

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique Et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة الشهيد الشيخ العربي التبسي – تبسة

Université Echahid Cheikh Larbi Tébessa – Tébessa

معهد المناجم

Institut des Mines

قسم المناجم و الجيوتكنولوجيا

Département Mines Et Géo technologie



MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master

Filière : Electromécanique

Option : maintenance industrielle

THÈME :

Etude comparative du moteur

à essence et du moteur diesel

par

Nacer Mohammed Salah et Fares aymen

Taleb Mounia	Président	Dr	Université Echahid Cheikh Larbi Tébessi – Tébessa
Messaoud Louafi	Encadreur	Pr	Université Echahid Cheikh Larbi Tébessi – Tébessa
Moghrani redhouane	Examineur	Dr	Université Echahid Cheikh Larbi Tébessi – Tébessa

Année universitaire 2023/2024

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

مؤسسة التعليم العالي : جامعة الشهيد الشيخ العربي التسي - تبسة

تصريح شرقي
خاص بالالتزام بقواعد النزاهة العلمية لانجاز بحث

أنا الممضي أدناه،

السيد (ة) طارق أمين الصفة : طالب باحث، باحث دائم : طالب

الحامل لبطاقة التعريف الوطنية رقم : 1.028.684.00 و الصادرة بتاريخ 2024/03/12

المسجل بمعهد البحر قسم العلوم والكيمياء

و المكلف بانجاز أعمال بحث (منكورة التخرج، منكورة مسنار، منكورة ماجستير، أطروحة دكتوراه) عنوانها :

Etude comparative des moteurs à essence

et du moteur diesel

أصرح شرقي أنني ألتزم بمراعاة المعايير العلمية و المنهجية و معايير الأخلاقيات المهنية و النزاهة الأكاديمية
المطلوبة في انجاز البحث المذكور أعلاه.

التاريخ: 06 جوان 2024

امضاء الممضي (ة)



Handwritten signature of the researcher.



Red rectangular stamp of the university, Boumerdes, dated 06/06/2024.



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

مؤسسة التعليم العالي : جامعة الشهيد الشيخ العربي التونسي - تبسة

تصريح بشرفي
على الالتزام بقواعد النزاهة العلمية لأجل بحث

لنا المعنى أدناه:

السيد (ة).....
المتخصص في.....
الحامل لبطاقة التعريف الوطنية رقم :.....
المسجل بمعهد.....
و المكلف بأجل أصناف بحث (مذكرة للتخرج، مذكرة ماستر، مذكرة ماجستير، أطروحة دكتوراه)، عنوانها :
.....
.....
.....

أصرح بشرفي أنني للزام بمراعاة المعايير العلمية والمنهجية ومعايير الأخلاقيات المهنية والنزاهة الأكاديمية
المطلوبة في أجال البحث المذكور أعلاه.

التاريخ:.....
إمضاء المعنى (ة)
119

01 جوان 2024

من:.....
إمضاء السيدة بن.....
المتخصص في.....



Année universitaire : 2023/2024

Télemou le :

Lettre de soutenabilité

Noms et prénoms des étudiants :

1NACER Mohammed Salah

2FARES Aymen

Niveau : 2^{ème} année master Option : maintenance industrielle

Thème : Etude comparative du moteur à essence et du moteur diesel

Nom et prénom de l'encadreur : Messaoud Louafi

Chapitres réalisés	Signature de l'encadreur
Chapitre 1: Généralités sur la maintenance	
Chapitre 2: Les Moteur A Combustion Interne	
Chapitre 3: Etude Thermodynamique D'un Moteur Combustion Interne	
Chapitre 4: Etude Comparative D'un Moteur à Essence Et Moteur Diesel	

Remerciement

En premier lieu, nous tenons à remercier Dieu, notre créateur qui nous a donné la force pour accomplir ce modeste travail.

Ce présent mémoire de fin d'étude, n'aurait pu avoir le jour sans contribution de nombreuses personnes, dont nous faisons aujourd'hui un plaisir et un devoir de les remercier

Avant tout, nous tenons à remercier messieurs les membres du jury pour leurs collaborations durant l'examen de ce travail et leurs participations à la soutenance. Nous adressons tout particulièrement notre reconnaissance à notre promoteur **Messaoud Louafi**: pour la direction de cette thèse, pour ses conseils et son aide. Sans oublier les enseignants **département Electromécanique**.

Enfin nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce présent mémoire, trouvent ici l'expression de notre profondes gratitude et respect.

Sommaire

Chapitre I : Généralités sur la maintenance

I.1.Introduction :.....	1
I.2 La maintenance :.....	1
I.2.1 Définition de la maintenance :.....	1
I.2.2 Importance et role de la maintenance:	1
I.2.3 Les objectifs de la maintenance :.....	1
I.2.4 Les type des maintenances :.....	2
I.2.5 Les opérations de maintenance:.....	4
I.La fiabilité :.....	5
I.3.1 Définition :.....	5
I.3.2 Objectifs de la fiabilité :.....	5
I.3.3 Les Principales lois de probabilité utilisées en fiabilité :.....	5
I.3.4 Modèle de WEI BULL :.....	6
I.3.5 Estimation des paramètres du modèle de WEI BULL :.....	6
I.4 La Maintenabilité :	10
I.4.1 Définition :	10
I.5 La disponibilité :	12
I.5.1 Définition :	12
I.5.2 Types de disponibilité :	12
I.6 Le diagramme A.B.C (PARETO) :	13

I.6.1 Définition :	13
I.6.2 But :	13
I.7 diagramme d'Ishikawa (Ishikawa ou Arête De Poisson):	14
I.7.1 définition :	14
I.7.2 But :	15
I.7.3 Construction du diagramme :	15
I.8 Conclusion :	16

Chapitre II : Les Moteur A Combustion Interne

II.1.Historique du moteur	17
II.2.Les moteurs à combustion interne.	17
II.2.1.Moteur à explosion	17
II.2.2.Moteur à combustion	18
II.3.Types de moteur combustion interne	18
II.4.Constitution d'un moteur et ces auxiliaires	19
II.4.2.Les organes mobiles.	21
II.5.Moteur à essence	24
II.6.Principe de fonctionnement.	24
II.7.Les avantages et Les inconvénients	25
II.7.1.Les avantages du moteur à explosion essence	25
II.7.2.Les inconvénients du moteur à explosion essence.	26
II.8.moteur Diesel.	27
II.9.Les type de moteur Diesel	27

II.9.1.Moteurs à injection indirecte.....	27
II.10.Le Principe.....	30
II.11.Les temps de la combustion	31
II.12.Avantages du moteur diesel.	33
II.13.Inconvénients du moteur diesel.....	34
II.14.Conclusion.....	34

CHAPITRE III: Etude Thermodynamique D'un Moteur Combustion Interne

III.1.Introduction	35
III.2.Définition de la thermodynamique	35
III.4.Système thermiquement isolé :	35
III.4.1.Système ouvert.....	36
III.4.2.Système fermé.....	36
III.4.3. Etat d'un système.....	36
III.4.4.Etat d'équilibre	36
III.5.Transformation.....	36
III.5.2.Transformation adiabatique :	36
III.5.3.Transformation isochore :	37
III.5.4.Transformation isobare :	37
III.5.5.Représentation graphique d'une transformation.....	37
III.6.Cycle de Beau de Rocha.....	37
III.6.1.Description.....	37
III.6.2.Cycle de Beau de Rochas : description	39

III.7.Validité des hypothèses	40
III.7.1.Rapidité de transformations adiabatiques	40
III.7.2.Réversibilité.....	40
III.8.Parti calcul.....	40
III.8.1.Calcul des travaux	40
III.9.Evolution du rendement en fonction du rapport volumétrique ε	42
III.10.Conclusion :	43
III.11.Cycle diesel	43
III.11.1.Description.....	43
III.11.2.Calcul des températures T_C , T_D et T_E en fonction de T_B	45
III.11.4.Calcul du rendement.....	46
III.12.Conclusion :	47

CHAPITRE IV: Etude Comparative D'un Moteur à Essence Et Moteur Diesel

IV.1.Les chiffres-clés de l'essence et du diesel :.....	48
IV.2.Les différences entre essence et diesel :.....	48
IV.3.1.L'application Pratique des méthodes d'analyse :	50
IV.4.Conclusion :	56
Conclusion générale.....	57

Listes des Figure

Chapitre I: Généralité sur la maintenance

Figure. I.1 : Les types des maintenances.....	3
Figure. I.2 : Représentation sur graphique à échelle fonctionnelle de la distribution de Weibull (graphique d'Allan Plait).....	7
Figure. I.3: Courbe théorique (densité de probabilité $f(t)$).....	8
Figure. I.4 : Courbe théorique (fonction de répartition).....	8
Figure. I.5 Courbe théorique (Fiabilité).....	9
Figure. I.6 Courbe en baignoire.....	10
Figure. I.7 schématise les états successifs.....	12
Figure. I.8 «Courbe A.B.C.».....	14
Figure. I.9: Diagramme de causes-effet.....	15

Chapitre II : Les Moteur A Combustion Interne

Figure II.1: Le bloc-moteur.....	20
Figure II.2: La culasse.....	20
Figure II.3: Le carter.....	21
Figure II.4: Le joint culasse.....	21
Figure II.5: Le piston.....	22
Figure II.6: Le vilebrequin.....	22
Figure II.7: La bielle	22
Figure II.8: La distribution	23
Figure II.9: Schéma d'un moteur essence	24
Figure II.10: Principe de fonctionnement d'un moteur.....	25

Figure II .11 : Les structures des préchambres de combustion.....	28
Figure II .12 : L'injection directe.....	30
Figure II .13 :L'admission d'air.....	32
Figure II .14 : La compression d'air.....	32
Figure II .15 : L'explosion.....	33
Figure II .16 : L'échappement.....	33

Chapitre II : Les Moteur A Combustion Interne

Figure. III.1 Quatre temps d'un moteur essence	37
Figure III.2 Cycle d'admission	37
Figure. III.3: Cycle à compression	38
Figure. III.4: Cycle à explosion-d'étente	38
Figure. III.5: Cycle échappement	38
Figure. III.6: Cycle de beau de rochas	39
Figure. III.7 Cycle théorique d'un moteur essence	40
Figure III.8: Cycle réel d'un moteur essence	40
Figure. III.9: Cycle moteur à essence montre travail	41
Figure. III.10: Courbe rendement l'importance du rapport volumétrique	42
Figure. III.11: quateur temps de moteur diesel	43
Figure. III.12 Cycle d'admission	44
Figure III.13: Cycle à compression	44
Figure. III.14: Cycle à explosion-d'étente	44
Figure. III.15: Cycle échappement	45
Figure. III.16: Cycle théorique de moteur diesel	45
Figure. III.17: Cycle réel de moteur diesel.....	45

CHAPITRE IV: Etude Comparative D'un Moteur à Essence Et Moteur Diesel

Figure IV.1 moteur TOYOTA VVT (4*4).....	51
Figure IV.2 Courbe fiabilité (D4D).....	53

Figure IV.3 moteur Corolla 1.6.....	53
Figure IV.4 Courbe fiabilité (corolla).....	55
Figure IV.5 Courbe fiabilité (corolla)et(D4D).....	57



Chapitre I: Généralités sur la maintenance.

I.1.Introduction :

La maintenance s'inscrit parmi les contraintes que rencontre tout exploitant d'une installation industrielle. Plus généralement, une installation de production nécessitant un ensemble de moyens matériels et humains n'est en mesure d'assurer le service qu'on lui demande qu'après avoir surmonté diverses contraintes, dont la maintenance des équipements de production utilisés. Construire une usine ou un atelier ne sert à rien en l'absence de production significative, ou de personnel qualifié, ou d'un système d'organisation permettant le maintien en état des installations [1].

I.2 La maintenance :

I.2.1 Définition de la maintenance :

Selon la norme AFNOR X 60-000 (Association française de normalisation), la maintenance englobe toutes les actions techniques, administratives et de gestion pendant le cycle de vie d'un bien, visant à le préserver ou à le rétablir dans un état permettant de l'utiliser. [2].

I.2.2 Importance et rôle de la maintenance:

La nécessité de garantir la disponibilité permanente et le bon fonctionnement des installations matérielles de production met en évidence l'importance et le rôle de la maintenance. Le rôle de la maintenance serait, en définitive, de permettre aux autres services de l'entreprise de remplir leurs fonctions en obtenant le rendement optimum des investissements [3].

I.2.3 Les objectifs de la maintenance :

Les objectifs du service de maintenance sont déterminés par la nature de l'entreprise, définis clairement par une politique bien définie en prenant en compte trois facteurs essentiels.:

- Facteur technique.
- Facteur économique.
- Facteur humain et écologique [3].

a) Objectifs techniques (opérationnels) :

- Assurer la disponibilité maximale des installations et de l'équipement à un prix rationnel.

- Fournir un service qui élimine les pannes à tout moment et à tout prix.

- Pousser à la dernière limite la durée de vie de l'installation (notion de durabilité).

- Assurer une performance de haute qualité.

- Maintenir une installation d'une propreté absolue à tout moment.

b) Objectifs économiques :

- Réduire au minimum les dépenses de maintenance et maximiser les profits .

- Assurer le service de maintenance dans les limites d'un budget .

- Avoir des dépenses de maintenance portant sur le service exigé par les installations et l'appareillage en fonction de son âge et de son taux d'utilisation.

c) Objectifs humains et écologiques :

- Réduire les accidents de fonctionnement (Notion de sécurité) et améliorer les conditions de travail.

- Étudier toute modification, protection à effectuer sur les matériels pour diminuer les risques d'accidents

- Lutter contre la nuisance et préserver l'environnement (échappement de gaz, bruits inhérents, fuites d'huile, ...etc.).

I.2.4 Les type des maintenances :

On distingue deux types de La maintenance, donnée (**Fig. I.1**) suivant :

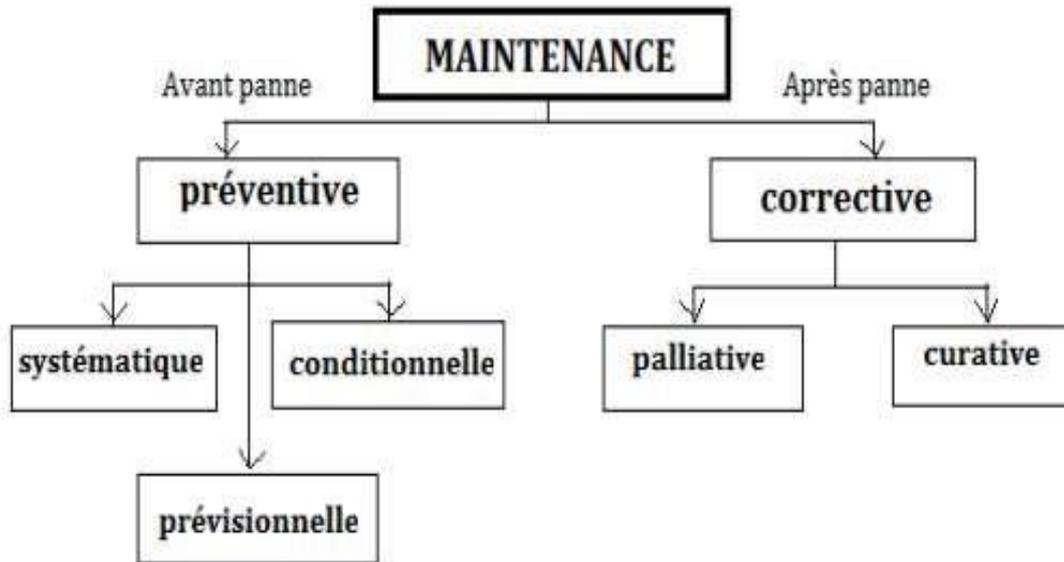


Figure. I.1 : Les types des maintenances [2].

La maintenance préventive :

Son objectif est de prévenir les pannes des équipements en cours d'utilisation. D'après l'AFNOR : « La maintenance préventive est une opération visant à diminuer les chances de défaillance ou de détérioration d'un bien ». La courbe de la maintenance préventive est illustrée dans la figure (I.2). L'entretien préventif est divisé en trois catégories. [2].

a) Maintenance systématique Selon l'AFNOR :

« Maintenance effectuée selon un échéancier établi selon le temps ou un nombre prédéterminé d'unités d'usage ».

b) Maintenance conditionnelle Selon l'AFNOR :

« Maintenance préventive subordonnée à un type d'événement prédéterminé ». Ces indicateurs sont généralement les vibrations, pression, bruit, température, ...etc

c) Maintenance prévisionnelle :

La maintenance prévisionnelle, parfois désignée sous le nom de « maintenance prédictive », est définie par l'AFNOR comme « Maintenance effectuée en se basant sur les prévisions tirées de l'analyse et de l'évaluation de paramètres importants de la détérioration du bien ». L'analyse de l'évolution des paramètres techniques permet de mesurer l'état du bien et de repérer les éventuelles dégradations dès leur apparition. Cela permet d'anticiper et de prévoir au mieux le moment où l'intervention devra être effectuée.

Maintenance corrective :

D'après la norme AFNOR, « Toutes les actions entreprises après la défaillance d'un bien ou la détérioration de sa fonction afin de lui permettre d'exécuter une fonction nécessaire, au moins temporairement ». Ces actions incluent la localisation de la défaillance et son diagnostic, la remise en état avec ou sans modification, ainsi que le contrôle permanent du bon fonctionnement.

Il y a deux types de Maintenance corrective [2]:

a) Maintenance palliative (Dépannage) :

C'est une remise en état de fonctionnement effectuée in-situ parfois sans interruption du fonctionnement de l'ensemble concerné. Elle a un caractère « Provisoire » et doit être suivie par une action corrective durable

b) Maintenance curative :

Il s'agit des réparations faites in-situ ou en atelier central parfois après dépannage, ce type de maintenance a un caractère « définitif »

I.2.5 Les opérations de maintenance:

Ces opérations trouvent leur définition dans la norme FN X 60-010 et NF EN 13306) [2].

Les opérations de maintenance corrective :

C'est une action ou opération de maintenance corrective sur un équipement en panne en vue la remettre en état de fonctionnement.

a) Le dépannage : C'est une action ou opération de maintenance corrective sur un équipement en panne en vue la remettre en état de fonctionnement.

Cette action de dépannage peut s'accommoder de résultats provisoires et de conditions de réalisation hors règles de procédures, de cout et de qualité, et dans ce cas sera suivie de la réparation.

Souvent les interventions de dépannage sont de courtes durées mais peuvent être nombreuses et n'exigent pas la connaissance du comportement des équipements et des modes de dégradation.

b) La réparation :

C'est une intervention définitive et limitée de maintenance corrective après panne ou défaillance. L'équipement réparé doit assurer les performances pour lesquelles il a été conçu.

Les opérations de maintenance préventive :

a) Les inspections :

Ce sont des activités de surveillance consistant à relever périodiquement des anomalies et exécuter des réglages simples ne nécessitant pas d'outillage spécifique ni d'arrêt de l'outil de production ou des équipements [4]

b) Les visites :

Ce sont des opérations de surveillance qui dans le cadre de la maintenance préventive systématique, s'opèrent selon une périodicité prédéterminée.

c) Les contrôles :

Ils correspondent à des vérifications de conformité par rapport à des données préétablies suivis d'un jugement.

I. La fiabilité :

I.3.1 Définition :

La fiabilité caractérise l'aptitude d'un système ou d'un matériel à accomplir une fonction requise dans des conditions données pendant un intervalle de temps donné[5].

I.3.2 Objectifs de la fiabilité :

La fiabilité a pour objectif de :

- Mesurer une garantie dans le temps ;
- Evaluer rigoureusement un degré de confiance ;
- Déchiffrer une durée de vie ;
- Evaluer avec précision un temps de fonctionnement ;
- Déterminer la stratégie de l'entretien ;
- Choisir le stock.

I.3.3 Les Principales lois de probabilité utilisées en fiabilité :

dans les études de fiabilité des différents équipements, une variable aléatoire continue ou discrète peut être distribuée suivant diverses lois qui sont principalement [5]:

- La loi exponentielle.
- La loi de WEIBULL.
- La loi normale.
- La loi log-normale (ou loi de GALTON).
- La loi binomial.
- La loi de POISSON ou loi de faibles probabilités.

I.3.4 Modèle de WEI BULL :

C'est la plus populaire des lois, utilisées dans plusieurs domaines (électronique, mécanique,...). Elle permet de modéliser en particulier de nombreuses situations d'usure de matériel. Elle permet de caractériser le comportement du système dans les trois phases de vie, période de jeunesse, période de vie utile et période d'usure ou vieillissement. Dans sa forme la plus générale, la distribution de weibull dépend des trois paramètres suivants : β , γ et η [1].

I.3.5 Estimation des paramètres du modèle de WEI BULL :

Un des problèmes essentiel est l'estimation des paramètres (β, η, γ) de cette loi, pour cela, nous disposons de la méthode suivante :

a) Graphique à échelle fonctionnelle :

Pour la distribution de Weibull à 3 paramètres, on fait la transformation.

Le paramètre de position γ qui représente le décalage pouvant exister entre le début de l'observation (date à laquelle on commence à observer un échantillon) et le début du processus que l'on observe (date à laquelle s'est manifesté pour la première fois le processus observé).

Le paramètre d'échelle η qui, comme son nom l'indique, nous renseigne sur l'étendue de la distribution.

Le paramètre de forme β qui est associé à la cinétique du processus observé.

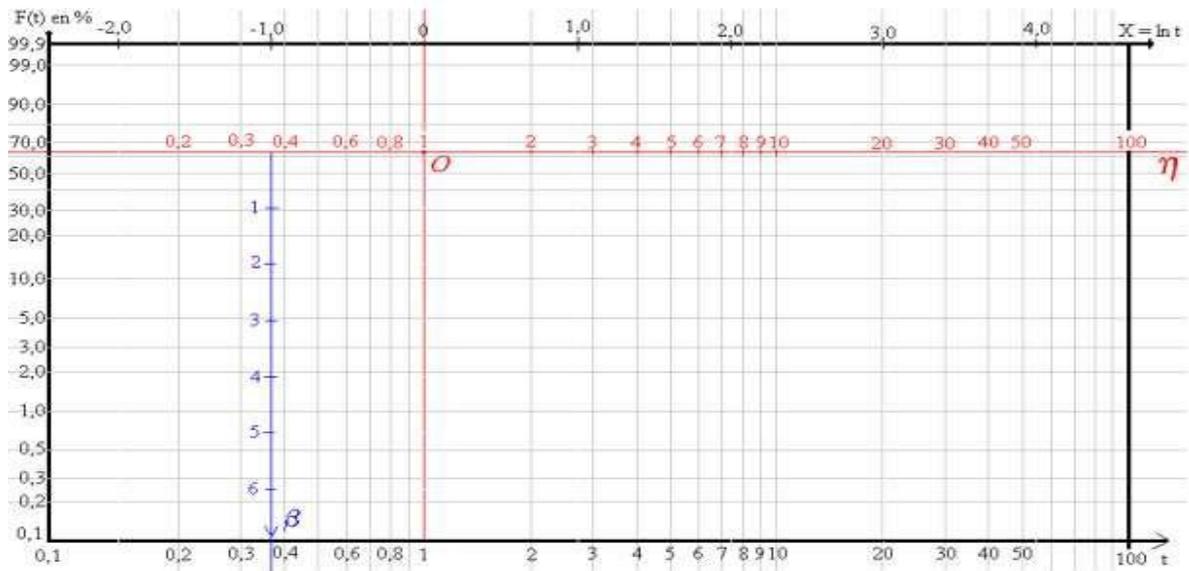


Figure. I.03 : Représentation sur graphique à échelle fonctionnelle de la distribution de Weibull

(graphique d'Allan Plait).

b) La densité de probabilité :

La densité de probabilité d'une loi de weibull a pour expression :

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \cdot e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^\beta} \quad \text{Avec} \quad t \geq \gamma \quad (I.1)$$

Ou : β est le paramètre de forme ($\beta > 0$). η est le paramètre de d'échelle ($\eta > 0$). γ est le paramètre de position ($-\infty \leq \gamma \leq +\infty$) [4].

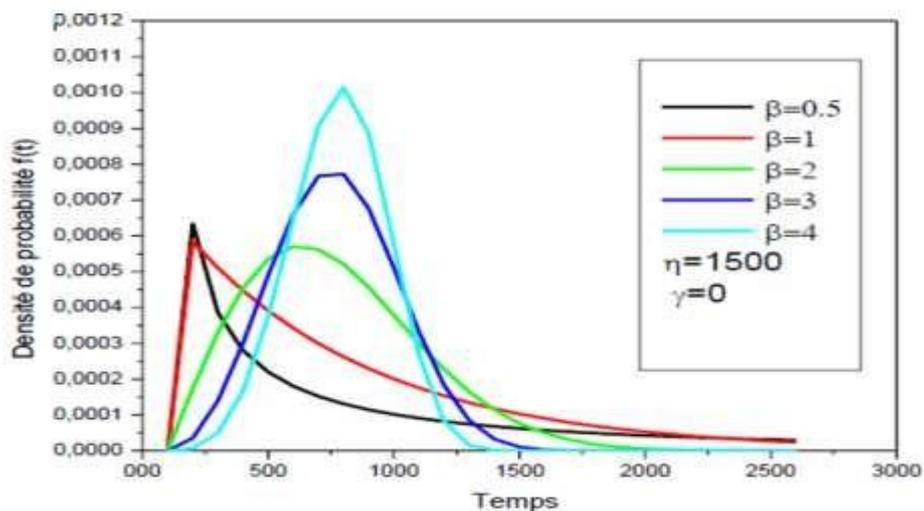


Figure. I.4: Courbe théorique (densité de probabilité f (t)) [4].

c) La fonction de répartition La fonction de répartition s'écrit :

La fonction de répartition s'écrit :

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (I.2)$$

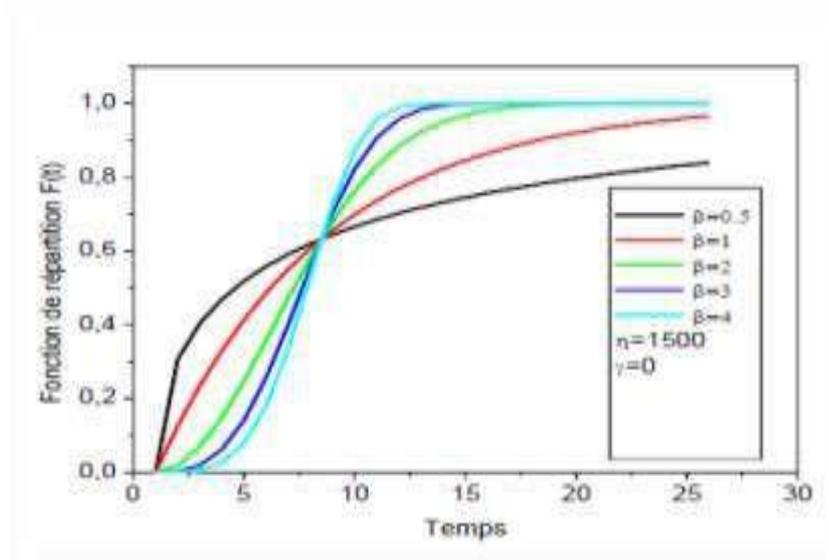


Figure. I.6 : Courbe théorique (fonction de répartition) [4].

d) La fonction de fiabilité R(t) :

e) la fonction de fiabilité s'écrit ;

$$R(t) = 1 - F(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (I.3)$$

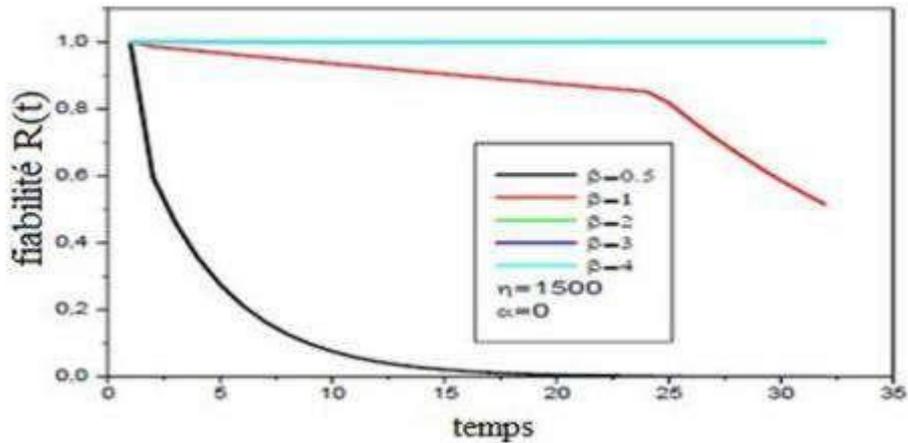


Figure. I.6 : Courbe théorique (Fiabilité) [4].

d) **Le taux de défaillance (Taux d'avarie) :** Le taux de défaillance donné par [4]:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{f(t)}{1-F(t)} = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \cdot e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \cdot \frac{1}{e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}} \Rightarrow \lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \quad (I.4)$$

Avec (t) taux de défaillance de la pièce d'âge t.

On a donc : $\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (I.5)$

(t) S'exprime également par l'inverse d'un temps, mais n'est pas une densité de probabilité

L'expérience montre que pour la plupart des composants, le taux de défaillance suit une courbe en baignoire représenté sur la figure suivante :

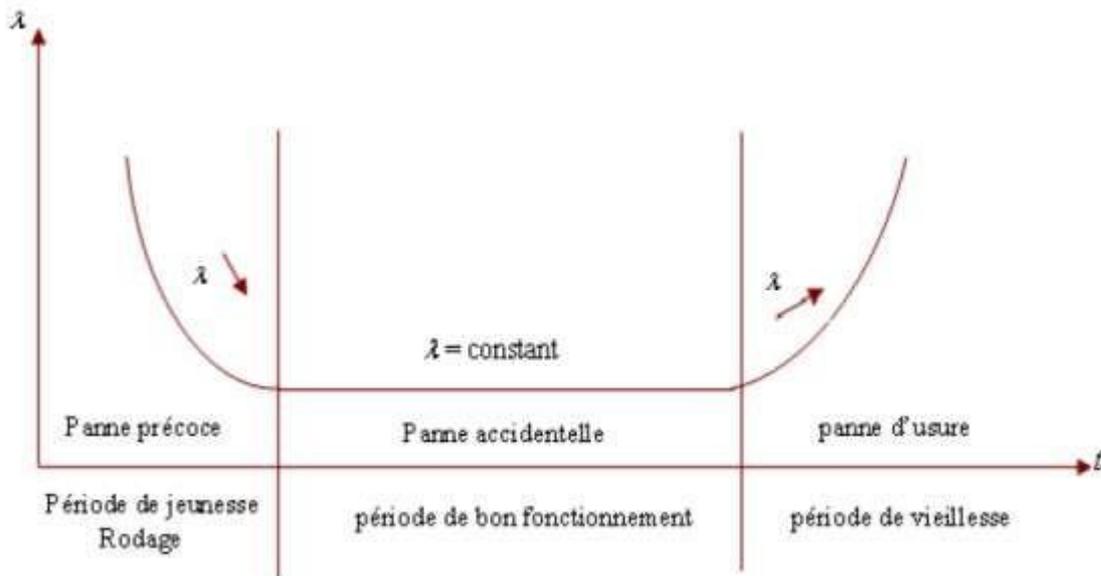


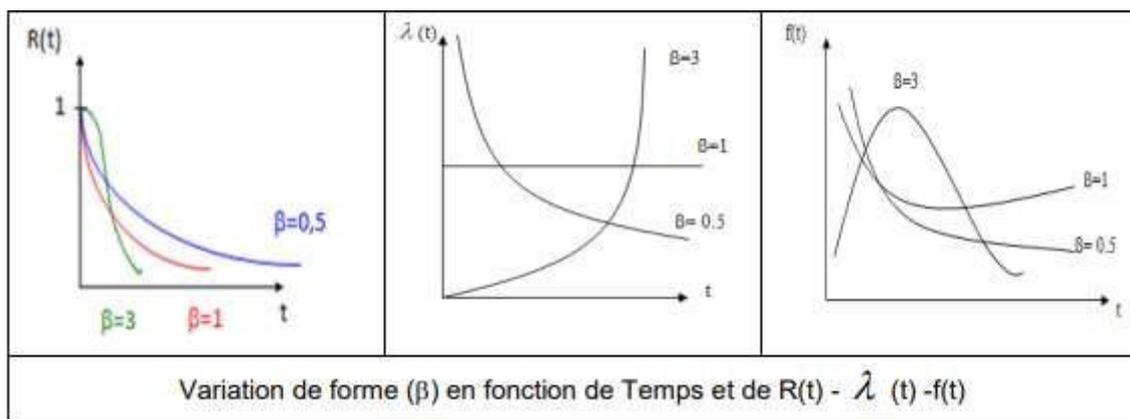
Figure. I.7 : Courbe en baignoire [6].

Paramètre de forme β

- Si $\beta > 1$, le taux de défaillance est croissant, caractéristique de la zone de vieillesse ;
- $1,5 < \beta < 2,5$: fatigue ;
- $3 < \beta < 4$: usure, corrosion ;

Si $\beta = 1$, le taux de défaillance est constant, caractéristique de la zone de maturité ;

Si $\beta < 1$, le taux de défaillance est décroissant, caractéristique de la zone de jeunesse ;



I.4 La Maintenabilité :

I.4.1 Définition :

Dans des circonstances spécifiques, la maintenabilité se réfère à la capacité d'un bien à être maintenu ou rétabli dans un état favorable à son utilisation, lorsque la maintenance est

réalisée dans des conditions spécifiques, en suivant des procédures et des moyens spécifiques. [5].

Maintenabilité = être rapidement dépanné

C'est aussi la probabilité de rétablir un système dans des conditions de fonctionnement spécifiées, en des limites de temps désirées, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, en utilisant des procédures et des moyens prescrits.

A partir de ces définitions, on distingue :

La maintenabilité intrinsèque :

elle est « construite » dès la phase de conception à partir d'un cahier des charges prenant en compte les critères de maintenabilité (modularité, accessibilité, etc.).

La maintenabilité prévisionnelle :

elle est également « construite », mais à partir de l'objectif de disponibilité.

La maintenabilité opérationnelle :

elle sera mesurée à partir des historiques d'interventions.

L'analyse de maintenabilité permettra d'estimer la MTTR ainsi que les lois probabilistes de maintenabilité (sur les mêmes modèles que la fiabilité).

Calcul de la maintenabilité :

$$M(t = \text{MTTR}) = 1 - e^{-\mu t} \quad (\text{I.6})$$

La maintenabilité peut se caractériser par sa MTTR.

MTTR : Moyenne des Temps Techniques de Réparation.

$$\text{MTTR} = \frac{\sum \text{Temps d'intervention pour } n \text{ pannes}}{\text{Nombre de pannes}} \quad (\text{I.7})$$

Taux de réparation μ

$$\mu = \left[\frac{1}{\text{MTTR}} \right] \quad (\text{I.8})$$

La figure ci-dessous schématise les états successifs que peut prendre un système réparable :

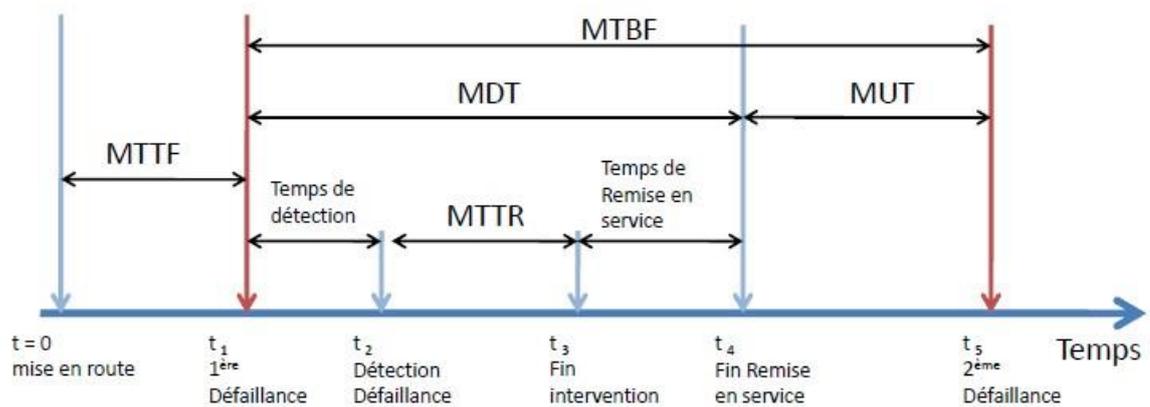


Figure. I.8 : schématise les états successifs.

I.5 La disponibilité :

I.5.1 Définition :

La disponibilité désigne la capacité d'un bien, en tenant compte de sa fiabilité, de sa durabilité et de l'organisation de la maintenance, à accomplir une fonction nécessaire dans des délais spécifiques. [5].

Pour qu'un équipement présente une bonne disponibilité, il doit :

- * avoir le moins possible d'arrêts de production,
- * être rapidement remis en état s'il est défaillant.

La disponibilité relie donc les notions de fiabilité et de maintenabilité.

I.5.2 Types de disponibilité :

Disponibilité intrinsèque :

cette disponibilité est évaluée en prenant en compte les moyennes de bon fonctionnement et les moyennes de réparation, ce qui donne.

$$D_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (I.9)$$

Disponibilité instantanée :

Pour un système avec l'hypothèse d'un taux de défaillance λ constante et d'un taux de réparation μ constant, la disponibilité instantanée est :

$$D(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} e^{-(\lambda + \mu)t} \quad (\text{I.10})$$

La relation entre MUT, MTBF, et MTTR :

$$\text{MTBF} = \text{MUT} + \text{MTTR} \quad (\text{I.11})$$

- En général, on utilise les sigles d'origine américaine MTBF, MTTR et MUT, avec le risque de mal se comprendre évoqué au début du paragraphe ; on peut proposer les expressions françaises suivantes pour utiliser exactement les mêmes notions en levant les ambiguïtés :

- TTR temps de réparation,
- TBF temps de bon fonctionnement,
- UT temps entre défaillances.

I.6 Le diagramme A.B.C (PARETO) :**I.6.1 Définition :**

Méthode objective et efficace de choix basés sur la connaissance d'une période antérieure. Les résultats se présentent sous forme d'une courbe dite « Courbe A.B.C. » [6].

I.6.2 But :

Le diagramme A.B.C (PARETO) permet de visualiser l'importance relative des différentes parties ou catégories d'un ensemble précédemment analysé et chiffré sous la forme d'un classement et d'une hiérarchisation [6].

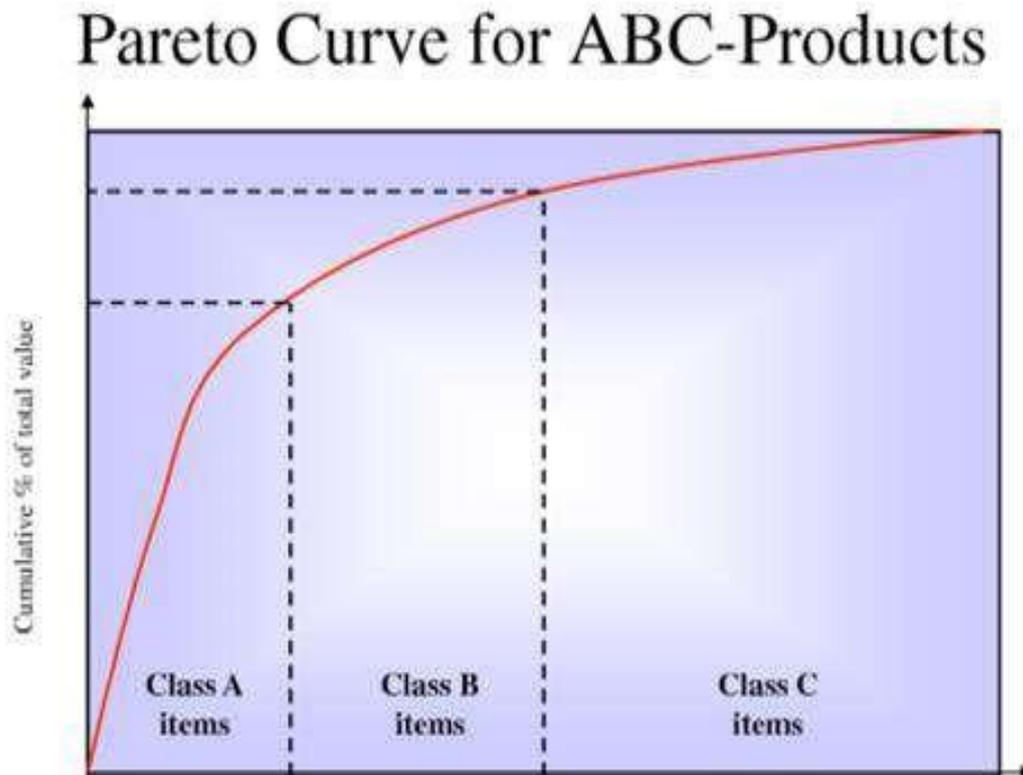


Figure. I.9 «Courbe A.B.C.».

Zone A : Pertes devant engendrer des actions prioritaires .

Zone B : Pertes à prendre en compte si solutions peu coûteuses .

Zone C : Pertes ne justifiant pas d'action.

I.7 diagramme d'Ishikawa (Ishikawa ou Arête De Poisson):

I.7.1 définition :

Le diagramme de cause à effet, également connu sous le nom de diagramme d'Ishikawa ou méthode des 5M, est une méthode qui permet de repérer les différentes causes potentielles d'un problème ou d'un défaut. Ensuite, il est nécessaire d'agir sur ces causes afin de rectifier le défaut en mettant en œuvre des mesures correctives adéquates. [6].

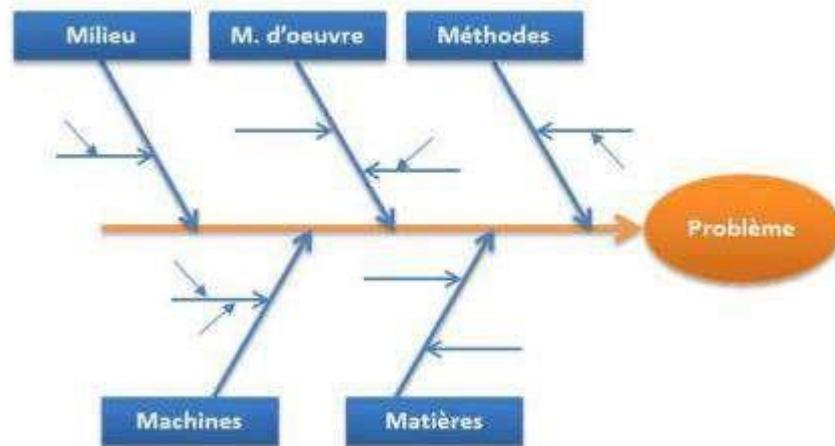


Figure. I.10: Diagramme de causes-effet.

I.7.2 But :

Étudier et représenter visuellement la relation entre un problème (effet) et toutes ses causes potentielles. Le diagramme d'Ishikawa est un outil visuel qui permet de saisir les origines d'un problème de qualité. [6].

I.7.3 Construction du diagramme :

La forme du diagramme d'Ishikawa est un graphe en arêtes de poisson. Dans cette dernière, les causes sont répertoriées par catégorie en fonction de la loi des 5 M (Matière, Main d'œuvre, Matériel, Méthode, Milieu). Il est élaboré en cinq étapes. :

Étape 1. Placer une flèche horizontalement, pointée vers le problème identifié ou le but recherché.

Étape 2. Regrouper à l'aide de la méthode de « brainstorming » par exemple, les causes potentielles en familles, appelées communément les 5M :

M1 - Matières : matières premières, pièces, ensembles, fournitures, identification, stockage, qualité, manutention .

M2 - Matériel : Recense les causes probables ayant pour origine les supports techniques et les produits utilisés. Machines, outils, équipements, capacité, âge, nombre, maintenance

M3 - Main d'œuvre : directe, indirecte, motivation, formation, absentéisme, expérience, problème de compétence, d'organisation, de management

M4 - Milieu : environnement physique, éclairage, bruit, aménagement, relations, température, climat, marché, législation

M5 - Méthodes : instructions, manuels, procédures, modes opératoires

Etape 3. Tracer les flèches secondaires correspondant au nombre de familles des causes potentielles identifiées, et les raccorder à la flèche principale. Chaque flèche secondaire identifie une des familles de causes potentielles.

Etape 4. Inscrire sur des minis flèches, les causes rattachées à chacune des familles. Il faut veiller à ce que toutes les causes potentielles apparaissent.

Etape 5. Rechercher parmi les causes potentielles exposées, les causes réelles du problème identifié. Ce sera notamment la cause la plus probable qu'il restera à vérifier dans la réalité et à corriger [7].

I.8 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons donné des généralisations sur les concepts fondamentaux de la maintenance en calculant la fiabilité, la maintenabilité, la disponibilité, ainsi que par l'analyse fonctionnelle et la méthode d'Ishikawa pour évaluer l'absence de défauts causés par ces moteurs à combustion interne en raison de leur importance dans l'entreprise



***Chapitre II : Généralité Sur Le Moteur A
Combustion Interne***

Chapitre II : Généralité Sur Le Moteur A Combustion Interne

II.1. Historique du moteur

le principe du moteur à combustion interne à été énoncé par CARNOT en 1824. Plus tard plusieurs ingénieurs ont appliqué leurs efforts au développement de ce principe et à sa réalisation concrète. Grâce aux travaux de BEAU DE ROCHAS, d'OTTO et de RUDOLF DIESEL se rapportant à la période de 1876-1900 les grands perfectionnements du moteur à combustion interne ont été réalisés et ont permis les améliorations ultérieures qui le portent à ses

performances actuelles.

la période contemporaine est caractérisée par le développement intense de nouvelles techniques dans les domaines des moteurs à piston rotatif et des turbomoteurs qui se distinguent

par l'absence de pièces à mouvement alternatif et par leur grande vitesse de rotation. Malgré l'emploi encore limité de ces moteurs, les constructeurs leur attribuent un grand avenir. [8] [9]

II.2. Les moteurs à combustion interne :

Les moteurs à combustion interne transforment l'énergie chimique emmagasinée dans un carburant en énergie mécanique grâce à l'expansion des gaz durant la combustion. Ils sont

généralement utilisés pour :

Les véhicules de transport, les groupes électrogènes ... etc. Le terme « interne » exprime le fait que la combustion ait lieu à l'intérieur du moteur et que le mélange air-carburant et les produits de la combustion sont les fluides de travail. Le transfert de travail a lieu entre ces gaz et les composants mécaniques du moteur.

Il existe deux types de moteurs : [10]

II.2.1. Moteur à explosion

La combustion est provoquée par l'apport de chaleur nécessaire au déclenchement du processus

de combustion. Cette chaleur est produite, à un instant donné, par l'effet d'une étincelle électrique. Dans ce cas, la majorité des moteurs d'automobile utilisent l'essence comme combustible, celui-ci étant introduit dans les cylindres préalablement mélangé à l'air et ce mélange est réalisé par un dispositif appelé carburateur ; ils sont dits « moteurs à explosion » ou

simplement « moteur à essence »

Chapitre II : Généralité Sur Le Moteur A Combustion Interne

Au lieu d'être alimentés à l'aide d'un carburateur qui effectue le mélange carburé, certains moteurs peuvent être alimentés par une pompe d'injection : on les appelle "moteurs à injection

d'essence". Selon l'organisation du constructeur le moteur peut fonctionner soit en cycle de 4 temps, soit en 2 temps.

Il est 4 temps quand chaque temps du cycle à savoir : l'admission, la compression, l'explosion et

détente, et enfin l'échappement correspond à quatre courses complètes du piston, soit de haut en

bas, soit de bas en haut pendant un cycle, le piston fait quatre courses, deux descendantes et deux

ascendantes ; la manivelle fait deux révolutions autour de l'arbre moteur, et ce dernier exécute

deux tours complets autour de son axe.[11]

II.2.2. Moteur à combustion

Ainsi quand les moteurs sont organisés pour utiliser un combustible lourd comme le gazole, le combustible est injecté, à un instant donné, dans les cylindres à l'aide d'une pompe d'injection en

fin de compression très élevée d'air pur et préalablement admis. La chaleur nécessaire à l'inflammation est obtenue par la compression de l'air. Donc ceci n'a pas besoin du carburateur

pour le mélange ; le combustible est injecté dans le cylindre sous forme de vapeur à l'aide de la

pompe d'injection.

Comme dans le moteur à explosion, les cycles de 4 temps et 2 temps existent aussi dans le moteur diesel.[12]

II.3. Types de moteur combustion interne :

- Moteur à essence
- Moteur diesel
- Turbine à gazeux

Chapitre II : Généralité Sur Le Moteur A Combustion Interne

II.4. Constitution d'un moteur et ces auxiliaires

Les sous-ensembles d'une automobile sont :

- La motorisation qui comprend un moteur à combustion interne,
- Le système d'alimentation en air et en carburant (d'injection)
- Le système d'allumage (moteur essence).
- Le système de transmission.
- Le système de freinage.
- Le système de suspension.
- Le système de direction
- L'équipement électrique.

Dans ce module, nous sommes intéressants dans l'étude du système de motorisation et le système

d'alimentation en air/carburant, où le moteur thermique reçoit un mélange préparé (air/combustible)

du système d'alimentation, pour réaliser la combustion grâce à une compression. Cette combustion

est déclenchée par le système d'allumage (moteur essence). On générale, le moteur comporte trois

parties principales :

- Les organes fixes.
- Les organes mobiles.
- Les organes annexes.[13]

II.4.1. Les organes fixes :

a. Le bloc-moteur

C'est "le châssis" du moteur : il comporte les cylindres. Il sert de support à tous les organes du moteur tels que ; le piston, vilebrequin, ...etc.[13]

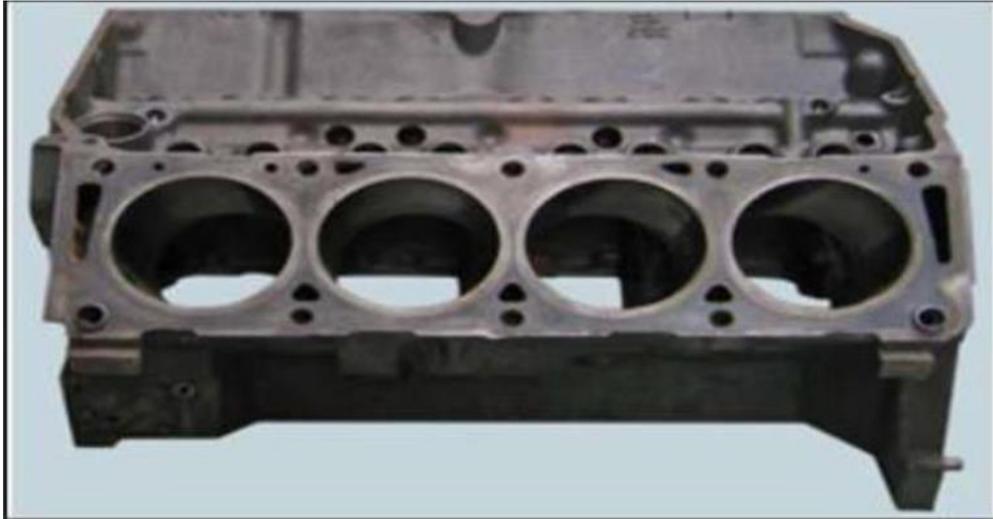


Figure II.1: Le bloc-moteur

b. La culasse (head): est la pièce assurant la fermeture et regroupant certaines fonctions, d'un moteur à pistons alternatifs. Elle ferme le haut des cylindres. Sur certains moteurs, les soupapes d'admission et d'échappement y sont logées.[14]

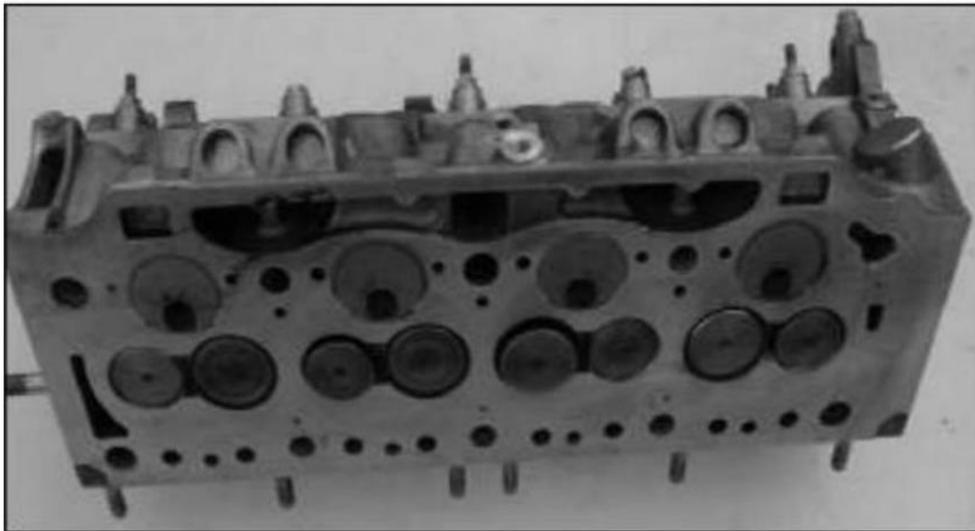


Figure II.2: La culasse

c. Le carter : est une enveloppe protégeant un organe mécanique, souvent fermée de façon étanche, et contenant le lubrifiant nécessaire à son fonctionnement ou des organes qui doivent être isolés de l'extérieur[15]



Figure II.3:Le carter

d. Le joint culasse: Il assure l'étanchéité entre culasse et bloc-moteur (gaz et liquide)



Figure II.4:Le joint culasse

II.4.2. Les organes mobiles :

a. Le piston (piston): Il comprime les gaz frais grâce à la force de la bielle, et transforme de la pression des gaz brûlés en une force mécanique qui permet au moteur de fournir le travail.[16]



Figure II.5:Le piston

b. Le vilebrequin : et le volant moteur : est un dispositif mécanique qui assure la transmission de l'énergie de combustion du carburant dans les cylindres en énergie mécanique disponible sur l'arbre moteur. Le volant moteur régularise le mouvement de rotation.[8]



Figure II.6:Le vilebrequin

c. La bielle : Liaison entre le piston et le vilebrequin.[8]

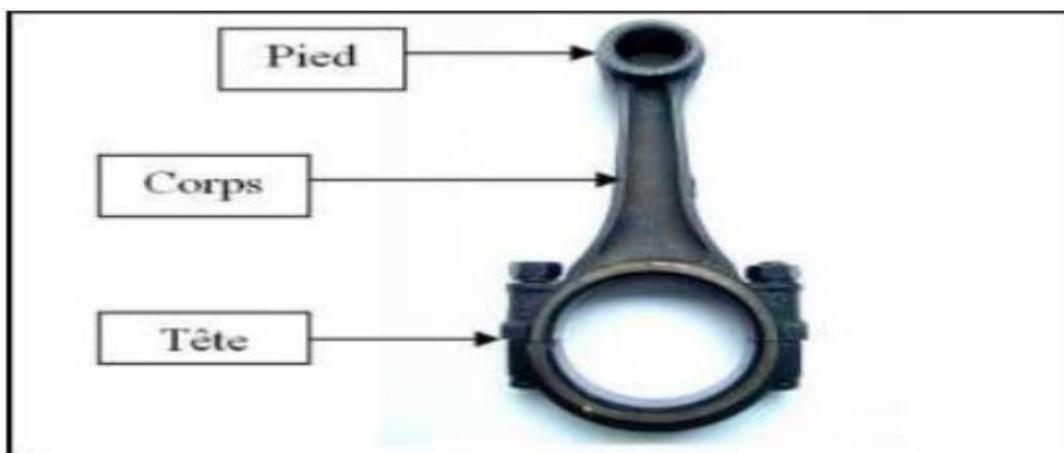


Figure II.7:La bielle

Chapitre II : Généralité Sur Le Moteur A Combustion Interne

d. La distribution : il gère l'ouverture et la fermeture des soupapes (valves) donc l'entrée et la sortie du mélange (air/gaz). La distribution est composée d'un arbre à came (camshaft) entraîné par le vilebrequin, de soupapes actionnées à l'ouverture par une came (cam).[13]

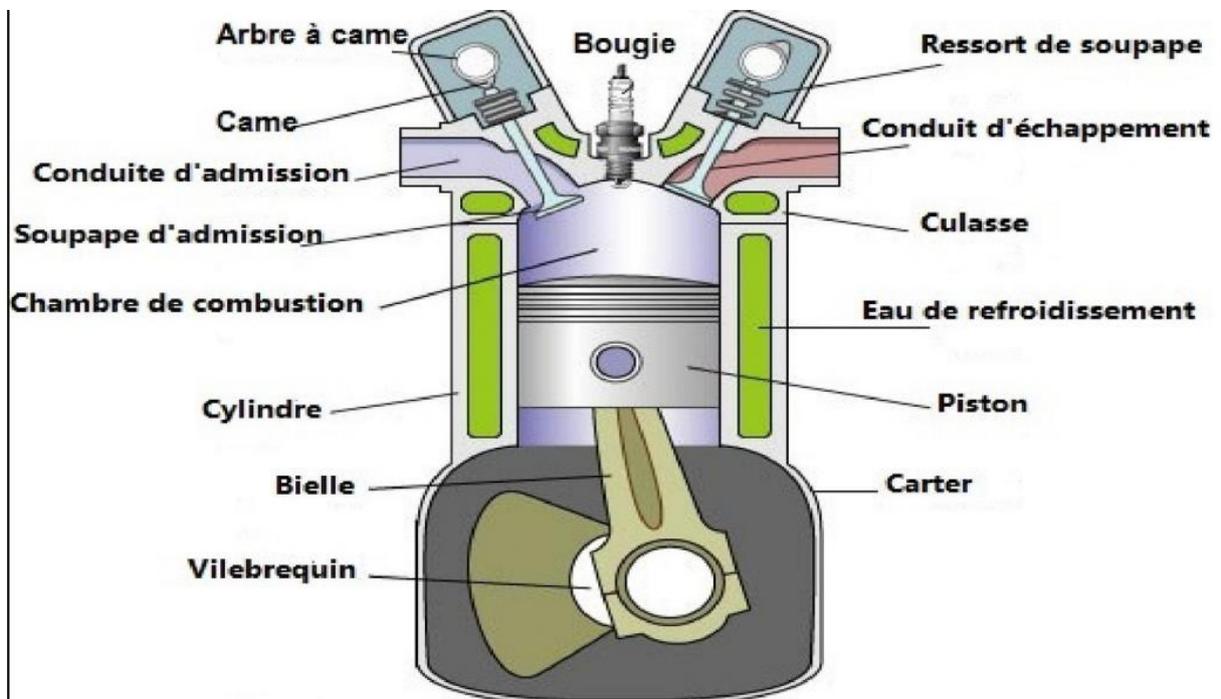
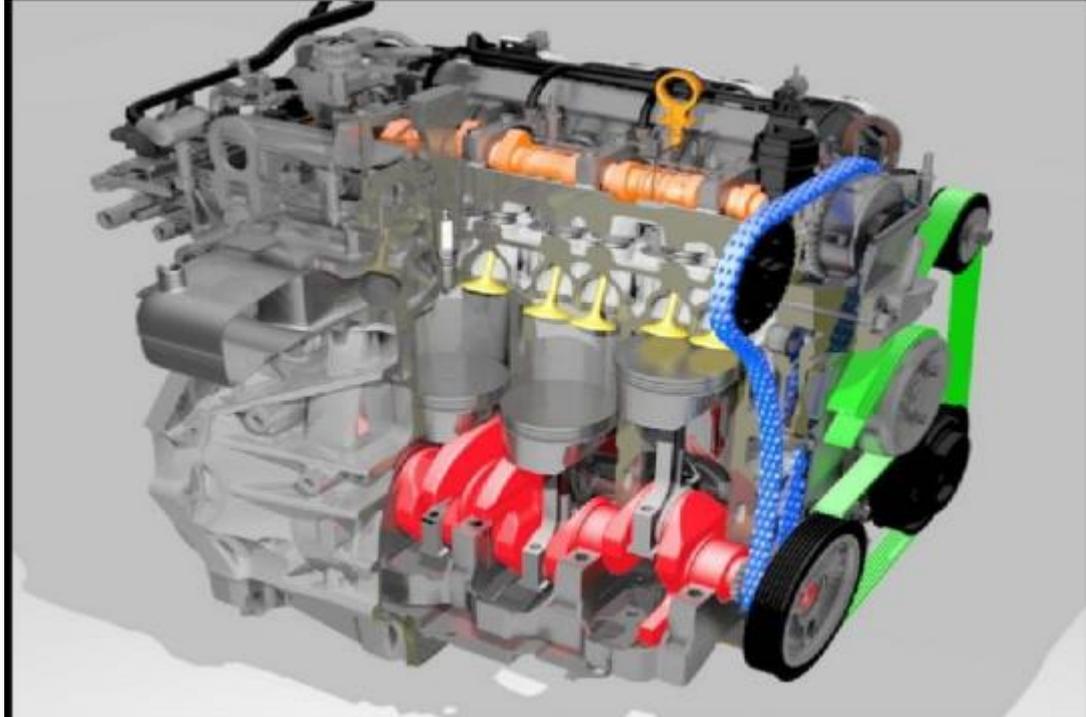


Figure II.8:La distribution

II.5. Moteur à essence

dans lesquels la combustion de l'essence est amorcée par l'étincelle d'une bougie ; ils possèdent un système d'allumage commandé ; le mélange d'air et d'essence pouvant se faire

- Soit par injection.
- Soit par carburateur (depuis le 01/01/93, tous les véhicules neufs vendus en Europe sont équipés d'un système d'injection). [17]



Figure II.9: Schéma d'un moteur essence

II.6. Principe de fonctionnement

Tous les moteurs thermiques font appel aux transformations thermodynamiques d'une masse gazeuse pour passer de l'énergie chimique mécanique directement exploitable sur l'arbre moteur.

Dans son brevet déposé en 1862, le français BEAU DE ROCHAS propose d'appliquer le processus décrit ci-dessous à une masse gazeuse emprisonnée dans un moteur à pi cycle complet comprend 4 courses de pis

• 1^{er} temps : l'admission

- Le piston décrit une course descendante du PMH au PMB
- La soupape d'admission est ouverte
- Le mélange air + carburant préalablement dosé
- L'énergie nécessaire pour effectuer ce temps est fournie au piston par le vilebrequin par l'intermédiaire de la bielle

• 2^{ème} temps : la compression

- Les 2 soupapes sont fermées.

Chapitre II : Généralité Sur Le Moteur A Combustion Interne

- Le piston est repoussé
- La pression et la température du mélange croissent
- **3ème temps : la combustion, détente**
- Un peu avant le PMH, une étincelle électrique déclenche
- L'accroissement de la pression qui s'exerce sur le piston
- bielle et donc un moment
- Le piston redescend au PMB
- **4ème temps : l'échappement**
- La soupape d'échappement s'ouvre.
- Le piston remonte vers le PMH en expulsant les gaz brûlés [18].

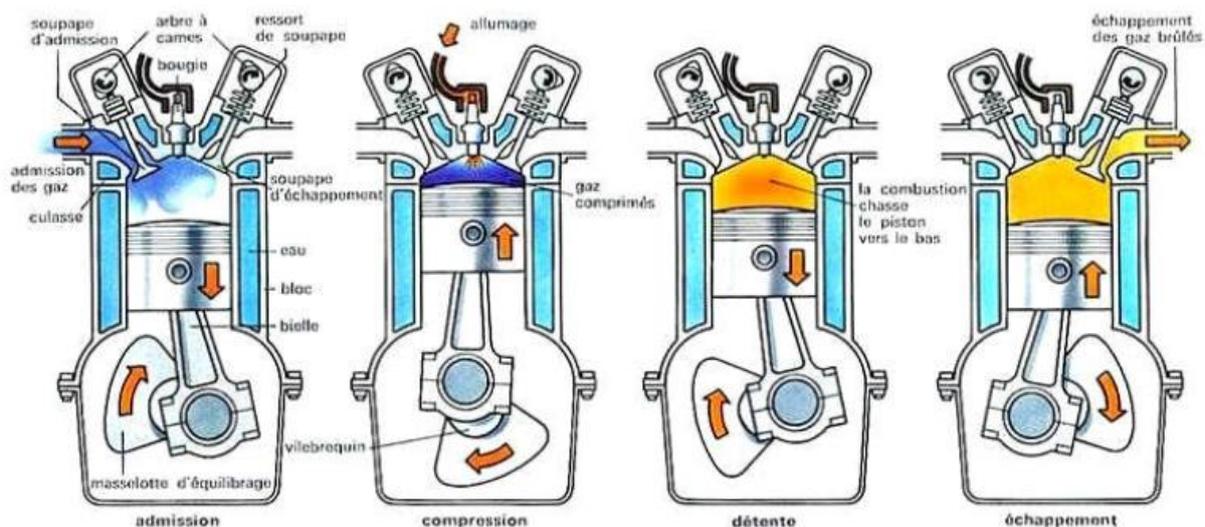


Figure II.10: Principe de fonctionnement d'un moteur

II.7. Les avantages et Les inconvénients

II.7.1. Les avantages du moteur à explosion essence

Les principaux avantages du moteur à explosion sont :

- Les premiers moteurs à explosion se sont imposés dans le monde automobile grâce notamment au carburant. Il n'était plus nécessaire de traîner sa tonne de charbon en plus d'une citerne d'eau pour espérer avancer à une vitesse raisonnable.
- 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, sans qu'il soit nécessaire de procéder à des modifications importantes.

Chapitre II : Généralité Sur Le Moteur A Combustion Interne

L'essence peut être remplacée par de l'alcool ou du gaz.

-En plus, un moteur à explosion essence présente plusieurs avantages par rapport à son principal

« concurrent », le moteur diesel [II)2)a)], sur le marché depuis quelques décennies.

-Les composants mécaniques d'un moteur diesel doivent être surdimensionnés en raison des très hautes pressions et des températures. Ainsi, un moteur Diesel est plus lourd qu'un moteur à explosion essence. Une voiture essence sera donc plus légère qu'une voiture Diesel équivalente. L'usure des pneus et des plaquettes de freins sera donc par conséquent plus rapide sur le modèle Diesel.

-Le moteur essence est relativement plus silencieux qu'un moteur diesel. Dans un moteur diesel l'explosion du mélange air-carburant (gazole), par auto-inflammation, provoque une onde de choc importante dont le bruit ressemble à une sorte de claquement.

Généralement, 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.

-Il est aussi plus facile d'obtenir une puissance plus importante en raison d'un régime moteur maximal environ une fois et demie supérieur à celui des moteurs Diesel pour les moteurs d'automobiles courant.

-Une voiture essence neuve est moins chère à l'achat qu'une voiture diesel neuve (environ 10%) et rejette moins d'oxydes d'azote (NOx) qu'un moteur diesel[19]

II.7.2. Les inconvénients du moteur à explosion essence

Les principaux inconvénients du moteur à explosion sont :

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

Ils sont, malgré des aménagements spécifiques, désignés comme principales sources de pollution des villes. En effet, le rejet des gaz polluants des moteurs sont une des causes de la pollution atmosphérique (composée principalement de CO₂, NO₂) de plusieurs grandes villes comme Pékin ou Tokyo. Près de 25% de cette pollution atmosphérique est due aux automobiles (au total, 30% est due aux transports et 50% à l'industrie). Cependant, dans quelques années, le rejet de CO₂ des automobiles devrait dépasser en quantité celui des industries et passer ainsi en première place au niveau de l'émission de CO₂ dans l'atmosphère. Les moteurs automobiles sont donc parmi les principaux responsables aujourd'hui de l'accumulation des gaz à effet de serre.[20]

Chapitre II : Généralité Sur Le Moteur A Combustion Interne

II.8. moteur Diesel :

Le moteur Diesel qui équipe les automobiles que nous connaissons à ce jour est le fruit d'une évolution constante. Cette évolution a subi des accélérations en fonction de circonstances telles que le premier choc pétrolier et l'apparition des normes antipollution. 1897 : Le premier moteur conçu par un ingénieur thermicien, Rudolf Diesel fonctionne en Allemagne. Il résulte de travaux théoriques destinés à améliorer le rendement thermodynamique. Ce moteur, qui a un rendement de 26,2 % (comparé aux 20 % du moteur à essence de l'époque), développe une puissance de 27 KW. Un moteur Diesel fonctionne différemment d'un moteur à essence. Même si leurs principaux organes sont semblables et s'ils respectent le même cycle à quatre temps, un moteur diesel et un moteur à explosion présentent des différences sensibles, en particulier dans la façon dont le mélange carburé y est enflammé et dans la manière dont la puissance délivrée y est régulée. Dans un moteur à essence, le mélange carburé est enflammé par une étincelle électrique. Dans un moteur diesel, l'allumage est obtenu par une auto-inflammation du carburant à la suite de l'échauffement de l'air sous l'effet de la compression. [21] [22]

II.9. Les type de moteur Diesel :

Dans le monde actuel il existe trois types de moteur Diesel :

II.9.1. Moteurs à injection indirecte :

Pour qu'un moteur à combustion interne fonctionne avec régularité et ait un bon rendement, le carburant et l'air doivent être correctement mélangés. Les problèmes posés par le mélange air-carburant sont particulièrement compliqués dans un moteur Diesel, car ces composants y sont introduits dans les cylindres à des moments du cycle différents. Il existe deux types d'injection l'injection directe et l'injection indirecte. [23], [24]

Traditionnellement, c'est la solution de l'injection indirecte qui a été employée, car elle constitue le moyen le plus simple de créer une turbulence qui assure un mélange intime de la

dose de carburant avec l'air déjà fortement comprimé dans la chambre de combustion.

Aussi,

dans un moteur à injection indirecte, le carburant n'est pas injecté directement dans la chambre de combustion principale, mais il est envoyé dans une petite chambre de turbulence en spirale (appelée aussi chambre de précombustion) où s'amorce en réalité la

Chapitre II : Généralité Sur Le Moteur A Combustion Interne

combustion

voir (figure II -11).

L'inconvénient de ce système réside dans le fait que la chambre de turbulence est en fin de compte une annexe de la chambre de combustion, avec laquelle elle constitue un ensemble de forme peu propice à l'obtention d'une combustion réellement totale et régulière, la figure I -2 démontre deux types de ces moteurs

Avec préchambre



Avec chambre de turbulence

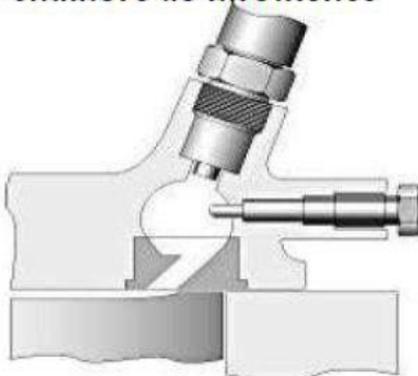


Figure II .11 : Les structures des préchambres de combustion

Dans ces deux cas, la combustion se déroule dans deux volumes séparés : une chambre, représentant 30 à 60% du volume total, qui reçoit l'injection du carburant et où s'amorce la combustion, et une chambre principale dans laquelle elle s'achève.

L'injection du carburant dans ce petit volume relativement chaud permet de réduire le délai d'allumage du combustible. Seule la quantité minimum de combustible nécessaire à l'amorçage de la combustion s'enflamme, le reste se trouve chassé de la préchambre par l'augmentation de pression et la combustion se poursuit dans la chambre principale. Les moteurs à injection indirecte remplissent les conditions requises pour son application à l'automobile, à savoir un relatif silence de fonctionnement et un faible taux d'émissions de NOx. Le second choc pétrolier en 1973 et les normes de dépollution toujours plus sévères ont

Chapitre II : Généralité Sur Le Moteur A Combustion Interne

amené les constructeurs à repenser le moteur Diesel en termes d'économie et de faible pollution.[25]

Ces véhicules sont équipés d'une pompe injection rotative HP (haute pression) semiautomatique (ou un peu d'électronique) qui distribue le carburant successivement à chaque cylindre en ouvrant les injecteurs les uns après les autres par la pression du gasoil qui est d'environ 130 bar.

Inconvénients:

- Le réglage de régime de ralenti.
- La pollution effectuée par cette série de moteur.
- La consommation élevée de gasoil

II.9.2. Les Moteurs à injection directe :

Le moteur à injection directe s'impose pour son rendement supérieur à ceux des moteurs à injection indirecte.

En effet, le rapport entre la surface et le volume de la chambre de combustion est nettement plus faible pour un moteur à chambre à espace mort unique (injection directe voir figure I.3) que pour un moteur à préchambre (injection indirecte voir figure 1-2) ; de plus, la durée de la combustion est plus courte dans un moteur à injection directe.

Ces deux paramètres diminuent les échanges thermiques entre la chambre de combustion et le système de refroidissement, facteurs de perte de rendement les problèmes liés à l'injection directe sont de deux ordres : bruits de combustion et émission d'oxyde d'azote (NO_x). [23], [24]

L'apparition de la régulation électronique dans les systèmes d'injection a permis de stabiliser et d'affiner les réglages de base, tant au niveau du moment d'injection que du débit de combustible. Ces différents systèmes d'injection mécaniques par pompe distributrice, régulés ou non de manière électronique, présentent comme caractéristique commune la variation de la pression d'injection en fonction de la vitesse de rotation du moteur. Cette variation de pression d'injection rend difficile une maîtrise totale de la combustion.[25]



Figure II .12 : L'injection directe

Les TDI dans le groupe W.W., les "anciens moteurs" 90 et 110 CV des Golf et Passât par exemple, les DTI chez Renault, et les TDDI (ou les transit) chez Ford, les Iveco et les Fiat TDI équipés des moteurs SOFIM sont des moteurs Diesel à injection directe (direct injection en anglais). Ils sont équipés d'une pompe injection rotative HP semi-automatique (avec des éléments électroniques et parfois même un calculateur). La pompe à injection distribue le carburant successivement à chaque cylindre en ouvrant les injecteurs les uns après les autres par la pression du gasoil mais l'injecteur injecte directement dans le cylindre. Leur pression d'injection est comprise entre 180 et 250 bars. Ces moteurs ne sont pas (en général) équipés de bougies de préchauffage, il n'est pas nécessaire de préchauffer le moteur pour démarrer ils sont par contre souvent équipés d'un Thermostat situé dans la pipe d'échappement pour réchauffer l'entrée d'air (au démarrage).

Avantage:

Consommation plus faible, très fiables, moins de ruptures des joints déculasses sur le Sofim.[26]

Inconvénients:

Ils sont "assez bruyants" on les reconnaît à leur claquement particulier lié à la pression d'injection plus élevée et ils auraient eu du mal à remplir les conditions des lois anti-pollution futures (surtout les modèles sans turbo).[27]

II.10. Le Principe:

Un moteur diesel fonctionne différemment d'un moteur à essence. Même si leurs principaux organes sont semblables et s'ils respectent le même cycle à quatre temps, un moteur diesel et un moteur à explosion présentent des différences sensibles, en particulier

Chapitre II : Généralité Sur Le Moteur A Combustion Interne

dans la façon dont le mélange carburé y est enflammé et dans la manière dont la puissance délivrée y est régulée. Dans un moteur à essence, le mélange carburé est enflammé par une étincelle électrique. Dans un moteur Diesel, l'allumage est obtenu par une auto-inflammation du carburant à la suite de l'échauffement de l'air sous l'effet de la compression.[22]

Un rapport volumétrique normal est de l'ordre de 20 à 1 pour un moteur diesel (alors qu'il est de 9 à 1 pour un moteur à essence). Un tel taux de compression porte la température de l'air dans le cylindre à plus de 450 °C. Cette température étant celle de l'auto-inflammation du gasoil, celui-ci s'enflamme spontanément au contact de l'air, sans qu'il y ait besoin d'une étincelle, et, par conséquent, sans système d'allumage.

Un moteur à essence admet une masse de mélange carburé variable d'un cycle à l'autre en fonction de l'ouverture du papillon des gaz. Un moteur Diesel, au contraire, aspire toujours

la même masse d'air (à régime égal) par un conduit de section constante dans lequel seule s'interpose la soupape d'admission (il n'y a ni carburateur, ni papillon). A la fin de la phase d'admission, la soupape d'admission se ferme, puis le piston, soumis à l'inertie de l'ensemble vilebrequin-volant moteur, remonte vers le haut du cylindre en comprimant l'air dans environ

1/20 de son volume initial. C'est à la fin de cette phase de compression qu'une quantité précisément dosée de carburant (gasoil) est injectée dans la chambre de combustion. En raison

de la température élevée de l'air comprimé, ce carburant s'enflamme immédiatement et les gaz

chauds, en se dilatant, repoussent le piston avec force. Quand le piston remonte dans le cylindre, lors de la phase d'échappement, la soupape d'échappement s'ouvre pour laisser les gaz brûlés et dilatés s'évacuer dans le système d'échappement.

A la fin de la phase d'échappement, le cylindre est prêt à admettre une nouvelle charge d'air frais afin que le cycle complet recommence.

II.11. Les temps de la combustion :

Le fonctionnement est fait temps par temps dans chaque cylindre nous avons donc :

- **1er Temps L'admission:**

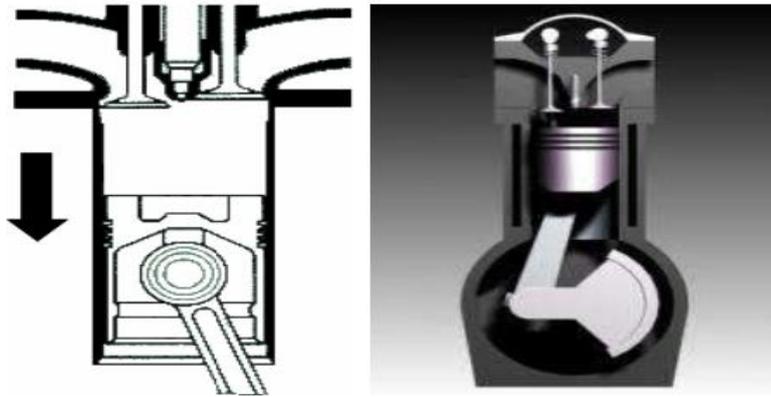


Figure II .13 :L'admission d'air

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

•2ème Temps La compression:

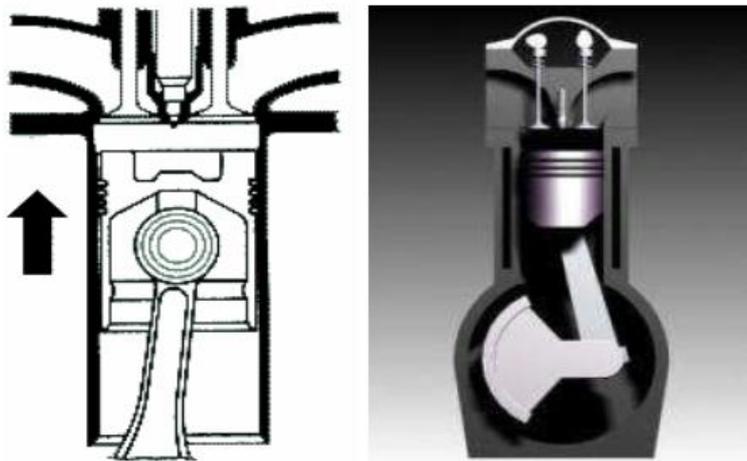


Figure II .14 : La compression d'air

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

•3ème Temps L'explosion ou temps moteur :

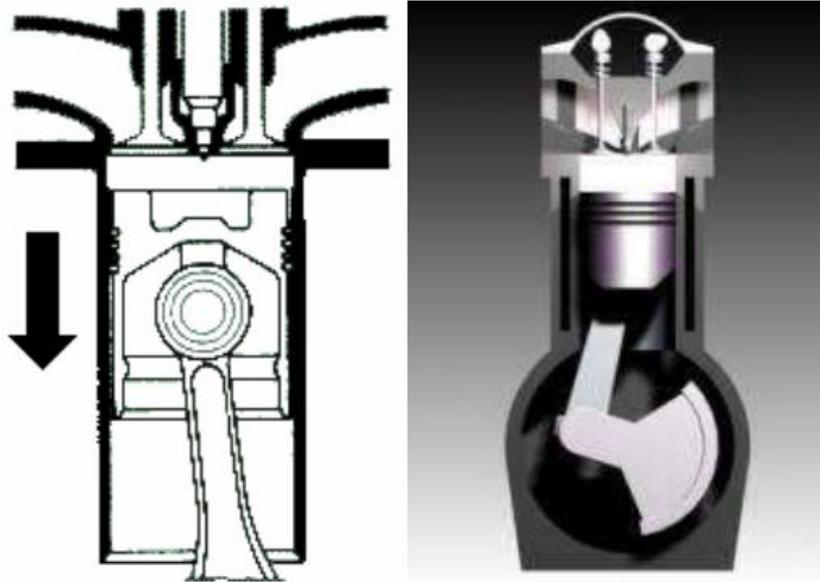


Figure II .15 : L'explosion

Lorsque le piston arrive au point mort haut le gasoil est introduit sous pression dans le cylindre. La haute température de l'air comprimé provoque l'inflammation spontanée du carburant ce qui repousse le piston vers le bas

• **4ème Temps L'échappement:**

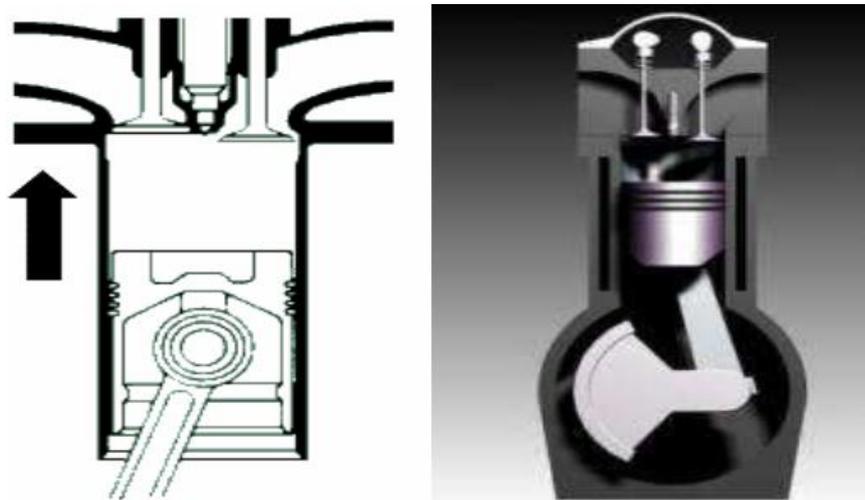


Figure II .16 : L'échappement

La soupape d'échappement s'ouvre alors que le piston remonte du point mort bas vers le point mort haut, les gaz brûlés sont alors chassés par le piston.[28]

II.12. Avantages du moteur diesel:

- Le couple moteur est plus important et il reste constant pour des vitesses faibles;
- Meilleur rendement (grâce à l'augmentation du rapport volumétrique la combustion est plus complète et la consommation spécifique est réduite).

Chapitre II : Généralité Sur Le Moteur A Combustion Interne

- Les risques d'incendies sont plus faibles car le point d'inflammation est beaucoup plus élevé que celui de l'essence.
- Les gaz d'échappement sont moins toxiques car ils contiennent moins d'oxyde de carbone.

II.13. Inconvénients du moteur diesel:

- Les composants mécaniques doivent être surdimensionnés (très hautes pressions et températures).
- Le bruit de fonctionnement est plus important (l'explosion du mélange air-carburant provoque l'onde de choc qui constitue le bruit du moteur que nous pouvons entendre).
- Nécessite d'un refroidissement plus efficace.[29]

II.14. Conclusion :

Dan ce chapitre en étudie la conception de moteur a combustion interne et différent type de ce moteur .



***CHAPITRE III: Etude Thermodynamique
D'un Moteur Combustion Interne***

III.1. Introduction

La thermodynamique se concentre sur les caractéristiques et les évolutions des systèmes macroscopiques (appelés thermodynamiques) impliquant la température et la chaleur. Les lois thermodynamiques mettent en évidence des limites universelles que la nature impose à ses évolutions.

La thermodynamique représente une théorie très universelle qui peut être utilisée pour des systèmes présentant des caractéristiques mécaniques, chimiques ou physiques complexes (tels que les matériaux, les organismes vivants, la Terre, l'Univers,...).

Chaque système fermé a la capacité de transmettre de l'énergie à l'environnement extérieur. Elle peut être effectuée directement par la paroi qui limite le système (on parle alors de « chaleur ») ou par des forces extérieures qui agissent sur le système (on parle alors de « travail »).

III.2. Définition de la thermodynamique

La thermodynamique consiste à décrire de manière macroscopique les caractéristiques de la matière en utilisant des grandeurs physiques particulières.

III.3. Langage thermodynamique

III.3.1. Système :

C'est un corps ou un ensemble de corps de masse déterminée et délimitée dans l'espace .

III.3.2. Milieu extérieur :



On considère le système dont on étudie les transformations et qu'on délimite par une frontière. Tout ce qui se trouve à l'extérieur de cette frontière est appelé milieu extérieur.

[30]

III.4. Système thermiquement isolé :

Le système n'échange ni énergie, ni matière avec le milieu extérieur .

III.5.3. Transformation isochore :

Le volume du système reste constant durant l'évolution .

III.5.4. Transformation isobare :

La pression du système ne change pas au cours de la transformation

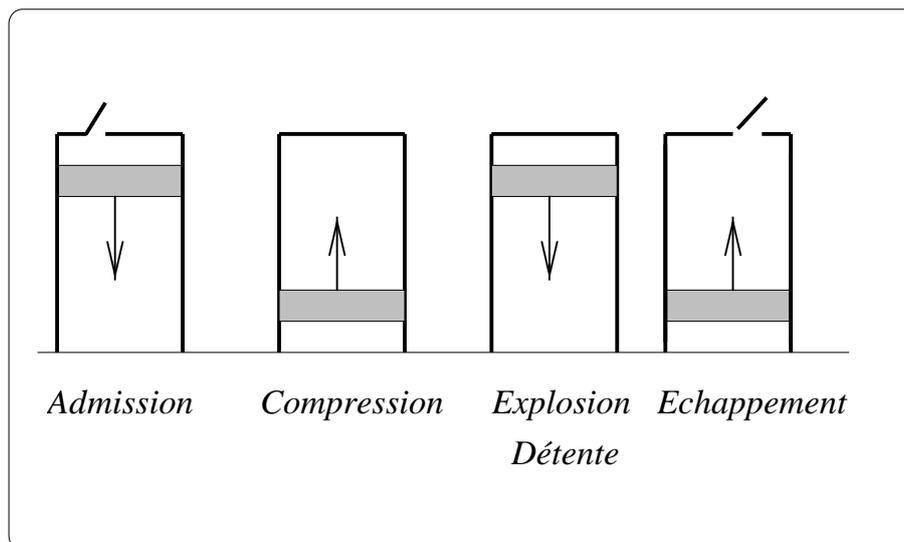
III.5.5. Représentation graphique d'une transformation

Pour représenter une transformation, on utilise souvent le diagramme (P, V) appelé diagramme de Clapeyron [30]

III.6. Cycle de Beau de Rocha

III.6.1. Description

Ce moteur à allumage commandé est un moteur à quatre temps : c'est le cycle théorique des moteurs à essence



figureIII : quatre temps d'un moteur essence

1^{er} temps : admission

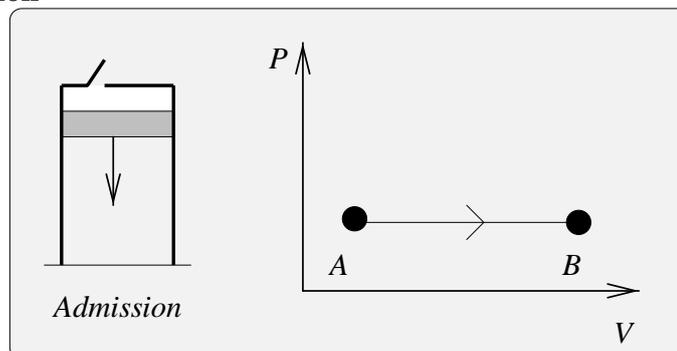


figure III.2: cycle d'admission

Le piston aspire le mélange gazeux à pression constante

2^e temps : compression

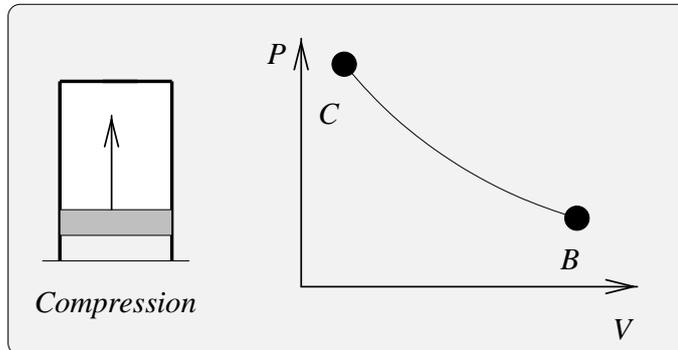


figure III.3: cycle à

compression Le piston comprime de façon **adiabatique** le mélange.

3^e temps : Explosion-d'etente

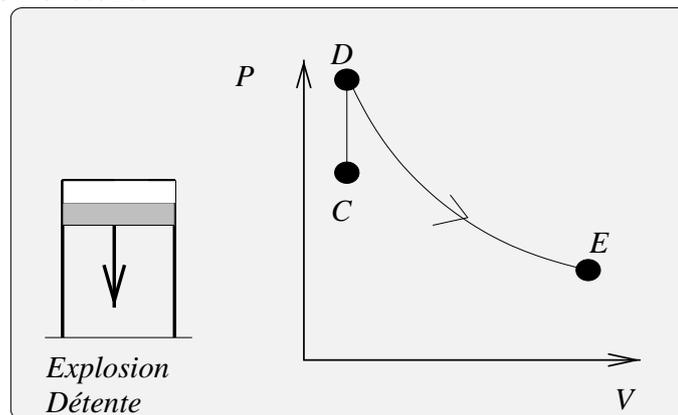


figure III.4: cycle à Explosionsd'etente

La combustion étant très rapide, le volume n'a pas le temps de varier : la pression augmente rapidement de C en D. Puis la combustion est suivie d'une détente adiabatique de D en E.

4^e temps: échappement

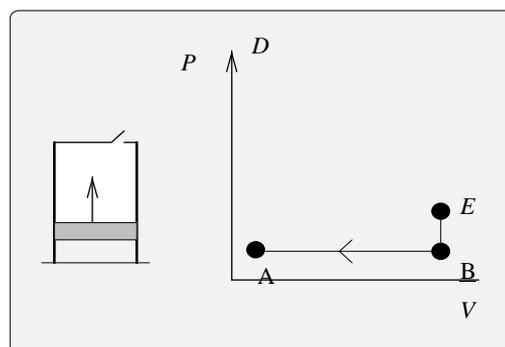


figure III.5: cycle échappement

Le piston se déplace en chassant à pression constante les produits de combustion jusqu'au moment où il revient au point de départ du cycle.

III.6.2. Cycle de Beau de Rochas : description

Ce cycle se compose de deux transformations isentropiques et de deux transformations isochores.[31]

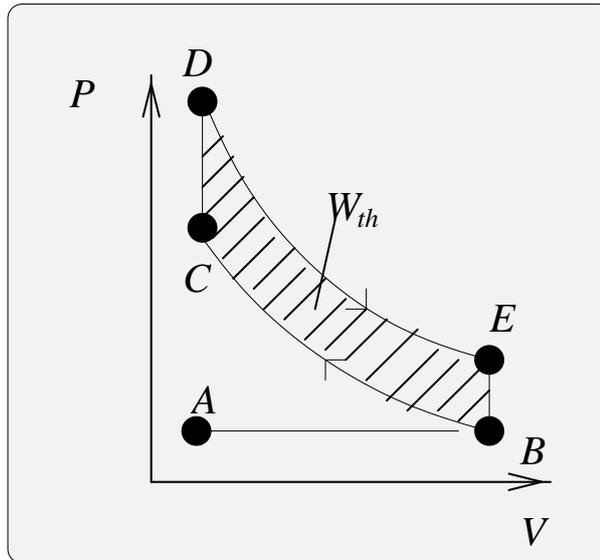


figure III.6: Cycle de Beau de Rochas

La surface de ce cycle ne dépend que de deux paramètres : $\epsilon = \frac{V_B}{V_C}$

$$\delta = \frac{T_D}{T_C} = \frac{P_D}{P_C}$$

Déterminons les températures T_C , T_D et T_E en fonction de T_B , ϵ et δ

$B \rightarrow C$ adiabatique $\Rightarrow T_B V_B^{\gamma-1} = T_C V_C^{\gamma-1}$ (a)

$D \rightarrow E$ adiabatique $\Rightarrow T_D V_D^{\gamma-1} = T_E V_E^{\gamma-1}$ (b)

(a) $\implies T_C = T_B \left(\frac{V_B}{V_C}\right)^{\gamma-1} = T_B \epsilon^{\gamma-1}$

$$T_C = T_B \epsilon^{\gamma-1} \tag{III.1}$$

$$T_D = \delta T_C = T_B \delta \epsilon^{\gamma-1} \tag{III.2}$$

(b) $\implies T_E = T_D \left(\frac{V_D}{V_E}\right)^{\gamma-1} = T_D \left(\frac{V_C}{V_B}\right)^{\gamma-1}$

$$= T_E \delta \epsilon^{\gamma-1} \epsilon^{\gamma-1} = T_B = T_B \delta \tag{III.3}$$

III.7. Validité des hypothèses

III.7.1. Rapidité de transformations adiabatiques

Il n'est possible de qualifier les transformations BC et DE d'adiabatiques que si elles sont très rapides pour restreindre le flux de chaleur vers l'environnement extérieur.

Si un moteur d'automobile tourne à environ 4000 tours/min, le vilebrequin effectuant 2 tours par cycle, il y a 2000 cycles/min, soit une durée d'un cycle de 310^{-2} s. La transition se fait donc rapidement.

III.7.2. Réversibilité

Ce ne sera que si la température des parois du moteur suit les fluctuations de température du système que les transformations du cycle seront réversibles. Il est impossible de réaliser cette condition car les parois doivent être refroidies (par circulation d'air ou d'eau) pour éviter toute déformation. Les véritables changements sont donc irréversibles. [32]

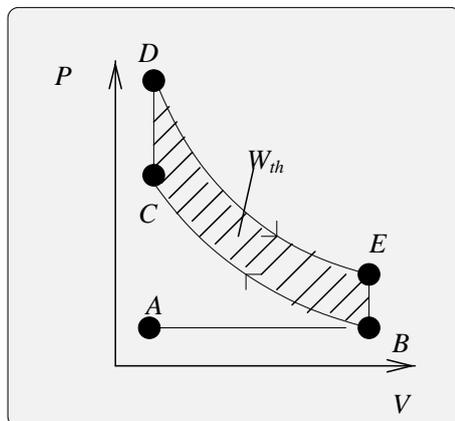


figure III.7: Cycle théorique d'un moteur à essence

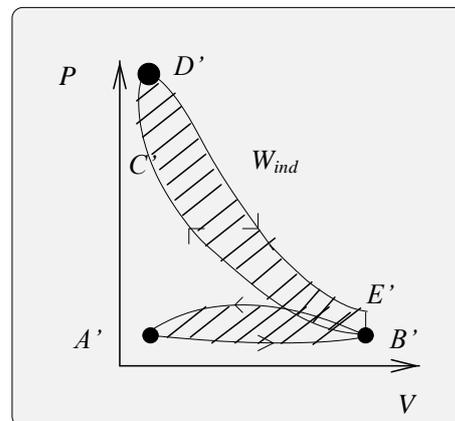


figure III.8: Cycle réel d'un moteur à essence

Dans le cas du cycle réel le travail de transvasement $A'B'A'$ n'est pas nul.

III.8. Parti calcul

III.8.1. Calcul des travaux

Les travaux échangés pendant les opérations de transvasement AB et BA sont égaux et de signe opposés, ils s'annulent donc sur un cycle.

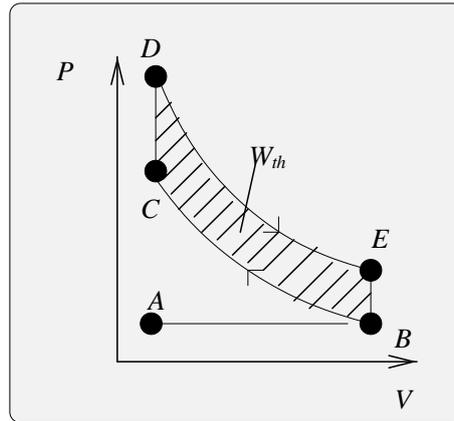


figure III.9: cycle moteur à essence montre travail

$$W_{tot.} = W_{BC} + W_{CD} + W_{DE} + W_{EB}$$

$$W_{tot.} = W_{BC} + W_{DE}$$

- Expression de W_{BC}

$$\begin{aligned} W_{BC} &= \frac{P_C V_C - P_B V_B}{\gamma - 1} = \frac{C_V}{R} (P_C V_C - P_B V_B) \\ &= C_V (T_C - T_B) \\ &= C_V T_B (\varepsilon^{\gamma-1} - 1) \end{aligned}$$

- Expression de W_{DE}

$$\begin{aligned} W_{DE} &= \frac{P_E V_E - P_D V_D}{\gamma - 1} = \frac{C_V}{R} (P_E V_E - P_D V_D) \\ &= C_V (T_E - T_D) \end{aligned}$$

Le travail total échangé par le gaz au cours d'un cycle est donc :

$$\begin{aligned} W_{DE} &= C_V T_B (\varepsilon^{\gamma-1} - 1) + C_V T_B (\delta - \varepsilon^{\gamma-1} \delta) \\ &= C_V T_B (\varepsilon^{\gamma-1} - 1 + \delta - \varepsilon^{\gamma-1} \delta) \\ &= C_V T_B (\varepsilon^{\gamma-1} (1 - \delta) - (1 - \delta)) \\ &= C_V T_B (1 - \delta) (\varepsilon^{\gamma-1} - 1) \end{aligned}$$

$$\mathbf{W_{tot} = C_V T_B (1 - \delta) (\varepsilon^{\gamma-1} - 1)}$$

(III.4)

III.8.2. Calcul du rendement

En considérant que C_V est constant au cours d'un cycle, les quantités de chaleur échangées avec l'extérieur sont :

Chapitre III: Etude Thermodynamique D'un Moteur Combustion Interne

$$\Delta Q_{CD} = C_V (T_D - T_C)$$

$$\Delta Q_{EB} = C_V (T_B - T_E)$$

$$\begin{aligned} V &= -\frac{W}{Q_{CD}} = \frac{Q_{CD} + Q_{EB}}{Q_{CD}} = 1 + \frac{Q_{EB}}{Q_{CD}} \\ &= 1 + \frac{T_B - T_E}{T_D - T_C} \\ V &= 1 + \frac{T_B - T_E}{T_D - T_C} = 1 - \frac{T_B(1 - \frac{T_E}{T_B})}{T_C(1 - \frac{T_D}{T_C})} \\ \frac{T_E}{T_B} &= \frac{T_D}{T_C} \end{aligned}$$

or :

- -Le rendement s'écrit donc :

$$V = 1 - \frac{T_E}{T_C} = 1 - \left(\frac{V_C}{V_B}\right)^{\gamma-1} = 1 - \frac{1}{\epsilon^{\gamma-1}} \quad \text{(III.5)-}$$

III.9. Evolution du rendement en fonction du rapport volumétrique ϵ

$$\eta = 1 - \frac{1}{\epsilon^{\gamma-1}}$$

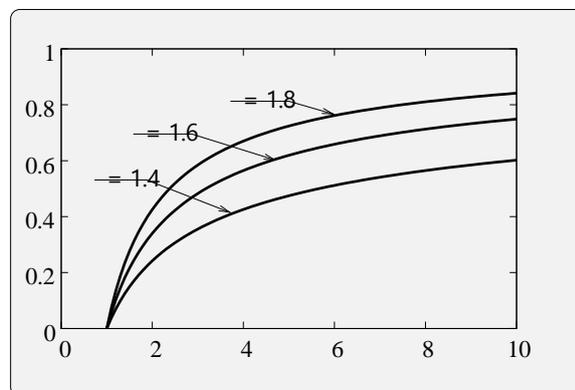


figure III.10: courbe rendement L'importance du rapport volumétrique

- calcul le quantité de chaleur chaude :

$$Q_1 = nC_V \Delta T = nC_V (T_4 - T_3)$$

- calcul le quantité de chaleur froid :

$$Q_2 = nC_V \Delta T = nC_V (T_5 - T_2)$$

III.10. Conclusion :

Le rendement de ce processus augmente en fonction de :

- le rapport volumique,
- le rapport. γ

Le rapport entre le mélange de l'air et le mélange de l'air-carburant est de 1,4. Quand la qualité du carburant est déçue, elle augmente. Cette hausse de γ entraîne une hausse du rendement. Si l'on veut accroître la productivité, il est donc nécessaire de réduire la disponibilité du carburant.

III.11. Cycle diesel

III.11.1. Description

Le fonctionnement de ce moteur à combustion interne repose sur l'allumage spontané du gazole injecté dans l'air préalablement comprimé, sous une forte pression. L'application de cette forte compression à l'air seul ne représente aucun danger d'inflammation. Le pourcentage de compression peut atteindre 20. Le raffinage du carburant est moins poussé que celui de l'essence.

Comme le moteur à essence le moteur Diésel est un moteur à quatre temps :

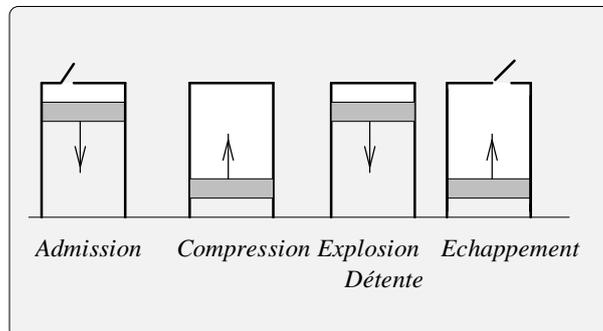


figure III.11: quatre temps de moteur diesel

1^{er} temps : admission

L'air seul est admis dans le cylindre

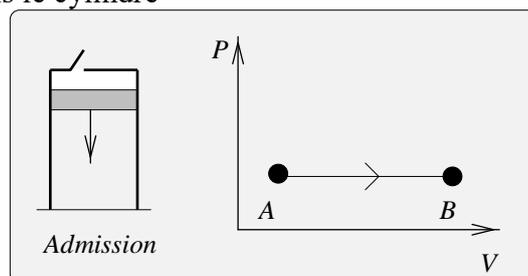


figure III.12 :cycle d'admission

2^e temps : compression

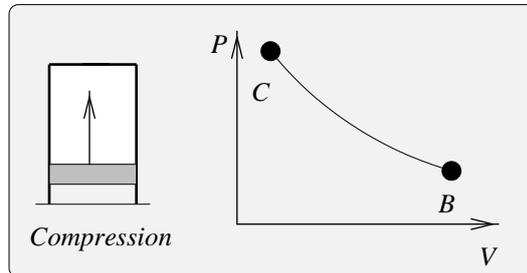


figure III.13:cycle à compression

Le piston comprime l'air de façon **adiabatique**. La température s'élève jusqu'à $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ et la pression peut atteindre 20 à 25 bars.

3^e temps : Explosion-détente

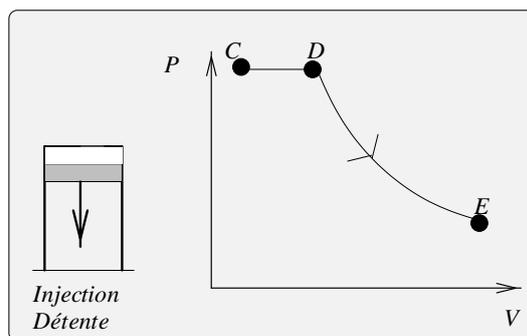


figure III.14:cycle à Explosion-détente

Lorsque le volume est restreint, le combustible est injecté en pulvérisation fine. Il se met en feu de manière spontanée et continue de brûler alors que le piston commence à se déplacer. Le volume augmente, mais la pression reste à sa valeur maximale. La détente se poursuit de manière isentropique après l'inflammation.

4^e temps : Echappement

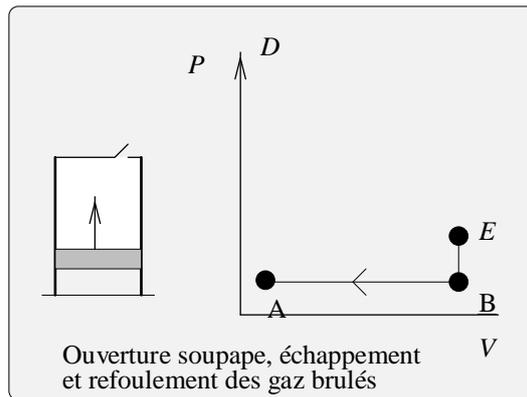


figure III.15:cycle à Echappement

Le piston se déplace en chassant à pression constante les produits de combustion jusqu'au moment où il revient au point de départ du cycle.

Ce cycle se compose de deux transformations **isentropiques** d'une transformation **isobare** et d'une transformation **isochore**. Ce cycle dépend de deux . [32]

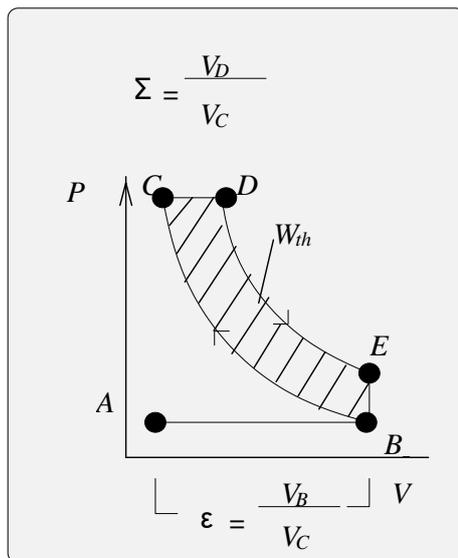


figure III.16:cycle théorique moteur diesel

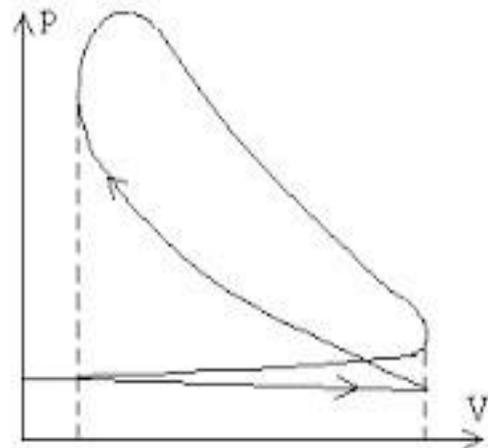


figure III.17:cycle réel moteur diesel

III.11.2. Calcul des températures T_C , T_D et T_E en fonction de T_B

*Calcul de T_C

$$T_C = T_B \varepsilon^{\gamma-1} \tag{III.6}$$

*Calcul de T_D

$$C \rightarrow D \text{ isobare} \Rightarrow T_D = T_C \frac{V_D}{V_C} = T_C \Sigma$$

$$T_D = T_C \Sigma = T_B \varepsilon^{\gamma-1} \Sigma$$

(III.7)

*Calcul de T_E

$$\begin{aligned}
 C \rightarrow E \text{ adiabatique} &\Rightarrow T_D V_D^{\gamma-1} = T_E V_E^{\gamma-1} \\
 T_E &= T_D \left(\frac{V_D}{V_E}\right)^{\gamma-1} = T_B \epsilon^{\gamma-1} \Sigma \left(\frac{\Sigma}{\epsilon}\right)^{\gamma-1} = T_B \Sigma^\gamma \\
 \mathbf{T_E} &= \mathbf{T_B \Sigma^\gamma}
 \end{aligned}
 \tag{III.8}$$

III.11.3. Calcul des travaux *Calcul de WBC WBC
inchangé.

$$\mathbf{W_{BC} = C_V T_B (\epsilon^{\gamma-1} - 1)} \tag{III.9}$$

*Calcul de W_{CD}

$$\begin{aligned}
 W_{CD} &= -P_C (V_D - V_C) = P_C V_C (1 - \Sigma) \\
 &= C_V (\gamma - 1) T_B^{\gamma-1} (1 - \Sigma) \\
 W_{CD} &= C_V (\gamma - 1) T_B^{\gamma-1} (1 - \Sigma)
 \end{aligned}$$

*Calcul de W_{DE}

$$W_{DE} = C_V (T_E - T_D) = C_V T_B (\Sigma^\gamma - \epsilon^{\gamma-1} \Sigma)$$

$$\mathbf{W_{DE} = C_V T_B (\Sigma^\gamma - \epsilon^{\gamma-1} \Sigma)} \tag{III.10}$$

$$\begin{aligned}
 W_{tot} &= W_{BC} + W_{CD} + W_{DE} \\
 &= C_V T_B (\epsilon^{\gamma-1} - 1 + (\gamma - 1) \epsilon^{\gamma-1} (1 - \Sigma) + \Sigma^\gamma - \epsilon^{\gamma-1} \Sigma) \\
 &= C_V T_B [\gamma \epsilon^{\gamma-1} (1 - \Sigma) + \Sigma^\gamma - 1]
 \end{aligned}$$

$$\mathbf{W_{tot} = C_V T_B \gamma \epsilon^{\gamma-1} (1 - \Sigma) + \Sigma^\gamma - 1} \tag{III.11}$$

III.11.4. Calcul du rendement

$$\eta = \frac{W_{tot}}{Q_{CD}}$$

*Expression de Q_{CD} :

$$Q_{CD} = C_P (T_D - T_C)$$

En remplaçant T_D et T_C par leur valeur

$$C_V (T_B^{\gamma-1} \Sigma - T_B^{\gamma-1}) = \gamma C_V T_B^{\gamma-1} (\Sigma - 1)$$

$$Q_{CD} = \gamma$$

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{W_{tot}}{Q_{CD}} = \frac{C_V T_B [\gamma \epsilon^{\gamma-1} (1 - \Sigma) + \Sigma^\gamma - 1]}{\gamma C_V T_B \epsilon^{\gamma-1} (\Sigma - 1)} \\
 &= 1 - \frac{1 - \Sigma^\gamma}{\gamma \epsilon^{\gamma-1} (\Sigma - 1)} \\
 \mathbf{\eta} &= \mathbf{1 - \frac{1 - \Sigma^\gamma}{\gamma \epsilon^{\gamma-1} (\Sigma - 1)}}
 \end{aligned}
 \tag{III.12}$$

*Le rendement peut se mettre sous l'expression :

$$\mathbf{\eta = 1 - \frac{C}{\epsilon^{\gamma-1}}} \text{ avec } \mathbf{C = \frac{1 - \Sigma^\gamma}{\gamma (\Sigma - 1)}} \tag{III.13}$$

*calcul le quantité de chaleur chaude :

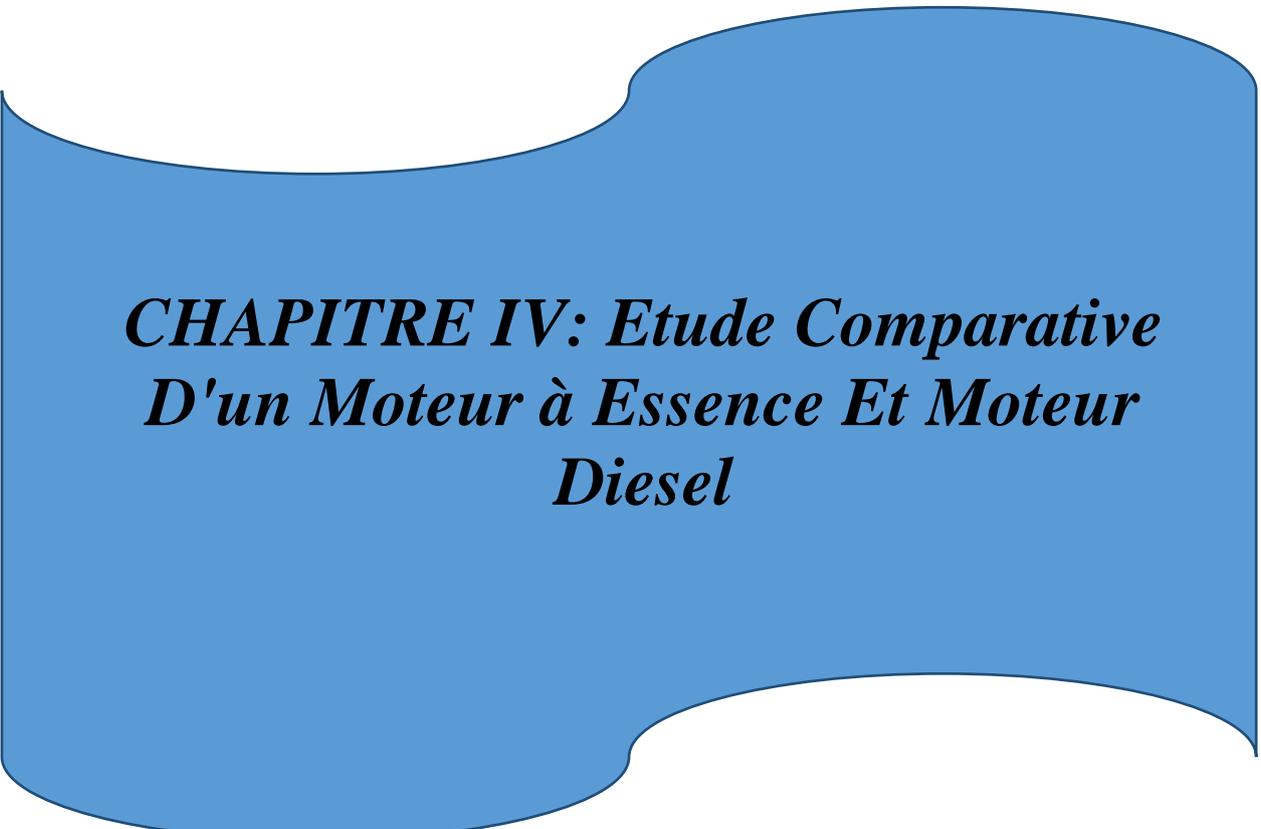
$$Q_1 = nC_v \Delta T = nC_v (T_4 - T_3)$$

*calcul le quantité de chaleur froid :

$$Q_2 = nC_v \Delta T = nC_v (T_5 - T_2)$$

III.12. Conclusion :

Dans ce chapitre en étudie la partie thermodynamique du moteur a combustion interne et trace les cycles théorique et réelle de ce moteur.



***CHAPITRE IV: Etude Comparative
D'un Moteur à Essence Et Moteur
Diesel***

IV.1. Les chiffres-clés de l'essence et du diesel :

D'après le dernier rapport de l'ADEME sur l'évolution du marché, caractéristiques environnementales et techniques, publié en 2017 :

- les véhicules Diesels représentaient **16,39 %** des ventes globales en 2020
- les véhicules à essence représentaient **37,63 %** des ventes globales en 2020
- les véhicules Diesels consomment en moyenne **4,2 litres / 100 km**, contre **5,1 litres / 100 km** pour les véhicules à essence

IV.2. Les différences entre essence et diesel :

En se basant uniquement d'un point de vue mécanique, la différence entre une voiture à essence et une voiture diesel réside avant tout dans la conception et le fonctionnement du moteur. La vitesse de rotation des moteurs diesel est plus faible que celle des moteurs à essence sur les véhicules ayant le même nombre de cylindres. Cela se répercute sur l'inertie du moteur, puisque celui-ci est doté de matériaux renforcés qui ralentissent sa mise en mouvement ainsi que sa mise en régime. Sur les automobiles à essence, la combustion est initiée par l'étincelle d'une bougie. Ce n'est pas le cas sur un moteur diesel, ce qui ralentit la vitesse de rotation du moteur du début à la fin du cycle. La course des pistons est aussi plus longue sur un moteur diesel que sur un moteur essence. Tous ces éléments mécaniques impactent la consommation, la conception générale, la pollution générée et donc le prix de vente final de ces différents types de véhicules.

- **La consommation :**

Les véhicules roulant au diesel ont un meilleur rendement et une consommation de carburant plus basse au kilomètre. Ce constat est lié au taux de compression du carburant, qui est deux à trois fois plus élevée pour un moteur diesel que pour un moteur essence. Aussi, à distances égales, la différence entre essence et diesel résidera dans la quantité de carburant utilisée. Ce fait prend toute son importance lorsque l'on regarde de plus près les prix à la pompe. Le gazole étant moins cher que l'essence, il est donc plus économique de réaliser un long trajet avec une voiture diesel qu'avec une voiture essence.

- **La conception :**

Pour être plus résistants aux fortes compressions mises en œuvre dans leurs cylindres, les véhicules fonctionnant au diesel sont beaucoup plus lourds et moins bien équilibrés dans la répartition de leurs masses que les véhicules essence. Sur ce point, la différence entre essence et diesel réside dans les matériaux de conception. Un conducteur circulant dans une voiture diesel aura une sensation de force, alors qu'en conduisant une voiture essence, il ressentira une sensation de dynamisme.

- **La pollution :**

La lutte contre la pollution est, depuis quelques années, au cœur des préoccupations de l'industrie automobile. La législation actuelle impose aux véhicules roulant au diesel de disposer d'un système de dépollution des particules fines. Si, pendant de nombreuses années, les véhicules diesel ont été reconnus comme étant trop polluants, force est de constater que les dernières générations de véhicule à essence sont également très polluantes. Cet état de fait est lié aux systèmes d'injection directe, qui font que les moteurs essences produisent plus de particules fines que les moteurs diesels lorsqu'ils sont équipés de filtres anti-particules.

les moteurs essence acceptent quant à eux l'alcool (l'éthanol), qui est également très volatile et se mélange bien avec l'air ; et également le gaz (GPL). Les véhicules essence sont d'ailleurs modifiables facilement pour fonctionner à l'éthanol ou au gaz. Tous ces produits ont pour point commun le fait de très bien se mélanger avec l'air et de s'enflammer à la moindre étincelle.

- les moteurs Diesel, avec leur taux de compression plus élevé, ont un rendement thermodynamique plus élevé : la chaleur est mieux convertie en travail mécanique. Concrètement les moteurs Diesel consomment moins de carburant au kilomètre qu'un moteur à essence. Ils émettent, de ce fait, également moins de CO₂.
- Enfin, en règle général, les moteurs Diesel sont plus puissants : ils sont donc presque toujours utilisés sur les moteurs des véhicules lourds, comme les engins de chantier, les camions, les tracteurs.

Caractéristiques	Voiture essence	Voiture diesel
Prix d'achat	Plus chère	Moins chère
Cout d'entretien	Moyen	Elvée
Usage	Circulation en ville(moins 15000 KM/ANS)	longs trajets (20000 KM/ANS)
Pollution	+ d'émissions de CO2	+ d'émissions NOx
Prix assurance auto	Légerement plus élevée	De moins en moins cher

IV.3. Cas d'etude :

IV.3.1. L'application Pratique des méthodes d'analyse :

IV.3.1.1. Exploitation de l'historique :

L'historique de PDR (pièce de rechange)

Le traitement des données brutes de l'historique (tableau suivant) :

La déraillance	Type d'intervention	Temps d'intervention (h)	TBF (j)	Cumulé (T I)	Cumulé (R(t)) %
Problème filtre a huile	Preventive	2	14	2	86%
Problème éclairage	Preventive	1	7	3	80%
Problème des pneus	Preventive	3	21	6	64%

Chapitre IV : etude comparative d'un moteur diesel et moteur essence

Filtre a gazoil	Preventive	2	14	8	55%
La tresse	Preventive	2	14	10	47%
Roulement	Preventive	1	7	11	44%
Porte charbon	Preventive	1	7	12	41%
Démarrreur	Preventive	3	21	15	33%
Chqine distribution	Preventive	2	14	17	28%
Filter climatiseur	Preventive	2	14	19	24%
Batterie	Preventive	1	7	20	22%
Butée d'embrayage	Preventive	2	14	22	19%
Plaquette de frein	Preventive	3	21	25	15%
Feu arrière	Preventive	2	14	27	13%

IV.3.1.1.1. Le première moteur (diesel) :

TOYOTA VVT (4*4) : Variable valve timing

TOYOTA a appelé son système maison d'une manière originale :

D-4D il s'agit néanmoins de la même technologie (injection directe a rampe commune et haute pression)

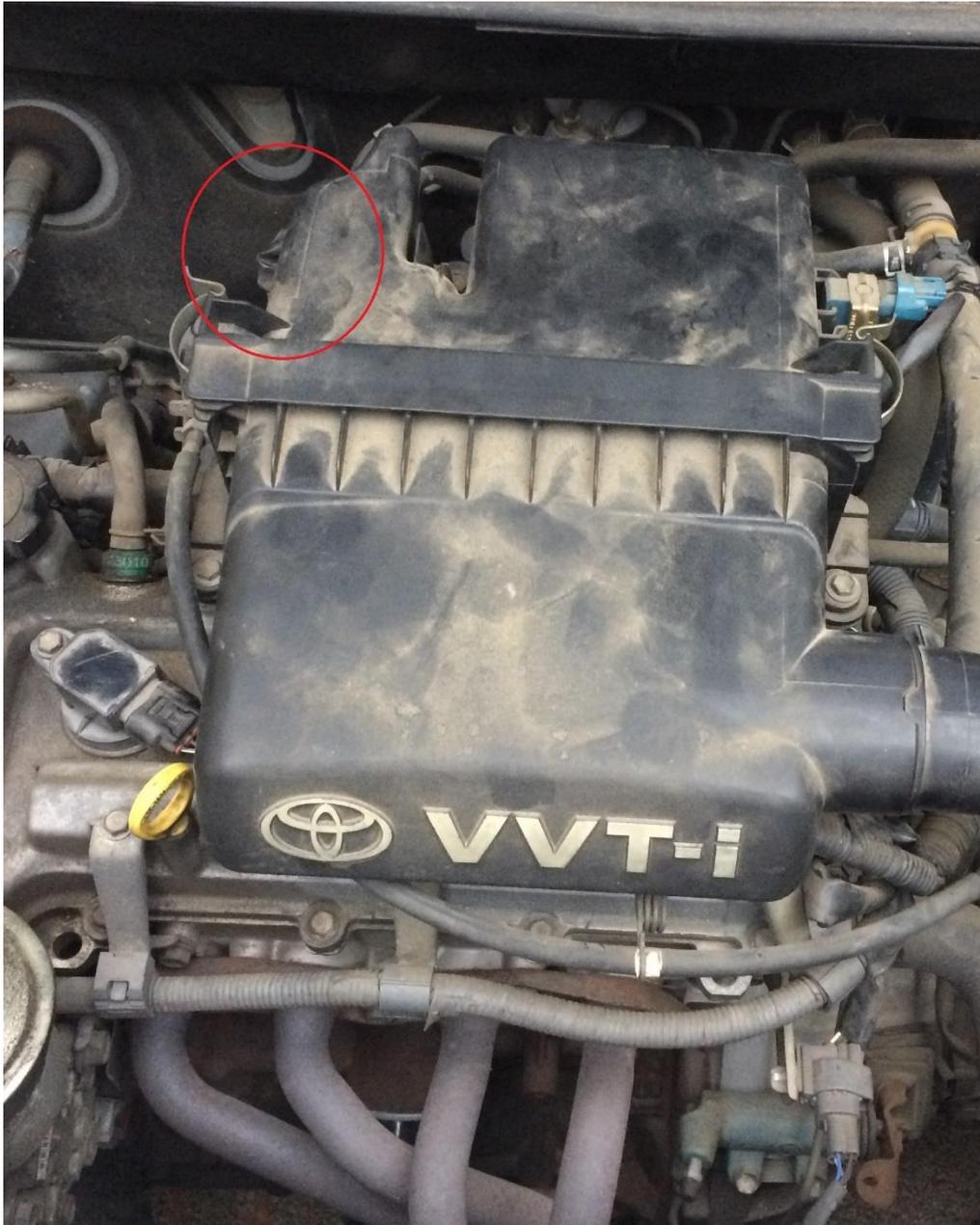


Figure IV.1 moteur TOYOTA VVT (4*4)

calculer MTBF :

$$\text{MTBF} = \frac{\Sigma \text{ Temps de bon fonctionnement}}{\text{Nombre de défaillances ou nombre de période de bon fonctionnement}}$$

$$\text{MTBF} = \frac{14+7+21+14+14+7+7+21+14+14+14+7+14+21+14}{14}$$

(IV.1)

$$MTBF = 13.5 \text{ jours}$$

2: calculer le taux de réparation μ :

Premierement en calcule MTTR :

$$MTTR = \frac{\text{Temps total d'arrêts}}{\text{Nombre d'arrêts}}$$

(IV.2)

$$MTTR = \frac{27}{14}$$

$$MTTR = 1.92 \text{ jours}$$

$$\mu = \frac{1}{MTTR} = 0.520$$

(IV.3)

$$\mu = 0.520$$

3: calculer le taux de defaillance $\lambda(t)$:

$$\lambda(t) = \frac{1}{MTBF}$$

(IV.4)

$$\lambda(t) = \frac{1}{13.5} = 0.074$$

4: calculer la fiabilité $R(t)$:

$$R(t) = e^{-\lambda(t)} = e^{-0.074 \cdot 27} = 0.135$$

(IV.5)

$$R(t) = 13.5 \%$$

5: calculer la disponibilité d'intrinseque D_i ;

$$D_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} = \frac{13.5}{13.5 + 1.92}$$

$$D_i = 0.87$$

(IV.6)

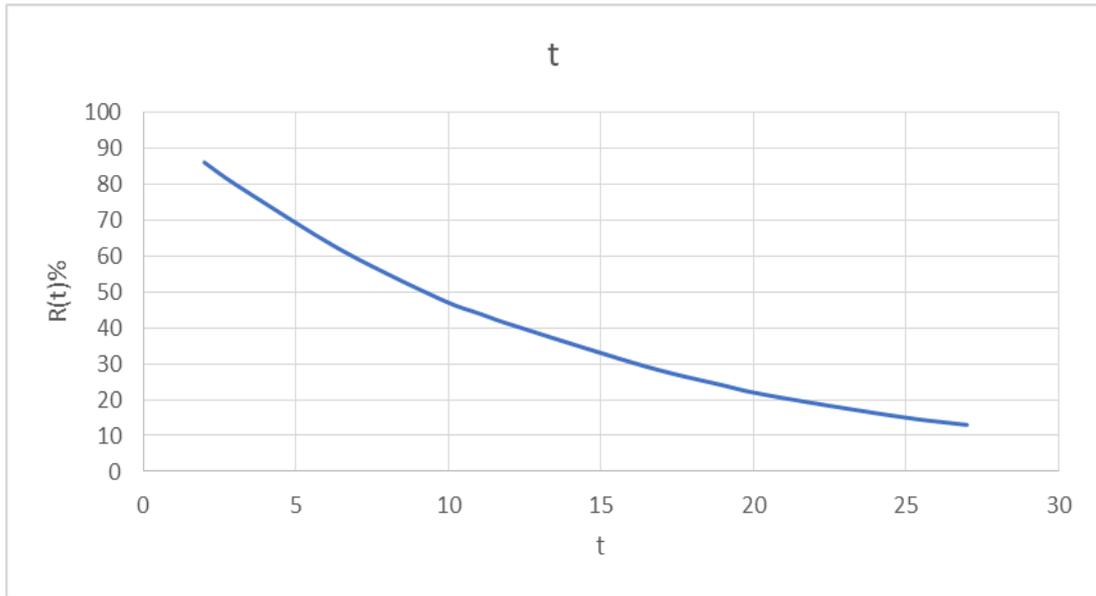


Figure IV.2 Courbe fiabilité (D4D)

IV.3.1.1.1.2. Le deuxième moteur Corolla 1.6 :

A travers le fiche historique de PDR



Figure IV.3 moteur Corolla 1.6

La defaillance	Type d'intervention	Temps d'intervention (h)	TBF (j)	Cumulé (T I)	Cumulé (R(t)) %
Changement des pneus	Preventive	1	14	1	98%
Cable spirale (sonde gaz)	Preventive	2	28	3	92%
Courroie alternateur	Preventive	2	28	5	87%
Echappement et thermostat	Preventive	3	42	8	80%
Filtre (huile,à hair,climatiseur)	Preventive	4	57	12	72%
Capteur d'oxygène cataliseur,et capteur mélange (air,essence)	Preventive	4	57	16	65%
Plaquette de frein arrière	Preventive	2	28	18	61%

1: calculer MTBF :

$$MTBF = \frac{14+28+28+42+57+57+28}{7} \quad (IV.1)$$

$$MTBF = 36.28 \text{ jours}$$

2: calculer le taux de réparation μ :

$$MTTR = \frac{18}{7} \quad (IV.2)$$

$$MTTR = 2.57 \text{ jours}$$

$$\mu = \frac{1}{MTTR} = 0.389 \quad (IV.3)$$

$$\mu = 0.389$$

3: calculer le taux de defaillance $\lambda(t)$:

$$\lambda(t) = \frac{1}{36.28} = 0.027 \quad (IV.4)$$

$$\lambda(t) = 0.027$$

4: calculer la fiabilité $R(t)$:

$$R(t) = e^{-\lambda(t)} = e^{-0.027 \cdot 18} = 0.615$$

$$R(t) = 61.5 \% \quad (IV.5)$$

5: calculer la disponibilité d'intrinseque D_i :

$$D_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} = \frac{36.28}{36.28 + 2.57}$$

(IV.6)

$$D_i = 0.93$$

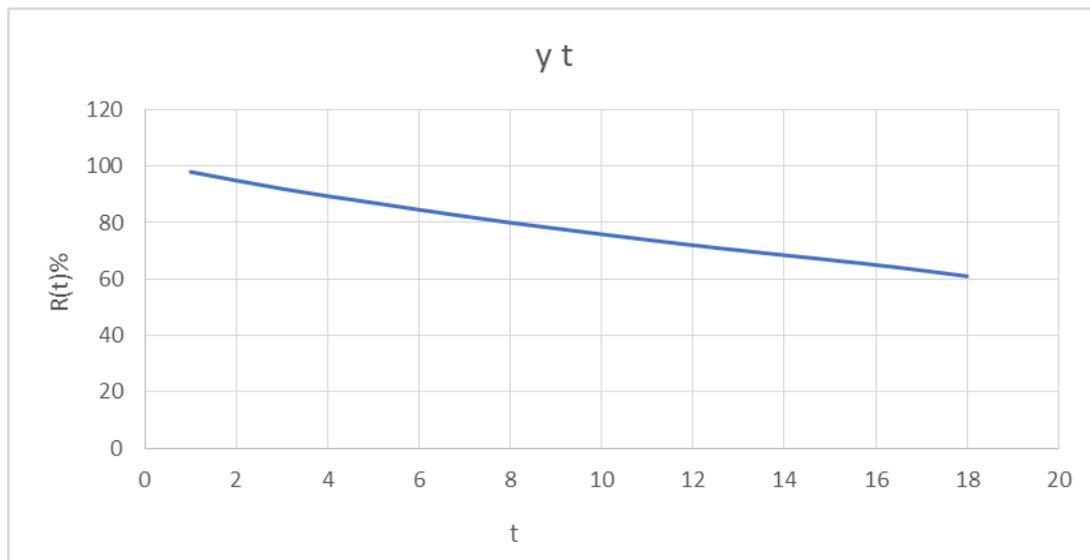


Figure IV.4 Courbe fiabilité (corolla)

IV.4. Conclusion :

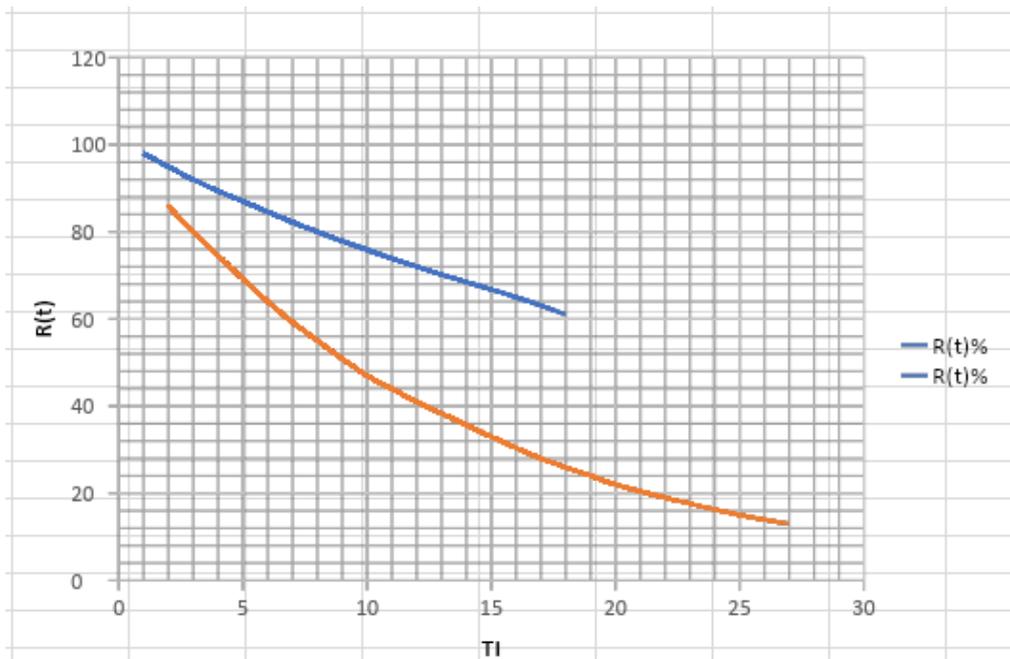


Figure IV.5 Courbe de comparaison entre la fiabilité des deux moteurs(corolla)et(D4D)

D'après ce que nous avons évoqué dans le chapitre comparant le moteur essence et le moteur diesel, le moteur essence est plus fiable grâce aux informations sur les défauts .les plus courants

Et les pièces de rechange et leur prix Comme le montre la courbe de la **figure IV.5**.

Conclusion générale

les différences principales entre le moteur diesel et le moteur essence se trouve au niveau de la compression qui est très forte pour le diesel, 20 à 35 bar contre 8 à 12 bar pour

l'essence, et de la température, 600°C contre 300°C.

L'injection et la combustion se font de manière très différente : injection sous forte pression provoquant l'auto-inflammation pour le diesel alors qu'une étincelle électrique se

charge d'enflammer le mélange air/essence.

Outre l'allumage, qui se produit sans bougie dans un moteur diesel, et le carburant, ces

deux types de moteurs se distinguent également par les caractéristiques suivantes:

- Les moteurs diesel sont souvent moins gourmands en carburant que les moteurs à essence.

Chapitre IV : étude comparative d'un moteur diesel et moteur essence

Cet avantage s'est encore accentué depuis l'introduction de l'injection directe.

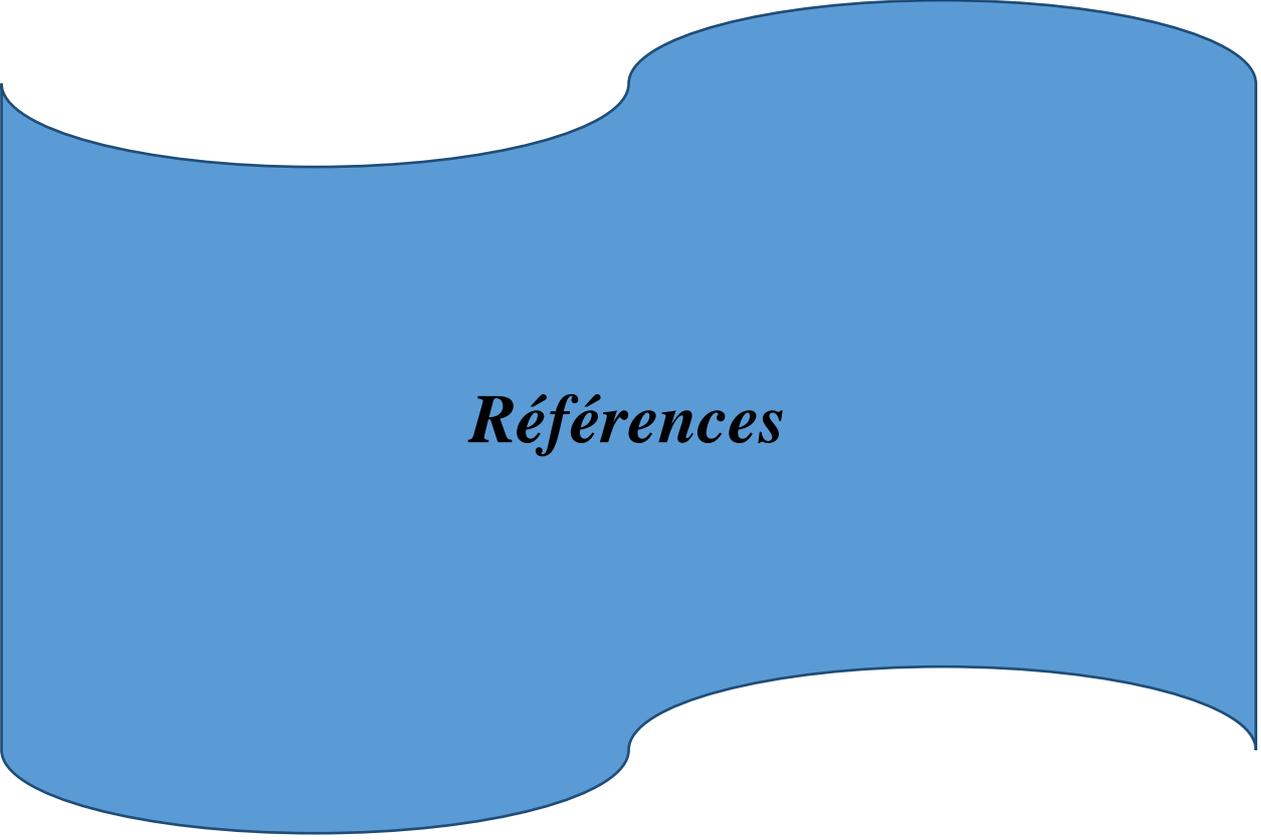
- Les moteurs à diesel possèdent un grand couple de rotation, surtout dans les plages de petite

vitesse.

- En revanche, les moteurs à essence permettent une conduite plus sportive.

- En dépit d'une émission inférieure de CO₂, les moteurs diesel produisent de la suie cancérigène.

- Les moteurs diesel dépassent les moteurs à essence quant au poids.

A blue, wavy-edged shape, resembling a stylized banner or a piece of paper with irregular, curved edges. The shape is filled with a solid blue color and has a thin black outline. In the center of this shape, the word "Références" is written in a black, italicized serif font.

Références

Références

- [01]. **Douaba najji**, berouba Slimane thème (Analyse analytique FMD et AMDEC d'un compresseur) université ouargla 2016-2017.
- [02]. **A. belhomme**, Cours de stratégie de maintenance 2010/2011.
- [03]. **Rezgi imane**, cour maintenance industriel univ-ouargla 2017.
- [04]. **Hathat abdelkader**, Deblaoui hicham mémoire (Etude analytique FMD d'une turbine DR990) université kasdi merbah – ouargla 2014/2015.
- [05]. Polycopie FMD 2013 (Fiabilité maintenabilité disponibilité).
- [06]. **ToumiO ouail.akermi said** thème " Etude analytique de la maintenance préventive d'une turbine à gaz GE10/2 " Universte kasdi merbah ouargla 2018/2019 .
- [07]. **AIT ahmed ourida. Maitre de conférence B « USTO »**. cours d'hygiène, sécurité et d'environnement « HSE». Université des sciences et de la technologie d'oran MB.
- [8].https://www.researchgate.net/publication/303652715_Generalite_sur_les_moteurs_thermiques
- [9].https://www.researchgate.net/profile/Mokhtar_Ghodbane2/publication/303652715_Genera lite_sur_les_moteurs_thermiques/links/574b9af908ae5c51e29ead58/Generalite-sur-lesmoteurs-thermiques.pdf?origin=publication_detail
- [10] .http://dspace.univ-ouargla.dz/jspui/bitstream/123456789/29748/1/mémoire_2022_compressed.pdf
- [11] .http://biblio.univ-antananarivo.mg/pdfs/rakotondrabets_espa_ing_07.pdf
- [12] .<https://sites.ensfea.fr/physique chimie/wpcontent/uploads/sites/10/2016/10/Lesbiocarburants-le-biodiesel.pdf>
- [13] .<https://elearning.centre-univ-mila.dz/a2024/mod/resource/view.php?id=12419>
- [14] .https://elearning.centre-univ-mila.dz/a2024/pluginfile.php/70367/mod_resource/content/0/0. Chapitre I Généralités.pdf
- [15] .<https://mecanik.blogspot.com/2009/04/carter-moteur.html>
- [16] .<https://melissakdr.weebly.com/uploads/2/9/4/1/29413695/aconstitution-du-moteur.pdf>
- [17] .https://www.academia.edu/21788157/PRINCIPE_DE_FONCTIONNEMENT_DU_MO

TEUR_4_TE

MPS_I_PRINCIPE_DE_BASE

[18].https://www.academia.edu/36379567/Machines_thermiques_Chapitre_4_Cycles_des_moteurs_à_combustion_interne

s_à_combustion_interne

[19].<https://www.vroomly.com/blog/moteur-essence-fonctionnement-avantages-et-entretien/>

[20] .<https://www.techno-science.net/definition/198.html>

[21] .http://brice.gonier.free.fr/rapport/Moteurs_Diesel.pdf

[22] .https://dspace.univ-ouargla.dz/jspui/bitstream/123456789/21813/1/MAINTENANCE_MOTEUR_DIESEL.pdf

DIESEL.pdf

[23] .Guy. Fillettaz, « classification des moteurs Diesel ».Document de la société Delphi 2002

[24] .Serge Picard, « L'injection Diesel haute pression à rampe commune», dossier technique A.N.F.A « Association Nationale pour la Formation Automobile » édition 2001

[25] .http://www.educauto.org/files/file_fields/2013/11/18/hdi.pdf

[26]. https://bernard.debuquoi.com/mecanique/Classification_des_moteurs_diesel.htm

[27]. <https://www.autotitre.com/forum/Anciennes/Moteur-DCI-avantage-etinconvenients-84187p1.htm>

[28]. <http://mecanet.chez.com/moteur/mdies.htm>

[29]. <https://www.piecetrip.com/2018/12/avantage-et-inconvenient-du-moteur.html>

[30]. <http://www.fsr.ac.ma/DOC/cours/physique/lemmini/chap3.pdf>

[31]. [http://ressources.univ-](http://ressources.univ-lemans.fr/AccesLibre/UM/Pedago/physique/02/thermo/rochas.html)

[lemans.fr/AccesLibre/UM/Pedago/physique/02/thermo/rochas.html](http://ressources.univ-lemans.fr/AccesLibre/UM/Pedago/physique/02/thermo/rochas.html)

[32]. <https://www.studocu.com/row/document/universite-sultan-moulay-slimane/physique/courspartie-machine-thermique-smp/47617059>

الملخص

تعد موثوقية محركات الاحتراق الداخلي عاملاً حاسماً في السلامة والأداء ورضا العملاء. من خلال فهم وتنفيذ استراتيجيات الوقاية الفعالة، من الممكن إطالة عمر المحرك وتقليل تكاليف MCI أسباب فشل الصيانة.

Résumé :

La fiabilité des moteurs à combustion interne est un facteur essentiel pour la sécurité, les performances et la satisfaction des clients. En comprenant les causes de défaillance des MCI et en mettant en œuvre des stratégies de prévention efficaces, il est possible de prolonger la durée de vie du moteur et de réduire les coûts de maintenance

Abstract :

The reliability of internal combustion engines is a critical factor in safety, performance and customer satisfaction. By understanding the causes of MCI failure and implementing effective prevention strategies, it is possible to extend engine life and reduce maintenance costs.