \times 1}} = 83 \text{ mm}$$

Calcul de la course du piston :

$$\text{On a : } S = k \times D = 1 \times 83 = 83 \text{ mm}$$

Calcul de la cylindrée unitaire du moteur par les valeurs prise de S et D :

$$\begin{aligned} V_h &= \left(\frac{\pi}{4}\right) \times D^2 \times \left(\frac{S}{10^6}\right) & \text{(III.49)} \\ &= \left(\frac{\pi \times (83)^2 \times 83}{4 \times 10^6}\right) = 0.448 \text{ l} \end{aligned}$$

Calcul de la puissance effective du moteur :

$$\begin{aligned} Ne' &= \frac{i \times V_h \times Pe \times n}{30 \times \tau} & \text{(III.50)} \\ &= \frac{8 \times 0.5504 \times 0.448 \times 4400}{30 \times 4} \end{aligned}$$

$$Ne' = 72.33 \text{ kw}$$

Calcul du pourcentage d'erreur :

$$\begin{aligned} \Delta N_e &= \left(\frac{N_e' - N_e}{N_e'}\right) \times 100\% & \text{(III.51)} \\ &= \left(\frac{73 - 72.33}{73}\right) \times 100\% \end{aligned}$$

$$\Delta N_e = 0.91\% < 5\%$$

Calcul du couple moteur :

$$\begin{aligned} M_e &= 9550 \times \left(\frac{N_e}{n}\right) & \text{(III.52)} \\ &= 9550 \times \left(\frac{72.33}{4400}\right) = 157.057 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Calcul de la consommation horaire du combustible :

$$G_T = N_e \times g_e \times 10^{-3} \quad (\text{III.53})$$

$$= 72.33 \times 573.86 \times 10^{-3} = 41.507 \text{ kg / h}$$

III.4. Tableau récapitulatif du GPL-C ⁽⁵⁾:**Tableau 3 : récapitulatif du GPL-C.**

Les paramètres principaux du moteur	Les paramètres calculés	Fiche technique
1/Couple moteur	157.057Nm	158.44 N.
2/La vitesse de rotation	4400tr/min	4400tr/min
3/La cylindrée unitaire	0.448L	0.452L
5/ La consommation horaire	41.507Kg /h	42 Kg/h
6/ Les consommation spécifique des combustibles	573.86 g/Kwh	575.34 g/Kwh
7/La course du piston	83mm	92mm
8/ Diamètre du piston	83mm	92mm

III.5. Bilan thermique du moteur GPL :

$$Q_0 = Q_e + Q_{ref} + Q_m + Q_{Cl} + Q_{rest}$$

Calcul de la quantité total dégagé par le combustible dans le moteur :

$$Q_0 = \left(\frac{Q_H \times G_T}{3600} \right) \quad (\text{III.54})$$

$$= \left(\frac{1025.605 \times 41.507}{3600} \right)$$

$$Q_0 = 295218.5375 \text{ J / s}$$

La quantité de chaleur cédée au système de refroidissement :

$$Q_{ref} = \frac{C \times i \times (0.1 \times D)^{1+2M} \times n^M}{\alpha} \quad (\text{III.55})$$

On a : $0.45 \leq C \leq 0.53$

Prenons : $C = 0.46$

Et : $0.6 \leq M \leq 0.7$ Prenons : $M=0.61$

$$Q_{ref} = \frac{0.46 \times 8 \times (0.1 \times 83)^{1+2 \times 0.61} \times 4400^{0.61}}{0.98} = 68783.02 J / s$$

Calcul de la quantité de chaleur emporté par les gaz d'échappement :

On a :

$$Q_g = G_T \times \left[M_2 \times [\mu c_{p_2}]_0^{tr} \times tr - M_1 \times [\mu c_{p_1}]_0^{t_0} \times t_0 \right]$$

(III.56)

On a aussi :

$$T_r = 790^\circ K; \quad t_0 = 25^\circ C \quad T_r' = 865.363^\circ K ; \quad t_r = 592.363^\circ C$$

$$[\mu c_{p_1}^{air}]_0^{25} = \mu c_{v_2} + R = 24.6601 + 8.314 = 32.9741 \text{ kJ / kmol}^\circ C$$

$$[\mu c_{p_2}^{air}] = \mu c_{v_3} + R = 24.7191 + 8.314 = 33.0331 \text{ kJ / kmol}^\circ C$$

$$Q_g = \left(\frac{41.507 \times 10^3}{3600} \right) \times \left[(0.577 \times 33.0331 \times 592.363) - (0.5508 \times 32.9741 \times 25) \right]$$

$$Q_g = 124941 J / s$$

III.6. Bilan thermique en pourcentage :

Ce tableau représente en quantité et en pourcentage le bilan thermique de notre moteur à gaz :

Tableau 4 : Bilan thermique du moteur GPL-C.

La composition du bilan thermique	Q[J/s]	q[%]
1/La quantité de chaleur équivalente au travail effectif	72330 J/s	24.5%
2/ La quantité de chaleur cédée au système de refroidissement	68783.02 J/s	23.29%
3/ La quantité de chaleur emporté par les gaz d'échappement	124941J/s	42.32%
5/ La quantité de chaleur restante	2838.51 J/s	9.89%
6/ La quantité de chaleur total dégagé par le combustible	295218.53 J/s	100%

$$q_e = \frac{Q_e \times 100}{Q_0} = 24.5\%$$

$$q_{ref} = \frac{Q_{ref} \times 100}{Q_0} = 23.29\%$$

$$q_{gaz} = \frac{Q_{gaz} \times 100}{Q_0} = 42.32\%$$

$$q_{rest} = \frac{Q_{rest} \times 100}{Q_0} = 9.89\%$$

III.7. Conclusion :

Après avoir fait le dimensionnement et les calculs thermodynamique de notre moteur roulant au GPL-C, on constate que, ce dernier mérite bien ça place au sien des carburants, avec un bon rendement et qui est peu polluant et économique. Le GPL est le carburant par excellence pour une conduite seine.

IV. Comparaison :

IV.1. Introduction :

Dans ce chapitre on va traiter la différence entre l'utilisation du GPL-C et l'essence, le coût de chacun, leurs émissions de CO₂, les risques du GPL-C par rapport à l'essence, les éléments qui diffèrent pour chaque carburant, et le coût de l'installation du kit de notre gaz, aussi va-t-il le coup d'installer le GPL-C dans notre véhicule

IV.2. Les prix des carburants en Algérie :

En 2020, on remarque une augmentation considérable du coût des carburants, et on a résumé sa dans ce qui suit :

- Diesel (gasoil) : 29.01 da (+5.95 da)
- Essence super 45.97 da (+4 da)
- Essence normal : 43.71 da (+4.76 da)
- Essence sans plomb : 45.62 da (+4 da)
- GPL : (09 da)

Ce qui nous concerne ici c'est l'essence et le GPL-C, et on trouve que l'essence est 5 fois plus chère que le GPL, ce qui est énorme, et qui donne un grand avantage à notre gaz qui aide à faire des économies, et voici un tableau qui montre l'augmentation des prix au cours des années :

Tableau 5 : Tableau représentatif des prix des carburants de 2015 à 2020

Carburant/prix	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Essence normal	21.20 DA/litre	28.45 DA/litre	32.69 DA/litre	38.95 DA/litre	41.94 DA/litre	43.71 DA/litre
Essence super	23 DA/litre	31.42 DA/litre	35.72 DA/litre	41.97 DA/litre	44.97 DA/litre	45.97 DA/litre
Essence sans plomb	22.60 DA/litre	31.02 DA/litre	35.33 DA/litre	41.62 DA/litre	44.62 DA/litre	45.62 DA/litre
Gas-oil (mazoute)	13.70 DA/litre	18.76 DA/litre	20.42 DA/litre	23.06 DA/litre	28.06 DA/litre	29.01 DA/litre
GPL	9 DA	9 DA	9 DA	9 DA	9 DA	9 DA

Ce tableau exprime en chiffres la différence entre ses deux carburants et leurs utilisations dans un même moteur.

IV.3. Tableaux représentatifs des calculs des quatre temps du moteur :

L'admission :

Tableau 6 : Admission

Admission		
Paramètre thermodynamique	Moteur essence	Moteur GPL-C
Lo	0.515 (Kmol/Kg comb)	27.644 (m ³ /m ³ comb)
M₁	0.4927 (Kmol)	28.09 (m ³ /m ³ comb)
M₂	0.5261 (Kmol)	29.456 (m ³ /m ³ comb)
β_0	1.067	1.049
ρ_0	1.169 (Kg /m ³)	1.169 (Kg /m ³)
ΔP_a	0.0203 (Mpa)	0.0114 (Mpa)
Pa	0.0797 (Mpa)	0.0886 (Mpa)
Ta	358.78 (°K)	339 (°K)
To	298 (°K)	298 (°K)
Po	0.1 (Mpa)	0.1 (Mpa)
Tr	1025 (°K)	790 (°K)
Pr	0.121 (Mpa)	0.106 (Mpa)
η_v	0.704	0.936

On remarque que dans le moteur à essence la quantité théorique nécessaire L_o est inférieur à celle du GPL-C à cause du coefficient d'excès d'air, aussi la quantité molaire des gaz brûlés dans le moteur GPL-C est supérieur à celle de l'essence, et cela nous montre que le travail utile des gaz au cours de l'admission dans le moteur GPL-C est supérieur à celui de l'essence. Ce qui signifie que l'augmentation de la quantité molaire des gaz brûlé est un facteur positif : M_1 (GPL) ; M_2 (GPL) > M_1 (Ess) ; M_2 (Ess)

La pression à la fin de l'admission dans le moteur essence est inférieure à celle du GPL suite à la différence dans nos excès d'air respectif.

La compression :

Tableau 7 : compression

Compression		
Paramètre thermodynamique	Moteur essence	Moteur GPL-C
Pc	1.36 (Mpa)	1.668 (Mpa)
Tc	749.772 (°K)	757.62 (°K)
μ_{cv}	21.46 (Kj/Kmol°K)	21.878 (Kj/Kmol°K)
Mr	0.033 (Kmol)	1.644 (Kg/m ³)

Le bus dans le processus de compression est la création des conditions favorable à l'inflammation du mélange. On voit que les paramètres de la compression de notre gaz sont supérieurs à celle de notre deuxième carburant.

La combustion :

Tableau 8 : combustion

combustion		
Paramètre thermodynamique	Moteur essence	Moteur GPL-C
Pz	5.33 (Mpa)	5.004 (Mpa)
Tz	2766.02 (°K)	2200.44 (°K)
λ	3.91	3

On remarque que dans les moteurs à essences, ce produit un dégagement de chaleur supérieur à celui du gaz, ce qui nous mène à dire que la croissance d'énergie interne du mélange et la réalisation du travail mécanique dans le moteur à essence est aussi supérieur à celle du GPL-C.

La détente :

Tableau 9 : détente

Détente		
Paramètre thermodynamique	Moteur essence	Moteur GPL-C
P_b	0.36 (Mpa)	0.314 (Mpa)
T_b	1567 (°K)	1242.815 (°K)
Tr'	1089.64 (°K)	865.363 (°k)

Dans la détente la capacité calorifique du GPL-C est inférieur à celle de l'essence suite à une température du moteur essence supérieur à celle du gaz.

Paramètre indiquer et effectif :

Tableau 10 : paramètre indiqué et effectif

Paramètres indiqués et effectifs		
Paramètre thermodynamique	Moteur essence	Moteur GPL-C
P_i'	0.9042 (Mpa)	0.773 (Mpa)
P_i	0.858 (Mpa)	0.695 (Mpa)
η_m	0.77	0.7919
G_i	243.89 (g/Kwh)	453.5404 (g/Kwh)
P_m	0.1974 (Mpa)	0.1446 (Mpa)
P_e	0.6606 (Mpa)	0.5504 (Mpa)
η_i	0.3336	0.31
η_e	0.245	0.2568
G_e	319.12 (g/Kwh)	573.86 (g/Kwh)
Ne'	72.22 (Kw)	72.33 (Kw)
Me	156.75 (N.m)	157.057 (Kw)
G_T	23.04 (Kg/h)	41.507 (Kg/h)

On remarque que les pressions indiqués et effectifs dans le moteur à essence sont supérieurs à celle du GPL-C, et cela est dû au taux de compression élevé et à la vitesse de charge moyenne.

Aussi la consommation spécifique et la capacité horaire du combustible dans le moteur à essence sont inférieurs à cause de la différence du rendement.

IV.4. Conclusion :

Le GPL entraîne généralement une consommation de carburant plus élevée que l'essence et le diesel. Cependant, il faut garder en tête que son coût est plus faible que les autres carburants. Son usage reste donc avantageux.

Conclusion générale :

Tout au long de notre étude nous avons essayé de nous rapprocher le plus possible de la vision des ingénieurs et connaisseurs sur le moteur bicarburation, et nous avons vus tous les paramètres qui pourrons nous donner une idée plus juste sur nos deux carburants, et ce qu'on a constaté c'est que les deux carburants ont des points positifs et négatifs, et tout deux peuvent être utilisé en toute sécurité, par rapport à une voiture essence, la voiture GPL émet 18% de Nox de moins. Le GPL est constitué de 50% de butane et 50% de propane. Il consomme environ 20% de carburant de plus qu'un véhicule essence, en revanche il est vendu beaucoup moins cher dans les pompes à essence. Ce qui nous amène à choisir le GPL-C pour une utilisation en ville pour plus d'économie.

Résumé :

Cette étude nous a permis d'identifier deux sorte de carburants, qui sont l'essence et le GPL-C, après quelques généralités sur les moteurs et leurs fonctionnements et en citant les pièces principales qui forme notre moteur, on s'est attardé sur les calculs et dimensionnement de notre moteur dans les deux cas, en roulant au gaz et a l'essence, et le résultat est assez satisfaisant sur les deux carburants, avec une petite préférence pour le GPL-C, mais faut pas non plus négligé l'autre carburant, et savoir quand utilisé l'un comme l'autre.

Abstract :

This study allowed us to identify two types of fuels, which are gasoline and LPG-C, after some general information on engines and their operations and citing the main parts that make up our engine, we focused on calculations and sizing of our engine in bouth cases, running on gas and gasoline, and the result is quite satisfactory on both fuels, with a small preference for LPG-C, but should not be neglected either. Other fuel, and know when to use both.