

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté de Génie de la Construction
Département de Génie Mécanique
Filière Electromécanique



MEMOIRE
DE FIN D'ETUDE

*En vue de l'obtention du diplôme académique Master en
Option : Maintenance industrielle*

THEME :

*Etude AMDEC et mise en place d'un planning de maintenance
préventive _ Application sur un groupe électrogène 300KVA*

Cas : l'entreprise nationale l'ENIEM.

Présenté par :

LADJALI Nazar

Membre des jurys

Mr BOUMRAR Akli	UMMTO	Président
Mr YAMANI Nouredine	UMMTO	Examineur
Mr CHERABI Bilal	UMMTO	Promoteur
Mr MELLAL Makhlof	UMMTO	Co-Promoteur

2021/2022

Remerciement

Je remercie au premier lieu le seigneur Dieu tout puissant

Je tiens à exprimer ma reconnaissance et ma gratitude à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste mémoire.

*Principalement à mon encadreur de recherche **Mr CHERABI Bilal**, qui a guidé mes pas, mes enseignants pour avoir travaillé nettement avec moi et les membres du jury qui ont accepté d'évaluer ce travail.*

*Mes remerciements s'adressent aussi à tout le personnel de l'entreprise nationale **L'ENIEM de Tizi-Ouzou** en particulier **Mr MELLAL Makhlouf** pour sa prise en charge, m'avoir donné l'occasion de réaliser mon travail de terrain avec extrême bienveillance, pour ses orientations et ses encouragements durant mon stage pratique.*

Je veux également exprimer ma reconnaissance à ma famille, mes camarades, ainsi que tous mes amis pour leur soutien moral et qui m'ont incessamment soutenue.

Dédicace

Au nom du dieu tout puissant et miséricordieux et louange à ALLAH

Je dédie ce modeste travail

A mon père Youcef et ma mère Lynda pour leurs amours inconditionnels, leurs bontés, leurs sacrifices, leurs encouragements perpétuels, leurs soutiens. Aucune dédicace ne serait exprimé le respect que j'ai pour eux.

Puisse dieu prolonger leurs vies dans le bonheur.

A mes frères Nassim, Yacine, Mouhend Said.

A ma petite sœur Laeticia.

A toute ma grande famille.

A mon ami Menouar et sa famille.

A tous mes amis sans exception.

A tous ceux qui ont contribué à la réussite de ce travail de près ou de loin.

N. Ladjali

Résumé :

Le groupe électrogène est un organe indépendant capable de produire de l'énergie électrique on cas de coupure du courant électrique. Il se compose d'un moteur thermique qui transforme l'énergie chimique en énergie mécanique, et d'un alternateur qui transforme l'énergie mécanique en énergie électrique.

On a consacré notre travail à l'optimisation de la maintenance par la méthode AMDEC d'un groupe électrogène de 300 KVA de l'ENIEM de la zone industrielle de Ouad-Aissi, cette approche nous permettra de classer les causes selon les effets qu'elles génèrent et de déduire les actions à mener.

Mots clé : Groupe électrogène, courant électrique, méthode AMDEC

Abstract:

The generating set is an independent device capable of producing electrical energy in the event of a power failure. It consists of a heat engine which transforms chemical energy into mechanical energy, and an alternator which transforms mechanical energy into electrical energy.

We devoted our work to the optimization of the maintenance by the FMECA method of a 300 KVA generator of the ENIEM of the industrial zone of Ouad-Aissi, this approach will allow us to classify the causes according to the effects they generate and deduce the actions to be taken.

Key words: Generating set, electric current, FMECA method

ملخص:

مولد الكهرباء عبارة عن جهاز مستقل قادر على إنتاج طاقة كهربائية في حالة انقطاع التيار الكهربائي. يتكون من محرك حراري يحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة ميكانيكية، ومولد تيار متردد يحول الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية.

كرسنا عملنا لتحسين الصيانة بطريقة تحليل أنماط الفشل وتأثيراتها الحرجية لمولد 300 كيلو فولت امبير للمؤسسة الوطنية للصناعة الأجهزة الكهرو منزلية في المنطقة الصناعية في واد عيسى. سيسمح لنا هذا النهج بتصنيف الأسباب وفقا للتأثيرات التي تولدها وسنستنتج الإجراءات التي يتعين القيام بها.

الكلمات المفتاحية: مولد كهربائي، تيار كهربائي، طريقة تحليل أنماط الفشل وتأثيراتها الحرجية

Sommaire

Résumé, abstract, ملخص	
Liste des schémas	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Liste des symboles	
Liste des équations	
Introduction générale	1

Chapitre I : Présentation de l'entreprise ENIEM.

Aperçu général sur l'entreprise nationale des industries de l'électroménager (ENIEM)	3
I-1-Evolution, objectif et mission de l'ENIEM	3
I-1-1-Historique	3
I-1-2- situation géographique de l'ENIEM	4
I-1-3-Les objectifs de l'Entreprise ENIEM	4
I-1-4-les missions de l'ENIEM	5
I-2-L'organisation administrative de l'ENIEM	5
I-2-1-La direction générale	5
I-2-2-Les unités	5
I-3-conclusion	10

Chapitre II: Généralité sur les groupes électrogènes.

II-1-Introduction	12
II-2-Généralités sur les groupes électrogènes	12
II-2-1- Les différents types de groupes électrogènes	12
II-3-constitution d'un groupe électrogène	14

II-3-1-la partie mécanique	14
II-3-1-1-le moteur thermique	14
II-3-1-2-les principaux circuits	18
II-3-1-2-1-circuit d'alimentation en combustible	18
II-3-1-2-2-Le circuit de lubrification	21
II-3-1-2-3-refroidissement d'un moteur diesel	21
II-3-1-3-le système de démarrage	23
II-3-2-la partie électrique	25
II-3-2-1-alternateur	25
II-3-2-2-principe de fonctionnement	28
II-3-2-3-excitation d'un alternateur	29
II-3-2-4-L'AVR	30
II-3-2-4-1-définition	30
II-3-2-4-2-principe de fonctionnement d'un AVR	31
II-3-3-la partie commande	32
II-4-conclusion	33

Chapitre III: Présentation de la méthode AMDEC.

III-1-introduction	35
III-2-historique	35
III-3-définition	36
III-4-Objectifs de l'AMDEC	37
III-5-Organisation des méthodes AMDEC	38
III-6-Types de l'AMDEC	38
III-7-Méthodologie de l'AMDEC	40
III-8-Description de l'enchaînement des opérations	40
III-9-Tableau générale AMDEC	46
III-10-perspectives de l'AMDEC	46
III-11-place de l'AMDEC dans une démarche de maîtrise des risques	46
III-12-Conclusion	47

Chapitre IV : Application de la méthode AMDEC sur le groupe électrogène IVICO AIFO.

IV-1-Introduction	49
IV-2-Description du groupe	49
IV-2-1-Moteur thermique	49
IV-2-2-Alternateur	49
IV-2-3-Armoire électrique de commande	50
IV-2-3-1-Schéma multifilaire du circuit de commande	51
IV-2-3-2-Schéma d'implantation	52
IV-2-3-3-Composants de l'armoire de commande	52
IV-3-Historiques des interventions du groupe électrogène de l'ENIEM	54
IV-4-Découpage structurelle du groupe électrogène	55
IV-5-Analyse AMDEC	57
IV-6- la criticité	63
IV-7- Élaboration d'un plan de maintenance préventive (PMP)	63
IV-8- Conclusion	66
Conclusion générale	67

Liste des schémas :

Schémas 01	Organigramme de l'ENIEM	8
Schémas 02	Organigramme de maintenance de l'unité prestation technique	9
Schémas 03	processus de conversion d'énergie par un groupe électrogène	12
Schémas 04	principe de transformation de l'énergie mécanique en énergie électrique	25
Schémas 05	Méthode d'optimisation de la maintenance	37
Schémas 06	Types d'AMDEC	38
Schémas 07	Différentes étapes de l'AMDEC	40
Schémas 08	Exemple de découpage structurel	41
Schémas 09	Découpage structurelle du groupe électrogène	56

Liste des tableaux :

Tableau 1	Grille de cotation de la gravité	43
Tableau 2	Grille de cotation de la fréquence	43
Tableau 3	Grille de cotation de la détection	44
Tableau 4	Niveau de criticité	45
Tableau 5	Matrice de criticité	45
Tableau 6	Tableau de l'AMDEC	46
Tableau 7	Historique des interventions sur le groupe électrogène	54
Tableau 8	Analyses AMDEC pour le moteur diesel / circuit de refroidissement	57
Tableau 9	Analyses AMDEC pour le moteur diesel / partie mobile et fixe	57
Tableau 10	Analyses AMDEC pour le moteur diesel / circuit d'air	58
Tableau 11	Analyses AMDEC pour le moteur diesel / circuit d'injection	59
Tableau 12	Analyses AMDEC pour le moteur diesel / Partie électrique	60
Tableau 13	Analyses AMDEC pour le moteur diesel / Partie électrique	60
Tableau 14	Analyses AMDEC pour l'alternateur	61
Tableau 15	Analyses AMDEC pour l'armoire de commande	62
Tableau 16	Tableau de la criticité	63
Tableau 17	Plan de maintenance préventive pour la partie du moteur diesel	63
Tableau 18	Plan de maintenance préventive pour la partie du moteur diesel / la partie électrique	64
Tableau 19	Plan de maintenance préventive pour la partie alternateur	65
Tableau 20	Plan de maintenance préventive pour l'armoire de commande	65

Liste des figures :

Figure 1	Situation géographique de l'ENIEM	4
Figure 2	Symbole de l'ENIEM	10
Figure 3	Groupe électrogène à essence	13
Figure 4	Groupe électrogène diesel	14
Figure 5	Moteur thermique	15
Figure 6	1 ^{er} temps : Admission	15
Figure 7	2 ^{ème} temps : Compression	16
Figure 8	3 ^{ème} temps : La détente (explosion)	17
Figure 9	4 ^{ème} temps : Echappement	17
Figure 10	Circuit d'alimentation en diesel	18
Figure 11	Réservoir de carburant	19
Figure 12	Pré filtre	19
Figure 13	Le filtre	20
Figure 14	Pompe d'injection	20
Figure 15	Le circuit d lubrification	21
Figure 16	Refroidissement par eau	22
Figure 17	Circuit électrique de refroidissement	23
Figure 18	Démarrage électrique : phase d'appel	24
Figure 19	Démarrage électrique : phase de maintien	24
Figure 20	Alternateur d'un groupe électrogène	26
Figure 21	Rotor	26
Figure 22	Rotor à pôle saillant	27
Figure 23	Rotor à pôle lisse	27
Figure 24	Stator	28
Figure 25	Principe de fonctionnement d'un rotor et un stator	28
Figure 26	Excitation avec balais	29
Figure 27	Excitation sans balais.	30

Figure 28	AVR	31
Figure 29	Circuit de régulation de la tension de sortie dans le groupe électrogène	32
Figures 30	Vue sur le moteur thermique	49
Figures 31	Vue sur l'alternateur	50
Figures 32	Vue sur l'armoire de commande	50
Figures 33	Schéma de câblage du la portière de l'armoire de commande	51
Figures 34	Schéma multifilaire de circuit de commande	51
Figures 35	Schéma d'implantation	52

Liste des abréviations :

ENIEM	Entreprise National des Industrie Electro-Ménagères.
PMB	Point Mort Bas
PMH	Point Mort Haut
AVR	Automatic Voltage Regulator
AMDEC	Analyses des Modes de défaillance et leurs Effets de Criticité
G	Gravité
F	Fréquence
N	Détection
C	Criticité

Liste des symboles

V	Volt
A	Ampère
VA	Volt Ampère
KVA	Kilo Volt Ampère
W	Watt

Liste des équations :

$e = L \frac{di}{dt}$	Loi de Faraday.
$P_m = S / \eta$	La puissance mécanique.
$C = F * G * N$	Loi de la criticité.

Introduction générale

Le monde de l'industrie est en développement croissant et qui contribue au développement économique d'un pays, mais avec la récession économique que vit le monde ces dernières années a poussé la plupart des industries à doubler leurs productions et pour cela il faut améliorer les performances de leurs produits et leurs qualités et à optimiser leurs moyens de production pour optimiser le coût de maintenance.

Toujours plus d'efficacité de fiabilité de performance et de sécurité et moins de dysfonctionnement les différentes fonctions de l'entreprise et plus précisément la fonction maintenances sont obligées d'effectuer des recherches continues et d'appliquer différentes méthodes pour l'amélioration de la fiabilité de plusieurs organes de l'industrie.

Et parmi ces organes on trouve les groupes électrogènes qui assurent la suite de fonctionnement de l'industrie en cas de coupure du courant électrique.

L'AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance et leurs Effets de Criticité) est une de ces méthodes d'optimisation de la maintenance qui est utilisée pour l'étude de sûreté de fonctionnement lors de la conception et de l'exploitation des systèmes industriels, elle rend le système fiable tout en diminuant le nombre de pannes.

Notre travail consiste à appliquer la méthode AMDEC pour un groupe électrogène d'une entreprise algérienne de production l'ENIEM, pour mener à bien notre travail on a organisé notre mémoire en quatre (4) chapitres :

Dans le premier chapitre nous donnerons une présentation de l'ENIEM et son organisation.

Dans le deuxième chapitre on va présenter les groupes électrogènes en générale et leurs différents composants.

Dans le troisième chapitre nous présenterons la méthode AMDEC avec ses types, et leur méthodologie d'application.

Dans le quatrième chapitre on va faire une description de notre groupe électrogène et présenter son historique d'intervention et appliquer la méthode AMDEC sur le groupe électrogène et donner un plan de maintenance préventive.

Chapitre I :
Présentation de l'entreprise ENIEM.

Aperçu général sur l'entreprise nationale des industries de l'électroménager (ENIEM) :

I-1-Evolution, objectif et mission de l'ENIEM :

I-1-1-Historique :

- L'entreprise nationale des industries de l'électroménagère ENIEM, est issu de la restructuration organique du la SONILEC (société nationale de fabrication et montage du matériel électronique et électrique) par le décret n°83 du 1/1983.
- L'ENIEM a été chargé à la production et la communication des produits électroménagère et disposer à sa création de :
 - Complexe d'appareil ménager (CAM) d'Oued-Aissi, Tizi Ouzou, entrée en production le juin 1977.
 - Unité FILAMP d'El Mohammedia (ULM) entrée en production en février 1979.
- Depuis 1989, l'entreprise réalisée des opérations de développement, traduites par la mise en place de la nouvelle usine (RH) de réfrigérateurs et congélateurs avec partenaire japonais MISTUI-BTOSHIBA.
- La nouvelle chaine de production de cuisinière avec le partenaire Italien INTERCOOP TECHNOGAZ.
- En 1991, la mise en place de l'usine de fabrication des réfrigérateurs horizontaux avec le partenaire libanais LEMATIC :
 - Reprise de montage de petit appareil ménagère et réalisation du radiateur gaz butane en 1993.
 - Réalisation de réfrigérateur 520L durant le premier semestre de 1995.

Actuellement la production principale de l'ENIEM est :

- Réfrigérateur RDM et RGM.
- Congélateur vertical.
- Cuisinière 04/05 feux.
- Climatiseur types fenêtre et système.
- Le combiné.

L'entreprise est devenue une société par action a la capitale sociale de 40,000,000,00 DA en 1989. Aujourd'hui son capital social est de 10,279,800,000,00 DA ; détenu en totalité par holding mécanique (INDELEC) .

I-1-2- Situation géographique de l'ENIEM :

Située au centre-ouest de la wilaya de TIZI-OUZOU, la commune de Tizi-Ouzou touche les communes de Draa Ben Khedda et Tirmatine à l'ouest, Matkas au sud-ouest, Souk EL Thenine, Beni Zmenzer et beni aissi au sud –est , Ouaguenoun et Tizi Rached à l'est , Djabel Aissa Mimoun au nord –est , et montagne Redjaouna au nord .

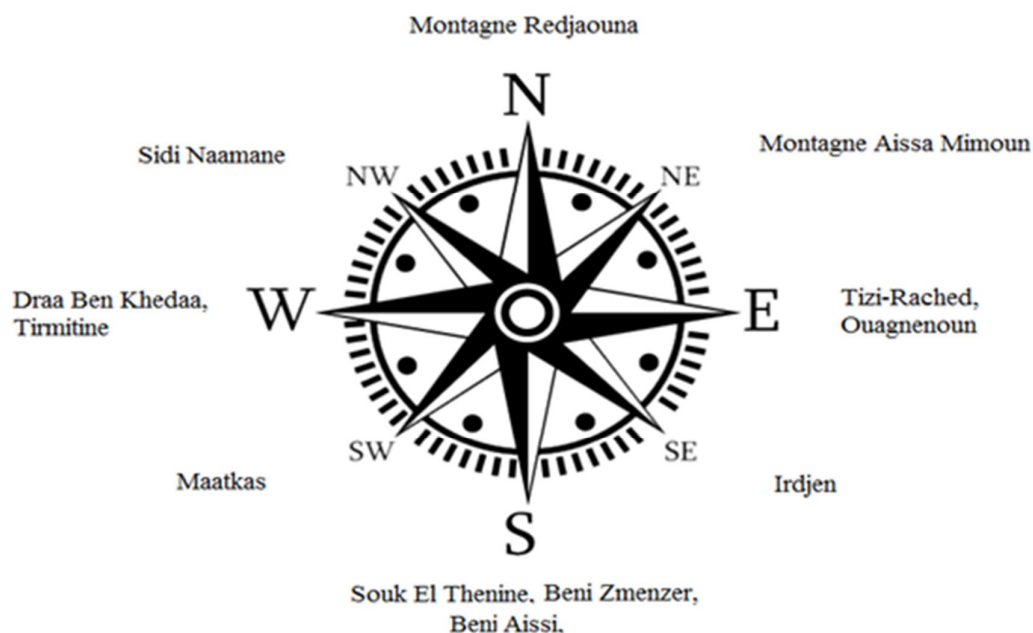


Figure 1 : Situation géographique de l'ENIEM.

- Elle couvre une superficie de 10236 hectares.
- Tizi-Ouzou est située à 88 km à l'est de la capitale Alger, à 93 km à l'ouest de bejaia à 52 km à l'est de boumerdas et à 39.5 km au nord-est de bouira.
- Les coordonnées géographiques de la commune au point central de son chef-lieu valent respectivement 36° 43''00'' Est.

I-1-3-Les objectifs de l'Entreprise ENIEM : (01)

Comme toutes les entreprises, l'ENIEM a des objectifs à réaliser, notamment :

- Mettre en place un système de management – environnement selon les normes ISO14001.
- Certifier l'unité sanitaire de méliana selon la norme ISO2000/2001.
- Augmenter la production.
- Réduire les couts du non qualité.
- Réduire les stocks.
- Réaliser des économies d'échelles.

- Augmenter le chiffre d'affaire.
- Maintenir l'effort de la promotion.

I-1-4-Les mission de l'ENIEM :

L'ENIEM a pour mission.

- La production, le montage, le développement la recherche de différents appareils électroménager, et notamment :
- Les appareils réfrigérateurs et cuisson.
- Les petits appareils ménagers.

I-2-L'organisation administrative de l'ENIEM :

Actuellement l'entreprise ENIEM est construite de :

- Direction générales (DG).
- Neuf (09) directions.
- Sept (07) unités.

I-2-1-La direction générale :

La DG est l'entête qui est responsable de la stratégie et de développement de l'entreprise et en tenant compte des résolutions de son conseil d'administration. Elle exerce son autorité hiérarchique et fonctionnelle sur l'ensemble des directions et des unités.

La directeur générale est assiste par les cadres dirigeants charges des principales fonctions de l'entreprise suivants :

- Direction des ressources humaines (GRH).
- Direction planification et contrôles de gestion (DPCG).
- Direction marketing et communication(DMC).
- Direction qualité (DQ).
- Direction industrielle (DI).
- Direction développement et partenariat (DDP).
- Direction centrale finances et comptabilité (DCFC).
- Département juridique et contentieux (DJC).
- Département de sécurité (ULM).

I-2-2-Les unités :

On distingue sept unités (07) aux niveaux de l'ENIEM :

A. Unités cuisson :

Cette unité est spécialisée dans la production de différents types de cuisinières.

a) Sa mission :

La mission globale de l'unité est de produire et développer des différentes modèles de cuisinière.

b) Ses activités :

- Transformation de la tôle.
- Traitement et revêtement de surfaces (Emaillage, Zingage, Chromage).
- Assemblage des cuisinières.

B. Unité climatisation :

Elle est spécialisée dans la fabrication et montage de plusieurs types de climatisation :

a) Sa mission :

La mission globale de l'unité est de produire et développer les produits de climatisation.

b) Ses activités :

- Transformation des tôles.
- Traitement et revêtement de surface (peinture).
- Assemblage de climatiseurs.

C. L'Unité prestation technique :

C'est l'unité de sanction aux autres unités de production, elle est chargée de la gestion.

- Des énergie et fluides.
- De l'entretien des équipements.
- Des engins roulants.
- De l'entretien des bâtiments.
- De fonction informatique au sein de complexe appareil ménager.

a) Sa mission :

L'unité est chargée de fournir et exploiter les moyens techniques communs ainsi que la gestion de la totalité des infrastructures communes (bâtiments, éclairage...).

Cette unité assure également la réalisation des pièces de rechanges pour la production, la conception et fabrication d'outillage (moules, outils...) assure toutes les activités informatiques des unités.

b) Ses activités :

- La conception et la réalisation des outilles/moules.
- Réalisation de diverses pièces.
- Etalonnage, vérification des instruments de mesure.
- Impression, prestation sociales.
- Production d'énergie des fluides.
- Entretien des bâtiments.
- Transports de marchandise.
- Surveillance du site.

D. Unité froid :

L'unité froide est issue de la direction d'exploitation. Elle possède des bâtiments industriels, de stockage et des moyens adéquats à son exploitation.

a) Sa mission :

La mission globale de l'unité est de produire et développer les produits de froid domestique.

b) Ses activités :

- Transformation de tôle.
- Traitement et revêtement de surfaces (peinture ; plastification...).
- Injection plastique et polystyrène.
- Fabrication des pièces métalliques.
- Isolation.
- Thermoformage.
- Assemblage.

E. L'unité la filiale MELIANA (unité sanitaire) :

Elle fabrique matériel sanitaire (baignoire, évier, lavabo, ...) ; elle est acquise par l'entreprise ENIEM en 2000 ; elle n'est pas dans le champ de certification de l'entreprise.

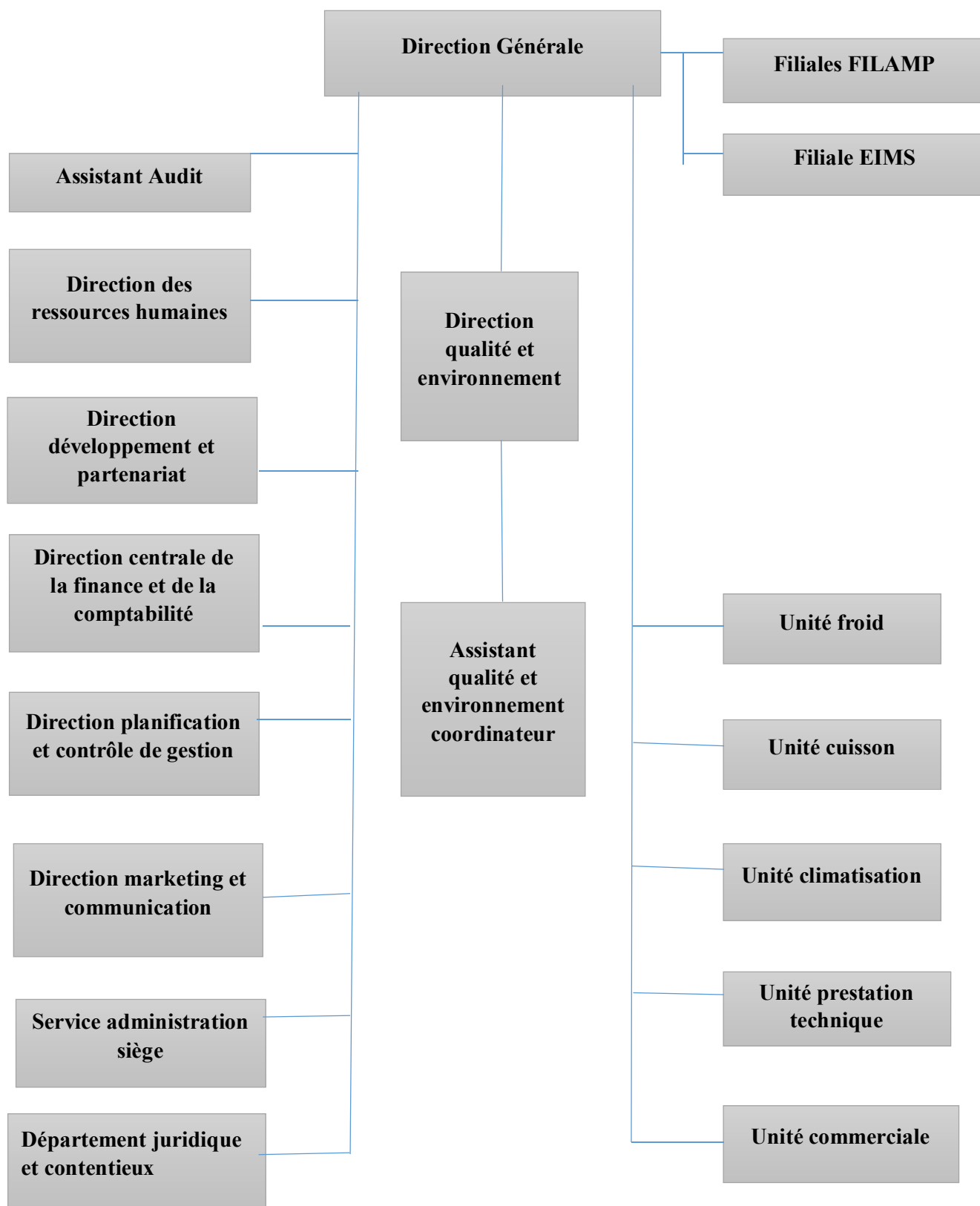
F. Unité lampe de MOHAMMDIA :

Démarré en janvier 1979, pour fabriquer les lampes de l'éclairage domestique ainsi que les lampes de réfrigérateur ; elle est devenue filiale à 100%, elle est dénommée (FIZAMP).

G. L'unité commerciale :

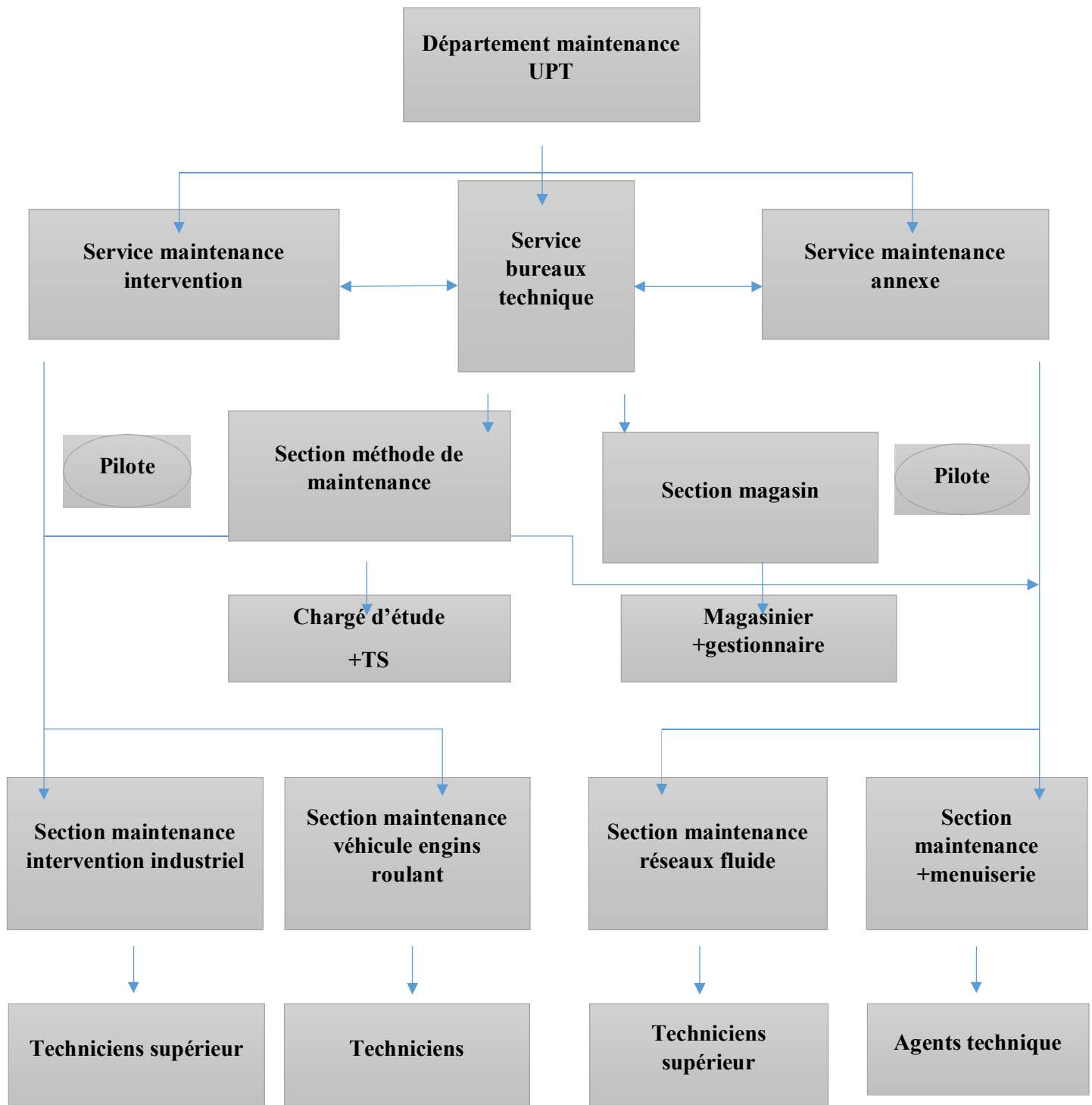
Est implantée dans la zone industrielle d'Oued-aissi wilaya de Tizi-Ouzou. Elle est chargée de la commercialisation des produits de l'entreprise, et de la gestion réseau et de service après ventes.

Le schéma ci-dessus résume l'organisation générale de l'ENIEM :



Schémas 01 : Organigramme de l'ENIEM

Le schéma ci-dessus présente l'organigramme de maintenance de l'unité prestation technique :



Schémas 02 : Organigramme de maintenance de l'unité prestation technique (02)

I-3-Conclusion :

L'ENIEM, cet acteur public de l'électroménager qui avait fait le bonheur des ménages algériens et a surtout été le symbole d'une réussite industrielle.

Voici le symbole officiel de l'ENIEM :



Figure 2 : symbole de l'ENIEM.

Chapitre II:
Généralité sur les groupes électrogènes.

II-1-Introduction :

Les groupes électrogènes ont été créés dans le but de subvenir au besoin en cas de coupure électrique et aussi pour fournir de l'énergie électrique dans les endroits isolés ou le réseau électrique de la source n'est pas disponible et dans ce cas sa présence est indispensable pour éviter toute perte financière et humaine tel que (les hôpitaux, les zones industrielles, centre informatiques, les pompiers pour les interventions...).

II-2-Généralités sur les groupes électrogènes : (03)

Un groupe électrogène est un dispositif autonome capable de produire de l'électricité. La plupart des groupes sont constitués d'un moteur thermique qui actionne un alternateur. Leur taille et leur poids peuvent varier de quelques kilogrammes à plusieurs dizaines de tonnes. La puissance d'un groupe électrogène s'exprime en VA (voltampère), KVA (kilo voltampère) selon la puissance. La figure ci-dessus représente le processus de conversion d'énergie par un groupe électrogène.

L'usage de groupe électrogène repose sur une alimentation de secours. Ils comportent des génératrices ou alternateurs et moteurs thermiques permettant d'entraîner la production de l'énergie. L'alternateur a pour rôle de générer la puissance électrique et le moteur thermique se caractérise par sa capacité à entraîner une génératrice.

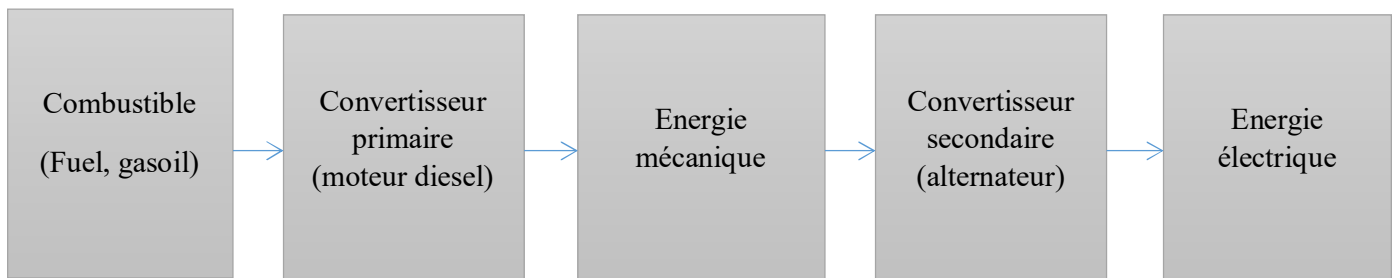


Schéma 03 : processus de conversion d'énergie par un groupe électrogène.

II-2-1- Les différents types de groupes électrogènes : (04)

Il existe deux types de groupes électrogènes dont le rôle est de produire de l'énergie. Ils ont un même principe de fonctionnement mais n'utilisent pas la même technologie.

Nous avons :

- Groupes électrogènes à essence.
- Groupes électrogènes diesel.

A - Groupe électrogène à essence :

Ce sont les plus utilisés et les plus courants. Ils sont généralement destinés à un usage domestique grâce à leur polyvalence. Le démarrage peut se faire à l'aide d'un démarreur électrique ou par un lanceur manuel. Les groupes électrogènes à essence ont une puissance électrique disponible qui va de 1,5 à 6 KW pour les plus gros. Ils sont très adaptés aux ménages car ils produisent moins de nuisances sonores. Ces groupes délivrent une alimentation monophasée avec plusieurs circuits disponibles sur ceux de grosse puissance. Ils ont une motorisation qui varie entre 2 et 4 temps.



Figure 3 : Groupe électrogène à essence.

B- Groupe électrogène diesel : (05)

Sont à la fois bruyants et puissants. Etant conçus pour un usage intensif, ils ne sont pas très adaptés aux ménages. Ce type de groupe électrogène dispose d'une motorisation de 4 temps. Les alimentations électriques varient d'un modèle à l'autre. Celles-ci peuvent être mixtes, monophasées ou triphasées.

Quant à la puissance de ce type de groupe, elle peut même dépasser les milliers de KW. Tout dépend des besoins de chacun. Enfin, concernant le démarrage, il est tout à fait possible de trouver des modèles dotés d'un démarreur automatique sur le marché.

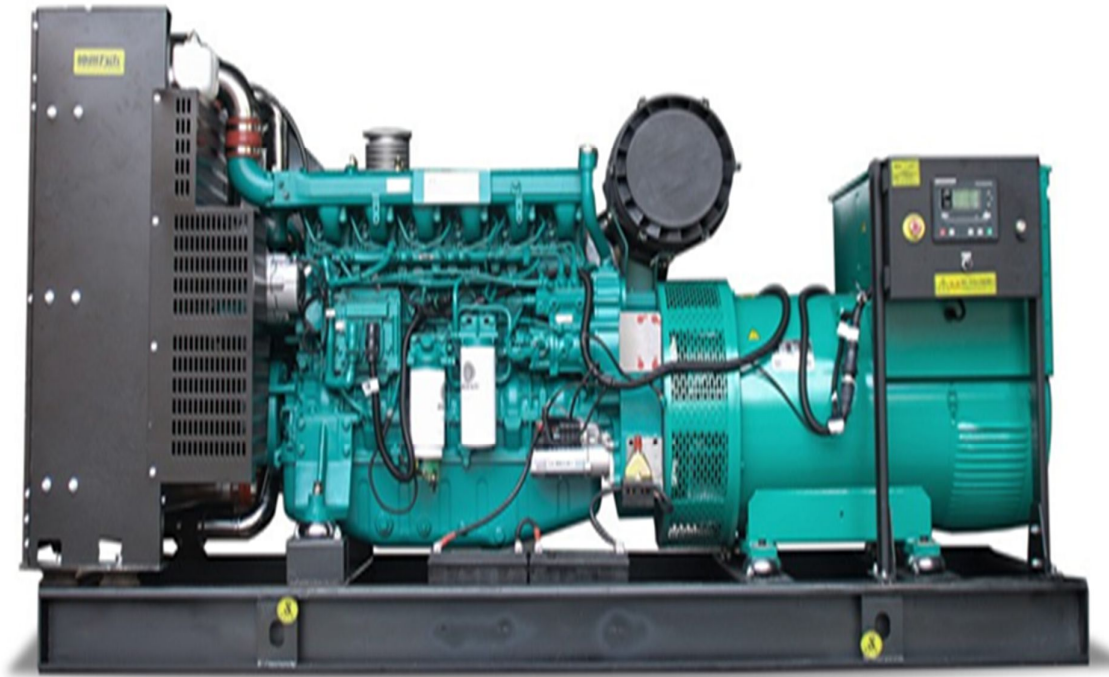


Figure 4 : Groupe électrogène diesel.

II-3- Constitution d'un groupe électrogène :(06)

Tous les groupes électrogènes sont constitués de deux parties essentielles que sont **la partie mécanique** et **la partie électrique, partie commande**. On note également d'autres parties qui sont communes à plusieurs groupes électrogènes. Ces parties sont, entre autres, le système de protection, les disjoncteurs, le châssis et le réservoir à combustible.

II-3-1- La partie mécanique :

II-3-1-1- Le moteur thermique :

Un moteur thermique est toute machine capable de transformer de l'énergie thermique en énergie mécanique. Dans le cas des groupes électrogènes, le moteur thermique est alimenté par du carburant et génère en sortie un mouvement de rotation sur un arbre accouplé à un alternateur afin de produire de l'énergie électrique. Ce mouvement de rotation est obtenu au niveau des moteurs à combustion interne grâce à ses différentes phases de fonctionnement.

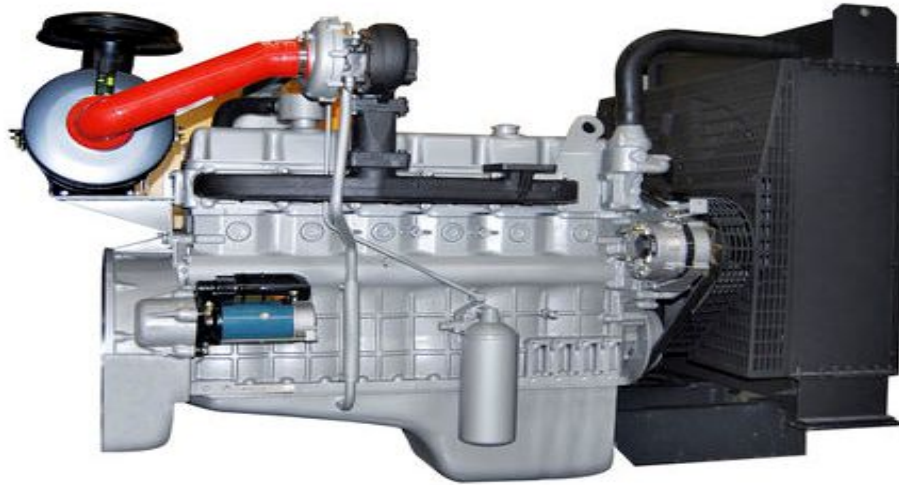


Figure 5 : Moteur thermique.

A. Principe de fonctionnement d'un moteur thermique :

Son principe de fonctionnement se déroule en quatre temps :

a) Admission (premier temps) :

- La soupape d'admission est ouverte.
- Le piston se déplace vers le PMB (point mort bas).
- Le cylindre aspire uniquement de l'air.

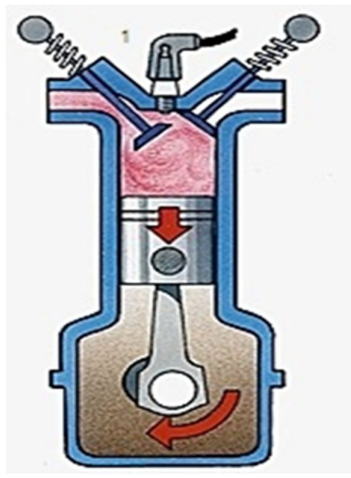


Figure 6 : 1^{er} temps : Admission.

b) Compression (deuxième temps) :

- Les soupapes d'admission et d'échappement sont fermées.
- Le piston se déplace vers le haut et comprime l'air admis précédemment.
- La pression d'air atteint 10 à 20 fois la valeur initiale.
- La température augmente et dépasse le point d'inflammation du carburant.
- Le combustible se pulvérise sous très haute pression dans la chambre de combustion un moyen d'un injecteur situé entre les soupapes.
- Le combustible se mélange avec l'air chaud, se vaporise puis s'enflamme spontanément.

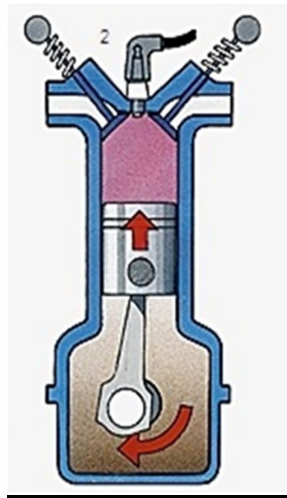


Figure 7 : 2ème temps : Compression.

c) La détente (troisième temps) : correspond à la détente des gaz :

- L'injection se poursuit sur une dizaine de degrés.
- La combustion libère l'énergie du carburant.
- Il en résulte une augmentation importante de la pression dans la chambre de combustion qui repousse le piston vers le PMB.
- C'est au cours de la phase de détente que le moteur produit un travail mécanique.
- Ce travail est converti en mouvement de rotation du vilebrequin par l'intermédiaire du système bielle-manivelle.

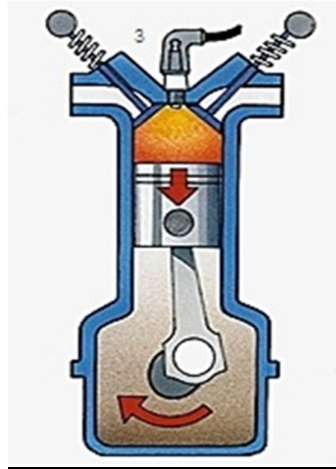


Figure 8 : 3^{ème} temps : La détente (explosion).

d) Echappement (quatrième temps) :

- Le quatrième temps correspond à l'échappement des gaz brûlés. La soupape d'échappement est ouverte.
- Le piston remonte du PMB au PMH (point mort haut) et refoule les gaz brûlés.
- Le cycle moteur est alors bouclé.

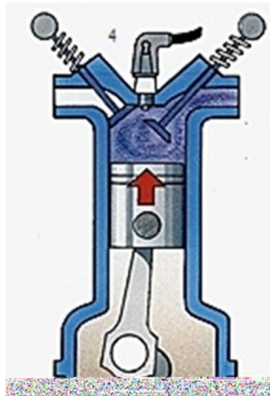


Figure 9 : 4^{ème} temps : Echappement.

Le moteur diesel a besoin de circuits auxiliaires pour assurer :

- Son alimentation en combustible.
- Sa lubrification.
- Son refroidissement.
- Son démarrage.

Ces circuits auxiliaires sont vitaux pour le moteur et sont de ce fait équipés de systèmes de sécurité entraînant des alarmes ou des arrêts sur défauts en cas de nécessité.

II-3-1-2- Les principaux circuits :

II-3-1-2-1- Circuit d'alimentation en combustible :

Le circuit d'alimentation en combustible a pour rôle d'amener à chaque cylindre une quantité déterminée de combustible parfaitement filtré, parfaitement dosé sous haute pression, à un moment précis et ce quelle que soient les conditions d'utilisation du moteur. Il comprend entre autre :

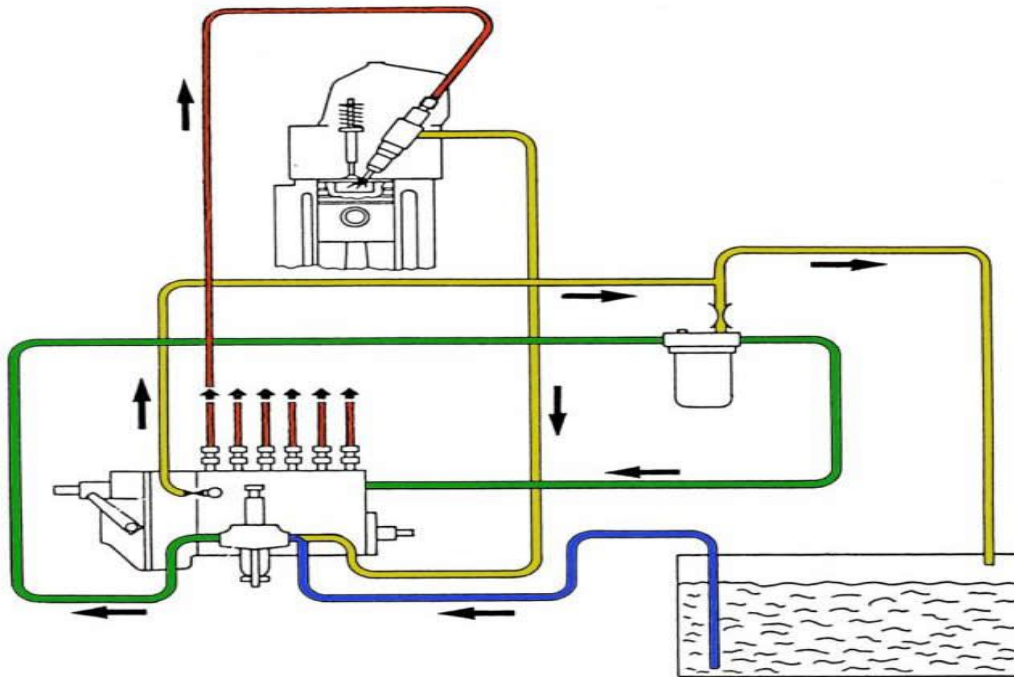


Figure 10 : circuit d'alimentation en diesel.

- **Le réservoir de carburant :**

Le réservoir de carburant est destiné à recevoir et à stocker le carburant d'un groupe électrogène sous forme liquide, autre fois fabriqué en tôle, il est aujourd'hui le plus souvent fabriqué en matière synthétique, pour des raisons de poids et sécurité.

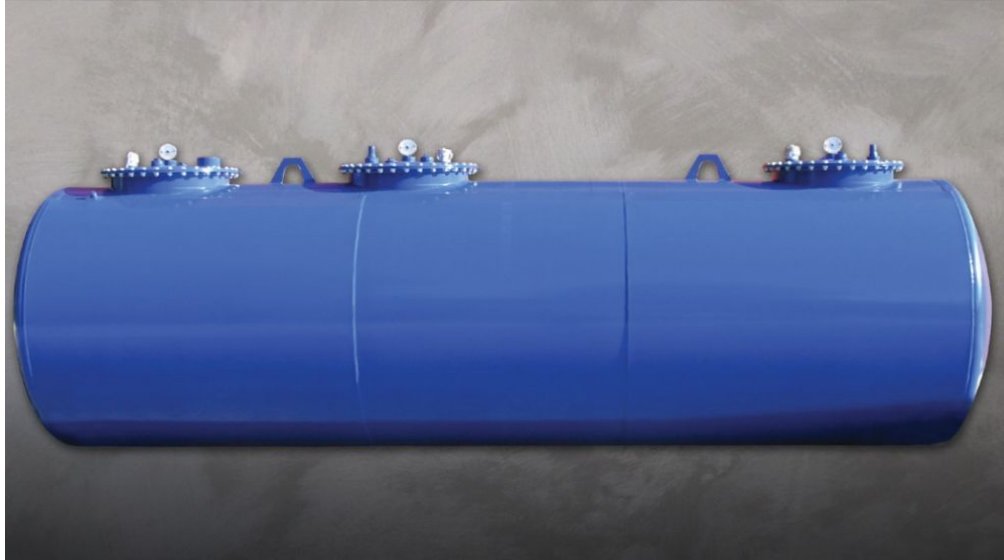


Figure 11 : Réservoir de carburant.

- **Le pré filtre :**

Le pré filtre est monté en série entre le réservoir et la pompe d'alimentation ; son rôle est d'arrêter les impuretés et d'éliminer l'eau en suspension dans le gasoil, par décantation.



Figure 12 : pré filtre.

- **Le filtre :**

Le filtre gasoil est monté en série entre la pompe l'alimentation et la pompe d'injection, son rôle est d'arrêter les plus petites impuretés (2à3 microns) afin de protéger la pompe d'injection.

Le filtre gasoil doit être changé à intervalles réguliers avant que l'accumulation des particules filtrées nuise au fonctionnement du moteur jusqu'à entrainer la panne totale s'il se bouche entièrement.



Figure 13 : le filtre.

- **La pompe d'injection :**

La pompe à injection est un organe essentiel du moteur, elle fait partie du circuit d'injection qui équipe les moteurs diesel. C'est elle qui assure le transfert du carburant, mais aussi son dosage précis vers les injecteurs. En amont, la pompe d'alimentation prend le carburant présent dans le réservoir. Ensuite, la pompe à injection produit une pression nécessaire afin de fournir les injecteurs en carburant. Puis, les injecteurs diffusent le carburant sous forme de micro gouttelettes afin d'assurer un bon mélange avec l'air. La quantité de carburant à injecter est définie par les dosages de l'accélération. Et le choix du type de la pompe d'injection dépend en grand partie du nombre de cylindre.

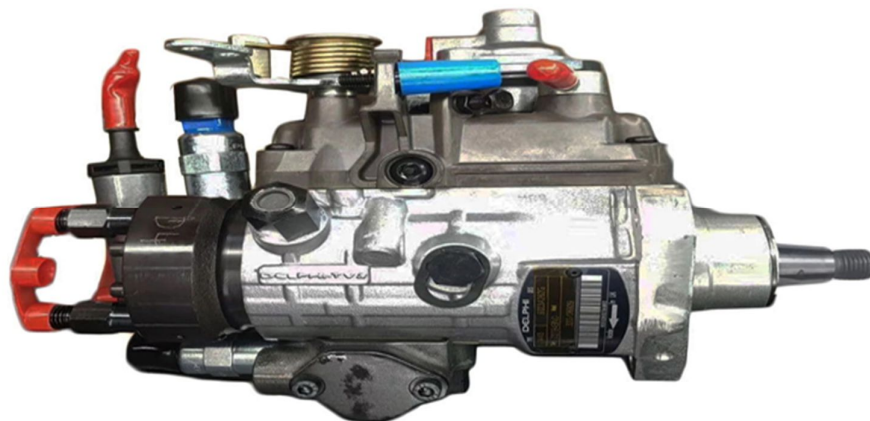


Figure 14 : pompe d'injection.

II-3-1-2-2- Le circuit de lubrification :

Le système de lubrification du moteur a pour rôle de diminuer les résistances passives dues aux frottements des pièces en mouvement les unes par rapport aux autres en facilitant leur glissement.

La lubrification contribue à favoriser en outre refroidissement des différents organes du moteur tout en assurant leur propreté ; elle participe aussi à l'étanchéité de la chambre de combustion. Toute absence de la lubrification, se traduit par une élévation de température de frottement qui provoque à long terme ; le grippage de l'ensemble piston, bielle, vilebrequin.

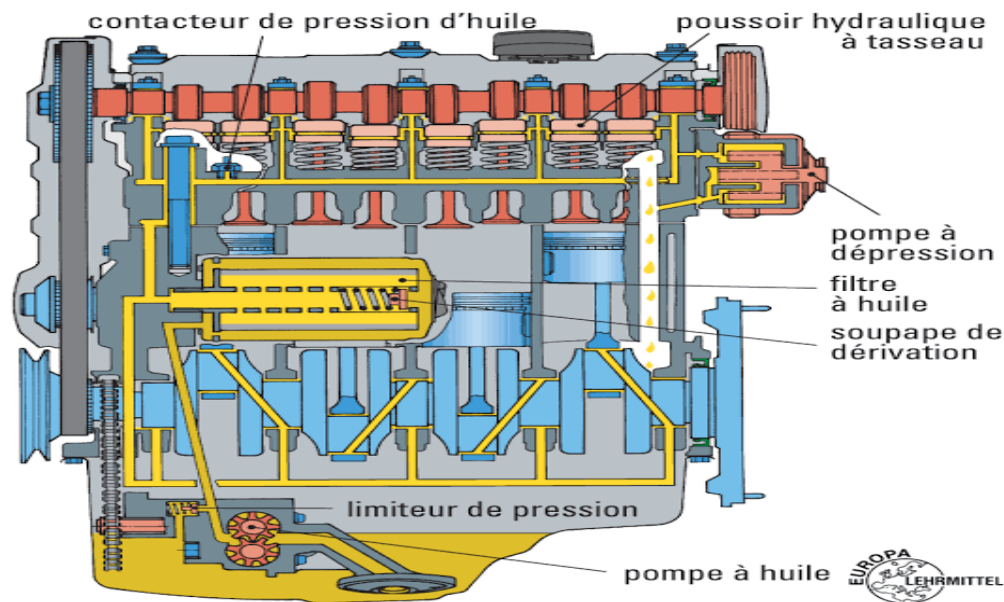


Figure 15 : le circuit de lubrification.

II-3-1-2-3- Refroidissement du moteur diesel :

Un moteur produit beaucoup de chaleur quand il est en marche, et doit être refroidi en permanence pour éviter de s'endommager. Le système de refroidissement du moteur a pour fonction :

- De dissiper le dégagement de chaleur.
- De maintenir les températures des différents organes à des niveaux compatibles avec une résistance mécanique suffisante.

Son rôle est donc essentiel pour la préservation du moteur.

A. Le refroidissement par air :

Les cylindres sont munis extérieurement d'ailettes rapportées, ou directement venues de fonderie et orientées pour que le courant d'air rentre circule facilement entre elles, généralement dans un moteur diesel le système est équipé d'un ventilateur ou d'une turbine.

Facteurs favorisant le refroidissement :

- La surface des ailettes : plus grandes en haut du cylindre car la température y est plus grande qu'en bas.
- La conductibilité du matériau (fonte ou aluminium).
- La vitesse de déplacement de l'air.

Avantage de ce système :

- Simplicité de construction.
- Pas d'entretien.
- Gain de poids.

B. Le refroidissement par eau :

La circulation de l'air est remplacé par la circulation d'un liquide de refroidissement appelé fluide caloporteur entre les différents éléments du moteur et un échangeur thermique traversé par l'air ce qui permettra le refroidissement du liquide.

Cet échangeur eau / air est appelé radiateur.

La circulation de ce liquide est accélérée à l'aide de la turbine d'une pompe à eau entraînée par une courroie (courroie de distribution ou courroie d'accessoire).

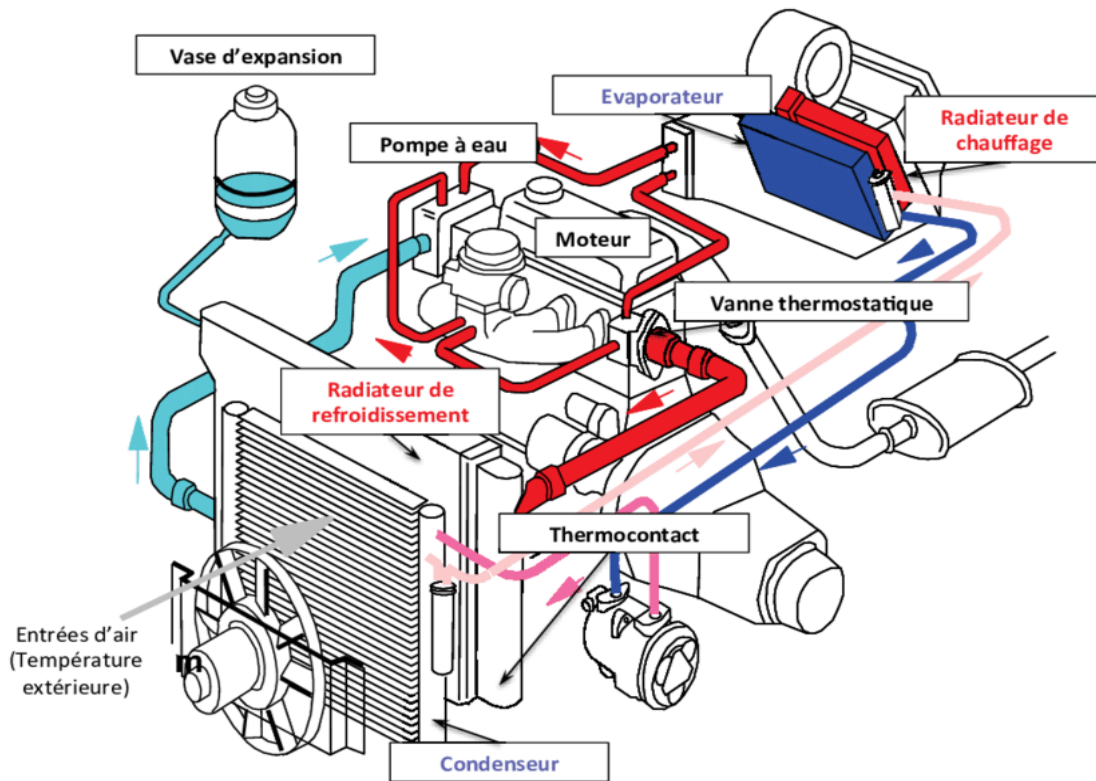


Figure 16 : Refroidissement par eau

Principe du fonctionnement :

Lorsque le moteur est froid le thermostat est fermé, ce qui contraint l'eau à ne circuler que dans le moteur. L'eau circulera dans les cylindres et les culasses, ensuite elle retourne à la pompe à eau par une conduite de canalisation au bloc moteur. Une fois la température de seuil est atteinte, le thermostat va s'ouvrir, il ouvre la canalisation interne du retour à la pompe à eau. L'eau va être amenée à circuler dans le radiateur et une petite quantité d'eau va transiter au vase d'expansion qui permet de compenser la différence volumique de l'eau en fonction de la température. Le liquide de refroidissement traverse les barres du radiateur pour être refroidie par l'air ambiant. En cas d'insuffisance de l'air de refroidissement, la température de l'eau va s'élever. Il faut donc faire appel à un circuit électrique auxiliaire qui est représenté sur la figure . Lorsque la température est trop élevée le thermo-contact se ferme et il alimente le relais qui ferme son contact de puissance, ce qui fait même au passage d'un grand courant qui alimente le moto-ventilateur. Une fois l'eau est refroidie, le thermo-contact s'ouvre et l'eau retourne à la pompe à eau par une conduite externe du moteur.

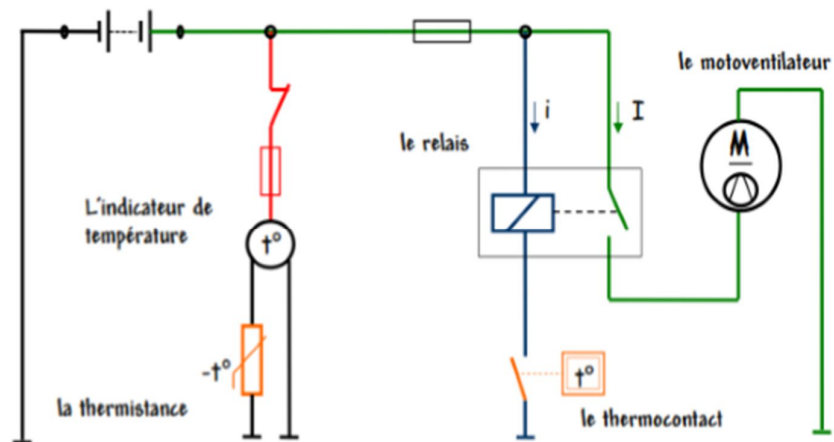


Figure 17 : circuit électrique de refroidissement.

II-3-1-3- Le système de démarrage (07) :

Le circuit de démarrage du groupe électrogène doit être fiable et assurer un démarrage à coup sûr du moteur. Le système de démarrage d'un groupe électrogène peut être soit électrique, soit pneumatique, dans certains cas, il est possible d'installer les deux systèmes de démarrage, pour des raisons de sécurité.

- Démarrage électrique :

Le démarrage électrique est assuré par le démarreur. Les démarreurs ont tous le même principe de fonctionnement, mais diffèrent quelque peu dans leur construction. Généralement un démarreur est constitué d'un moteur électrique, d'un solénoïde et d'un lanceur. La procédure de fonctionnement d'un démarreur se compose de trois phases principales :

- Phase d'appel :

Les deux enroulements (4) et (5) sont alimentés. Ces derniers attirent le noyau (6) qui déplace le lanceur (13) à l'aide de la fourchette (17). Le pignon (14) s'engrène avec la couronne.

Comme le montre la figure suivante :

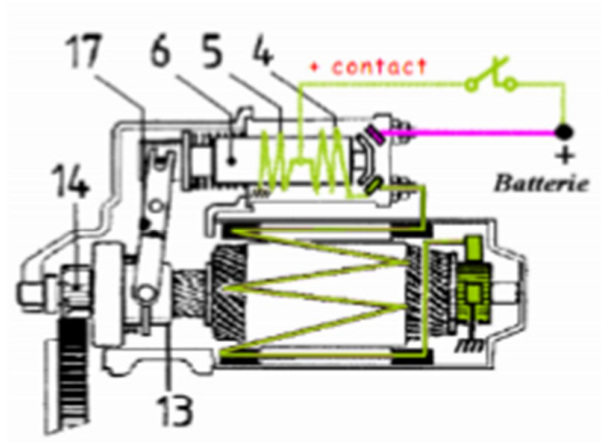


Figure 18 : Démarrage électrique : phase d'appel

- **Phase de maintien :**

A la mise en contact, toute la capacité de la batterie est à la disposition du démarreur car dès sa mise sous tension, le bobinage d'appel (4) n'a plus d'action. Le noyau vient en appui contre les contacts. L'inducteur (12) et l'induit (11) sont alimentés l'induit tourne. L'enroulement d'appel (4) possède une charge positive à chacune de ses extrémités et est donc parcouru par aucun courant. L'enroulement de maintien (5) assure seulement le maintien du noyau plongeur dans sa position.

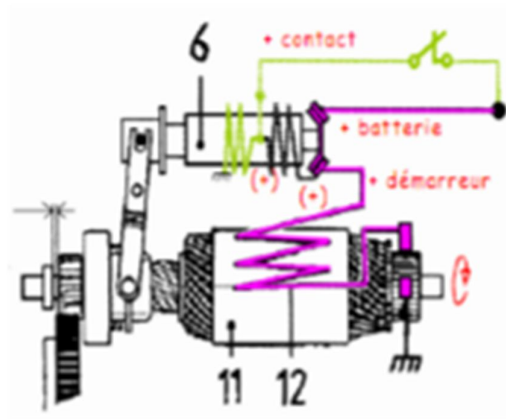


Figure 19 : Démarrage électrique : phase de maintien

- **Phase d'arrêt :**

Le pignon entraîne le moteur en rotation à une vitesse précise et celui-ci devient autonome. Une fois autonome, l'opérateur cesse l'action sur le contacteur coupant l'alimentation électrique de l'enroulement de maintien et la liaison aux bornes.

II-3-2- La partie électrique :

II-3-2-1- Alternateur :

Un alternateur est un générateur de tension et de courants électrique alternatifs. Les alternateurs appartiennent à la classe des machines synchrones. Leur vitesse de rotation est synchronisée avec la fréquence des courants alternatifs délivrés. Les alternateurs utilisés au niveau des groupes électrogènes sont de deux types : les alternateurs triphasés et monophasés. La tension en sortie est obtenue grâce au mouvement de rotation appliqué à l'entrée qui fait varier le champ magnétique créé par la bobine continue dans les encoches du rotor d'après la loi de Faraday :

$$e = L \frac{Di}{Dt}$$

e : tension déclenchée.

L : Nombre de boucles.

Di : Variation du flux magnétique.

Dt : Variation temporelle.

La puissance indiquée par le constructeur est sa puissance apparente (S). Les pertes font que le rendement d'un alternateur est de 0,95%. La puissance mécanique qu'il faut appliquer à l'alternateur est donc : $P_m = S / \eta$.

P_m : Puissance mécanique

S : Puissance apparente

η : Le rendement.

Le principe de transformation de l'énergie mécanique en énergie électrique est illustré comme sur la figure suivante :



Schéma 04 : principe de transformation de l'énergie mécanique en énergie électrique.



Figure 20 : alternateur d'un groupe électrogène.

Dans les groupes électrogènes, on laisse les spires fixes et on fait tourner les pôles excitateurs qui sont des électro-aimants excités par un courant continu. L'induit est alors au niveau du stator et l'inducteur au niveau du rotor.

A- **Rotor :**

Le rotor constitue l'élément mobile de l'alternateur. Il renferme les pièces polaires qui constituent l'inducteur de la machine. C'est pourquoi on l'appelle « roue polaire ».



Figure 21 : Rotor.

On distingue deux types de rotor :

- Rotor à pole saillant.
- Rotor à pole lisse.

a) **Rotor à pole saillant :**

Alternateur avec rotor à pole saillant est utilisé dans l'application à basse vitesse. Des bobines d'excitation fabriquées de file ou de barre de cuivre, sont fixées directement sur les pièces polaires. Ces bobines sont reliées en série de façon à créer des polarités contraires entre deux pôles voisins. Ce types d'alternateur dont la puissance varie de 1 MVA à 250 MVA équipe la plupart des centrales hydrauliques, les groupes de secoure des administrations et des navires.

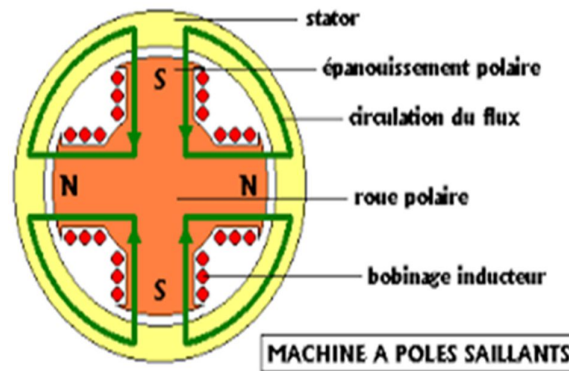


Figure 22 : Rotor à pôle saillant.

b) **Rotor à pôle lisse :**

Les rotors à pôle lisse comme celui apparaissent dans la figure suivante, sont conçus pour les alternateurs tournant à hautes vitesses, leur forme est cylindrique ; les bobines d'excitation s'insérant dans les entailles usinées à cette fin. Cette machine est appelée **turbo alternateur** du fait de sa vitesse de rotation élevée. Leur puissance peut atteindre 1,5 GVA et ils équipent la plupart des centrales thermique classique et nucléaires.

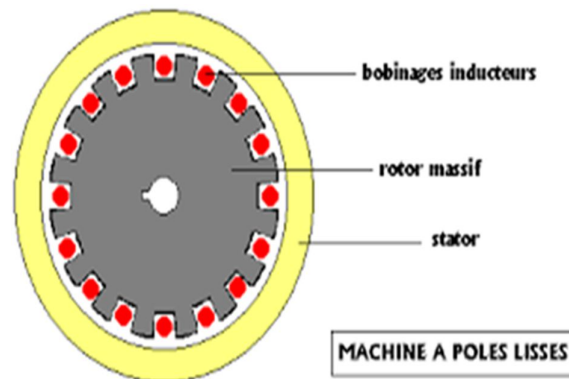


Figure 23 : Rotor à pôle lisse.

B- Stator :

Comme son nom l'indique, le stator constitue la partie fixe ou statique de l'alternateur, il s'agit donc le plus souvent de l'induit. Le stator se compose alors d'un noyau en tôle d'acier muni d'encoches destinées à recevoir les conducteurs formant les enroulements de l'induit.

Les enroulements de stator sont fabriqués en fils de cuivre. Chaque spire de file est isolée des autres spires, dans le cas des alternateurs monophasés, les enroulements sont divisés en trois enroulements distincts, disposés à 120° les uns des autres.



Figure 24 : Stator.

II-3-2-2- Principe de fonctionnement :(08)

Le principe d'induction magnétique est généralement expérimenté en déplaçant un aimant permanent dans une bobine. Un alternateur fonctionne selon ce principe ; un électro-aimant, alimenté par un courant d'excitation, est en rotation à l'intérieur des trois bobines ; il produit ainsi trois tensions triphasées alternatives décalées de 120° . L'énergie produite par un alternateur est proportionnelle à la vitesse de rotation de l'électro-aimant et à la puissance qui elle-même est proportionnelle au courant d'excitation.

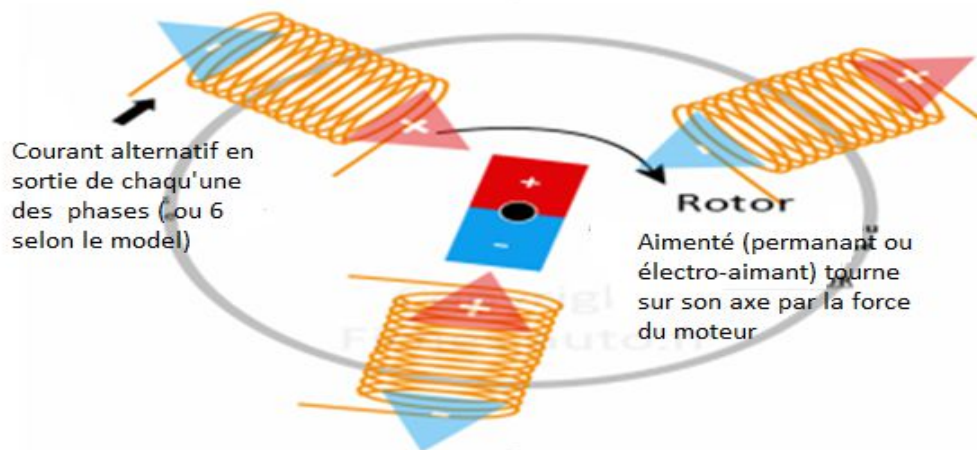


Figure 25 : principe de fonctionnement d'un rotor et un stator.

II-3-2-3 - Excitation d'un alternateur :

L'excitation d'un alternateur consiste à alimenter son bobinage inducteur à partir d'une source de tension continue. Ils existent plusieurs modes d'excitation d'un alternateur parmi lesquels nous avons :

A- L'excitation avec balais :

L'excitatrice principale fournit le courant d'excitation de l'inducteur, habituellement par l'intermédiaire du mécanisme balais-bagues. En régime normal, la tension générée est comprise entre 125V et 600V. on peut la régler manuellement ou automatiquement en faisant varier l'intensité du champ inducteur, c'est-à-dire en agissant sur le courant d'excitation et provenant de l'excitatrice pilote. La puissance nominale de l'excitatrice principale dépend surtout de la capacité et de la vitesse de l'alternateur qu'elle alimente.

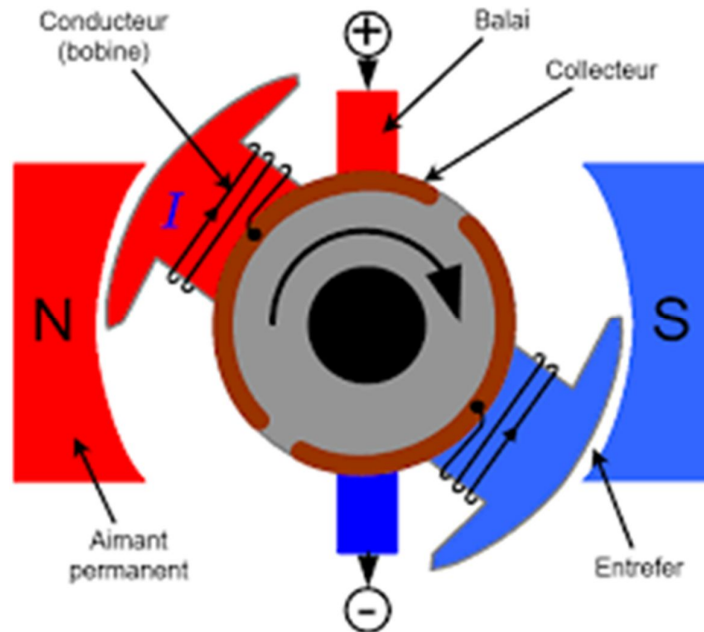


Figure 26 : Excitation avec balais.

B- L'excitation sans balais :

Dans le mode d'excitation avec balais, on fait face au problème d'usure des balais qui dégagent une poussière conductrice ; ceci nous oblige à effectuer constamment des opérations de maintenance préventive au niveau du mécanisme balais-bagues afin d'éviter des courts-circuit probable. Pour contourné ce problème ; de nos jours on utilise des systèmes d'excitation sans balais dans lesquels un alternateur-excitateur et un groupe de redresseurs fournissent le courant continu à l'alternateur principale.

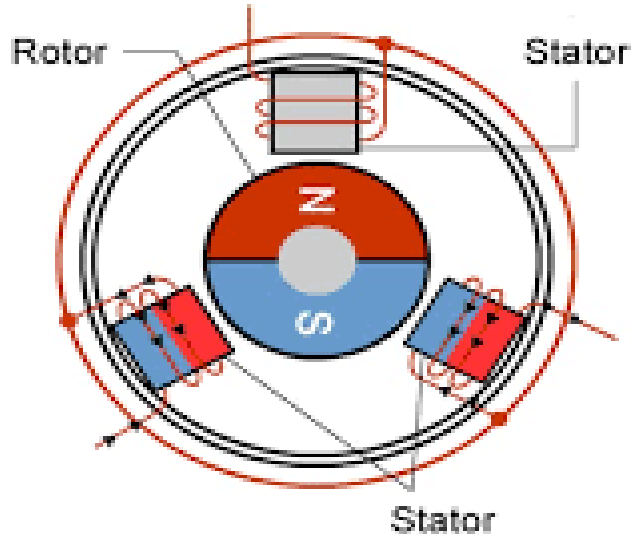


Figure 27 : excitation sans balais.

Lorsque l'alternateur est en charge, sa tension de sortie chute en raison de son impédance interne qui est formé de la réactance de fuite et de la résistance de l'induit. Pour maintenir la tension de sortie à une valeur acceptable, on fait appel à un régulateur de tension (AVR).

II-3-2-4- l'AVR (09) :

II-3-2-4-1- Définition :

L'AVR (Automatic Voltage Regulator en anglais) est un régulateur électronique de variation du régime de rotation du moteur.

Il s'agit d'un système à capteurs électroniques sur l'allumage ou sur la rotation de l'arbre moteur qui modifie immédiatement les paramètres de carburant et d'allumage pour stabiliser en permanence le régime de rotation du moteur autour de sa vitesse de croisière (1 500 ou 3000 tours/mn).

Beaucoup plus fiable et rapide que le régulateur mécanique, le régulateur électronique AVR équipe la majeure partie des groupes électrogènes récents.



Figure28 : AVR.

II-3-2-4-2-Principe de fonctionnement d'un AVR : (10)

En premier lieu, le régulateur surveille la tension de sortie et commande la tension d'entrée de l'excitatrice de l'alternateur. En augmentant ou en diminuant la tension de commande du générateur, la tension de sortie de générateur augmente ou diminue en conséquence. Le régulateur calcule la quantité de tension qui doit être envoyée à l'excitateur de nombreuse fois par seconde, en stabilisant ainsi la tension de sortie à une valeur de consigne prédéterminée. Le circuit représenté dans la figure 30 illustre les concepts de base utilisés dans la stabilisation de la tension d'un groupe électrogène avec un alternateur auto-excité. Lorsque le rotor est mis en rotation par le moteur, une tension alternative est générée dans l'enroulement d'excitation. Ce courant alternatif est converti en courant continu du pont redresseur, (RB) et d'un condensateur de filtrage (C). Le circuit de détection compare une tension de sortie V avec une valeur de consigne et active ou désactive le transistor (Q). Lorsque (Q) est activé, un courant circule à travers l'enroulement du champ (rétorque). Lorsque (Q) est désactivé, le courant du champ continu à circuler via la diode de roue libre (D). Le rotor comporte un petit aimant permanent pour fournir un certain courant de base lorsque(Q) est désactivé. En faisant varier convenablement le rapport cyclique du fonctionnement du transistor (Q), la tension du sortie V sera régulée.

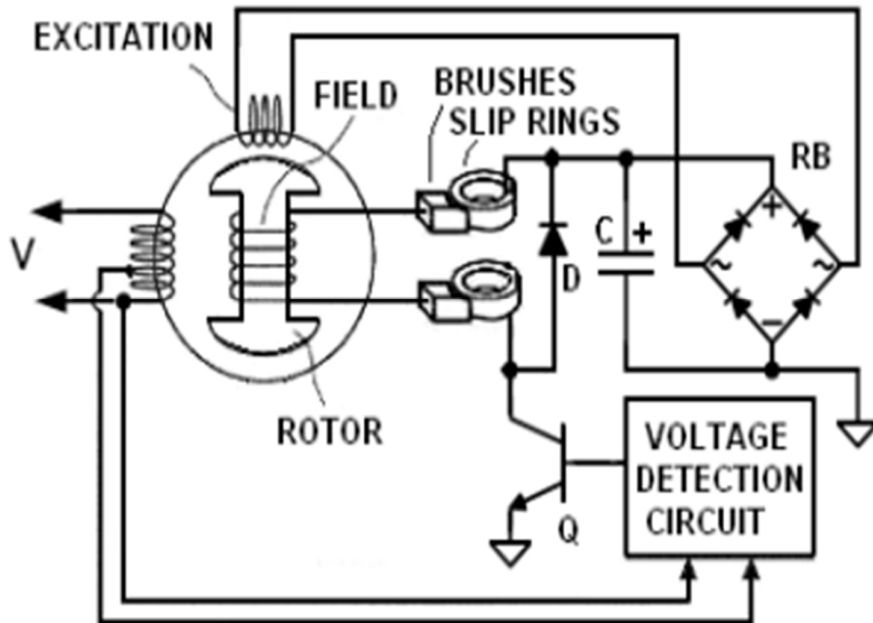


Figure 29 : Circuit de régulation de la tension de sortie dans le groupe électrogène.

II-3-3- La partie commande :

La partie commande est la partie qui gère le démarrage et l'arrêt du groupe électrogène. Elle est fonction du mode d'utilisation de ce dernier.

Un groupe électrogène peut être utilisé de plusieurs manières tel que :

- Utilisation d'un groupe électrogène comme source principale d'énergie dans ce cas le groupe électrogène constitue la seule et unique source d'alimentation de la charge. Il peut être commandé manuellement selon les besoins et peut être amené à fonctionner en permanence.
- Utilisation du groupe électrogène comme source d'appoint : dans ce cas le groupe électrogène permet de renforcer le réseau lorsque la charge devient très importante, on parle alors du couplage de l'alternateur du groupe sur le réseau. Pour se faire certaines conditions doivent être remplies à savoir :
 - La tension produite par le groupe doit être égale à celle du réseau.
 - La fréquence du groupe doit être égale à celle du réseau.
 - L'ordre de succession de phase doit être la même.
 - Les deux systèmes doivent être en phase.

Remplir ces conditions revient à synchroniser le groupe électrogène au réseau ; la synchronisation et le couplage du groupe électrogène est effectué par un dispositif de commande constitué de :

- Régulateur de vitesse.
- Régulateur de tension d'excitation.
- Synchrosopes.

Utilisation du groupe électrogène comme alimentation secours dans ce cas, le groupe électrogène n'est utilisé qu'en cas d'absence de la tension ou de déséquilibre du réseau. Le démarrage du groupe peut être manuel ou automatique.

- Le démarrage manuel est effectué par un opérateur qui, après avoir constaté une défaillance du réseau donne l'ordre de démarrage du groupe électrogène soit par un commutateur soit par un bouton poussoir après avoir déconnecté la charge du réseau. Lorsque la tension redevient normale, l'opérateur peut arrêter le groupe électrogène.
- Le démarrage automatique d'un groupe électrogène est effectué par un dispositif électronique ou électrique de commande appelé inverseur de source normale/ secours. Ce dispositif de commande est muni d'un module électronique qui détecte une défaillance sur le réseau qui peut être le manque ou la baisse de tension ou encore un déséquilibre et ensuite donne immédiatement l'ordre de démarrage du groupe qui provoque le basculement de l'utilisateur du réseau normal au réseau secours.

Transformateur du réseau :

- Disjoncteur normal disjoncteur secours.
- Circuit d'utilisation jeu de barres.

II-4-Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons pu identifier les différentes parties d'un groupe électrogène et leurs rôles. On peut donc dire que le groupe électrogène est un produit de la future qui peut être amélioré dans les domaines de l'efficacité de la fiabilité et la disponibilité.

Chapitre III: Présentation de la méthode **AMDEC.**

III-1-Introduction

La sureté de fonctionnement est l'aptitude d'une entité à satisfaire une ou plusieurs fonctions requises dans des conditions données. La sureté de fonctionnement se caractérise généralement par les paramètres suivants :

- **La fiabilité** : Aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise dans des conditions données pendant une durée donnée ;
- **La maintenabilité** : Aptitude d'une entité à être maintenue ou rétablie dans un état dans lequel elle peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, avec des procédures et des moyens prescrits ;
- **La disponibilité** : Aptitude à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données et a un instant donné ;
- **La sécurité** : Aptitude d'une entité à éviter de faire apparaître, dans des conditions données des événements critique ou catastrophique.

L'analyse des modes de défaillance de leurs effets de criticités (AMDEC) est une approche qualitative et quantitative pour les études de sureté dans différents domaines. En effet, cette technique apporte une connaissance approfondie du fonctionnement et des interactions d'un système, par l'analyse systématique des relations causes-effets. Les informations obtenues sont utilisées dans le cadre de la maîtrise des risques, avec préoccupation principale l'obtention d'un bon niveau de sureté de fonctionnement du système opérationnel.

Elle permet de :

- Connaître les éléments (fonction et constituants) les plus importants ;
- Découvrir, évaluer et classer les faiblesses, les anomalies et les dysfonctionnements de système ;
- Gérer les points critiques et remettre en cause même la conception du système ;
- Préconiser les mesures correctives ;
- Evaluer les effets de ces mesures pour s'assurer de leur efficacité, et pour les comparer et décider.

Dans cette optique et à la lumière de ces points, l'AMDEC occupe une place importante dans l'optimisation de la fonction maintenance. En effet, elle rend le système fiable tout en faisant diminuer le nombre des pannes, facilement maintenable car elle permet la maîtrise des éléments et leurs fonctions, disponible parce qu'elle permet d'agir sur les éléments critiques, sécurisant car elle permet de dominer les défaillances et en particulier les défaillances critique et catastrophiques.

III-2-Historique : (11)

L'armée américaine à développer l'AMDEC. La référence Militaire MIL-P-1629, intitulé "Procédures pour l'Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets leurs Criticités, est datée du 9 Novembre 1949. Cette méthode était employée comme une technique d'évaluation des défaillances afin de déterminer la fiabilité d'un équipement et d'un système. Les défaillances étaient classées selon leurs impacts sur le personnel et la réussite des missions

pour la sécurité de l'équipement. Le concept personnel et équipement interchangeables ne s'applique pas dans le monde moderne de fabrication des biens de consommation. Les fabricants de produits de consommation ont établi de nouvelles valeurs telles que la sécurité et la satisfaction client. Ensuite, les outils d'évaluation du risque sont devenus partiellement démodés. Ils n'ont pas été suffisamment mis à jour.

En 1988, L'ISO émettait les normes de la série ISO 9000. Le QS 9000 est l'équivalent de l'ISO 9000 pour l'automobile. Un groupe de travail représentant entre autre Chrysler a développé le QS 9000 pour standardiser les systèmes qualité des fournisseurs. Conformément au QS 9000, les fournisseurs automobiles doivent utiliser la planification qualité du procédé (APQP), incluant l'outil AMDEC et développant les plans de contrôle.

La planification qualité du procédé est une méthode structurée pour définir et établir les étapes nécessaires à assurer qu'un produit satisfait aux exigences du client. Les plans de contrôle aident le fabriquant à produire des produits de qualité selon les exigences du client. Un accent est mis sur la minimisation de la variation du produit et du procédé. Les fournisseurs doivent utiliser l'AMDEC dans la planification qualité du procédé et dans le développement de leurs plans de contrôle.

L'AIAG (Automotive Industry Action Group) et l'ASQC (American Society for Quality Control) émettent les normes AMDEC en février 1993. Les normes sont présentées dans un manuel de l'AMDEC approuvé et soutenu par trois constructeurs automobiles. Ce manuel fournit les principes généraux pour préparer une AMDEC.

III-3-Définition (12) (13)

L'AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, et de leurs Effets de Criticité) est une méthode d'analyse préventive de la sûreté de fonctionnement des produits et des équipements, ce principe de prévention repose sur le recensement systématique et l'évaluation des risques potentiels d'erreurs susceptible de se produire à toutes les phases de réalisation d'un produit.

C'est une méthode précieuse qui permet à l'entreprise de valider, tout au long de la construction du produit, sa qualité et sa fiabilité :

- Elle identifie les modes de défaillance des composants, en évalue les effets sur l'ensemble des fonctions et en analyse les causes.
- Elle évalue l'impact, ou criticité, de ces modes de défaillance sur la sûreté de fonctionnement.
- En phase de conception, elle est associée à l'analyse fonctionnelle, pour la recherche des modes de défaillance spécifique à chaque fonction ou contrainte des composants.
- Dans le cas d'analyse sur des procédures ou chaînes de fabrication, elle permet de localiser les opérations pouvant conduire à élaborer un produit ne respectant pas le cahier des charges, ce qui permettra par la suite de limiter les rebuts.
- Appliquée à un groupe de travail pluridisciplinaire, elle est recommandée pour la résolution de problèmes mineurs dont on veut identifier les causes et les effets.

III-4-Objectifs de l'AMDEC : (14) (15)

L'analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité (failure mode and effects analysis ou FMEA) est une méthode structurée et systématique qui permet de :

- Détecter les défaillances (et leurs effets) d'un produit ou d'un processus ;
- Déterminer les points faibles d'un système et d'y remédier ;
- Préciser les moyens de se prévenir contre certaine défaillance ;
- Fournir une optimisation du plan de contrôle une aide éclairée à l'élaboration de plan d'essai ;
- Classifier les défaillances selon certains critères ;
- Définir les actions à entreprendre pour éliminer ces défaillances, réduire leurs effets et pour en empêcher ou en détecter les causes ;
- Documenter le processus du développement ;
- Prendre les décisions de retro conception.

L'AMDEC est un système qui aide à prévoir pour ne pas être obligé de revoir.

En appliquant une AMDEC dès la phase de la conception on peut apporter des modifications à un stade précoce.

L'étude AMDEC permet principalement d'optimiser les coûts indirects, en effet elle constitue une méthode de diagnostic intelligente dans la mesure où elle permet de prévoir un certain nombre de faiblesses, des défauts, des anomalies et des pannes au niveau de 'ensemble des éléments qui concourent à la fabrication d'un produit.

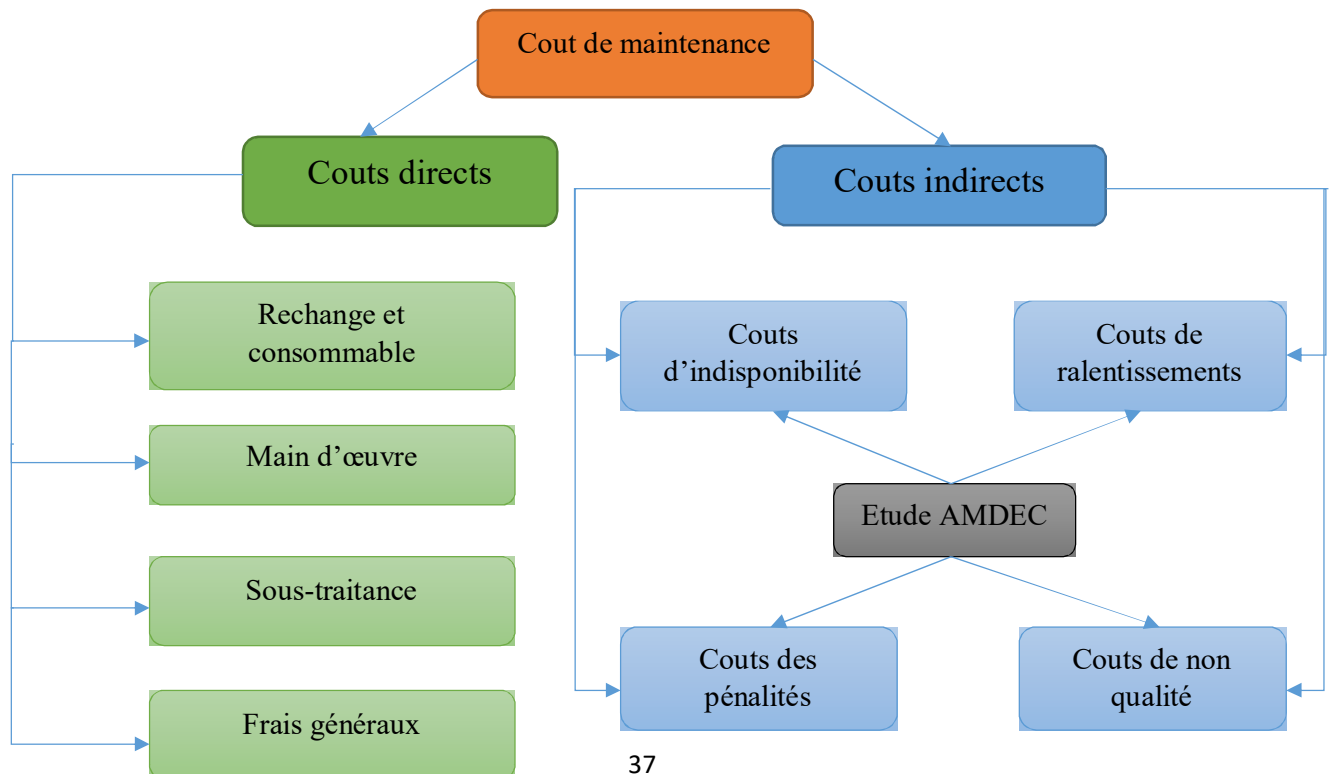


Schéma 05 : Méthode d'optimisation de la maintenance

III-5-Organisation de la méthode AMDEC : (16)

Pour une méthode efficace, il faut :

- Bien définir et déterminer le produit/processus à analyser, pour bien cadrer l'étude et éviter de s'égarer dans des considérations inutiles.
- Définir la phase de fonctionnement à analyser.
- Rassembler le maximum de donnée technique.
- Définir l'objectif à atteindre et le champ d'intervention possible.
- Etablir un planning
- Faire un hystérique du fonctionnement concernant le sujet à analyser (retour et plaintes des clients, défauts de fabrication, arrêt de production, ...)

III-6-Types de l'AMDEC :

Il existe principalement trois types d'AMDEC qui sont :

- AMDEC Produit
- AMDEC Processus
- AMDEC Moyens de production

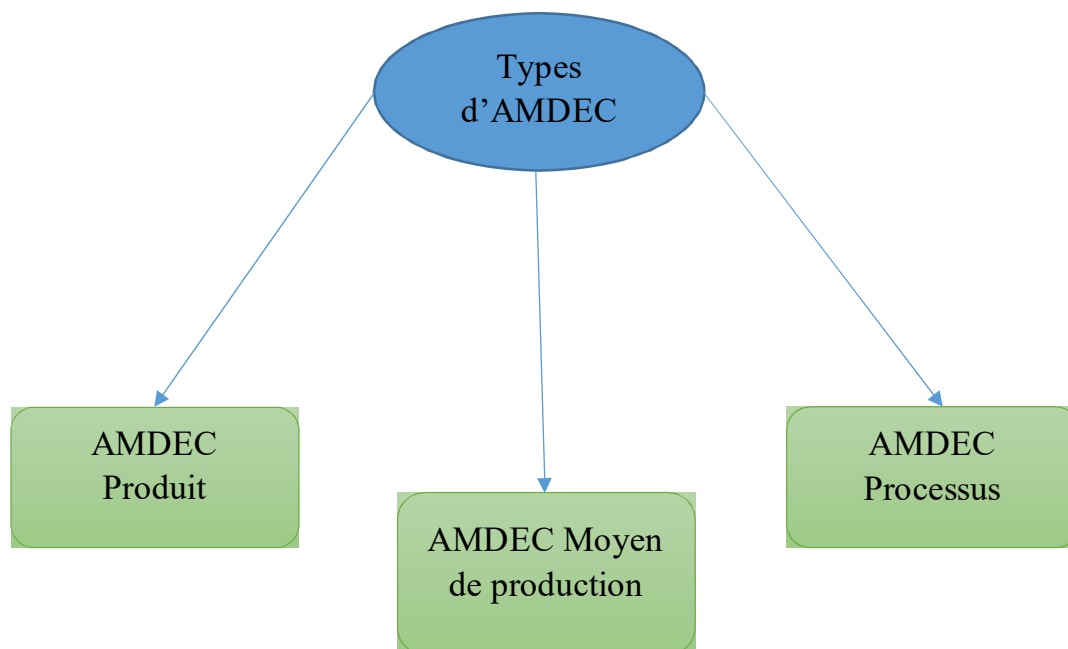


Schéma 06 : Types d'AMDEC.

- **AMDEC Produit :**

L'AMDEC Produit est utilisée pour l'aide à la validation des études de définition d'un nouveau produit fabriqué par l'entreprise. Elle est mise en œuvre pour évaluer les défauts potentiels du nouveau produit et leurs causes. Cette évaluation de tous les défauts possibles permettra d'y remédier, après hiérarchisation, par la mise en place d'action corrective sur la conception et préventions sur l'industrie.

- **L'AMDEC Processus :**

Ce type d'AMDEC consiste à analyser les modes de défaillance liés au processus de fabrication. Les choix techniques sont déjà posés et c'est le moment de définir précisément le processus de la fabrication. Avant de réaliser cette AMDEC, opérations nécessaires à la fabrication du produit.

Avant même le choix des machines, l'AMDEC processus a pour but d'évaluer les points critiques du procédé établi suite à cette analyse, des modifications pourront être apportées. C'est aussi l'occasion de développer le plan de surveillance.

En terme de méthode, l'AMDEC Processus étudie les conséquences que pourraient engendrer certaines défaillances pour l'utilisateur du produit et sur l'environnement de production les défaillances seront recherchées en regardant à description du procédé.

- **L'AMDEC Moyens**

L'AMDEC moyens est aussi appelée AMDEC moyens de production ou AMDEC Machine, elle concerne l'analyse des défaillances liées aux machines. Alors que l'AMDEC procédé a permis d'entrevoir les défauts relatifs au processus de fabrication, l'AMDEC machine permet une analyse une fois que les machines ont été choisies. Comme pour le produit, il est ici possible de mettre en place une AMDEC à différents stades de la conception de cette machine.

En effet, on peut choisir de concentrer la méthode sur les fonctions de ces machines. Concrètement, cela veut dire que l'on considère uniquement ce que l'on attend de la machine : saisir la pièce, tourner la pièce par exemple...L'AMDEC aura pour but de savoir comment les différentes fonctions de la machine ne pourraient pas être satisfaites et donc d'anticiper les productions défectueuses. Pour finir, les conséquences sur l'utilisateur et l'environnement de production constituent la finalité de cette AMDEC. Suite à cette analyse, on peut alors établir le plan de validation de la machine.

Au stade de la définition de la machine, l'AMDEC est tout simplement plus précise. Les composants de chaque machine sont ici déjà définis et l'AMDEC permet de valider ou d'infirmer les choix techniques pour construire la machine. Dans ce cas-là, il n'est souvent pas utile d'analyser l'ensemble des composants car cela représenterait un travail trop fastidieux. Il faut alors se concentrer sur quelques sous-

ensembles de composants, essentiels à la fabrication du produit. Les modes de défaillance devront être en relation avec la fonction technique du composant étudié. Les causes possibles sont d'abord les causes physiques : erreur d'utilisation environnement...

L'objectif est de :

- Modifier la conception ;
- Lister les pièces de rechange ;
- Prévoir la maintenance préventive ;
- Optimiser la maintenance (gammes, procédures, ...) ;
- Optimiser la conduite (procédure, modes dégradés, ...).

III-7-Méthodologie de l'AMDEC : (17)

L'emploi des AMDEC crée une ossature qu'il convient de compléter et d'outiller. Pour cela une analyse plus fine de la pertinence des informations est nécessaire. Le groupe AMDEC est tenu de maîtriser la machine et de mettre à jour et s'assurer de la validité de toutes les informations utiles à l'étude. Il appartient à ce groupe de s'appuyer sur le retour d'expérience de tous les opérateurs de tous les services de cycle de fabrication de produit, qui peuvent apporter une valeur ajoutée à l'analyse.

III-8-Description de l'enchaînement des opérations :

La méthode d'analyse des risques de dysfonctionnement d'un système basée sur l'AMDEC se décomposent quatre étapes :

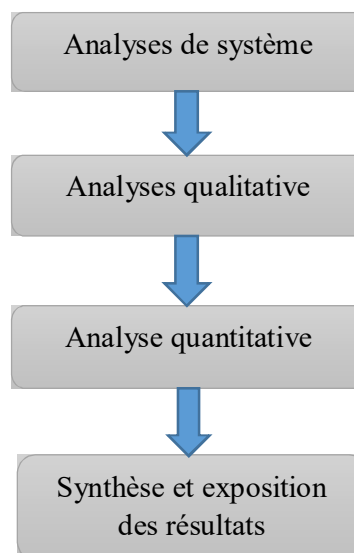


Schéma 07 : Différentes étapes de l'AMDEC

- **Analyses de système :**

Elle correspond à la description, la caractérisation et la modélisation du système étudié et de ses composants.

Le système est décomposé en blocs fonctionnels sous une forme arborescente selon autant de niveau que nécessaire comme le montre la Figure 33. En pratique pour chaque sous-ensemble étudié, on applique l'analyse u niveau élément pour augmenter la finesse de l'étude. Le schéma fonctionnel, montrant les séquences et les interactions entre composants.

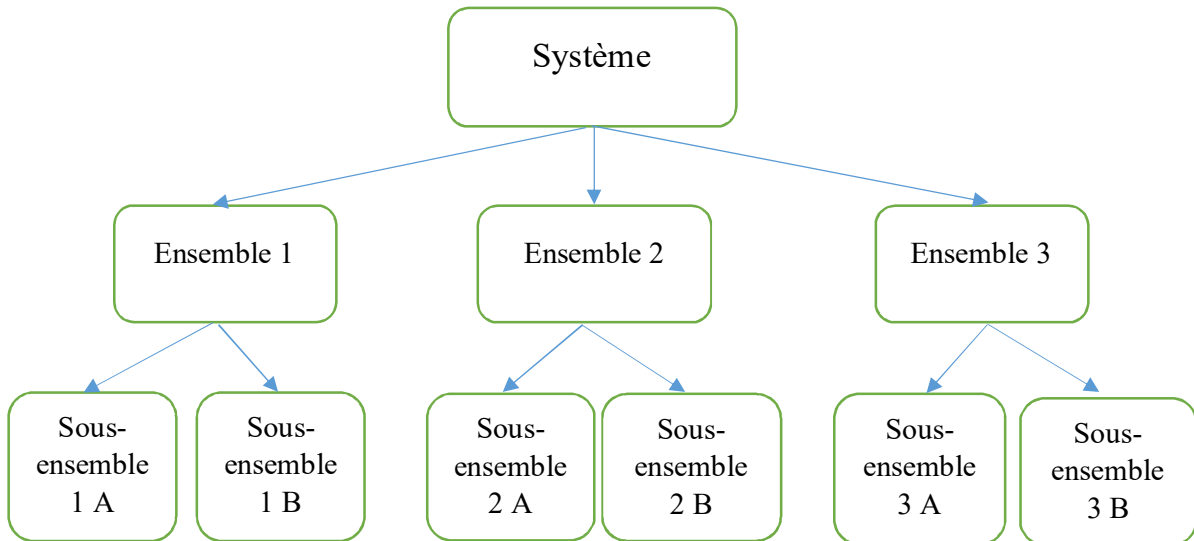


Schéma 08 : Exemple de découpage structurel.

Elle permet la détermination et la description des modes de dégradations et défaillances du système. Pour un composant et une fonction associée, nous cherchons à déterminer l'ensemble des dégradations potentielles, leurs causes et leurs conséquences.

Nous réalisons cette recherche pour tous les composants et toutes les fonctions du système jusqu'à l'obtention de l'ensemble des scénarios de défaillances (enchainements de dégradations de composants conduisant à la défaillance du système).

L'analyse des modes de défaillances et leurs effets permettent donc de définir, pour chaque fonction du système, la liste la plus exhaustive possible des modes de défaillances, des causes de défaillances, des effets directs et indirects qui sont le résultat de la dégradation de ce composant sur un autre composant.

- **Analyse qualitative :**

L'analyse qualitative sert à recenser toutes les modes de défaillances potentielles des opérations du processus étudié, à savoir, le processus, d'en déterminer les effets et d'en rechercher les causes. La notion de modes de défaillances est définie comme étant le symptôme qui révèle la défaillance.

Pour chaque activité analysée, un enquêteur a procédé avec le responsable opérationnel concerné à une évaluation de plusieurs éléments, nous avons collecté les réponses à ces questions :

- Quels sont les objectifs de l'activité ?
- Pour chacun d'eux, quelles sont les principales causes internes et externes de non atteinte possible de cet objectif ?
- Quelles défaillances du processus peuvent altérer le produit fabriqué ?

L'objectif étant de mettre en évidence les défaillances susceptibles d'affecter un système, qui de ce fait, ne peut plus assurer la mission (fonction) pour laquelle il a été conçu.

- **Analyse quantitative :**

Elle correspond à la caractérisation des scénarios de défaillances du système. L'analyse quantitative vise à la fois à pouvoir hiérarchiser les scénarios de défaillances par ordre de criticité (combinaison de l'occurrence des dégradations, de la gravité des effets engendré et de la détectabilité de ces dégradations), à connaître les durées séparant deux dégradations successives d'un même scénario de défaillance et à caler (fixer) les dégradations des différents scénarios de défaillances les unes par rapport aux autres.

L'analyse quantitative de la criticité comprend trois étapes principales :

- Désignation du scénario étudié.
- Evaluation de la criticité à travers l'analyse de la gravité, de l'occurrence et de la détectabilité du scénario. La criticité d'un scénario correspond au produit de la gravité de l'occurrence et de la détectabilité.

$$C = F * G * N$$

- Hiérarchisation par ordre de criticité décroissant (la valeur la plus élevée correspond à la criticité la plus forte).

L'analyse de criticité permet d'effectuer un classement des différents scénarios.

La mise en place d'un seuil de criticité avec les experts permet de retenir les scénarios les "plus critiques".

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 (diagnostique + Réparation ou échange + remise en service). La gravité G est le plus souvent cotée d'un (1) jusqu'à cinq (5)

Niveau	Valeur	Définition
Mineure	1	Aucune influence : -Arrêt de production inférieur à 2 minutes. -Aucune dégradation notable du matériel.
Moyenne	2	Baise de rendement : -Arrêt de production de 2 à 20 min, ou report possible de l'intervention. -Remise en état de courte durée ou petite réparation su place nécessaire.
Significative	3	Légère altération : -Arrêt de 20 à 60 min. -Changement du matériel défectueux nécessaire. -Retouche du produit (non qualité détecté à la production)
Majeure	4	Arrêt du système : -Arrêt de production de 1 à 2 heures -intervention importante sur sous-ensemble. -Production de pièces non-conformités non détecté.
Catastrophique	5	Mise en danger de la machine et de l'opérateur : -Arrêt de production supérieure à 2 heures. -Intervention lourdes nécessitant des moyens couteux. -impact sur la sécurité du personnel et l'environnement.

Tableau 1 : Grille de cotation de la gravité.

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 d'un (1) jusqu'à quatre (4).

Niveau	Valeur	Définition
Très faible	1	Défaillance peu probable : Moins d'une défaillance par an.

Faible	2	Défaillance possible : Moins d'une défaillance par trimestre.
Moyen	3	Défaillance fréquente : Moins d'une défaillance par semaine.
Elevé	4	Défaillance répétitive : Plusieurs défaillances par semaine.

Tableau 2 : Grille de cotation de la fréquence.

Détection (N) :

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

La détection N allant d'un (1) jusqu'à quatre (4)

Niveau	Valeur	Définition
Détection évidente	1	Défaillance détestable à 100% : -Détection à coup sûr de la cause de défaillance. -Signe avant-coureur évident d'une dégradation. -Dispositif de détection automatique d'incident (alarme)
Détection possible	2	Défaillance détectable : Signe avant-coureur de la défaillance facilement détectable mais nécessite une action particulière de l'opérateur (visite, contrôle visuel)
Détection improbable	3	Défaillance difficilement détectable : - Signe avant-coureur de la défaillance difficilement décelable peu exploitable ou nécessitant une action coudes moyens lourd ou complexes (appareillage, montage).
Détection impossible	4	Défaillance indétectable : -Aucun signe avant-coureur de la défaillance.

Tableau 3 : Grille de cotation de la détection.

Criticité (C) :

La criticité s'obtient en faisant le produit des indices des critères précédents. Cette valeur de criticité s'établit souvent sur une échelle de 1 à 80 (5*4*4), elle permet de connaître à partir de ses propres critères d'évaluation le caractère critique de chacune des causes de défaillance potentielle pour chacun des composants d'un système.

Dans le cadre d'une conception ces indices de criticité mettent en évidence la faiblesse de certain point appelant ainsi à une amélioration, mais dans le cadre de l'exploitation d'un système, les indices de criticité élevés orientent les actions à mettre en œuvre (modification, type de maintenance, conduite...).

- **Classification et matrice de criticité :**

Les actions menées sont décidées par le groupe de travail pour pouvoir éliminer tous les points critiques. A partir de la valeur de la criticité, on peut classer les problèmes par ordre décroissant et les répartir en différentes classes. Des intervalles de niveau de criticité (de référence) appropriés à l'entreprise considérée comme le montre le **tableau 4**.

C	Niveau de criticité
$1 < C \leq 10$	Négligeable
$10 < C \leq 20$	Moyenne
$20 < C \leq 40$	Elevée
$40 < C \leq 80$	Interdite

Tableau 4 : Niveau de criticité.

- **Matrice de criticité :**

Au cours d'évaluation de la criticité, il n'est pas obligatoire de prendre en compte les trois (03) critères gravité, fréquence et la détection ; on peut se limiter aux seuls critères gravité (G) et fréquence (F), ce qui permet de matérialiser l'étude par une matrice de criticité ou matrice de sécurité.

La matrice met en évidence une zone critique et une zone non critique. Mais, elle présente un défaut car elle ne tient pas compte de la notion de détection.

	Fréquence (F)			
Gravité (G)	1	2	3	4
1	1	2	3	4
2	2	4	6	8
3	3	6	9	12
4	4	8	12	16
5	5	10	15	20

Tableau 5 : Matrice de criticité.

Vert : Zone à risque acceptable.

Blanc : Zone de risque devant faire la mesure.

Rouge : Zone à risque devant faire l'intervention.

- **Synthèse et exposition des résultats :**

Cette étape consiste à effectuer un bilan de l'étude, de lister les points critiques et de fournir les éléments permettant de définir et de lancer, par ordre de priorité, les actions correctives et recommandations telles que :

- L'amélioration de la fiabilité aux points sensible en renforce par la redondance ou une technologie plus fiable de composant ou de sous-système.

- Une maintenance préventive systématique rigoureuse.
- Maintenance préventive conditionnel et contrôle non destructif pour les surveillances des points névralgique.
- Commande prévisionnelle des pièces de sécurité en gestion de stock.
- Une recherche rationnelle de causes de défaillance.

III-9-Tableau générale AMDEC :

Date de l'analyse :	AMDEC Machine- Analyses des Modes de Défaillances et leurs Effets de Criticité					Phase de fonctionnement	Page :		
	Système :			Sous-ensemble :			Nom :		
Elément	Fonction	Modes de défaillances	Causes de défaillance	Effets de défaillance	Détection	Criticité :			
						F	G	N	C

Tableau 6 : Tableau de l'AMDEC.

III-10-Perspectives de l'AMDEC (18)

Dans un premier temps, l'AMDEC va permettre ressortir les points faibles de chaque équipement. A partir de ces données, on va pouvoir déterminer des actions correctives à mettre en œuvre afin de réduire les criticités des points les plus importants.

Mais au-delà de ces aspects, l'AMDEC ne doit pas être arrêtée. En effet, l'AMDEC doit constamment être challengée afin de recevoir sa pertinence. Une fois les actions correctrices mises en place, il est nécessaire de réévaluer la criticité des processus selon des paramètres nouveaux. Cela va nous permettre de redéfinir de nouvelles actions correctrices et de revoir celle déjà mises en places.

III-11-Place de l'AMDEC dans une démarche de maîtrise des risques (19)

Si on fait le bilan des expériences réussies ici et là, on trouvera l'AMDEC à pratiquement tous les stades du cycle de vie d'un système. Toutefois, on peut souligner le caractère à peu près incontournable de l'AMDEC à la fin de la conception, à la charnière avec la réalisation ou l'exploitation et la maintenance. En effet, quand le système est décrit de façon précise, les composants choisis, l'AMDEC s'applique à merveille pour compléter la connaissance des fonctionnements (fonctionnements souhaités décrits par la conception) avec les fonctionnements non souhaités, mais inévitables du fait qu'aucun composant n'est infallible. Il faut bien prendre en compte ce qui peut résulter des défaillances des composants choisis.

III-12-Conclusion :

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 hiérarchiser les défaillances selon certains critères (Gravités, Fréquences, Détections). Les résultats de cette analyse sont les actions prioritaires propres à diminuer significativement les risques de défaillance potentielles.

Chapitre IV : Application de la méthode
AMDEC sur le groupe électrogène IVICO
AIFO.

IV-1-Introduction :

Dans ce chapitre on va présenter notre groupe électrogène et on va appliquer l'AMDEC et remplir les tableaux par les résultats de l'analyse que nous effectuons au groupe électrogène et mentionner les recommandations possibles pour les défaillances critiques que nous avons trouvées et élaborer un plan de maintenance préventive pour le groupe électrogène.

IV-2-Description du groupe :

Ce groupe électrogène marche en moyenne 100 heures par année il est utilisé en cas de coupure d'électricité pour alimenter la direction informatique et l'administration.

IV-2-1-Moteur thermique (20):

Le moteur thermique qui entre dans la constitution de notre groupe est un moteur diesel à 4 temps et à injection, de marque IVECO AIFO, son circuit de combustion est constitué de 6 cylindres en ligne (monté en série). Tournant à une vitesse de 1500 tours par minute, il a été conçu pour fonctionner à une température ambiante de 45 °C.

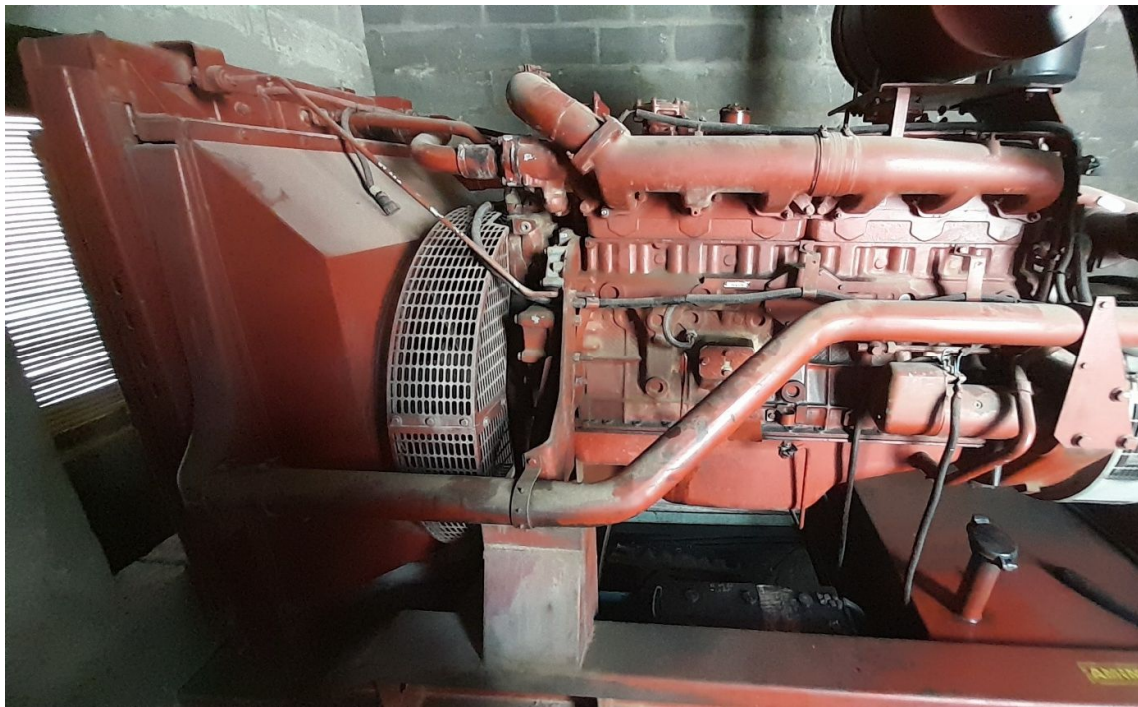


Figure 30 : Vue sur le moteur thermique.

IV-2-2-Alternateur :

L'alternateur est un alternateur triphasé de marque LEROY SOMER N°E1067730/07 dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Puissance apparente : 300 KVA
- Puissance active : 240 KW
- Tension nominale : 400 V

- Intensité nominale : 433 A
- Facteur de puissance : 0,8



Figure 31 : Vue sur l'alternateur.

IV-2-3-Armoire électrique de commande :



Figure 32 : Vue sur l'armoire de commande.

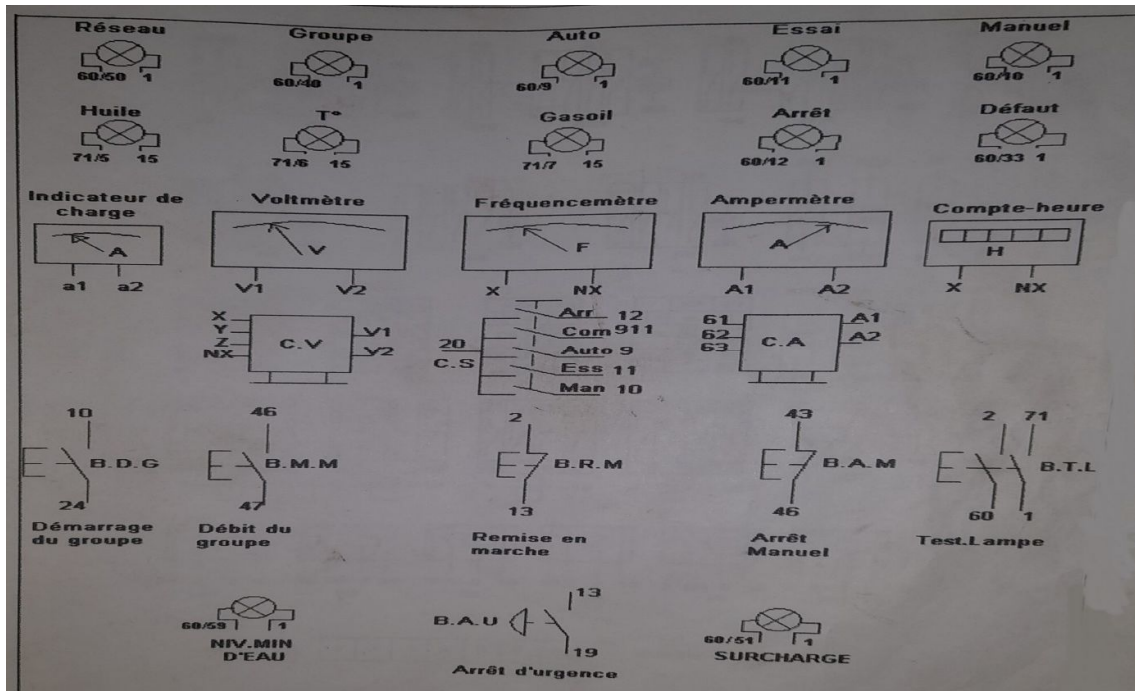


Figure 33 : Schéma de câblage de la portière de l'armoire de commande.

IV-2-3-1 Schéma multifilaire du circuit de commande :

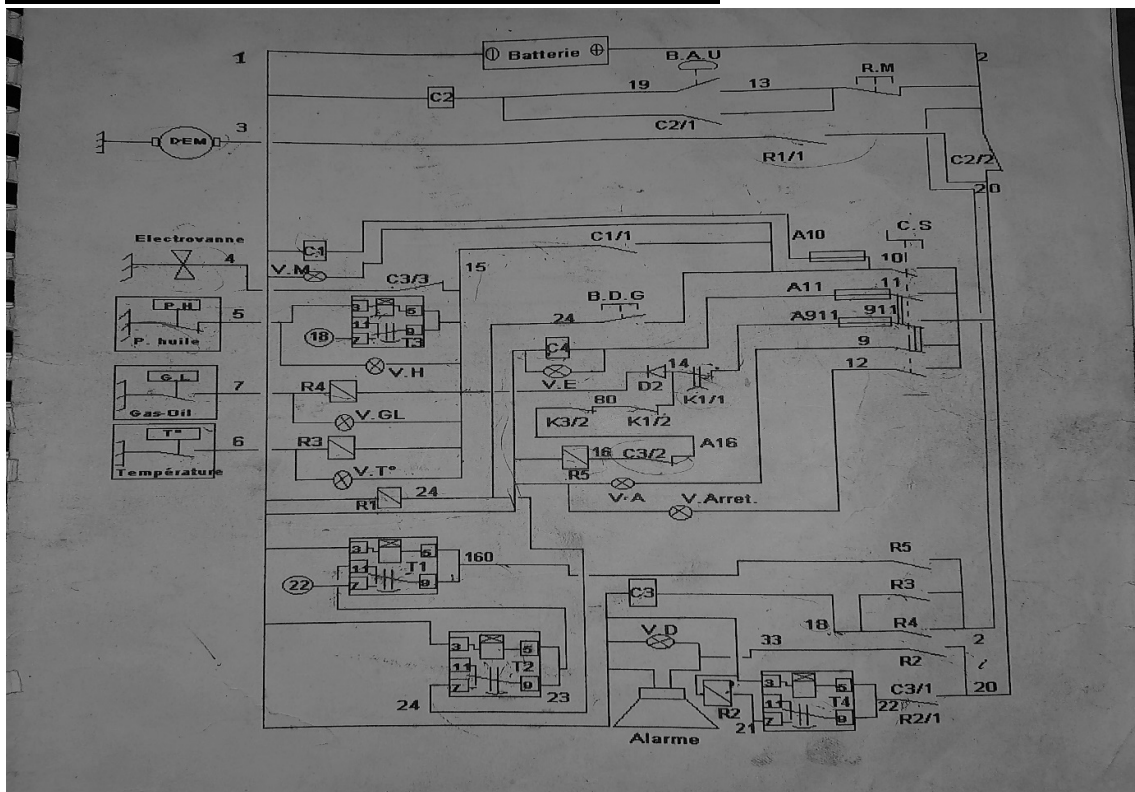


Figure 34 : Schéma multifilaire du circuit de commande.

IV-2-3-2-Schéma d'implantation :

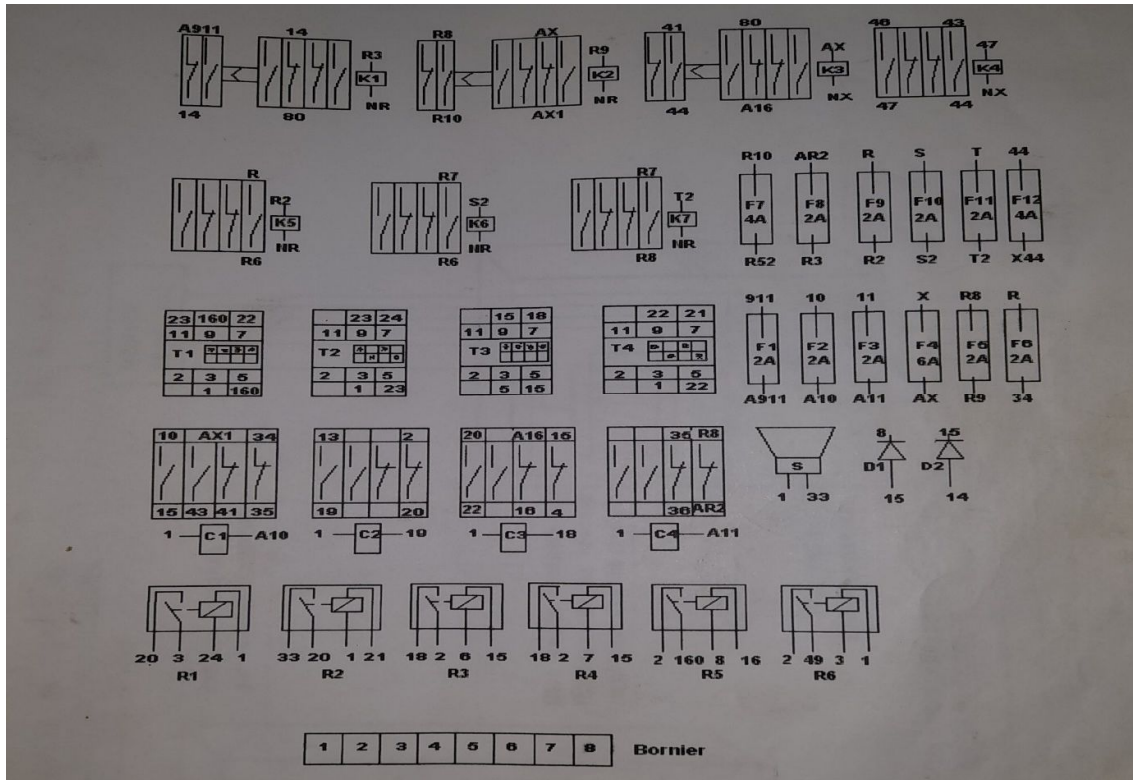


Figure 35 : Schéma d'implantation.

IV-2-3-3-Composants de l'armoire de commande : (21)

Bornier

- 1 : vers la borne négative de la batterie
- 2 : vers la borne positive de la batterie
- 3 : vers le contact du démarreur
- 4 : vers l'électrovanne du groupe électrogène
- 5 : vers le manoccontact pour le contrôle de la pression d'huile
- 6 : vers le thermo contact pour le contrôle de la température
- 7 : vers la sonde flottante pour le contrôle du niveau de gas-oil
- 8 : vers l'excitation de l'alternateur de charge du groupe électrogène

Contacteurs 220V

- K1 : premier contacteur 220V de réseau
- K2 : deuxième contacteurs 220V de réseau
- K3 : premier contacteur 220V de groupe

K4 : deuxième contacteurs 220V de groupe

K5 : contacteur de détection de la phase R

K6 : contacteurs de détection de la phase S

K7 : contacteur de détection de la phase T

Temporisateurs ANKER

T1 : premier temporisateur des séquences de démarrage du groupe électrogène

T2 : deuxième temporisateur des séquences démarrage du groupe

T3 : Temporisateur pour la pression d'huile du groupe électrogène

T4 : temporisateur d'alarme

Contacteur 12V /24V en continu :

C1 : contacteur pour le fonctionnement du groupe en manuel

C2 : contacteur pour l'arrêt d'urgence

C3 : contacteur de défauts

C4 : contacteur pour le fonctionnement en essai de l'ensemble groupe _ armoire

Relais automobiles 12V /24V

R1 : relais pour le démarrage du groupe

R2 : relais pour la signalisation visuelle et sonore d'un défaut quelconque

R3 : relais pour la signalisation d'un défaut de température

R4 : relais pour la signalisation d'un défaut de gasoil

R5 : deuxième relais de démarrage

Diodes de puissance

D1 : diode anti retour pour éviter d'avoir des séquences de démarrage en fonctionnement manuel

D2 : diode anti retour entre l'excitation de l'alternateur et l'électrovanne

Fusibles

F1 : pour la protection de l'appareillage intervenant dans le fonctionnement automatique du groupe

F2 : pour la protection de l'appareillage intervenant dans le fonctionnement manuel du groupe

F3 : pour la protection de l'appareillage intervenant dans le fonctionnement en essai du groupe

F4 : pour protéger le contacteur K3 du groupe

F5 : pour protéger le deuxième contacteur de réseau

F6 : pour protéger le chargeur de batterie

F7 : pour protéger le premier contacteur de l'inverseur de source

F8 : pour protéger le premier contacteur de réseau

F9 : pour protéger le contacteur K5 de phase R

F10 : pour protéger le contacteur K6 de phase S

F11 : pour protéger le contacteur K7 de phase S

F12 : pour protéger le contacteur " groupe"de l'inverseur de source

IV-3-Historiques des interventions du groupe électrogène de l'ENIEM :

Date	Nature de la panne et réparation effectué	Temps d'intervention	Pièces de rechange	
			Désignation de la pièce	Quantité
31/08/2004	Entretien des batteries oxydées	1H	/	/
27/09/2004	Changement d'un contacteur	2H		
28/01/2006	Changement de deux batteries	1H	Batterie	2
26/08/2007 (préventif annuel)	nettoyage des contacts dépoussiérage des tableaux , resserrage de la visserie , vérification des connexions , vérification de l'état des bobines des relais, essai mécanique des disjoncteurs , contrôle de l'isolement, vérification de la tenue de la mise à la terre	4H		
21/10/2007	Resserrage de tout la visserie et contrôle de tous les contacte suite à la coupure d'électricité et le groupe a démarré mais n'a pas chargé	2H		
26/01/2008	Changement de 2 batteries + réparation du circuit de charge et d'allumage	2H	Batterie Cosse de batterie (+) Cosse de batterie(-)	02 02 02
13/08/2008 (Préventif annuel)	Nettoyage des contacts, dépoussiérage des tableaux, resserrage de la visserie. vérification des connexions, vérification de l'état des bobines des relais, essai mécanique des disjoncteurs, contrôle de l'isolement, vérification de la mise à la terre	4H		
30/08/2011 (Préventif annuel)	Nettoyage des contacts des poussières des tableaux, serrage de la visserie et vérification des connexion	4H		
14/12/2011	Changement du commutateur sélecteur de position	1H		
31/03/2013	Changement de cosse de batterie	1H	Cosse	01 01

26/09/2013 (Préventif annuel)	Vérification, connexion, nettoyage des contacts, dépoussiérage des tableaux, serrage visserie, vérification de l'état des bobines, de relais, essaie mécanique, contrôle isolement	2.5H		
04/08/2014 (Préventif annuel)	Nettoyage des contacts et tableaux, serrage connexions, contrôle état des bobine, essai mécanique disjoncteur contrôle isolement et la mise a la terre , nettoyage totale	4H		
03/09/2015	Changement d'un relais de démarrage	1H		
18/05/2017	Elimination des fuites du circuit de gasoil	1H		
05/08/2018 (Préventif annuel)	-Nettoyage et dépoussiérage de l'intérieur du groupe électrogène -enlèvement des résidus d'huile et du gasoil - vérification des connexions des batteries (cosse)			
08/07/2019	Le groupe électrogène ne s'allume pas. Changement de batteries	01H	Batterie	2
30/07/2019 (Préventif annuel)	Nettoyage des contacts. Dépoussiérage de la visserie, vérification des connexions Vérification de l'état des bobines des relais. Essais mécanique des disjoncteurs Contrôle de l'isolement, vérification de la tenue de la mise a la terre	04H		
07/11/2019	Montage d'une batterie, ensuite montage de deux (2) batterie après que la première est défectueuse.	01H	Batterie	01 02
07/02/2021	Changement d'une pompe d'eau + thermostat	06H	Pompe a eau thermostat	01 02
13/04/2021	Changement d'une batterie	01H	Batterie Eau acidulé	01 10L
03/06/2021	Démontage et remontage de la pipe d'eau après réparation en Sous Traitance	02H	Liquide de refroidissement	10L
21/06/2021 (préventif annuel)	Dépoussiérage du groupe, enlever les résidus d'huile et gasoil sur la surface, vérification des connexions des batteries mise à niveau d'eau Changement d'huile moteur, nettoyage des filtres + changement des filtres à l'huile et vidange	04H	Huile moteur 10w40 Filtre à l'huile	20L 02
10/03/2022	Vérification de la pompe a gasoil	2H		

Tableau 7 : Historique des interventions sur le groupe électrogène.

IV-4-Découpage structurelle du groupe électrogène :

Dans ce qui suit on va découper notre groupe électrogène en ensemble et en sous-ensemble :

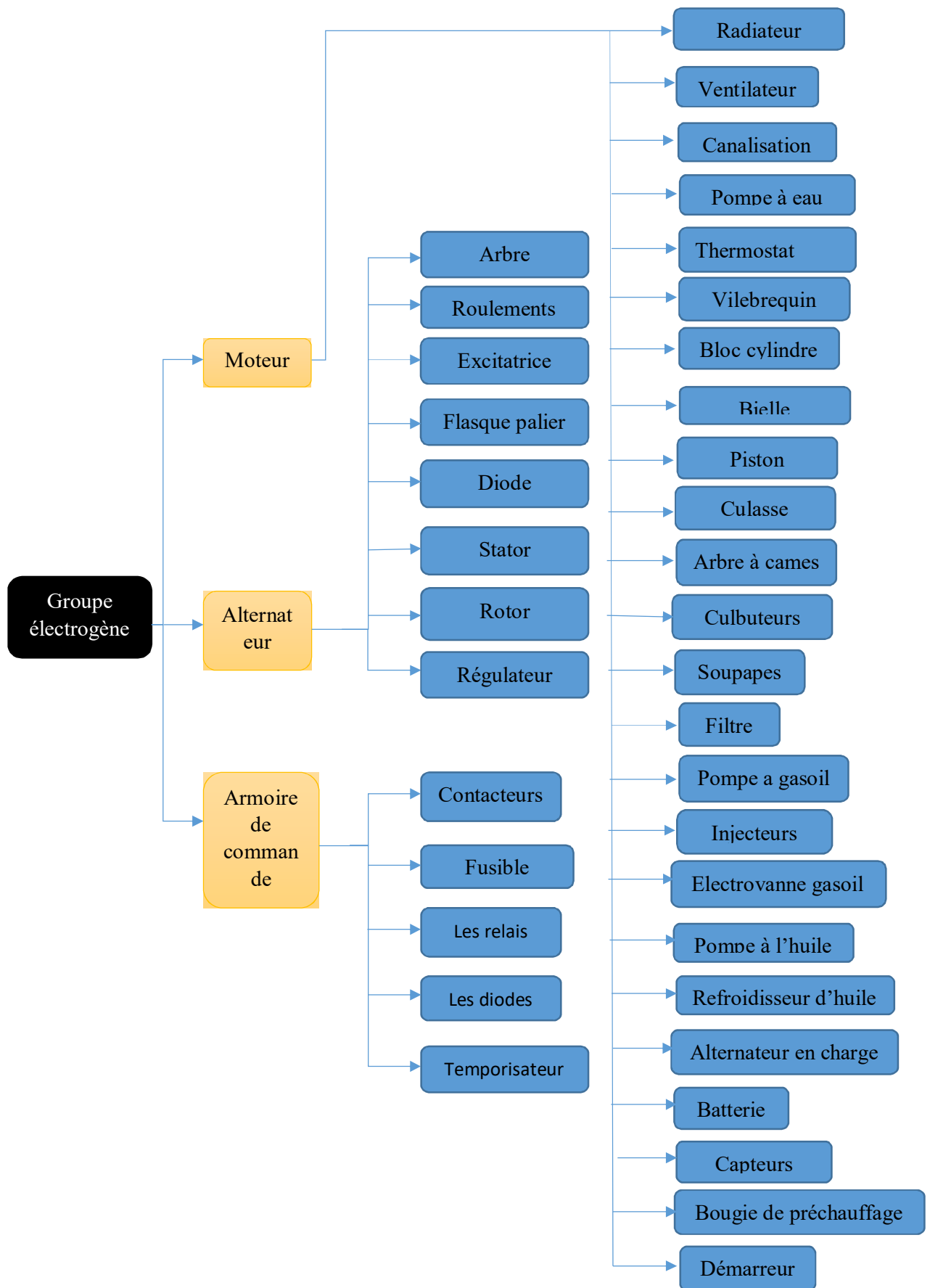


Schéma 09 : Découpage structurelle du groupe électrogène.

IV-5-Analyse AMDEC :

Dans ce qui suite on va entamer la partie analyse de notre groupe électrogène dans un intervalle de 10 ans :

Date de l'analyse :	AMDEC Machine- Analyses des Modes de Défaillances et leurs Effets de Criticité					Phase de fonctionnement	Page :			
	Système : Groupe électrogène			Sous-ensemble : Moteur diesel/ circuit de refroidissement			Nom :			
Elément	Fonction	Modes de défaillances	Causes de défaillance	Effets de défaillance	Détection	Criticité :				Action corrective :
						F	G	N	C	
Radiateur	Contenir l'eau et faciliter son refroidissement	Fuite interne ou externe	Rouille, choc	Défaut de refroidissement	Visuelle	2	4	4	32	Vérifier l'état de l'eau, remplacer
Ventilateur	Accélérer la vitesse de passage de l'air à travers le radiateur	Mauvais refroidissement	Hélice endommagé	Pas d'air, Chauffage excessif	Visuelle	2	3	3	18	Remplacer les hélices
Canalisation	Conduire l'eau de refroidissement à travers le moteur	Fuites internes, colmatage	Raccord desserrés par vibration, présence d'impuretés	Pertes d'eau de refroidissement	Visuelle	2	3	3	18	Nettoyer, remplacer, serrer des raccords
Pompe à eau	Aspirer et refouler l'eau sous pression	Fonctionnement irrégulier	Courroie détendue, cassé	Débit insuffisant, le moteur chauffe	Visuelle	1	4	4	16	Retendre, remplacer
Thermostat	Réguler la température de l'eau de refroidissement	Ne s'ouvre pas	Usure ou cassure du clapet ou du capteur	Le moteur chauffe	Visuelle	2	4	4	32	Changer

Tableau 8 : Analyse AMDEC pour le Moteur diesel/ circuit de refroidissement.

Date de l'analyse :	AMDEC Machine- Analyses des Modes de Défaillances et leurs Effets de Criticité					Phase de fonctionnement	Page :			
	Système : Groupe électrogène			Sous-ensemble : Moteur diesel / Partie mobiles et fixe.			Nom :			
Elément	Fonction	Modes de défaillances	Causes de défaillance	Effets de défaillance	Détection	Criticité :				Action corrective :
						F	G	N	C	
Vilebrequin	Recevoir les efforts des bielles	Ne reste pas en position	Usure des coussinets, vieillesse	Pas d'entraînement	Visuelle	1	5	4	20	Remplacer coussinet, vilebrequin
Bloc cylindre	Contenir les organes	Rupture, Vibration	Mauvais refroidissement	Baisse de performances	Visuelle	1	5	3	15	Remplacer, revoir le

	mobiles du moteur		ment, usure de cylindre							circuit d'eau
Bielle	Transmettre au vilebrequin les efforts reçus des pistons	Rupture	Mauvais montage, mauvaise lubrification	Baisse du rendement du moteur	Visuelle, sonore	1	5	3	15	Remplacer, lubrifier
Piston	Assurer la compression des gaz par l'action des bielles	Ne reste pas en position	Usure des segments de la tête de piston, Grippage	Perte importante de puissance, Mauvaise compression	Visuelle	1	3	2	6	Remplacer
Culasse	Obturer les cylindre	Ne se ferme pas	Mauvais état des joints de culasse	Perte de puissance	Visuelle, sonore	1	5	4	20	Changer joints en huilant légèrement les boulons de culasse
Distribution	Contrôler l'ouverture et la fermeture des soupapes	Blocage	Mauvais montage, réglage	Mauvais fonctionnement du moteur	Sonore	2	5	4	40	Vérifier l'état des soupapes
Culbuteur	Permet le mouvement d'ouverture et de la fermeture des soupapes	Coincement, blocage	Mauvais réglage du jeu, Manque de lubrification	Excès de fumée noire	Visuelle	1	3	2	6	Réglage culbuteur, remplacer
Coussinets	protège le vilebrequin de l'usure	Vibration	Manque d'huile ou de pression d'huile	Le moteur cogne	Visuelle, sonore	1	5	4	20	Remplacer, vérifier l'ensemble du circuit d'huile
Soupapes	Transmettre l'admission et le rejets des gaz	Coincement, blocage	Dérégées	Le moteur fume noir	Visuelle	1	3	2	6	Régler
Arbre à came	Transmettre le mouvement de rotation aux cames	Fonctionnement irrégulier	Usure, frottement important	Baisse de performance	Sonore	1	5	4	20	Remplacer

Tableau 9 : Analyse AMDEC pour le Moteur diesel / Partie mobiles et fixe.

Date de l'analyse :	AMDEC Machine- Analyses des Modes de Défaillances et leurs Effets de Criticité					Phase de fonctionnement	Page :
	Système :Groupe électrogène		Sous-ensemble :Moteur diesel/ Circuit d'air				Nom :
Elément	Fonction	Modes de	Causes de	Effets de défaillance	Détection	Criticité :	Action

		défaillances	défaillance			F	G	N	C	corrective :
Filtre à air	Retenir les particules contenue dans l'air	Colmatage	Présence d'impuretés dans l'air	Baisse de performance du turbocompresseur, Mauvais filtrage	Visuelle	3	2	2	12	Nettoyer, changer la cartouche
Turbo compresseur	Augmenter la puissance du moteur	Ne démarre pas	Axe de roue du turbine cassé	Moins d'air dans les cylindre, moteur moins puissant	Visuelle	1	3	2	6	Remplacer l'axe
Canalisation	Conduire le gasoil à la pompe	Obturation, fuites	Présence d'impureté dans le circuit, raccords desserrés	Diminue l'apport en carburant	Visuelle	1	2	4	8	Nettoyer, serré raccords, remplacer

Tableau 10 : Analyse AMDEC pour le Moteur diesel/ Circuit d'air.

Date de l'analyse :	AMDEC Machine- Analyses des Modes de Défaillances et leurs Effets de Criticité					Phase de fonctionnement				Page :
	Système : Groupe électrogène			Sous-ensemble : Moteur diesel/ Circuit d'injection						Nom :
Elément	Fonction	Modes de défaillances	Causes de défaillance	Effets de défaillance	Détection	Criticité :				Action corrective
						F	G	N	C	
Filtre à gasoil	Retenir les impureté afin de protéger la pompe	Obturation, blocage	Présence d'impureté diverses	Pompe colmaté, mauvais filtrage	Visuelle	3	2	2	12	Nettoyer, remplacer
Pompe d'injection	Distribuer le carburant aux cylindre selon les besoins	Fonctionnement irrégulier	Pompe mal calée	Baisse de performance	Visuelle	1	3	2	6	Bien caler
Pompe d'alimentation	Débiter le gasoil sous pression en alimentant la pompe d'injection	Fonctionnement irrégulier	Usure clapets, mauvaise lubrification	Pas de débit, débit insuffisant	Visuelle	1	3	4	12	Remplacer, soudure, lubrifié
Injecteur	Pulvériser le gasoil à haute pression dans la chambre de combustion	Fonctionnement irrégulier	Grippage, dérèglage	Arrêt du moteur ou baisse de performance du moteur	Visuelle	1	3	4	12	Dégripper, régler

Electrova- ne gasoil	Fermer ou ouvrir le circuit d'alimenta- tion gasoil	Ne reste pas en position	Défaut interne, electroaim- ant défectueux	Pas de réaction mauvaise alimentation	Visuelle	2	4	4	32	Remplacer
-------------------------	---	-----------------------------	--	--	----------	---	---	---	----	-----------

Tableau 11 : Analyse AMDEC pour le Moteur diesel/ Circuit d'injection

Date de l'analyse :	AMDEC Machine- Analyses des Modes de Défaillances et leurs Effets de Criticité					Phase de fonctionnement	Page :			
	Système : Groupe électrogène			Sous-ensemble : Moteur diesel/ Circuit de lubrification			Nom :			
Elément	Fonction	Modes de défaillances	Causes de défaillance	Effets de défaillance	Détection	Criticité :				Action corrective
						F	G	N	C	
Pompe à huile	Débiter l'huile sous pression	Fonctionnement irrégulier	Usagée, Mauvaise lubrification	Pression d'huile insuffisante	Visuelle	1	5	4	20	Remplacer, lubrifier
Filtre à l'huile	Retenir les particules retenue dans l'huile	Obturation, fuites internes	Présence d'impuretés dans l'huile, clapet de sureté usé	Mauvais filtrage, détérioration du filtre	Visuelle	3	2	2	12	Nettoyage, remplacer
Canalisation	Conduire l'huile vers les points à lubrifier	Fuites externes	Vis desserrée par vibration, joint défectueux	Pertes d'huiles dans le circuits	Visuelle	1	5	4	20	Serrer les vis, raccords, remplacer les joints
Refroidis- seur d'huile	Refroidir l'huile du carter	Obturation	Dépôt des aspérité, encrassage	Mauvais refroidisse- ment	Visuelle	1	4	4	16	Nettoyer, décrasser avec de l'air comprimé

Tableau 12 : Analyse AMDEC pour le Moteur diesel/ Circuit de lubrification.

Date de l'analyse :	AMDEC Machine- Analyses des Modes de Défaillances et leurs Effets de Criticité					Phase de fonctionnement	Page :			
	Système : Groupe électrogène			Sous-ensemble : Moteur diesel/ Partie électrique			Nom :			
Elément	Fonction	Modes de défaillances	Causes de défaillance	Effets de défaillance	Détection	Criticité :				Action corrective
						F	G	N	C	
Alternateur en charge	Charger la batterie	Fonctionnement irrégulier	Tension faible, Usure des relais, collecteurs	Batterie déchargée, faible	Visuelle	1	3	2	6	Remplacer le collecteur et le relais
Batterie	Accumuler et fournir une	Court-circuit	Défauts d'isolement	Le démarreur ne répond pas,	Visuelle (voyant de	1	4	2	8	Remplacer la batterie

	tentions nécessaire pour la commande du groupe			arrêt du compresseur	charge)					
Capteurs	Transformer une grandeur physique en grandeur électrique	Court-circuit	Défaut d'isolement	Plus de sécurité, pas de signaux	Visuelle	1	3	2	6	Remplacer
Bougie de préchauff- age	Chauffer la chambre de combustion lors d'un démarrage à froid	Ne reste pas en position	Mauvais raccorde- ment des barrettes	Mauvais démarrage du moteur	Visuelle	1	4	4	16	Bien connecter la barrette de raccordement
Démarrreur	Démarrer le moteur	Ne reste pas en position	Mauvais serrage des vis de fixation	Pas de démarrage du moteur	Visuelle	1	4	4	16	Visser les vis des points de fixation

Tableau 13 : Analyse AMDEC pour le Moteur diesel/ Partie électrique

Date de l'analyse :	AMDEC Machine- Analyses des Modes de Défaillances et leurs Effets de Criticité					Phase de fonctionnement				Page :
	Système : Groupe électrogène			Sous-ensemble : Alternateur						Nom :
Elément	Fonction	Modes de défaillances	Causes de défaillance	Effets de défaillance	Détection	Criticité :				Action corrective :
						F	G	N	C	
Arbre	Entrainement du moteur avec le rotor de l'alternateur	Ne tourne pas	Arbre cassées	Vibration excessives de l'alternateur	Sonore	1	5	2	10	Remplacer
Roulements	Assurer l'alignement de l'arbre	Ne reste pas en position	Usure vieillesse	Frottement excessif	Visuelle, sonore	1	5	2	10	Remplacer
Flasques palier	Porter les roulement et boucher les extrémités du stator	Blocage , coincement	Usure vieillesse	Frottement excessif	Visuelle, sonore	1	3	2	6	Remplacer
Régulateur de tension	Ajuster le courant d'excitation en fonction de la	Mise en marche erronée	Transistor défectueux	Pas de régulation de tension en sortie	Visuelle	1	5	4	20	Remplacer le composant

	tension de sortie									
Stator	Générer la force électromotrice	Blocage	Coupure des enroulements. Enroulement mal isolé	Pas de tension en sortie alternateur	Mesure	1	5	4	20	Rembobiner
Rotor	Crée un induction importante	Fonctionnement irrégulier	Coupure des enroulements. Enroulement mal isolé	Pas de tension en sortie alternateur	Mesure	1	5	4	20	Rembobiner

Tableau 14 : Analyse AMDEC pour l'Alternateur.

Date de l'analyse :	AMDEC Machine- Analyses des Modes de Défaillances et leurs Effets de Criticité					Phase de fonctionnement				Page :
	Système : Groupe électrogène			Sous-ensemble : armoire de commande						Nom :
Elément	Fonction	Modes de défaillances	Causes de défaillance	Effets de défaillance	Détection	Criticité :				Action corrective :
						F	G	N	C	
Contacteurs	Ouvrir ou fermer un circuit sur réception d'un signal électrique	Absence de courant	Mauvais contact, bobine défectueuse	Le groupe ne démarre pas	Mesure	1	4	4	16	Changement de contacteur
Fusible	Protection on cas de surcharge	Rupture	Surcharge, court-circuit	Le groupe ne démarre pas	Mesure	1	4	4	16	Changement de fusible
Les relais	Ouverture ou fermeture d'un circuit électrique de puissance a partir d'un information logique	Griller	Mauvais contact, bobine défectueuse	Le groupe ne démarre pas	Mesure	1	4	4	16	Changement de relais
Les diodes	Imposer un sens de passage du courant	Griller	Court-circuit	Le groupe ne démarre pas	Mesure	1	4	4	16	Changement de diodes
Temporisateur	Ouvrir ou fermer un circuit sur réception d'un signal électrique au bout d'un certain temps	Griller	Mauvais contact, bobine défectueuse	Le groupe ne démarre pas	Mesure	1	4	4	16	Changement de temporisateur

Tableau 15 : Analyse AMDEC pour l'Armoire de commande.

IV-6- la criticité :

A partir de ces niveaux de criticité on peut savoir les actions correctives à engager comme représenté dans le tableau ci-dessous :

Niveau de criticité	Action corrective à engager
$1 < C \leq 10$ Criticité négligeable	<ul style="list-style-type: none"> Aucune modification de conception. Maintenance corrective.
$10 < C \leq 20$ Criticité moyenne	<ul style="list-style-type: none"> Amélioration des performances dans l'élément. Maintenance préventive systématique.
$20 < C \leq 40$ Criticité élevée	<ul style="list-style-type: none"> Révision de la conception du sous-ensemble et du choix des éléments. Surveillance particulière, maintenance préventive conditionnelle/prévisionnelle.
$40 < C \leq 80$ Criticité interdite	<ul style="list-style-type: none"> Remise en cause complète de la conception.

Tableau 16 : Tableau de la criticité.

IV-7- Élaboration d'un plan de maintenance préventive (PMP)

Système : groupe électrogène Sous système : moteur diesel				
Élément	Action de maintenance	intervalles	Intervenant	Outils
Bloc cylindre	Contrôler l'ovalisation	Chaque 4 ans	Technicien	Micromètre
Arbre à cames	Contrôler l'état des pignons	Chaque année	Technicien qualifié	Micromètre
Culasse	Contrôler la surface	Chaque 4 ans	Technicien qualifié	Micromètre
Piston	Contrôler diamètre, bagues de l'axe	Chaque 4 ans	Technicien qualifié	Micromètre
Culbuteur	Vérification et réglage	Chaque année	Opérateur	Boite à outils mécanique
Canalisation	Contrôler les fissures	Toutes les 150 heures de fonctionnement	Technicien de qualifié	Boite à outils mécanique
Injecteur	Vérifier l'étanchéité, l'aiguille	Toutes les 1000 heures	Technicien qualifié	Pompe d'essai, loupe
Electrovanne	Vérifier l'alimentation	Toutes les 24	Technicien	Boite à outils

gasoil		heures de fonctionnement	qualifié	mécanique
Pompe à gasoil	Contrôler l'état de la pompe	Chaque mois	Technicien qualifié	Boite à outils mécanique
Pompe à eau	Contrôler la fuite éventuelle sur le corps de pompe, lubrifier	Toutes les 150 heures de fonctionnement	Technicien qualifié	Pompe de contrôle
Radiateur	Contrôler les fuites de pression, le niveau d'eau	A chaque utilisation	Opérateur	Boite à outils mécanique
Vilebrequin	Contrôler l'état de surface, mesurer l'ovalisation et la conicité des manetons	Chaque 4 ans	Technicien qualifié	Micromètre
Bielle	Vérifier l'équerrage et le vrillage	Chaque 4 ans	Technicien qualifié	Boite à outils mécanique
Pompe à l'huile	Contrôler l'état des pignons	Chaque année	Technicien qualifié	Boite à outils mécanique
Soupapes	Contrôler le jeu des soupapes	Chaque 4 ans	Technicien qualifié	Vis sans tête munie d'un contre-écrou
Ventilateur	Vérifier la tension de la courroie, l'hélice	Toutes les 150 heures de fonctionnement	Technicien qualifié	Main, œil
Thermostat	Vérifier le clapet ou le ressort	Chaque année	Technicien qualifié	Boite à outils mécanique
Filtre	Nettoyer, remplacer	Toutes les 500 heures (après 2 vidanges)	Technicien qualifié	Boite à outils mécanique, air à forte pression
Liquide de refroidissement	Remplacer	Toutes les 10000 heures de fonctionnement	Technicien qualifié	Boite à outils mécanique

Tableau 17 : Plant de maintenance préventive pour la partie du moteur diesel.

Système : Groupe électrogène				
Sous système : Moteur diesel/ Partie électrique				
Eléments	Action de maintenance	Intervalle	Intervenant	Outils
Capteurs	Vérifier l'alimentation	Tous les 24 heures de fonctionnement	Technicien qualifié	Boite à outils électrique
Alternateur de charge	Vérifier l'excitation	Toutes les 150 heures de fonctionnement	Technicien qualifié	Multimètre
Batterie	Vérifier le niveau d'électrolyte	Toutes les 400 heures de fonctionnement	Technicien qualifié	Réglé métallique graduée

Démarreur	Vérifier l'état des vis de fixation	Toutes les 24 heures de fonctionnement	Technicien qualifié	Boite à outils
Bougies de préchauffage	Vérifier l'état des bougies	Toutes les 24 heures de fonctionnement	Technicien qualifié	Lampe témoin

Tableau 18 : Plan de maintenance préventive pour la partie Moteur diesel/ Partie électrique.

Système : Groupe électrogène				
Sous système : Alternateur				
Eléments	Action de maintenance	Intervalle	Intervenant	Outils
Arbre	Vérifier d'éventuelles fissures	Toutes les 700 heures de fonctionnement	Technicien qualifié	Outils d'alignement d'arbre
Flasque palier	Vérifier l'état de la surface	Toutes les 700 heures de fonctionnement	Technicien qualifié	Diagnostic vibratoire
Roulements	Vérifier l'état	Toutes les 150 heures de fonctionnement	Technicien qualifié	Diagnostic vibratoire
Régulateur	Contrôler la tension de régulation	Toutes les 150 heures de fonctionnement	Technicien qualifié	Voltmètre
Diodes	Vérifier l'état des diodes	Toutes les 600 heures de fonctionnement	Technicien qualifié	Multimètre
Stator	Contrôler les enroulements	Tous les 600 heures de fonctionnement	Technicien qualifié	Multimètre
Rotor	Contrôle les barres conductrices	Toutes les 600 heures de fonctionnement	Technicien qualifié	Multimètre

Tableau 19 : Plan de maintenance préventive pour la partie Alternateur

Système : Groupe électrogène				
Sous système : Armoire de commande				
Eléments	Action de maintenance	Intervalle	Intervenant	Outils
Contacteurs	Resserrage de la visserie et élimination des poussières	Chaque année	Technicien qualifié	Caisse à outils électrique

Fusible	Resserrage de la visserie et élimination des poussières	Chaque année	Technicien qualifié	Caisse a outille électrique
Les relais	Resserrage de la visserie et élimination des poussières	Chaque année	Technicien qualifié	Caisse a outille électrique
Les diodes	Elimination des poussières	Chaque année	Technicien qualifié	Caisse a outille électrique
Temporisateur	Resserrage de la visserie et élimination de la poussière	Chaque année	Technicien qualifié	Caisse a outille électrique

Tableau 20 : Plan de maintenance préventive pour l'armoire de commande

IV-8- Conclusion :

Dans cette partie, nous avons appliqué l'analyse AMDEC suivant les étapes que nous avons citées dans le chapitre 2. La collecte des données nous a permis d'avoir les informations nécessaires pour réaliser notre étude en collaboration avec l'équipe de travail, ça nous a permis de réunir beaucoup d'information sur la défaillance et des modes, et nous avons pu proposer des opérations préventives afin de maintenir le bon fonctionnement du groupe électrogène.

Conclusion générale :

Au cours de ce mémoire on a pu connaître la structure et les caractéristiques des groupes électrogènes, on a pu aussi comprendre leurs principes de fonctionnement et leurs nécessités dans les industries. On peut donc affirmer que le groupe électrogène est toujours un produit d'avenir, d'autant que les performances du moteur diesel s'améliorent constamment dans les domaines du rendement de la fiabilité.

L'application de la méthode AMDEC nous a permis de classer les défaillances selon leurs criticités et diagnostiquer la nature de la gravité des pannes qui surviennent et appliquer les actions correctives à chaque degré de criticité et ainsi élaborer un plan de maintenance préventive dans le but de maintenir les équipements en bon état de marche.

Le stage que nous avons entrepris au niveau de l'Entreprise National Industrielle des Electro Ménager a été très bénéfique sur plusieurs plans que ce soit en travail d'équipe en connaissances pratique et de développer notre savoir-faire sur la maintenance industrielle et d'apporter notre modeste contribution sur les opérations de maintenance et aussi de nous préparer au monde du travail en milieu industriel.

Référence bibliographique :

- (02) : Unité prestation technique, ENIEM, 2015.
- (03) : B. Colin, "Groupes électrogènes de secours", Techniques de l'ingénieur, 2008.
- (06) : mémoire fin d'étude : (ETUDES DE DIMENSIONNEMENT, D'INSTALLATION, PROTECTION ET MAINTENANCE D'UN GROUPE ELECTROGENE DE SECOURS) par EHAKO S.M Lucrèce, « école polytechnique d'ABOMEY-CALAVI »
- (07) : mémoire fin d'étude : (étude d'un groupe électrogène par simulation numérique) par chafa aliane et aziz zerioul, université mouloud mammeri de tizi ouzou.
- (08) : mémoire fin d'étude en vue d'obtention du diplôme de technicien supérieur : (étude et réalisation d'un système de démarrage automatique d'un groupe électrogène à l'aide de contacteur) par kaouane makhlouf, najjem ahcene , najjem ali ; institut national spécialisé en formation professionnelle Oued-Aissi.
- (09) : M. Desbazeille, "Diagnostic de groupes électrogènes diesel par analyse de vitesse de vilebrequin", Thèse de Doctorat à l'université de Jean Monnet, 2011
- (13) : ABDI Adil, Optimisation de la fonction maintenance par la méthode AMDEC, Mémoire fin d'étude, université aboubakr Belkaid, Tlemcen.
- (15) : Anas Solhy Mohamed Amine Boulazaïb, « Amélioration de la fiabilité des engins miniers » édition universitaire européennes.
- (16) : Mémoire fin d'étude pour l'obtention du diplôme de MASTER présenté par ADDOUN Abdelkrim (Optimisation de la maintenance par la méthode AMDEC appliquée au ventilateur de l'entreprise ALZINC) université de Tlemcen 2015.
- (17) : Management de la maintenance industrielle par l'ingénieur d'état CHAFAI Mahfoud.
- (18) : HERROU Ibrahim. GHORBA Mohammed, L'AMDEC un outil puissant d'optimisation de la maintenance, application à un motocompresseur d'une PME marocaine, Ecole Nationale Supérieure d'Electricité et de Mécanique, Casablanca Maroc 2005.
- (19) : HOUHOU Mourad. Évaluation de la fiabilité et de la disponibilité des systèmes mécaniques par la méthodologie Arde Bayes. Maintenance Industrielle mémoire de magister université Mohammed Boughara Boumerdes 2011/2012.
- (21) : Guide d'utilisation de l'armoire de commande du groupe électrogène de l'ENIEM.

Référence webographie :

- (01): www.eniem.com.dz
- (04) : <https://www.planetetravaux.com/les-differents-types-de-groupe-electrogene>
- (05) : <https://aiger.fr/quels-sont-les-differents-types-de-groupes-electrogenes/>

(10) : <https://www.europromachinery.com/fonctionnement-avr-dun-groupe-electrogene/#:~:text=L'AVR%20ou%20Automatic%20Voltage,de%20d%C3%A9marrage%20des%20appareils%20aliment%C3%A9s.>

(11) : <http://chaqual.free.fr/outils/amdec/histoireamdec.html>

(12) : <https://qualite.ooreka.fr/comprendre/amdec>

(14) : <http://www.qualiteonline.com/question-44-quel-est-l-objectif-d-une-amdec.html>

(20) : <http://www.volvopenta.com>