



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique Et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة العربي التبسي - تبسة
Université Larbi Tebessi - Tébessa
معهد المناجم
Institut des Mines
قسم الإلكتروميكانيك
Département Electromécanique



MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention d'un diplôme de Master

Filière : Electromécanique

Option : Maintenance Industrielle

Contribution à la maintenance d'un groupe
électrogène CAT 3512 dans une installation
forage

« Cas ENTP, Hassi Messaoud »

Par

Djeddi Abde Nour et Boulaares Azouzi

Devant le jury :

Rais Khaled	MCB	Président	Université Larbi TebessiTébessa
Messaoud Louafi	Professeur	Encadreur	Université Larbi TebessiTébessa
Taleb Mounia	MCB	Examineur 1	Université Larbi TebessiTébessa
Aoulmi Zoubir	MCB	Examineur 2	Université Larbi TebessiTébessa

Promotion 2021-2022

Remerciements

*En premier lieu, nous tenons à remercier notre **DIEU**, notre créateur pour nous avoir donné la force pour accomplir ce travail.*

*On tient également à exprimer nos vifs remerciements à notre encadreur Monsieur **LOUAFI Messaoud** d'avoir bien voulu accepter de diriger ce travail, pour son aide et ses encouragements.*

*Nous adressons aussi nos vifs remerciements à Monsieur **FARES Noureddine** qui nous a fait l'honneur de présider le jury de thème.*

*Nos remerciements vont également à Madame **TALEB Mounia** et **Aoulmi Zoubir**. D'avoir accepté d'examiner notre travail*

*Nous remercions également **DR. Amel chabbi***

Nous remercions tous le corps enseignant du département Electromécanique et de l'institut des mines.

Nous remercions tous ceux qui nous ont aidés pour la réalisation de ce travail.

ملخص

يقدم هذا العمل دراسة لتطبيق نظرية "ريزوا دو بارت" التي ركزت على إنشاء مشروع صيانة مفاده الوصول إلى نسبة صفر عطل وإنهاء هذا المشروع في أقل وقت ممكن. وايضا قدمنا في هذا العمل دراسة لتطبيق منهجية (تحليل انماط الفشل والتأثير الحرج) على المولد الكهربائي 3512 ركز البحث على مختلف مؤشرات طريقة "امداك" لتحديد المخاطر والاعطال حيث تم تطبيق مخطط باريتو لتشخيص المشاكل والاعطاب كميًا. كما تم جمع المعلومات المتعلقة بالفشل المسجل للمولد الكهربائي 3512 وأسبابها وتأثيراتها بالإضافة كذلك إلى طرق الوقاية والكشف عن الأخطاء.

الكلمات المفتاحية: ريزوا دو بارت –امداك -مولد الكهربائي 3512. مخطط باريتو

RESUME

Ce travail présente une étude pour l'application de la théorie des Réseaux de pertes qui s'est concentrée sur la mise en place d'un projet de maintenance qui vise à atteindre un taux de panne égale à zéro et terminer ce projet dans les plus brefs délais. Une étude de l'application de la méthodologie AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance et Effet Critique) sur le groupe électrogène Caterpillar 3512. La recherche a porté sur différents indicateurs de la méthode AMDEC pour déterminer les risques et les dysfonctionnements, où le diagramme de Pareto a été appliqué pour diagnostiquer les problèmes quantitativement. Des informations ont également été recueillies sur la panne enregistrée du générateur 3512, ses causes et ses effets, ainsi que les méthodes de prévention et de détection des pannes.

Mots clés : Réseaux de pertes, AMDEC, Diagramme de Pareto. Groupe électrogène Caterpillar 3512.

Abstract

This work presents a study for the application of the theory of "network of BERT", which focused on the establishment of a maintenance project that aims to reach zero failure rate and finish this project in the largest possible time. We also presented in this work a study of the application of the AMDEC methodology (Analysis of Failure Modes and Critical Effect) on a generator CATERPILLAR 3512. The research focused on various indicators of the AMDEC method to determine risks and malfunctions, where the "Chart of PARETO" was applied to diagnose problems and malfunctions quantitatively. Information was also collected on the recorded failure of the generator CATERPILLAR 3512, its causes and effects, as well as methods of prevention and detection of faults

Keywords: Network of PERT .AMDEC, Chart of PARETO. Generator Caterpillar 3512.

SOMMAIRE

Remerciements

Dédicaces

Nomenclature

Listes des figures

Liste des tableaux

Résumé

Introduction générale1

CHAPITRE I : Généralités sur la maintenance

I.1. Introduction2

I.2. Définition de la maintenance2

I.3. Types de maintenance3

I.3.1. Maintenance préventive4

a) Maintenance préventive systématique 4

b) Maintenance préventive conditionnelle5

c) La maintenance prédictive5

I.3.2. Maintenance corrective6

I.3.3. La maintenance améliorative6

I.4. Les niveaux de la maintenance7

I.5. Objectifs de la maintenance dans l'entreprise.....8

I.6. La stratégie de maintenance (normes NF EN 13306 & FD X 60-000).....9

I.7. Le service maintenance.....9

I.7.1. Les fonctions du service maintenance (norme FD X 60-000).....	9
➤ Fonction étude	10
➤ Fonction préparation	10
➤ Fonction ordonnancement	10
➤ Fonction réalisation.....	10
➤ Fonction gestion	10
I.7.2. Domaines d'action du service maintenance	11
I.7.3. Place du service maintenance dans l'entreprise.....	11
I.7.4. Le management de la maintenance.....	12
I.8. L'analyse des coûts en maintenance	13
I.8.1. Aspects économiques de la maintenance.....	13
I.9. Problématique des coûts de maintenance.....	14
I.10 Coûts de maintenance	14
I.10.1. coûts directs.....	14
I.10.2. coûts indirects.....	15
I.11.Conclusion.....	15

CHAPITRE II: Description appareil de forage

II.1.Introduction	16
II.2.les fonctions de machine forage	16
II.3.La classification des appareils de forage	17
II.4.Fonctions d'un appareil de forage.....	18
II.4.1.Fonction de levage	18
II.4.2.Fonction rotation	19

➤ Caractéristique de la table de rotation	19
II.4.3.Fonction pompage	20
II.4.4.Fonction de sécurité.....	21
II.5.Compositions de l'appareille de forage	22
II.5.1.Equipement de surface.....	22
II.5.1.1.Le mât de forage.....	22
II.5.1.2 Substructure	23
II.5.1.3 Les moufles	24
❖ Types des moufles.....	24
1) Le moufle fixe [crown block].....	24
2) Le moufle mobile [travelling block].....	25
II.5.1.4 Le treuil [Draw works]	25
II.5.1.5 Equipment de fonde.....	26
II.5.1.6.Les tiges.....	26
II.5.1.7. Les Tools-joints.....	27
II.5.1.8. Les tiges lourdes.....	28
II.5.1.9. Les masse – tiges.....	28
II.5.1.10. Les stabilisateurs	29
II.5.1.11. Le Trépan.....	29
II.5.2.Fonction motrice et transmission dans les chantiers pétroliers	30
II.5.2.1.Les sources d'énergie.....	30
II.5.2.2.Les systèmes de transmissions de puissance	31
• Transmission mécanique	31
• Transmission électrique	31
II.6.Conclusion.....	32

CHAPITRE III : La structure du groupe électrogène CAT 3512.

III.1. Introduction	33
III.2. Généralités sur les groupes électrogènes.....	33
III.3. Synoptique du procès de conversion d'énergie par un groupe électrogène.....	33
III.3.1. La partie mécanique.....	35
III.3.1.1. Moteur diesel.....	35
❖ Description sommaire du moteur.....	35
❖ Le cycle 4 temps Diesel	36
❖ Organes principaux du moteur.....	37
❖ Bloc moteur CAT 3500.....	37
❖ Vilebrequin.....	38
❖ Chemise de cylindre	38
❖ Ensemble bielle/piston.....	38
❖ Les segments.....	39
❖ Coussinets	40
❖ Culasse	40
❖ Influence des paramètres moteur sur la combustion.....	41
❖ Circuit d'air et suralimentation	41
❖ La corrosion électrolytique.....	41
❖ La corrosion-érosion.....	42
❖ Pompe à huile	42
❖ Le reniflard.....	43
❖ Circuit de combustible.....	43
❖ Description	44
❖ Le pré filtre.....	44
❖ La pompe alimentaire.....	44
❖ Filtres à gazole.....	45
❖ Le système d'injection	45
❖ La pompe d'injection	46
III.3.2. La partie électrique.....	47
III.3.2.1. Constitution électrique.....	48

III.3.2.2.Le stator principal	48
III.3.2.3.Le rotor.....	49
III.3.2.4.Régulateur de tension (AVR)	50
III.3.2.5.Principe de fonctionnement	50
III.3.2.6.principe de fonctionnement de l’alternateur.....	51
III.3.2.7.Placement de capteur dans un moteur.....	52
III.3.2.8.Démarrage initial.....	52
III.3.3.Partie Commande.....	53
III.3.3.1. Panneaux de commande modulaire électrogène Caterpillar 3512.....	53
III.3.3.2.Démarrage de moteur.....	53
III.3.3.3.Arrêt automatique due à une défaillance	54
III.3.3.4.Arrêt du moteur.....	54
III.3.3.5.Arrêt d'urgence.....	55
III.4.Conclusion.....	55
CHAPITRE IV : Les outils de la maintenance : Réseau De Pert, AMDEC, ABC	
IV.1. Introduction.....	56
IV.2. Méthode réseau de Pert.....	56
IV.2.1.Origine.....	56
IV.2.2.Méthode réseau de Pert.....	57
IV.2.3.Principe de la méthode	57
❖ Définition La tâche A.....	58
❖ Calcul des dates	58
❖ Antériorité	58
❖ Chemin critique	58
❖ Battement	58
❖ Les marges.....	59

❖ La marge totale (Mt)	59
❖ La marge libre (MI)	59
IV.2.3. Objectif de méthode réseau de Pert.....	59
IV.3. Méthode ABC (diagramme de Pareto).....	60
IV.3.1. Construction du diagramme de Pareto.....	61
IV.3.2. Objectif de méthode ABC (loi de Pareto).....	61
IV.4.AMDEC.....	62
IV.4.1.Présentation	62
IV.4.2. Objectif de méthode AMDEC.....	63
IV.4.3. Les différents types l'AMDEC.....	64
IV.4.4. Définition de la criticité	64
IV.4.5. La méthodologie.....	65
IV.4.6. Les étapes de la méthode.....	65
Etape 1 : initialisation.....	65
Etape 2 : décomposition fonctionnelle	66
Etape 3 : analyse AMDEC	66
Etape 4 : synthèse	66
a) La fréquence F	66
b) La gravité G	67
c) Détection (D).....	68
IV.5.Conclusion.....	68

CHAPITRE V: Application Des Méthode :RESEAU DE PERT ,ABC ,AMDEC

V.1. Introduction.....	69
V.2. Caractéristiques techniques du groupe électrogène CAT 3512.....	69
V.2.1. Avantages et Caractéristiques.....	70
V.2.2. Performance du Groupe CAT 3512.....	70
V.2.3.Consommation Carburant.....	70

V.2.4. Système de Refroidissement.....	71
V.2.5. Air d'Admission.....	71
V.2.6. Système d'Echappement.....	71
V.2.7. Rejets Calorifiques.....	71
V.2.8. Alternateur.....	71
V.3. Application de Méthode réseau de PERT.....	72
V.3.1. Détermination des niveaux et des sommes.....	73
V.3.2. Calculer durée de la tâche.....	73
❖ Calculer les dates au plus tôt à laquelle tâche.....	73
❖ Calculer les dates au plus tard à laquelle tâche.....	74
V.3.3. Diagramme de réseau de Pert.....	75
❖ Marge libre.....	76
❖ Marge totale.....	76
❖ Le battement.....	76
❖ Chemin critique.....	76
V.4. Répartition des heures de marches et heures d'arrêts non planifié.....	77
V.5. Etude de diagramme de PARETO.....	78
V.5.1. Interprétation du diagramme de Pareto.....	79
V.6. Application du méthode AMDEC.....	80
V.7. Synthèse ou évaluation de la criticité.....	86
V.8. Maintenance préventive d'un groupe électrogène CAT 3512.....	87
V.8.1. Entretien de l'alternateur.....	89
V.8.1.1. contrôle périodiques de l'isolation.....	89
V.8.2.2. Graissage.....	89
V.9. Conclusion.....	90
Conclusion générale	91
Recommandation.....	93

Bibliographie 94

Annexe..... 97

Nomenclature

AFNOR	Association Française de Normalisation
TPM	Maintenance productive totale
TRS	Le Taux de Rendement Synthétique
SRC	Silicon Controlled Rectifier
AC	Courant Alternatif
DC	Courant continue
CAT	Caterpillar
PMH	point mort haut. Position haute du piston
PMB	point mort bas. Position basse du piston
PERT	Program Evaluation and Research Tasks, spit, en français, exploration des réseaux de tâches.
ABC	Activity Based Costing
AMDEC	Analyse des modes de défaillance, de leur effet et leur criticité
G	La gravité
F	La fréquence
D	La détectabilité
C	La criticité

Liste des figures

N° : figure	Titre	N° : pages
Figure I.1	Les différentes formes de maintenance	3
Figure I.2	Place du service maintenance dans l'entreprise	12
Figure I.3	Aspects économiques de la maintenance	13
Figure I.4	Problématique des coûts de maintenance	14
Figure II.1	Vue générale d'un appareil de forage	16
Figure II.2	Classification des appareils de forage par la profondeur	17
Figure II.3	Fonction de levage	19
Figure II.4	Treuil de forage	19
Figure II.5	Table de rotation	20
Figure II.6	Fonction pompage	21
Figure II.7	Le BOP	21
Figure II.8	Le mât de forage	22
Figure II.9	Le Substructure	23
Figure II.10	Le mouflage	24
Figure II.11	Le moufle fixe	24
Figure II.12	Moufle mobile, Top Drive et crochet	25
Figure II.13	Le treuil de forage	26
Figure II.14	Le matériel de fond	26
Figure II.15	Tige de forage	27
Figure II.16	Tools-joints	27
Figure II.17	Tige lourde	28
Figure II.18	Masse Tiges	29
Figure II.19	Stabilisateurs	29
Figure II.20	Le Trépan	30

Figure II.21	Différent types des sources d'énergie	31
Figure II.22	La source d'énergie.	31
Figure II.23	Moteur à courant continu.	32
Figure III.1	Synoptique du procès de conversion d'énergie par un groupe électrogène	33
Figure III.2	Schéma de l'Analyse Descendante Structurelle non exhaustive du groupe électrogène	34
Figure III.3	Piston et alésage	35
Figure III.4	Le cycle 4 temps Diesel.	37
Figure III.5	Bloc moteur cat 3512.	37
Figure III.6	Vilebrequin.	38
Figure III.7	Chemise de cylindre	38
Figure III.8	Bielle et piston.	39
Figure III.9	Les segments.	39
Figure III.10	Les Coussinets	40
Figure III.11	Culasse Cat 3512.	40
Figure III.12	Circuit d'air et suralimentation.	42
Figure III.13	Pompe à huile.	43
Figure III.14	Le reniflard.	43
Figure III.15	Circuit de combustible.	43
Figure III.16	Le pré filtre.	44
Figure III.17	La pompe alimentaire.	45
Figure III.18	Filtres à gazole.	45
Figure III.19	Injecteur a trou.	46
Figure III.20	La pompe d'injection.	46
Figure III.21	Alternateur Cat 3512.	47
Figure III.22	Schéma descriptif de l'alternateur du groupe électrogène CAT 3512.	48
Figure III.23	Stator d'un alternateur triphasé.	49
Figure III.24	Schéma d'un rotor de l'alternateur	49
Figure III.25	Régulateur de tension VR6	50

Figure III.26	Schéma de principe d'un régulateur de tension VR6	50
Figure III.27	Groupe électrogène Caterpillar 3512	52
Figure III.28	Panneaux de commande modulaire électrogène Caterpillar 3512.	53
Figure III.29	Panneaux de commande démarrage de moteur.	54
Figure III.30	Panneaux de commande Arrêt d'urgence.	55
Figure IV.1	Pert Polaris.	56
Figure IV.2	Représentation normalisée.	57
Figure IV.3	Des taches du diagramme Pert.	58
Figure IV.4	Les marges.	59
Figure IV.5	Diagramme de Pareto ou courbe ABC.	60
Figure IV.6	Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité.	62
Figure IV.7	Déroulement d'AMDEC	63
Figure V.1	groupe électrogène CAT 3512	69
Figure.V.2	Diagramme de réseau de Pert et chemin critique	75
Figure V.3	Répartition des heures de pannes par mois	77
Figure V.4	Heures de marche, panne et arrêt planifié de Groupe électrogène CAT 3512	78
Figure V.5	Diagramme de Pareto(ABC)	79

Liste des tableaux

N° : tableaux	Titre	N° : pages
Tableau.I.1	Les fonctions du service maintenance.	9
Tableau II.1	Classification des appareils de forage par la puissance du treuil.	17
Tableau.IV.1	Les différents types l'AMDEC .	64
Tableau.IV.2	Niveau de criticité.	65
Tableau.IV.3.	La fréquence F	67
Tableau.IV.4	La gravité G.	67
Tableau.IV.5	Détection D.	68
Tableau.V.1	Spécifications d'un groupe électrogène	69
Tableau V.2	Spécifications d'un moteur diesel CAT 3512	70
Tableau V.3	Performance du Groupe CAT 3512	70
Tableau V.4	Consommation Carburant du Groupe CAT 3512	70
Tableau V.5	Système de Refroidissement du Groupe CAT 3512	71
Tableau V.6	Système d'Air d'Admission du Groupe CAT 3512	71
Tableau V.7	Système d'Echappement du Groupe CAT 3512	71
Tableau V.8	Système d'Echappement du Groupe CAT 3512	71
Tableau V.9	Alternateur du Groupe CAT 3512	71
Tableau V.10	Des Tâche maintenance préventive d'un groupe électrogène CAT 3512.	72
Tableau V.11	Détermination des niveaux et des sommes.	73
Tableau V.12	Les battement et marge libre et totale	76
Tableau V.13	Les heures de pannes par mois de groupe électrogène CAT 3512 .	77

Tableau V.14	Heures de marche et pannes année de groupe électrogène CAT 3512 année 2021	77
Tableau V.15	Etude de diagramme de PARETO.	78
Tableau V.16	Application du méthode AMDEC	81
Tableau V.17	Synthèse ou évaluation de la criticité	86
Tableau V.18	Maintenance préventive d'un groupe électrogène CAT 3512	87

Introduction générale

Introduction générale

Le monde industriel a connu un grand développement au cours de ces dernières années. La technologie moderne a permis d'utiliser des machines et installations de plus en plus performantes et complexes.

Le succès de la maintenance et ou la mise en œuvre de nouvelles méthodes d'organisation afin d'avoir une parfaite efficacité, la maintenance industrielle doit avoir les liens spécifiques avec le service de comptabilité, le service personnel et la direction de production

L'objectif principal de ce mémoire est de présenter une vue générale sur la maintenance de groupe électrogène CAT 3512. Nous insistons, en premier lieu, sur ces bases méthodologiques et techniques, d'une part. Nous avons utilisé trois méthodes qui nous ont aidés à résoudre les problèmes de pannes qui se produisent dans le groupe électrogène Caterpillar

Le présent travail est représenté en cinq chapitres. Dans le premier chapitre nous présentons des généralités sur la maintenance industrielle. Dans le deuxième chapitre, nous décrivons une description appareil de forage.

Le troisième chapitre nous est consacré à décrire la structure du groupe électrogène CAT 3512.

Dans le quatrième chapitre nous avons donné un aperçu des méthodes générales de la maintenance et en particulier la méthode AMDEC et RESEAU DE PERT et la méthode ABC.

Le cinquième chapitre nous avons appliqué les méthodes AMDEC et RESEAU DE PERT et ABC sur le groupe électrogène CAT 3512.

La dernière partie présente les conclusions de ce travail qui résume l'ensemble des chapitres.

Chapitre I
Généralités sur la
maintenance

I.1. Introduction

Le maintien des équipements de production est un enjeu clé pour la productivité des usines aussi bien pour la qualité des produits.

L'objectif de ce chapitre est de définir la maintenance et les normes utilisées. La véritable portée de la fonction de la maintenance mène beaucoup plus loin : elle doit être une recherche incessante de compromis entre la technique, et l'économique.

Il reste alors, beaucoup à faire pour que sa fonction productive soit pleinement comprise.

Une organisation, une planification et des mesures méthodiques sont nécessaires pour gérer les activités de maintenance.

I.2. Définition de la maintenance

La maintenance regroupe les actions de dépannage, de réparation, de réglage, de révision, de contrôle et de vérification des équipements matériels (machines, véhicules, objets manufacturés, etc.) ou même immatériels (logiciels).

Une première définition normative de la maintenance fut donnée par l'AFNOR en 1994 (norme NFX 60- e.010), à savoir « l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé ».

Depuis 2001, elle a été remplacée par une nouvelle définition, désormais européenne (NF EN 13306 X 60-319) : « Ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise ».

Le dictionnaire Larousse définit la maintenance comme : « L'ensemble qui permet de maintenir ou de rétablir un système en état de fonctionnement ». Le projet "CEN" (Comité Européen de Normalisation) la définit par : « L'ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de gestion durant le cycle de vie d'un matériel, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise ».

La fonction requise est ainsi définie par : « la fonction ou l'ensemble des fonctions d'un bien considéré comme nécessaire pour fournir un service déterminé ».

Les objectifs de la maintenance sont de prolonger la durée de vie utile des équipements au plus bas coût possible, d'assurer la qualité et la quantité de produits fabriqués.

tout en respectant les délais, d'optimiser les actions de maintenance tout en contribuant à la sécurité au travail et en respectant l'environnement. [1]

Comme le dit Monchy, pour la maintenance, la meilleure panne est celle qui n'arrive pas, une bonne panne est celle que l'on a prévue, la pire panne étant la panne inattendue, au mauvais endroit et au mauvais moment. Les différents types de panne sont entraînés par différents types de maintenance. [2]

I.3. Types de maintenance

En dépit des différentes appellations et modes d'entretien classiques préconisés par les uns et les autres, deux formes de maintenance à retenir, celle curative et préventive pour pouvoir formuler les trois seuls types de maintenance que stipule la norme AFNOR NF X 60-010: la maintenance corrective, la maintenance préventive, la maintenance prédictive (prévisionnelle).

Pratiquement tous les autres modes de maintenance ne seront que des sous-classes de ces trois types principaux. Avant de donner les différentes définitions, l'exemple simple d'usure et de changement des plaquettes de frein d'un véhicule illustre clairement la configuration spécifique de chaque type de maintenance. [3]

La figure (I.1) illustre clairement les différents types de la maintenance :

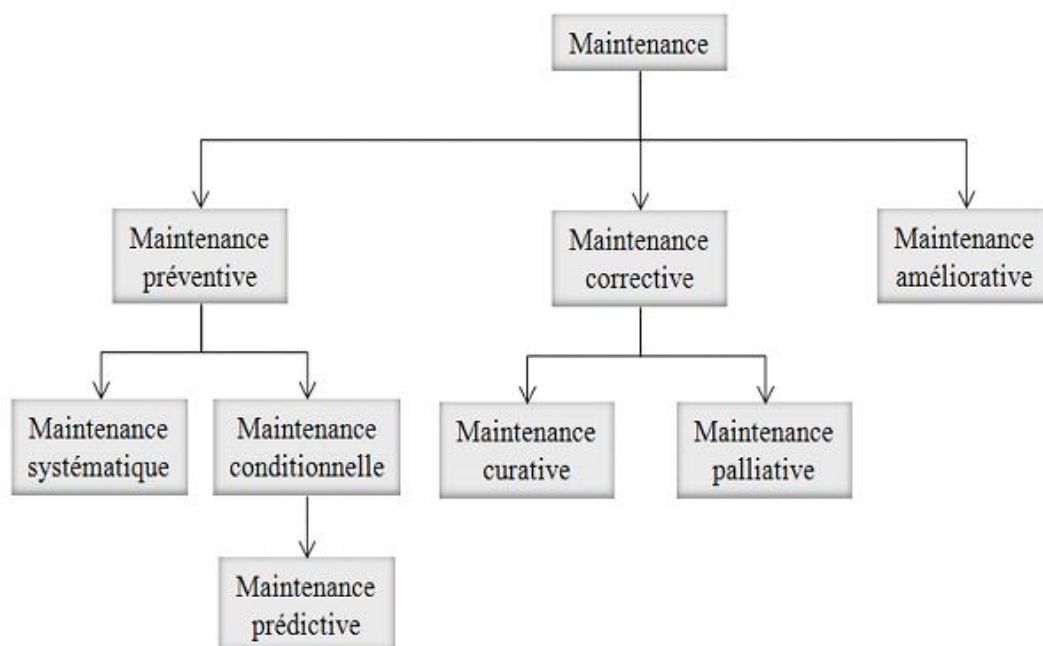


Figure I.1. Les différentes formes de maintenance [3].

I.3.1. Maintenance préventive

La maintenance préventive effectuée selon des critères prédéterminés, dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou la dégradation service rendu. Elle doit permettre d'éviter des défaillances des matériels en cours d'utilisation. L'analyse des coûts doit mettre en évidence un gain par rapport aux défaillances qu'elle permet d'éviter.

Le but de la maintenance préventive est de :

- augmenter la durée de vie des matériels ;
- diminuer la probabilité des défaillances en service ;
- diminuer le temps d'arrêt en cas de révision ou de panne ;
- prévenir et aussi prévoir les interventions de la maintenance corrective coûteuse ;
- permettre de décider la maintenance corrective dans de bonnes conditions ;
- éviter les consommations anormales d'énergie, de lubrifiant, etc.. ;
- diminuer le budget de la maintenance ;
- supprimer les causes d'accidents graves. [3]

a) Maintenance préventive systématique

La maintenance préventive effectuée selon un échéancier établi selon le temps ou le nombre d'unités d'usage. Cette périodicité d'intervention est déterminée à partir de la mise en service ou après une révision partielle ou complète.

Cette méthode nécessite de connaître le comportement du matériel ; les usures ; les modes de dégradations ; le temps moyen de bon fonctionnement entre deux avaries (MTBF).

La maintenance systématique peut être appliquée dans les cas suivants :

- équipements soumis à la législation en vigueur (sécurité réglementée) ;
- équipements dont la panne risque de provoquer des accidents graves ;
- équipements ayant un coût de défaillance élevé ;
- équipements dont les dépenses de fonctionnement deviennent anormalement élevés au cours de leur temps de service. [3]

b) Maintenance préventive conditionnelle

La maintenance préventive subordonnée à un type d'événement prédéterminé, (autodiagnostic, information d'un capteur, mesure d'une usure, ...), révélateur de l'état de dégradation du bien. La maintenance conditionnelle est donc une maintenance dépendant de l'expérience et faisant intervenir des informations recueillies en temps réel. Cette surveillance de la dégradation permet de fixer un seuil d'alarme avant un seuil d'admissibilité.

Le principal intérêt d'une telle stratégie est de pouvoir utiliser les entités au maximum de leur possibilité mais aussi de diminuer le nombre des opérations de maintenance corrective.

La maintenance préventive conditionnelle se caractérise par la mise en évidence des points faibles. Suivant les cas, il est souhaitable de les mettre sous surveillance et à partir de là, nous pouvons décider d'une intervention lorsqu'un certain seuil est atteint, mais les contrôles demeurent systématiques et font partie des moyens de contrôle non destructifs.

La maintenance préventive conditionnelle se fait par des mesures pertinentes sur le matériel en fonctionnement. Ils peuvent porter par exemple sur :

- le niveau et la qualité d'une huile ;
- les températures et les pressions ;
- la tension et l'intensité du matériel électrique ;
- les vibrations et les jeux mécaniques ;

De tous les paramètres énumérés, l'analyse vibratoire est de loin la plus riche quant aux informations recueillies. Sa compréhension autorise la prise à bon en pleine connaissance de cause des décisions qui sont à la base d'une maintenance préventive conditionnelle. La surveillance peut être soit périodique, soit continue. [3]

❖ La maintenance prédictive

Consiste quant à elle à prédire les pannes avant même qu'elles n'arrivent en analysant un historique de données annonciatrices de dysfonctionnement. Elle permet d'émettre un risque basé sur l'observation de données provenant de plusieurs sources (capteurs, IOT, GMAO...).

La maintenance prédictive a pour but de revoir et éviter autant que possible une nouvelle panne qui nuirait au bon fonctionnement de l'entreprise. La

maintenance prédictive permet donc d'éviter que la panne ne se produise et qu'une réparation ne soit nécessaire. Certaines pannes sont en effet très coûteuses et nuisent fortement à la productivité et à la rentabilité de l'entreprise à court et moyen terme. [3]

I.3.2. Maintenance corrective

La maintenance corrective correspond à une attitude de défense (subir) dans l'attente d'une défaillance fortuite, attitude caractéristique de l'entretien traditionnel. D'après AFNOR (norme X 60-010) : «Opération de maintenance effectuée après défaillance ».

Après apparition d'une défaillance, le maintenancier doit mettre en œuvre un certain nombre d'opérations dont les définitions sont données ci-dessous. Ces opérations s'effectuent par étapes (dans l'ordre) :

- test : c'est à dire la comparaison des mesures avec une référence.
- détection ou action de déceler l'apparition d'une défaillance.
- localisation ou action conduisant à rechercher précisément les éléments par lesquels la défaillance se manifeste.
- diagnostic ou identification et analyse des causes de la défaillance.
- dépannage, réparation ou remise en état (avec ou sans modification).
- contrôle du bon fonctionnement après intervention.
- amélioration éventuelle : c'est à dire éviter la réapparition de la panne.
- historique ou mise en mémoire de l'intervention pour une exploitation ultérieure. [3]

I.3.3. La maintenance améliorative

L'amélioration des biens d'équipement est un « ensemble des mesures techniques, administratives et de gestion, destinées à améliorer la sûreté de fonctionnement d'un bien sans changer sa fonction requise » (norme NF EN 13306).

On apporte donc des modifications à la conception d'origine dans le but d'augmenter la durée de vie des composants, de les standardiser, de réduire la consommation d'énergie, d'améliorer la maintenabilité, etc.. C'est une aide importante si l'on décide ensuite de construire un équipement effectuant le même travail mais à la technologie moderne : on n'y retrouvera plus les mêmes problèmes. [3]

La maintenance améliorative est un état d'esprit nécessitant un pouvoir d'observation critique et une attitude créative. Un projet d'amélioration passe obligatoirement par une étude économique sérieuse : l'amélioration doit être rentable. Tout le matériel est concerné, sauf bien sûr, le matériel proche de la réforme.

Les objectifs de la maintenance améliorative d'un bien sont :

- L'augmentation des performances de production ;
- L'augmentation de la fiabilité ;
- L'amélioration de la maintenabilité ;
- La standardisation de certains éléments ou sous-ensemble ;
- L'augmentation de la sécurité des utilisateurs. [3]

I.4. Les niveaux de la maintenance

Le degré du développement de la maintenance est classifié en 5 niveaux. Ces niveaux sont donnés par la norme à titre indicatif pour servir de guide et leur utilisation pratique n'est concevable qu'entre des parties qui sont convenues de leur définition précise selon le type de bien maintenir.

- **1^{er} niveau** : Réglages simples prévus par le constructeur au moyen d'éléments accessibles sans aucun démontage ou ouverture de l'équipement, ou échanges d'éléments consommables accessibles en toute sécurité, tels que voyants ou certains fusibles, etc.... Ce type d'intervention peut être effectué par l'exploitant du bien, sur place, sans outillage et à l'aide des instructions d'utilisation. Le stock des pièces consommables nécessaires est très faible.
- **2^{ème} niveau** : Dépannage par échange standard des éléments prévus à cet effet et opérations mineures de maintenance préventive, telles que graissage ou contrôle de bon fonctionnement. Ce type d'intervention peut être effectué par un technicien habilité de qualification moyenne, sur place, avec l'outillage portable défini par les instructions de maintenance, et à l'aide de ces mêmes instructions. On peut se procurer les pièces de rechange transportables nécessaires sans délai et à proximité immédiate du lieu d'exploitation
- **3^{ème} niveau** : Identification et diagnostic des pannes, réparations par échange de composants ou d'éléments fonctionnels, réparations mécaniques mineures et toutes

opérations courantes de maintenance préventive telles que réglage général ou réaligement des appareils de mesure. Ce type d'intervention peut être effectué par un technicien spécialisé, sur place ou dans le local de maintenance, à l'aide de l'outillage prévu dans les instructions de maintenance ainsi que des appareils de mesure et de réglage, et éventuellement des bancs d'essais et de contrôle des équipements et en utilisant l'ensemble de la documentation nécessaire à la maintenance du bien ainsi que les pièces approvisionnées par le magasin.

- **4^{ème} niveau** : Tous les travaux importants de maintenance corrective ou préventive à l'exception de la rénovation et de la reconstruction. Ce niveau comprend aussi le réglage des appareils de mesure utilisés pour la maintenance, et éventuellement la vérification des étalons du travail par les organismes spécialisés. Ce type d'intervention peut être effectué par une équipe comprenant un encadrement technique très spécialisé, dans un atelier spécialisé.
- **5^{ème} niveau** : Rénovation, reconstruction ou exécution des réparations importantes confiées à un atelier central ou à une unité extérieure. Par définition, ce type de travaux est donc effectué par le constructeur, ou par le reconstruteur, avec des moyens définis par le constructeur et donc proches de la fabrication. [4]

I.5. Objectifs de la maintenance dans l'entreprise

Le principal objectif de la maintenance industrielle est d'assurer le bon fonctionnement des matériels de productions d'une entreprise industrielle. Ce type de suivi régulier a une fonction stratégique dans le secteur industriel. Explicitement liée à l'évolution de la technologie avec l'apparition des nouvelles techniques de gestion et la réduction des coûts de production pour des raisons concurrentielles, il faut toujours penser à une longueur d'avance.

En effet, les objectifs spécifiques sont apparus comme non négligeables en ce qui concerne surtout le compresseur industriel pour éliminer et prévenir les dysfonctionnements. La recherche de nouvelle performance dans les différents systèmes de production priorise la maintenance industrielle pour la garantie d'une meilleure qualité en matière de produits fabriqués et les services à rendre aux clients. Dans ce cas, chaque usine industrielle est tenue à mettre en premier plan une bonne maintenance opérationnelle dans l'atteinte des objectifs qu'elle fixe au préalable. En général, la maintenance industrielle est fixée à :

- ✓ Atteindre la production prévue.
- ✓ Assurer les normes de qualité des produits fabriqués.
- ✓ Éviter la durée de chaque production et des livraisons des produits finis auprès des distributeurs.
- ✓ Réduire les pollutions et préserver l'environnement.
- ✓ Protéger les personnels de son usine et améliorer les conditions de travail. [5]

I.6. La stratégie de maintenance (normes NF EN 13306 & FD X 60-000)

"La stratégie de maintenance est une méthode de management utilisée en vue d'atteindre les objectifs de maintenance."

Les choix de stratégie de maintenance permettent d'atteindre un certain nombre d'objectifs de maintenance :

- développer, adapter ou mettre en place des méthodes de maintenance.
- élaborer et optimiser les gammes de maintenance.
- organiser les équipes de maintenance.
- internaliser et/ou externaliser partiellement ou totalement les tâches de maintenance.
- définir, gérer et optimiser les stocks de pièces de rechange et de consommables.
- étudier l'impact économique (temps de retour sur investissement) de la modernisation ou de l'amélioration de l'outil de production en matière de productivité et de maintenabilité. [6]

I.7. Le service maintenance

I.7.1. Les fonctions du service maintenance (norme FD X 60-000)

Tableau.I.1. Les fonctions du service maintenance. [7]

Les fonctions de maintenance	Etude
	Préparation
	Ordonnancement
	Réalisation
	Gestion

➤ **Etude**

Sa mission principale est l'analyse du travail à réaliser en fonction de la politique de maintenance choisie. Elle implique la mise en œuvre d'un plan de maintenance avec des objectifs chiffrés et des indicateurs mesurables.

➤ **Préparation**

La préparation des interventions de maintenance doit être considérée comme une fonction à part entière du processus maintenance. Toutes les conditions nécessaires à la bonne réalisation d'une intervention de maintenance seront ainsi prévues, définies et caractérisées. Une telle préparation devra bien sûr s'inscrire dans le respect des objectifs généraux tels qu'ils sont définis par la politique de maintenance : coût, délai, qualité, sécurité,... Quel que soit le type d'intervention à réaliser, la préparation sera toujours présente. Elle sera : implicite (non formalisée) : dans le cas de tâches simples, l'intervenant assurera lui-même, par expérience et de façon souvent automatique la préparation de ses actions ; explicite (formalisée) : réalisée par un préparateur, elle donne lieu à l'établissement d'un dossier de préparation structuré qui, faisant partie intégrante de la documentation technique, sera utilisé chaque fois que l'intervention sera réalisée. Il sera donc répertorié et conservé sous réserve de mises à jour ultérieures. [7]

➤ **Ordonnancement**

L'ordonnancement représente la fonction "chef d'orchestre". Dans un service maintenance caractérisé par l'extrême variété des tâches en nature, en durée, en urgence et en criticité, l'absence de chef d'orchestre débouche vite sur la cacophonie quel que soit le brio des solistes. [7]

➤ **Réalisation**

La réalisation consiste à mettre en œuvre les moyens définis dans le dossier de préparation dans les règles de l'art, pour atteindre les résultats attendus dans les délais préconisés par l'ordonnancement. [7]

➤ **Gestion**

La fonction gestion du service maintenance devra être capable d'assurer la gestion des équipements, la gestion des interventions, la gestion des stocks, la gestion des ressources humaines, et la gestion du budget. [7]

I.7.2. Domaines d'action du service maintenance

Voici la liste des différentes tâches dont un service maintenance peut avoir la responsabilité : la maintenance des équipements : actions correctives et préventives, dépannages, réparations et révisions.

L'amélioration du matériel, dans l'optique de la qualité, de la productivité ou de la sécurité. Les travaux neufs : participation au choix, à l'installation et au démarrage des équipements nouveaux.

Les travaux concernant l'hygiène, la sécurité, l'environnement et la pollution, les conditions de travail, ... l'exécution et la réparation des pièces de rechanges. L'approvisionnement et la gestion des outillages, des rechanges, ... l'entretien général des bâtiments administratifs ou industriels, des espaces verts, des véhicules, ... Ce qui prouve le bien-fondé d'une formation polyvalente. [8]

I.7.3. Place du service maintenance dans l'entreprise

Les installations, les équipements, tendent à se détériorer dans le temps sous l'action de causes multiples : usures, déformations dues au fonctionnement, action des agents corrosifs (agents chimiques, atmosphériques, etc.). Ces détériorations peuvent provoquer l'arrêt de fonctionnement (panne); diminuer les capacités de production; mettre en péril la sécurité des personnes; provoquer des rebuts ou diminuer la qualité; augmenter les coûts de fonctionnement (augmentation de la consommation d'énergie, etc.); diminuer la valeur marchande de ces moyens. Dans tous les cas ces détériorations engendrent des coûts directs ou indirects supplémentaires. Le service maintenance, comme le service de sécurité, devient une interface entre toutes les entités qui composent l'entreprise. [9]

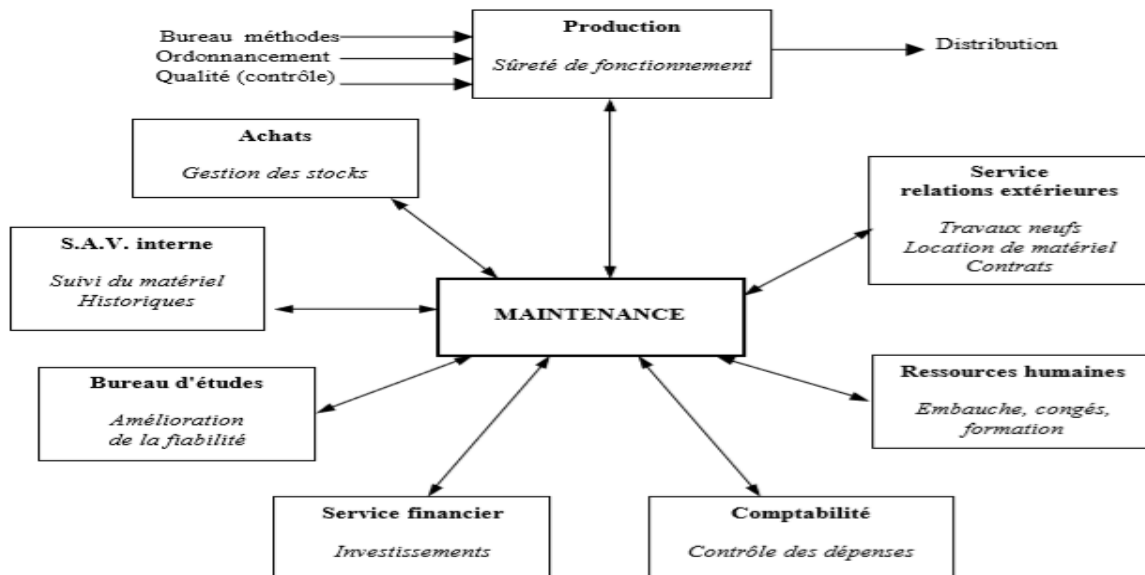


Figure I.2. Place du service maintenance dans l'entreprise. [9]

La maintenance est de plus en plus concernée par la qualité des produits, qui passe par la qualité des machines. La TPM (Total Productive Maintenance) japonaise montre l'intérêt qu'il y a à confier à des conducteurs de machines les actions de maintenance de 1er et 2eme niveaux. Dans la même logique, le TRS (taux de rendement synthétique) est un indicateur de gestion qui prend en compte à la fois des performances de production et de maintenance. [9]

I.7.4. Le management de la maintenance

Le management de la maintenance est à la charge d'une (ou plusieurs) personne(s) désignée(s) dont les responsabilités et autorité doivent être définies. (Norme FD X 60-000)

Il appartient au management et aux responsables de : Définir les profils d'emploi nécessaires à l'accomplissement de la mission de la fonction maintenance ; Gérer les ressources disponibles en interne dans cet esprit et en particulier de prendre des dispositions pour assurer la formation, la qualification et l'habilitation du personnel en vue de :

- lui permettre d'assurer les tâches de maintenance avec un optimum d'efficacité.
- s'assurer que les règles de sécurité sont connues et mises en œuvre.
- être conforme aux exigences réglementaires en matière d'habilitation. [10]

I.8. L'analyse des coûts en maintenance

I.8.1. Aspects économiques de la maintenance

Le chef d'entreprise, confronté à ses échéances financières, sait que les coûts de maintenance représentent un poste de dépenses important et bien visible. Le fait que la maintenance, bien que génératrice de dépenses, soit en même temps un gisement de productivité devient de plus en plus un fait établi, mais moins visible.

En effet, certains coûts, conséquences d'une maintenance insuffisamment performante, s'évaporent de la comptabilité analytique, mais se retrouvent inexorablement dans les coûts de production.

La maintenance est donc un champ d'action privilégié de recherche d'amélioration des coûts de production, et c'est la seule source significative de compétitivité indépendante des conditions extérieures : elle ne repose que sur le professionnalisme de l'entreprise relativement à la maîtrise de l'ensemble de son système de production.

Le maintien de la production en quantité et en qualité passe obligatoirement par l'efficacité de la maintenance de l'outil de production.

L'analyse des coûts permet de :

- Suivre les dépenses et de respecter le budget,
- Vérifier l'efficacité de la maintenance (suivi de ratios),
- Renouveler le matériel. [11]

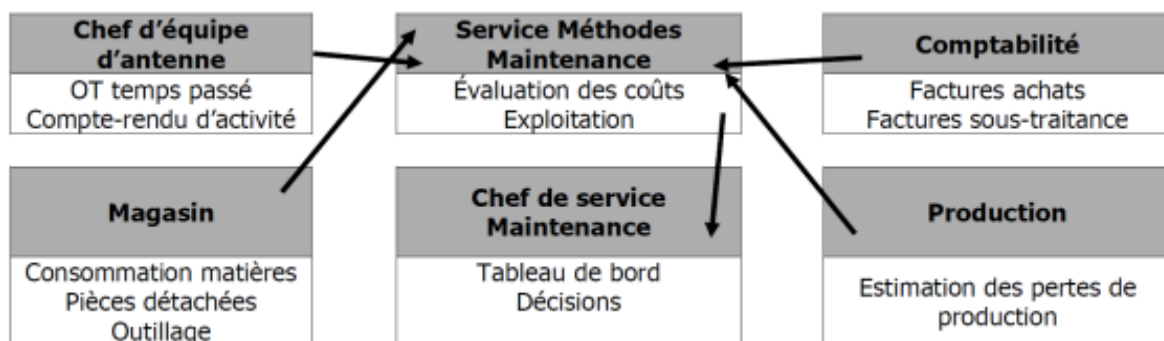


Figure I.3. Aspects économiques de la maintenance. [11]

I.9. Problématique des coûts de maintenance

Le niveau de préventif à appliquer sur un équipement relève d'un certain nombre de critères mais le graphique ci-dessous montre qu'il existe, au niveau des coûts, un optimum qui se situe à environ 30% de préventif et de correctif. [11]

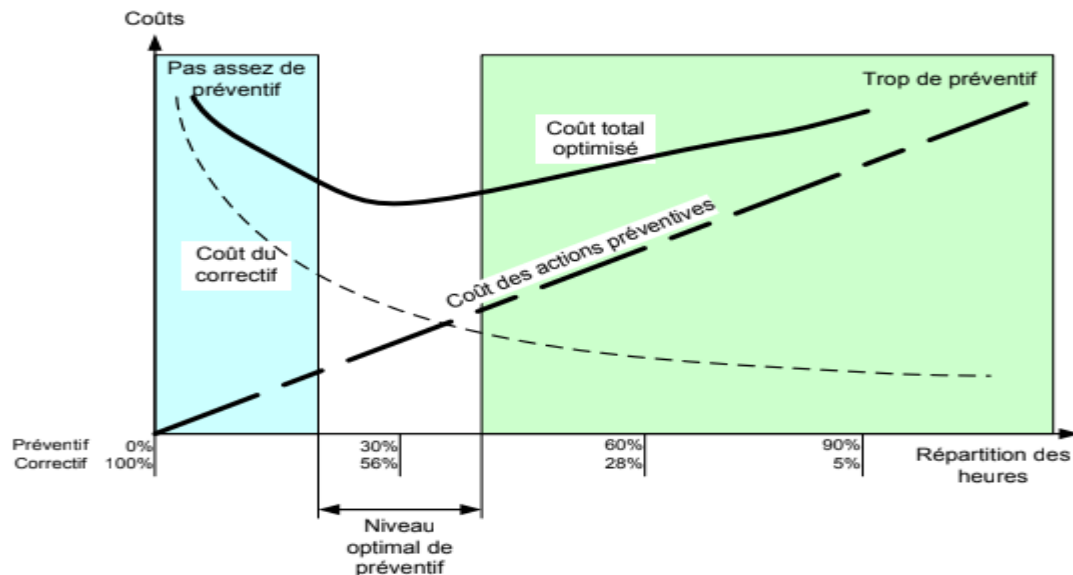


Figure I.4. Problématique des coûts de maintenance. [11]

I.10. Coûts de maintenance

Regroupe les coûts des interventions correctives et préventives nécessaires pour maintenir l'installation aux niveaux de disponibilité et sécurité requis. Il comprend également l'ensemble des coûts logistiques nécessaires aux opérations de maintenance ainsi que les frais généraux imputables à l'existence d'une infrastructure de maintenance (hommes et équipements). [12]

I.10.1. coûts directs

On appelle coûts directs de maintenance l'ensemble des coûts relatifs à la réalisation des opérations de maintenance (approvisionnements et frais administratifs compris). Les coûts directs regroupent :

- Coût de main d'œuvre d'intervention : temps passé x taux horaire.
- Travaux sous-traités sur interventions (contrats en dépense contrôlée). [12]

I.10.2. coûts indirects

On appelle coûts indirects de maintenance l'ensemble des coûts engendrés par L'indisponibilité de l'installation (renouvellement d'une campagne d'essais, personnel inutilisé, etc.) les coûts indirects de maintenance correspondent au coût d'arrêt d'expérimentation. [12]

I.11. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les généralités de la maintenance industrielle et nous avons déduit l'importance de la maintenance industrielle afin de maintenir les machines le plus longtemps possible et de maintenir son coût élevé. Tous les secteurs industriels dépendent principalement de la maintenance industrielle, car la maintenance est importante dans les débris de production et continue le travail.

La stratégie de maintenance a des répercussions directes sur l'exploitation d'un système, sur la production et bien évidemment sur les charges financières. Lors du choix de la méthode de maintenance, il faut arbitrer entre les performances que l'on souhaite obtenir du système de production et les coûts que l'on est prêt à assumer pour le maintenir.

Chapitre II
Description appareil de
forage

II.1. Introduction :

Dans l'industrie pétrolière les travaux de forage des puits de pétrole et de gaz sont les plus difficiles et exigeant beaucoup de main d'œuvre et nécessitent de grands investissements des capitaux.

La technologie de forage des puits de pétrole et de gaz demande l'emploi d'un matériel complexe et des outils modernes, ainsi qu'une grande quantité de matériaux, tubes, ciments, réactifs chimiques, etc....

Avec l'augmentation de la profondeur de forage le volume des travaux de forage et la consommation des pièces d'équipement, d'outils et de matériaux croient considérablement.

Dans ce chapitre, l'étude sera concerné à les parties de l'appareil de forage et savoir le rôle de groupe électrogène qui est considéré comme le cœur de cet appareil.

II.2. Les fonctions de machine forage

L'appareil de forage est constitué d'un ensemble regroupant trois fonctions principales :

- La fonction de levage.
- La fonction de rotation.
- La fonction de pompage et de circulation. [13]

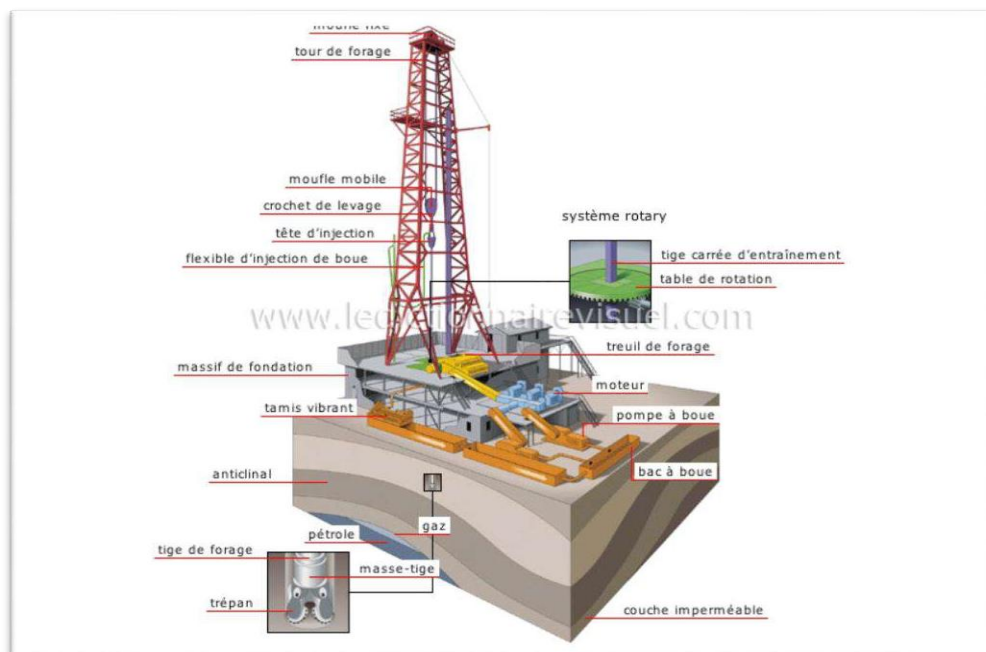


Figure II.1. Vue générale d'un appareil de forage. [14]

II.3. La classification des appareils de forage

La classification des appareils de forage se fait en première approche par la capacité de profondeur de forage maximale (figure II.2).

Les appareils de forage peuvent être classés (pour des tiges de 4"½) comme suit :

- Appareil léger.
- Appareil moyen.
- Appareil lourd.
- Appareil ultra lourd. [13]

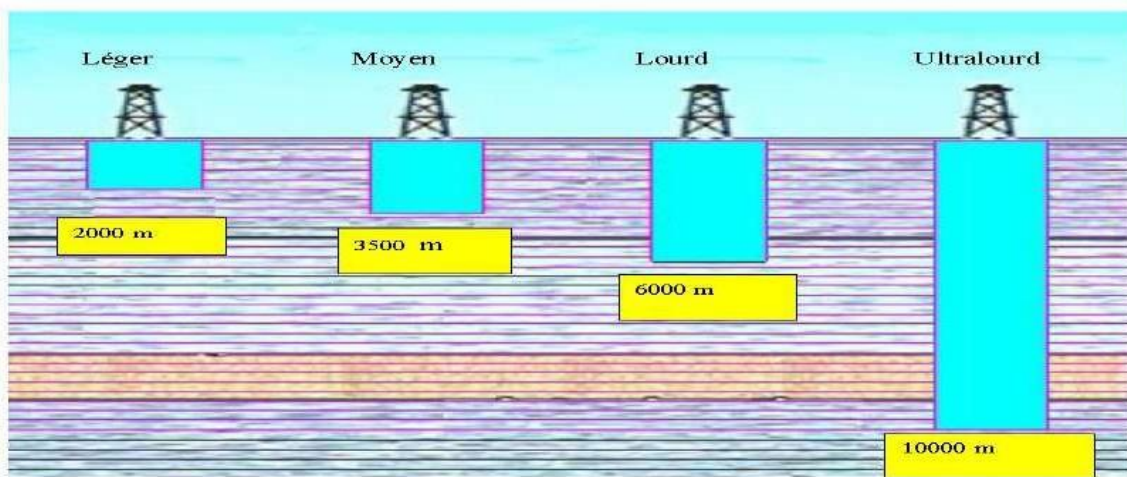


Figure II.2. Classification des appareils de forage par la profondeur. [13]

Ces performances de profondeur se traduisent par un poids au crochet de levage compte tenu des poids des garnitures et des casings.

En prenant en compte les temps de manœuvre, on peut évaluer la puissance maximale que devra développer par le treuil de forage (Draw Works). La puissance du treuil est donc une caractéristique primordiale pour déterminer un appareil de forage (10 hp de puissance au treuil pour chaque 100 pied de forage) Pour les catégories d’appareils cités précédemment, on peut les classer selon la puissance de levage (tableau II-1). [13]

Tableau I-1 : Classification des appareils de forage par la puissance du treuil. [13]

Léger	Moyen	Lourd	Ultralourd
650 HP	1300 HP	2000 HP	3000 HP

Les autres fonctions (pompage, rotation) sont dimensionnées par rapport au programme de forage et tubage classique d'un puits à la profondeur désignée. [13]

II.4.Fonctions d'un appareil de forage [15]

Les installations de forage employées pour le forage rotary des puits profonds représentent un ensemble de différentes machines, mécanismes et bâtiments.

Au cours de forage rotary d'un puits profond, à l'aide d'une installation de forage, on réalise les opérations suivantes :

- ✓ Descente de la colonne de tige de forage dans le puits.
- ✓ Rotation d'un outil de forage.
- ✓ Injection du liquide de forage dans le puits afin de remonter les déblais de terrain découpés, refroidir le trépan et consolider les parois du puits.
- ✓ Rallongement de la colonne de tiges de forage par la mesure de l'augmentation de la profondeur du puits.
- ✓ Montée de la colonne des tiges pour remplacer un outil de forage usé.
- ✓ Evacuation de déblais du terrain par le liquide de forage et préparation d'un nouveau liquide.
- ✓ Descente des colonnes de tubage.

L'ensemble de tous ces équipements qui travaillent au-dessus de la surface permettent d'assurer trois fonctions principales :

II.4.1.Fonction de levage

Pour soulever la garniture de forage (ensemble tiges - tiges lourdes – masse-tiges), il faut utiliser une grue de grande capacité, car la garniture de forage peut atteindre un poids supérieur à 150 tonnes ou plus. Cette grue est constituée :

- d'un mât.
- d'un treuil.
- d'un palan comprenant les moufles fixe et mobile et le câble. (Figure II.3.4). [15]

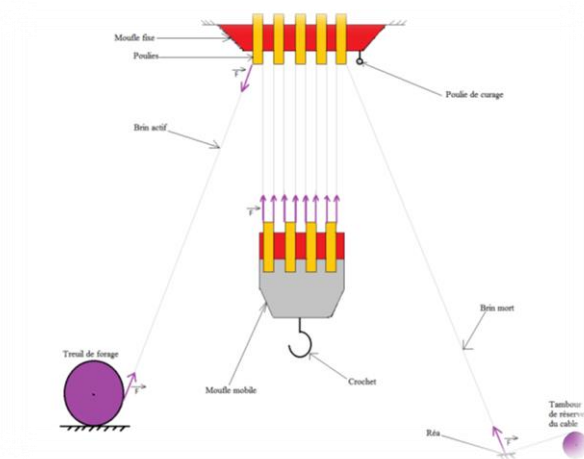


Figure II.3. Fonction de levage. [15]



Figure II.4. Treuil de forage. [16]

II.4.2. Fonction rotation

Pour faire tourner l'outil, on visse au sommet des tiges, de forme cylindrique, une autre tige de section carrée ou hexagonale, appelée tige d'entraînement [Kelly], et on l'introduit dans un moyeu appelé table de rotation [rotary table]. [15]

❖ Caractéristique de la table de rotation :

- Les Tables de Rotation tournent à des vitesses 40 à 500 rpm.
- La Table de Rotation ne consomme pas beaucoup de puissance.
- Elles sont caractérisées par le diamètre de passage : 27''1/2 ; 20''1/2 ; 17''1/2 et 12''1/2.
- La capacité de la table est définie par la capacité de la butée principale.
- La puissance de la table sera ; $P_u = (L/30 + 10) N/100 P_d/D L$; Profondeur de puits (m).

N ; Vitesse de rotation (Tr/min).

P_d ; Poids sur l'outil (tonnes)

D ; Diamètre du puits (pouces).

P_u ; Puissance de la table (chevaux).

Sur cette table est placé un carré d'entraînement, qui comporte des rouleaux épousant la forme de la tige d'entraînement.

Ce carré est entraîné par la table de rotation par l'intermédiaire d'une fourrure d'entraînement. Il permet de transmettre le mouvement de rotation de la table à la tige d'entraînement, ainsi que sa translation sans risquer de se frotter sur les côtés et de s'user.

Cette table de rotation peut aussi supporter le train de sonde grâce aux coins de retenue lorsqu'on ajoute (Figure I.5). [13]

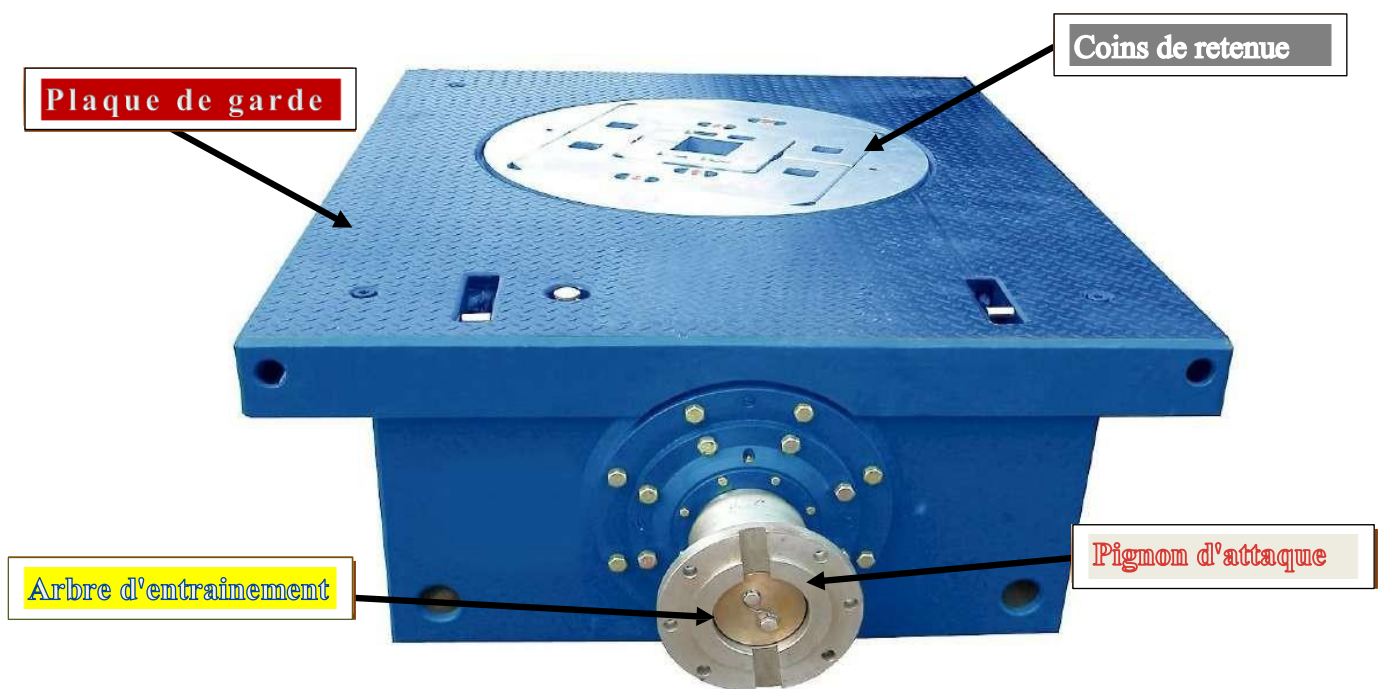


Figure II.5. Table de rotation. [13]

II.4.3. Fonction pompage

La fonction pompage assure l'acheminement du fluide de forage depuis l'aspiration de la pompe jusqu'au retour au bac.

La boue [mud] est fabriquée dans des bacs de grande capacité 35 m³. Elle est ensuite aspirée par des pompes [mud pumps] et refoulée dans les tiges creuses.

Elle descend le long de la garniture de forage [drilling string], sort par les duse de l'outil, remonte dans l'espace annulaire entre la garniture de forage et le puits jusqu'en surface.

Là, elle est recueillie dans un tube vertical (tube fontaine), puis acheminée par un autre horizontal (goulotte) vers des tamis vibrants, pour être débarrassée des déblais [cuttings], avant d'être réinjectée dans le puits [well] (Figure II.6). [17]



Figure II.6. Fonction pompage. [17]

II.4.4.Fonction de sécurité

Au forage des puits aux gisements où l'on suppose la présence d'une pression élevée des couches, afin d'éviter une éruption de gaz et d'huile, la tête de puits est munie de dispositifs d'étanchéité de sécurité appelés obturateurs de sécurité (B.O.P) (Figure II.7). [17]



Figure II.7. Le BOP. [17]

II.5.Compositions de l'appareille de forage

II.5.1.Equipement de surface

II.5.1.1.Le mât de forage

C'est le « trépied » qui supporte le palan. Il a remplacé la tour pour la rapidité de son montage et démontage. A son sommet est placé le moufle fixe. Une passerelle d'accrochage est placée à son milieu ; elle sert de lieu de travail pour l'accrocheur, qui accroche ou décroche les « longueurs » de tiges lors de la remontée ou la descente de l'outil dans le puits.

Une autre passerelle de hauteur ajustable, placée plus bas, sert à guider le tubage pour le visser et le descendre dans le puits. Un plancher de travail est aménagé aux pieds du mât. Il sert d'aire de travail pour l'équipe.

Une cabine [dog house] est aménagée sur ce plancher pour permettre aux ouvriers de se reposer. Le plancher est surélevé de quelques mètres au-dessus du sol, pour permettre l'introduction des éléments de la tête de puits et des obturateurs. Les toutes repose sur une substructure robuste, formée de caissons en treillis de fer soudés. Un plan incliné est conçu pour faire remonter les tiges sur le plancher pour les descendre dans le puits. L'ensemble est posé sur une plate-forme en béton armé, préalablement aménagée sur le sol. (Figure II.8.).

[18]



Figure II.8.Le mât de forage. [18]

II.5.1.2 Substructure

Le mât repose sur une substructure afin de disposer sous le plancher de travail d'une hauteur suffisante des obturateurs.

La substructure est constituée de deux poutres horizontales en treillis de fers en (I) soudés

Placées suivant le sens de la longueur et réunies par des traverses assemblées par des broches goupillées.

En plus du mât, la substructure supporte la table de rotation, le treuil et la garniture de forage. Pendant la descente de tubage, elle supporte le poids du tubage posé sur la table et celui de la garniture de forage stockée dans le gerbier.

Pour la substructure, le constructeur donne la capacité de stockage des gerbiers en fonction de la vitesse du vent et la capacité de l'assise de la table de rotation. (Figure II .9).

[13]

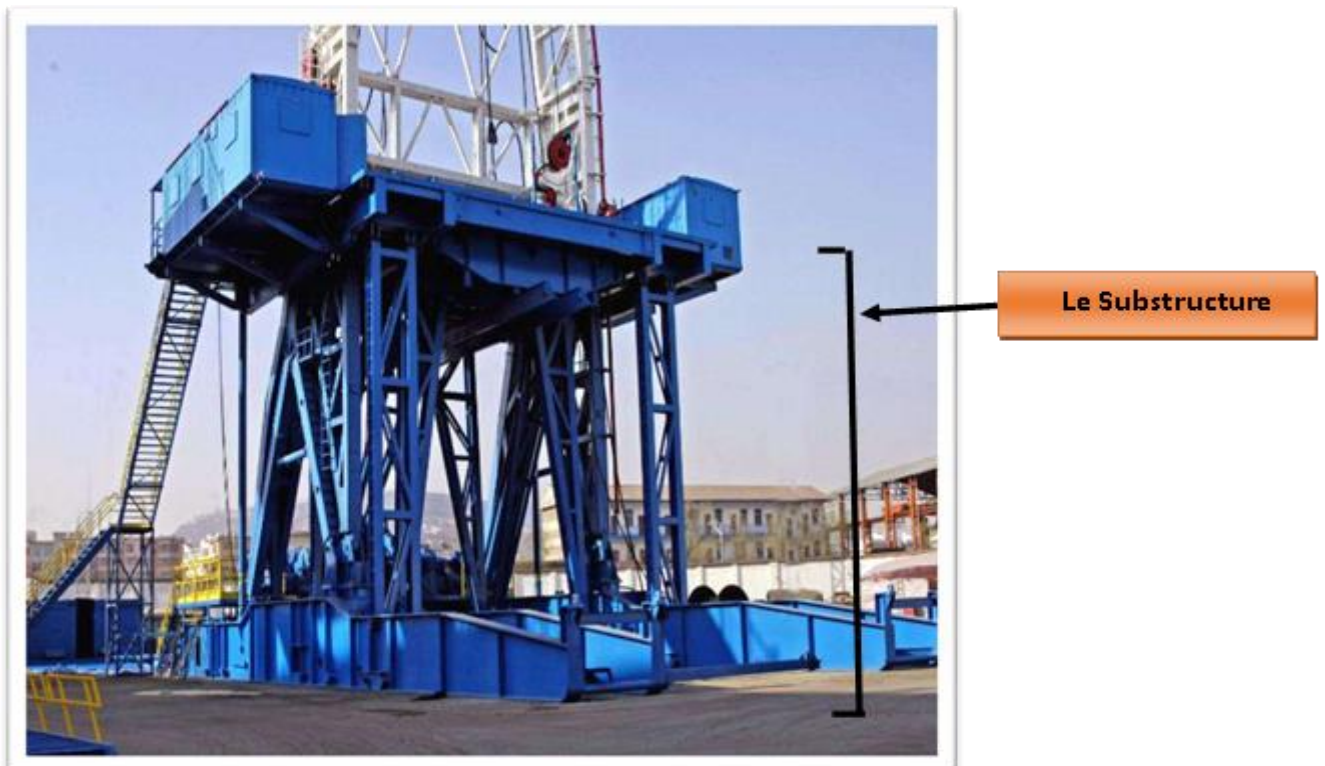


Figure II.9.Le Substructure. [13]

II.5.1.3 Les moufles

Le mouflage est l'enroulement du câble de forage entre les poulies des moufles fixe et mobile en plusieurs brins (jusqu'à 14 brins).

Le mouflage permet de démultiplier le poids de la garniture de forage et diminuer la vitesse de son déplacement. En négligeant les frottements, la charge au crochet est divisée par le nombre de brin. (Figure II.10). [13]

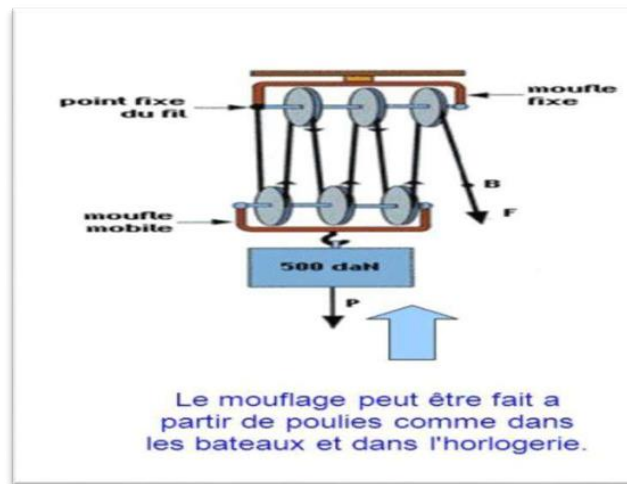


Figure II.10. Le mouflage. [13]

➤ Type des moufles

1) Le moufle fixe [crown block] :

Formé d'un certain nombre de poulies et placé au sommet du mât, il possède une poulie de plus que le moufle mobile (Figure II.11). [13]



Figure II.11. Le moufle fixe. [13]

2) Le moufle mobile [travelling block] :

Formé également d'un certain nombre de poulies par lesquelles passe le câble de forage, il se déplace sur une certaine hauteur entre le plancher de travail et le moufle fixe. Il comporte à sa partie inférieure un crochet [hook] qui sert à la suspension de la garniture pendant le forage. Des bras sont accrochés de part et d'autre de ce crochet servent à supporter l'élévateur, utilisé pour la manœuvre de la garniture (Figure II.12.). [13]

Mais avec le développement technologique est devenue une machine de forage moderne utilisant le Top Drive, qui est un moteur situé sur le rail vertical d'une plate-forme de forage et délivrant un couple aux tiges de forage. Il remplace la table d'entraînement rotatif. [13]



Figure II.12. Moufle mobile, Top Drive et crochet. [13]

II.5.1.4 Le treuil [Draw works]

Le treuil de forage est l'organe principal de la sonde ; par sa capacité il caractérise le rig (sonde de forage) en indiquant la profondeur de forage que peut atteindre l'appareil de forage. Le treuil regroupe un ensemble d'éléments mécaniques et assure plusieurs fonctions.

- Les manœuvres de remontée et de descente (levage) du train de sonde à des vitesses rapides et en toute sécurité, ce qui constitue sa principale utilisation.
- L'entraînement de la table de rotation quand celle-ci n'est pas entraînée par un moteur indépendant.
- les visages et dévisages du train de sonde ainsi que les opérations de curage (Figure II.13). [13]



Figure II.13.le treuil de forage. [13]

II.5.1.5 Equipement de fonde

Cette partie regroupe l'ensemble de la garniture de forage (drill stem) :

- ✓ Outil de forage (rock bit)
- ✓ Masses tiges (drill collars)
- ✓ Tiges de forage (drill pipes)
- ✓ Équipements auxiliaires
- ✓ Raccords divers. [13]



Figure II.14. Le matériel de fond. [19]

II.5.1.6.Les tiges

a) Rôles :

- ✓ Les tiges de forage permettent la transmission de la rotation de la table à l'outil et le passage du fluide de forage jusqu'à ce dernier.
- ✓ Elles doivent travailler en tension pour éviter leur frottement contre les parois du puits, qui peuvent causer leur usure et les éboulements des parois, et la déviation.
- ✓ Transmettre le poids sur l'outil essentiellement par les masse-tiges.

- ✓ Transmettre l'énergie hydraulique dans un turboforage (quand on travaille avec un moteur de fond). (Figure II.15). [19]



Figure II.15. Tige de forage. [19]

II.5.1.7. Les Tools-joints

Ce sont des joints qui assurent la liaison entre les tiges. Ils sont soudés et/ou vissés au corps de tiges. Ils peuvent être rechargés extérieurement pour être protégés contre l'usure excessive. [19]

Remarque :

C'est sur les Tools-joints que sont placées les clés de forage pour les opérations de vissage et de dévissage (Figure II.16).



Figure II.16.Tools-joints. [19]

II.5.1.8. Les tiges lourdes

Les tiges lourdes ont une flexibilité plus grande que celle des masses tiges et plus petite que celle des tiges normales.

Dans les forages verticaux, les tiges lourdes sont fréquemment utilisées comme intermédiaires entre les masses tiges et les tiges.

Dans ce dernier cas la flexibilité sera suffisante pour que l'outil continue dans la direction donnée par l'amorce de déviation (Figure II.17). [19]

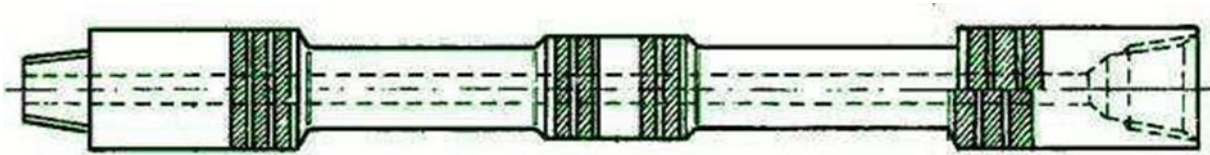


Figure II.17. Tige lourde. [19]

II.5.1.9. Les masse – tiges

Rôles :

Les masse tiges permettent de :

- ✓ Mettre du poids sur l'outil pour éviter de faire travailler les tiges de forage en compression.
- ✓ Jouer le rôle du plomb du fil à plomb pour forer un trou aussi droit et vertical que possible.
- ✓ Elles ne rempliront pleinement ces conditions que si elles sont aussi rigides que possible donc aussi largement dimensionnées que possible (Figure II. 18). [19]



Figure II.18. Masse Tiges. [13]

II.5.1.10. Les stabilisateurs

Ils ont un diamètre presque égal à celui de l'outil. Intercalés entre les masse-tiges, elles les maintiennent droites dans le puits et évitent leur flexion et la déviation du puits. [19]

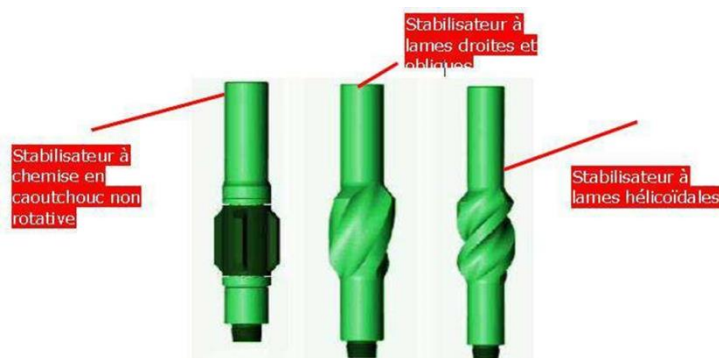


Figure II.19. Stabilisateurs. [19]

II.5.1.11. Le Trépan

L'outil ou trépan de forage est la pièce la moins volumineuse mais la plus importante pour réaliser un puits de forage. C'est le premier élément à s'attaquer aux terrains. (Figure II. 20). [13]

Pour le foreur, l'outil qui se trouve au bout des tiges qui forent le sol est une des clés de son activité.

Ce le seul élément dans la sonde qui fait un trou, et il est en contact avec le fond, cela ne veut pas dire que l'outil est le seul qui peut creuser les trous, le trépan ne creuse un trou- et

ne rapporte de l'argent, que l'ors qu'il est adapté à la formation de milieu à forer, et qu'il soit on bon état.

L'outil ne peut pas forer si on n'exerce pas un poids qu'il le dirige vers le fond, ce poids est appelé masse tige, et il faut faire tourner, sans oublier la circulation de la boue de forage (qui nettoyé et refroidit le trépan).

Le premier outil de forage est apparu sur les champs de pétrole à l'aire en 1859 l'heure de forage par battage est l'outil à lames, par révolution et développement des outils comme les autres équipements de forage. Le premier outil à mouette en 1909.

On fonction de région et la dureté des roche à forer on a fabriqué l'outil à diamant. [13]



Figure II.20. Le Trépan. [13]

II.5.2.Fonction motrice et transmission dans les chantiers pétroliers

II.5.2.1.Les sources d'énergie

Le groupe électrogène est considéré comme le cœur de l'appareil de forage .Il à une grande importance dans la production est distribution d'énergie à toutes les parties de l'appareil.

Depuis longtemps. La machine à vapeur a été remplacée par le moteur diesel comme source initiale d'énergie, mais on peut rencontrer également sur des plates-formes de production.

L'utilisation de puissance fournie par des turbines à gaz et même parfois le raccordement du chantier de forage au réseau de distribution électrique ; mais même si ce système présente des avantages majeurs tels qu'une énergie peu coûteuse, silencieuse, il modifie le caractère autonome du chantier de forage ce qui dans beaucoup de cas est rédhibitoire. (Figure II.21). [13]



Figure II.21. Différent types des sources d'énergie. [13]

II.5.2.2. Les systèmes de transmissions de puissance

- **Transmission mécanique**

Les moteurs diesel sont placés juste derrière le treuil. Au nombre de deux ou trois, ils sont reliés entre eux et avec les autres organes par des chaînes, des pignons, des embrayages et des courroies. [20]



Figure II.22. La source d'énergie. [21]

- **Transmission électrique**

Les moteurs diesel sont placés loin du plancher de travail, ce qui réduit le bruit et la fumée. Les moteurs diesel entraînent des génératrices pour produire du courant continu, ou des alternateurs pour produire du courant alternatif. Le treuil, les pompes et la table de rotation sont entraînés par des moteurs à courant continu. [20]



Figure II.23.Moteur à courant continu. [21]

Donc, si les moteurs diesel entraînent des génératrices, le courant continu produit va directement alimenter les moteurs à courant continu des différents organes. Mais si les moteurs diesel entraînent des alternateurs, le courant alternatif produit doit être redressé pour devenir continu et alimenter les moteurs des différents organes. Mais l'éclairage de l'appareil de forage et les moteurs qui entraînent les organes auxiliaires, tels que les pompes à eau, les compresseurs utilisent du courant alternatif. Les appareils de forage qui possèdent des génératrices doivent alors prévoir, en plus, des groupes électrogènes pour la production du courant alternatif, nécessaire pour le fonctionnement des organes auxiliaires. [20]

II.6.Conclusion

L'objectif de ce chapitre est de définir une machine de forage de puits et de connaître les rôles de chaque composant de la machine, les fonctions les plus importantes dans lesquelles elle fonctionne. Nous avons également déterminé le travail de chaque section de groupe électrogène et de son importance, car il est une clé pour le forage. Beaucoup d'énergie est nécessaire pour fournir un service pour l'équipement et les composants de la machine de forage.

Chapitre III
La structure du groupe
électrogène CAT 3512.

III.1.Introduction

Nous avons décrit précédemment les parties de l'appareil de forage et savoir le rôle de groupe électrogène qui est considéré comme le cœur de cet appareil, dans ce chapitre une étude détaillée sur le groupe électrogène Caterpillar 3512, le contrôle de la machine mécanique et électrique, son parties et le rôle de chacun d'eux et leurs fonctionnent sera présentées.

III.2.Généralités sur les groupes électrogènes

Les groupes électrogènes ont une grande importance dans les entreprises et les usines parce qu'ils sont la principale source de production et distribution d'énergie pour terminer le travail et la production.

Dans le monde des groupes électrogènes, il y a beaucoup d'espèces telles que les turbines à gaz, la turbine éolienne et groupe électrogène hydraulique et groupe électrogène diesel ont le même principe de fonctionnement, mais différent, par exemple, l'auto-alimentant le moteur électrique du carburant diesel et gaz turbine travaille principe de fonctionnement de l'air de la turbine à gaz de pression d'air ... etc. Mais presque tous les groupes électrogènes ont été remplacés par la naissance et est le plus diesel électrique selon.

Etymologiquement tous les groupes électrogènes sont conçus à base d'un même principe : la différence se fait au niveau de leur taille et de leur puissance car ils sont produits en gamme.

III.3.Synoptique du procès de conversion d'énergie par un groupe électrogène

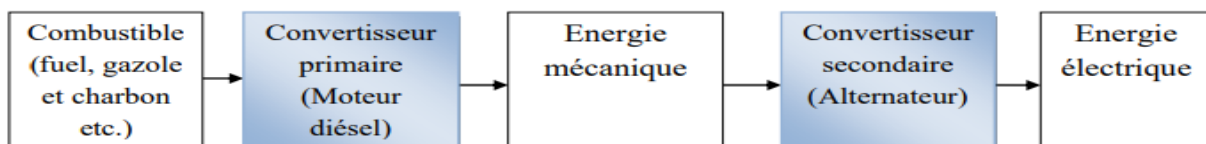


Figure III.1.Synoptique du procès de conversion d'énergie par un groupe électrogène. [22]

Nous pouvons définir un groupe électrogène CAT 3512 comme étant un système autonome capable de produire de l'énergie électrique à partir de l'énergie mécanique via un moteur diesel. Dont la puissance du moteur est de 1600tor/min et la puissance de l'alternateur est de 1500kva .Il est constitué de trois grandes parties qui sont :

- La partie mécanique.
- La partie électrique.
- La partie commande. [22]

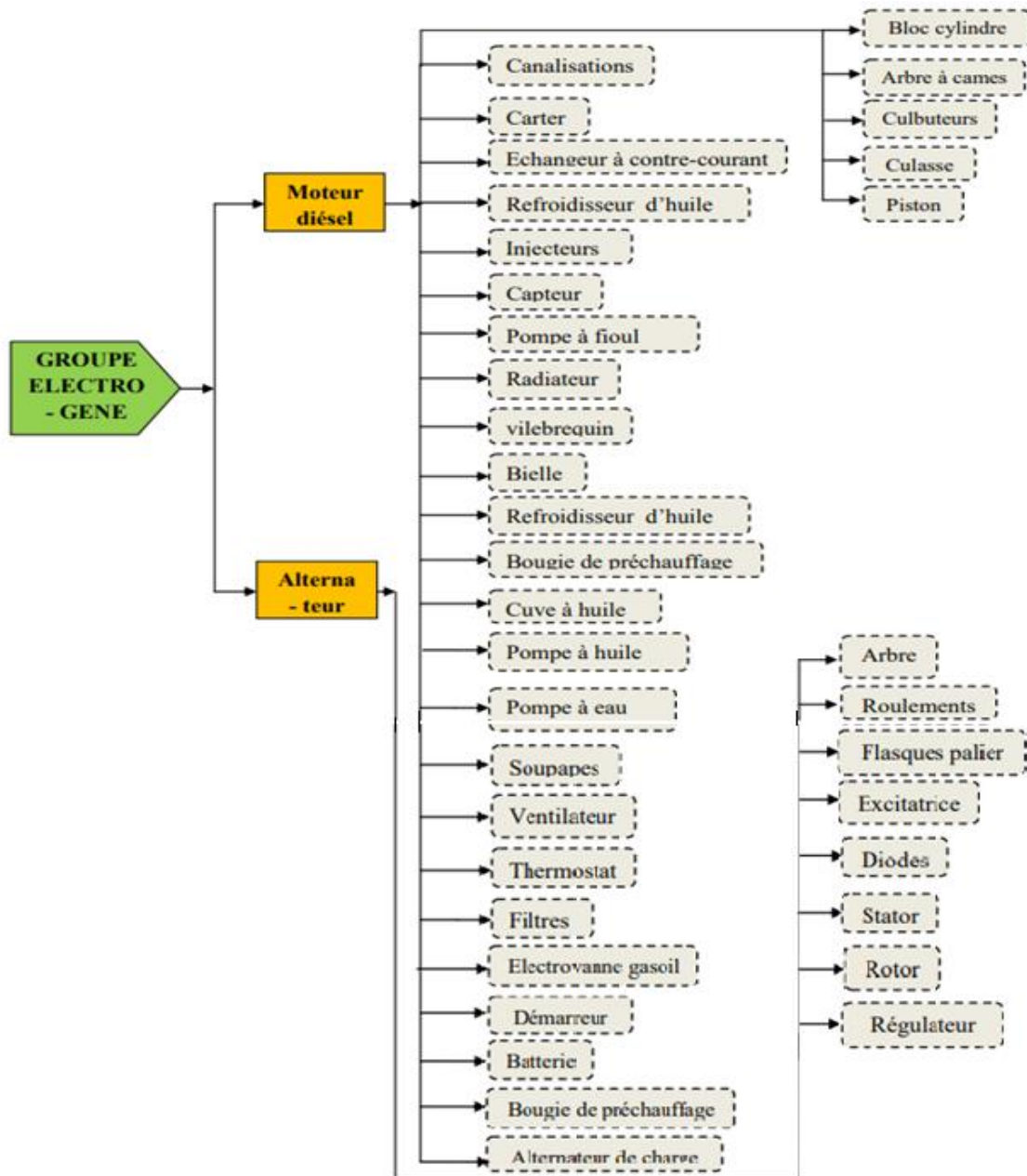


Figure III.2. Schéma de l'Analyse Descendante Structurale non exhaustive du groupe électrogène. [22]

III.3.1. La partie mécanique

La partie mécanique est composée de plusieurs éléments tels que :

III.3.1.1. Moteur diesel

Dans le cas du moteur diesel qui brûle du gasoil. Il s'en distingue essentiellement par le fait qu'il n'a pas le circuit d'allumage et qu'il recourt obligatoirement à l'injection. Le carburant injecté s'enflamme spontanément dans la chambre de combustion grâce à la forte élévation de température, lorsque la pression atteint un niveau critique à cause de la compression de l'air.

Le fonctionnement peut être décrit de la façon suivante :

- Avant tout, le cylindre est rempli d'air frais aspiré par le piston, ensuite cette charge est comprimée jusqu'à une certaine pression.
- Lorsque la température de l'air est suffisamment élevée, on injecte le combustible dans le cylindre pour former le mélange gazeux.
- Ce mélange gazeux s'enflamme et brûle grâce à la haute température, en provoquant une brusque augmentation de la pression et de la température qui fait tourner l'arbre moteur.
- Enfin, et sous l'effet des forces d'inertie, le piston refoule les gaz brûlés dans l'atmosphère.

[23]

❖ Description sommaire du moteur

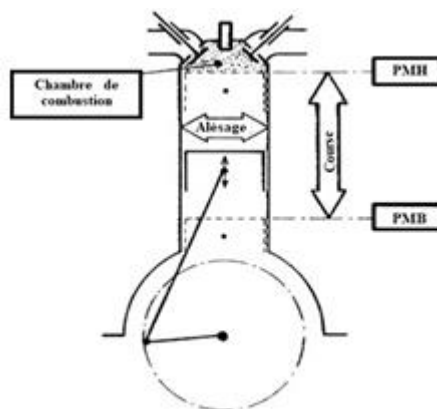


Figure III.3. piston et alésage. [23]

PMH : point mort haut. Position haute du piston

PMB : point mort bas. Position basse du piston

Course : distance que parcourt le piston du PMB au PMH. L'unité employée est le mm ou le cm.

Alésage : diamètre du cylindre

Cylindrée : volume du cylindre calculé à partir de la course et de l'alésage. L'unité est exprimée en cm³ pour les petits moteurs et en dm³ ou litre pour les plus gros.

Rapport volumétrique : appelé aussi taux de compression, c'est le rapport entre le volume au-dessus du piston avant compression (PMB) et le volume au-dessus du piston en fin de compression (PMH). [23]

❖ **Le cycle 4 temps Diesel**

➤ **1er temps : Admission**

Le piston descend du PMH au PMB :

Soupape admission ouverte - soupape échappement fermée Aspiration d'air pur.

➤ **2ème temps : Compression**

Le piston monte du PMB au PMH : Soupape admission fermée - soupape échappement fermée Compression de l'air avec forte élévation de température (500 à 750) environ).

➤ **3ème temps : Combustion détente**

Le piston descend du PMH au PMB : Soupape admission fermée - soupape échappement fermée On injecte le carburant dans l'air porté à haute température et celui-ci s'enflamme à son contact. L'augmentation de pression qui en résulte provoque le refoulement du piston, C'est le temps moteur.

➤ **4ème temps : Echappement**

Le piston monte du PMB au PMH : Soupape admission fermée - soupape échappement ouverte Les gaz brûlés sont chassés à l'extérieur. [23]

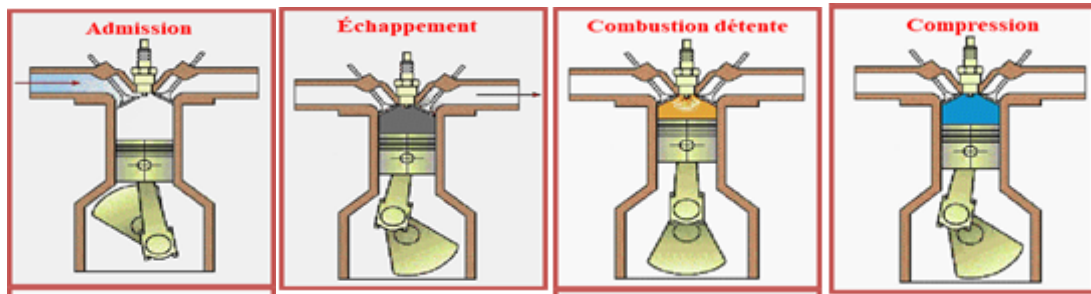


Figure III.4. Le cycle 4 temps Diesel. [23]

❖ **Organes principaux du moteur**

- Bloc moteur
- Vilebrequin
- Chemise de cylindre
- Ensemble bielle/piston
- Culasse

❖ **Bloc moteur CAT 3500**

Les blocs CAT sont réalisés en fonte alliée. Grâce à son nervurage, le bâti cylindre offre une grande résistance aux sollicitations dynamiques de fonctionnement (mécaniques et thermiques). Les circuits de lubrification et de refroidissement sont intégrés au bloc.

Les blocs des séries CAT 3500 et 3600 comportent des portes de visite qui autorisent l'accès aux embiellages, aux paliers de vilebrequin et aux arbres à cames. [23]

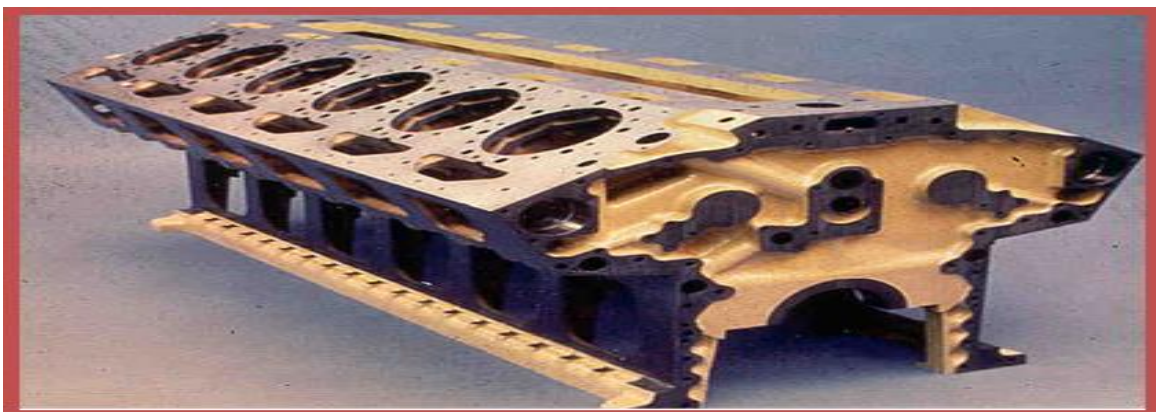


Figure III.5. Bloc moteur cat 3512. [23]

❖ Vilebrequin

Les vilebrequins CAT sont en acier forgé à haute teneur en carbone. Les congés et portées sont durcis par traitement thermique ou par grenailage. Les contrepoids d'équilibrage en acier sont vissés. Des conduits de graissage permettent de lubrifier les manetons. Le graissage des tourillons est assuré par arrivée d'huile dans le bloc. [23]

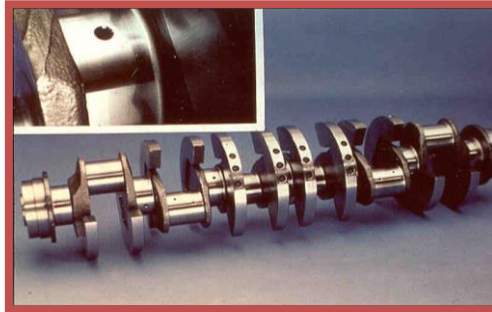


Figure III.6.Vilebrequin. [23]

❖ Chemise de cylindre

Les chemises CAT sont en fonte spéciale centrifugée et du 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. La surface extérieure est revêtue d'un traitement anti-oxydant. La surface interne est pierrée. [23]

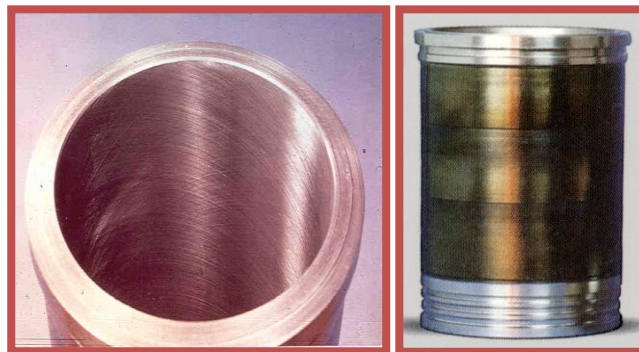


Figure III.7.Chemise de cylindre. [23]

❖ Ensemble bielle/piston

Bielle profil H matricée, en acier forgé. Le graissage de la tête est assuré par arrivée d'huile du vilebrequin et le pied par projection.

Le piston monobloc est en alliage d'aluminium. Un insert en acier supporte les segments de compression. La plupart des pistons sont refroidis par un jet d'huile qui circule dans une galerie située sous la tête du piston. [23]

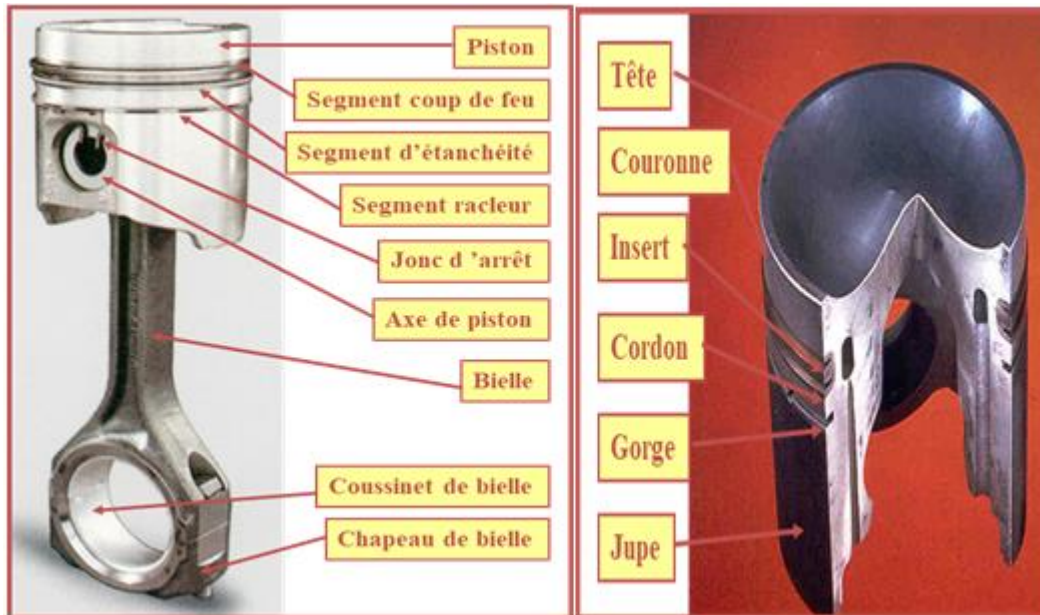


Figure III.8. Bielle et piston. [23]

❖ Les segments

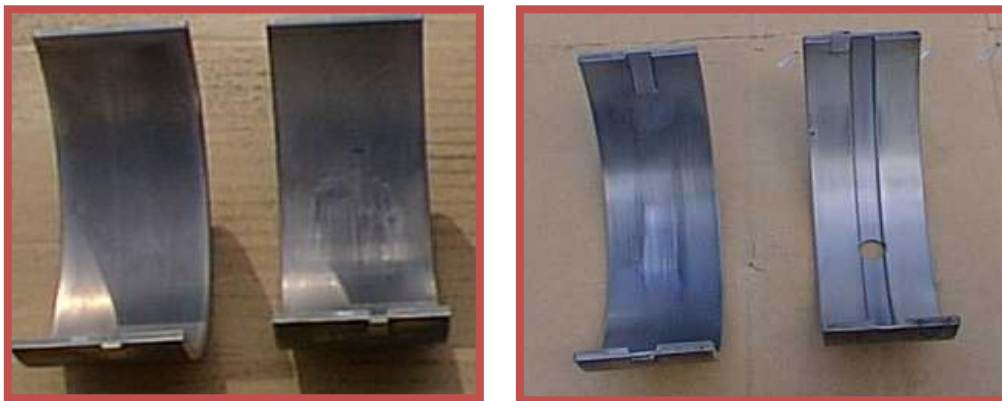
Les segments de compression sont soit de forme Keystone (trapézoïdal) soit rectangulaire. Leur surface de contact avec la chemise est soit arrondie, soit plate, soit conique, recouverte d'un matériau très dur, résistant à l'usure. La face de contact du segment de feu est recouverte de chrome ou de molybdène tandis que le segment d'étanchéité est recouvert de chrome. La plupart des segments d'étanchéité ont un chanfrein sur le diamètre intérieur provoquant en fonctionnement un mouvement de twist du segment. Le segment racleur est en fonte et son appui contre la chemise est assuré par un ressort expenseur permettant à une certaine quantité d'huile de rester sur la surface de la chemise. [23]



Figure III.9. Les segments. [23]

❖ Coussinets

Les coussinets de bielle et de paliers sont du type mince et sont parfaitement interchangeables. Ils sont réalisés en deux demi-coquilles en acier revêtues d'une couche mince d'aluminium, d'une fine couche d'accrochage en alliage de cuivre, d'une très fine couche d'étain-plomb et d'une protection étain. [23]



Coussinet de bielle

Coussinet de palier

Figure III.10.Les Coussinets. [23]

❖ Culasse

Les culasses CAT sont réalisées en fonte alliée. Les culasses des séries 3500 et 3600 sont du type individuel et reçoivent quatre soupapes par cylindre. Les séries 3300 et 3400 reçoivent quant à elles deux soupapes par cylindre. Une plaque intermédiaire en aluminium assure un appui optimal sur le bloc et la chemise. [23]

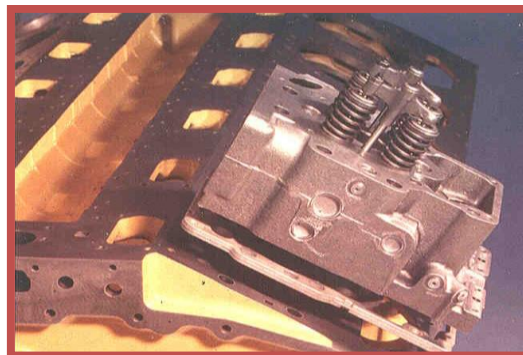


Figure III.11.culasse Cat 3512. [23]

Les guides et sièges de soupapes sont amovibles (fixation par ajustage serré). Le puits central d'injecteur est directement usiné dans la culasse. Un conduit d'huile assure le graissage des culbuteurs et queues de soupape. Un conduit de gazole permet l'alimentation

des injecteurs. Des férules indépendantes permettent le passage de l'huile et du liquide de refroidissement entre culasse et bloc. [23]

❖ Influence des paramètres moteurs sur la combustion

- Le régime moteur.
- La charge.
- La température d'air d'admission.
- La température d'eau de refroidissement.
- Le tarage des injecteurs.
- La qualité du combustible. [23]

❖ Circuit d'air et suralimentation

Un moteur Diesel consomme en moyenne 30 grammes d'air pour brûler 1 gramme de gazole. Cet air nécessaire à la combustion du fuel est présent partout dans l'atmosphère ; toutefois il est pollué par des particules de toutes sortes.

Le rôle essentiel du circuit d'admission est donc de purifier cet air aspiré, afin d'éviter l'introduction des poussières qui sont la cause d'usure des organes mécaniques. On ne considère qu'un moteur fonctionnant dans un milieu poussiéreux tel qu'un chantier aspirerait un kilogramme de poussières abrasives en 2-3 heures de fonctionnement sans filtre.

En application groupe électrogène, les filtres sont du type papier avec un seuil de filtration de l'ordre de $10\mu\text{m}$.

Un moteur à aspiration naturelle ne peut aspirer que 80% de sa cylindrée en air, ce qui limite la masse d'air introduite.

Sachant que la puissance est fonction de la quantité de combustible injecté et que cette quantité est limitée par la masse d'air introduite, la suralimentation et le refroidissement de cet air permettra d'augmenter la puissance. Les moteurs CAT sont équipés de turbocompresseurs à paliers lisses graissés par l'huile du moteur. Le refroidissement de l'air comprimé est assuré par des échangeurs air/eau du type tubulaire. [23]

❖ La corrosion électrolytique

Les liquides de refroidissement ou de lubrification peuvent devenir acides dans le temps pour diverses raisons. Ainsi en fonction des métaux en présence, le moteur peut générer des

micro-courants internes amorçant un phénomène d'électrolyse. Diverses solutions sont apportées suivant l'ampleur du phénomène. [23]

❖ La corrosion-érosion

L'érosion est un phénomène purement mécanique résultant de particules solides en suspension dans le liquide entraînées par le mouvement de celui-ci et attaquant les surfaces métalliques se présentant sur leur passage.

La corrosion-érosion se produit lorsque les surfaces protectrices sont endommagées. Elle résulte du mouvement relatif entre le fluide corrosif et la surface métallique.

Le tartre contenu dans l'eau étant précipité, le dépôt aura tendance à stagner dans les parties basses du circuit créant une hétérogénéité dans le circuit, des faiblesses dans la protection et une corrosion accrue en ces endroits. [23]

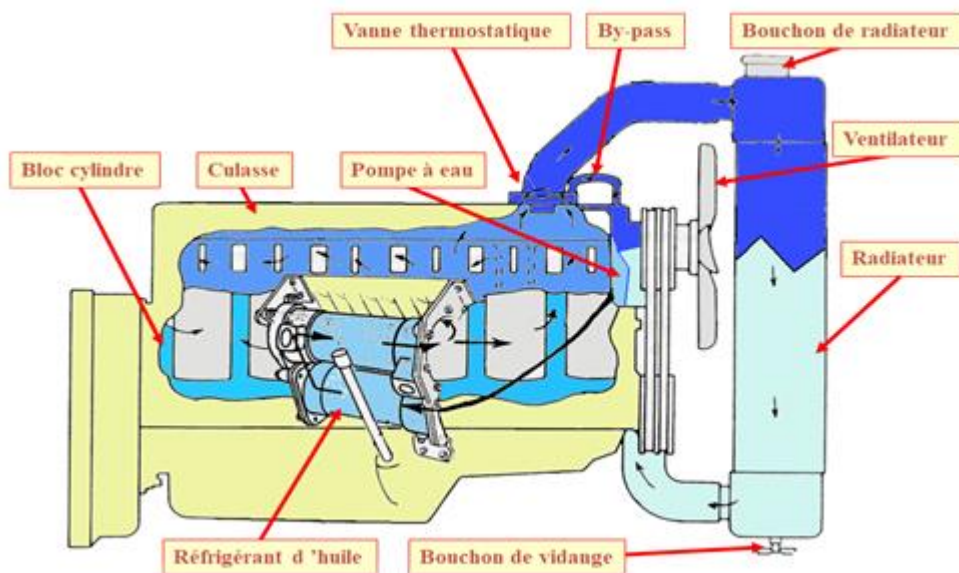


Figure III.12.Circuit d'air et suralimentation. [23]

❖ Pompe à huile

Les pompes à huile utilisées sur les moteurs CAT sont du type à engrenage à simple ou à double étage. [23]

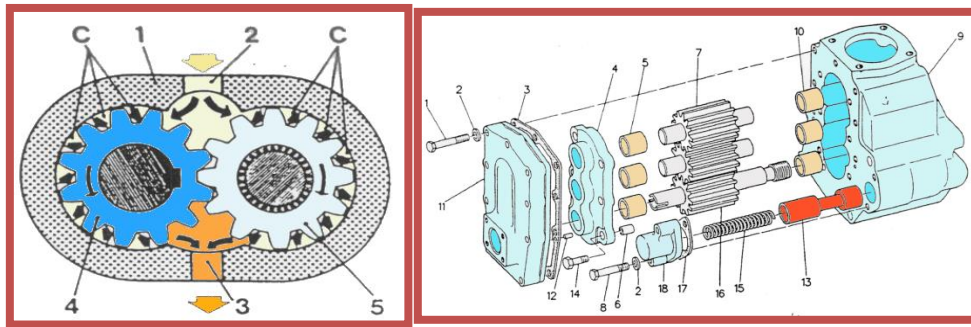


Figure III.13. Pompe à huile. [23]

❖ Le reniflard

Le reniflard est une mise à l'air libre du bloc moteur. Les gaz proviennent principalement des fuites à travers la segmentation. Ces gaz de reniflard sont chargés de vapeur d'huile. Le montage du conduit d'évacuation des gaz doit être de diamètre suffisant et exempt de points bas pour éviter toute contre-pression excessive. [23]

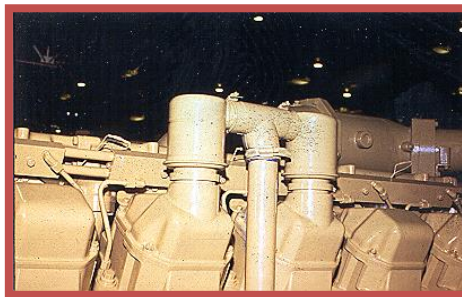


Figure III.14. Le reniflard. [23]

❖ Circuit de combustible

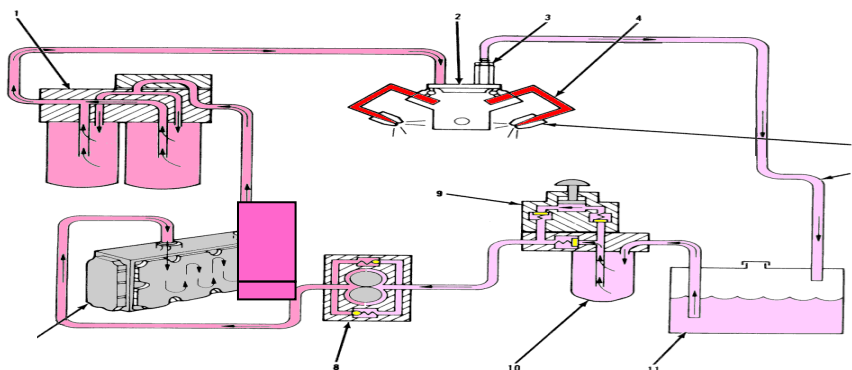


Figure III.15. Circuit de combustible. [23]

- | | |
|------------------------|---------------------------|
| 1/ Filtres principaux. | 6/ Ligne de retour |
| 2/ Pompe d'injection. | 7/ Pompe alimentaire. |
| 3/ Clapet de balayage. | 8/ Pompe d'amorçage. |
| 4/ Tuyau d'injection. | 9/ Pré filtre. |
| 5/ Injecteur. | 10/ Réservoir journalier. |

❖ Description

Le fuel pour un moteur Diesel est la source d'énergie caractérisée par son pouvoir calorifique (P.C.I). Pour l'acheminer dans la chambre de combustion, il faut l'introduire sous pression et cela suivant différentes étapes.

- ✓ Circuit d'aspiration venant du réservoir
- ✓ Circuit d'alimentation basse pression (200 à 500 kPa)
- ✓ Circuit haute pression (50000 à 150000 kPa)

Les organes mécaniques permettant cette haute pression sont fabriqués avec des jeux de montage de l'ordre de $2\mu\text{m}$. Il y a donc lieux de filtrer le carburant. [23]

❖ Le pré filtre

Il filtre les impuretés supérieures à $10\mu\text{m}$. Son rôle est de protéger la pompe alimentaire.



Figure III.16. Le pré filtre. [23]

❖ La pompe alimentaire

Son rôle est d'amener le fuel du réservoir à la pompe d'injection à l'aide d'une basse pression (200 à 500kPa) afin d'assurer un bon remplissage des éléments de pompe d'injection

dans un temps très court. Cette pompe doit emmener une quantité de carburant suffisante pour le fonctionnement du moteur à tous les régimes et sous toutes les variations de charge. [23]



Figure III.17. La pompe alimentaire. [23]

❖ Filtres à gazole

Le passage du combustible s'effectue dans le sens radial, de l'extérieur vers l'intérieur. Les plis que forme le papier sont fermés en haut et en bas par des disques de recouvrement. Une fois filtré, le combustible afflue à l'intérieur du tube central perforé (1). Les impuretés sont retenues à la surface du filtre où elles adhèrent. [23]



Figure III.18. Filtres à gazole. [23]

❖ Le système d'injection

Le carburant refoulé à haute pression par la pompe est injecté dans la chambre de combustion du moteur par l'injecteur. L'injecteur comprend le corps et l'aiguille d'injecteur. Ils sont appariés l'un par rapport à l'autre à un ajustement fin (de 2 à 4 μm); c'est pourquoi ils ne doivent être utilisés que comme unité complète. A l'aide d'une porte injectrice, l'injecteur est monté dans la culasse du moteur. Les injecteurs utilisés sur les moteurs CAT sont principalement « à trou ». [23]

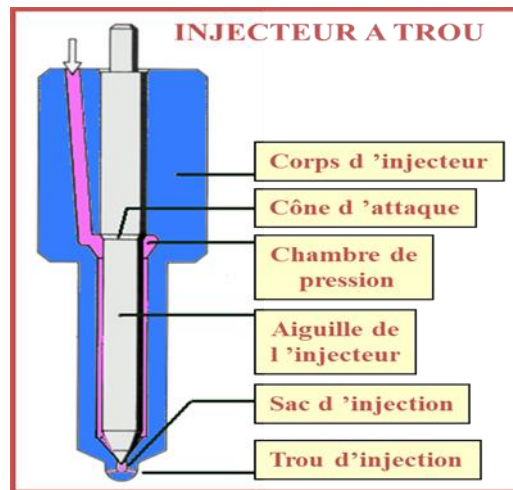


Figure III.19. injecteur a trou. [23]

❖ La pompe d'injection

L'équipement d'injection sert à injecter le carburant à la quantité exactement dosée et à un moment bien déterminé. La pompe d'injection engendre la pression nécessaire à l'injection du carburant et elle conduit le carburant aux cylindres correspondants du moteur Diesel. Les processus de combustion dans le moteur Diesel dépendent grandement de la quantité et de la manière dont le carburant est conduit au moteur. Voici les critères les plus importants :

- le moment où le carburant est injecté.
- la durée de l'injection du carburant.
- la répartition du carburant dans la chambre de combustion.
- le moment du début de la combustion.
- la quantité de carburant amenée par degré de rotation de vilebrequin.
- la quantité totale de carburant amené en fonction de la charge du moteur.

Ces conditions doivent être remplies d'une manière optimale pour assurer le fonctionnement parfait. [23]

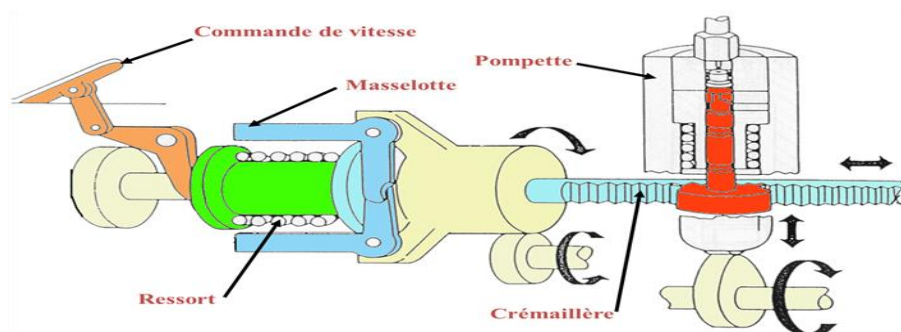


Figure III.20. La pompe d'injection. [23]

III.3.2. La partie électrique

La partie électrique est essentiellement composée d'un alternateur qui est un convertisseur électromécanique d'énergie dont le rôle est de produire l'énergie électrique sous forme alternative. Ce dernier est constitué de deux grandes parties à savoir :

- Le stator,
- Le rotor. [24]

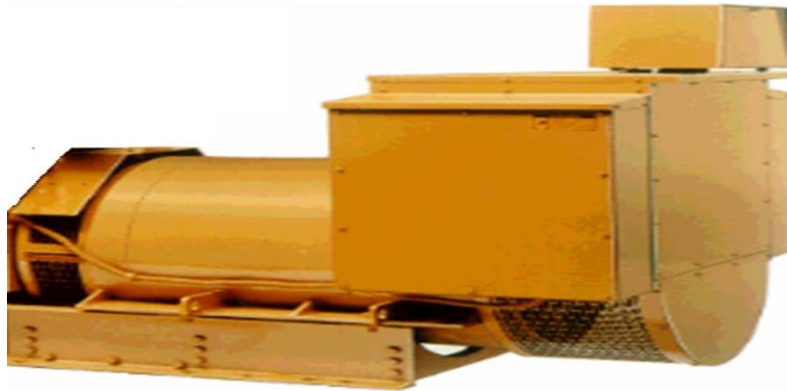


Figure III.21. Alternateur Cat 3512. [24]

❖ Caractéristique

Marque : Caterpillar.

Pas : 0.6667.

Nombre de pôles : 4 pôles.

Nombre de roulements : 1.

Isolation : Classe H.

IP rating : IP23.

Vitesse nominale : 1500 rpm.

Excitation : Permanent Magnet or AREP.

Régulateur de tension : 3 phases de avec une sélectivité Volts/HZ.

III.3.2.1. Constitution électrique

Un alternateur Caterpillar est composé principalement des parties suivantes :

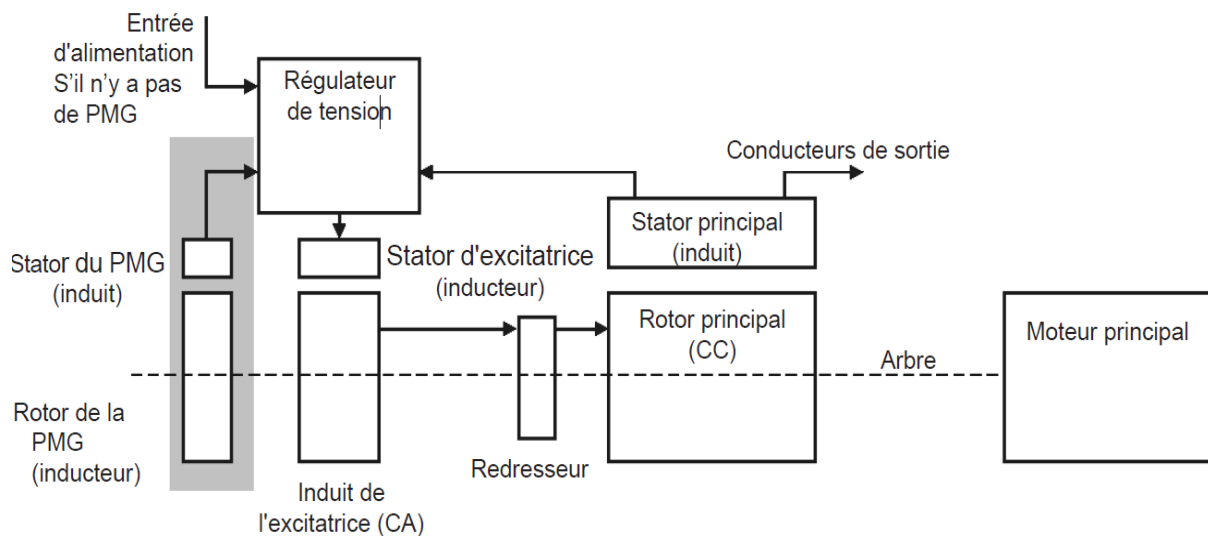


Figure III.22. Schéma descriptif de l'alternateur du groupe électrogène CAT 3512. [25]

III.3.2.2. Le stator principal

Le stator comprend un circuit magnétique constitué par un empilage de tôles en forme de couronne, isolées les unes des autres pour limiter les courants de Foucault. L'ensemble des couronnes avec leur isolation est fortement serré, il constitue le circuit magnétique du stator. Dans sa partie intérieure, le circuit magnétique comporte des encoches uniformément réparties dans lesquelles vient se loger l'enroulement triphasé du stator. Le circuit magnétique du stator est en fer afin d'augmenter le champ magnétique engendré par le rotor, il supporte le bobinage du stator. Le bobinage d'un stator triphasé comprend trois bobines décalées l'une par rapport à l'autre de 120° . Les deux extrémités de l'enroulement aboutissent chacune à une borne à la plaque de bornes de la machine. Elles constituent l'entrée et la sortie de l'enroulement. Elles ne sont pas connectées ensemble : l'enroulement est ouvert. C'est à l'utilisateur de réaliser le couplage. Parce que l'induit est fixe, on peut isoler fortement ses conducteurs ; aussi, construit-on des alternateurs qui produisent des f.é.m. atteignant jusqu'à 15 000 volts. [25]



Figure III.23. Stator d'un alternateur triphasé. [25]

III.3.2.3. Le rotor

Le rotor qui tourne à l'intérieur du stator immobile. Le rotor porte, dans les encoches disposées à sa périphérie, un enroulement parcouru par un courant continu. Le courant continu provient du système d'excitation. Le rotor excité, en tournant, produit un champ tournant avec lui. Ce champ tournant engendre des forces électromotrices dans chacune des phases de l'enroulement du stator. Les pôles sont alternativement nord et sud ; leur nombre total $2p$ est toujours paire. Certains rotors n'ont que 4 pôles, il en est qui en possèdent plusieurs dizaines. Si les différentes phases du stator sont fermées sur un circuit extérieur, elles sont parcourues par des courants alternatifs. L'ensemble de ces courants produit un champ tournant dans le même sens et à la même vitesse que le rotor. Le champ du rotor est proportionnel au courant d'excitation. [25]



Figure III.24. Schéma d'un rotor de l'alternateur. [25]

III.3.2.4. Régulateur de tension (AVR)

L'AVR (Automatique Voltage Régulateur) est un système de régulation automatique de la tension de sortie. Particulièrement adapté au groupe électrogène de chantier, l'AVR régule automatiquement le groupe électrogène lorsque la tension varie. Il garantit la stabilité de la tension et de la fréquence du groupe électrogène. [25]



Figure III.25. Régulateur de tension VR6. [25]

III.3.2.5. Principe de fonctionnement

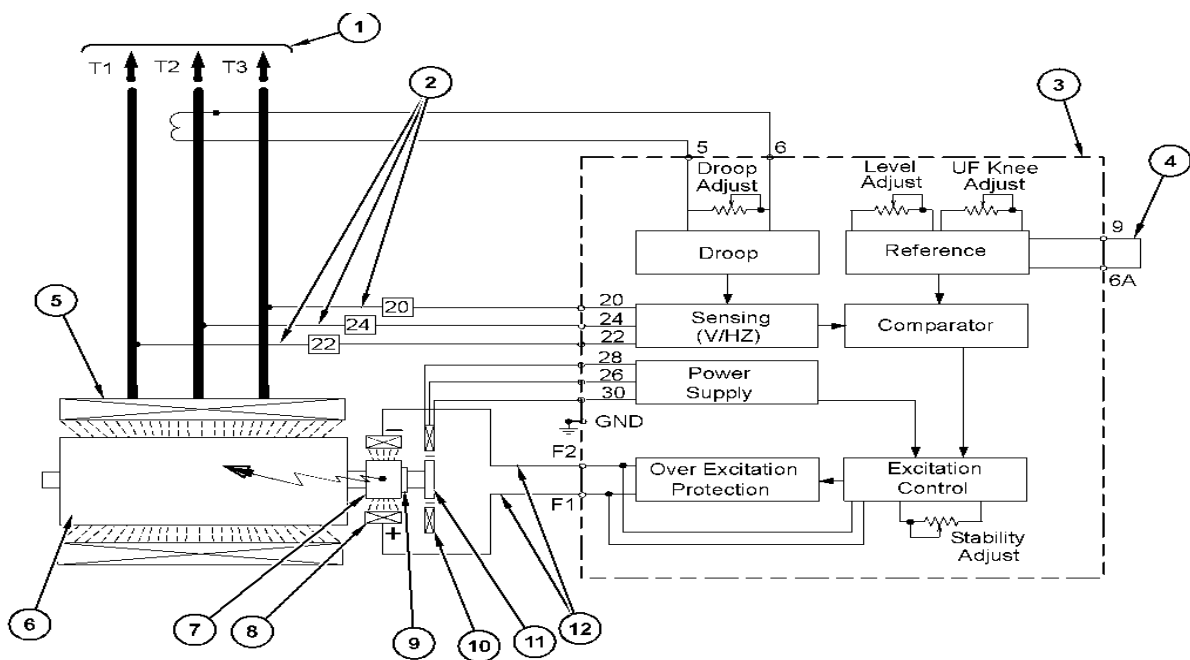


Figure III.26. Schéma de principe d'un régulateur de tension VR6. [25]

1. Phases de l'alternateur	5. Stator de l'alternateur	9. Redresseur triphasé
2. Détection des phases	6. Rotor de l'alternateur	10. Stator de l'aiment permanent
3. Régulateur de tension VR6	7. Rotor de l'excitatrice	11. Aiment permanent
4. Shunte	8. Stator de l'excitatrice	12. Fils d'excitatrice

Le régulateur de tension VR6 (3) maintient la tension de sortie de l'alternateur constante Quel que soit la variation de la charge. Il contrôle la DC ainsi que le courant qui est fourni au stator de l'excitateur (8).

Lorsque le régulateur détecte une diminution de la tension de sortie due à une augmentation de la charge, le régulateur augmente la tension aux bornes des fils (12). Ceci augmente le champ magnétique dans le stator de l'excitatrice (borne 8).Ceci augmente la tension et le courant alternatif induits dans le rotor de l'excitatrice (7). Cette tension alternative Triphasée provoque une augmentation du courant alternatif. Cette Dernière est ensuite redressée en en tension continue par le redresseur triphasé à diode (9).

La sortie du pont redresseur est envoyée vers le rotor principal (6) par des conducteurs qui sont acheminés à travers un passage dans l'arbre du générateur. L'augmentation du courant à travers le rotor principal augmente le champ magnétique du générateur est par conséquent, une tension plus élevée dans le stator principal 5.

La tension alternative triphasée (1) augmente jusqu'à ce que le régulateur de tension ne détecte plus une tension de sortie diminuée.

Lorsque le régulateur de tension détecte une augmentation de la tension de sortie due à une diminution de la charge, le régulateur va diminuer la tension continue vers l'excitateur. Une diminution de la tension du générateur se produira en raison de réponses similaires, comme décrit ci-dessus. [25]

III.3.2.6.Principe de fonctionnement de l'alternateur

L'électroaimant (le rotor) est alimenté par le courant d'excitation continu, le rotor excité, en tournant, il produit un champ tournant avec lui. L'interaction de ce champ tournant avec les conducteurs engendre, une force électromotrice dans chaque enroulement statorique.

III.3.2.7.Placement de capteur dans un moteur

1. capteur de niveau d'eau (au niveau haut de radiateur)
2. capteur de vitesse (cage ailer de volons moteur).
3. capteur de température d'eau (pipe d'eau).
4. capteur de pression d'huile (ploque moteur).
5. coffret de commande (haut de génératrice). [26]

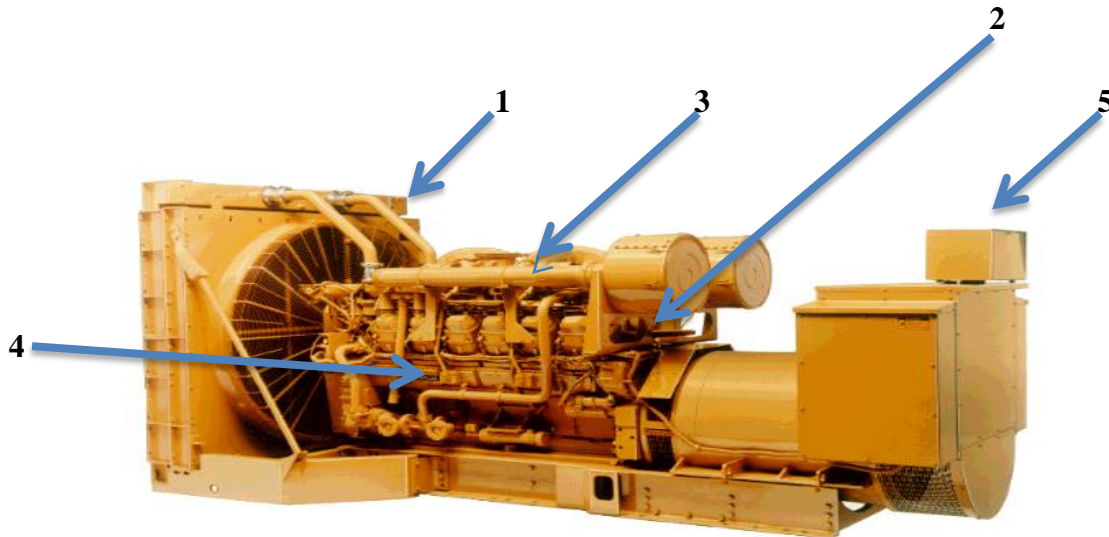


Figure III.27.Groupe électrogène Caterpillar 3512. [26]

III.3.2.8.Démarrage initial

- 1- Effectuer tous les contrôles préliminaires au démarrage
- 2- S'assurer que le disjoncteur principal ou les disjoncteurs de secteur est ouvert
- 3- Faire démarrer le moteur laissé le moteur se réchauffer
- 4- Régler sur le régime de pleine charge
- 5- Fermer le disjoncteur principal
- 6- Appliquer la charge. Ne pas essayer d'appliquer la pleine charge directement
- 7- Régler à niveau le régulateur en fonction de la fréquence nominale. [26]

III.3.3.Partie Commande

III.3.3.1. Panneaux de commande modulaire électrogène Caterpillar 3512

Le panneau de commande électronique .monté sur l'alternateur équipe tous les groupes électrogènes pré assemblés Caterpillar. [27]

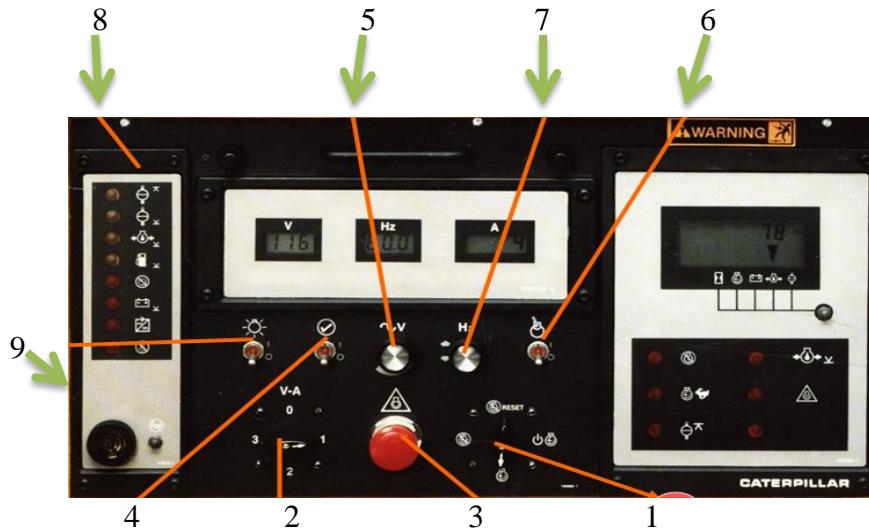


Figure III.28. Panneaux de commande modulaire électrogène Caterpillar 3512. [27]

- | | |
|-------------------------------------|---|
| 1- commande de moteur | 5- potentiomètre |
| 2- sélecteur de phase | 6- interrupteur pour auxiliaire de démarrage |
| 3- bouton d'arrêt d'urgence | 7- commande de vitesse |
| 4- interrupteur d'essai des témoins | 8- module d'alarme pour poste permanent |
| 5- potentiomètre | 9- deux lampes d'éclairage du panneau avec interrupteur |

III.3.3.2.Démarrage de moteur

- 1) Effectuer toute la vérification préalable à la mise en route
- 2) Tourner la commande moteur (1) sur la position de démarrage manuel. le moteur démarrer et rester en marche tant que la commande (1) reste sur cette position
- 3) Dès que le moteur démarre .les circuit de détection de défaillance sont opérationnels. En cas de défaillance .le moteur sera automatiquement coupé.
- 4) Dès que les circuits sont stabilisés après démarrage du moteur .appliquer la charge.

- 5) Régler la tension de l'alternateur soit au moyen de la commande de régulateur .soit en agissant sur le levier de commande de régulateur qui se trouve sur le moteur.
- 6) Régler la tension de l'alternateur au moyen du potentiomètre(5). [27]

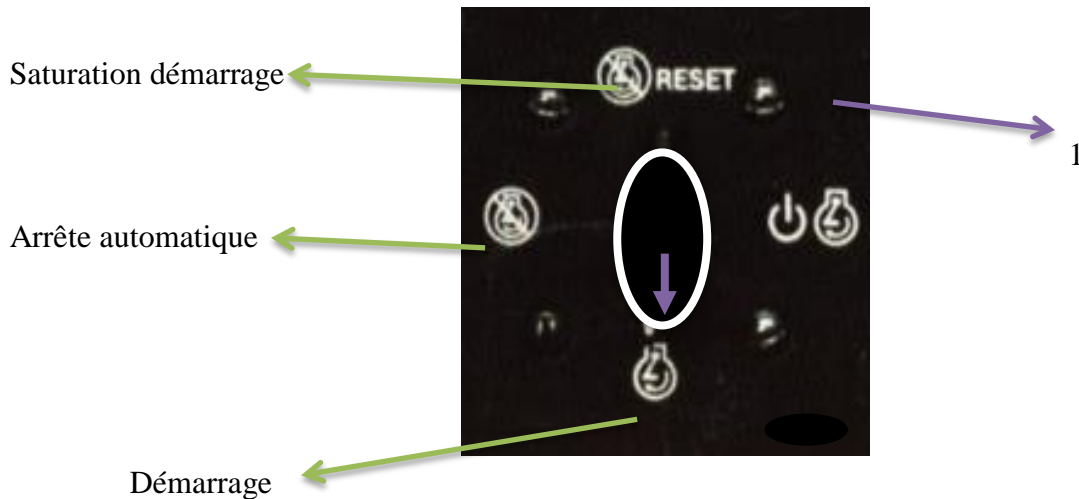


Figure III.29. Panneaux de commande démarrage de moteur. [27]

III.3.3.3. Arrêt automatique due à une défaillance

Le module de commande automatique est équipé de dispositifs de protection du moteur. Les dispositifs d'arrêt protègent le moteur en cas d'anomalies de fonctionnement telles que

- ✓ Manque de pression d'huile
- ✓ Température excessive du liquide de refroidissement
- ✓ Surrégime moteur
- ✓ Saturation au démarrage
- ✓ Perte de liquide de refroidissement. [27]

III.3.3.4. Arrêt du moteur

1. Retire la charge du moteur
2. Si l'on désire faire tourner le moteur au régime maxi à vide (régime nominale) pour Refroidissement pré réglée .si l'on ne désire pas que le Moteur passe par la phase de refroidissement sans charge. Passer au point (3)
3. Ramener le moteur au ralenti .enfoncez le bouton de commande de régulateur (GS)
4. Pendant que le moteur Torne au ralenti. Contrôler le niveau d'huile moteur.

5. Laisser refroidir le moteur au ralenti pendant cinq minutes environ une fois que le moteur a refroidi .ramener le sélecteur sur la position d'arrêt- réarmement. [27]

III.3.3.5.Arrêt d'urgence

Ce bouton de couleur rouge s'utilise pour couper le moteur en cas d'urgence uniquement. Si le bouton d'arrêt d'urgence a été utilisé pour le moteur .il faudra le réarmer .pour réarmer le bouton le tirer et le tourner dans le sens de la flèche. [27]



Figure III.30. Panneaux de commande Arrêt d'urgence. [27]

III.4.Conclusion

Il est arrivé à la fin de notre travail qui avait pour objet l'étude des composants et du rôle du groupe électrogène .D'abord, nous avons défini le groupe électrogène et mentionné ses parties importantes et son principe de fonctionnement, y compris ses parties mécaniques et électriques et son dispositif de commande. Cette étude nous a permis de donner une idée générale sur les groupes électrogènes qui portent le même principe de travail et diffèrent dans la puissance maximale mécanique et électrique.

Chapitre IV
Les outils de la
maintenance : RESEAUX
DE PERT,
ABC, AMDEC

IV.1. Introduction

La maintenance est une fonction de soutien dont l'objectif est de maintenir un bien dans un état dans lequel il peut remplir, de façon efficiente, une fonction requise d'un processus déterminé.

Dans le contexte actuel d'ouverture des marchés, les entreprises doivent améliorer leur compétitivité et donc leur productivité. « Produire plus pour moins cher » c'est avoir une meilleure disponibilité des moyens de production et c'est dépenser moins. Or la maintenance influe sur les deux facteurs : une maintenance mieux ciblée, c'est moins d'indisponibilité ; une maintenance mieux maîtrisée, c'est moins de dépenses, Au vu de l'importance du processus maintenance et de son impact sur les performances des installations, des méthodes d'optimisation ont été développées permettent d'aider les responsables de maintenance à construire ou à modifier les stratégies de maintenance telle que la méthode AMDEC, la méthode réseau de Pert, méthode ABC.

IV.2. Méthode réseau de Pert

IV.2.1. Origine

Au cours des années 1957-1958 la marine Américaine cherchait à mener rapidement à son terme le projet POLARIS, réalisation simultanée d'un sous-marin lance-missiles et la fusée adaptée, rendus opérationnels à même date. Ce projet, touchant quelques 250 fournisseurs et plus de 9000 sous-traitants, posait un problème de coordination pour le moins complexe, l'ordonnancement des tâches dépassant les limites habituelles. Les ingénieurs du bureau de planning de la marine mirent alors au point une méthode d'ordonnancement, s'appuyant sur les Mathématiques modernes. La méthode PERT était née et devait selon certains auteurs permettre un gain de deux ans sur la durée de la réalisation du projet POLARIS. [28]



Figure IV.1. Pert Polaris. [28]

IV.2.2.Méthode réseau de Pert

La méthode PERT est une technique permettant de gérer l'ordonnancement dans un projet. La méthode PERT consiste à représenter sous forme de graphe, un réseau de tâches dont l'enchaînement permet d'aboutir à l'atteinte des objectifs d'un projet. Elle a été conçue par la marine américaine afin de permettre de coordonner les travaux de plusieurs milliers de personnes pour aboutir à la réalisation de missiles à ogives nucléaires POLARIS. Ainsi, la méthode PERT implique au préalable :

- Un découpage précis du projet en tâches ;
- L'estimation de la durée de chaque tâche ;
- La nomination d'un chef de projet chargé d'assurer le suivi du projet, de rendre compte si nécessaire et de prendre des décisions en cas d'écart par rapport aux prévisions. [29]

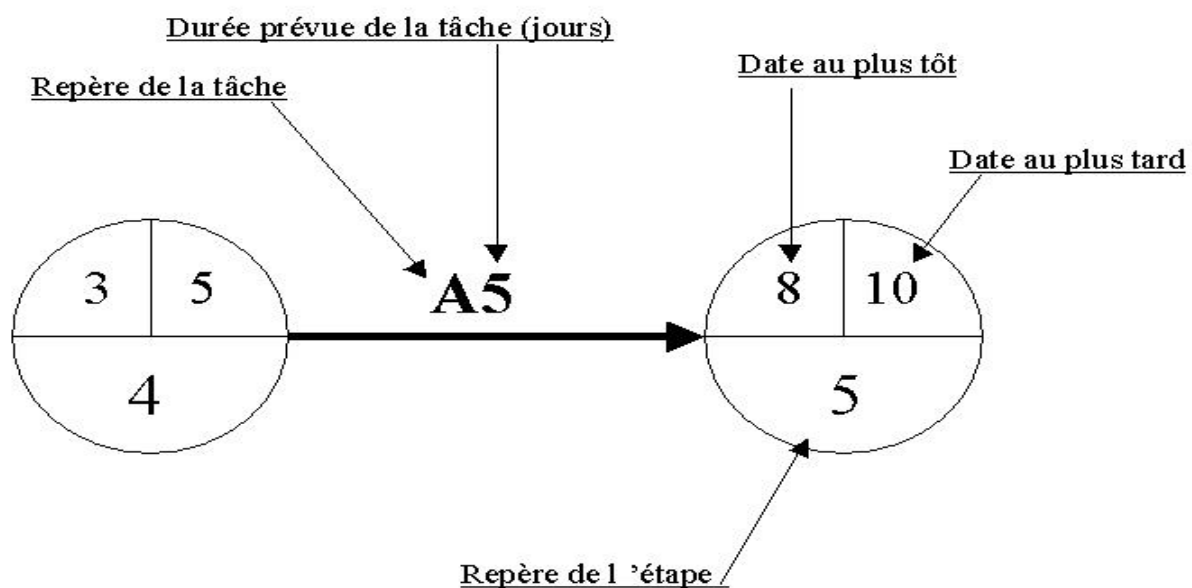


Figure IV.2. Représentation normalisée. [30]

IV.2.3.Principe de la méthode

La réalisation d'un projet implique l'exécution de certaines tâches dans un ordre donné, compte tenu, des relations existant entre elles. Ces relations de dépendance sont de deux ordres :

- Relations logiques : On ne peut commencer une tâche avant que la précédente ne soit terminée (par exemple, il faut percer avant de tarauder).
- Relation d'ordre spéculatif : L'entraînement du réseau est alors défini par contraintes (souvent la contrainte principale est le délai). [28]

❖ **Représentation graphique du diagramme PERT**

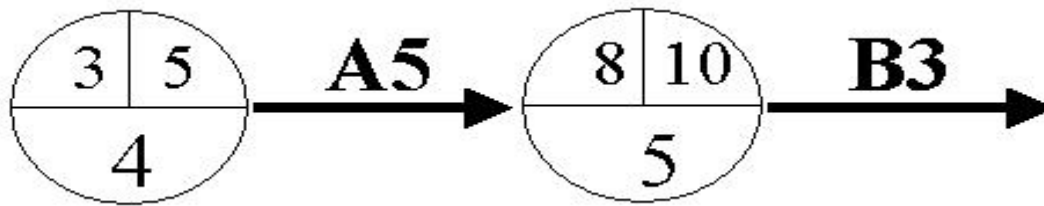


Figure IV.3. Des tâches du diagramme Pert. [30]

Les étapes 4 et 5 matérialisent le début et la fin d'une tâche (dates). Elles ne consomment ni de temps, ni de coût, ni de moyen. Ce sont simplement des états de l'avancement du projet.

[30]

❖ **Définition La tâche A**

Parfois activité ou étape, représentée par une flèche. A chaque tâche correspond un code et une durée. Néanmoins, la longueur de la flèche est indépendante de la durée

Commence à l'étape 4 et se termine à l'étape 5. Si l'unité de temps est le jour, elle dure 5 jours. Elle commencera au plus tôt le 3ème jour après le lancement du projet et s'achèvera au plus tôt le 8ème jour. L'étape 5 pouvant commencer au plus tard le 10ème jour, l'étape 4 pourra commencer au plus tard le 5ème jour. [30]

❖ **Calcul des dates**

Les dates « au plus tôt » se comptent à partir de l'étape initiale par additions successives des durées des tâches. Les dates « au plus tard » se calculent à partir de l'étape finale en retranchant successivement les durées des tâches. [30]

❖ **Antériorité**

La tâche A est antérieure à la tâche B. On dit que la tâche B a pour antériorité la tâche A. [30]

❖ **Chemin critique**

C'est le chemin dont la succession des tâches donne la plus longue durée d'exécution. Sur le diagramme PERT, il est marqué et traits gras. Aucun incident sur ce chemin n'est tolérable. [31]

❖ **Battement**

Le battement d'une étape est la différence entre la date au plus tard et la date au plus tôt de cette étape.

La date au plus tôt d'une étape est la durée du chemin le plus long menant à cette étape. La date au plus tard d'une étape est la différence entre la durée du projet et la durée du chemin le plus long restant à faire pour terminer le projet.

Les étapes se trouvant sur le chemin critique ont un battement nul. [30]

❖ **Les marges :**

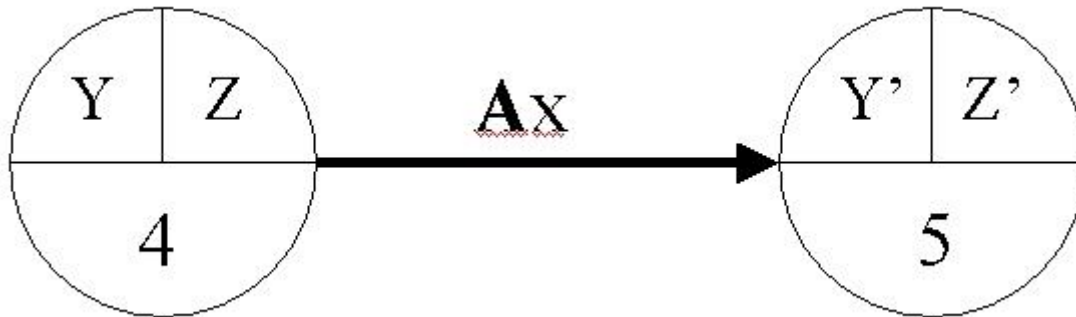


Figure IV.4. Les marges. [30]

❖ **La marge totale (Mt)**

D'une tâche, est le délai maximum que l'on peut appliquer à sa date de début « au plus tôt », ce qui implique d'avoir réalisé toutes les tâches antérieures au plus tôt et toutes les tâches restantes appartenant au même chemin, au plus tard. [30]

$$Mt = Z' - (X + Y)$$

❖ **La marge libre (Ml)**

D'une tâche est le délai maximum que l'on peut appliquer à sa date de début « au plus tôt », sans affecter les dates de début « au plus tôt » des tâches suivantes se trouvant sur le même chemin. Ce type de marge est très utile pour l'ordonnancement d'un projet. [30]

$$Ml = Y' - (X + Y)$$

IV.2.4. Objectif de méthode réseau de pert

- ✓ Réduire les délais au maximum.
- ✓ Etablir la solution la plus économique.
- ✓ Respecter les délais dans les conditions les plus économiques et les plus sûres.
- ✓ Assurer le plein emploi des moyens disponibles.
- ✓ Comparer les différentes solutions techniques de réalisation d'un projet pour choisir la mieux adaptée. [31]

IV.3. Méthode ABC (diagramme de Pareto)

Parmi la multitude de préoccupations qui se posent à un responsable maintenance, il lui faut décider quelles défaillances doivent être étudiées et/ou améliorées en premier. Pour cela, il faut déceler celles qui sont les plus importantes et dont la résolution ou l'amélioration serait le plus rentable, en particulier en terme de coûts d'indisponibilité. La difficulté réside dans le fait que ce qui « est important » et ce qui « l'est moins » ne se distinguent pas toujours de façon claire. La méthode ABC apporte une réponse. Elle permet l'investigation qui met en évidence les éléments les plus importants d'un problème afin de faciliter les choix et les priorités.

On classe les événements (pannes par exemple) par ordre décroissant de coûts (temps d'arrêts, coût financier, nombre, etc.), chaque événement se rapportant à une entité. On établit ensuite un graphique faisant correspondre les pourcentages de coûts cumulés aux pourcentages de types de pannes ou de défaillances cumulés. Sur le schéma figure 6.2, on observe trois zones.

1. Zone A : 20% des pannes occasionnent 80% des coûts ;
2. Zone B : les 30% de pannes supplémentaires ne coûtent que 15% supplémentaires ;
3. Zone C : les 50% de pannes restantes ne concernent que 5% du coût global.

Conclusion : il est évident que la préparation des travaux de maintenance doit porter sur les pannes de la zone A. [32]

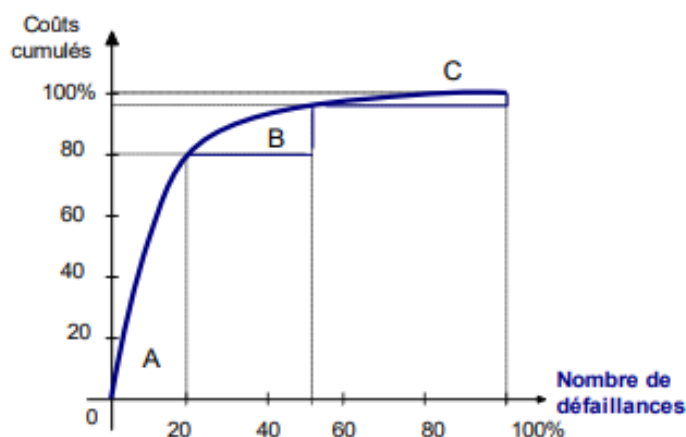


Figure IV.5. Diagramme de Pareto ou courbe ABC. [32]

IV.3.1. Construction du diagramme de Pareto

A partir des données recueillies, on définit les catégories, puis :

- ✓ On répartit les données dans les catégories.
- ✓ Les catégories sont classées dans l'ordre décroissant, (tri dans Excel par ex.)
- ✓ Faire le total des données.
- ✓ Calculer les pourcentages pour chaque catégorie : fréquence /total.
- ✓ Calculer le pourcentage cumulé.
- ✓ Déterminer une échelle adaptée pour tracer le graphique.

Placer les colonnes (les barres) sur le graphique, en commençant par la plus grande à gauche
Lorsque les barres y sont toutes, tracer la courbe des pourcentages cumulés. [33]

IV.3.2. Objectif de méthode ABC (loi de Pareto)

L'exploitation de cette loi permet de déterminer les principales causes de pertes à partir d'un historique (pannes, pertes matières, consommation de pièces, réclamations consommateurs, incidents de sécurité etc...). Il s'agit d'un outil de prise de décision qui permet de suggérer objectivement un choix d'éléments classés par ordre d'importance

Les résultats peuvent être présentés sous deux formes

- ✓ Une courbe croissante appelée courbe ABC
 - ✓ Un histogramme dégressif qui permet également de distinguer les zones A, B et C.
- ❖ **Important** : Il ne faut pas chercher de manière systématique à distinguer un 80 / 20 dans le classement des pertes. La répartition des pertes selon les zones A, B et C doit être logique et regrouper des valeurs selon 3 familles en retenant les critères suivants :

Zone A: Pertes devant engendrer des actions prioritaires

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

Zone C: Pertes ne justifiant pas d'action.[34]

IV.4.Méthode AMDEC

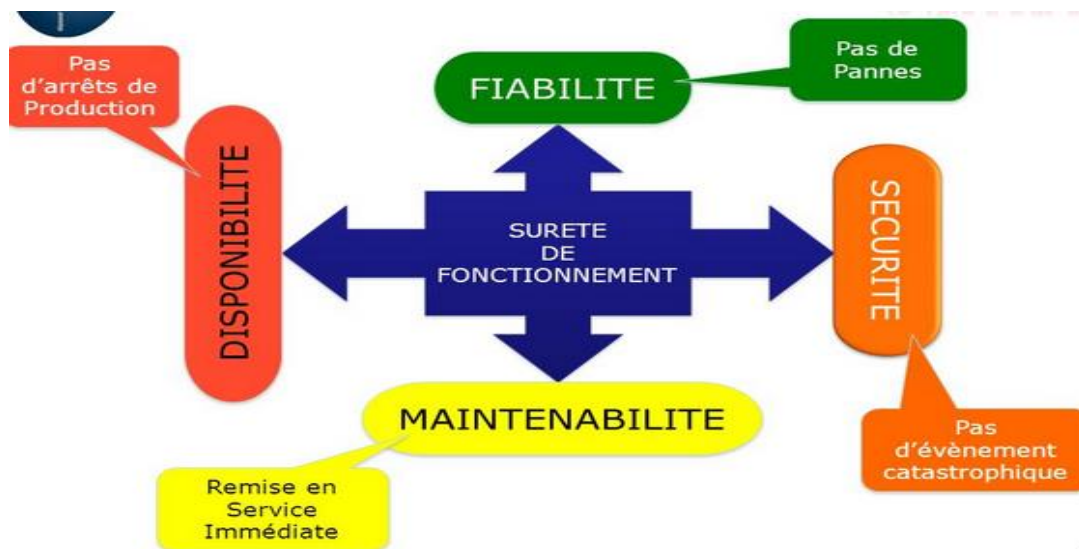


Figure IV.6. Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité.

[35]

Historique

Elle trouve son origine dans les années 1950, sous le nom de FMEA (Fail ures Modes and Effets Analyses). Utilisée exclusivement aux USA et au Japon pour améliorer la fiabilité des produits de haute technicité (armement, avionique, spatial), elle fait son apparition en Europe en 1970 dans l'industrie nucléaire (du militaire vers le civil). Le grand essor de l'AMDEC est dû à sa mise en œuvre généralisée dans l'industrie automobile (à partir de 1979 chez Ford et 1982 chez les constructeurs Français) ; tous les sous-traitant sont dû suivre. Conformément au QS 9000 (équivalent de l'ISO 9000 pour l'automobile), les fournisseurs automobiles devaient utiliser la planification qualité du procédé (APQP), incluant l'outil AMDEC et développant les plans de contrôle. Les industries électroniques, puis les industries mécaniques se sont inscrites ensuite dans cette démarche (apparition de la notion de sécurité des biens et des personnes). [35]

IV.4.1. Présentation

L'AMDEC ou Analyse des Modes de Défaillance de leurs Effets et de leur Criticité est une technique d'analyse préventive permettant d'identifier et de traiter les causes potentielles des défauts et des défaillances avant qu'ils ne surviennent. L'AMDEC est une méthode rigoureuse de travail en groupe, très efficace grâce à la mise en commun de l'expérience et des

connaissances de chaque participant, à condition toutefois que l'animateur AMDEC soit suffisamment expérimenté. [35]

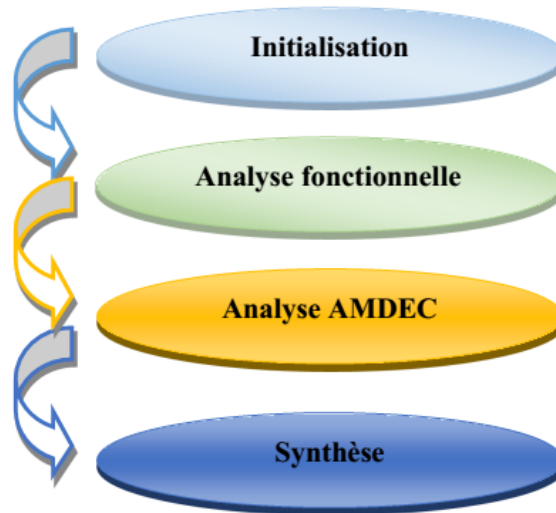


Figure IV.7.Déroulement d'AMDEC. [35]

IV.4.2. Objectif de méthode AMDEC

- L'obtention d'une disponibilité maximale.
- D'identifier les causes et les effets de l'échec potentiel d'un procédé ou d'un moyen de production,
- D'identifier les actions pouvant éliminer (ou du moins réduire) l'échec potentiel.
- Analyser les conséquences des défaillances.
- Identifier les modes de défaillances.
- Préciser pour chaque mode de défaillance les moyens et les procédures de détection.
- Déterminer l'importance ou la criticité de chaque mode de défaillance.
- Classer les modes de défaillance.
- Établir des échelles de signification et de probabilité de défaillance. [35]

IV.4.3. Les différents types l'AMDEC

Tableau.IV.1.Les différents types l'AMDEC. [35]

Types d'AMDEC	Rôle	Document de travail associé
AMDEC Fonctionnelle	Analyse des défaillances et de ses causes à l'étape de la conception.	<ul style="list-style-type: none"> • Plan de construction • Brevet
AMDEC Produit	Analyse les demandes des clients en termes de fiabilité.	Plan de fiabilisation
AMDEC Process	Analyse des risques liés aux défaillances d'un produit.	<ul style="list-style-type: none"> • Plan de surveillance • Contrôle qualité
AMDEC Moyen de Production	Analyse les risques liés aux défaillances de la chaîne de production.	Guide de maintenance
MDEC Flux	Analyse les risques liés à l'approvisionnement, le temps de réaction et de correction et leurs coûts.	<ul style="list-style-type: none"> • Plan de gestion des stocks • Procédure de sécurité

IV.4.4. Définition de la criticité

Afin de déterminer l'importance de chaque mode de défaillance on calcul l'indice de criticité. L'indice de criticité est calculé pour chaque défaillance à partir de combinaison des trois indices

$$C = F \times N \times G$$

Tel que :

- **C** : indice de criticité.
- **F** : indice de la fréquence d'apparition de la défaillance.
- **G** : indice de gravité, de conséquence que la défaillance génère.
- **N** : indice de la non-détection de l'apparition de la défaillance.

Le calcul de criticité est fait par le produit des notes G.F.N seuil de criticité acceptable ou non, permettant la hiérarchisation et la mise en place d'action corrective qui peut être défini

Comme suit :

Tableau.IV.2.Niveau de criticité. [35]

N°	NIVEAU DE CRITICITE	ACTIONS CORRECTIVES A ENGAGER
1	$1 \leq C < 10$ Criticité négligeable	Aucune modification de conception Maintenance corrective
2	$10 \leq C < 20$ Criticité moyenne	Amélioration des performances de l'élément Maintenance préventive systématique
3	$20 \leq C < 40$ Criticité élevée	Révision de la conception du sous-ensemble et du choix des éléments Surveillance particulière, maintenance préventive conditionnelle / prévisionnelle
4	$40 \leq C < 64$ Criticité interdite	Remise en cause complète de la conception

IV.4.5. La méthodologie

La réalisation d'une AMDEC suppose le déroulement de la méthode comme suit :

- La constitution d'un groupe de travail,
- L'analyse fonctionnelle du procédé (ou de la machine),
- L'analyse des défaillances potentielles,
- L'évaluation de ces défaillances et la détermination de leur criticité,
- La définition et la planification des actions.

La méthode est identique pour l'AMDEC procédé et l'AMDEC moyen de production. Les différences, lorsqu'elles sont significatives, seront mises en évidence dans la suite de ce document. [35]

IV.4.6. Les étapes de la méthode

Etape 1 : initialisation

- ◆ Définition du système à étudier
- ◆ Définition de la phase de fonctionnement
- ◆ Définition des objectifs à atteindre
- ◆ Constitution du groupe de travail
- ◆ Etablissement du planning
- ◆ Mise au point des supports de l'étude

Etape 2 : décomposition fonctionnelle

- ◆ Découpage du système
- ◆ Identification des fonctions des sous-ensembles
- ◆ Identification des fonctions des éléments

Etape 3 : analyse AMDEC**Phase a : analyse des mécanismes de défaillance**

- ◆ Identification des modes de défaillance
- ◆ Recherche des causes
- ◆ Recherche des effets
- ◆ Recensement des détections

Phase b : évaluation de la criticité

- ◆ Estimation du temps d'intervention
- ◆ Evaluation des critères de cotation
- ◆ Calcul de la criticité

Phase c : proposition d'actions correctives

- ◆ Recherche des actions correctives
- ◆ Calcul de la nouvelle criticité

Etape 4 : synthèse

- ◆ Hiérarchisation des défaillances
- ◆ Liste des points critiques
- ◆ Liste des recommandations. [35]

a) La fréquence F

Relatif à la fréquence d'apparition de la défaillance, cette fréquence exprime la probabilité combinée d'apparition du mode de défaillance par l'apparition de la cause de la défaillance. La fréquence F allant de un (1) jusqu'à quatre (4). [35]

Tableau.IV.3.La fréquence F. [35]

Niveau	Valeur	Définition
Faible	1	défaillance rare : moins de une défaillance par année
très Faible	2	défaillance possible : moins de une défaillance par trimestre
Moyen	3	défaillance occasionnelle : moins de une défaillance par semaine
Elevé	4	défaillance fréquente : plus de une défaillance par semaine

b) Gravité (G)

Relatif aux conséquences provoquées par l'apparition du mode de défaillance en termes des indices suivants :

- Qualité des pièces produites ;
- Sécurité des hommes ou des biens ;
- Temps d'intervention qui correspond au temps actif de maintenance corrective (diagnostic + réparation ou échange + remise en service).

La gravité G est le plus souvent cotée de un (1) jusqu'à (4). [35]

Tableau.IV.4.La gravité G. [35]

Niveau	Valeur	Définition
Mineure	1	-arrêt de production : moins de 15 minutes-aucune ou peu pièce de rechange nécessaire
Moyenne	2	-arrêt de production : de 15 minutes à une heure-pièces en stock
Majeure	3	-arrêt de production : 1 heure à 2 heures-pièces en stock ou livraison ultra-rapide
Grave	4	-arrêt de production : 2 heures et plus-long délai de livraison

c) Détection (D)

Elle est relative à la possibilité de détecter la défaillance avant qu'elle ne se produise. [29]

Tableau.IV.5.Détection D. [35]

Niveau	Valeur	Définition
Evident	1	détection certaine, sirène, moyens automatiques, signes évidents
Possible	2	délectable par l'opérateur, par des routes d'inspections, vibrations
Improbable	3	difficilement détectable, moyens complexes (démontages, appareils)
Impossible	4	indétectable, aucun ne signe

IV.5.Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons étudié trois méthodes et appris l'importance de chacune d'entre elles:

L'AMDEC est une méthode de prévention qui peut s'appliquer à une organisation, un processus, un moyen, un composant ou un produit dans le but d'éliminer, le plus en amont possible, les causes des défauts potentiels. C'est là un moyen de se prémunir contre certaines défaillances et d'étudier leurs causes et leurs conséquences. La méthode permet de classer et de hiérarchiser les défaillances selon certains critères (occurrence, détection, gravité). Les résultats de cette analyse sont les actions prioritaires propres à diminuer significativement les risques de défaillances potentielles.

Le diagramme PERT utilisent les symboles et la notation de la technique d'évaluation et d'examen de programmes pour schématiser la relation des tâches interdépendantes et les autres événements d'un projet.

Le diagramme de Pareto (loi du 80-20, ou 20-80) est une théorie selon laquelle 20% des causes sont responsables de 80% des effets. Applicable à différents domaines et secteurs, celle-ci figure notamment parmi les méthodes de maintenance les plus connues dans le monde industriel.

Chapitre V

APPLICATION DES Méthode : RESEAU DE PERT, ABC, AMDEC

V.1. Introduction

Le forage est un procédé primordial afin d'extraire le pétrole, celui-ci exige des Installations importantes afin d'assurer un environnement de travail sure est efficace.

Parmi les équipements utilisés on cite le groupe électrogène CATERPILLAR 3512 pour produire de l'énergie électrique afin d'alimenter les équipements de forage (pompe à boue, treuil, table de rotation,...) ainsi pour assurer l'éclairage dans la plateforme pétrolière, les camps et les bases de vie. Donc cet équipement est le cœur de l'appareil de forage dans ce site considéré comme aride.

Pour cette raison, à cause des conditions climatique saharienne sévères sur site ; surtout la température ; la productivité énergétique du moteur CAT3512 accorde des pertes d'énergie, or une dissipation en puissances qui rend le rendement faible d'une part, et pour satisfait la nécessité énergétique de l'installation il faut consommer plus de combustible d'autre part.

Dans cet axe que notre thème se base, or l'objectif de notre travail est de trouver une solution adéquate pour minimiser ces pertes d'énergie et bien sûr on assurant le bon fonctionnement du moteur.



Figure.V.1. groupe électrogène CAT 3512. [36]

V.2. Caractéristiques techniques du groupe électrogène CAT 3512

Tableau V.1. Spécifications d'un groupe électrogène. [37]

Spécifications Groupe Electrogène	
Puissance Minimum	890 ekW (1000kVA)
Puissance Maximum	1250 ekW (1400kVA)
Tension	220 à 13800 Volts
Fréquence	50 ou 60 Hz
Vitesse	1500 ou 1800 TR/MIN

Tableau V.2. Spécifications d'un moteur diesel CAT 3512. [37]

Spécifications Moteur		
Modèle Moteur	3512 TA, V-12, 4-Stroke Water-Cooled Diesel	
Alésage	170 mm	6.69 in
Cylindrée	51.8 L	3161.03 in3
Course	190 mm	7.48 in
Taux de Compression	13.5:1	
Aspiration	TA	
Type de Régulateur	Woodward	
Système Carburant	Direct Unit Injection	

V.2.1. Avantages et Caractéristiques

❖ Moteur Diesel Cat

- Fiable, robuste, durable
- Eprouvé dans des milliers d'applications à travers le monde
- Moteur Diesel à quatre temps combinant une performance constante et une excellente économie de carburant avec un poids minimum

❖ Alternateur

- Adapté aux performances et caractéristiques de sortie des moteurs Cat
- Conceptions mécanique et électrique de premier ordre
- Capacités de démarrage de premier ordre
- Haute Efficacité. [37]

V.2.2. Performance du Groupe CAT 3512

Tableau V.3. Performance du Groupe CAT 3512. [37]

Performance du Groupe		
Puissance Groupe avec Ventilateur @ Cos Phi 0.8	1500 ekW	
Puissance Groupe	1875 kVA	
Refroidisseur d'Air (Circuit Séparé)	60.0 ° C	140.0 ° F

V.2.3. Consommation Carburant

Tableau V.4. Consommation Carburant du Groupe CAT 3512. [37]

Consommation Carburant		
100% de Charge avec Ventilateur	406.9 L/hr	107.5 gal/hr
75% de Charge avec Ventilateur	298.8 L/hr	78.9 gal/hr
50% de Charge avec Ventilateur	205.8 L/hr	54.4 gal/hr
25% de Charge avec Ventilateur	117.0 L/hr	30.9 gal/hr

V.2.4. Système de Refroidissement

Tableau V.5.Système de Refroidissement du Groupe CAT 3512. [37]

Système de Refroidissement^a		
Capacité de Liquide de Refroidissement	156.8 L	41.4 gal

V.2.5. Air d'Admission

Tableau V.6. Système d'Air d'Admission du Groupe CAT 3512. [37]

Air d'Admission		
Débit d'Air d'Admission	129.5 m ³ /min	4572.8 cfm
Temp. Max Entrée Air Admission	72 ° C	162 ° F

V.2.6. Système d'Echappement

Tableau V.7.Système d'Echappement du Groupe CAT 3512. [37]

Système d'Echappement		
Température des Gaz d'Echappement	483.7 ° C	902.7 ° F
Débit des Gaz d'Echappement	345.4 m ³ /min	12196.5 cfm
Contre-Pression Système Echap. (Maximum Acceptable)	6.7 kPa	27.0 in. water

V.2.7. Rejets Calorifiques

Tableau V.8.Système d'Echappement du Groupe CAT 3512. [37]

Rejets Calorifiques		
Rejets Calorifiques Bloc Moteur	623 kW	35430 Btu/min
Rejets Calorifiques à l'Echappement (Total)	1553 kW	88319 Btu/min
Rejets Calorifiques au Refroidisseur d'Air	398 kW	22634 Btu/min
Rejets Calorifiques du moteur à l'atmosphère	142 kW	8076 Btu/min
Rejets Calorifiques de l'alternateur à l'atmosphère	67 kW	3833 Btu/min

V.2.8. Alternateur

Tableau V.9. Alternateur du Groupe CAT 3512. [37]

Alternateur^a	
Capacité de Démarrage Moteur @ 30% Chute de Tension	6537 skVA
Intensité	2706 amps
Modèle	1844
Excitation	PM
Elévation de Température	80 ° C

V.3. Application de Méthode réseau de PERT

Appliquer la méthode réseau de pert a groupe électrique Caterpillar 3512

Dans l’entreprise pétrolière possède de nombreuses branches d'exploration et d'exploration pétrolières. Dans la machine forage 197, Notre étude s'est concentrée sur le groupe électrogène Caterpillar 3512 qui génère de l'énergie électrique et la fournit à la machine forage. Nous avons étudié tous les défauts Et les dysfonctionnements rencontrés par ce groupe électrogène CAT 3512

Nous avons décidé de faire une étude approfondie du groupe électrogène CAT 3512 pour 2021. Nous avons utilisé la méthode réseau de pert, qui nous aidé à créer et à terminer un projet de maintenance dans les plus brefs délais. Ce qui était démontré par la méthode réseau de pert , Nous avons choisi de nombreux défauts qui m'aideraient à étudier le projet

Le tableau ci-après récapitule l'ensemble des tâches relatives à cette révision avec les repères de chacune d'elles , leurs durées en heures pour une exécution par un seul agent de maintenance, et leurs antériorités.

Tableau V.10. Des Tâche maintenance préventive d’un groupe électrogène CAT 3512.

Rep.	Tâche	Durée (heures)	Antériorités
A	Préparation moteur	4	-----
B	Démontage et nettoyage du turbocompresseur	8	-----
C	Nettoyage de l'armoire électrique	1	-----
D	Vérification des contacteurs et du serrage des bornes	1	C
E	Révision de la pompe à injection	6	A
F	Changer les injecteurs	3	A
G	Remontage et contrôle du turbocompresseur	5	B
H	Contrôle de l'injection	3	E, F, G
I	Vérification des différentiels et des thermiques	1	D
J	Contrôle de l'alternateur	2	I
K	Contrôle de l'avance	2	H
L	Contrôle du groupe électrogène	5	J, K

V.3.1. Détermination des niveaux et des sommes

Tableau V.11. Détermination des niveaux et des sommes.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	S	1	2	3	4	5
A													0	A				
B													0	B				
C													0	C				
D			1										1	0	D			
E	1												1	0	E			
F	1												1	0	F			
G		1											1	0	G			
H					1	1	1						3	3	0	H		
I				1									1	1	0	I		
J									1				1	1	1	0	J	
K								1					1	1	1	0	K	
L										1	1		2	2	2	1	0	L

V.3.2. Calculer durée de la tâche

❖ **Calculer les dates au plus tôt à laquelle tâche**

Pour parvenir à l'étape 2 : collecter du temps de l'étape 1 et la durée de étape 2

$$0+4=4(\text{heures})$$

Pour parvenir à l'étape 3 : collecter du temps de l'étape 1 et la durée de étape 3

$$0+8=8(\text{heures})$$

Pour parvenir à l'étape 4 : collecter du temps de l'étape 1 et la durée de étape 4

$$0+1=1(\text{heures})$$

Pour parvenir à l'étape 5 : collecter du temps de l'étape 2 et la durée de étape 5

$$4+6=10(\text{heures})$$

Et collecter du temps de l'étape 2 et la durée de l'étape 5

$$4+3=7(\text{heures})$$

Et collecter du temps de l'étape 3 et la durée de l'étape 5

$$8+5=13(\text{heures})$$

Nous obtenons le plus de valeur: $8+5=13(\text{heures})$.

Pour parvenir à l'étape 6 : collecter du temps de l'étape 4 et la durée de étape 6

$$1+2=3(\text{heures})$$

Pour parvenir à l'étape 7 : collecter du temps de l'étape 5 et la durée de étape 7

$$13+3=16(\text{heures})$$

Pour parvenir à l'étape 8 : collecter du temps de l'étape 6 et la durée de étape 8

$$2+1=3(\text{heures})$$

Pour parvenir à l'étape 9 : collecter du temps de l'étape 8 et la durée de étape 9

$$3+2=5(\text{heures})$$

Et collecter du temps de l'étape 7 et la durée d'étape 9

$$16+2=18(\text{heures})$$

Nous obtenons le plus de valeur : $16+2=18(\text{heures})$.

Pour parvenir à l'étape 10 : collecter du temps de l'étape 9 et la durée de étape 10

$$18+5=23(\text{heures}).$$

❖ **Calculer les dates au plus tard à laquelle tache**

La date au plus tard est obtenue en partant de la dernière étape, en retranchant de la date au plus tôt de cette étape le temps correspondant au chemin le plus long. Pour remonter jusqu'à l'étape considérée. (La date obtenue doit donc être la plus Petite)

Exemple : calcul du temps au plus tard de l'étape 10.

Le temps au plus tard de l'étape 9 : $23-5=18(\text{heures})$

Le temps au plus tard de l'étape 8 : $18-2=16(\text{heures})$

Le temps au plus tard de l'étape 7 : $18-2=16(\text{heures})$

Le temps au plus tard de l'étape 6 : $16-1=15(\text{heures})$

Le temps au plus tard de l'étape 5 : $16-3=13(\text{heures})$

Le temps au plus tard de l'étape 4 : $15-1=14(\text{heures})$

Le temps au plus tard de l'étape 3 : $13-5=8(\text{heures})$

Le temps au plus tard de l'étape 2 : $13-6=7(\text{heures})$

Le temps au plus tard de l'étape 1 : $8-8=0(\text{heures})$

V.3.3. Diagramme de réseau de Pert

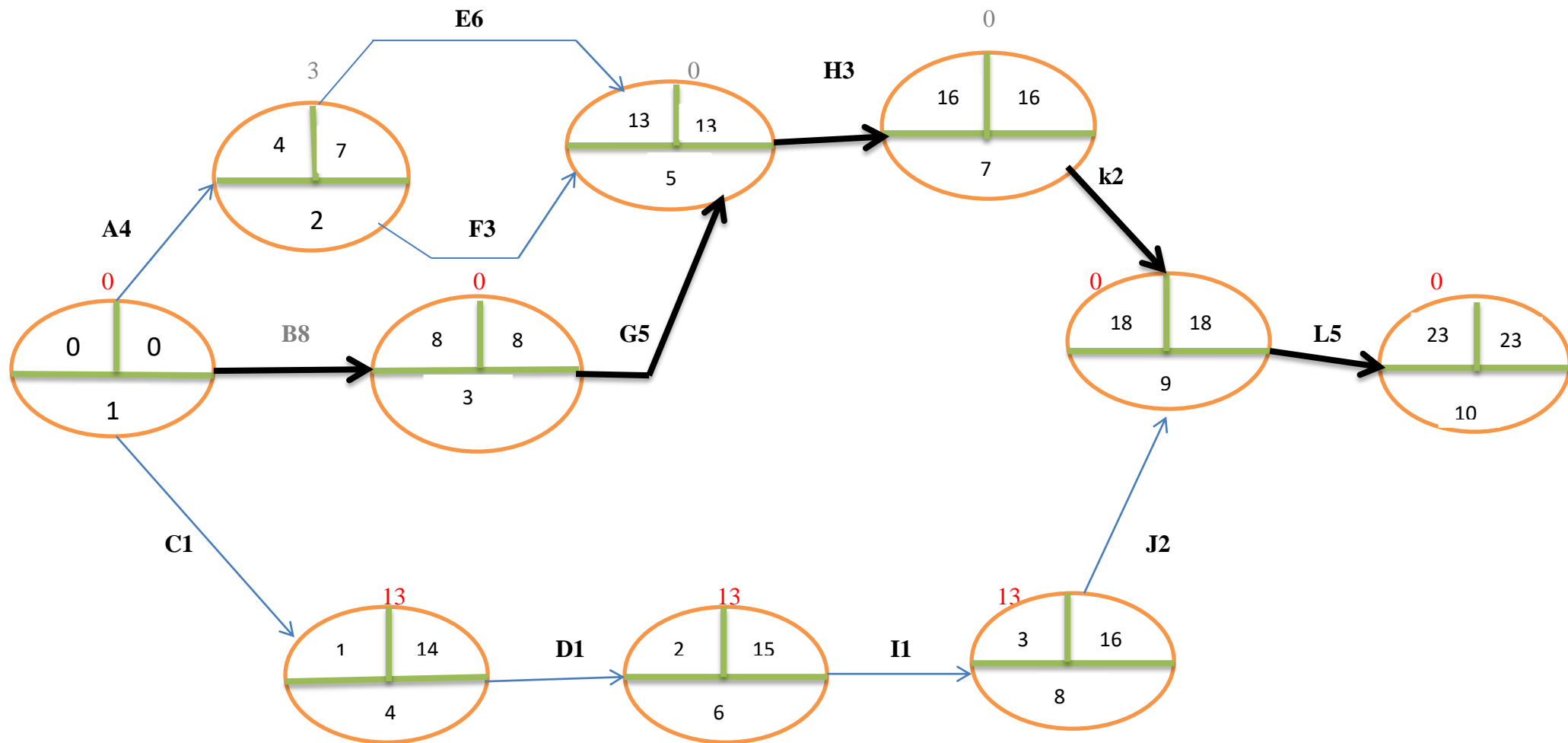


Figure.V.2.Diagramme de réseau de pert et chemin critique

❖ **Marge libre**

Cette marge n'entraîne aucune modification du calendrier des tâches en aval. Elle se calcule :

Date au plus tôt de l'étape aval moins date au plus tôt de l'étape amont moins durée de la tâche.

$$MI = (\text{la date au plus tôt})' - (\text{durée prévue de la tache} + \text{la date au plus tôt})$$

Exemple tâche F : $13 - 4 - 3 = 6$

❖ **Marge totale**

La marge totale d'une tâche est égale à la somme de sa marge libre et du battement de l'étape aval

$$Mt = \text{Le temps au plus tard} - (\text{durée prévue de la tache} + \text{la date au plus tôt})$$

Exemple tâche F : $6 + 0 = 6$

❖ **Le battement**

Le battement de chaque étape est notifié en rouge sur le diagramme (au-dessus des cercles). Cela permet de mettre en évidence le chemin critique qui suit les étapes où il n'y a pas de battement

Tableau V.12. Les battements et marge libre et totale

Tâche	Marge libre	Battement	Marge totale
A	0	3	3
E	3	0	3
F	6	0	6
C	0	13	13
D	0	13	13
I	0	13	13
J	13	0	13

❖ **Chemin critique**

Le chemin critique est représenté dans le diagramme réseau de pert par la flèche noire 

Un diagramme de PERT est un outil visuel de gestion de projet utile pour planifier les différentes tâches et définir le calendrier du projet. La méthode PERT est souvent confondue avec le diagramme de PERT.

Tableau V.13. Les heures de pannes par mois de groupe électrogène CAT 3512.

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Jui	Août	Septe	Oct	Nov	Déc
Heures des pannes (h)	1	0	24	40	5	50	101	6	28	00	29	30

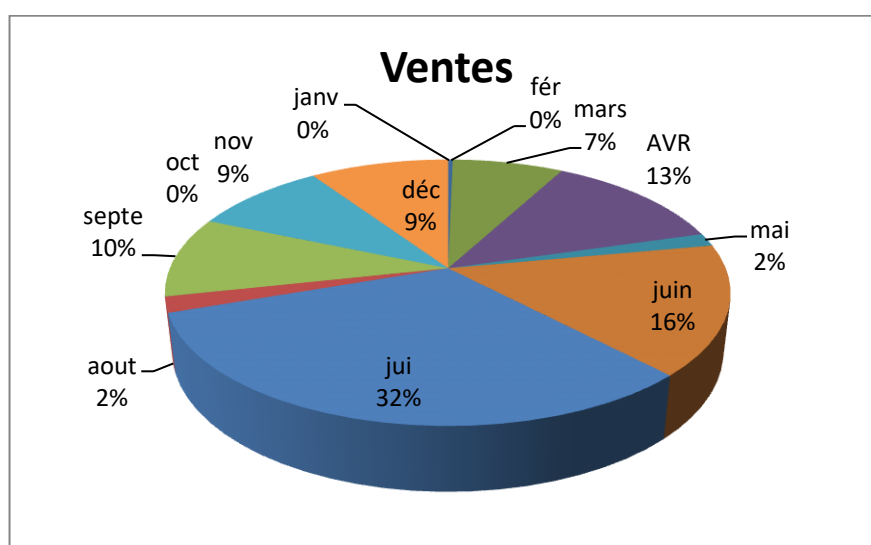


Figure V.3. Répartition des heures de pannes par mois

V.4. Répartition des heures de marches et heures d'arrêts non planifié

Les statistiques des heures de pannes et de marche annuelles sont présentées dans le tableau IV.14

Tableau V.14. Heures de marche et pannes année de groupe électrogène CAT 3512 année 2021

Heures de marche	Heures de panne	Heures d'arrêt (planifié)	Totale
2760	314	6000	8760
31.50%	3.58 %	68.49 %	100

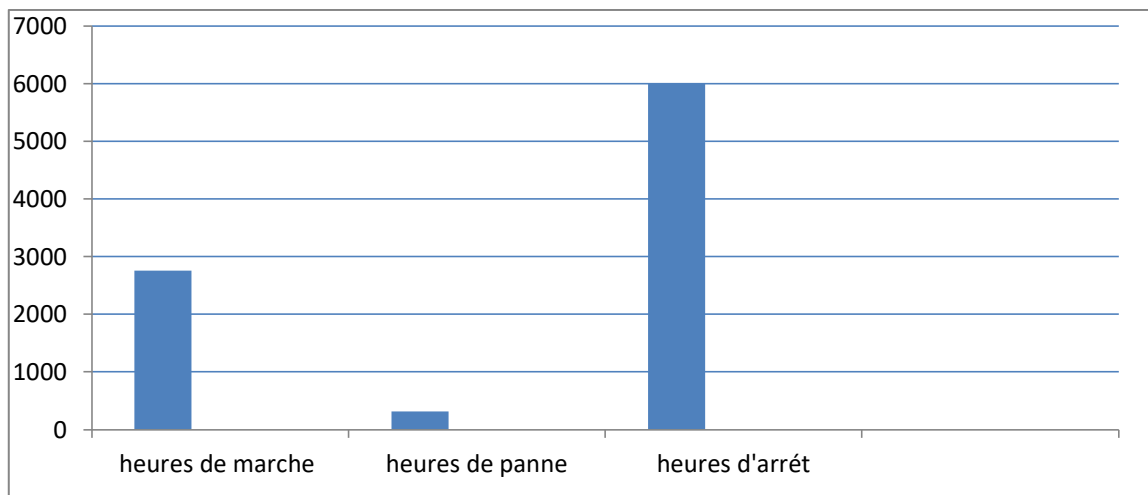


Figure V.4. Heures de marche, panne et arrêt planifié de Groupe électrogène CAT 3512

D’après la figure V.4 on peut remarquer que les heures de pannes sont très négligeables par rapport aux celles de marche et d’arrêts.

V.5. Etude de diagramme de PARETO

D’après les données des pannes requises pendant l’année 2021

Tableau V.15. Etude de diagramme de PARETO.

Sous-Ensembles	Nombre des pannes	Cumule des pannes	Des pannes Cumulées%	Heures des pannes	Cumule des heures	Cumul des heures %
Moteur diésel	1	1	5.88	101	101	32.16
Pompe à injection	1	2	11.76	90	191	60.82
Les injecteurs	1	3	17.64	56	247	78.66
Huile moteur	2	5	29.41	45	292	92.99
Filtre	4	9	52.94	2	294	93.63
Démarrreur	2	11	64.70	1	295	93.94
Crépine	2	13	76.47	1	296	94.26
Cosse	1	14	82.35	6	302	96.17
batterie	2	16	94.11	10	312	99.36
Tuyauterie	1	17	100	1	314	100

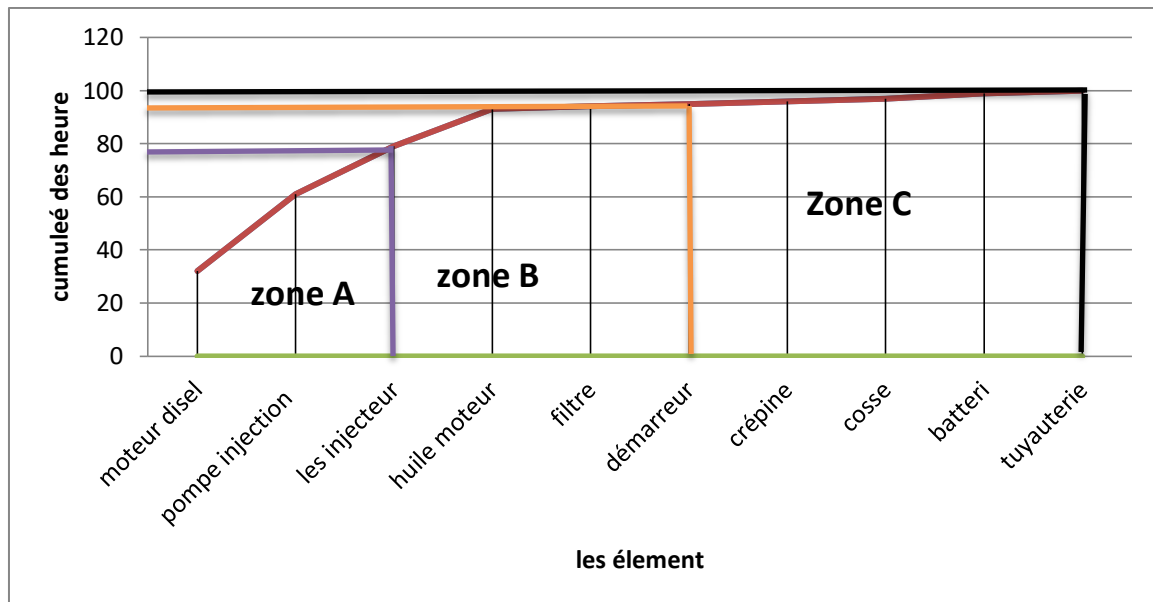


Figure V.5. Diagramme de Pareto (ABC).

V.5.1. Interprétation du diagramme de Pareto

D'après la figure V.5 on peut remarquer clairement que le diagramme de Pareto se compose en trois zones A, B et C.

a) La zone A

Nous montrions que 20% des sous-ensembles occasionnent 79% des temps de panne ; il s'agit des équipements : Moteur diésel et Pompe à injection et les injecteurs donc une attention particulière devrait être réservée à cette zone.

b) La zone B

La zone B indique que 30% des sous-ensembles sont à l'origine de 16% des temps d'arrêts ; il s'agit Huile moteur et Filtre et Démarreur.

c) La zone C

En fin nous avons la zone C constituée de composants la crépine la Batterie et la Tuyauterie et cosse de batterie qui occasionnant seulement 5% des temps d'arrêts.

V.6. Application du méthode AMDEC

Après application de la méthode de ABC, nous passons au calcul de la criticité des défaillances fonctionnelles, à l'aide de produit : $F \cdot G \cdot D$, prenant en compte la fréquence et la gravité de défaillances, comme indices de calcul. Nous obtenons le tableau suivant :

Tableau IV.16.Application de la méthode AMDEC

Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets Critiques : AMDEC									
Equipement : Groupe électrogène Marque : CAT 3512									
Système d'alimentation en carburant	fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Actions correctives	F	D	G	C
Pompe à injection	Alimentation des injecteurs	Le moteur Ne démarre pas	Pompe d'injection défectueuse	Pompe Ne débite pas	Réglage de la pompe d'injection	2	3	4	24
		Excès de fumée noire	Débit d'injection trop grand	Mauvaise combustion		3	3	4	36
		Le moteur fume	Avance à l'injection	Compression faible		3	4	3	36
Injecteurs	Injection de carburant dans la pompe	Le moteur manque de puissance	Injecteur défectueux	Compression faible	Déposer l'injecteur, régler ou changer l'injecteur	3	3	3	27
		Le moteur ne démarre pas et fume noir		Mauvaise combustion		3	3	3	27

Projet de fin d'études 2022

Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets Critiques : AMDEC									
Equipement : Groupe électrogène Marque : CAT 3512									
Système d'alimentation en carburant	fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Actions correctives	F	D	G	C
Huile moteur	Lubrification, refroidissement étanchéité des composants	Consommation d'huile trop élevée	Viscosité de l'huile inappropriée	Remontée d'huile dans le cylindre	Vidangez, utiliser une huile dont l'indice de viscosité est préconisé par le constructeur	2	3	1	6
			Excès d'huile dans le moteur		Vidange jusqu'au niveau requis	2	1	1	2
		Le moteur n'atteint pas son régime max	Niveau d'huile trop élevé.	Rétablissez le niveau	2	1	1	2	
		Le moteur chauffe	Huile usée	Mauvaise lubrification	Vidange, remplacement de l'huile	3	2	2	12

CHAPITRE V APPLICATION DES Méthode : RESEAU DE PERT, ABC, AMDEC

Crépine	Amorçage de la pompe à huile	La pompe n'aspire pas	Crépine colmatée	Débit et pression d'huile très faible	Nettoyage de la crépine	2	3	2	12
Projet de fin d'études 2022									
Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets Critiques : AMDEC									
Equipement : Groupe électrogène Marque : CAT 3512									
Système de démarrage et de charge	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Actions correctives	F	G	D	C
Batterie	Stockage de l'énergie électrique pour le démarrage	Batterie déchargée et ne se charge plus	Batterie défectueuse	Démarrage impossible après arrêt	Remplacement de la batterie	1	2	3	6
Démarrreur	Entrainement du moteur en rotation	Le démarreur n'entraîne pas le moteur	Démarrreur défectueux		Remise en état de fonctionnement ou remplacement du démarreur	2	3	2	12
		Le démarreur ne s'arrête pas quand le moteur est lancé							

CHAPITRE V APPLICATION DES Méthode : RESEAU DE PERT, ABC, AMDEC

Cosse	Raccordement des circuits électriques	Le démarreur n'entraîne pas le moteur	Cosse de batterie sale ou desserré		Nettoyer les bornes et les cosses de la batterie. serrez	2	2	2	8
-------	---------------------------------------	---------------------------------------	------------------------------------	--	--	---	---	---	---

Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets Critiques : AMDEC

Equipement : Groupe électrogène Marque : CAT 3512

Système d'alimentation en carburant		fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Actions correctives	F	D	G	C
Moteur diesel	Piston	Produire l'énergie mécanique de rotation	Grippé	Lubrification	Combustion lente	Nettoyer les surfaces colmatées	1	4	3	12
			Segment cassé	Nombre d'usage	Combustion impossible	Changer les segments Usé	1	1	4	4
	Cylindre		Colmaté /usé	Résidus de combustion /durée de vie	Transfert de chaleur	Nettoyer le cylindre	1	4	3	12
	soupape		Ressort/tige usé	Nombre d'usage	Perte de charge /fumé	Changer le ressort	1	1	2	2
	Vilebrequin		Grippé/usure	Lubrification / demi-lune, bielle, culbuteur cassé ou	Rotation difficile	Graisser l'arbre, les roulements et pignons	1	4	4	16

Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets Critiques : AMDEC

Equipement : Groupe électrogène Marque : CAT 3512

CHAPITRE V APPLICATION DES Méthode : RESEAU DE PERT, ABC, AMDEC

Système d'alimentation en carburant		fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Actions correctives	F	D	G	C
filtre	Filtres à gazole	Filtrer le carburant des impuretés et des résidus	colmatage	Impuretés de l'huile	Mauvais échange thermique	Remplacer le filtre	2	2	2	8
			.Joint usé · Ecrou usé	Nombre d'usage	Mauvais échange thermique	Changer le joint ou le bouchon	1	1	1	1
	Pompe	Pomper l'huile à travers le circuit	Corps	Entartrage	Particule d'eau et sels durs	Nettoyer l'intérieur de la pompe ou remplacer	2	2	2	8
Tuyauterie		Canaliser l'huile	Extérieur	Fissures	-Choc -Vibration	Souder le tuyau	1	1	1	1
			Intérieur	Entartrage	Particules d'eau et sels solides	Purger les tuyaux	2	1	1	2

V.7. Synthèse ou évaluation de la criticité

A partir du tableau AMDEC on a hiérarchisé les défaillances selon le seuil de criticité, les éléments dont la criticité atteint le seuil demande des actions correctives, ainsi ceux qui ont la gravité et la fréquence entre 3 et 4 doivent entrainer une action corrective de conception, même si la criticité n’atteint pas le seuil fixé.

Tableau V.17. Synthèse ou évaluation de la criticité

<i>Niveau de criticité</i>	<i>Eléments</i>	<i>Criticité</i>	<i>Action corrective</i>
$3 \leq C < 12$	Tuyauterie	3	Amélioration de performance de l’élément Maintenance préventive conditionnelle
	Batterie	6	
	Cosse	8	
	Crépine	12	
	Démarrreur	12	
$8 \leq C < 18$	Filtre	17	Maintenance préventive systématique
	Huile moteur	22	
$18 \leq C < 36$	Les injecteurs	27	Maintenance curative
$36 \leq C \leq 46$	Pompe à injection	36	Maintenance curative
	Moteur diesel	46	

Après l’évaluation du tableau de criticité de le groupe électrogène CAT 3512 en remarque que :

Les éléments (Tuyauterie, cosse, crépine, batterie, démarreur, filtre, Huile moteur.) a du niveau faible de la criticité, alors ils n’affecte pas sur la production pendant l’utilisation

Par contre en trouve que le moteur a de moyen et plus haut niveaux de la criticité, c’est-à-dire que les pannes de cet élément ont un effet sur l’arrêt la production. Les éléments (, Moteur diésel, Les injecteur, Pompe à injection).

V.8. Maintenance préventive d'un groupe électrogène CAT 3512

Tableau V.18. Maintenance préventive d'un groupe électrogène CAT 3512

	Elément moteur	Opérations
Si nécessaire	-batteries	-Remplacement
	-Elément de filtre à air (élément double)	-Nettoyage / remplacement
	-Elément de filtre à air du moteur (élément double)	-contrôle / remplacement
	-Circuit de carburant	-Amorçage
	-Electrodes de zinc	-contrôle / remplacement
Tous les jours	-Huiler du démarreur pneumatique	-Contrôle du niveau d'huile
	-Réservoir pneumatique	-Evacuation de l'humidité et des dépôts
	-Niveau du circuit de refroidissement	-Contrôle
	-Filtre à air	-contrôle de l'indicateur de colmatage
	-Pré filtre à air du moteur	-Nettoyage
	-Pression différentielle du filtre à huile moteur	-Contrôle
	-Niveau d'huile moteur	-Contrôle
	-Pression différentielle du filtre à de circuit de carburant	-Contrôle
	-Panneau d'instruments	-Contrôle
	-Moteur	-Vérifications extérieures
	Au bout des 250 premières heures –service (la première vidange d'huile)	-Jeu des soupapes du moteur
-Injecteur de carburant		- Contrôle/réglage
-Capteurs magnétiques		-nettoyage /Contrôle
Toutes les 250heures de service	-Courroies d'alternateur et de ventilateur	-Contrôle/ réglage /remplacement
	-Niveau d'électrolyte de	-Contrôle

	batterie	
	-Additif pour circuit de refroidissement	-Contrôle /ajout
	-Huile moteur	-Prélèvement d'un échantillon
	-Huile moteur et filtre	-Vidange/remplacement
Toutes les 250heures de service	-Palier d'entraînement du ventilateur	- Graissage
	-Flexibles et colliers	-contrôle / remplacement
	-Radiateur	- Nettoyage
Toutes les 500 heures – service	-Huile moteur et filtre	-Vidange /remplacement
Toutes les 1000 heures –service	-Liquide de refroidissement	- Analyse
	- Moteur	- Nettoyage
	-Reniflard du carter moteur	- Nettoyage
	-Huile moteur et filtre	-Vidange /remplacement
	-Dispositifs de protection du moteur	- Contrôle
	-Filtre à carburant primaire	-Nettoyage /contrôle/remplacement
	-Filtre secondaire du circuit de carburant	-Remplacement
Toutes les 2000 heures –service	Tringlerie de commande d'actuateur	Graissage
	Démarrreur pneumatique	Graissage /Nettoyage de la cuvette
	Amortisseur de vibrations du vilebrequin	Contrôle
	Supports du moteur	Contrôle
	Jeu des soupapes du moteur	Contrôle /réglage
	Capteurs magnétiques	Nettoyage/contrôle

Toutes les 3000 heures –service ou tous les 3 ans	-Circuit de refroidissement	-Renouvellement de la solution
	-Alternateur	-Contrôle
Toutes les 6000 heures –service ou tous les 6 ans	-Liquide de refroidissement	-Renouvellement
	-Circuit de refroidissement	-Remplacement du thermostat
	-Démarreur	-Contrôle
	-Turbocompresseur	-Contrôle
	-Pompe à eau	-Contrôle

V.8.1. Entretien de l’alternateur

V.8.1.1. contrôle périodiques de l’isolation

1. Avant la mise en route initiale du group électrogène.
2. Apres remisage de l’alternateur.
3. Tous les trois mois si l’alternateur fonctionne dans un milieu humide.
4. Tous les six mois si l’alternateur fonctionne dans un local ferme avec un degré d’humidité relativement faible et des variation de température minimales.
5. Si l’alternateur n’a pas tourne sous charge pendant trois mois ou davantage

V.8.2.2. Graissage

1. Utiliser de la graisse spéciale cat. (SPG) 2S-3230 pour les roulement à bille.
2. Utiliser de la graisse cat. 108-8611 pour les roulements à rouleaux sphériques.

V.9.Conclusion

Dans ce chapitre nous avons intéressé par le groupe électrogène CAT 3512 pour cela nous avons appliqué la méthode AMDEC pour étudier les différents états de la maintenance. Et aussi nous avons appliqué la méthode Réseau de Pert .Afin d'obtenir le chemin critique, qui est estimé à 23 heures, et ce temps est considéré comme le plus grand temps que le travailleur ne peut pas le dépasser ; après 23 heures, le groupe électrogène doit être prêt à fonctionner et il n'y a aucun défaut. La méthode ABC a été utilisée pour déterminer les éléments les plus critiques.

L'analyse des différents niveaux de la criticité de méthode AMDEC nous permet de classer les éléments analysés et le types de la maintenance utilisé que ce soit préventive ou bien curative.

Nous avons obtenus les résultats suivants :

- $3 \leq C < 8$: Aucune modification : maintenance préventive conditionnelle : (Tuyauterie, cosse, crépine, batterie)
- $8 \leq C < 18$: Amélioration de performance de l'élément Maintenance préventive systématique : (démarreur, filtre, Huile moteur)
- $18 \leq C < 36$: Amélioration de performance de l'élément Maintenance curative (Les injecteur).
- $36 \leq C \leq 46$: Remise en cause complète de la conception et maintenance curative (Pompe à injection, moteur diesel).

Les méthodes (AMDEC. Réseau de pert.ABC) consistent à anticiper les dysfonctionnements menant à l'échec avant même que ceux-ci ne se produisent.

Conclusion générale

La maintenance des systèmes industriels est devenue un point essentiel lors de leur conception et de leur exploitation, tant pour des questions de sécurité et de sûreté de fonctionnement, que pour des questions de rentabilité.

Les groupes électrogènes ont une grande importance dans les entreprises et les usines parce qu'ils sont la principale source de production et distribution d'énergie pour terminer le travail et la production

Dans ce travail, nous avons décrit une généralité sur la maintenance, ces méthodes et ces objectifs.

L'exposé théorique des méthodes de maintenance, nous a permis, d'appliquer la méthode AMDEC. Cette dernière, nous a permis de sélectionner les éléments les plus critiques qui causent les pannes du groupes électrogènes CAT 3512.

La méthode AMDEC nous a permis de voir les éléments les plus critiques qui causent les majorités des heures d'arrêts. De plus nous avons proposé un programme d'entretien préventif basé sur les recommandations du constructeur, avec un formulaire de gamme à appliquer dans l'entreprise.

Liste de recommandation

Liste de recommandation

Après le diagnostic, nous avons proposé des actions correctives et préventives suivantes pour remédier au problème étudié

- 1- Changer le filtre à air et le filtre à huile chaque vidange
- 2- Surveiller la température du moteur et la pression d'air et d'huile
- 3- Surveiller le niveau d'huile et d'eau avant le démarrage .
- 4- Surveillance de la température de la bobine de l'alternateur
- 5- Respecter les conditions de fonctionnement du groupe électrogène
- 6- Formation de main-d'œuvre qualifiée pour traiter le groupe électrogène et le surveiller.
- 7- Assurer une bonne ventilation du moteur
- 8- Respecter les calendriers de maintenance périodiques

Références bibliographiques

[1] Najahi, Y., Outil d'aide à l'implantation d'un système de gestion de la maintenance, Université Laval, 2003, 311p.

[2] Monchy, F., Maintenance : méthodes et organisations, Paris, Dunod, 2003. 505p.

[3] AUBREVILLE Jean- Marie. Maintenance industrielle de l'entretien de base à l'opération de la sureté, Edition ellipse paris 2004.

[4] BENISSAAD Ismail. Maintenance industrielle, année universitaire 2007-2008.

[5] <https://www.processindustries.fr/quel-est-lobjectif-de-la-maintenance-industrielle/>

[6] <file:///C:/Users/user/Downloads/Documents/Chap1.pdf>.

[7] BOITEL Daniel et HAZARD Claude. Guide pratique de la maintenance, entretien manuels

d'enseignements. Edition Nathan cop Paris 1987

[8] S. Bassetto, S. Hubac, méthode employant les connaissances d'experts, Colloque C2EI Nancy 1-2 décembre 2004.

[9]

<C:\Users\user\Downloads\Documents\chapitre i generalites et difinition de la maintenance2.pdf>

Bensaada feliachi liver la maintenance industerial p86.

[10] <C:\Users\user\Downloads\Documents\Chap1.pdf> agence nationale de développement de l'investissement année 2017

[11] BTS-Aspects-economiques-de-la-maintenance page 2.

[12] Lionel DUMONT, Laurent MOREL, MODELISATION DES COUTS DE Maintenance APPLICATION SUR L'INSTALLATION D'EXPERIMENTATIONNAIRIX, 3e

Conférence Francophone de modélisation et simulation « Conception, Analyse et Gestion des Systèmes Industriels » MOSIM'01 – du 25 au 27 avril 2001 – Troyes (France).

[13] Mémoire : appareil de forage, étude et dimensionnement, cas : champs Hassi Messaoud. Université Kasdi Merbah –Ouargla – Année 2012/2013.

[14] https://www.researchgate.net/profile/Bouselsal-Boualem/publication/333172998/figure/fig23/AS:759573447204864@1558107830039/les-composants-dun-appareil-de-forage-rotary-Au-cours-de-forage-rotary-dun-puits_Q640.jpg

[15] <https://www.coursehero.com/file/p2f8nuso/carr%C3%A9-ou-hexagonale-appel%C3%A9-tige-dentra%C3%A9ment-kelly-et-on-lintroduit-dans/> Mémoire : appareil de forage, étude et dimensionnement, cas : champs Hassi Messaoud. Université Kasdi Merbah –Ouargla – Année 2015/2016.

[16] <https://www.researchgate.net/profile/Bouselsal-Boualem/publication/333172998/figure/fig25/AS:759573447200769@1558107830090/Le-moufle-mobile-215-Le-treuil-Draw-works-Le-treuil-de-forage-Fig31-est.jpg> Document au formation forage pétrolier IAP. 2017.

[17] Document au formation forage pétrolier IAP. 2006.

[18] J.P.bernhard<<Tour et mâts de forage rotary >>.1955. I.F.P.544.

[19] https://www.researchgate.net/figure/les-composants-de-la-garniture-de-forage-35-Les-outils-de-forage-rotary-351-Le-role_fig30_333172998 David Johnston, Tom Jenkins Edition La Presse, 2017

[20] [C:\Users\user\Downloads\Documents\Contrôle de pression en forage conventionnel avec MPD\(Cas d'étude site Gassi Touil-Algérie\).pdf](C:\Users\user\Downloads\Documents\Contrôle de pression en forage conventionnel avec MPD(Cas d'étude site Gassi Touil-Algérie).pdf) J.N. Cuvelette, Maintenance assistée par ordinateur. Editions, Techniques de l'ingénieur (h 6610), 87.

[21] Photo réel prise sur le champ avec une appareille portable. [2022]

[22] Documents au formation forage pétrolier IAP. 2006.

[23] Documents historiques du Hassi Messaoud (voir annex 1)

[24] Documents historiques du Hassi Messaoud (voir annex 2)

[25] Documents historiques du Hassi Messaoud (voir annex 3)

- [26] Documents historiques du Hassi Messaoud (voir annex 4)
- [27] Documents historiques du Hassi Messaoud (voir annex 5)
- [28] <https://www.rocdacier.com/cours-reseau-pert-methode-pert/>
- [29] <https://web.maths.unsw.edu.au/~lafaye/CCM/projet/pert.htm>
- [30] <http://tpmattitude.fr/pert.html>
- [31] file:///C:/Users/user/Downloads/Documents/methode_PERT_4.
- [32] ISET Nabeul Documents/chapitre-5-analyse-des-defaillances-et-aide-au-diagnostic.
- [33] https://xn--apprendreconomie-jqb.com/diagramme-de-pareto/#III_Construction_du_diagramme_de_pareto
- [34] Christian COUDRE <http://tpmattitude.fr/abc.html>.tpmattitude.fr/abc.html
- [35] GHOMARI S.MAMI E.F. "Qualité et normes ISO –Actes de symposium international sur la qualité et maintenance au service de l'entreprise Tome 1-Qualima 01 Université Aboubekr Belkaid Tlemcen 21 et 22 novembre 2004.
- [36] Photo réel prise sur le champ avec une appareille portable. [2022]
- [37] Documents historiques du Hassi Messaoud (voir annex 6)

Annexes

Annexe 01 :

Les Moteurs à Combustion interne

1. Introduction

Un moteur est un organe qui transforme l'énergie qui lui est fournie en énergie mécanique. Il est dit moteur thermique, si la source d'énergie est constituée par un combustible.

Dans un moteur thermique, la combustion peut se faire :

- A l'extérieur du moteur : il est dit moteur thermique à combustion externe (turbine, machine à vapeur...);
- A l'intérieur du moteur : il est dit moteur thermique à combustion interne (moteur d'automobile...)

D'après le mode de fonctionnement des moteurs à combustion interne, on distingue :

- moteurs à pistons alternatifs ;
- moteurs à pistons rotatifs ;
- moteurs à turbines.

Les moteurs alternatifs à combustion interne sont des moteurs thermiques à flux discontinu. Ils utilisent la transformation de l'énergie chimique d'un combustible en énergie thermique, pour produire de l'énergie mécanique par l'action de la pression d'un fluide sur un ou plusieurs pistons. Le mouvement du piston, généralement alternatif, est transformé en mouvement rotatif par un système bielle – manivelle ou vilebrequin (moteur à plusieurs cylindres).

2. Classification des moteurs à combustion interne

On classe les moteurs à combustion interne d'après :

1- Le type de combustible utilisé :

- moteur à combustible léger (essence).
- moteur à combustible lourd (gas-oil).
- moteur à gaz.

2- Le cycle adopté :

- moteur à quatre temps.
- moteur à deux temps.

3- Le mode de refroidissement :

- moteur à refroidissement par eau.
- moteur à refroidissement par air.

4- La disposition des cylindres :

- moteur à cylindres en ligne.
- moteur à cylindres en V.
- moteur à cylindres à plat.
- moteur à cylindres en opposition.
- moteur à cylindres en étoile.

5- La vitesse du piston :

- moteurs lents.
- moteurs semi rapides.
- moteurs rapides.

3. Moteur diesel :

Dans le cas du moteur diesel qui brûle du gasoil. Il s'en distingue essentiellement par le fait qu'il n'a pas le circuit d'allumage et qu'il recourt obligatoirement à l'injection. Le carburant injecté s'enflamme spontanément dans la chambre de combustion grâce à la forte élévation de température, lorsque la pression atteint un niveau critique à cause de la compression de l'air.

Le fonctionnement peut être décrit de la façon suivante :

- Avant tout, le cylindre est rempli d'air frais aspiré par le piston, ensuite cette charge est comprimée jusqu'à une certaine pression.
- Lorsque la température de l'air est suffisamment élevée, on injecte le combustible dans le cylindre pour former le mélange gazeux.
- Ce mélange gazeux s'enflamme et brûle grâce à la haute température, en provoquant une brusque augmentation de la pression et de la température qui fait tourner l'arbre moteur.
- Enfin, et sous l'effet des forces d'inertie, le piston refoule les gaz brûlés dans l'atmosphère.

- **Description sommaire du moteur :**

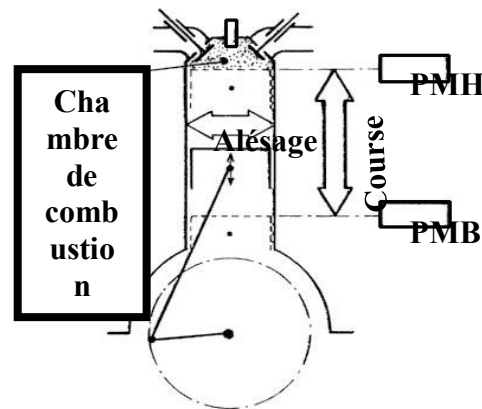


Figure 1. piston et alésage.

PMH : point mort haut. Position haute du piston

PMB : point mort bas. Position basse du piston

COURSE : distance que parcourt le piston du pmB au pmH. L'unité employée est le mm ou le cm.

ALESAGE : diamètre du cylindre

CYLINDREE : volume du cylindre calculé à partir de la course et de l'alésage. L'unité est exprimée en cm³ pour les petits moteurs et en dm³ ou litre pour les plus gros.

RAPPORT VOLUMETRIQUE : appelé aussi taux de compression, c'est le rapport entre le volume au-dessus du piston avant compression (PMB) et le volume au-dessus du piston en fin de compression (PMH).

$$\Sigma = \frac{V + v_o}{V_o} \quad (13 \text{ pour le moteur CAT 3500D})$$

PUISSANCE : ce paramètre très important représente le travail mécanique du moteur. La puissance est exprimée en kilowatt. Auparavant, on employait le « Cheval »

$$1 \text{ cv} = 0.736 \text{ KW.}$$

Pression Moyenne Effective : la pression dans le cylindre varie continuellement. Aussi, pour permettre les calculs pratiques et la comparaison entre différents moteurs, on utilise la valeur moyenne de pression agissant sur le piston durant un cycle complet. Cette pression moyenne est

appelée pression moyenne indiquée. La pression moyenne effective en découle après soustraction des pertes mécaniques du moteur.

- **Le cycle 4 temps Diesel**

1er temps : ADMISSION

Le piston descend du pmH au pmB :

Soupape admission ouverte - soupape échappement fermée

⇒ Aspiration d'air pur

2ème temps : COMPRESSION

Le piston monte du pmB au pmH :

Soupape admission fermée - soupape échappement fermée

⇒ Compression de l'air avec forte élévation de température (500 à 750) environ)

3ème temps : COMBUSTION DETENTE

Le piston descend du pmH au pmB :

Soupape admission fermée - soupape échappement fermée

⇒ On injecte le carburant dans l'air porté à haute température et celui-ci s'enflamme à son contact. L'augmentation de pression qui en résulte provoque le refoulement du piston.

C'est le temps MOTEUR

4ème temps : ECHAPPEMENT

Le piston monte du pmB au pmH :

Soupape admission fermée - soupape échappement ouverte

⇒ Les gaz brûlés sont chassés à l'extérieur

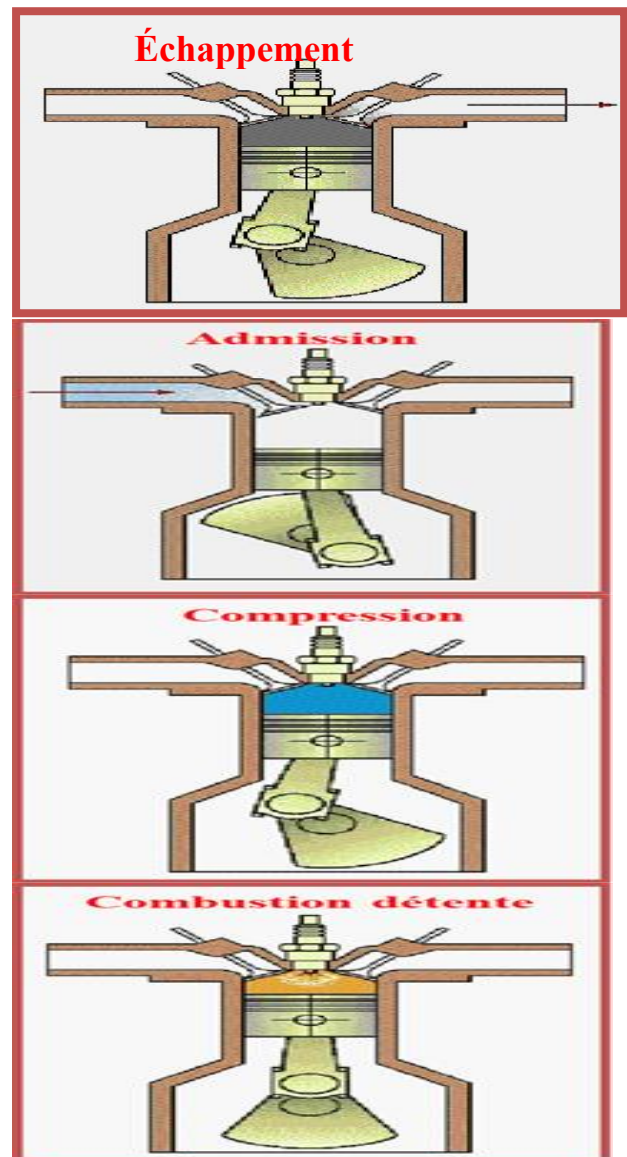


Figure 2.Le cycle 4 temps Diesel.

4. Terminologie Caterpillar

Des termes normalisés doivent être utilisés pour situer et nommer les différents points du moteur. Pour cela, l'observateur se place face au côté avant du moteur pour situer les cylindres et tout organe moteur (paliers). Afin de situer le sens de rotation moteur, l'observateur se place face au volant moteur.

- **ORDRE D'INJECTION :**

Série 3500: V8 : 1-2-7-3-4-5-6-8

 V12: 1-12-9-4-5-8-11-2-3-10-7-6

 V16: 1-2-5-6-3-4-9-10-15-16-11-12-13-14-7-8

- **Organes principaux du moteur**

- Bloc moteur
- Vilebrequin
- Chemise de cylindre
- Ensemble bielle/piston
- Culasse

3.1. Bloc moteur CAT 3500

Les blocs CAT sont réalisés en fonte alliée. Grâce à son nervurage, le bâti cylindre offre une grande résistance aux sollicitations dynamiques de fonctionnement (mécaniques et thermiques).

Les circuits de lubrification et de refroidissement sont intégrés au bloc.

Les blocs des séries CAT 3500 et 3600 comportent des portes de visite qui autorisent l'accès aux embiellages, aux paliers de vilebrequin et aux arbres à cames

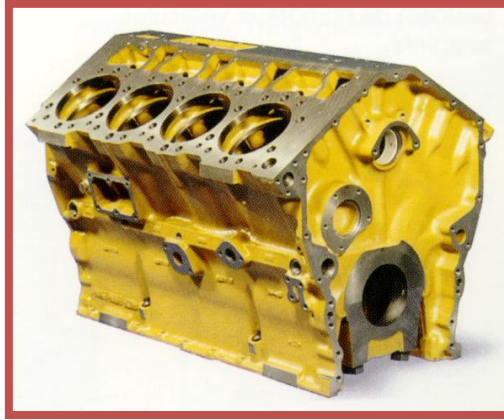


Figure 3. Bloc moteur cat 3508

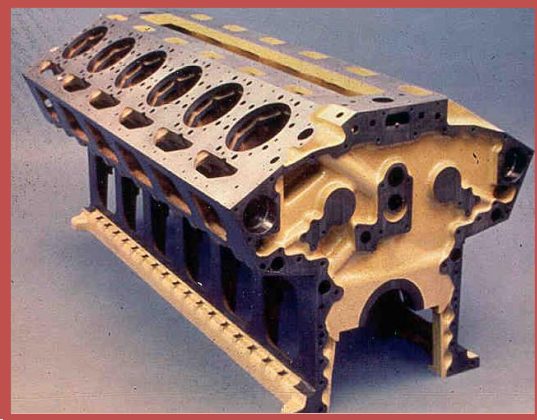


Figure 4. Bloc moteur cat 3512

3.2. Vilebrequin

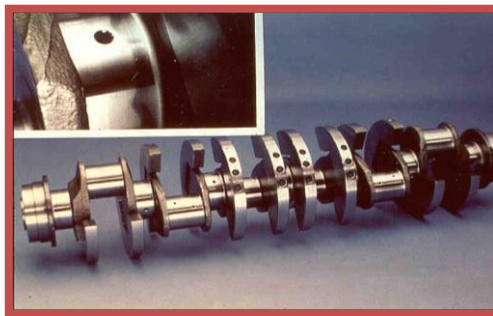


Figure 5. Vilebrequin

Les vilebrequins CAT sont en acier forgé à haute teneur en carbone. Les congés et portées sont durcis par traitement thermique ou par grenailage. Les contrepoids d'équilibrage en acier sont vissés. Des conduits de graissage permettent de lubrifier les manetons. Le graissage des tourillons est assuré par arrivée d'huile dans le bloc.

3.3. Chemise de cylindre

Les chemises CAT sont en fonte spéciale centrifugée et du 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. La surface extérieure est revêtue d'un traitement anti-oxydant. La surface interne est pierrée.



Figure 6. Chemise de cylindre

3.4. Ensemble bielle/piston

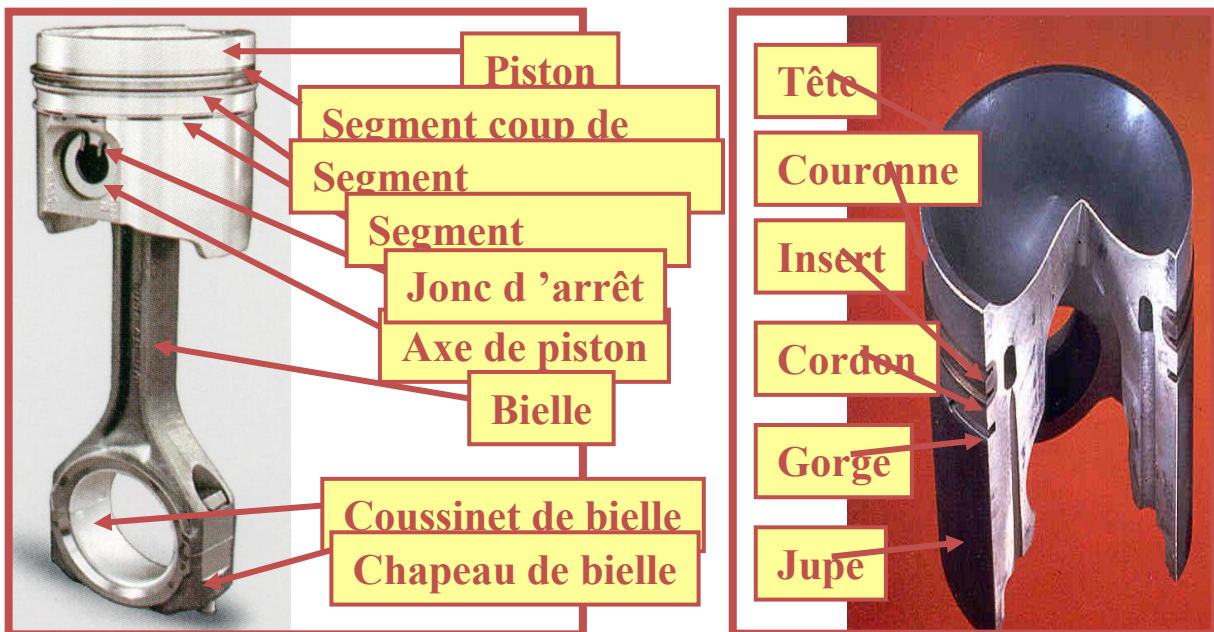


Figure 7. Ensemble bielle/piston

Bielle profil H matricée, en acier forgé. Le graissage de la tête est assuré par arrivée d'huile du vilebrequin et le pied par projection.

Le piston monobloc est en alliage d'aluminium. Un insert en acier supporte les segments de compression. La plupart des pistons sont refroidis par un jet d'huile qui circule dans une galerie située sous la tête du piston.

3.5. Les segments

Les segments de compression sont soit de forme Keystone (trapézoïdal) soit rectangulaire. Leur surface de contact avec la chemise est soit arrondie, soit plate, soit conique, recouverte d'un

matériau très dur, résistant à l'usure. La face de contact du segment de feu est recouverte de chrome ou de molybdène tandis que le segment d'étanchéité est recouvert de chrome. La plupart des segments d'étanchéité ont un chanfrein sur le diamètre intérieur provoquant en fonctionnement un mouvement de twist du segment. Le segment racleur est en fonte et son appui contre la chemise est assuré par un ressort extenseur permettant à une certaine quantité d'huile de rester sur la surface de la chemise.



Figure 8. Les segments

3.6. Coussinets

Les coussinets de bielle et de paliers sont du type mince et sont parfaitement interchangeables. Ils sont réalisés en deux demi-coquilles en acier revêtues d'une couche mince d'aluminium, d'une fine couche d'accrochage en alliage de cuivre, d'une très fine couche d'étain-plomb et d'une protection étain.



Coussinet de bielle **Coussinet de palier**

Figure 9. Les segments

3.7. Culasse

Les culasses CAT sont réalisées en fonte alliée. Les culasses des séries 3500 et 3600 sont du type individuel et reçoivent quatre soupapes par cylindre. Les séries 3300 et 3400 reçoivent quant à elles deux soupapes par cylindre. Une plaque intermédiaire en aluminium assure un appui optimal sur le bloc et la chemise.

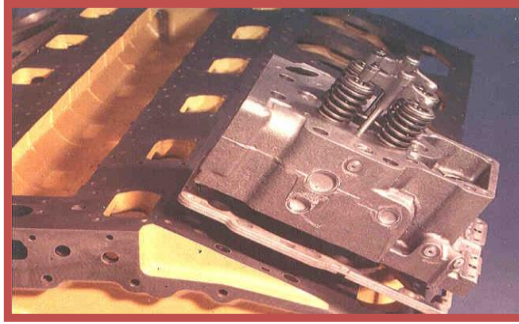


Figure 10. Culasse

Les guides et sièges de soupapes sont amovibles (fixation par ajustage serré). Le puit central d'injecteur est directement usiné dans la culasse. Un conduit d'huile assure le graissage des culbuteurs et queues de soupape. Un conduit de gazole permet l'alimentation des injecteurs. Des férules indépendantes permettent le passage de l'huile et du liquide de refroidissement entre culasse et bloc.

3.8. Influence des paramètres moteurs sur la combustion

- ❖ Le régime moteur.
- ❖ La charge.
- ❖ La température d'air d'admission.
- ❖ La température d'eau de refroidissement.
- ❖ Le tarage des injecteurs.
- ❖ La qualité du combustible.
- ❖ CIRCUIT D'AIR ET SURALIMENTATION

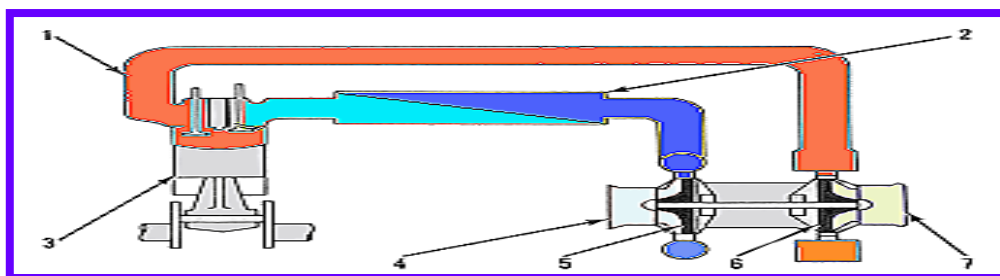


Figure 11. CIRCUIT D'AIR ET SURALIMENTATION

- 1) Collecteur d'échappement.
- 2) Réfrigérant d'air de suralimentation.
- 3) Unité cylindre.
- 4) Aspiration d'air compresseur.
- 5) Rouet de compresseur.
- 6) Rouet de turbine.

7) Sortie des gaz turbine.

Un moteur Diesel consomme en moyenne 30 grammes d'air pour brûler 1 gramme de gazole. Cet air nécessaire à la combustion du fuel est présent partout dans l'atmosphère ; toutefois il est pollué par des particules de toutes sortes.

Le rôle essentiel du circuit d'admission est donc de purifier cet air aspiré, afin d'éviter l'introduction des poussières qui sont la cause d'usure des organes mécaniques. On ne considère qu'un moteur fonctionnant dans un milieu poussiéreux tel qu'un chantier aspirerait un kilogramme de poussières abrasives en 2-3 heures de fonctionnement sans filtre.

En application groupe électrogène, les filtres sont du type papier avec un seuil de filtration de l'ordre de 10µm.

Un moteur à aspiration naturelle ne peut aspirer que 80% de sa cylindrée en air, ce qui limite la masse d'air introduite.

Sachant que la puissance est fonction de la quantité de combustible injecté et que cette quantité est limitée par la masse d'air introduite, la suralimentation et le refroidissement de cet air permettra d'augmenter la puissance.

Les moteurs CAT sont équipés de turbocompresseurs à paliers lisses graissés par l'huile du moteur.

Le refroidissement de l'air comprimé est assuré par des échangeurs air/eau du type tubulaire.

3.9. Circuit de refroidissement

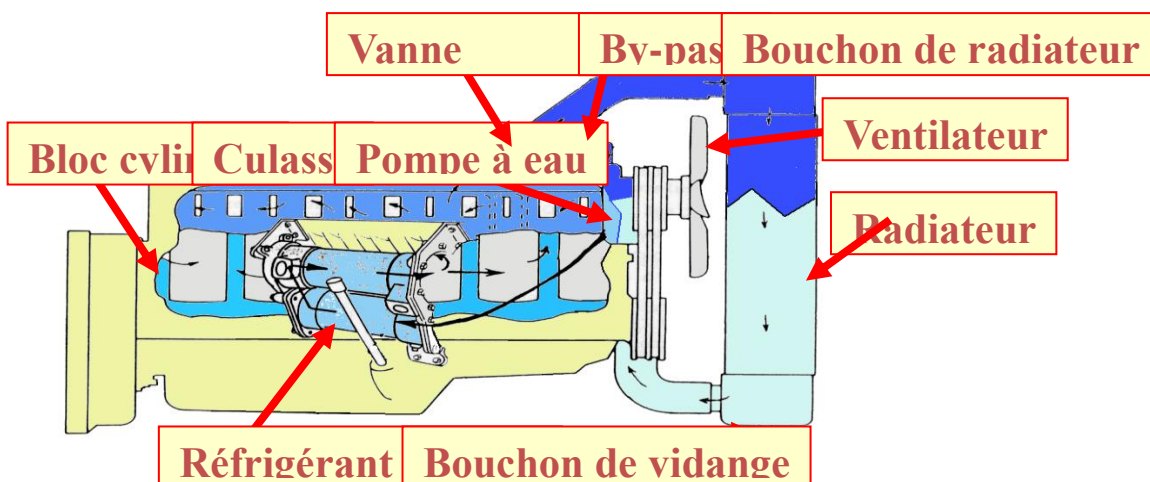


Figure 12. Circuit de refroidissement

❖ **La corrosion électrolytique :**

Les liquides de refroidissement ou de lubrification peuvent devenir acides dans le temps pour diverses raisons.

Ainsi, en fonction des métaux en présence, le moteur peut générer des micro-courants internes amorçant un phénomène d'électrolyse.

Diverses solutions sont apportées suivant l'ampleur du phénomène.

❖ **La corrosion-érosion :**

L'érosion est un phénomène purement mécanique résultant de particules solides en suspension dans le liquide entraînées par le mouvement de celui-ci et attaquant les surfaces métalliques se présentant sur leur passage.

La corrosion-érosion se produit lorsque les surfaces protectrices sont endommagées. Elle résulte du mouvement relatif entre le fluide corrosif et la surface métallique.

Le tartre contenu dans l'eau étant précipité, le dépôt aura tendance à stagner dans les parties basses du circuit créant une hétérogénéité dans le circuit, des faiblesses dans la protection et une corrosion accrue en ces endroits.

Autres anomalies :

- L'oxydation des surfaces métalliques (rouille).
- La contamination de l'eau suivie d'une apparition de boues.
- La formation de dépôts de tartres et de dépôts minéraux sur les surfaces internes.
- La formation de mousses.
- Le gel du liquide de refroidissement

3.10. Pompe à huile

Les pompes à huile utilisées sur les moteurs CAT sont du type à engrenage à simple ou à double étage.

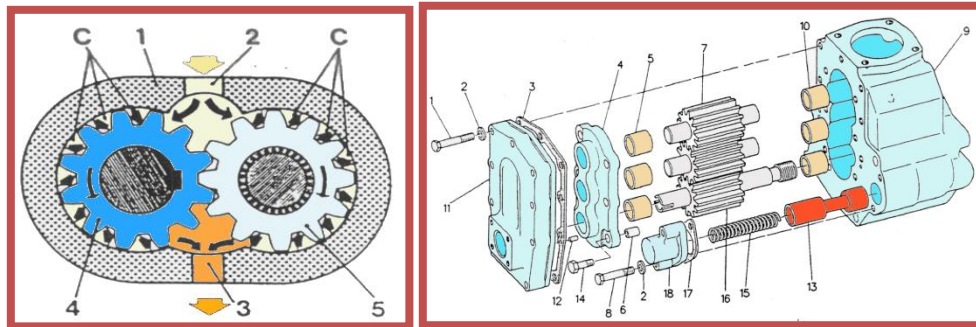


Figure 12. Pompe à huile

3.11. Le reniflard

Le reniflard est une mise à l'air libre du bloc moteur. Les gaz proviennent principalement des fuites à travers la segmentation. Ces gaz de reniflard sont chargés de vapeur d'huile.

Le montage du conduit d'évacuation des gaz doit être de diamètre suffisant et exempt de points bas pour éviter toute contre-pression excessive.

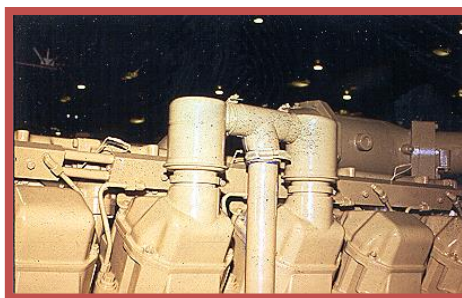


Figure 13. Le reniflard

3.12. Circuit de combustible

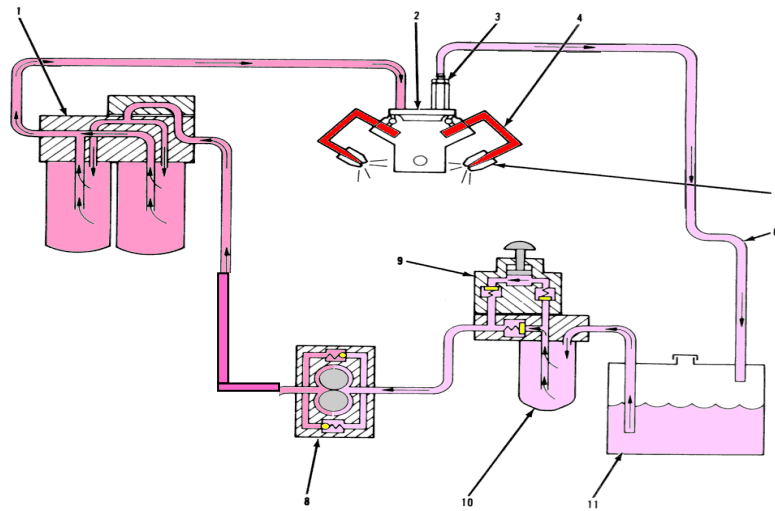


Figure 14. Circuit de combustible

- | | |
|------------------------|---------------------------|
| 1/ Filtres principaux. | 6/ Ligne de retour. |
| 2/ Pompe d'injection. | 8/ Pompe alimentaire. |
| 3/ Clapet de balayage. | 9/ Pompe d'amorçage. |
| 4/ Tuyau d'injection. | 10/ Pré filtre. |
| 5/ Injecteur. | 11/ Réservoir journalier. |

❖ Description

Le fuel pour un moteur Diesel est la source d'énergie caractérisée par son pouvoir calorifique (P.C.I). Pour l'acheminer dans la chambre de combustion, il faut l'introduire sous pression et cela suivant différentes étapes.

- ✓ Circuit d'aspiration venant du réservoir
- ✓ Circuit d'alimentation basse pression (200 à 500 kPa)
- ✓ Circuit haute pression (50000 à 150000 kPa)

Les organes mécaniques permettant cette haute pression sont fabriqués avec des jeux de montage de l'ordre de $2\mu\text{m}$. Il y a donc lieux de filtrer le carburant.

3.13. Le pré filtre : il filtre les impuretés supérieures à $10\mu\text{m}$. Son rôle est de protéger la pompe alimentaire.



Figure 15.Le pré filtre

3.14. La pompe alimentaire:

son rôle est d'amener le fuel du réservoir à la pompe d'injection à l'aide d'une basse pression (200 à 500kPa) afin d'assurer un bon remplissage des éléments de pompe d'injection dans un temps très court. Cette pompe doit emmener une quantité de carburant suffisante pour le fonctionnement du moteur à tous les régimes et sous toutes les variations de charge.



Figure 16.Filtres à gazole Les cartouches sont du type étoile, en papier (2).

Le passage du combustible s'effectue dans le sens radial, de l'extérieur vers l'intérieur. Les plis que forme le papier sont fermés en haut et en bas par des disques de recouvrement. Une fois filtré, le combustible afflue à l'intérieur du tube central perforé (1). Les impuretés sont retenues à la surface du filtre où elles adhèrent.



Figure 17.La pompe alimentaire

3.15. Le système d'injection

Le carburant refoulé à haute pression par la pompe est injecté dans la chambre de combustion du moteur par l'injecteur. L'injecteur comprend le corps et l'aiguille d'injecteur. Ils sont appariés l'un par rapport à l'autre à un ajustement fin (de 2 à 4 μm); c'est pourquoi ils ne doivent être utilisés que comme unité complète. A l'aide d'une porte injectrice, l'injecteur est monté dans la culasse du moteur. Les injecteurs utilisés sur les moteurs CAT sont principalement « à trou ».

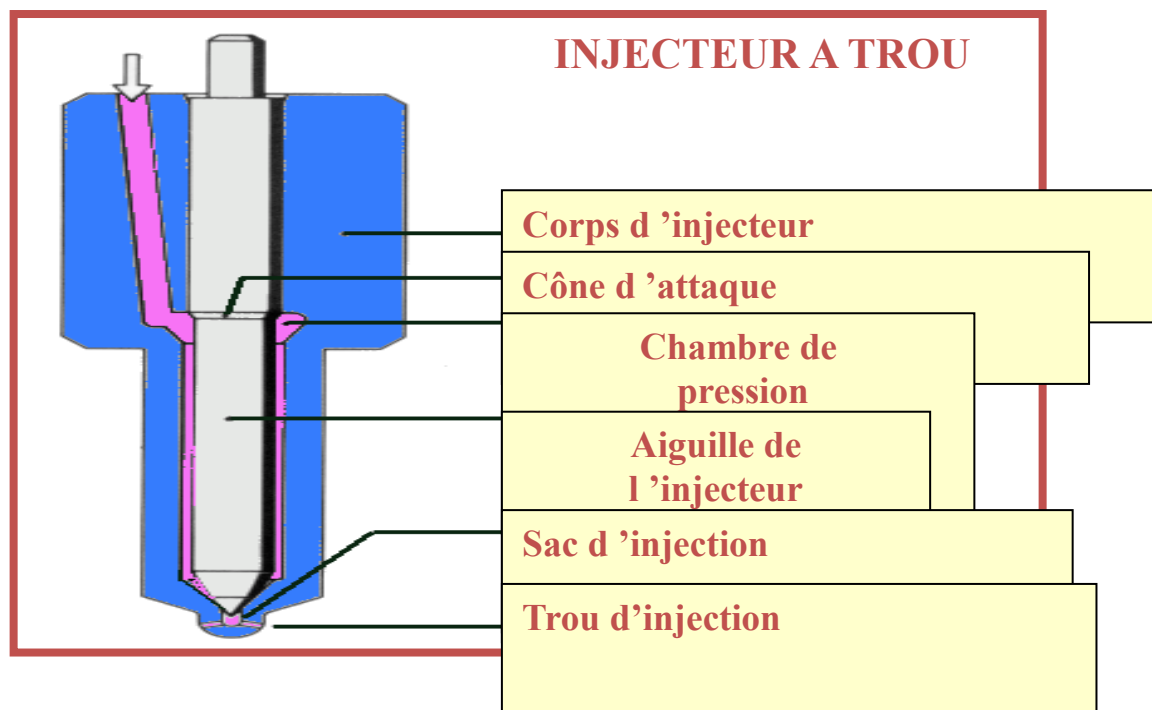


Figure18.Injecteur pompe

3.16. La pompe d'injection

L'équipement d'injection sert à injecter le carburant à la quantité exactement dosée et à un moment bien déterminé.

La pompe d'injection engendre la pression nécessaire à l'injection du carburant et elle conduit le carburant aux cylindres correspondants du moteur Diesel. Les processus de combustion dans le moteur Diesel dépendent grandement de la quantité et de la manière dont le carburant est conduit au moteur. Voici les critères les plus importants:

- le moment où le carburant est injecté.
- la durée de l'injection du carburant.
- la répartition du carburant dans la chambre de combustion.
- le moment du début de la combustion.
- la quantité de carburant amenée par degré de rotation de vilebrequin.
- la quantité totale de carburant amené en fonction de la charge du moteur.

Ces conditions doivent être remplies d'une manière optimale pour assurer le fonctionnement parfait du moteur Diesel.

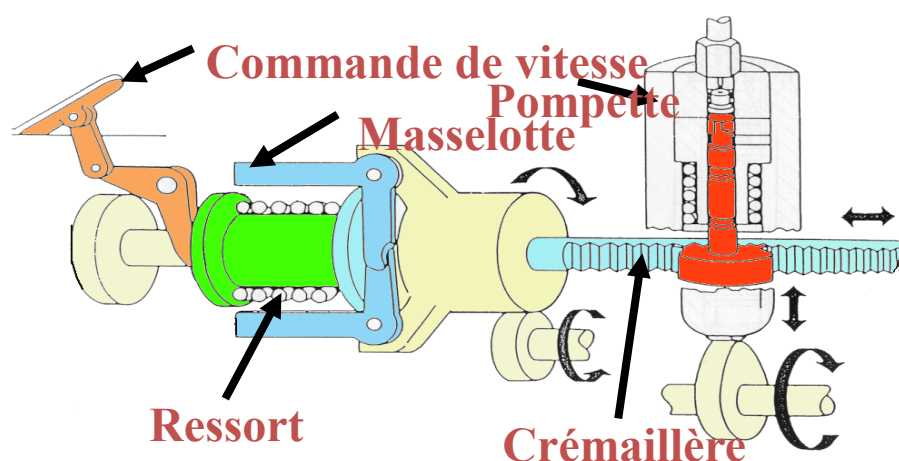


Figure 19. La pompe d'injection

Annexe 2 :

2-2 DESCRIPTION DE L' ALTERNATEUR :

Les alternateurs sont de conception à quatre pôles ou à six pôles avec configuration à six câbles ou à douze câbles selon le modèle. Les alternateurs peuvent produire de l'énergie électrique dans les Application à 50 HZ ou à 60HZ.



Annexe 3 :

1. L'alternateur

Est une machine synchrone qui permet de générer le courant électrique dont la vitesse de rotation du rotor est égale à la vitesse du champ tournant qui ne dépend pas de la charge. Les alternateurs sont utilisés dans les centrales électriques et aux niveaux des chantiers pétroliers pour la production d'un courant alternatif.

2.1 CARACTIRISTIQUES

- ✓ **Marque :** Caterpillar.
- ✓ **Pas :** 0.6667.
- ✓ **Nombre de poles :** 4 pôles.
- ✓ **Nombre de roulements :** 1.
- ✓ **Isolation :** Classe H.
- ✓ **IP rating :** IP23.
- ✓ **Vitesse nominale :** 1500 rpm.
- ✓ **Excitation :** Permanent Magnet or AREP.
- ✓ **Régulateur de tension :** 3 phases de avec une sélectivité Volts/HZ.



Figure2 : Alternateur Caterpillar

2. CONSTITUTION ELECTRIQUE

Un alternateur Caterpillar est composé principalement des parties suivantes:

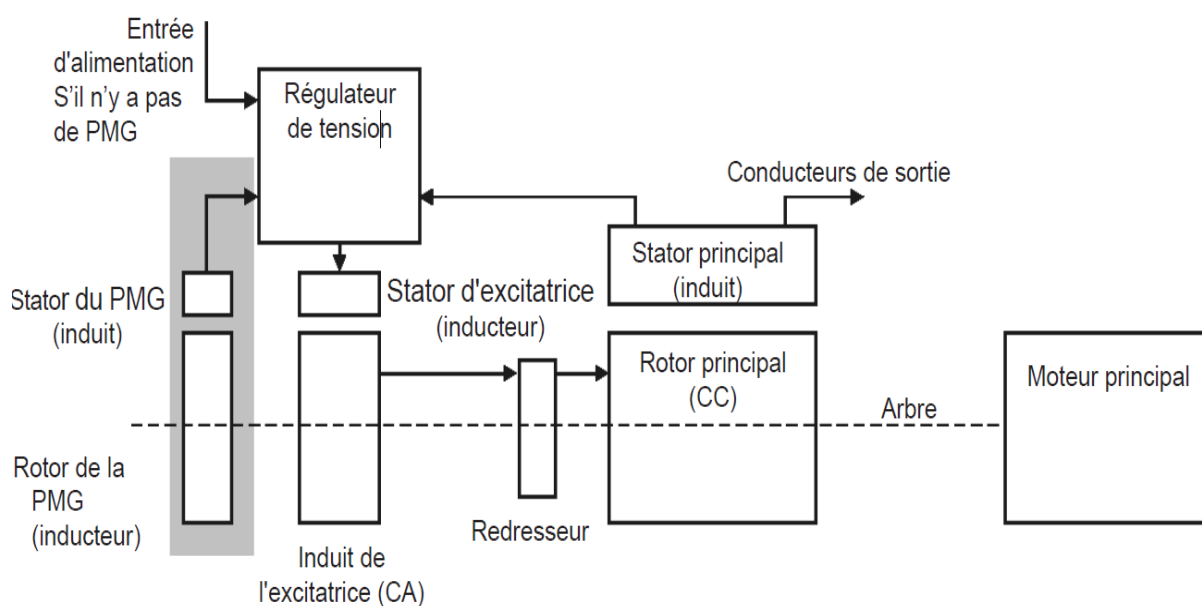


Figure3 : Schéma descriptif de l'alternateur du groupe électrogène 3512B

3. DESCRIPTION

3.1 LE STATOR PRINCIPAL (induit)

Le stator comprend un circuit magnétique constitué par un empilage de tôles en forme de couronne, isolées les unes des autres pour limiter les courants de Foucault. L'ensemble des couronnes avec leur isolation est fortement serré, il constitue le circuit magnétique du stator. Dans sa partie intérieure, le circuit magnétique comporte des encoches uniformément réparties dans lesquelles vient se loger l'enroulement triphasé du stator. Le circuit magnétique du stator est en fer afin d'augmenter le champ magnétique engendré par le rotor, il supporte le bobinage du stator. Le bobinage d'un stator triphasé comprend trois bobines décalées l'une par rapport à l'autre de 120° . Les deux extrémités de l'enroulement aboutissent chacune à une borne à la plaque de bornes de la machine. Elles constituent l'entrée et la sortie de l'enroulement. Elles ne sont pas connectées ensemble : l'enroulement est ouvert. C'est à l'utilisateur de réaliser le couplage. Parce que l'induit est fixe, on peut isoler fortement ses conducteurs ; aussi, construit-on des alternateurs qui produisent des f.é.m. atteignant jusqu'à 15 000 volts.



Figure 4 : Schéma d'un stator d'alternateur triphasé

3.2 Le rotor principale

Le rotor qui tourne à l'intérieur du stator immobile. Le rotor porte, dans les encoches disposées à sa périphérie, un enroulement parcouru par un courant continu. Le courant continu provient du système d'excitation. Le rotor excité, en tournant, produit un champ tournant avec lui. Ce champ tournant engendre des forces électromotrices dans chacune des phases de l'enroulement du stator. Les pôles sont alternativement nord et sud ; leur nombre total $2p$ est toujours paire. Certains rotors n'ont que 4 pôles, il en est qui en possèdent plusieurs dizaines. Si les différentes phases du stator sont fermées sur un circuit extérieur, elles sont parcourues par des courants alternatifs. L'ensemble de ces courants produit un champ tournant dans le même sens et à la même vitesse que le rotor.

Le champ du rotor est proportionnel au courant d'excitation.



Figure 5 : Schéma d'un rotor de l'alternateur

3.3. Régulateur (AVR)

L'AVR (Automatique Voltage Régulateur) est un système de régulation automatique de la tension de sortie. Particulièrement adapté au groupe électrogène de chantier, l'AVR régule automatiquement le groupe électrogène lorsque la tension varie. Il garantit la stabilité de la tension et de la fréquence du groupe électrogène.



Figure 6 : Régulateur de tension VR6

3.3.1 CARACTIRISTIQUES

- ✓ Réponse moins de 4 millisecondes.
- ✓ Protection sur les sur excitations.
- ✓ La sortie du générateur lorsque l'excitation dépasse les valeurs nominales:
90 VDC en 90Sec à 120VCC en 10sec
- ✓ Regulator sensing: triphasé ou monophasé disponible pour les générateurs SE et PM
- ✓ Compensation de fréquence: La tension est linéairement proportionnelle à la fréquence pour 8 Volts / Hz ou 16 Volts / Hz en dessous de la fréquence. La fréquence est réglable de 45 Hz à 65 Hz.
- ✓ Tension nominale: 240 VAC (trousses de transformateur de détection 480V et 120V disponibles)
- ✓ Power input :
SE: 180-264 VAC, monophasé ou triphasé, 50/60 Hz
PM: 63-105 VAC, triphasé,
Output rating: 12 ADC @ 65 VDC maximum continu 25 VDC @ 125 VDC forçant pendant 10 secondes.

- ✓ Manual voltage control Permet la régulation manuelle de la sortie du générateur en cas de défaillance du régulateur.
- ✓ Paralleling: un réactive droop réseau composé d'un transformateur de courant et d'un faisceau de câblage permet au générateur d'être mis en parallèle avec d'autres générateurs soit en mode réactive droop soit en mode de compensation de courant croisé (zéro droop).
- ✓ Réglage de la stabilité: le réglage permet le temps de réponse le plus rapide pour bloquer le chargement tout en maintenant la stabilité à l'état stable.

3.3.2 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

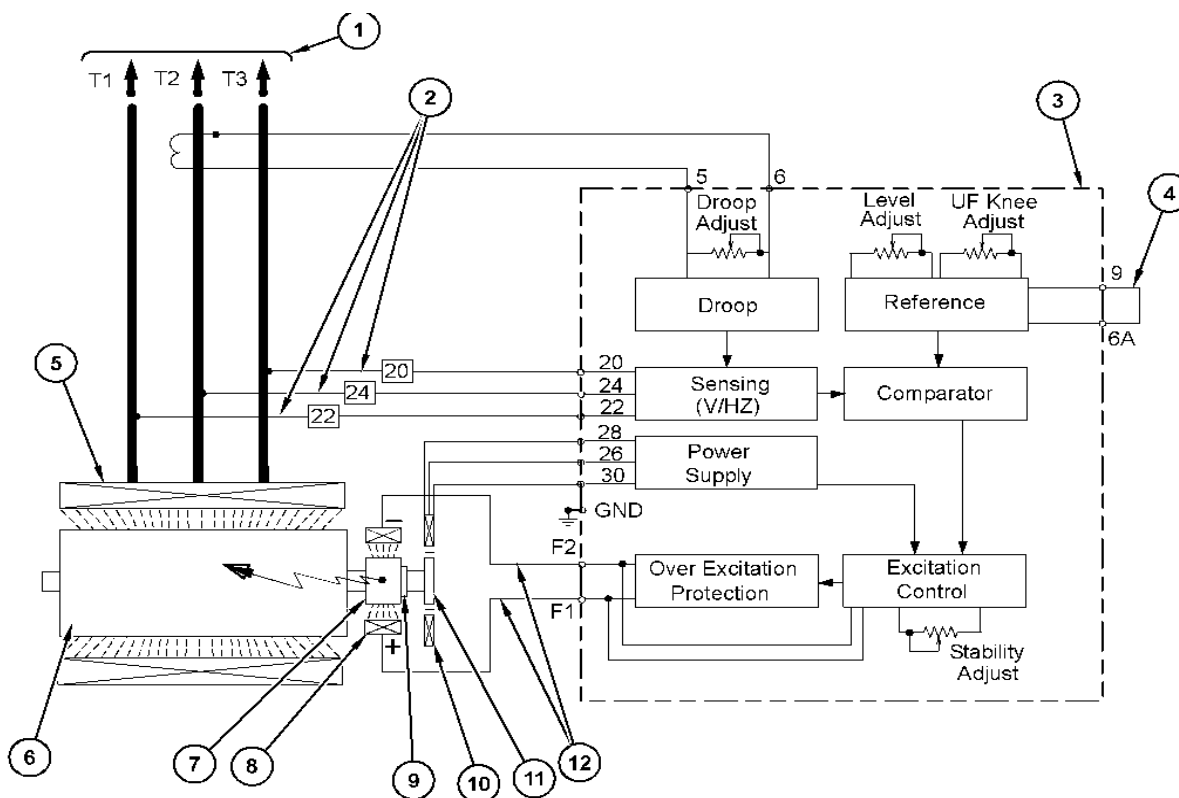


Figure7: Schéma de principe d'un régulateur de tension VR6

- | | | |
|------------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| 1. Phases de l'alternateur | 5. Stator de l'alternateur | 9. Redresseur triphasé |
| 2. Détection des phases | 6. Rotor de l'alternateur | 10. Stator de l'aimant permanent |
| 3. Régulateur de tension VR6 | 7. Rotor de l'excitatrice | 11. Aimant permanent |
| 4. Shunte | 8. Stator de l'excitatrice | 12. Fils d'excitatrice |

Le régulateur de tension VR6 (3) maintient la tension de sortie de l'alternateur constante Quel que soit la variation de la charge. Il contrôle la DC ainsi que le courant qui est fourni au stator de l'excitateur (8).

Lorsque le régulateur détecte une diminution de la tension de sortie due à une augmentation de la charge, le régulateur augmente la tension aux bornes des fils (12). Ceci augmente le champ magnétique dans le stator de l'excitatrice (borne 8).Ceci augmente la tension et le courant alternatif induits dans le rotor de l'excitatrice (7). Cette tension alternative Triphasée provoque une augmentation du courant alternatif. Cette Dernière est ensuite redressée en en tension continue par le redresseur triphasé à diode (9). La sortie du pont redresseur est envoyée vers le rotor principal (6) par des conducteurs qui sont acheminés à travers un passage dans l'arbre du générateur. L'augmentation du courant à travers le rotor principal augmente le champ magnétique du générateur est par conséquent, une tension plus élevée dans le stator principal 5.

La tension alternative triphasée (1) augmente jusqu'à ce que le régulateur de tension ne détecte plus une tension de sortie diminuée.

Lorsque le régulateur de tension détecte une augmentation de la tension de sortie due à une diminution de la charge, le régulateur va diminuer la tension continue vers l'excitateur. Une diminution de la tension du générateur se produira en raison de réponses similaires, comme décrit ci-dessus.

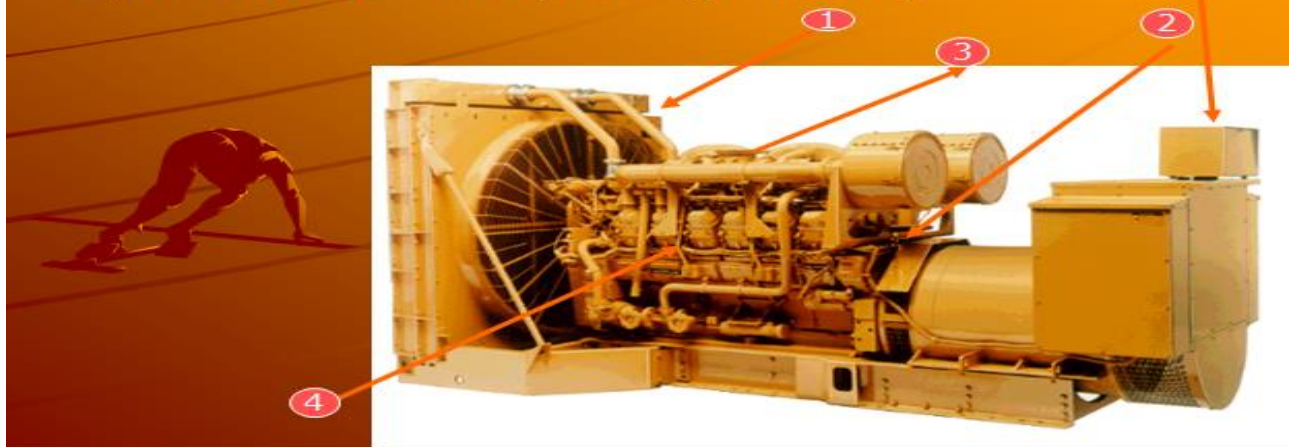
3.4.Principe de fonctionnement de l'alternateur

L'électroaimant (le rotor) est alimenté par le courant d'excitation continu, le rotor excité, en tournant, il produit un champ tournant avec lui. L'interaction de ce champ tournant avec les conducteurs engendre, une force électromotrice dans chaque enroulement Statorique.

Annexe 4 :

3-PLACEMENT DE CAPTEUR DANS UN MOTEUR

- 1/ capteur de niveau d'eau (au niveau haut de radiateur)
- 2/ capteur de vitesse (cage ailer de volons moteur)
- 3/ capteur de température d'eau (pipe d'eau)
- 4/ capteur de pression d'huile (ploque moteur)
- 5/ coffret de commande (haut de génératrice)



6- DEMARAGE INITIALE


- 1-Effectuer tous les contrôle préliminaires au démarrage
- 2-S'assurer que le disjoncteur principal ou les disjoncteur de secteur est ouvert
- 3-Fair démarrer le moteur laisser le moteur se réchauffer
- 4-Réqler sur le régime de pleine charge
- 5-Fermer le disjoncteur principal
- 6-Appliquer la charge., ne pas essayer d'appliquer la pleine charge directement
- 7-Régler à niveau le régulateur en fonction de la fréquence nominale



Annexe 5:

➤ **5-PANNEAUX DE COMMANDE MODULAIRE ELECTRONIQUE CATERPILLAR**

➤ Le panneau de commande électronique, monté sur l'alternateur équipe tous les groupes électrogènes préassemblés Caterpillar.



- 1- commande de moteur
- 2- sélecteur de phase
- 3- bouton d'arrêt d'urgence
- 4- interrupteur d'essai des témoins
- 5- potentiomètre
- 6- interrupteur pour auxiliaire de démarrage
- 7- commande de vitesse
- 8- module d'alarme pour poste permanent
- 9- deux lampes d'éclairage du panneau avec interrupteur

➤ **7-DEMARAGE DU MOTEUR :**

➤ 1-Effectuer toute la vérification préalable à la mise en route

➤ 2-Tourner la commande moteur (1) sur la position de démarrage manuel. le moteur démarre et reste en marche tant que la commande (1) reste sur cette position

➤ 3-Dès que le moteur démarre, les circuits de détection de défaillance sont opérationnels. En cas de défaillance, le moteur sera automatiquement coupé.

➤ 4-Dès que les circuits sont stabilisés après démarrage du moteur, appliquer la charge.

➤ 5-Régler la tension de l'alternateur soit au moyen de la commande de régulateur, soit en agissant sur le levier de commande de régulateur qui se trouve sur le moteur.

➤ 6-Régler la tension de l'alternateur au moyen du potentiomètre(5)



◆ 9-ARRET DU MOTEUR :



- ◆ 1-Retire la charge du moteur
- ◆ 2-Si l'on désire faire tourner le moteur au régime maxi à vide (régime nominale) pour Refroidissement préréglée .si l'on ne désire pas que le Moteur passe par la phase de refroidissement sans charge. passer au point (3)
- ◆ 3-Ramener le moteur au ralenti .enfoncez le bouton de commande de régulateur (GS)
- ◆ 4- Pendant que le moteur Torne au ralenti. Contrôler le niveau d'huile moteur.
- ◆ 5-Laisser refroidir le moteur au ralenti pendant cinq minutes environ une fois que le moteur a refroidi .ramener le sélecteur sur la position d'arrêt- réarmement.

10-ARRET D'URGENCE



Ce bouton de couleur rouge s'utilise pour couper le moteur en cas d'urgence uniquement.

Si le bouton d'arrêt d'urgence a été utilise pour le moteur .il faudra le réarmer .pour réarmer le bouton le tirer et le tourner dans le sens de la flèche.



Annexe 6:

Groupe Electrogène 3512A Electric Power



Caterpillar est le premier sur le marché de la production d'énergie, avec des solutions conçues pour offrir une souplesse inégalée, d'évolutivité, de fiabilité et de rapport qualité/prix.

Spécifications

Spécifications Groupe Electrogène	
Puissance Minimum	890 ekW (1000kVA)
Puissance Maximum	1250 ekW (1400kVA)
Tension	220 à 13800 Volts
Fréquence	50 ou 60 Hz
Vitesse	1500 ou 1800 TR/MIN

Configurations Groupe Electrogène	
Stratégie Fioul / Emissions	Basse Consommation Fioul

Spécifications Moteur		
Modèle Moteur	3512 TA, V-12, 4-Stroke Water-Cooled Diesel	
Alésage	170 mm	6.69 in
Cylindrée	51.8 L	3161.03 in3
Course	190 mm	7.48 in
Taux de Compression	13.5:1	
Aspiration	TA	
Type de Régulateur	Woodward	
Système Carburant	Direct Unit Injection	

Avantages et Caractéristiques

Moteur Diesel Cat

- Fiable, robuste, durable
- Epruvé dans des milliers d'applications à travers le monde
- Moteur Diesel à quatre temps combinant une performance constante et une excellente économie de carburant avec un poids minimum

Alternateur

- Adapté aux performances et caractéristiques de sortie des moteurs Cat
- Conceptions mécanique et électrique de premier ordre
- Capacités de démarrage de premier ordre
- Haute Efficacité

Panneau de Contrôle Cat EMCP

Le contrôleur EMCP dispose de la fiabilité et de la durabilité que vous attendez de votre équipement Cat. L'EMCP4 est une plate-forme de commande évolutive conçue pour assurer un fonctionnement fiable du groupe électrogène, fournissant des informations détaillées sur la puissance et le fonctionnement du moteur. Les systèmes EMCP4 peuvent être personnalisés pour répondre à vos besoins grâce à des modules de programmation et d'expansion.

Critères de Conception

Le groupe électrogène accepte 100% de la charge nominale en une seule étape, selon la norme NFPA 110 et, est conforme aux réponses transitoires de la norme ISO 8528-5.

UL 2200 / CSA - Option

- Groupes référencés UL 2200
- Certifié CSA
- Certaines restrictions peuvent être appliquées
- Consulter le représentant Cat.

Fournisseur Unique

Entièrement testé par prototype, avec des analyses de vibration torsionnelles disponibles

Support Produit Mondial

Les concessionnaires Cat fournissent un important support après-vente, incluant des contrats de maintenance et de réparation. Les concessionnaires Cat ont plus de 1800 points de vente opérant dans 200 pays. Le programme S.O.S. permet une analyse efficace de l'état des composants internes du moteur, ainsi que la présence de fluides indésirables et de produits de combustion.

**ELECTRIC POWER - Fiche de Spécification
STANDARD**

3512

1120 ekW/ 1400 kVA/ 50 Hz/ 1500 tr/mn/ 400 V/ Cos Phi 0.8



Réglage : SECOURS

Stratégie : BASSE CONSOMMATION FIOUL



L'image représentée peut ne pas refléter le modèle actuel

3512
1120 ekW/ 1400 kVA
50 Hz/ 1500 tr/mn/ 400 V

Métrique

Anglais

Performance du Groupe		
Puissance Groupe avec Ventilateur @ Cos Phi 0.8	1120 ekW	
Puissance Groupe	1400 kVA	
Refroidisseur d'Air (Circuit Séparé)	82.0 ° C	179.6 ° F

Consommation Carburant		
100% de Charge avec Ventilateur	297.8 L/hr	78.7 gal/hr
75% de Charge avec Ventilateur	225.1 L/hr	59.5 gal/hr
50% de Charge avec Ventilateur	156.5 L/hr	41.4 gal/hr
25% de Charge avec Ventilateur	89.8 L/hr	23.7 gal/hr

Système de Refroidissement*		
Capacité de Liquide de Refroidissement	156.8 L	41.4 gal

Air d'Admission		
Débit d'Air d'Admission	100.4 m³/min	3545.1 cfm
Temp. Max Entrée Air Admission	91 ° C	196 ° F

Système d'Échappement		
Température des Gaz d'Échappement	470.1 ° C	878.2 ° F
Débit des Gaz d'Échappement	260.8 m³/min	9208.8 cfm
Contre-Pression Système Echap. (Maximum Acceptable)	6.7 kPa	27.0 in. water

Rejets Calorifiques		
Rejets Calorifiques Bloc Moteur	695 kW	39523 Btu/min
Rejets Calorifiques à l'Échappement (Total)	1162 kW	66080 Btu/min
Rejets Calorifiques au Refroidisseur d'Air	203 kW	11544 Btu/min
Rejets Calorifiques du moteur à l'atmosphère	119 kW	6767 Btu/min
Rejets Calorifiques de l'alternateur à l'atmosphère	57 kW	3213 Btu/min

Alternateur*		
Capacité de Démarrage Moteur @ 30% Chute de Tension	3087 skVA	
Intensité	2021 amps	
Modèle	1445	
Excitation	IE	
Élévation de Température	150 ° C	