

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



UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES

Faculté de Technologie.
Département de Génie Mécanique.

MEMOIRE DE MASTER

En vue de l'obtention du diplôme de MASTER en :

Filière : Electromécanique

Spécialité : Maintenance Industrielle.

Présenté par :

- BOURAS Mohammed.
- KERKAR Mahdi.

Thème

DIAGNOSTIC DES DÉFAUTS D'UN MOTEUR DIESEL PAR BANC D'ESSAI

Soutenu publiquement le : 03/07/2022.

Devant le jury :

Mr. AGUIB Salah.
Mr. SETTET Ahmed Tidjani.
Mr. GUEDIFA Réda.
Mr. DJEDID Toufik.

Président
Examineur
Examineur
Encadreur

UMB Boumerdès.
UMB Boumerdès.
UMB Boumerdès.
UMB Boumerdès.

Promotion : 2021 – 2022.

الملخص

ارتكز هذا البحث على دراسة وحدة اختبار المحركات في شركة Cosider Alrem، وهي وحدة خاصة لاختبار أداء المحركات بعد تجديداتها في المصنع أو للقيام بفحص روتيني لها. ولإثبات أهمية هذه الوحدة في تسهيل عملية الكشف عن الأعطال وإنقاص وقت الصيانة، اعتمدنا على ثلاثة أمثلة لمحركات Caterpillar حيث قمنا بفحصها باستعمال برنامج ET الخاص بهذه المحركات ومراحل إصلاحها.

كلمات مفتاحية: محرك الديزل، النظام الإلكتروني، وحدة اختبار المحركات.

Résumé

Ce mémoire s'est appuyée sur l'étude du banc d'essais du moteur de Cosider Alrem, qui est une cellule permettant de tester les performances des moteurs après leur rénovation, ou d'effectuer une inspection de routine de ceux-ci, Pour démontrer l'importance du banc d'essai pour faciliter le diagnostic des défauts et réduire le temps de maintenance, nous nous sommes appuyés sur trois exemples du moteurs Caterpillar que nous avons testés à l'aide du programme ET pour ces moteurs et leurs étapes de réparation.

Mots clé : Moteur Diesel, système embarqué, banc d'essai.

Abstract

This memory was based on the study of Cosider Alrem's engine test bench, which is a cell for testing the performance of engines after their refurbishment or for carrying out a routine inspection of them. To demonstrate the importance of the test bench in facilitating fault diagnosis and reducing maintenance time, we used three examples of Caterpillar engines which we tested using the ET programme for these engines and their repair stages.

Key words: Diesel engine, on-board system, test bench.

Remerciements

Nous tenons à remercier **ALLAH**, le tout puissant de nous avoir donné le courage et volonté pour accomplir ce modeste travail.

Nous tenons à remercier **Mr. DJEDID Toufik** notre promoteur pour son grand soutien, leur bienveillance et ses conseils considérables.

Nous remercions vont également à tous les enseignants de l'Université de Boumerdès qui ont beaucoup aidé dans notre parcours d'études.

Nous tenons à remercier vivement ancien cadre chez l'entreprise Cosider, **Mr. ABDELAZIZ Bakir**.

Nous tenons à remercier notre maître de stage, **Mr. Mohammed Amine GHAZI**, pour son accueil, le temps passé ensemble et le partage de son expertise au quotidien.

Nous remercions également toute l'équipe d'entreprise COSIDER Alrem pour leur accueil et leur esprit d'équipe.

Nous tenons également à remercier tous les professeurs qui ont assuré notre formation.

Nous tenons à remercier les membres du jury qui ont pris la peine d'évaluer notre travail.

Enfin, nous tenons à remercions toutes les personnes qui nous ont conseillés et relus lors de la rédaction de ce mémoire.



Dédicace

Nous dédions ce modeste travail à :

Nos chers parents, tout notre respect et notre affection pour leur encouragement, leurs sacrifices et
leur patience.

Nos frères et sœurs.

Nos familles : **KERKAR, BOURAS, NOUH MEFNOUN et AOUMARA.**

Tous nos amis et nos collègues de la promotion Maintenance Industrielle 2021-2022.



Mahdi. Mohammed.

Sommaire

Résumé	I
Sommaire	IV
Table des figures.....	VII
Liste des tableaux	IX

Introduction générale

Introduction générale	01
-----------------------------	----

Chapitre I

Présentation de l'entreprise

COSIDER Alrem

1. Présentation du groupe Cosider.....	02
2. Présentation de Cosider Alrem.....	03
3. Domain d'activité	03
4. Organigramme de la filiale.....	04
5. L'objectif de la filiale	04
6. Présentation URM Rouiba.....	05
6.1 L'organigramme de l'URM Rouiba.....	06
6.2 Les activités principales	06
6.3 Cartographie des métiers.....	06
6.4 Les ateliers	11
6.4.1 Atelier polyvalent.....	11
6.4.2 Atelier usinage.....	13
6.4.3 Atelier montage moteur.....	13
6.4.4 Atelier engins	15
7. Les processus de rénovation.....	15

Chapitre II

Présentation du moteur DIESEL

Généralités sur le moteur	16
1. Définition.....	16
2. Historique	16
3. Ensemble du moteur	17
3.1 Organes fixes.....	18

3.2 Organes mobiles.....	22
4. Principe de fonctionnement.....	25
5. Système générale du moteur.....	26
5.1 Système d'allumage	26
5.2 Système d'alimentationet de carburation	26
5.3 Système de refroidissement.....	27
5.4 Système de graissage.....	27
Le moteur Diesel	28
1. Historique	28
2. Définition.....	29
3. Les types du moteur Diesel	30
3.1 Selon le temps	30
3.1.1 Moteur à deux temps	30
3.1.2 Moteur à quatre temps.....	31
3.2 Selon le système d'injection.....	33
3.3.1 Moteur à injection directe.....	34
3.3.1 Moteur à injection indirecte	35
4. Domaines d'utilisation des moteurs Diesels	37
5. Les avantages et les inconvénients du moteur Diesel	37
Le système embarqué	38
1. Introduction	38
2. Définition.....	38
3. Les composants du système embarqué.....	38
3.1 Calculateur	38
3.2 Actionneurs	39
3.3 Capteurs	39
3.3.1 Caractéristiques des capteurs	40
3.3.2 Les types des capteurs	40

Chapitre III

Diagnostic des défauts sur banc d'essai

Banc d'essai du moteur	45
1. Introduction	45
2. Définition.....	45
3. Implantation du banc d'essai.....	47

4. Les éléments du banc d'essai	47
5. Installation d'un moteur sur le banc d'essai	50
6. Présentation du logiciel ET	53
6.1 Définition	54
6.2 Ses fonctions	54
6.3 Caractéristiques du logiciel ET	54
6.4 Adaptateur	55
6.5 Description du logiciel	55
7. Exemples pratique	65
7.1 Test01 :(MoteurCaterpillarC9).....	65
7.1.1 Caractéristiques du moteur	65
7.1.2 Résultats de test 01	65
7.1.3 Interprétation des résultats	67
7.2 Test02 :(MoteurCaterpillarC13).....	67
7.2.1 Caractéristiques du moteur	67
7.2.2 Résultats de test 02	67
7.2.3 Interprétation des résultats	69
7.3 Test03 :(MoteurCaterpillarC15).....	69
7.3.1 Caractéristiques du moteur	69
7.3.2 Résultats de test 03	69
7.3.3 Interprétation des résultats	71
Conclusion générale	72
Références bibliographiques	73

Table des figures

Figure I.01: Organigramme de filiale Cosider Alrem.	04
Figure I.02: L'organigramme de l'URM Rouiba.	06
Figure I.03: Certification ISO 9001.	07
Figure I.04: Logiciel de gestion des OR.	11
Figure I.05: Les processus de rénovation.	15
Figure II.01: Représentation des éléments principaux constituant un moteur.	17
Figure II.02: Bloc-moteur.	19
Figure II.03: Culasse.	19
Figure II.04: Joint de culasse.	20
Figure II.05: Collecteurs d'admission et d'échappement.	20
Figure II.06: Chemise de cylindre.	21
Figure II.07: Carter.	21
Figure II.08: Soupapes et leurs commandes.	22
Figure II.09: Arbre à came.	22
Figure II.10: Piston.	23
Figure II.11: Bielle.	24
Figure II.12: Vilebrequin.	24
Figure II.13: Volant moteur.	24
Figure II.14: Injecteur.	25
Figure II.15: Moteur à deux temps.	30
Figure II.16: Moteur à quatre temps.	32
Figure II.17: Cycle théorique du moteur quatre temps.	32
Figure II.18: Cycle réel du moteur à quatre temps.	33
Figure II.19: Technique de combustion par énergie des jets d'injection.	34
Figure II.20: Technique de combustion par mouvement tourbillonnant de l'air.	35
Figure II.21: Moteur à chambre de précombustion.	36
Figure II.22: Moteur à chambre de turbulence.	36
Figure II.23: Capteur de pression d'admission.	41
Figure II.24: Capteur pression carburant.	41
Figure II.25: Capteur de température carburant.	42
Figure II.26: Capteur température du liquide de refroidissement.	42
Figure II.27: Capteur de position de l'arbre à cames.	43
Figure II.28: Capteurs de régime.	43
Figure II.29: Capteur de niveau d'huile.	43
Figure II.30: Système embarqué.	44
Figure III.01: Schéma d'un banc d'essais du moteur.	46
Figure III.02: Colonne de refroidissement.	48
Figure III.03: Frein hydraulique (SF3100).	49
Figure III.04: Alimentation électrique.	49
Figure III.05: Organigramme des étapes de réalisation d'un banc d'essai.	53
Figure III.06: Installation de l'adaptateur ComIII.	55
Figure III.07: Ecran d'états.	56
Figure III.08: Barre des icônes d'outils.	57

Figure III.09: Codes diagnostic.....	57
Figure III.10: Codes diagnostic enregistré.	58
Figure III.11: Codes évènements enregistré.....	59
Figure III.12: Sommaire de l'ECM.	59
Figure III.13: Les données configurables sur l'ECM.....	60
Figure III.14: Les tests fait par logiciel.	61
Figure III.15: Teste des injecteurs.....	61
Figure III.16: Paramètres d'annulation.	62
Figure III.17: Test automatique de coupure de cylindres.....	63
Figure III.18: Test des vibrations.	63
Figure III.19: Fiche des résultats des tests.	64

Liste des tableaux

Tableau III.01 : Les caractéristiques du moteur C9.	65
Tableau III.02: Résultats de test moteur C9.	66
Tableau III.03 : Les caractéristiques du moteur C13.	67
Tableau III.04: Résultats de test moteur C13.	68
Tableau III.05 : Les caractéristiques du moteur C15.	69
Tableau III.06: Résultats de test moteur C15.	70

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Introduction générale

Les moteurs à combustion interne n'ont pas cessé de se développer à cause du rôle très important qu'ils jouent dans la performance des véhicules et plus précisément les moteurs Diesel grâce à l'économie et l'endurance ainsi que la durée de vie des pièces composant le moteur.

Ce projet de fin des études a été effectué au niveau de l'entreprise COSIDER Alrem et dans le service rénovation et maintenance. Le but de cette étude est concentré sur la compréhension du fonctionnement des moteurs thermiques Diesel et leurs performances dans le banc d'essai des moteurs, afin de suivre et de maintenir correctement les défaillances à l'aide des résultats des tests effectués.

Ce mémoire est structuré en trois chapitres :

- **Premier chapitre** : Nous avons présenté le groupe COSIDER et les différentes filiales précisément la filiale Alrem de Rouiba.
- **Deuxième chapitre** : Nous avons étudié le moteur Diesel, son principe de fonctionnement, les différents organes de construction de ce moteur et ses types, en plus les différents composants du système embarqué dans le moteur.
- **Troisième chapitre** : On a présenté le système du banc d'essai et ses organes, et on a suivi le diagnostic des trios moteurs Caterpillar par logiciel CAT ET (Caterpillar technicien en électronique).

CHAPITRE I
PRÉSENTATION DE
L'ENTREPRISE
COSIDER ALREM

1. Présentation du groupe Cosider

Cosider a été créée le 1 janvier 1979 par la Société Nationale de Sidérurgie (S.N.S) et le groupe danois Christiani et Nielsen.

En 1982, Cosider devient filiale à 100% par la S.N.S suite au rachat de cette dernière des actions du partenaire Danois. Dans le cadre de la restructuration organique des entreprises publiques décidées par les autorités algérienne, Cosider est transformée en 1984 en entreprise nationale placée sous tutelle du ministère de l'industrie lourde.

A la faveur de l'application des lois et des réformes économiques, dont notamment celles relatives à l'autonomie des entreprises publiques en 1988, Cosider fut transformée en société par action en octobre 1989.

Cosider a su créer et exploiter diverses opportunités qui lui ont permis de développer et d'élargir son domaine d'intervention vers d'autres activités ne relevant pas uniquement de la branche de bâtiment et des travaux publics. Contrairement à ses concurrents présents sur le marché local, favorisée en cela par sa stabilité et sa volonté d'entreprendre, Cosider s'est engagé à diversifié en l'espace d'une décennie, ses portefeuilles d'activités et de clients.

Une évaluation continue par croissance interne a fait de Cosider le plus grand groupe algérien de B.T.P.H (Bâtiments, Travaux Publics et Hydrauliques). Aujourd'hui, Cosider groupe SPA au capital social de 17800000000 DA et organisé en un groupe de sociétés détenant 100% de capital de dix (10) filiales.

En 2010, le capital social de l'entreprise qui était détenu par la Société de gestion des participations de l'État "INJAB" et la banque extérieure d'Algérie, a été transféré à 100 % au fonds national d'investissement.

Le Groupe occupe la première place du BTPH en Algérie et la onzième en Afrique (selon Jeune Afrique). C'est aussi une activité de 87 milliards de dinars et plus de 28 500 collaborateurs jusqu'à la fin de l'exercice 2013.

En 2020, le groupe est classé 3^{ème} des groupes de BTPH sur le continent Africain.

Les dix (10) filiales de groupe Cosider :

- Cosider Travaux Publics.
- Cosider Canalisation.
- Cosider Construction.

- Cosider Ouvrages d'art.
- Cosider Carrier.
- Cosider Promotion.
- Cosider Alrem.
- Cosider Engineering.
- Cosider Géotechnique.
- Cosider Agrico.

2. Présentation de Cosider Alrem

COSIDER Alrem (L'Algérienne de Rénovation, d'Entretien et de Maintenance) est une entreprise Publique Economique, Société par Actions, EPE/SPA au capital social de 305 Millions de Dinars détenu à 100% par l'état.

ALREM est une Filiale du Groupe Cosider, issue d'un processus de filialisation engagé en 1995 par la société Cosider et basé sur la séparation des activités et la centralisation de chacune filiales créées sur un métier de base, Elle active principalement dans le domaine de la maintenance des véhicules et engins roulants, elle accompagne et soutien les autres entreprises du Groupe COSIDER.

Le Chiffre d'Affaires de l'entreprise dépasse le deux Milliard de dinars pour un effectif de 600 agents dont une centaine d'ingénieurs et une deux cent soixante de techniciens et techniciens supérieurs.

Elle dispose de trois unités de rénovation implantées à Blida, Rouiba et M'Sila ; chacune spécialisée dans son domaine. Ces infrastructures sont réparties sur une superficie de 240 000 m² dont 28 700 m² d'ateliers et 4100 m² de magasins sur deux niveaux.

3. Domain d'activité

- Rénovation d'engins de travaux publics, de transport et de manutention.
- Maintenance d'engins de travaux publics, de transport et de manutention.
- Commercialisation des pièces de rechange pour engins de travaux publics, de transport et de manutention.
- Formation du personnel de conduite et de maintenance des engins de travaux publics.
- Location du matériel de travaux publics, de transport et de manutention.
- Travaux d'usinage et de fabrication mécanique.

4. Organigramme de la filiale

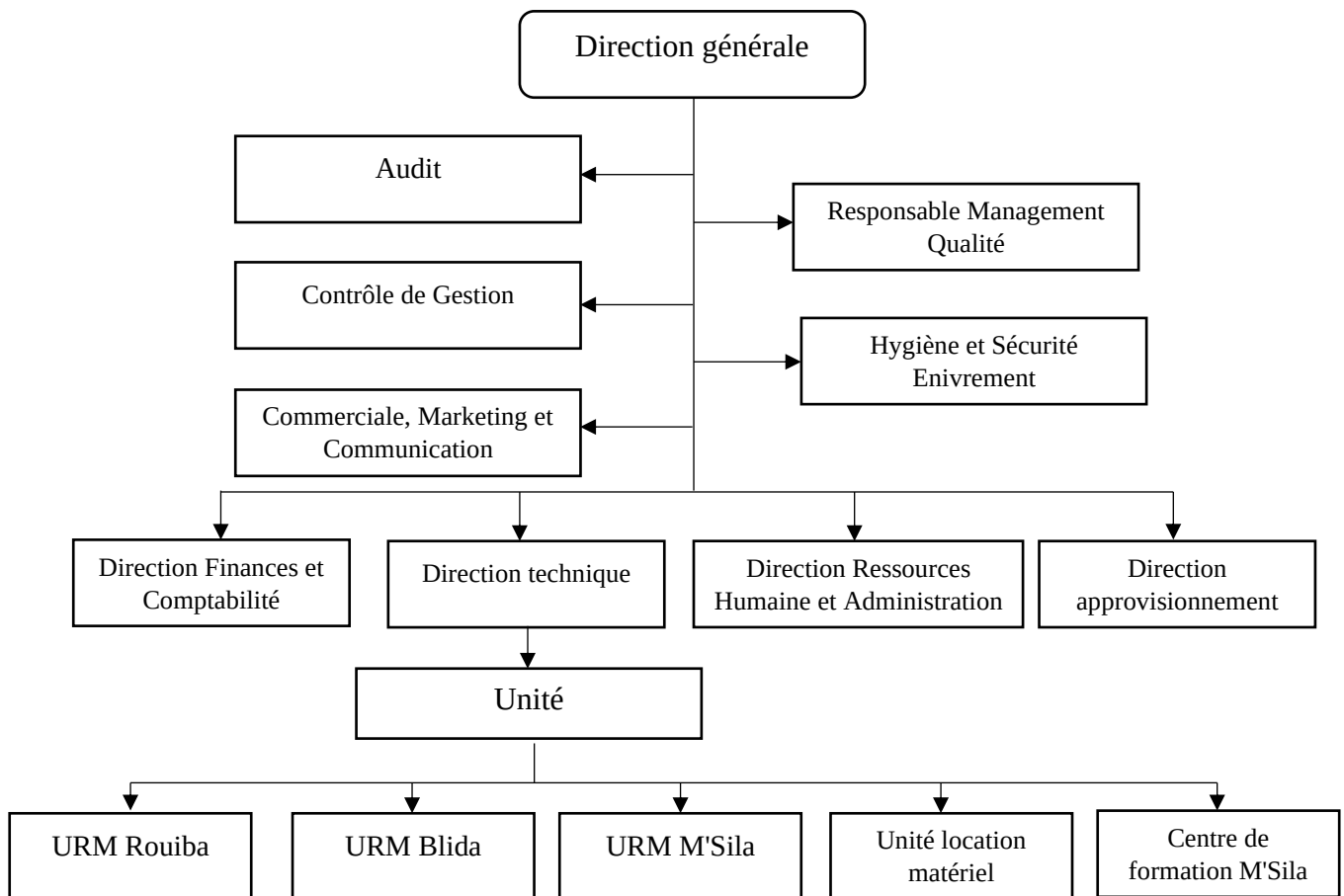


Figure I.01: Organigramme de filiale Cosider Alrem.

5. L'objectif de la filiale

Les perspectives de l'entreprise peuvent être résumées à travers les objectifs suivants :

- ✓ Extension des capacités de rénovation au niveau des unités existantes et / ou acquisition, construction de nouvelles unités dans d'autres régions (Est, Sud, Ouest).
- ✓ Développement de l'activité des ateliers de la fabrication mécanique pour satisfaire efficacement la demande des clients internes et externes, en matière de la pièce nécessaires à la rénovation et à la maintenance des engins de travaux publics et de manutention ; notamment les matériels ayant une moyenne d'âge dépassant les dix années de service et qui pourront être encore maintenus pour longtemps en état d'exploitation, et pour lesquels certaines pièces spécifiques ne peuvent être acquises sur le marché que par commandes spéciales auprès des fabricants et constructeurs et à des prix et délais souvent important.
- ✓ Amélioration de l'activité des ateliers de chaudronnerie et de mécano-soudure pour la prise en charge efficiente des travaux de réhabilitation des organes nobles usagés des engins de

travaux publics et les travaux de chaudronnerie pour la restauration des équipements de production (centrales de production de béton, postes d'enrobé et stations de concassage).

✓ Poursuite de renforcement des actions de formation et de perfectionnement pour élever le niveau de qualification du personnel afin d'accroître la satisfaction du client et de ce fait assurer un plan de charge conséquent et régulier.

6. Présentation URM Rouiba

L'URM Rouiba représente l'Unité Rénovation et Maintenance de Rouiba appartenant à «Cosider Alrem » est comme son nom l'indique une unité de rénovation et de maintenance, elle s'occupe principalement des moteurs d'engins des autres filiales Cosider de différentes marques: Deutz, Caterpillar, Komatsu..., mais aussi des moteurs du secteur privé. Elle possède aussi un service de locations des engins.

L'unité est implantée dans la zone industrielle ROUIBA voie C, lot n° 03, Willaya d'Alger, La superficie totale de l'unité ALREM est de $20001m^2$, réparti comme suit :

- Un bloc direction générale.
- Un bloc direction d'unité, la cantine, atelier montage moteurs, atelier fabrication mécanique, ban essai moteur.
- Un bloc (magasin PDR) et salle d'archivage.
- Un bloc département informatique et formation.
- Un bloc atelier polyvalent et Bancs d'essais BVH, BVM, Pompe et moteur HYD, etc....
- Un atelier engins.
- Un parc d'entreposage.
- Un bloc ordonnancement+ hébergement.

6.1 L'organigramme de l'URM Rouiba

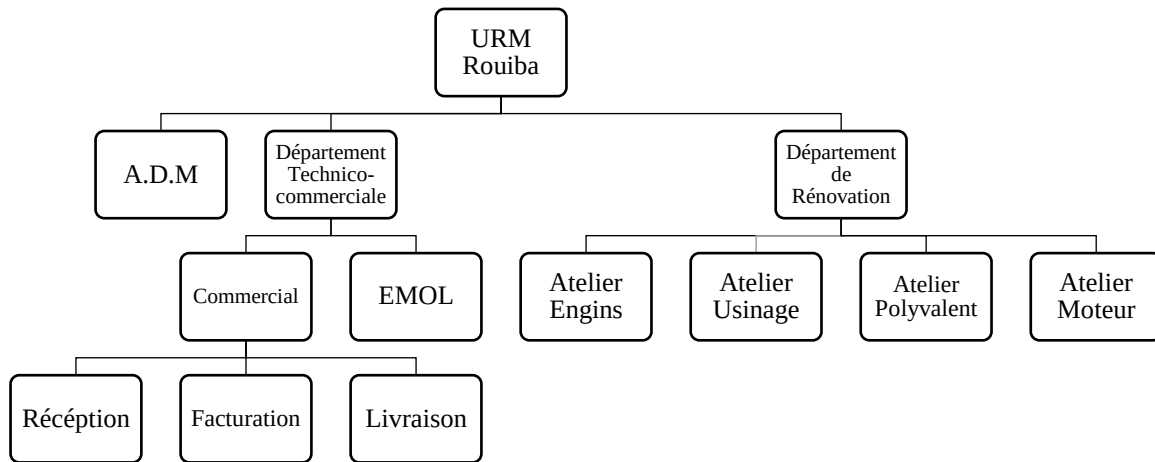


Figure I.02: L'organigramme de l'URM Rouiba.

6.2 Les activités principales

L'activité principale de l'unité ALREM Rouïba est la rénovation, l'entretien, la maintenance des organes (moteur, boîte de vitesse, convertisseur, etc..), et les engins sur pneus (chargeur, niveleuse, pelle, etc..), la fabrication mécanique et la commercialisation des pièces de rechange du matériel BTPH.

Le service commercial s'occupe des affaires financières : facturation, devis EMOL est responsable de l'étude et de la planification de travail dans les ateliers (temps de rénovation et OR, organisation des tâches et suivi de la tâche de réparation moteur, gestion de stock, ainsi que la commande des pièces de rechanges et l'estimation de temps de réparation).

6.3 Cartographie des métiers

6.3.1 RMQHSE et RHSE

QHSE : Qualité, hygiène, sécurité, environnement.

HSE : aussi appelé Hygiène, sécurité, environnement.

Est un domaine d'expertise technique contrôlant les aspects liés aux risques professionnels au sein de l'entreprise afin de conduire à un système de management intégré.

Compte tenu des liens entre les différents domaines, le QHSE peut intervenir dans le management de la qualité, le management de la sécurité ou le management environnemental de son entreprise. À ce titre, le chargé QHSE est chargé de veiller à la sécurité du personnel, à sa formation en matière de prévention, aux respects des normes, et à la fiabilité des installations dans l'entreprise.

Les enjeux des QHSE sont nombreux et font appel à des connaissances transversales qui concernent toute l'entreprise.

Les investissements dans la santé et sécurité au travail rapportent beaucoup à l'entreprise tant sur le plan financier (en augmentant la productivité) que sur le plan de la communication (image de marque de l'entreprise) et influencent aussi le bien-être des salariés.

COSIDAR Alrem et certifier de quatre normes ISO :

- La norme ISO 9001 : Cette norme définit des exigences pour la mise en place d'un système de management de la qualité pour les organismes souhaitant améliorer en permanence la satisfaction de leur client et fournir des produits et services conformes. La norme ISO 9001 s'adresse à tous les organismes, quels que soient leur taille et leur secteur d'activité.

- La norme 45001 : La certification ISO 45001 vise avant tout le management de la santé et de la sécurité des employés sur le lieu de travail. Mise en place en mars 2018 face à la contrainte des accidents sur le lieu de travail, elle remplacera la norme OHSAS 18001 d'ici 2021. L'obtention de cette certification permet à votre organisation d'acquérir les avantages suivants :

- Contribuer à l'amélioration de la performance de son entreprise en créant de meilleures conditions de travail pour tous.
- Mieux gérer les risques professionnels liés à votre activité en améliorant la sécurité des travailleurs.



Figure I.03: Certification ISO 9001.

- Une réduction des risques pour les travailleurs menant aussi à une réduction du coût de vos assurances

▪ La norme ISO 14001 : définit une série d'exigences que doit satisfaire le système de management environnemental d'une organisation pour que celle-ci puisse être certifiée – par un organisme extérieur et pour une durée limitée – comme répondant à la norme. Elle s'intègre dans le cadre du développement durable et repose également sur une démarche volontaire d'amélioration continue. La norme internationale ISO 14001 a été réalisée par l'Organisation internationale de normalisation et fait partie de la famille de normes ISO 14000 qui regroupe également des normes complémentaires relatives au management environnemental. C'est un élément de la triple certification qualité-sécurité-environnement ISO 9001, ISO 14001 et OHSAS 18001 qui permet aux entreprises d'avoir une politique globale de management des risques.

6.3.2 Approvisionnements

La Direction des Approvisionnements est chargée d'élaborer les politiques d'achats et de gestion des stocks et de veiller à leur mise en œuvre. Leur rôle est d'obtenir les équipements, pièces de rechange, outillages et consommables nécessaires au rétrofit du fonctionnement de l'unité sur les marchés nationaux et internationaux et d'optimiser les niveaux de stocks de pièces de rechange et d'équipements.

6.3.3 Finances et Comptabilité

La Direction Financière et Comptable est responsable de l'utilisation rationnelle et de la rentabilité des ressources financières de l'entreprise. Leur rôle est de définir et de mettre en œuvre les politiques de l'entreprise dans les domaines financier et comptable dans le respect des règles et directives générales de gestion, et assurer les opérations financières et comptables de la société par toute vérification ou contrôle au niveau de la structure financière et comptable de l'unité opérationnelle.

6.3.4 Ressources Humaines

La fonction RH s'occupe de la politique sociale de l'entreprise et de son patrimoine mobilier et immobilier. Leur rôle est adapté aux besoins de l'organisation RH de l'entreprise et consiste à concevoir, élaborer, suivre et contrôler des programmes d'évolution de carrière, de formation/sélection, de recrutement, d'évaluation des compétences. Gestion des biens mobiliers et immobiliers, assurant l'administration du personnel et le contentieux et la tutelle judiciaire.

6.3.5 Informatique

La gestion de l'organisation, la planification du système d'information est responsable de la conception, de la formulation et de la mise en œuvre des politiques de l'entreprise liées au développement organisationnel, à la planification et à l'intégration dans l'entreprise. Traitement automatique des informations. Son rôle est d'élaborer des diagnostics organisationnels et de concevoir et développer la politique globale de développement de l'organisation de l'entreprise. Créer, formuler et proposer des lignes directrices pour faciliter la planification d'entreprise et sa mise en œuvre. Nous concevons, formulons et approuvons également des plans de développement / schémas directeurs de systèmes d'information en fonction des besoins de la structure de l'entreprise.

6.3.6 Contrôle de gestion

L'unité de contrôle de gestion est responsable de la constitution du référentiel des indicateurs de gestion. Son travail consiste à veiller au respect des règlements administratifs. Développer des tableaux de bord et d'autres mesures d'activité pour aider la haute direction à prendre les décisions dont elle a besoin en temps opportun et à faire les meilleurs choix pour les décisions/actions commerciales futures. Évaluez le niveau de performance commerciale de votre entreprise, mettez à jour vos plans annuels et assurez-vous qu'ils sont suivis. Pour mieux servir les objectifs de l'entreprise, nous étudions la mise en place de structures, de processus et de systèmes à tous les niveaux et les proposons à la haute direction.

6.3.7 Audit interne

Cette unité évalue le niveau de conformité aux exigences du système de management de la qualité, santé, sécurité et de l'environnement, réalise des audits opérationnels des fonctions de contrôle et de production et confirme le respect de la réglementation. Son rôle est de réaliser des audits internes réguliers pour déterminer si le système de management de la qualité est conforme aux processus nécessaires à la mise en œuvre du produit et aux exigences de la norme ISO 9001/2008 ISO. Exigences pour 14001 et OHSAS 18001, ainsi que des manuels de santé, de sécurité et de qualité environnementale produits par l'entreprise. Assurez-vous que votre système de gestion QSE est effectivement mis en œuvre et maintenu.

6.3.8 EMOL (étude méthode ordonnancement et lancement)

Le service assure le suivi des travaux de rénovation et mettre à la disposition des autres services les moyennes technique, documentation assistance technique, le service et appeler à fournir et déterminer les références et donnees techniques.

Il assure aussi le suivi d'état et de la maintenance des équipements des moyens de travail et manutention des ateliers.

6.3.9 Technico-commercial

La direction Technico-commerciale a pour fonction de coordonner et superviser toutes les activités liées à la production, diagnostic, organisation, procédures, gestion environnementale profitable ainsi que la gestion du portefeuille clients et la recherche du plan de charge. Les taches de service technico-commercial sont :

➤ **La réception**

Lors de la réception de l'organe au l'engin a rénove, le service technico-commercial examine et prendre des photos, et des notes sur l'état général de ce dernier et dans le but d'organiser le temps de réalisation des tâches de maintenance et rénovation, l'équipe de travaille crée un dossier pour chaque organe.

➤ **Création de l'OR (Ordre de Réparation)**

Après l'examinassions de l'engin au l'organe a rénové le service technico-commercial donne un OR et inséré ce dernier sur le système qui sera consultatif par tous les autres services.

L'ordre de réparation est un document contractuel effectue par un logicielle professionnel, qui engage le réparateur. Il est fortement recommandé et il est important de l'exiger pour tous travaux, Ainsi l'OR présente une garantie du déroulement conforme des travaux pour le client, et l'assurance pour le professionnel du règlement de l'opération.

Figure I.04: Logiciel de gestion des OR.

➤ PV de réception

Toutes les pièces de l'organe déclarée et mentionner soit manquant ou bien présent.

➤ Gestion des dossiers des OR

Tous les engins, moteurs aux autres organes seront facturés au niveau de service technico-commercial ce qui nécessite un suivi de la procédure de rénovation et l'avancement de cette dernière.

6.4 Les ateliers

6.4.1 Atelier polyvalent

6.4.1.1 Section Démontage et expertise

Les moteurs entrants seront démontés pour l'expertise et la détermination des organes défectueux. Le matériel est démonté par une équipe diplômée sous la supervision d'un préparateur, ingénieur de formation, avec une expérience avérée dans la rénovation des matériels ou boîtes à vitesses avec plusieurs cycles de formation spécifique auprès de constructeurs de matériels de travaux publics.

Après le démontage chaque pièce démontée se voit attribuer l'OR de son moteur d'origine, les organes du moteur se feront passer par une machine de lavage qu'il assure le nettoyage de ces derniers.

Tous pièces aux organes seront transférés vers l'atelier approprié accompagné avec une fiche de demande de travaux.

L'expertise désigne un examen, un avis, une estimation ou une évaluation de quelque chose. Elle est réalisée par des ingénieurs détenant un ensemble de savoirs spécialisés, pour déterminer les organes endommager du moteur. L'expertise se fera sur : Bloc-moteur, Arbre à cames, Réfrigérant d'huile, Les bielles, La culasse, Les pistons, Les pompes : à huile, à eau, injection et d'alimentation.

À la fin les travaux d'expertise seront mentionnés sur le rapport d'expertise.

6.4.1.2 Section Préparation

L'équipe de travail préparé le bloc moteur pour éliminer la grasse par soufflage et le brossage métallique, après ils vérifier l'état de bloc moteur, des pipes, des refroidisseurs d'eau et les collecteurs d'admission en cas de présence des fissures ou des grains, même la préparation des bielles pour le contrôle métrologie.

➤ **Contrôle métrologique**

La métrologie est l'ensemble des moyens techniques utilisés pour le contrôle des spécifications dimensionnelles des pièces mécaniques et des paramètres physiques (Pression, Température, Compression moteur etc.).

La métrologie s'intéresse au contrôle des organes mécaniques pouvant subir une usure ou une déformation due au fonctionnement, la technique de contrôle nous permet donc de constater si la pièce correspond aux normes, Il existe deux phases de contrôle :

Le contrôle subjectif : Évaluation sans appareil (toucher, visuel).

Le contrôle objectif : Évaluation par mensuration ou par le calibrage.

6.4.1.3 Section culasses

Les travaux effectués au niveau de la section culasses sont :

- La vérification visuelle par le bain d'eau pour assurer l'absence des fissures, à l'aide de l'air comprime.
- Contrôle déformations surfacique de la culasse par une règle de control.
- Contrôle se fait pour assurer l'étanchéité des soupapes sur leurs sièges.
- Contrôle sur machine à l'aide d'eau s'effectuer pour assurer l'étanchéité en cas de préséance de fuite les sièges seront changer le cas échaient seront rectifie et corrigé par machine.

6.4.1.4 Section transmission

La section transmission s'intéresse aux travaux de rénovation sur les boîtes vitesses hydraulique, mécanique, convertisseurs, vérins et pompes hydrauliques.

Après intégration des boîtes à la section ces derniers seront démontés nettoyés, l'expertise se fera pour la détermination des organes défectueux l'achat et le montage, se forant après la validation du devis par le client. Après la réparation de cet équipement, il passera dans le banc d'essai qui correspond à chaque équipement : banc d'essai BVH, BVM, pompe et moteur hydraulique.

6.4.2 Atelier usinage

Les pièces sont usinées soit sur commande par un secteur privé ou pour les besoins du montage quand les pièces nécessitent certaines rectifications en ce qui concerne le filetage, taraudage, un diamètre d'alésage ou d'arbre, les machines-outils utilisées sont : les fraiseuses, perceuses, fileteuses, tourneurs, rectifieurs. Les principaux travaux réalisés sont :

- Rectification vilebrequin.
- Rectification de ligne d'arbre.
- Rectification des chemises.
- Rectification des culasses.
- Travaux de tournage.
- Travaux de fraisage.

6.4.2.1 Section Rectification

Dans cette section on a la rectification des vilebrequins qui consiste à enlever de la matière sur le diamètre des portées en commençant par enlever 25mm, 50mm, 75mm, et plus de 1mm le vilebrequin est déformé.

6.4.3 Atelier montage moteur

Cet atelier est divisé en 3 sections avec 14 postes en tout. Chaque section a pour objectif mensuel de réaliser un nombre de moteurs déterminé, généralement entre 9 et 12 moteurs par mois, les marques des moteurs à monter sont : CAT, PKS, MS, RT, KM, DZ, LB et GM...etc.

En ce qui concerne le montage, les pièces interceptées ont toutes été testé et approuvées, elles sont donc prêtes et chaque opération réalisée doit être contrôlé par la section contrôle métrologie. Le montage prend généralement 35h.

6.4.3.1 Section sous organes

Les organes transférés à cet atelier sont : Pompe à huile, Pompe à eau, Compresseur à air, Turbo compresseur, Démarreur et Alternateur.

Ces éléments se transfèrent à la section organes pour l'expertise la réparation au le changement s'ils ont été jugé défectueux. Un technicien auto suffit pour cette activité. Remontage des organes et parties d'engins Le remontage des organes avec pièces de rechange neuves se fait par des techniciens ou techniciens supérieurs en rénovation ayant ou moins cinq années d'expérience sous la supervision d'un ingénieur mécanique.

6.4.3.2 Section injection

Après le démontage du moteur la pompe injection et les injecteurs, seront transféré à la section injection pour être contrôlé et expertisés.

Le démontage, l'expertise et la rénovation d'une pompe injection est un métier à part entière et nécessite une formation de base de niveau Ingénieur en mécanique, avec plusieurs cycles de formation spécifique en injection. La rénovation des pompes injection et les injecteurs se fait sous la supervision de l'ingénieur responsable à l'aide d'outillages et équipements spécifiques.

Après rénovation la pompes et injecteur seront passé par banc d'essai injection.

6.4.3.3 Section banc d'essai du moteur

Après l'achèvement de l'opération de montage, le moteur sera transféré au banc d'essai, cet atelier est divisé en 5 postes, chaque poste contient un système de refroidissement externe liée à un grand Bassin d'eau, un collecteur d'échappement, système de farinage et alimentation gasoil, pour les moteurs à injection électronique, on monte le scanner du moteur testé. Les pilotes du banc d'essai sont des ingénieurs en mécanique, avec une connaissance approfondie dans les moteurs, tester un moteur peut prendre de 1 jour jusqu'à une semaine, tout dépend de son état de son dysfonctionnement.

6.4.4 Atelier engins

Dans l'atelier engins il y a des technicien et mécanicien et aussi des ingénieurs en électromécanique qualifier. Il est divisé en trois Sections :

6.4.4.1 Section véhicule léger

Réparation des véhicules légers de l'entreprise.

6.4.4.2 Section engins

Rénovation des engins pneumatiques (montage, démontage).

6.4.4.3 Section tôlerie et charbonnerie

Soudage et découpage.

7. Les processus de rénovation

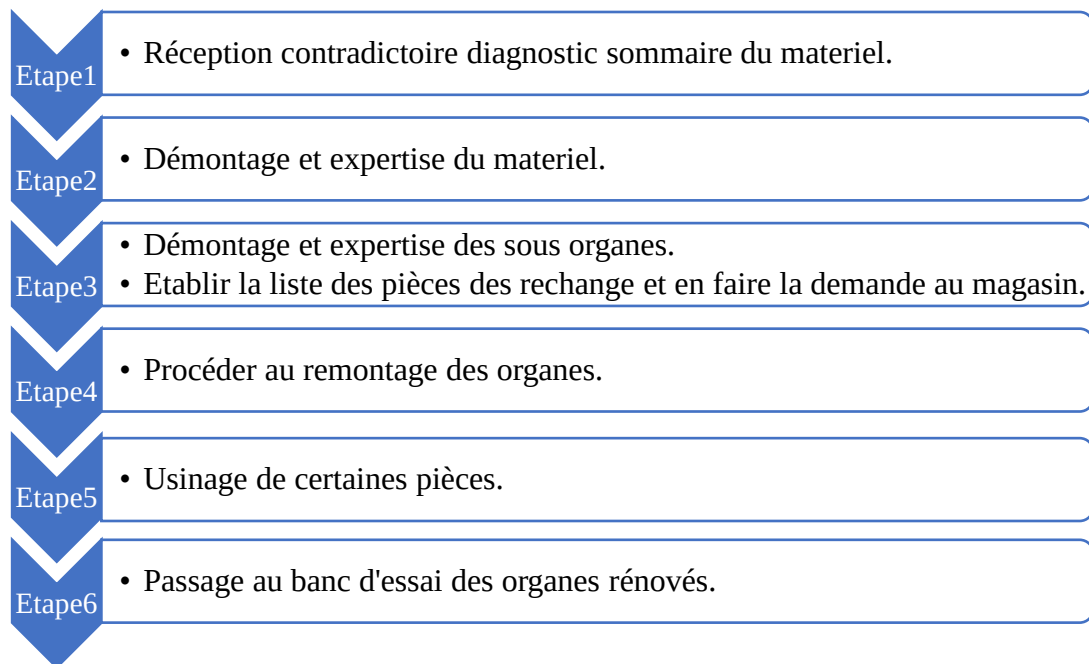


Figure I.05: Les processus de rénovation.

CHAPITRE II
PRÉSENTATION DU MOTEUR
DIESEL

Généralités sur le moteur

1. Définition

Un moteur thermique à combustion interne est un organe transformateur d'énergie. Il transforme l'énergie thermique produite par la combustion (carburant + comburant) en énergie motrice mécanique, par transformation du mouvement de translation du piston en mouvement de rotation d'arbre (vilebrequin). Tous les processus de travail se font dans un volume fermé ont lieu dans un espace de travail appelé cylindre de travail, la production de l'énergie thermique (Chambre de Combustion, cylindre moteur) confiné par la culasse, les soupapes fermées, la tête du piston et la chemise. La détente des gaz produits par la combustion du carburant actionne des organes mobiles qui récupèrent cette énergie pour la convertir en travail utile [07].

Il existe deux grands types du moteur à combustion interne :

- Les moteurs fournissant un couple sur un arbre.
- Les moteurs à réaction.

2. Historique

Le premier moteur thermique appliqué est la machine à vapeur alternative, a été Créée sur des bases remontant à Denis Papin en 1679, elle a été développée progressivement au cours du 18^{ème} siècle par Thomas Newcomen 1712, et en 1784 par James Watt, au cours du 19^{ème} siècle, a rendu possible la première phase d'industrialisation.

Le moteur thermique de combustion interne à pistons est très ancien, au moins dans ses principes, s'inspire largement de la machine à vapeur (dimensionnement, mécanismes de distribution), En 1856, les italiens Eugenio Barsanti et Felice Matteucci présentent à Florence leur moteur à explosion. Il est alimenté par un mélange d'air et de gaz. En janvier 1862, le français Alphonse Beau de Rochas, ingénieur de chemin de fer de Provence, obtient un brevet pour le cycle à quatre temps avec compression préalable, et sont les principes du moteur à explosion, tel qu'il existe aujourd'hui. Quelques années plus tard en 1876, l'Allemand Nikolaus August Otto réalise le premier moteur thermique fonctionnant selon le cycle de Beau de Rochas.

Avec les Français Hugon et le belge Étienne Lenoir apparaît en 1860 le moteur à deux temps à un seul cylindre fait naissance, mais la première application de la compression préalable au cycle deux temps sera due, en 1879, à Dugald Clerk, quelque temps plus tard, Lenoir invente

un carburateur permettant de remplacer le gaz par du pétrole. Les moteurs à combustion interne qui sont alors fabriqués fonctionnent aux gaz des hauts fourneaux ou à l'essence de pétrole avec allumage par étincelle. Un autre type du moteur va naître des travaux R. Adolphe Diesel qui essaie tout d'abord, d'appliquer le cycle de Carnot à la réalisation d'un moteur alimenté en poussière de charbon. Celui-ci est injecté dans une atmosphère portée à une température élevée par compression, et il doit s'enflammer spontanément au fur à mesure de son introduction. Les travaux entrepris par l'inventeur, avec la collaboration des ingénieurs de la « société Krupp », aboutiront en 1897 au moteur Diesel tel qu'on le connaît aujourd'hui. En 1929 Félix Hankel conçu le moteur piston rotatif [17 et 05].

Il existe quatre types principaux du moteur à combustion interne : les moteurs à combustion interne à deux temps et à quatre temps, à allumage commandé et à allumage par compression, Le moteur à piston rotatif et la turbine à gaz, dont les réalisations successives depuis un siècle, aboutiront aux machines perfectionnées que nous connaissons aujourd'hui.

3. Ensemble du moteur

1	Bougie de préchauffage.	11	Culbuteur.
2	Pipe admission.	12	Rampe de distribution.
3	Injecteur.	13	Pipe échappement.
4	Soupape.	14	Piston.
5	Culasse.	15	Bielle.
6	Pompe d'injection.	16	Tige de poussoir.
7	Arbre à came de pompe.	17	Poussoir.
8	Bloc cylindre.	18	Arbre à came.
9	Crépine.	19	Bloc cylindre.
10	Carter d'huile.	20	Vilebrequin.

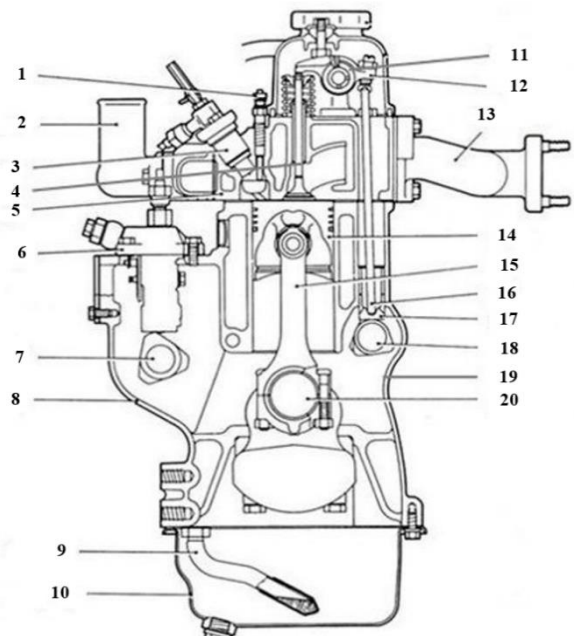


Figure II.01: Représentation des éléments principaux constituant un moteur.

Organes fixes

Les parties fixes comprennent essentiellement :

- La culasse.
- Le joint de culasse.
- Les collecteurs d'admission et d'échappement.
- La chemise de cylindre.
- Le bloc moteur.
- Le carter.

Organes mobiles

Les organes mobiles d'un moteur sont essentiellement :

- Les soupapes et leurs commandes (distribution).
- L'arbre à came.
- Les pistons.
- Les bielles.
- Le vilebrequin.
- Le volant moteur.

Présentation des organes fixes et mobiles d'un moteur thermique :

3.1 Organes fixes

❖ Bloc-moteur

Le bloc-cylindres, aussi appelé bloc-moteur, est la partie la plus massive, il contient les cylindres et reçoit l'ensemble des organes du moteur : équipement d'injection, vilebrequin, distribution, auxiliaires électriques...etc. Constitue le bâti du moteur à pistons dont la partie intérieure est usinée pour former les cylindres ou les logements de chemises, s'il s'agit d'un moteur à chemises rapportées. L'eau de refroidissement circule librement à l'intérieur du bloc moteur. La partie supérieure du bloc est dressée pour former le plan de joint pour la Culasse du moteur, qui vient coiffer les cylindres.

Le bloc-moteur remplit différentes fonctions. Il doit résister à la pression des gaz de la combustion qui tendent à le dilater et pousser sur la culasse. Il doit guider le piston, d'où la nécessité de réduire le frottement et d'augmenter la résistance à l'usure. Il doit contenir le liquide de refroidissement tout en résistant à la corrosion.

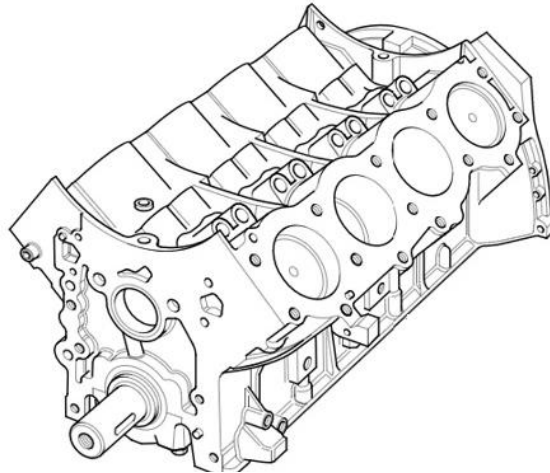


Figure II.02: Bloc-moteur.

❖ Culasse

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

La culasse permet la circulation des gaz : conduits, et elle reçoit une partie de la distribution et la bougie d'allumage (moteur essence). Elle doit évacuer une quantité importante de chaleur.

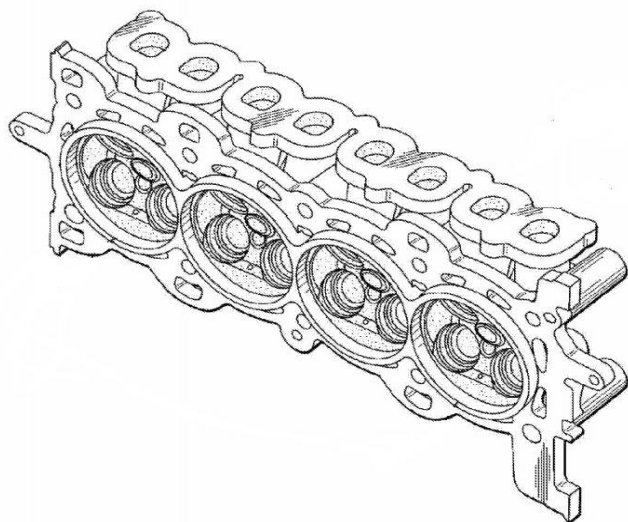


Figure II.03: Culasse.

❖ Joint de culasse

Généralement constitué, de deux feuilles de cuivre enserrant une feuille d'amiante, ou réduit quelque fois à sa plus simple expression : une simple feuille de cuivre.

Il assure l'étanchéité de toutes ces chambres (une par cylindre) afin que les gaz produits par le moteur ne puissent pas fuir. De même il se doit d'assurer une séparation efficace entre le circuit d'eau, le circuit d'huile et les chambres de combustion. Le joint de culasse se place entre le bas de la culasse et le haut du bloc-cylindres.

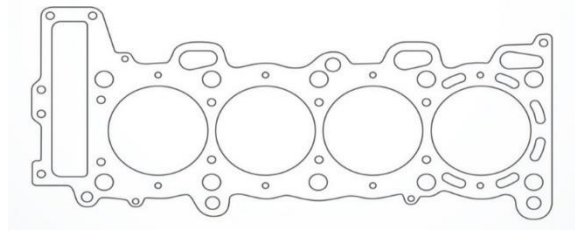


Figure II.04: Joint de culasse.

❖ Collecteurs d'admission et d'échappement

Le collecteur d'admission Appelé aussi répartiteur, il a pour fonction de regroupe les conduits qui amènent la quantité nécessaire des gaz frais aux soupapes d'admission de chaque cylindre pour une combustion complète du carburant.

Le collecteur d'échappement contient ceux qui emmènent les gaz brûlés depuis les soupapes d'échappement. Ce sont des pièces moulées, en alliage léger pour l'admission et en fonte pour l'échappement.

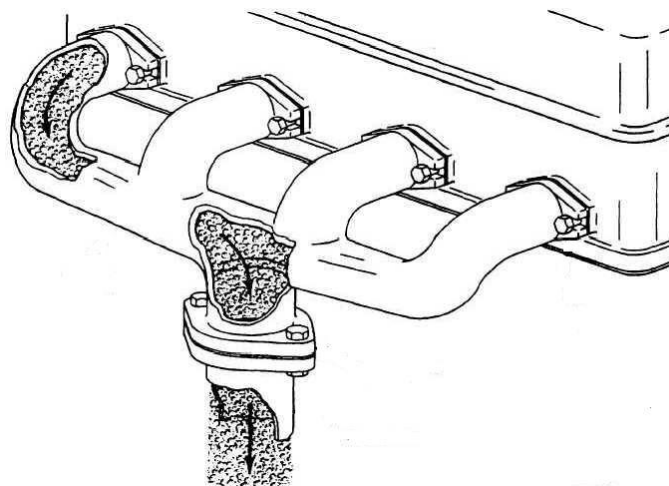


Figure II.05: Collecteurs d'admission et d'échappement.

❖ Chemise de cylindre

Une chemise est une enveloppe cylindrique ou un tube entourant une pièce cylindrique.

Les chemises sont en fonte spécifique centrifugée et type amovible. Chaque chemise est fixée à sa partie supérieure par sa collerette serrée entre la culasse et le bloc. La partie inférieure est guidée dans le bloc et l'étanchéité assurée par des joints toriques.

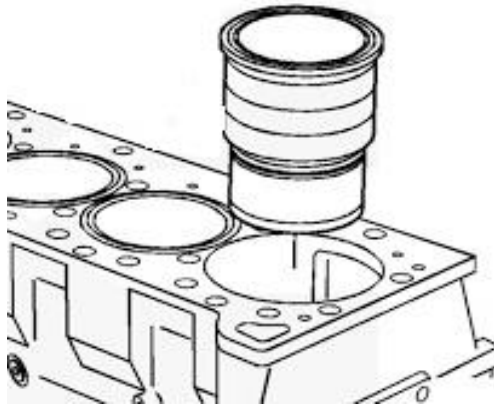


Figure II.06: Chemise de cylindre.

❖ Carter

Supérieur, inférieur ou de distribution, réalisés en tôle emboutie ou moulés en alliage léger, 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.

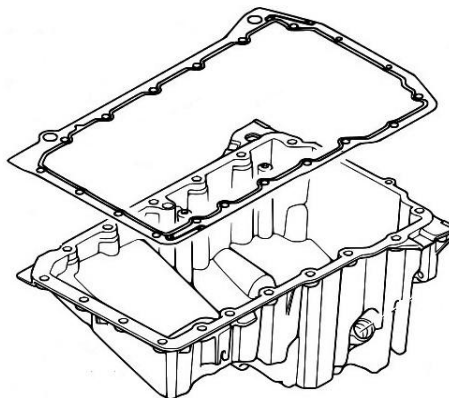


Figure II.07: Carter.

3.2 Organes mobiles

❖ Soupapes et leurs commandes (distribution)

Une soupape est un organe mécanique de la distribution des moteurs thermiques à quatre temps permettant l'admission des gaz frais et l'évacuation des gaz brûlés dans un temps très court. De manière générale, une soupape d'admission sépare le conduit d'admission de la chambre de combustion et une soupape d'échappement sépare celle-ci du conduit d'échappement. Le nombre de soupapes par cylindre varie généralement au nombre de deux, une d'admission, un d'échappement.

Elle doit assurer une parfaite étanchéité à la fermeture sur le siège de soupape. Les soupapes sont exposées aux températures très élevées régnant dans la chambre de combustion (de l'ordre de 800°C à l'ouverture de la soupape d'échappement). La fabrication des soupapes nécessite l'emploi des métaux capables de résister à la déformation à haute température et aux chocs répétés, tels les aciers austéniques, additifs comme le chrome, le nickel, le tungstène.

Les soupapes se classent principalement en trois catégories : les soupapes à tige (aussi appelées soupapes à tulipe), les soupapes rotatives et les soupapes à chemise louvoyant. Les plus répandues sont les soupapes à tige/tulipe qui équipent la quasi-totalité des moteurs à combustion interne actuels. Ces dernières soupapes sont le plus souvent actionnées par un arbre à cames et maintenues par un ou plusieurs ressorts de rappel.

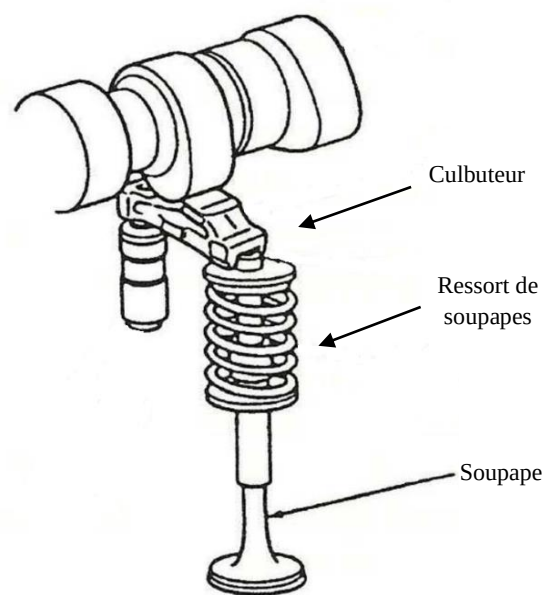


Figure II.08: Soupapes et leurs commandes.

❖ Arbre à came

L'arbre à cames nommé aussi "Arbre de distribution" est une pièce principale du moteur automobile, il est chargé de commander la levée des soupapes et pendant une durée bien déterminée. Le mouvement de l'arbre à cames doit être lié de façon invariable à celui du vilebrequin.

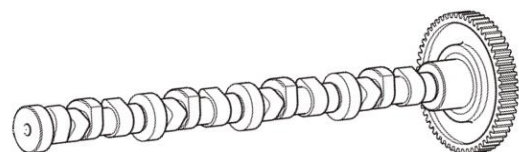


Figure II.09: Arbre à came.

La partie excentrée de la came, appelé la rampe, permet de réguler la levée (la fermeture) ou la descente (l'ouverture) de la soupape d'admissions et d'échappements. La partie cylindrique, zone de repos, correspond à la soupape fermée. Il y a autant de came que de soupape.

L'arbre à cames peut être en fonte graphite sphéroïdal (GS) ou GLA, ou en acier cémenté ou nituré.

❖ Piston

Le piston est une pièce rigide, de forme généralement circulaire, est un organe qui constitue les parois de la chambre de combustion, il est animé d'un mouvement alternatif et rectiligne dans le cylindre, il permet de comprimer le mélange de carburant et de gaz extérieur en vue d'une explosion, ainsi l'admission, et l'échappement. Il transmet au vilebrequin par l'intermédiaire de la bille l'effort exerce par la pression des gaz pendant par combustion est la détente. Le piston est en alliage d'aluminium avec un anneau prote-segment en fonte, recouvert d'un enduit graphité permettant de favoriser le rodage et éviter les grippages en cas de surchauffe anormale.

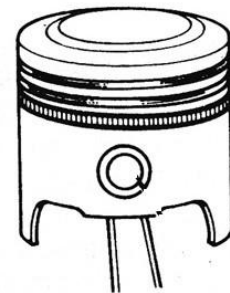


Figure II.10: Piston.

Pour que l'aspiration et compression puissent avoir lieu dans des bonnes conditions, il faut que le piston forme avec le cylindre un espace parfaitement clos.

Le rôle des segments est d'assurer l'étanchéité aux gaz (coté chambre de combustion) et à l'huile (coté carter). Ils permettent d'évacuer une partie de la chaleur communiquée au piston par les gaz vers le cylindre. Les segments sont au nombre de trois, le segment de feu situé au sommet du piston, segment d'étanchéité au milieu et le segment racleur enfin qui assure surtout l'étanchéité à l'huile.

❖ Bielle

Une bielle est une pièce dotée de deux articulations, une à chaque extrémité, est un élément intermédiaire qui permet la transmission des forces entre deux éléments animés des mouvements différents : Le mouvement rectiligne alternatif du piston et le mouvement circulaire continu du vilebrequin.

L'articulation à chaque extrémité de la bielle peut être un pivot ou une rotule. La bielle comporte deux alésages circulaires, l'un de petit diamètre, appelé pied de bielle, et l'autre de grand diamètre, appelé tête de bielle.

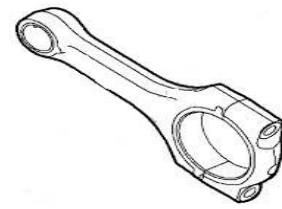


Figure II.11: Bielle.

Elle peut être en fonte graphite sphéroïdal (GS), en acier forgé ou fritté, et aussi en alliage léger.

❖ Vilebrequin

Le vilebrequin, est un arbre constitué de manivelles. Qui assure la transmission de l'énergie de combustion du carburant dans les cylindres par les efforts linéaires du piston en énergie mécanique disponible sur l'arbre moteur à l'aide de la bielle. Par conséquent, le vilebrequin va entraîner tous les éléments du moteur qui ont besoin d'un mouvement rotatif comme : la transmission primaire, l'alternateur, les contre-arbres d'équilibrage, etc....

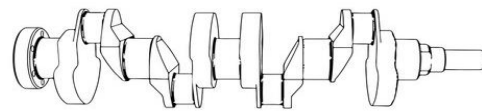


Figure II.12: Vilebrequin.

Il peut être en acier forgé ou moulé et aussi en fonte GS.

❖ Volant moteur

Le volant moteur joue le rôle d'un volant d'inertie lié au démarreur du moteur et à l'embrayage. Il peut aussi stocker un excès d'énergie au moment de l'explosion du moteur afin de dépasser le point mort qui correspond à la compression, il porte parfois le repère de calage d'allumage ou le déclenchement du repère P.M.H.

Lorsqu'il s'agit d'une volante motrice biomasse, celui-ci est composé de deux masses reliées entre elles par un ressort, des taquets et un roulement à billes. La première masse fonctionne avec le vilebrequin et la deuxième masse fonctionne avec la transmission. Ce sont les deux masses du volant moteur qui permettent de réduire les vibrations.

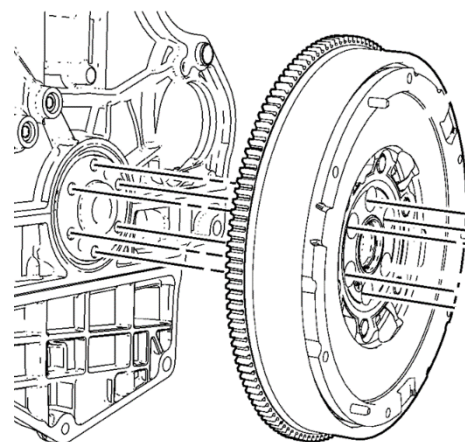


Figure II.13: Volant moteur.

❖ Injecteur

L'injecteur placé sur la culasse, il injecte le carburant soit directement dans la chambre de combustion (injection directe), soit dans une préchambre de combustion (injection indirecte), de chaque cylindre du moteur.

Il est en contact avec des températures élevées, dans des conditions de pression, pulvérisation, et orientation très précise, et fiables dans le temps. La cadence de fonctionnement peut atteindre plus de 2500 injections par minute sur les petits moteurs rapides. Il est piloté par la pression de carburant qui est engendrée par la course utile du piston de la pompe d'injection. Le carburant refoulé à haute pression par la pompe.

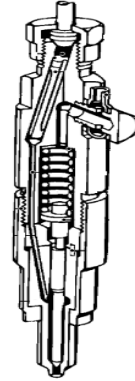


Figure II.14: Injecteur.

L'injecteur comprend : le corps et l'aiguille d'injecteur. Son mode de fonctionnement est dû à la surpression enclencher par la pompe [15].

On distingue deux types d'injecteur :

➤ Injecteur à trous pour le moteur à injection directe :

On trouve un cône à son extrémité qui sert de siège à l'aiguille. Il y a des injecteurs à un seul trou et à plusieurs trous. Les injecteurs à un seul trou ont leur trou percé latéralement ou au centre. La pression peut varier entre 150 à 250 bars.

➤ Injecteur à trous refroidis :

Sur les gros moteurs à basse vitesse de rotation à pleine charge, on utilise des injecteurs à trous refroidis par un fluide extérieur pour que la température ne soit pas trop élevée.

4. Principe de fonctionnement

Dans l'opération d'admission, le carburant pulvérisé très finement et mélangé à l'air forme un mélange combustible qui est introduit dans le cylindre.

A la fin de la phase d'admission, le mélange est à faible pression, 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 l'opération de compression.

C'est à la fin de cette phase de compression qu'une quantité précisément dosée de carburant 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 détendant, fournissent l'effort moteur transformé en mouvement de rotation sur l'arbre moteur grâce au mécanisme bielle-manivelle.

Quand le piston remonte dans le cylindre, lors de la phase d'échappement, les gaz brûlés sortent par la soupape 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.

5. Système générale du moteur

5.1 Système d'allumage

Le moteur est muni d'un dispositif pour enflammer le carburant dans les cylindres. Le système d'allumage des moteurs à allumage commandé (moteur essence), possède une source électrique à basse tension et de courant continu, connecté au circuit primaire d'un transformateur appelé bobine d'allumage. Le courant est interrompu plusieurs fois par seconde par un interrupteur automatique, la minuterie. Le dispositif d'allumage est la bougie, fixée sur la partie supérieure, ou culasse, de chaque cylindre, elle fournit l'étincelle qui enflamme le mélange combustible dans le cylindre. Et le système d'allumage des moteurs à allumage par compression (moteur Diesel), où le début de la combustion est produit par la haute température des gaz dans le cylindre [05].

5.2 Système d'alimentation et de carburation

Le système d'alimentation en carburant Dans un moteur à combustion interne est constitué d'un réservoir, d'une pompe et d'un appareil à vaporiser ou à atomiser le carburant liquide.

Dans les moteurs à allumage commandé, cet appareil est un carburateur. Dans la plupart des moteurs multicylindres, le carburant vaporisé est amené jusqu'aux cylindres par un tuyau ramifié, le conduit d'admission.

À partir des années 1980, des systèmes à injection plus perfectionnés, également utilisés dans les moteurs Diesel, ont largement supplanté les dispositifs traditionnels d'alimentation en

mélange d'air et de carburant ; ces systèmes contrôlés électroniquement réduisent la consommation en carburant et la pollution.

5.3 Système de refroidissement

En raison de la chaleur dégagée par la combustion, tous les moteurs sont équipés d'un système de refroidissement.

Au démarrage du moteur le liquide circule à l'intérieur du bloc moteur et de la culasse Ainsi que dans le radiateur de chauffage. Un élément thermostatique «calorstat ou thermostat» reste fermé tant que la température du liquide dans le moteur est inférieure à 90°C, cela permet une montée en température rapide lors des démarrages à froid du moteur. Le mouvement du fluide est accéléré par une « pompe à eau » qui est entraînée par une courroie. Dès que le liquide atteint la température d'ouverture du calorstat, celui laisse passer le liquide vers le radiateur. Le radiateur possède une grande surface de contact avec l'air ambiant ce qui permet le refroidissement du liquide. Si le passage de l'air dans le radiateur ne suffit pas pour abaisser La température du liquide, un thermo contact va commander électriquement le ventilateur de façon à accélérer le passage de l'air à travers le radiateur. Afin d'éviter l'ébullition du liquide [05].

5.4 Système de graissage

Les pièces métalliques en mouvement tournent, glissent et frottent les unes sur les autres. Le frottement dégage de la chaleur. Les surfaces en contact peuvent atteindre leur point de fusion.

Le système de lubrification permet d'assurer le graissage de l'équipage mobile, de certains organes de la distribution, et protéger les pièces de l'usure et de diminuer les frottements qui sont à l'organe de l'usure.

Ce système assure la formation des films de lubrifiant entre les surfaces de la pièce en mouvement (arbre à came, cylindre, paliers et tourillons de vilebrequin, ..., etc.). Le procédé de graissage est déterminé d'après la position et le mouvement des pièces. On distingue trois types de graissage dans le moteur Diesel qui sont graissage sous pression, par barbotage et par écoulement.

Le moteur Diesel

1. Historique

De parents allemands, Rodolphe Diesel est né le 18 mars 1858. Il fit ses premières études en France, puis en Allemagne à Augsburg où il passe avec succès sa thèse d'ingénieur.

De retour en France en 1880, il ouvre son cabinet d'ingénieur-conseil à Paris, en 1887 il se consacre entièrement à l'étude du moteur thermique qui devait porter son nom. A l'âge de 35 ans il publia après de longues études un ouvrage intitulé : "Théorie et construction d'un moteur thermique rationnel".

Dans cet ouvrage, Rudolf Diesel, qui avait l'idée de réaliser un moteur dont le cycle se rapprochait du cycle de Carnot, un moteur dans lequel l'air serait comprimé à un tel niveau qu'il y aurait une grande élévation de température. Lorsque le carburant serait ensuite injecté dans la chambre de combustion avec l'air, celui-ci s'enflammerait immédiatement par la haute température de l'air, provoquant une explosion, et repoussant ainsi le piston.

Cinq mois plus tard, la Société CRUPP fait les essais du premier Diesel, dans l'atelier d'Augsbourg ; le combustible injecté après pulvérisation, explosa comme prévu mais malheureusement, le moteur ne résista pas. Toutefois, le but recherché était atteint et Rudolf Diesel ne se découragea pas : il construisit un moteur monocylindrique d'une puissance de 20ch à 172 tr/min à injection de combustible plus résistant et fit une démonstration du parfait fonctionnement de son nouveau moteur à KASSEL en 1897.

Le premier fonctionnement de son moteur donna un rendement de 26%, plus du double d'efficacité par rapport aux moteurs à vapeur qui avaient un rendement de 12%. En février 1897, il mit au point le premier moteur Diesel adapté pour les utilisations courantes. Les moteurs Diesel ont longtemps fonctionné à l'huile végétale. Le 29 septembre 1913, R. DIESEL devait disparaître en mer.

A la suite de ces expériences, le Français CAPITAINE inventa, en 1918, un moteur semi-Diesel ainsi nommé pour la simple raison qu'il ne comprime pas l'air jusqu'à la température d'inflammation du combustible.

La mise en route s'effectue après préchauffage de la chambre de combustion dont la température est ensuite entretenue par les combustions successives.

En 1925, la firme BENZ réalisa un moteur Diesel à deux cylindres et GNUMERS un moteur Diesel deux temps à cylindres opposés.

En 1930, PACKARD construisit un moteur d'avion en étoile, à refroidissement par air. Sans les études poussées de Rudolf Diesel tous les dérivés du moteur Diesel n'auraient jamais pu être réalisés.

Peugeot réalise en 1938, une série d'un millier de modèle 402 Diesel.

En 1988, Fiat produit la première voiture de série équipée d'un moteur à injection directe.

En 1989, Audi présente la première voiture équipée d'un moteur à injection directe à régulation électronique.

En 1998, Premières applications de l'injection directe à rampe commune réalisée par Bosch sur des véhicules de série [03 et 04].

2. Définition

Les moteurs Diesel doit comporter des pièces plus résistantes que leurs homologues équipant les moteurs à essence car, le taux de compression y étant nettement supérieur, les contraintes mécaniques y sont nettement plus importantes. Les parois d'un Diesel sont en général beaucoup plus épaisses et portent davantage de nervures et de renforts pour mieux résister aux contraintes mécaniques et thermiques. Les pistons, les bielles, le vilebrequin doivent être plus résistant. La conception de la culasse doit être très différente en raison de la présence des injecteurs de gazole et de la forme spéciale des chambres de précombustion et de combustion.

Le moteur Diesel est un moteur à combustion interne 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 Diesel, dont l'allumage n'est pas commandé mais spontané, par phénomène d'autoallumage. Il n'a donc pas besoin de bougies d'allumage. Des bougies de préchauffage sont souvent utilisées pour permettre le démarrage du moteur à froid en augmentant la température de la chambre de combustion, mais leur présence n'est pas

systématique, dont la combustion est déclenchée par l'injection de gazole sous pression dans de l'air fortement comprimé, il se produit alors une auto-inflammation, ce qui signifie que le mélange s'enflamme spontanément.

3. Les types du moteur Diesel

3.1 Selon le temps

3.1.1 Moteur à deux temps

Le cycle à deux temps ayant seulement deux mouvements linéaires du piston, bien que les opérations (admission, compression, combustion/détente et échappement) soient toujours effectuées et le cycle moteur se réalise en un tour du vilebrequin.

➤ **Premier temps (Compression et Détente)** : Le piston comprime le mélange dans le cylindre. Au passage, il rebouche l'échappement et l'entrée de mélange dans le cylindre, tout en créant une dépression dans le carter qui va permettre l'arrivée du mélange air-gasoil par la soupape d'arrivée. Le piston est au point mort haut, il descend en comprimant en même temps le mélange présent dans le carter, sous le piston. C'est la partie motrice du cycle, l'entrée du mélange dans le carter se ferme.

➤ **Deuxième temps (Admission et échappement)** : Arrivé à proximité point mort bas, le piston débouche les lumières d'échappement et d'admission, le mélange en pénétrant dans le cylindre chasse les gaz de la combustion. Le cycle recommencer à partir du premier point.

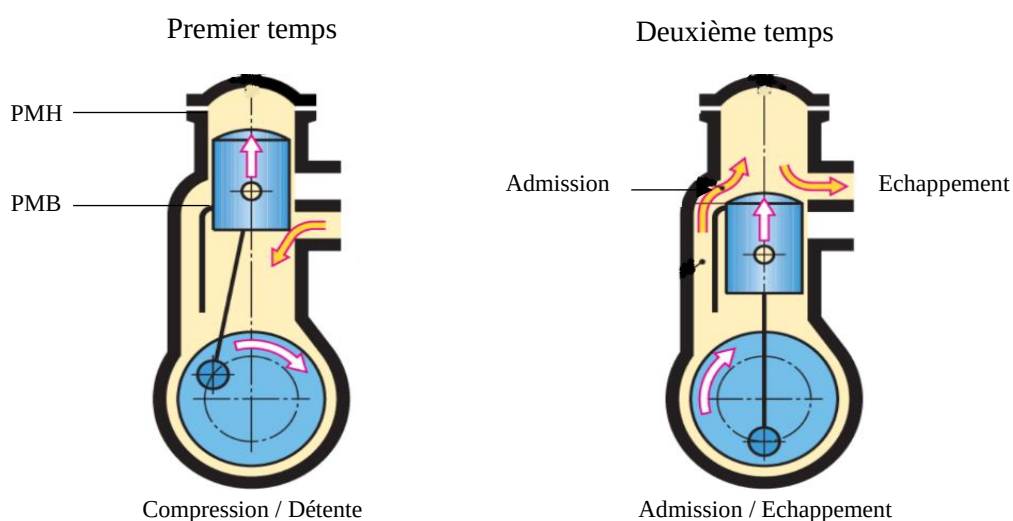


Figure II.15: Moteur à deux temps.

3.1.2 Moteur à quatre temps

▪ Cycle théorique

Le cycle théorique d'un moteur thermique est une approximation théorique de son fonctionnement pour calculer sa performance.

Le cycle à quatre temps ayant seulement quatre mouvements linéaires du piston, et le cycle moteur se réalise en deux tours du vilebrequin. Dans ce cycle nous avons les phases suivantes:

➤ **Premier temps (Admission)** : Le cycle commence au point mort haut, Le piston est au point mort haut (PMH) et va se déplacer vers point mort bas (PMB) soit $\frac{1}{2}$ tour de vilebrequin. Pendant le premier temps, le piston aspirant de l'air frais pour remplir le cylindre via la soupape d'admission.

➤ **Deuxième Temps (Compression)** : La soupape d'admission se ferme, le piston se déplaçant de PMB vers PMH comprime l'air frais qui se trouve emprisonné dans le cylindre à une pression de l'ordre de 35 à 40 bar ce qui le porte à une température voisine de 500 à 600°C.

➤ **Troisième Temps (Combustion-Détente)** : Le piston est au PMH, l'air comprimé puis porté à haute température, on injecte de gasoil finement pulvérisé dans la chambre de combustion. La pression d'injection doit être supérieure à la pression régnant alors dans le cylindre pour permettre l'introduction de combustible. Le combustible s'enflamme de lui-même. La température d'inflammation du gas-oil étant voisine de 300°C. La pression des gaz portés à haute température lors de la combustion force le piston à descendre pour effectuer le troisième temps (combustion-détente). Les gaz augmentent de volume, leur détente chasse le piston vers le PMB ce mouvement est le seul temps où le moteur produisant de l'énergie directement utilisable. C'est le temps moteur.

Au moment de la combustion la pression des gaz atteint 50 à 100 bars ; la température est alors de l'ordre de 1800 à 2000°C [02].

➤ **Quatrième Temps (Échappement)** : Lors du dernier temps, la soupape d'échappement s'ouvre les gaz brûlés sont évacués du cylindre par le piston qui remonte vers le (PMH), la température est tombée à environ de 500°C, la soupape d'admission s'ouvre et le cycle recommence.

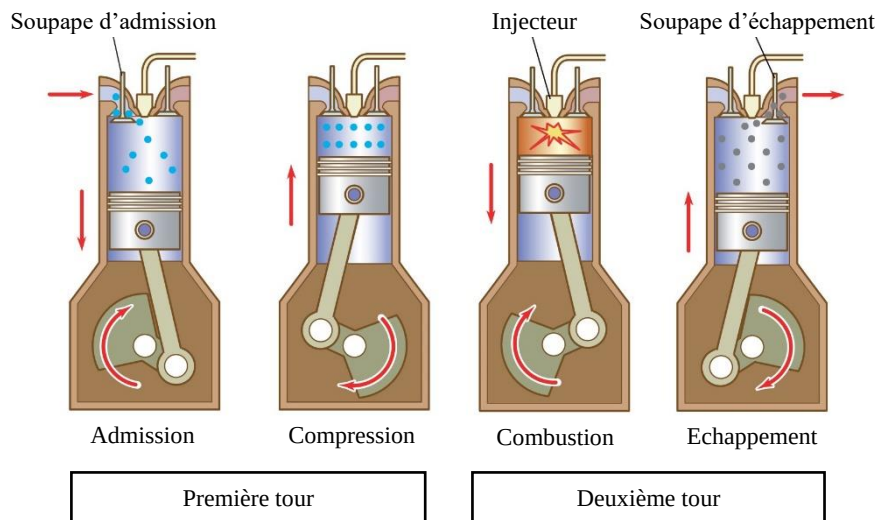


Figure II.16: Moteur à quatre temps.

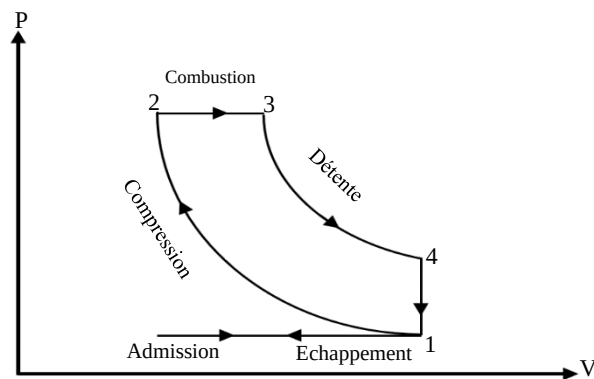


Figure II.17: Cycle théorique du moteur quatre temps.

▪ Cycle réel

Il existe des différences et des similitudes entre les cycles Diesel réels et théoriques, dans la forme et les valeurs des pressions et des températures, pour obtenir un fonctionnement correct du moteur Diesel :

➤ Avance ouverte admission (AOA) :

Pour évacuer les gaz brûlés en meilleure façon, on avance l'ouverture de la soupape d'admission, de façon à ce que l'air aspiré dans le cylindre chasse les gaz brûlés.

➤ Retard fermeture admission (RFA) :

Pour obtenir un meilleur remplissage de cylindre en air frais, on retarde la fermeture de soupape d'admission pour l'air continue de pénétrer dans le cylindre durant la course descendante du piston.

➤ Avance ouverture échappement (AOE) :

A la fin de cycle de détente, on avance l'ouverture de la soupape d'échappement pour permettre une meilleure évacuation des gaz brûlés.

➤ Retard fermeture échappement (RFE) :

Ce retard correspond à l'avance de l'ouverture de la soupape d'admission, pour les gaz frais pénétrant dans le cylindre chassent les gaz brûlés [02].

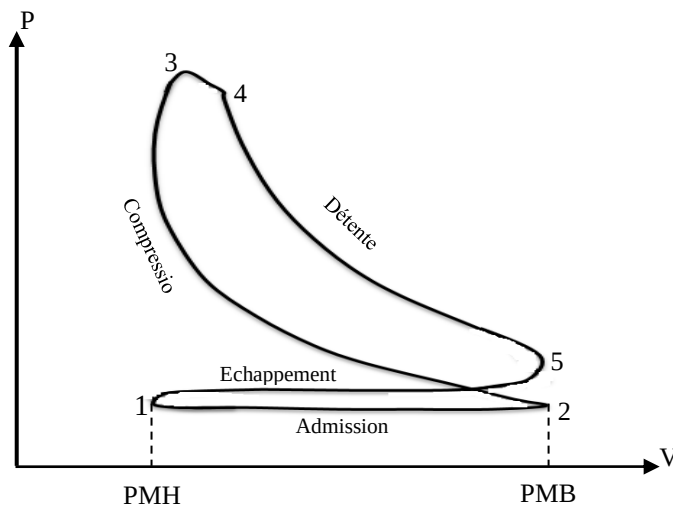


Figure II.18: Cycle réel du moteur à quatre temps.

3.2 Selon le système d'injection

Il existe trois types d'injection :

- Injections mécaniques.
- Injections électroniques.
- Injections mixtes.

Pour avoir un bon rendement d'un moteur à combustion interne et fonctionne avec régularité, 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 :

3.2.1 Moteurs à injection directe

Le système d'injection directe est assez commun entre un moteur Diesel et une motrice essence. Mais on note que le moteur Diesel ne s'agit pas d'une bougie d'allumage.

L'injecteur pulvérise le carburant directement dans la chambre de combustion (le cylindre), au moment voulu (temps sur les 4 temps), il est un peu plus difficile d'injecter le gazole car il est moins fluide que l'essence. Donc le carburant est injecté sous pression directement dans la chambre de combustion.

Deux techniques de combustion sont employées :

- **Par énergie des jets d'injecteur**

Utilisé dans les gros moteurs lents, le système fonctionne sans tourbillon d'air, mais exige une grande précision du positionnement de l'injecteur (à proximité de la chambre) et un excès d'air très important, l'injecteur central comportant 6 à 8 trous, pulvérise le combustible à la circonférence de la chambre de combustion de grand diamètre (la pression d'injection est de 200 à 350 bar) [16].

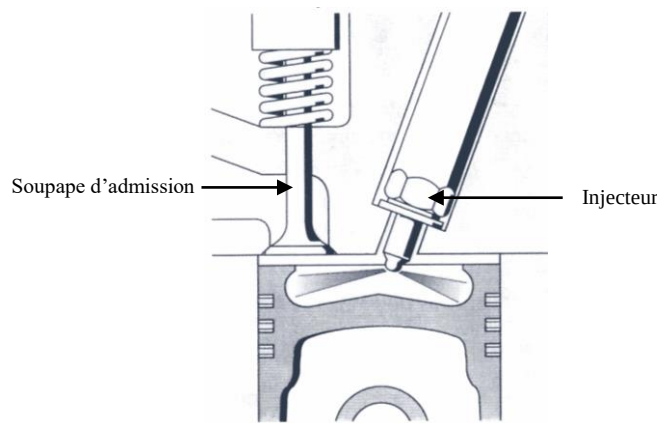


Figure II.19: Technique de combustion par énergie des jets d'injection.

- **Par mouvement tourbillonnant de l'air (swirl)**

Le plus utilisé dans les moteurs modernes, le système fonctionne par le mouvement tourbillonnant de l'air est amorcé par la forme du conduit d'admission. La chambre de

combustion dans le piston est plus réduite et comporte une forme variable selon le constructeur en perpétuelle évolution et la normalisation antipollution. Ceci permet d'améliorer sans cesse l'homogénéité du mélange air-combustible [16].

L'injecteur utilisé est du type à trous multiples (3 à 6).

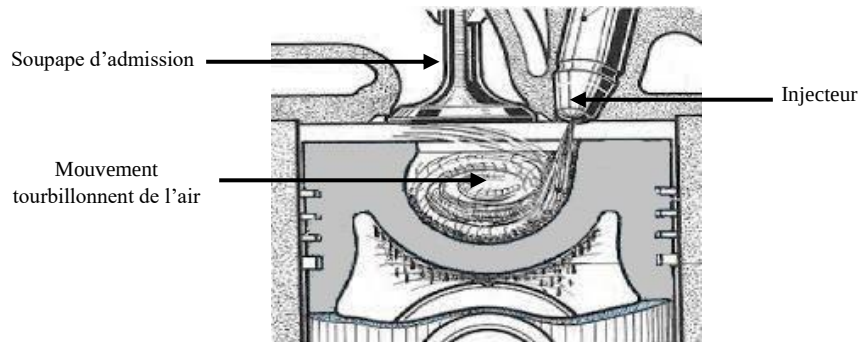


Figure II.20: Technique de combustion par mouvement tourbillonnant de l'air.

3.2.2 Injection indirecte

L'injection du combustible dans ce moteur n'a pas lieu directement dans le cylindre, mais dans une petite chambre solidaire de la culasse ou sur le piston, l'espace résiduel au-dessus du piston est moindre, mais le volume total de la chambre est plus grand. On utilise cette préchambre pour amélioration de la combustion, réduction des bruits de fonctionnement, normalisation antipollution.

Le taux de compression est légèrement moindre par rapport à celui du moteur à injection directe. En générale ce type du moteur n'est pas suffisant pour assurer l'auto- allumage au moment du départ à froid d'où l'existence d'une bougie préchauffage. La pression d'injection de ce moteur est inférieure à celle de l'injection directe et on utilise des injecteurs à téton.

Les différents types des moteurs à injection indirecte sont :

- **Moteur à chambre de précombustion**

L'injecteur du type à téton est placé sur la culasse et dans une cavité non refroidie appelée préchambre.

La chambre de précombustion représente entre 20 et 30 % du volume de compression, elle communique avec le haut du cylindre par un ou plusieurs orifices de passage restreint. La boule

brise jet en travers de la préchambre, pour éclater le jet d'injecteur et favoriser le début de combustion. Le combustible injecté dans préchambre est projeté dans la chambre de combustion au-dessus du piston par la pression initiale due à une combustion partielle du combustible. Cette combustion est moins bruyante car les pressions d'injection sont modérées 100 à 150 bar et le rapport volumétrique varie de 1/12 à 1/15.

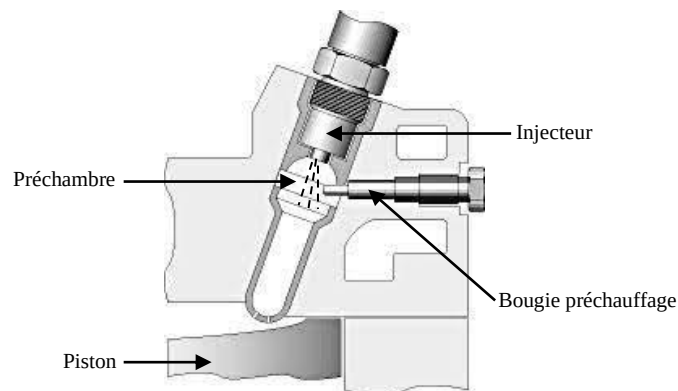


Figure II.6: Moteur à chambre de précombustion.

▪ Moteur à chambre de turbulence

La chambre de turbulence représente presque la totalité du volume de la chambre de combustion. Elle communique avec le cylindre par un orifice de large section de forme tronconique, l'injecteur débouche dans la chambre de turbulence. On utilise des bougies de préchauffage rapide de type « crayon » pour le départ à froid.

Le rapport volumétrique de ce système est compris entre 1/15 à 1/18, et la pression d'injection est de 110 à 150 bar [16].

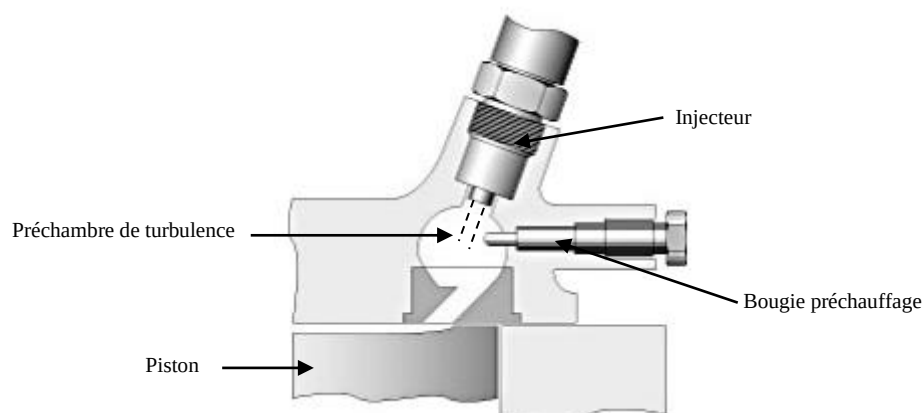


Figure II.7: Moteur à chambre de turbulence.

4. Domaines d'utilisation des moteurs Diesels

La gamme des moteurs Diesel est divisée en trois groupes principaux en fonction de leur vitesse de rotation :

- Les moteurs rapides plus de 1200tr/mn : Ils occupent tous les domaines d'application : véhicules routiers et ferroviaires, groupes électrogènes, motopompes, machines agricoles et industrielles, propulsion de petits navires.
- Les moteurs semi rapides entre 600tr/mn et 1200tr/mn : Les domaines d'application sont: groupes électrogènes, propulsion de navires.
- Les moteurs lents entre 85tr/mn et 300tr/mn : La puissance de ces moteurs est normalement très élevée, comprise entre 7 et 40 MW. Ces moteurs assurent la propulsion de gros navires, en raison de leur faible vitesse de rotation, ils sont directement couplés à l'arbre d'hélice [02].

5. Les avantages et les inconvénients du moteur Diesel

❖ Avantages du moteur Diesel

Le moteur Diesel fournit de l'énergie mécanique meilleure que le moteur à essence pour les raisons suivantes :

- Le rendement est élevé [06].
- Le couple moteur est plus important et il reste constant pour des vitesses faibles [06].
- Une consommation spécifique moyenne de 180g/ch. h mieux que le moteur essence (250g/ch. h).
- La combustion est plus complète que celui du moteur à essence [06].
- Les risques d'incendie sont moindres car le point d'inflammation du gaz- oil est plus élevé que celui de l'essence.

❖ Inconvénients du moteur Diesel

- Les composants mécaniques doivent être surdimensionnés, car sont soumis à des pressions et des températures élevées [06].
- Il faut assurer un refroidissement suffisant du moteur pour obtenir une bonne tenue des métaux.
- Le fonctionnement du moteur Diesel est plus bruyant que celui du moteur essence.
- L'aptitude au démarrage à froid est moins bonne qu'un moteur à allumage commandé.

Le système embarqué

1. Introduction

Les systèmes embarqués se retrouvent aujourd'hui partout, les premières applications électroniques sont apparues pour la première fois dans les véhicules au cours des années 60 sous la forme d'un régulateur de tension ou d'un système de commande de l'allumage. Dans les années 70, les constructeurs automobiles pensent à faire des économies d'énergie en introduisant des composants électroniques dans les systèmes d'injection et de carburation des moteurs. L'un des premiers a été conçu par Chevrolet pour la Chevrolet Cosworth Vega en 1975, il permettait la gestion complète du moteur et notamment la transmission automatique du carburant aux cylindres. Une dizaine de capteurs lui transmettaient les informations nécessaires à la réalisation de cette tâche.

Ce système joue un rôle important dans l'amélioration de fonctionnement du moteur. Aujourd'hui, un véhicule contient une grande quantité d'électronique et d'informatique : on retrouve plus de 100 capteurs, 30 à 50 calculateurs selon le type de véhicule et parfois près d'un million de lignes de codes pour les véhicules de dernière génération.

2. Définition

Un système embarqué est un ensemble d'éléments informatiques et électroniques interagissant entre eux de façon autonome et complémentaire, sont conçus de manière à pouvoir répondre spécifiquement aux besoins de leur environnement respectif.

Le système embarqué est conçu pour réaliser des tâches bien précises. Certains doivent répondre à des contraintes de temps réel pour des raisons de fiabilité et de sécurité, indispensables selon l'utilisation du système. Ce système regroupe à la fois la partie software (logicielle) et la partie hardware (matériaux) étroitement liées afin de produire les résultats escomptés [13].

3. Les composants du système embarqué

3.1 Calculateur

Le calculateur est l'élément principal d'un système embarqué automobile où régit la mémoire, la carte-mère ou encore le traitement logiciel. Chacun des calculateurs automobiles sont dédiés au pilotage d'une ou certaines tâches bien précises, ainsi de nombreux calculateurs sont présents dans les véhicules formant son système électronique.

Le calculateur composé de l'ECU (Engine Control Unit), Il est correspondu à un boîtier en métal étanche conçu pour résister aux différentes conditions météorologiques, contenant des broches électriques dotées de nombreux ports d'entrées et de sorties afin de permettre à la gestion des instruments de bord. Une carte programmable composée de circuits imprimés contient tout le traitement informatique du système, principalement codé en langage C++ ou Java, et s'accompagne d'autres éléments formant le calculateur.

Le calculateur moteur est une pièce d'automobile permettant la gestion des différentes fonctions du moteur, est un élément clé pour informer sur l'état, la sécurité et le confort de véhicule. Il est le cerveau qui traite les différentes informations qui lui arrivent pour commander le fonctionnement électrique du moteur. En recevant des signaux électriques de la part des capteurs (sonde de température, capteur de pression...), le calculateur peut traiter ces informations pour les transformer en actions par l'intermédiaire d'actionneurs (injecteur, vanne EGR...).

3.2 Actionneurs

Lorsque le calculateur réalise le traitement, il transmet un signal électrique aux actionneurs permettant une action physique sur le véhicule. Ces actionneurs transforment le signal électrique reçu en énergie mécanique. Cette transformation d'énergie peut être réalisée par moteur, de façon magnétique, hydraulique ou optique.

3.3 Capteurs

Un capteur est un dispositif qui transforme l'état d'une grandeur physique (température, pression...) observée en un signal électrique afin de le transmettre au calculateur, sont les éléments de base des systèmes embarqués d'automobile de données.

Les capteurs sont des éléments essentiels au fonctionnement des calculateurs puisque ce sont ces composants qui sont en charge de transmettre l'information afin d'être traitée de manière optimale. Leur principal objectif est donc de renseigner le calculateur qui va pouvoir agir en temps réel avec l'environnement, c'est pourquoi, ces capteurs envoient de façon constante des informations en continu au calculateur relié [13].

3.3.1 Caractéristiques des capteurs

Les caractéristiques principales des capteurs sont :

- La résolution : Plus petite variation de grandeur mesurable par le capteur.
- La sensibilité : Variation du signal de sortie par rapport à la variation du signal d'entrée.
- La précision : Aptitude du capteur à donner une mesure proche de la valeur vraie.
- La rapidité : Temps de réaction du capteur.
- L'étendue de mesure : Valeurs extrêmes pouvant être mesurée par le capteur.

3.3.2 Les types des capteurs

Il existe dans le moteur thermique plusieurs capteurs :

- Les capteurs de pression.
- Les capteurs de température.
- Les capteurs de position.
- Les capteurs de régime.
- Les capteurs de niveau.

❖ Les capteurs de pression

Est un instrument composé à la fois d'un élément sensible à la pression pour déterminer la pression réelle appliquée au capteur et de certains composants pour convertir cette information en un signal de sortie. Les capteurs de pression envoient à calculateur un courant pulsé variable. Pour cela ils sont dotés de trois fils : l'alimentation ($5V \pm 0.5V$), la masse (référence 0V), et le signal de retour (0 – 5V).

Ces capteurs sont utilisés pour mesurer la pression turbo, atmosphérique, et d'huile moteur.

- Capteur de pression d'huile :

Le capteur de pression d'huile mesure la pression de lubrification du moteur. Il donne à l'ECM une information de pression réelle présente dans le circuit d'huile. L'ECM alimente alors plus ou moins l'électrovalve de la pompe à l'huile pour modifier si besoin. Ce capteur est capable de lire des pressions allant jusqu'à 330 bar.

- Capteur de pression d'admission :

Il est du type Piézo-résistif, sa résistance varie avec la pression. Il permet de connaître la pression atmosphérique dans le collecteur d'admission. Selon la quantité d'air reçue et le contexte (régime moteur etc.) il faudra envoyer plus ou moins de carburant.

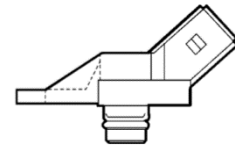


Figure II.8: Capteur de pression d'admission.

- Capteur de pression carburant / injection :

Il est du type Piézo-électrique, Ce capteur permet de surveiller la pression de carburant dans le circuit d'alimentation des injecteurs afin de gérer cette pression et la quantité de carburant à injecter. S'il n'y a pas de pression détectée, la voiture ne peut pas démarrer.



Figure II.9: Capteur de pression carburant.

- Capteur de pression atmosphérique :

Le capteur de pression atmosphérique mesure la pression atmosphérique présente afin de compenser les effets d'altitude. Physiquement, l'ECM utilise cette information pour ajuster l'avance et la quantité de fuel injectée dans le but de maintenir des performances optimales aux altitudes élevées. Est aussi utilisé comme référence pour étalonner les autres capteurs de pression. Cet étalonnage se fait au démarrage du moteur automatiquement pendant 5s. Démarrer le moteur sans attendre la fin de l'autotest peut donc générer une incertitude de 3% à la lecture des informations capteurs par l'ECM.

❖ **Capteur de température**

Les capteurs de température d'un véhicule sont des composants ayant un rôle très important dans le contrôle de la pollution et de la consommation de carburant.

Un capteur de température est intégré sur une thermistance insérée dans l'une des extrémités d'un corps métallique, cylindrique ou hexagonal. Les connecteurs des capteurs de température sont habituellement en matière plastique, et s'adaptent aux différents types de connecteurs pour couvrir un maximum d'applications véhicules. Un joint annulaire en caoutchouc garantit l'étanchéité entre le capteur et le bloc moteur.

Cette extrémité sera en contact avec le liquide de refroidissement ou avec l'air, et le capteur sera chargé de mesurer la température avant d'envoyer cette information au calculateur.

- Capteur de température d'air d'admission :

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

- Capteur de température carburant :

Il est du type CTN : Coefficient de Température Négatif (sa résistance diminue lorsque la température augmente).

Le capteur est fixé sur la rampe ou sur le circuit de retour réservoir, il permet au calculateur de modifier le débit en fonction de la viscosité du carburant.

Si le capteur est défectueux, le calculateur utilise une valeur de remplacement fixe.

- Capteur de température du liquide de refroidissement :

Sa fonction est de mesurer la température du liquide de refroidissement du moteur. Ils sont montés dans le conduit du circuit de réfrigération. Le capteur est associé à l'unité de contrôle moteur et surveille en permanence la température du liquide afin d'assurer que le moteur tourne à la température optimale. Le calculateur utilise ces données pour l'activation ou l'arrêt du ventilateur de refroidissement. L'amplitude de température de fonctionnement varie de -40°C à $+130^{\circ}\text{C}$.



Figure II.25: Capteur de température carburant.

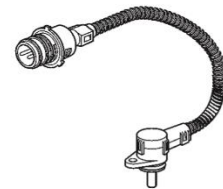


Figure II.26: Capteur température du liquide de refroidissement.

❖ Le capteur de position de l'arbre à cames

Un capteur est placé au niveau de l'arbre à cames afin d'envoyer au calculateur moteur les informations sur le cycle de combustion des pistons pour que ce dernier puisse ensuite injecter le carburant au bon moment et dans le bon cylindre.

Cela permet donc également le démarrage du moteur puisque, pour démarrer, le calculateur a besoin de savoir dans quelle phase se situent les pistons en point mort haut pour déterminer le bon ordre d'allumage.

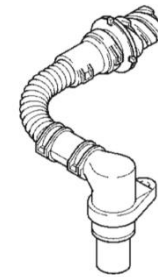


Figure II.27: Capteur de position de l'arbre à cames.

❖ Le capteur de régime

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

Il s'agit d'un capteur inductif il enregistre l'angle et la vitesse de vilebrequin à l'aide de rainures usinées sur le volant moteur. Le signal est transmis à l'unité de commande, laquelle calcule l'avance à l'injection et la quantité de carburant injectée.

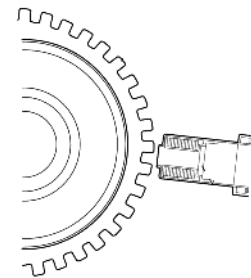


Figure II.28: Capteurs de régime.

❖ Le capteur de niveau d'huile

Le capteur de niveau d'huile permet de surveiller le niveau d'huile moteur. Il informe immédiatement le conducteur si l'huile moteur atteint un niveau trop bas et qui peut donc être dangereux pour le fonctionnement du moteur. Le capteur de niveau d'huile se situe au niveau du bocal d'huile moteur présent dans le capot de votre véhicule. Il est généralement encastré dans un boîtier vertical au fond du carter d'huile.

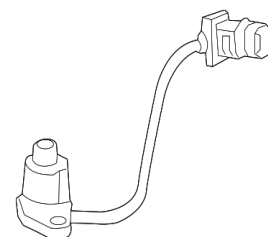


Figure II.29: Capteur de niveau d'huile.

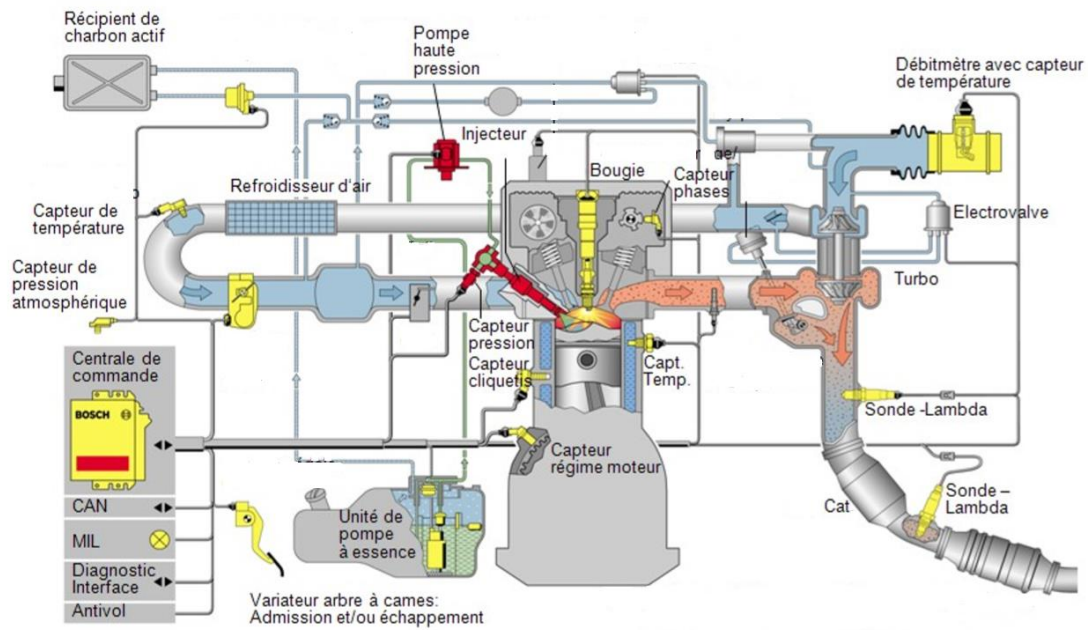


Figure II.30: Système embarqué.

Conclusion

Dans ce chapitre, on a présenté la partie théorique des moteurs Diesel, où on a présenté les moteurs thermiques et leur principes organes, et après on a focalisé en détails sur les moteurs Diesel, leurs types selon le temps et le système d'injection et leurs avantages et inconvénients.

Les moteurs d'aujourd'hui sont développés à base de système embarqué (capteur, calculateur) qui joue un rôle important dans l'amélioration de fonctionnement du moteur, la prolongation de sa durée de vie et la protection de l'environnement.

CHAPITRE III

DIAGNOSTIC DES DÉFAUTS SUR BANC D'ESSAI

Banc d'essai du moteur

1. Introduction

Les essais nécessitent des installations appelées « bancs d'essais » dont le type dépend tout à la fois de l'organe à essayer (moteurs thermiques, organe constitutif des moteurs thermiques ou véhicules) et du style d'essais à réaliser au sein de ceux-ci.

Les programmes d'essais imposent la définition des données physiques à connaître pour les exécuter.

Les bancs d'essais sont des ensembles architecturaux ayant des servitudes et comportant des sécurités importantes compte tenu du caractère dangereux des carburants aussi bien que des risques dus aux machines tournantes ayant des parties chaudes ou émettant des gaz toxiques.

2. Définition

Le banc d'essai permet de déterminer les performances des moteurs à divers régimes par la mesure du couple et de la consommation entre autres. Ils sont utilisés pour le contrôle et rodage des moteurs ainsi que pour la vérification des moteurs réparés. Ceci est réalisé dans une salle d'essais moteur ou cellule d'essais.

L'ensemble des opérations à faire subir à un moteur afin de s'assurer qu'il peut assurer une fonction requise s'appelle essai. Le terme essai est en général suivi d'un qualificatif qui en précise la nature. Il sera question dans ce qui suit d'essai de fin de rénovation ou essai de recette. Le banc d'essai permet essentiellement de mesurer les performances des moteurs à divers régimes pour déterminer leur caractéristique : couple de puissance, la consommation et le rendement et pour détecter les défaillances.

Une cellule d'essais peut être définie comme un ensemble de matériels permettant de développer ou de tester les performances d'un moteur thermique. Les éléments principaux dans une cellule d'essais sont le moteur thermique, la machine de charge et les instruments de mesure et de sécurité. L'ensemble de ces éléments est installé dans une salle équipée d'un système d'aération permettant le renouvellement de l'air et l'évacuation de l'air chaud de la cellule. Généralement, une salle de contrôle se situe en face de la cellule d'essais, afin de pouvoir surveiller le comportement général du banc d'essai et le déroulement de l'essai en cours. Un système de contrôle est nécessaire pour piloter le banc d'essais. Un système d'alarme est

obligatoire pour avertir l'utilisateur du banc en cas de problème, d'incendie ou d'émission de gaz toxiques [01].

Les bancs d'essais permettent de procéder à des essais comme :

➤ **Essai de rodage** : Cet essai est effectué lors du contrôle final de qualité du montage ou de la réparation, il permet de contrôler la régularité de fonctionnement de tous les éléments du moteur.

Dans ce type d'essai le moteur n'est soumis à aucun effort que celui de tourner par ses propres moyens, pour permettre le rodage des pièces mécaniques mise en jeu.

➤ **Essai de performance** : Il consiste à mettre le moteur en action dans les conditions semblables à celle d'utilisation et mesurer avec précision les paramètres nécessaires à l'appréciation quantitative des performances du moteur. Le but des tests est de savoir si le moteur peut remplir d'une manière satisfaisante ses fonctions dans les différentes conditions de fonctionnement.

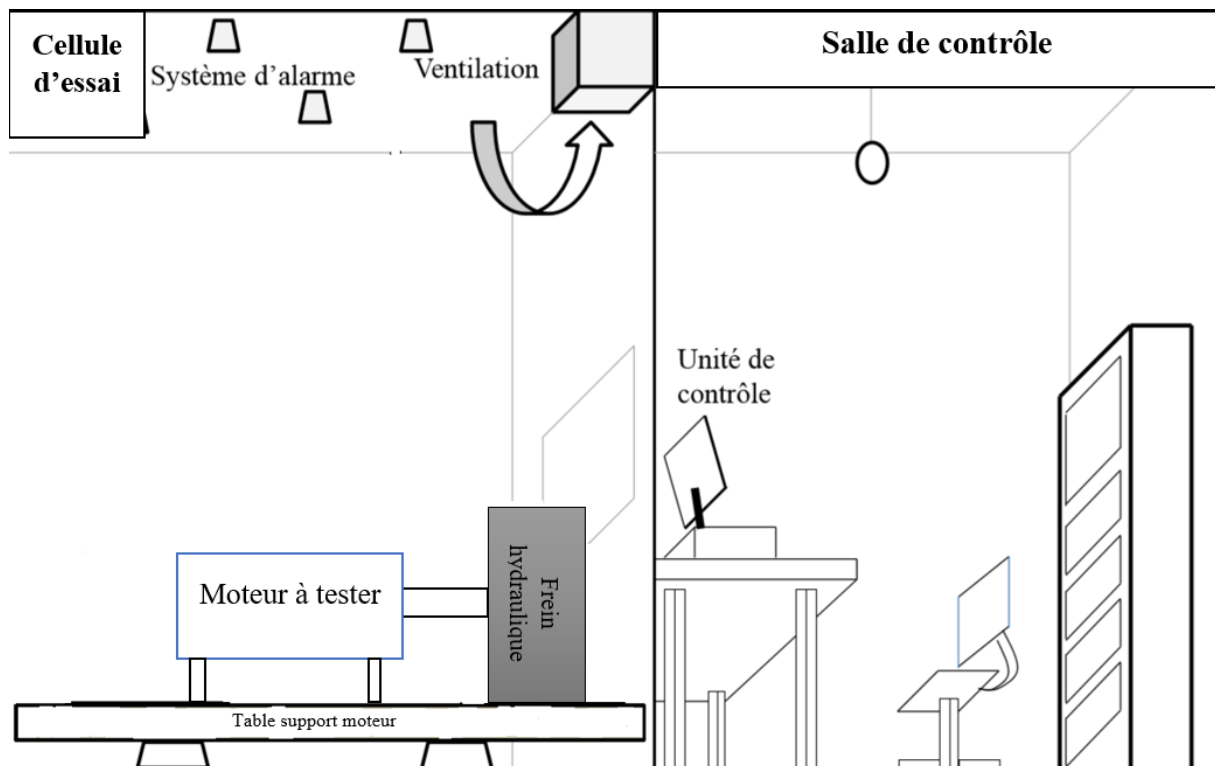


Figure III.01: Schéma d'un banc d'essais du moteur.

3. Implantation du banc d'essai

Pour choisir le lieu de l'implantation du banc d'essai, il est conseillé de s'assurer que le sol recevant le massif en béton est stable et ne risque pas de subir des glissements ou de transmettre des vibrations. Il est souhaitable d'implanter le banc d'essai dans un local en tenant compte des indications suivantes :

- La dalle du local devra être désolidarisée du reste de l'atelier.
- L'évacuation des gaz d'échappement doit être prévue vers l'extérieur
- Un refroidissement du moteur et essayer sur banc doit être prévu.
- L'alimentation d'eau du frein avec un robinet d'arrêt doit être prévue.

Après la réalisation de tous les travaux concernant l'installation du banc, il faut procéder au scellement des différents appareils.

4. Les éléments du banc d'essai

Les différentes éléments existe dans le banc d'essai sont :

➤ Chariot élévateur

Un chariot élévateur est un appareil de levage et de manutention destiné au transfert de charges dans les usines ou les entrepôts de stockage.

➤ Table support moteur

Il est étudié d'un manier à permettre au moteur de fonctionner dans des bonnes conditions et facilite la mise en place de l'ensemble des accessoires et des différent circuit nécessaire au fonctionnement, il est également étudié de façon à absorber les vibrations du moteur et de ses accessoires.

L'ensemble supporte moteur se compose d'une table mécano-soudée avec 4 ou 6 vérins à tête orientable. La table mécano-soudée se fixe sur le massif en béton aux prévus à cet effet. Cette table comporte 6 rainures permettant la fixation des vérins support. Ce support conçu de façon à pouvoir fixé le moteur à essayer sur ses silentblochs.

Les vérins sont à tête orientable, ayant une rotation de 30°, la tête de ces vérins comporte 2 faces à angles droits permettent la fixation des moteurs à pattes horizontales ou verticales. Le nombre des vérins à utiliser est fonction du poids du moteur et de son mode d'attache. En principe 4 vérins suffisent.

➤ **Radiateur (circuit de refroidissement)**

Le banc d'essai moteur est se compose de système d'alimentation d'eau.

Ce système contient d'une réserve d'eau et d'un system de refroidissement pour la mise en charge et le refroidissement de frein hydraulique et le refroidissement de l'eau et de l'huile moteur.

Le système de refroidissement est pour le rôle de stabiliser la température du circuit d'eau du moteur. C'est une colonne de refroidissement par eau destiné à remplacer le radiateur pour les moteurs. Elle est montée verticalement sur la table support moteur.

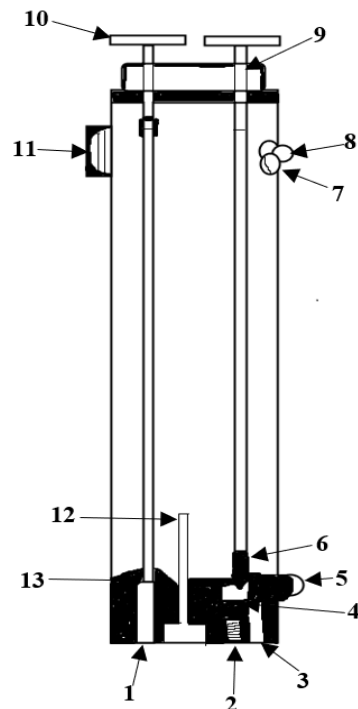


Figure III.02: Colonne de refroidissement.

- | | |
|---------------------------------|---|
| 1. Evacuation d'eau. | 8. Bouton de contrôle (température, remplissage). |
| 2. Valve à ressort. | 9. Entrée d'eau provenant du moteur. |
| 3. Entrée d'eau d'alimentation. | 10. Bouton de contrôle d'évacuation d'eau. |
| 4. Valve thermostatique. | 11. Indicateur de niveau. |
| 5. Sortie d'eau vers le moteur. | 12. Tube de remplissage. |
| 6. Thermostat. | 13. Ouverture de débordations. |
| 7. Thermomètre. | |

➤ **Frein hydraulique : (SF :3100)**

Il se compose essentiellement d'un rotor solidaire de l'arbre imprimante du frein il comporte des aubages droits ou inclinés. Ce rotor est situé entre deux chambres de turbulence alimentées en permanence par une arrivée d'eau sous pression. Le réglage de la charge étant réalisée par une vanne place en aval.

L'arbre est relié au stator par l'intermédiaire de roulements, d'autre part le stator pivote par apport au bâti sur des roulements.

La réaction aux efforts de freinage est réalisée par l'intermédiaire du système de mesure de couple, le frein est dit monté en balance.



Figure III.03: Frein hydraulique (SF 3100).

➤ **Circuit d'évacuation des gaz des échappements**

On place un circuit (tuyauterie) d'évacuation sur le moteur pour évacuer les gaz brules et la réduction des bruits qui son due aux explosions.

➤ **Circuit d'alimentation en carburant**

On alimente le moteur par une quantité suffisante du combustible (gasoil) qui est parfaitement filtre.

➤ **Alimentation électrique (Batterie)**

Le moteur est alimenté par des batteries électriques quelle permet le contrôle des tensions et des courants délivrés. Alimentation à courant constant.



Figure III.04: Alimentation électrique.

5. Installation d'un moteur sur le banc d'essai

Dans la cellule d'essai (banc d'essai) pour réaliser l'essai d'un moteur il faut suivre les étapes suivantes pour assurer le bon déroulement de test et la sécurité des travailleurs.

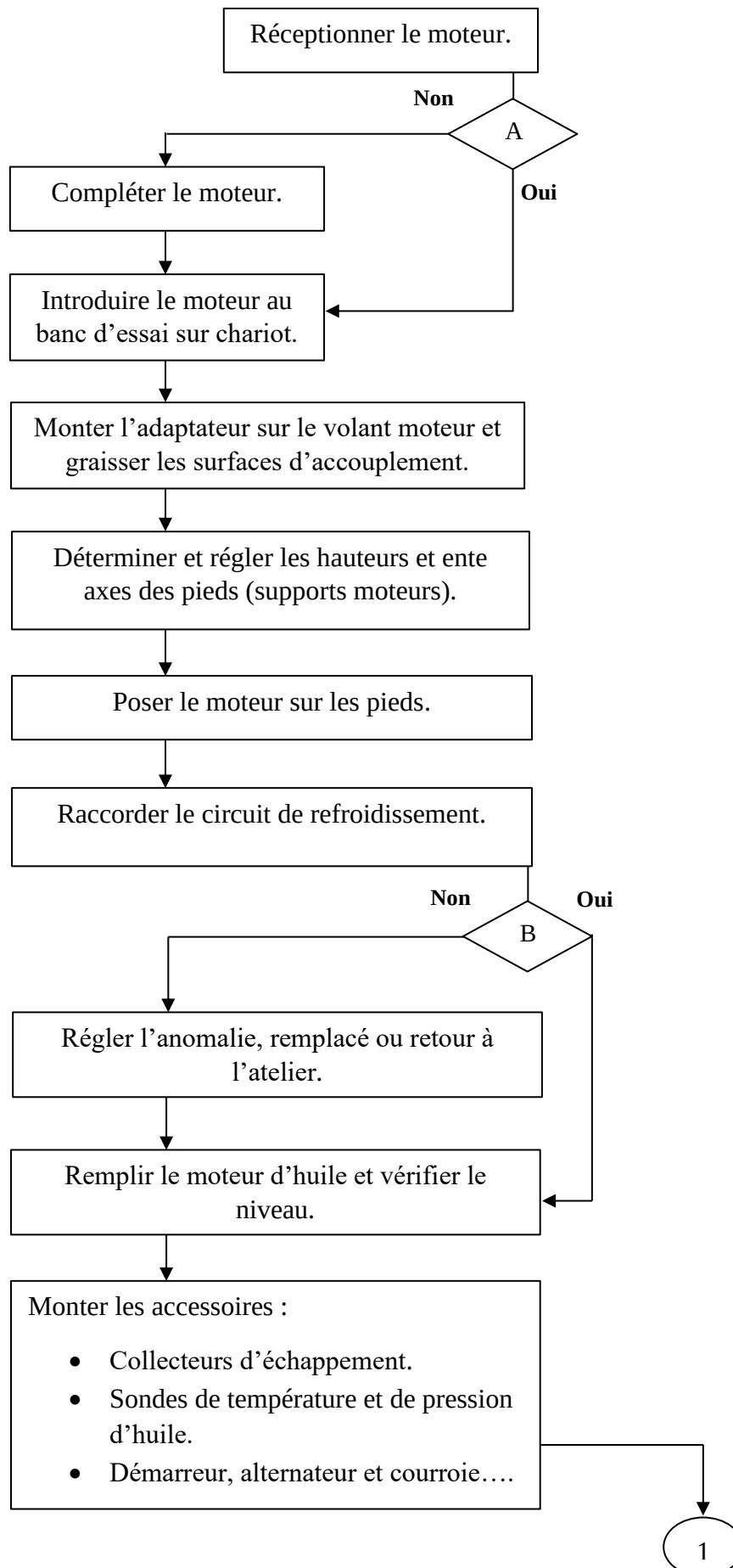
Après la réception du moteur, le technicien vérifie si le moteur est complet, puis il le pose sur les vérins de la table support moteur, et il monte l'adaptateur sur le volant moteur toute en graissant les surfaces du moteur, en suite il raccorde les circuits de refroidissement, de carburant, de collecteur d'échappement et vérifier visuellement le carter d'huile et la culasse en cas de fuite d'eau, s'il n'y a pas de fuite, il remplit le moteur par l'huile et vérifier son niveau sans oublier l'alimentation électrique.

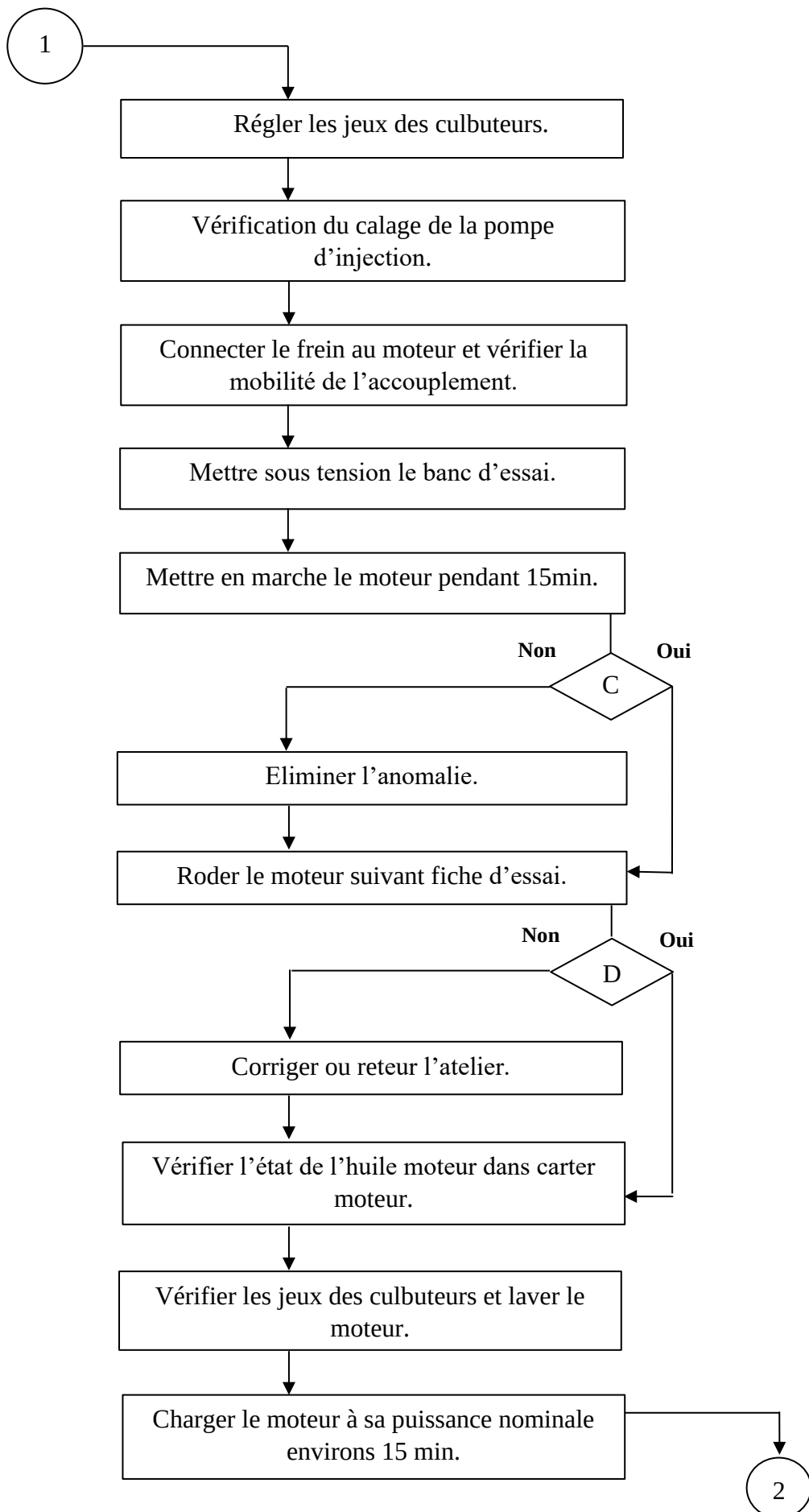
Après le réglage des jeux de culbuteurs et la vérification du calage de la pompe d'injection, le technicien connecte le frein hydraulique au moteur avec la vérification de la mobilité de l'accouplement.

Le chef d'atelier vérifie la réalisation du banc d'essai et la connexion entre le moteur et le scanner. Maintenant il met le moteur en mode ralenti pendant 15 min comme un essai primaire, après il augmente la vitesse et applique la charge sur le moteur par le frein hydraulique selon la fiche d'essai.

Afin de remplir les résultats de chaque test d'essai, il décide l'admission du moteur.

Les étapes sont représentées dans l'organigramme suivant :





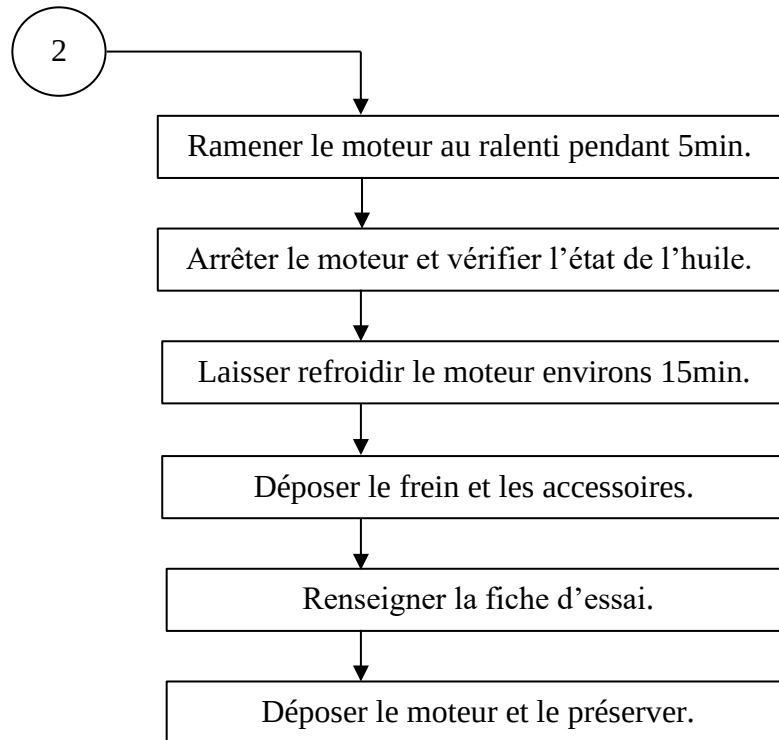


Figure III.05: Organigramme des étapes de réalisation d'un banc d'essai.

A : Vérification si le moteur est complet.	B : Contrôle-les fuit d'eau : - Culasse. - Circuit de refroidissement. - Carter d'huile
C : Contrôle le circuit de graissage : - Pression d'huile. - Fuit. - Graissage des rampes	D : Contrôle de : - Vitesse à vide. - Couple du moteur. - Puissance du moteur.

6. Présentation du logiciel ET

Caterpillar est un groupe industriel américain, fabriquant des machines dans les domaines de la construction, des mines et de l'énergie. Ce manufacturier fabrique des bulldozers, des moteurs Diesel ainsi que des groupes électrogènes...etc.

Caterpillar produit une grande variété de matériel de construction. Les diagnostics de ces matériels sont effectués à l'aide d'un programme informatique (ET) qui contrôle électroniquement le moteur. Exécution d'un programme de diagnostic sur un moteur prend la conjecture hors de déterminer quelles questions doivent être abordées.

6.1 Définition

Le logiciel de diagnostic requis est le technicien en électronique **Caterpillar**, également connu sous le nom de **CAT ET**. Ce logiciel donne au technicien la possibilité de communiquer avec les ECM des moteurs et récupérer des informations concernant un certain kilométrage sur le moteur, la quantité de carburant utilisé et d'autres données importantes. Le logiciel est également utile pour calibrer le moteur.

Les outils basés sur un Pc permettent à des techniciens de service de reprogrammer ECM, modifient des paramètres de système de contrôle, règlent avec précision la représentation ou diagnostiquent la cause première d'un échec la première fois. Ces outils puissants permettent au personnel de service de montrer et analyser l'information essentielle de représentation et de santé de n'importe quel système rapidement et exactement [20].

6.2 Ses fonctions

- Affiche les paramètres d'état.
- Donne les codes actifs.
- Donne et efface les codes événements.
- Permet la configuration de la machine.
- Enregistre les infos de la machine pour une période de temps.
- Fait des tests de diagnostic.
- Calcule les totaux de la machine.

6.3 Caractéristiques du logiciel ET

Le programme technicien en électronique est conçu pour fonctionner dans un environnement d'exploitation Windows, simple et facile d'accès à diverses fonctions à l'aide de la barre d'outils, ou des fichiers de menu.

Le développement technologique a conduit au remplacement des contrôleurs mécaniques pour les contrôleurs électroniques, à des vitesses plus élevées, permettent d'atteindre un plus grand contrôle des différents paramètres de l'équipement.

6.4 Adaptateur

Est un dispositif qui transforme les signaux donnés par l'ECM qui peuvent être lus par le technicien en électronique. Donc il fait la communication entre le technicien en électronique et l'ECM.

L'adaptateur se compose de :

1. Adaptateur ComIII.
2. Liaison de données par câble.
3. Extension série.

❖ Procédure d'installation adaptateur ComIII

Après l'installation du moteur dans le banc d'essai, on relie la partie logicielle avec le moteur pour le diagnostic. On connecte l'adaptateur ComIII avec le Pc ordinateur où logiciel ET est installé, par la liaison de données par câble, et on branche ce dernier avec l'armoire de control.



Figure III.06: Installation de l'adaptateur ComIII.

6.5 Description du logiciel

➤ Ecran d'états



Permet de voir en temps réel les paramètres en utilisant un groupe d'états ou en créant un nouveau groupe personnalisé.

La colonne de gauche : détecté de l'ECM. Les paramètres qui gèrent chaque ECM sont présentés dans des groupes prédéterminés, et donne la possibilité d'utiliser un groupe temporaire.

La colonne de droite : nous montre les paramètres et la lecture de chacun d'entre eux. Nous avons les colonnes suivantes :

1. **Description** : Il nous donne les différents paramètres a mesuré.
2. **Value** : Il nous donne la valeur de la lecture de chaque paramètre.
3. **Unit** : Il indique les unités de lecture.
4. **Min** : Il indique la valeur minimale lue.
5. **Max** : Il indique la valeur maximale lue.
6. **ECM** : Il indique que le composant ECM appartient.

Description	Value	Unit	Min	Max	ECM
Vehicle Speed		MPH			3406E Truck (6NZ84307)
Engine Speed		RPM			3406E Truck (6NZ84307)
Throttle Position		%			3406E Truck (6NZ84307)
Fuel Position		mm			3406E Truck (6NZ84307)
Boost Pressure		PSI			3406E Truck (6NZ84307)
Engine Oil Pressure		PSI			3406E Truck (6NZ84307)
Engine Coolant Temperature		Deg F			3406E Truck (6NZ84307)
Engine Retarder					3406E Truck (6NZ84307)
Powertrain Status	Not Installed				3406E Truck (6NZ84307)

Figure III.07: Ecran d'états.

On observe dans l'écran d'état une barre contient des icônes d'outils, chaque icône fait une action :



Figure III.08: Barre des icônes d'outils.

➤ Codes de diagnostic actifs



L'ECM est en contact avec les composants du moteur par des capteurs et d'autres accessoires électriques (solénoïdes, actionneurs). La fonction des codes de diagnostic actifs est donne des informations pour prévenir le conducteur d'un potentiel problème et indique au technicien la nature du problème.

Les codes qui sont affichés dans cet écran sont actifs.

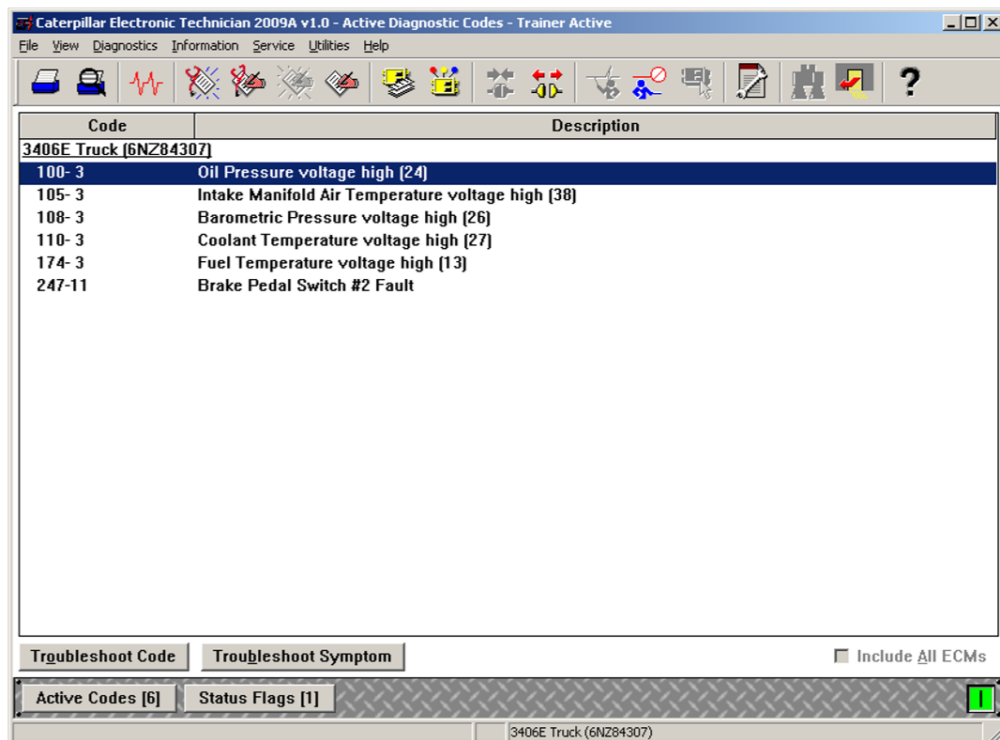


Figure III.09: Codes diagnostic.

➤ Codes diagnostic enregistré



Cette page de ET, conserve les informations des codes actifs qui ont été corrigés ou réparés. Ces codes sont similaires aux codes actifs excepté qu'ils sont enregistrés au fil du temps.

1. Colonne « **Code** » : Indique le code de défaut : (91-8, 100-3, ...).
2. Colonne « **Description** » : Décrit type de défaillance.
3. Colonne « **OCC** » : Indique le nombre fois le défaut était présent.
4. Colonne « **first** » : Indique le temps le défaut qu'il est arrivé pour la première fois.
5. Colonne « **last** » : Indique le temps le défaut qu'il est arrivé la dernière fois.

Au-dessus de ces colonnes le ET nous donne compteur des heures (Temps actuel).

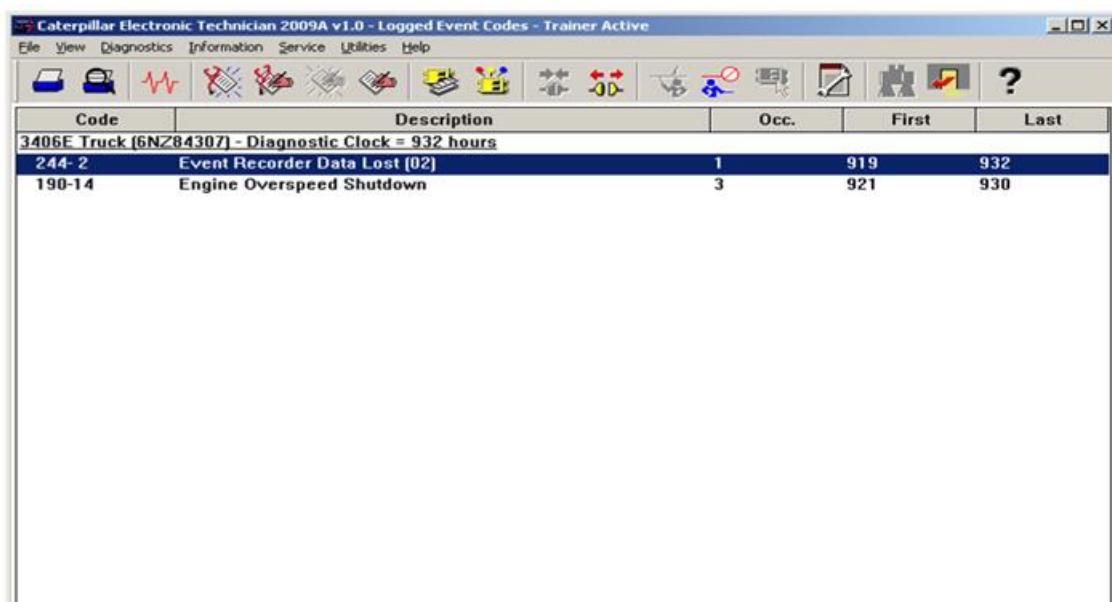
Code	Description	Occ.	First	Last
3406E Truck (6N284307) - Diagnostic Clock = 932 hours				
91-8	Throttle Position Invalid [32]	7	901	932
100-3	Oil Pressure voltage high [24]	7	901	932
102-3	Boost Pressure voltage high [25]	7	901	932
110-3	Coolant Temperature voltage high [27]	1	740	740
171-3	Ambient Air Temperature voltage high	1	740	740
174-3	Fuel Temperature voltage high [13]	1	740	740
247-11	Brake Pedal Switch #2 Fault	1	740	740

Figure III.10: Codes diagnostic enregistré.

➤ Les codes évènements enregistré



La fonction de codes évènement consignés est renseigné sur tous les codes évènements enregistrés par l'ECM, ces codes sont similaires aux codes de diagnostic enregistré, excepté que l'évènement représente le symptôme du problème, ces codes indiquent au manager où au technicien comment la machine est manipulée.



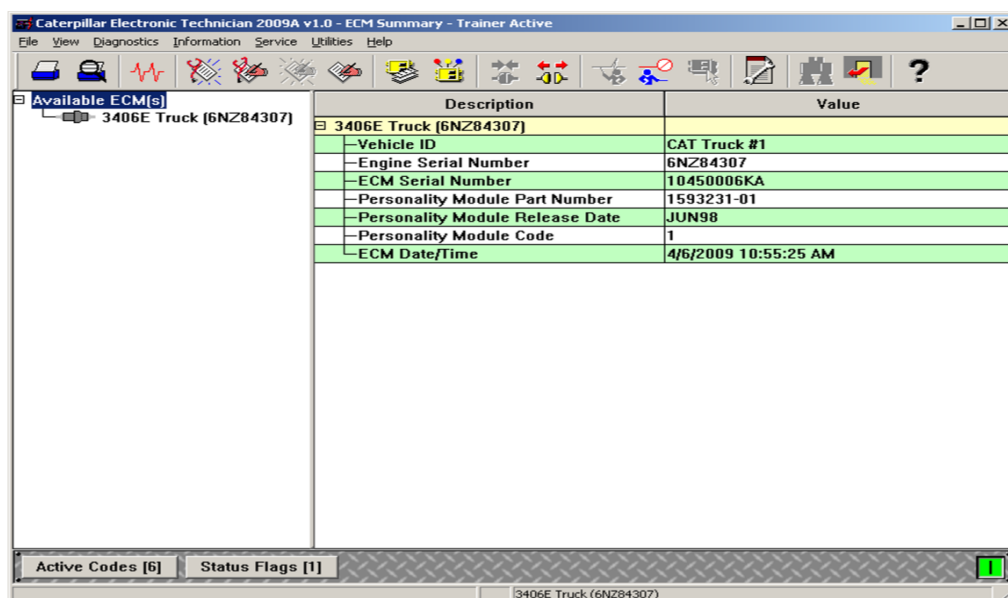
Code	Description	Occ.	First	Last
3406E Truck (6NZ84307) - Diagnostic Clock = 932 hours				
244-2	Event Recorder Data Lost [02]	1	919	932
190-14	Engine Overspeed Shutdown	3	921	930

Figure III.11: Codes évènements enregistré.

➤ Sommaire de l'ECM



L'écran sommaire de l'ECM permet à l'utilisateur d'avoir toutes les infos utiles sur l'ECM.



Description	Value
3406E Truck (6NZ84307)	CAT Truck #1
-Vehicle ID	6NZ84307
-Engine Serial Number	10450006KA
-ECM Serial Number	1593231-01
-Personality Module Part Number	JUN98
-Personality Module Release Date	1
-Personality Module Code	4/6/2009 10:55:25 AM

Figure III.12: Sommaire de l'ECM.

➤ La Configuration



La fonction de la configuration est de voir et changer les données configurables sur l'ECM.



La fonction trouvée : permet à l'utilisateur de chercher pour un paramètre ou un mot dans le paramètre dans l'écran de la configuration.

Description	Value	Unit	TT
ECM Identification Parameters			
Vehicle ID	CAT Truck #1		
Engine Serial Number	6NZ84307		
ECM Serial Number	10450006KA		
Personality Module Part Number	1593231-01		
Personality Module Release Date	JUN98		
Security Access Parameters			
Total Tattletale	0		
Last Tool to change Customer Parameters	ET000796		
Last Tool to change System Parameters	ET000796		
ECM Wireless Communications Enable	No		0
Vehicle Speed Parameters			
Vehicle Speed Calibration	22531	PPM	0
Vehicle Speed Limit	41	MPH	0
VSL Protection	2120	RPM	0
Tachometer Calibration	113.0	PPR	0
Soft Vehicle Speed Limit	No		0
Cruise Control Parameters			
Low Cruise Control Speed Set Limit	79	MPH	0
High Cruise Control Speed Set Limit	79	MPH	0

Figure III.13: Les données configurables sur l'ECM.

➤ Les tests faits par logiciel

Nous avons quatre tests :

1. Test des injecteurs.
2. Paramètres d'annulation.
3. Test automatique de coupure de cylindres.
4. Test des vibrations.

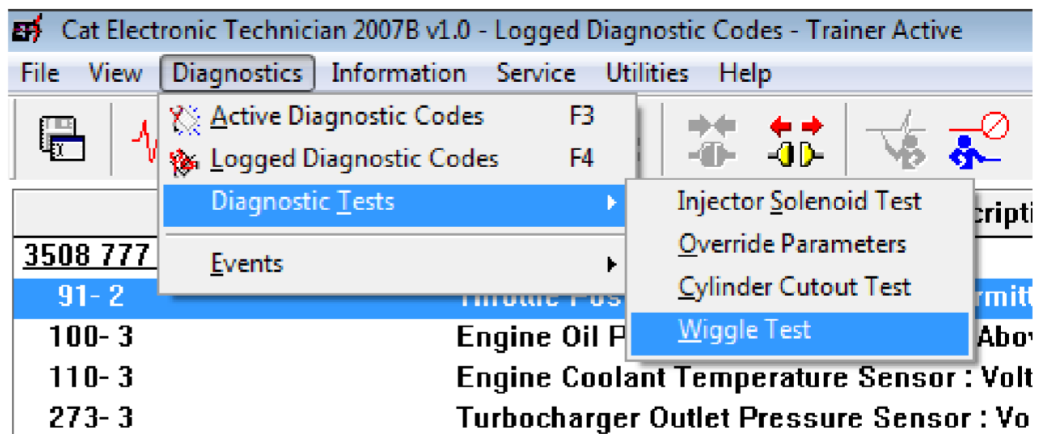


Figure III.14: Les tests fait par logiciel.

1. Test des injecteurs

Ce test est effectué avec le moteur éteint, pour activer le test solénoïdes ET, on peut entendre comment sont activés un par un électro-aimant. Ce test est utilisé pour détecter si le solénoïde fonctionne ou non, l'ET dynamise l'électro-aimant pour agir, les entendre chaque fois que chaque solénoïde est activé.

Si le solénoïde n'est pas activé, elle est due à une défaillance de l'alimentation, qui doit être réparé.

Description	Mode	Test Results
Cylinder 1	Powered	Not OK ("Short")
Cylinder 2	Powered	OK
Cylinder 3	Powered	OK
Cylinder 4	Powered	Testing
Cylinder 5	Powered	
Cylinder 6	Powered	

Figure III.15: Teste des injecteurs.

2. Paramètres d'annulation

Sur l'écran, nous voyons les paramètres sur lesquels ECM à contrôlé, nous supprimerons le contrôle à l'ECM sur un paramètre, et peut réduire ou augmenter la valeur, la fonction de remplacement vous permet de prendre le contrôle de certains paramètres et les modifier pour le test, la commande que nous avons, une fois le test terminé, vous devez désactiver la commande prioritaire, et donner le contrôle à l'ECM.

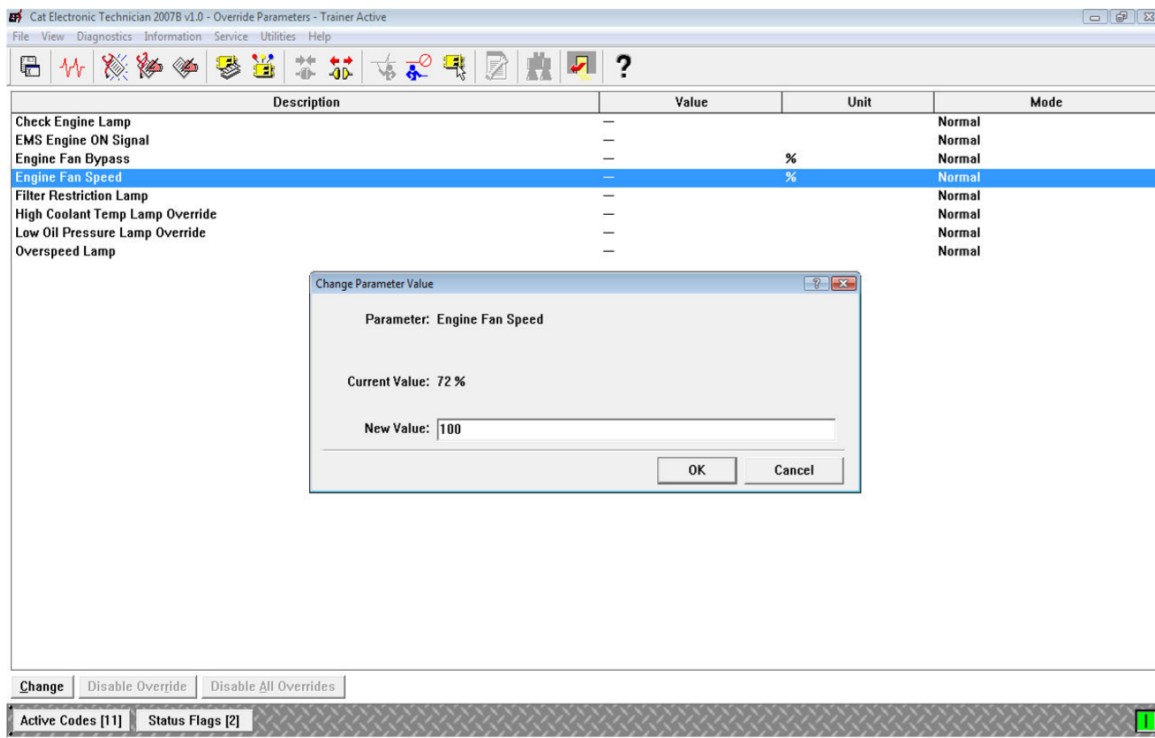


Figure III.16: Paramètres d'annulation.

3. Test automatique de coupure de cylindres

La fonction de test de coupure de cylindre permet de faire des tests de coupure de cylindre pour vérifier si les cylindres sont bons ou non. Ce processus implique une coupure d'alimentation et de réalimentation d'un cylindre donné. Il affiche aussi si la position de carburant et en principe augmente comme il se doit.

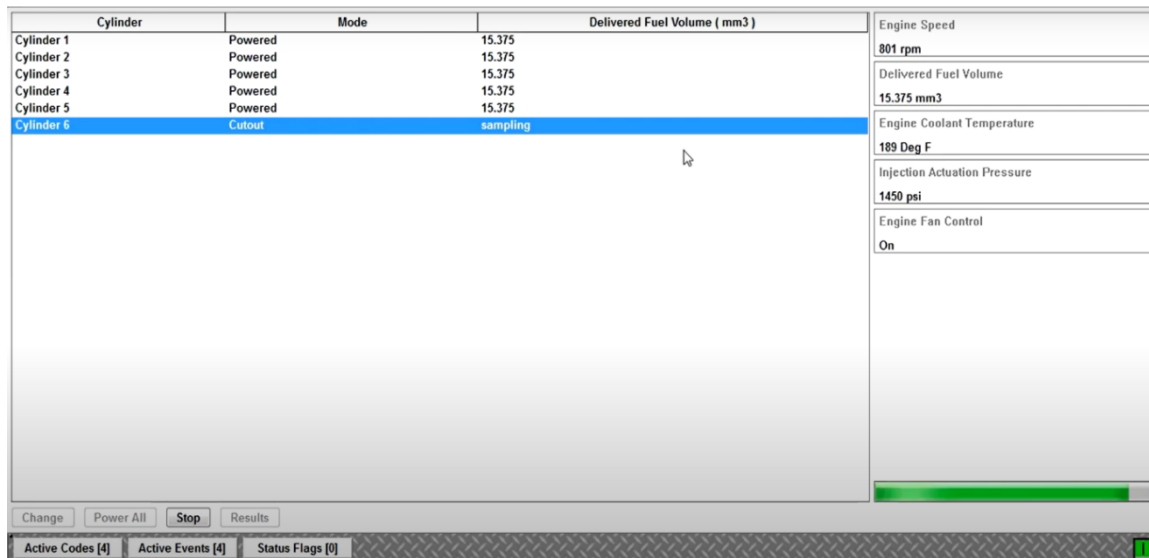


Figure III.17: Test automatique de coupure de cylindres.

Par exemple, si tous les cylindres affichent 15.375, mais le cylindre 6 affiche 14 donc le cylindre 6 est échec.

4. Test des vibrations

La fonction « **Wiggle** » est utilisée pour déterminer si un problème de câblage intermittent existe. Lorsqu'un composant physique (faisceau de câblage, capteur, connecteur, etc.) est agité ou déplacé, le test indique quel paramètre a dépassé une plage prédéterminée. Ce test est effectué avec le moteur éteint et à froid.

Le seuil de test de tremblement est de 10 % de la valeur de départ, ce qui signifie que tout ce qui est supérieur ou inférieur à 10 % de la valeur d'origine est en dehors du seuil. Lorsqu'un paramètre sort du seuil à partir de la valeur de départ, La ligne du paramètre sera surlignée en rouge, et le PC émet un bip de deux secondes.

Description	Value	Unit
C-15 IND (22C10394) - Status Group #2		
Engine Speed	0	rpm
Engine Oil Pressure	0	psi
Boost Pressure	0	psi
Fuel Pressure	Abnormal/Incorrect Data	psi

Figure III.18: Test des vibrations.

➤ L'impression des résultats de test

A la fin de tester le logiciel, nous donnons une fiche imprimable comme suit :

Dans la fiche nous trouvons des informations sur le moteur comme son numéro de série, la date et l'heure de test effectué et les résultats de test même les défauts.

Cat Electronic Technician 2017A v1.0

État

05/02/2020 08:38

Application de moteur industriel C13 ()

Paramètre	Valeur
Nom de la machine	
Numéro de série de moteur	
Numéro de série de l'ECM	
Numéro de pièce module de personnalisation	
Date d'émission du logiciel	

Description	Valeur	Unité	Minimum	Maximum	ECM
c13					
Régime	1217	Tr/mn	0	1218	Application de moteur industriel C13 ()
Régime désiré	1213	Tr/mn	700	1214	Application de moteur industriel C13 ()
Pression d'huile moteur	262	kPa	-5	350	Application de moteur industriel C13 ()
Pression d'huile moteur (absolue)	365	kPa	99	453	Application de moteur industriel C13 ()
Pression atmosphérique	103,0	kPa	103,0	103,0	Application de moteur industriel C13 ()
Pression de carburant	430	kPa	5	436	Application de moteur industriel C13 (LGK06649)
Température de liquide de refroidissement moteur	65	°C	17	65	Application de moteur industriel C13 ()
Facteur de charge du moteur	7	%	0	100	Application de moteur industriel C13 ()

Figure III.19: Fiche des résultats des tests.

7. Exemples pratique

Pour avoir la performance du banc d'essai et sa nécessité pour faire le diagnostic des défauts des moteurs thermiques et diminuer le temps et le coût de maintenance, on a choisi trois exemples du moteur Caterpillar (C9-C13-C15), passés sur le banc d'essai pour faire le diagnostic par logiciel ET,

Les moteurs essayés sur le banc d'essai sont des moteurs confiés par des clients pour contrôle ou rénovation aux ateliers.

7.1 Test 01 (Moteur Caterpillar C9)

7.1.1 Caractéristiques du moteur

Tableau III.01 : Les caractéristiques du moteur C9.

Puissance maximale	280 kW.
Régime nominal	1800 – 2200 tr/min.
Puissance minimale	205 kW.
Configuration du moteur	Diesel, 06 cylindres en ligne, cycle à 4 temps.
Taux de compression	16,1 :1
Aspiration	Turbocompresseur et refroidisseur d'admission.
Système de combustion	Injection directe.
Rotation côté volant	Sens antihoraire.

7.1.2 Résultats de test 01

Après la préparation du banc d'essai et la connexion du moteur avec le logiciel CAT ET, on a effectué les tests pour voir la performance du moteur.

Afin, nous avons réalisé les résultats suivants : (tableau III.01)

La date de test :	09/03/2022
La durée de test :	08:32 – 14:26
Numéro de série du moteur :	CAP01859

Tableau III.02: Résultats de test moteur C9.

	Régime (tr/min)	Régime désiré (tr/min)	Pression d'huile moteur (kPa)	Pression d'huile moteur absolue (kPa)	Pression atmosphérique (kPa)	Pression de carburant (kPa)	Température de liquide de refroidissement moteur (C°)	Facteur de charge du moteur (%)	Position du papillon des gaz (%)	Température de l'air d'admission (C°)	Tension de batterie (Volts)
Première test	804	802	630	734	101,0	459	29	0	0	30	24,0
Deuxième test	1503	1503	539	639	101,0	462	65	19	57,2	32	24,5
Troisième test	1610	1606	445	546	101,5	480	82	06	62,8	59	24,0
Quatrième test	1989	1980	467	567	101,0	494	81	99	99,6	54	24,5
Dernière test	816	802	249	353	101,5	456	81	0	0	38	25,0

7.1.3 Interprétation des résultats

D'après les résultats du tableau (III.01), on constate que le moteur est en bon état (pas de défauts).

7.2 Test 02 :(Moteur Caterpillar C13)

7.2.1 Caractéristiques du moteur

Tableau III.03 : Les caractéristiques du moteur C13.

Puissance maximale	388 kW.
Régime nominal	1800 – 2100 tr/min.
Puissance minimale	287 kW.
Configuration du moteur	Diesel, 06 cylindres en ligne, cycle à 4 temps.
Taux de compression	17,0 :1
Aspiration	Turbocompresseur et refroidisseur d'admission.
Système de combustion	Injection directe.
Rotation côté volant	Sens antihoraire.

7.2.2 Résultats de test 02

Après la réalisation du banc d'essai et connecter le moteur avec le logiciel CAT ET, on a effectué les tests pour voir la performance du moteur.

Au début de teste le logiciel indique une chute de pression de 1.5 bar. Donc on a bloqué le test et suivi les étapes suivantes :

1. Vérification de capteur de pression d'huile par le branchement de manomètre externe sur le circuit d'huile.
2. Vérifier le filtre à huile.
3. Vérification de clapet de décharge
4. Vérification du changement de la pompe à l'huile.

A la fin de la recherche du problème, on a changé la pompe à l'huile et repris les tests, les résultats sont présentés dans le tableau (III.02) :

La date de test :	03/03/2022
La durée de test :	08:28 - 09:08
Numéro de série du moteur :	LGK06649

Tableau III.04: Résultats de test moteur C13.

	Régime (tr/min)	Régime désiré (tr/min)	Pression d'huile moteur (kPa)	Pression d'huile moteur absolue (kPa)	Pression atmosphérique (kPa)	Pression de carburant (kPa)	Température de liquide de refroidissement moteur (C°)	Facteur de charge du moteur (%)	Position du papillon des gaz (%)	Température de carburant (C°)	Tension de batterie (Volts)
Première test	701	700	260	363	103,0	415	22	0	0	22	25,5
Deuxième test	1217	1213	262	365	103,0	430	65	7	32,0	41	25,0
Troisième test	1526	1527	265	368	103,0	425	82	27	51,2	58	25,0
Quatrième test	1854	1853	286	389	103.5	407	83	53	71,6	63	25,5
Cinquième test	2290	2289	327	430	103.5	428	82	97	98,8	67	25,0
Dernière test	700	700	115	218	103.5	389	81	0	0	65	25,0

7.2.3 Interprétation des résultats

D'après les résultats du tableau (III 02), on constate que le moteur est en bon état, et le défaut de chute de pression est réglé, donc le moteur C13 est admis.

7.3 Test 03 :(Moteur Caterpillar C15)

7.3.1 Caractéristiques du moteur

Tableau III.05 : Les caractéristiques du moteur C15.

Puissance maximale	433 kW.
Régime nominal	1800 – 2100 tr/min.
Puissance minimale	354 kW.
Configuration du moteur	Diesel, 06 cylindres en ligne, cycle à 4 temps.
Taux de compression	17,0 :1
Aspiration	Turbocompresseur et refroidisseur d'admission.
Système de combustion	Injection directe.
Rotation côté volant	Sens antihoraire.

7.3.2 Résultats de test 03

Après la réalisation du banc d'essai et connecter le moteur avec le logiciel CAT ET, on a effectué les tests pour voir la performance du moteur.

Selon ce test, on a remarqué, deux problèmes sont l'échappement des fumées grises et un bruit mécanique anormal dans la partie haut du moteur. Donc on a bloqué le test et suivi les étapes suivantes :

- Pour l'échappement des fumées grises : On a changé le filtre à air.
- Pour le bruit anormal : On a vérifié le jeu du culbuteur jauge d'épaisseur.

La date de test :	23/05/2022
La durée de test :	09:51 - 14:16
Numéro de série du moteur :	TXY05924

Tableau III.06: Résultats de test moteur C15.

	Régime (tr/min)	Régime désiré (tr/min)	Pression d'huile moteur (kPa)	Pression d'huile moteur absolue (kPa)	Pression atmosphérique (kPa)	Pression de carburant (kPa)	Température de liquide de refroidissement moteur (C°)	Facteur de charge du moteur (%)	Position du papillon des gaz (%)	Température de carburant (C°)	Tension de batterie (Volts)
Première test	850	850	447	549	103,0	574	30	2	0	26	25,0
Deuxième test	1117	1115	454	556	103,0	566	64	8	24,73	44	25,0
Troisième test	1357	1357	435	536	103,5	582	79	22	40,9	57	24,0
Quatrième test	1860	1862	444	546	103,0	582	80	51	74,72	51	25,0
Dernier test	849	850	319	421	103,0	534	80	0	0,63	61	25,3

7.3.3 Interprétation des résultats

D'après les résultats du tableau (III.03), on constate que le moteur est en bon état, et le défaut d'échappements des fumées grises et le bruit anormal du moteur ont été corrigés, donc le moteur C15 est admis.

Conclusion

Dans ce chapitre, on a présenté la partie pratique des tests que nous avons assisté pendant notre stage ; il s'agit des tests sur les trois moteurs : **C9**, **C13** et **C15**, où on a exposé les démarches d'analyse des défauts du moteur Diesel sur le banc d'essai en utilisant le logiciel ET de Caterpillar.

Conclusion générale

Ce mémoire de fin des études en Génie Mécanique, option maintenance industrielle, nous a permis de faire le contact direct avec la réalité des problèmes au niveau des entreprises, en particulier les problèmes des défaillances et de dégradation des organes des moteurs thermiques, considérés comme des éléments essentiels de bon fonctionnement du moteur.

Cette étude nous a permis de connaître le principe de fonctionnement du moteur Diesel, ainsi que les organes fixes et mobiles, les deux types de moteur et le système d'injection. Tel que le principe d'utilisation du banc d'essai des moteurs thermiques et de détection des pannes par des logiciels spécialisés.

Enfin, on peut dire que le banc d'essai est nécessaire dans les entreprises de maintenance et de rénovation des moteurs thermiques. Car il facilite le diagnostic des défauts et de voir la performance du moteur avant l'installer sur l'engin c'est ce qui permet d'économiser les coûts et le temps de maintenance.

Nous souhaitons que ce travail soit repris par les futures promotions pour créer une base de données informatisées, capable de suivre et faciliter le diagnostic des défaillances afin de pouvoir minimiser les nombres de défaillance et le temps de maintenance.

Références bibliographiques

- [1] Abderrahim LAMARA. « *Approche crone multivariable Développement et application à la régulation du bancs d'essais moteur haute dynamique* ». Thèse Doctorat. UNIVERSITÉ DE BORDEAUX. 2015.
- [2] Adel, A. Issam, Y. Ibrahim. « *Etude et calcul thermodynamique et mécanique du moteur Caterpillar 3512* ». Diplôme de Master. UNIVERSITE KASDI MERBAH. Ouargla. 2017/2018.
- [3] B. Abderrahmane, B. A. Mohammed Elhad, K. Abdesselame. « *Étude et maintenance du moteur CAT 3512* ». Master professionnel. UNIVERSITE KASDI MERBAH Ouargla. 2017.
- [4] B. Azzeddine, R. Ahmed. « *Maintenance moteur Diesel* ». Diplôme de Master. UNIVERSITE KASDI MERBAH. Ouargla. 2019.
- [5] Bekhti Mohamed Amine. « *Equilibrage du moteur du moteur Diesel quatre cylindres* ». Diplôme de Master. UNIVERSITE ABOUBEKRBELKAID. Tlemcen. 2016/2017.
- [6] Bernard Vieux. « *Moteur Diesels technologie général* ». Éditions Foucher, Paris 2003.
- [7] Chadi Nohra. « *Diagnostic de défauts sur un moteur Diesel* ». Thèse Doctorat. L'UNIVERSITE PAUL Cézanne. 2009.
- [8] D. Abdelkader, D. Sami. « *Étude et dimensionnement d'un moteur thermique type Caterpillar 3512* ». Diplôme de Master. UNIVERSITE KASDI MERBAH. Ouargla. 2015/2016.
- [9] Djamel KHIAR. « *Modélisation et Commande d'un Moteur Thermique à Allumage Commandé* ». Thèse Doctorat. L'UNIVERSITÉ DE VALENCIENNES ET DU HAINAUT. Cambresis. 2007.
- [10] FALI JUGURTHA. « *Etude d'un système électronique embarque et réalisation d'une simulation d'injection électronique de carburant* ». Diplôme de Master. UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI. Tizi-Ouzou. 2009/2010.
- [11] Guide de l'utilisateur MT-MOTEUR-IDT-BSI.

- [12] Jean-Luc Pallas. « *Guide pratique d'entretien et de réparation des moteurs Diesel* ». Edition Loirs nautiques.
- [13] Philippe Louvel, P. Ezerzere, Ph. Jourdes, F. Robin, G. Khimeche. « *Système électroniques embarqués et transports Automobile, ferroviaire, aéronautique et espace* ». 3^{ème} Édition.
- [14] Rafic YOUNES. « *Élaboration d'un modèle de connaissance du moteur Diesel avec turbocompresseur à géométrie variable en vue de l'optimisation de ses émissions* ». Thèse Doctorat. L'ECOLE CENTRALE DE LYON. 1993.
- [15] RAKOTONOELISON Andonirina Michaël. « *Conception et réalisation du banc d'essai assiste par ordinateur pour pompe d'injection Diesel* ». Diplôme d'ingénieur. UNIVERSITE D'ANTANANARIVO. 2013
- [16] Ribouh Noureddine. « *Etude de la combustion dans le moteur Diesel F8L413 monté sur des véhicules SONACOME* ». Diplôme de Master. UNIVERSITE DJILALI BOUNAAMA. Khemis Miliana. 2017/2018.
- [17] Rouba Baroudi. « *Etude des moteurs thermiques (Cas E.T.U.S.Tlemcen)* ». Diplôme de Master. UNIVERSITE ABOUBEKRBELKAID. Tlemcen. 2013/2014.
- [18] SALHI ZINEDDINE. « *Etude thermodynamique, cinématique et dynamique d'un moteur à combustion interne* ». Diplôme de Master. UNIVERSITE 8 MAI 1945. Guelma. 2018/2019.
- [19] Service Technique et Formation BMA. « *Formation BMA de CAT ET à Cosider Alrem* ». 30-31/12/2015.
- [20] Manuel : Arturo Amaru. « *Technicien électronique, logiciel de gestion* ». Juillet 2007.

Site web :

- <https://www.cosider-groupe.dz/fr/>.
- <https://www.caterpillar.com>.