



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 d'Electromécanique

Mémoire de Master

Spécialité : Maintenance Industriel

Sujet :

Détection des défauts et maintenance des groupes électrogènes

Présenté par :

M. Aouakli Said

M^{elle} Messaoudi Dyhia

Soutenue le : 11/07/2023

devant le jury d'examen composé de :

M. BELGAID Hocine
M^{me} BOUSSOUM Ouiza
M^{me} AMARA Karima
M. CHERABI Bilal
M. RABEHI Foudhil

MCB
MCB
Docteur
MCB

Président
Promotrice
Co-promotrice
Examineur
Invité

Remerciements

Tout d'abord, on remercie Allah le tout puissant de nous avoir donné le courage et la patience nécessaire pour que on puisse mener ce travail à son terme.

On exprime nos vifs remerciements aux membres de jury ; à *M. Hocine BELGAID* on lui exprime notre gratitude pour avoir accepté la présidence du jury ; à *M. Bilal CHERABI* qui a bien accepté d'évaluer ce travail.

Nous tenons à remercier plus particulièrement *Mme Karima AMARA*, qui nous a encadré, pour l'aide compétente qu'elle nous a apporté, pour sa patience et son encouragement. Son œil critique nous a été très précieux pour structurer et améliorer la qualité du travail effectué.

Nos remerciements sont aussi à toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce modeste travail, en particulier *Mme Ouiza BOUSSOUM*, encadreur de ce projet de fin d'études.

Enfin, il nous apparait opportun d'exprimer notre gratitude envers *M. Foudhil RABEHI* pour sa disponibilité et l'aide qu'il nous a apporté durant toute la durée de notre stage ainsi que toutes les personnes qui ont participées de près ou de loin à nos recherches et à l'élaboration de ce mémoire et qui ont eu la gentillesse de faire de ce stage un moment très profitable.

Dédicaces

Je dédie ce travail ;

*en premier lieu à mes très chers parents, sans lesquels je n'y serai
jamais ici, qui me sont d'un grand soutien par leurs
sacrifices et leurs encouragements.*

Que Dieu me les garde

*À mon frère Jugurtha, mes deux sœurs Sara et Alicia qui m'ont soutenu
durant tout mon cursus scolaire. Les mots ne suffisent
guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection
que je porte pour vous. Je vous dédie ce travail avec tous
mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.*

A ma chère grande mère Fatima.

À mon Binôme Saïd.

À tous mes chers amis

À tous ceux qui me sont chers, à vous tous

Merci.

”

MESSAOUDI dyhia

Dédicaces

Je dédie ce travail

en premier lieu à mes très chers parents, sans lesquels je n'y serai

Jamais ici, qui me sont d'un grand soutien par leurs

Sacrifices et leurs encouragements.

Que Dieu me les garde

*À mon frère Remdane, mes quatre sœurs Farida, Wassila, Farroudja et Dyhia qui m'ont
soutenu durant*

tout mon cursus scolaire. Les mots ne suffisent

guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection

que je porte pour vous. Je vous dédie ce travail avec tous

mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.

À ma Binôme Dyhia.

A toute la famille Aouakli

À tous mes chers amis

À tous ceux qui me sont chers, à vous tous

Merci.

AOUAKLI Said

Liste des figures

Figure I.1. Image d'un groupe électrogène.....	4.
Figure I.2. Image d'un moteur diesel.....	5.
Figure I.3. Image d'un moteur à essence.....	6.
Figure I.4. Image d'un moteur à vapeur.....	7.
Figure I.5. Image d'une batterie de groupe électrogène.....	8.
Figure I.6. Structure de la batterie	9.
Figure. I.7. image des symboles affichés sur une batterie.....	10.
Figure I.8. Un alternateur de groupe électrogène.....	11.
Figure I.9. Un stator.....	12.
Figure I.10. Image d'un rotor.....	13.
Figure I.11. Rotor à pole saillant.....	13.
Figure I.12. Rotor à pole lisse.....	14.
Figure I.13. Système d'alimentation combustible.....	15.
Figure I.14. Circuit de lubrification.....	16.
Figure I.15. Circuit de lubrification continu.....	17.
Figure I.16. Système de refroidissement d'un groupe électrogène.....	18.
Figure I.17. Lanceur groupe électrogène.....	19.
Figure I.18. Démarreur du moteur thermique.....	20.
Figure I.19. Une bougie de préchauffage.....	21.
Figure I.20. La carte de gestion du groupe électrogène.....	22.
Figure I.21. Régime TT.....	23.
Figure I.22. Le régime IT.....	23.
Figure I.23. Le régime TN (TN-C et TN-S).....	24.
Figure II.1. Photo de l'entreprise.....	25.
Figure II.2. Situation géographique de l'entreprise.....	26.
Figure II.3. Schéma bloc du groupe électrogène.....	29.
Figure II.4. Exemple d'une armoire électrique pour un groupe électrogène	31.
FigureII.5. Un relais électromécanique.....	31.
Figure II.6. Disjoncteur différentiel.....	32.
Figure II.7. Porte fusible.....	32.
Figure II.8. Fusible.....	33.
Figure II.9. Borniers.....	33.
Figure II.10. Chargeur de batterie.....	34.
Figure II.11. Speed control.....	34.
Figure II.12. Module de commande.....	35.
Figure II.13. L'enveloppe de l'armoire électrique.....	35.
Figure II.14. La goulotte.....	36.
Figure II.15. Le rail Omega.....	36.
Figure II.16. Exemple d'un inverseur de source.....	37.
Figure II. 17. Schéma représentant le fonctionnement d'un capteur.....	38.
Figure II.18. Capteur niveau d'huile.....	39.
Figure II.19. Capteur de température.....	39.

Figure II.20. Capteur niveau gasoil.....	40.
Figure III.1. Groupe électrogène 126 KVA.....	44.
Figure III.2. Moteur thermique SDEC.....	45.
Figure III.3. Alternateur 126 KVA.....	46.
Figure III.4. Coté génératrice, coté moteur.....	46.
Figure III.5. Moteur assemblé avec une génératrice.....	47.
Figure III.6. Armoire électrique du groupe électrogène 126 KVA.....	47.
Figure III.7. Pompe de pris chauffage de groupe électrogène.....	50.
Figure III.8. Poste de contrôle de bon d'Essai.....	60.
Figure III.9. Système de refroidissement de bon d'essai.....	60.
Figure III.10. Mano de température	61.
Figure III.11. Flotteur de gasoil.....	63.
Figure III. 12. Capteur de pression d'huile. Bouchon de carter.....	64.

Liste des tableaux

Tableau III.1. Fiche technique de notre groupe électrogène 126KVA.....	43.
Tableau III.2. Fiche technique de moteur thermique.....	44.
Tableau III.3. Fiche technique de l'alternateur.....	45.
Tableau III.4. Branchement de module de commande	48.
Tableau III.5. Branchement de chargeur de batterie.....	49.
Tableau III.6. Branchement de speed contrôle.....	49.
Tableau III.7. Branchement de l'alimentation de pompe de préchauffage.....	49.
Tableau III.8. Alarmes de danger.....	51
Tableau III.9. Alarme de problème électrique	53.
Tableau III.10.Alarme d'arrêt immédiate du groupe électrogène.....	55.

Liste des abréviations :

- GE.....groupe électrogène.
- VA..... Volt Ampère.
- KVA..... kilo Volt Ampère.
- MVA..... Méga Volt Ampère.
- H2SO4.....solution d'acide sulfurique.
- H2O.....l'eau distillée .
- PBO.....oxyde de plomb.
- FEM..... force électromotrice.
- GVA.....giga volt ampère.
- GPL..... *gaz de pétrole liquéfies.*
- LCD Liquid Crystal Display.
- LED..... *Light-emitting diode.*
- USB..... Universal Serial Bus.
- ESC.....escape.
- PVC..... PolyChlorure de Vinyle.
- DINDeutsches Institut fürNormung.
- ATSAutomatic Transfert Système.
- KWkilo watt.

Résumé

La détection des défauts dans les groupes électrogènes est essentielle pour maintenir leur fonctionnement efficace et prévenir les dysfonctionnements. Les défauts les plus courants comprennent les pannes du système de carburant, les dysfonctionnements du système de refroidissement, les fuites de carburant ou d'huile et les problèmes électriques. La détection des défauts peut être effectuée en utilisant des méthodes telles que l'analyse de l'huile, les inspections visuelles, les tests de tension et les analyses thermographiques. Les programmes de maintenance préventive peuvent également être utilisés pour détecter les défauts potentiels avant qu'ils ne deviennent un problème. Il est important d'effectuer des inspections régulières des groupes électrogènes pour détecter les défauts et résoudre les problèmes avant qu'ils ne causent des pannes coûteuses. Les professionnels de l'entretien doivent être formés pour détecter les défaillances potentielles et effectuer des réparations en temps opportun pour éviter des temps d'arrêt coûteux. En fin de compte, la détection des défauts dans les groupes électrogènes est essentielle pour garantir leur fonctionnement efficace et fiable. Les inspections régulières, les tests et les programmes de maintenance préventive sont des outils importants pour détecter les défauts et prévenir les pannes.

Abstract

Fault detection in generator sets is essential to maintain their efficient operation and prevent malfunctions. The most common faults include fuel system failures, cooling system malfunctions, fuel or oil leaks, and electrical problems. Defect detection can be carried out using methods such as oil analysis, visual inspections, tension testing and thermographic analyses. Preventive maintenance programs can also be used to detect potential defects before they become a problem. It is important to carry out regular inspections of generator sets to detect faults and resolve problems before they cause costly breakdowns. Maintenance professionals must be trained to detect potential failures and make timely repairs to avoid costly downtime. Ultimately, detecting faults in generator sets is essential to ensure they operate efficiently and reliably. Regular inspections, testing and preventative maintenance programs are important tools for detecting defects and preventing breakdowns.

ملخص

يعد اكتشاف الأخطاء في مجموعات المولدات أمرًا ضروريًا للحفاظ على كفاءة تشغيلها ومنع الأعطال. تشمل الأخطاء الأكثر شيوعًا فشل نظام الوقود، وأعطال نظام التبريد، وتسرب الوقود أو الزيت، والمشاكل الكهربائية. يمكن اكتشاف العيوب باستخدام طرق مثل تحليل الزيت والفحص البصري واختبار التوتر والتحليلات الحرارية. يمكن أيضًا استخدام برامج الصيانة الوقائية لاكتشاف العيوب المحتملة قبل أن تصبح مشكلة. من المهم إجراء عمليات فحص منتظمة لمجموعات المولدات لاكتشاف الأخطاء وحل المشكلات قبل أن تتسبب في أعطال مكلفة. يجب تدريب متخصصي الصيانة على اكتشاف الأعطال المحتملة وإجراء الإصلاحات في الوقت المناسب لتجنب فترات التوقف المكلفة. في نهاية المطاف، يعد اكتشاف الأخطاء في مجموعات المولدات أمرًا ضروريًا لضمان عملها بكفاءة وموثوقية. تعد عمليات الفحص المنتظم والاختبار وبرامج الصيانة الوقائية أدوات مهمة لاكتشاف العيوب ومنع الأعطال.

Table des matières

Introduction Générale.....	1
----------------------------	---

Chapitre 1 : Généralités sur les groupes électrogènes

1.1	Introduction	3
1.2	Définition d'un groupe électrogène.....	3
1.3	Constitution de groupe électrogène	4
1.3.1	Moteur thermique	4
1.3.1.1	Moteurs à combustion interne	4
a)	Le moteur diesel.....	5
1.3.1.2	Moteurs à combustion externe.....	6
1.3.2	I.3.2 La batterie.....	7
1.3.2.1	Définition.....	7
1.3.2.2	La structure de la batterie	8
1.3.3	Alternateur.....	10
1.3.3.1	Le stator	11
1.3.3.2	Le rotor.....	12
1.4	Equipement de base d'un groupe électrogène	14
1.4.1	Système d'alimentation combustible.....	15
1.4.2	Systèmes de lubrification	15
1.4.3	Système de refroidissement.....	18
1.4.4	Systèmes d'allumage de groupe électrogène.....	19
1.4.5	Systèmes de préchauffage	21
1.5	Cartes de gestion du groupe électrogène	21
1.6	Protection des personnes et du matériel	22
1.6.1	Les régimes TT.....	23
1.6.2	Le régime IT	23
1.6.3	Le régime TN	24
1.7	Conclusion.....	24

Chapitre 2:Présentation des différents composants d'un groupe électrogène

2.1	Introduction	25
2.2	Présentation générale de l'entreprise.....	25
2.2.1	Historique de l'entreprise	25
2.2.2	Situation géographique de l'entreprise.....	26

Sommaire

2.2.3	Les produits de l'entreprise	26
2.2.4	Les structures de l'entreprise.....	27
2.2.5	Organisation de l'entreprise	28
2.3	Schéma bloc du groupe électrogène utilisé (126KVA)	28
2.3.1	Moteur thermique	28
2.3.2	Génératrice (Alternateur).....	29
2.3.3	Système de contrôle et commande	29
2.3.4	Système de refroidissement	29
2.3.5	Batterie	29
2.3.6	Système de filtration.....	29
2.3.7	Châssis.....	29
2.4	L'Armoire Electrique	30
2.4.1	Définition.....	30
2.4.2	Les différents composants d'une armoire électrique	31
2.5	Inverseur de source.....	36
2.6	Les différents capteurs dans un groupe électrogène	37
2.6.1	Capteur niveau d'huile	38
2.6.2	Les capteurs de température	38
2.6.3	Capteur niveau gasoil	39
2.7	Consignes générales d'utilisation	40
2.7.1	Contre les risques électriques	40
2.7.2	Contre les risques d'incendie et explosions.....	40
2.7.3	Contre les risques toxiques	41
2.7.4	Contre Risque lié au bruit.....	42
2.8	Conclusion.....	42

Chapitre3: Montage et détection des défauts du groupe 126kva

3.1	Introduction	43
3.2	Présentation des différentes parties du groupe électrogène (126 KVA).....	43
3.2.1	Le groupe électrogène	43
3.2.2	Moteur thermique SDEC	44
3.2.3	L'alternateur	45
3.3	Assemblage des parties de groupe électrogène	46
3.3.1	Couplage de moteur thermique avec la génératrice.....	46
3.3.2	Alimentation des éléments de groupe électrogène	47

Sommaire

3.4	Les alarmes et les protections dans un groupe électrogène	50
3.4.1	Alarmes de danger.....	50
3.4.2	Alarmes indiqués par des problèmes électriques.....	53
3.4.3	Alarme d'arrêt immédiate du groupe électrogène	54
3.5	Les essais que nous avons fait sur le groupe électrogène et les défauts détectés :	57
3.5.1	Partie démarrage.....	57
3.5.2	Partie essayage	57
3.5.2.1	Présentation du bon d'essai	57
3.5.2.2	Le protocole à suivre avant le branchement de bon d'essai	58
3.5.2.3	Branchement de bon d'essai suivant toutes ces instructions	58
3.5.2.4	Operations au démarrage et après démarrage :.....	59
3.5.2.5	Arrêt (fin d'essai)	59
3.5.2.6	Précautions apprendre pour l'utilisation.....	59
3.5.3	Les défauts trouvés dans notre groupe :	61
3.5.3.1	Défaut d'augmentation de température	61
3.5.3.2	Défaut de manque gasoil	62
3.5.3.3	Défaut de fuite d'huile ou manque d'huile.....	63
3.5.3.4	Une masse ou niveau du bouton d'arrêt d'urgence	63
3.6	Conclusion.....	64
	Conclusion Générale	65
	Bibliographies.....	66

Introduction générale

Introduction générale

De nos jours l'énergie électrique est d'une importance capitale dans tous les domaines, car toutes les applications (industrielles ou particulières) ont un besoin permanent en énergie électrique. En conséquence chaque coupure provoque des désagréments pour l'utilisateur. La continuité et la qualité de l'énergie électrique fournie par le réseau est donc très importante surtout en ce qui concerne certaines activités car elles nécessitent une alimentation continue à chaque instant et la moindre interruption de l'alimentation met en danger la vie des êtres humains, ce qui rend la présence d'une source de secours nécessaire pour les activités.

L'interruption de l'alimentation est synonyme de pertes financières très importantes, ce qui fait que ces coupures ne seront pas admises par l'utilisateur notamment les activités qui utilisent les systèmes informatiques. Ce genre d'activités ne tolèrent pas d'interruptions quelques soit leurs durées.

Dans les sites isolés qui ne sont pas couplés au réseau de distribution de l'énergie électrique. Les groupes électrogènes représentent un des meilleurs moyens pour produire cette énergie du faite de leur modularité et leur coût. L'un des avantages est que pour leurs fonctionnement est possible en utilisant plusieurs carburants. les plus fréquents sont l'essence, le gasoil, le gaz naturel, le GPL, les biocarburants et pour les plus puissants le fuel lourd.

Le groupe électrogène peut être actionné de différentes manières : manuellement, et électriquement selon la puissance.

Le groupe électrogène délivre un courant alternatif ou continu selon le type de la machine entraînée par le moteur thermique, à savoir une dynamo pour un courant continu ou un alternateur pour un courant alternatif.

Ils sont aujourd'hui omniprésents dans de nombreux domaines d'activités, ils servent autant pour des applications domestiques que de nombreux usages professionnels dans les zones où l'accès au réseau électrique est limité. Dans les domaines de construction, ils sont largement utilisés pour alimenter les chantiers, les hôpitaux et les centres de soins, les festivals et les concerts et les événements en plein air sont également des exemples typiques d'utilisation de groupes électrogènes pour fournir de l'électricité à de nombreux équipements tel que les éclairages, les hauts parleurs... Etc. En résumé, les domaines d'utilisation des groupes électrogènes sont variés et leur utilisation est souvent indispensable dans de nombreuses situations.

La réalisation de notre projet s'est faite au sein de l'entreprise ELECTRO-INDUSTRIES son objectif est d'étudier les groupes électrogènes, notre travail est divisé en trois parties.

Dans le chapitre I, nous avons donné des généralités sur les groupes électrogènes et nous avons identifié les différentes parties d'un groupe électrogène ainsi que leurs rôles.

Dans le chapitre II, nous avons exposé les différents blocs du groupe électrogène utilisé dans la pratique (notre étude) au sein d'ELECTRO-INDUSTRIES. Puis nous avons défini les différents composants de l'armoire et de l'inverseur électriques et les différents capteurs utilisés dans le groupe.

Dans le chapitre III, nous avons exposé la partie pratique de notre projet nous avons détaillé les assemblages, les liaisons et le câblage de toutes les parties du groupe électrogène ainsi que sa fiche technique. Ensuite nous avons présenté les alarmes affichées sur le module de commande et leurs significations, des testes ont été réalisés sur un groupe monté au complet sur un bon d'essai nous avons pu détecté les principaux défauts qui peuvent survenir dans un groupe électrogène, nous avons fini par proposer quelques solutions fiables pour ces différents défauts.

Chapitre 1 :
Généralités sur les groupes
électrogènes

1.1 Introduction

Le groupe électrogènes existent depuis la fin de 19^{ème} siècle lorsque les premiers générateurs ont été utilisés pour produire de l'énergie électrique les premiers groupes électrogènes étaient alimentés par des moteurs à vapeur.

Après l'apparence de moteur diesel un premier groupe diesel a été conçu et développé par l'ingénieur allemand Rudolf diesel en 1892[1]. Le premier prototype a été construit en 1897 [2]et était capable de produire une puissance de 25 chevaux, le groupe diesel initial était conçu pour fonctionner avec de l'huile végétale, mais il a été rapidement adapté pour fonctionner avec du pétrole brut après un bon temps le groupe diesel a été mis à coté à cause du bruit et la pollution la société Américaine FORD a sorti le premier groupe essence en 1908[3]. Cependant il a fallu attendre l'ère de production de masse des voitures pour que la production de groupes électrogènes à essence devienne une industrie prospère.

Dans les années 1920[4], les groupes électrogènes à essence étaient principalement utilisés pour produire d'électricité, dans les années 1960[4], les groupes électrogènes ont commencé à devenir entièrement automatisés, avec des systèmes de régulation de la vitesse de l'ampérage et de la tension pour garantir une alimentation électrique stable et fiable. Au fil des années, des fonctionnalités telles que la capacité à redémarrer automatiquement en cas de panne de courant ont été ajoutées ce qui a considérablement amélioré leur fiabilité.

Aujourd'hui, les groupes électrogènes sont des équipements essentiels pour de nombreuses entreprises, industries et institutions, offrant une alimentation de secours en cas de coupure de courant. Les technologies continuent de se développer, avec des groupes électrogènes alimentés par des sources d'énergie plus propres et plus durables, ainsi que des systèmes automatisés encore plus sophistiqués. Le développement des groupes électrogènes a suivi une trajectoire passionnante, en amenant des innovations et des fonctionnalités toujours plus avancées pour répondre aux besoins énergétiques en constane évolution de notre société.

1.2 Définition d'un groupe électrogène

Un groupe électrogène est un dispositif autonome capable de produire de l'électricité. La plupart des groupes électrogènes sont constitués d'un moteur thermique qui entraîne un alternateur. La puissance d'un groupe électrogène s'exprime en VA (Volt Ampère), KVA (kilo

Volt Ampère), ou MVA (Méga Volt Ampère)[5]. Leur taille et leur poids peuvent varier de quelques kilogrammes à plusieurs dizaines de tonnes. Le groupe électrogène permet d'atteindre des puissances et des durées de fonctionnement importantes. Dans l'industrie notamment, ils permettent d'assurer la continuité de la production (voir figure I.1)[6].



Figure I.1. Image d'un groupe électrogène[7].

1.3 Constitution de groupe électrogène

1.3.1 Moteur thermique

Les moteurs thermiques ont pour rôle de transformer l'énergie thermique en énergie mécanique. Ils sont appelés les moteurs à combustion et ils se divisent en 2 types [5].

1.3.1.1 Moteurs à combustion interne

La chaleur est produite par une combustion dans une chambre à volume variable et elle est utilisée pour augmenter la pression au sein d'un gaz qui remplit cette chambre (ce gaz est d'ailleurs initialement composé du combustible et du comburant). Cette augmentation de pression se traduit par une force exercée sur un piston, force qui transforme le mouvement de

translation du piston en mouvement de rotation d'arbre (vilebrequin). Dans ce type, se moteur on trouve deux modèles le moteur diesel et le moteur à essence.

a) Le moteur diesel

Il fonctionne grâce à la compression de l'air à l'intérieur du cylindre, ce qui produit une chaleur importante, lorsque le carburant (gasoil) est injecté dans l'air chaud comprimé, il s'enflamme spontanément, ce qui provoque une explosion contrôlée qui pousse le piston et génère de l'énergie. Ce moteur est plus efficace que le moteur à essence car il utilise moins de carburant pour fournir la même puissance en outre, il est souvent plus résistant et plus durable que les autres types de moteurs, ce qui le rend populaire pour les camions, les bateaux, les trains et les générateurs d'électricité.

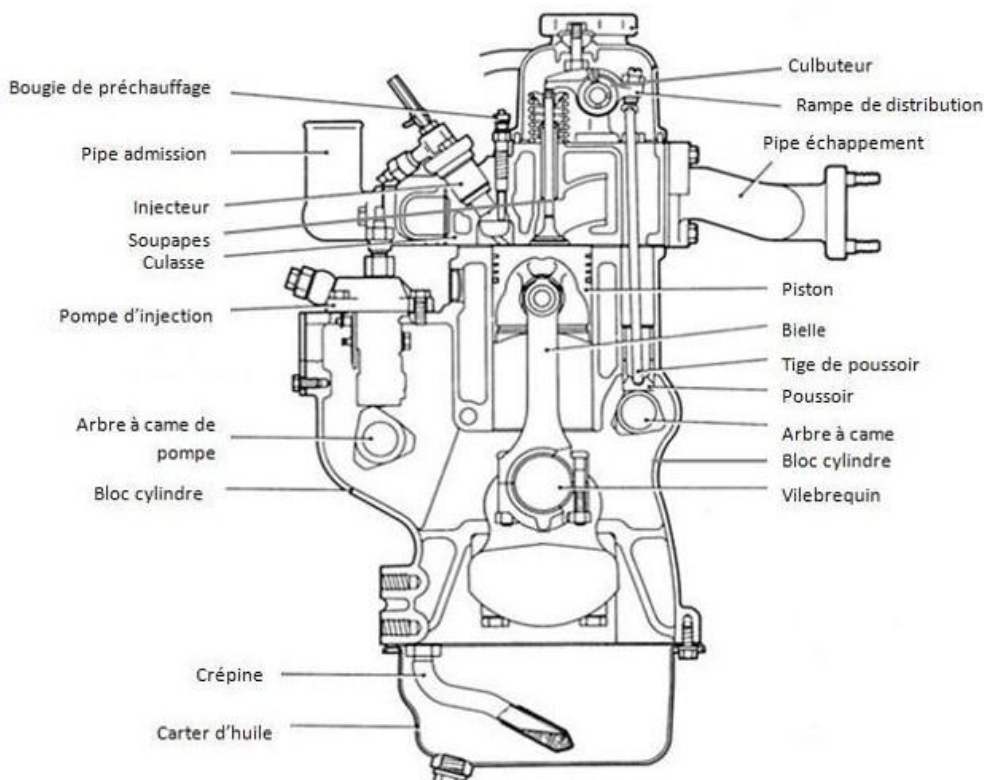


Figure I.2. Image d'un moteur diesel [8]

b) Moteur à essence

Le moteur à essence est un type de moteur à combustion interne qui utilise de l'essence comme carburant principale. Il est composé de plusieurs parties, notamment un cylindre, un piston, une bougie d'allumage et un système d'admission et de combustion. L'essence est aspirée dans le cylindre, mélangée à de l'air et allumée par une étincelle de la bougie

d'allumage, produisant une explosion qui déplace le piston vers le bas créant de l'énergie et de la puissance, ce processus se répète plusieurs fois par seconde, les motos, les petits générateurs d'électricités.

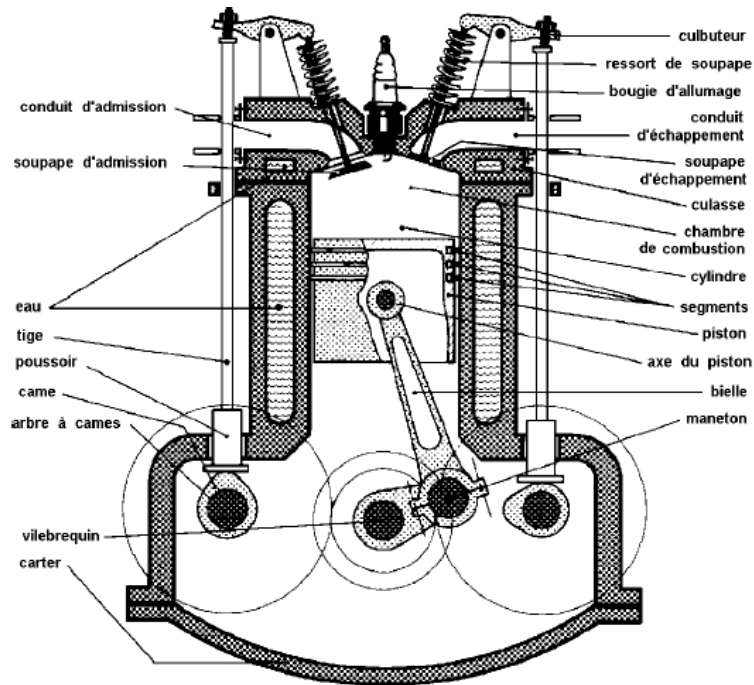


Figure I.3. Image d'un moteur à essence.[8]

c) La différence entre un moteur à essence et un moteur diesel

Le combustible dans le moteur à essence fait une combustion à l'aide des étincelles fournées par une bougie hors que dans le moteur diesel il y a ce qu'on appelle une auto allumage dont on a besoin juste d'une bougie de pris chauffage pour atteindre une température avec laquelle l'air comprimé va assurer une bonne explosion avec le gasoil. Le moteur diesel est le plus lourd par rapport au moteur essence par ce que le moteur à essence fait une combustion et le moteur diesel fait une explosion.

1.3.1.2 Moteurs à combustion externe

La chaleur est produite dans une chambre de combustion (chaudière) séparée de la chambre de détente. Cette chaleur est utilisée pour vaporiser l'eau. La vapeur de l'eau obtenue par cette vaporisation est alors envoyée dans la chambre de détente (cylindre) où elle actionne un piston. Un système bielle manivelle permet alors de récupérer l'énergie mécanique ainsi produite en l'adaptant aux besoins. L'eau qui est fournie à l'évaporateur est transformée en vapeur de l'eau par rapport de la chaleur. Ce gaz (vapeur de l'eau sous pression) est distribué

vers le piston où il fournit du travail qui sera utilisé par le système bielle manivelle. Les distributeurs permettent de mettre chaque face du piston alternativement à l'admission ou à l'échappement.

a) **Moteur à vapeur**

Il s'agit d'un moteur dit à combustion externe qui fonctionne grâce à la vapeur de l'eau générée à partir d'une ou de plusieurs chaudières. Cette vapeur également appelée énergie thermique, subit une conversion en énergie mécanique. Il s'agissait d'une invention révolutionnaire qui permettait de faire mouvoir un engrenage sans solliciter la force de motricité humaine.

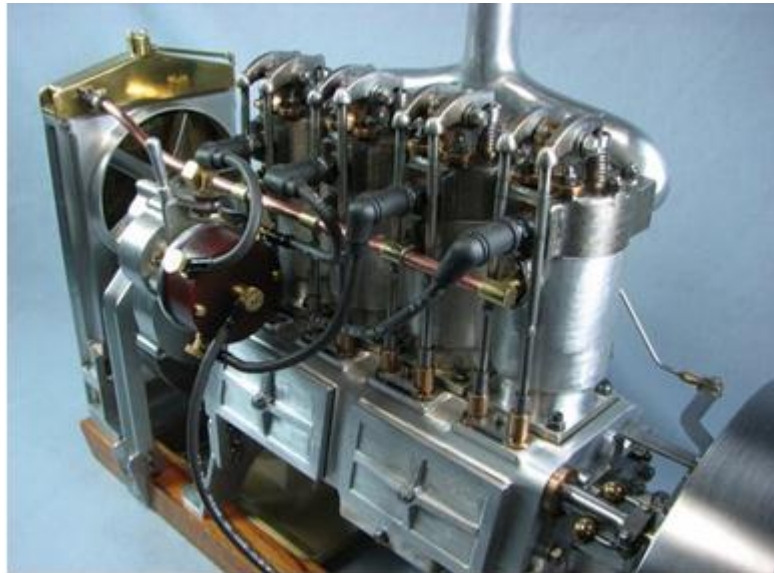


Figure I.4. Image d'un moteur à vapeur[9].

1.3.2 La batterie

1.3.2.1 Définition

La batterie est un accumulateur d'électricité dont la fonction première est de délivrer une intensité suffisante au démarreur pour lancer le moteur à combustion interne. À l'arrêt, elle alimente également certains consommateurs permanents et permet d'utiliser des accessoires comme le ventilateur de refroidissement. Elle est rechargée par l'alternateur, qui fournit en outre l'électricité nécessaire à l'ensemble du groupe. En conditions ponctuelles de forte consommation électrique, la batterie épaulé l'action de l'alternateur en délivrant un complément d'énergie pour le fonctionnement de tous les accessoires sollicités[10].



Figure I.5. Image d'une batterie de groupe électrogène [11].

1.3.2.2 La structure de la batterie

Un accumulateur électrique (batterie) se définit comme appareil capable de stocker de l'énergie électrique sous forme d'énergie chimique et de la restituer lorsque cela nécessaire. L'élément de base d'une batterie au plomb est la cellule (accumulateur), qui est un bac en polypropylène. La cellule contient une solution d'acide sulfurique (H_2SO_4) et de l'eau distillée (H_2O) dans les proportions suivantes : 1/5, dans laquelle sont plongées les plaques positives et négatives (électrodes) séparées par des diaphragmes poreux (séparateurs). Les plaques sont constituées d'oxyde de plomb (PBO) rendu très poreux afin d'améliorer le fonctionnement électrochimique de la batterie. Ces éléments, placés dans un caisson métallique protégé à l'intérieur par un matériau isolant et résistant à l'acide, constituent la batterie au plomb pour traction pouvant regrouper un nombre variable d'accumulateurs (6, 12, 18, 20, 36, 40), nombre qui dépend des caractéristiques du chariot qu'elle devra équiper. [10]

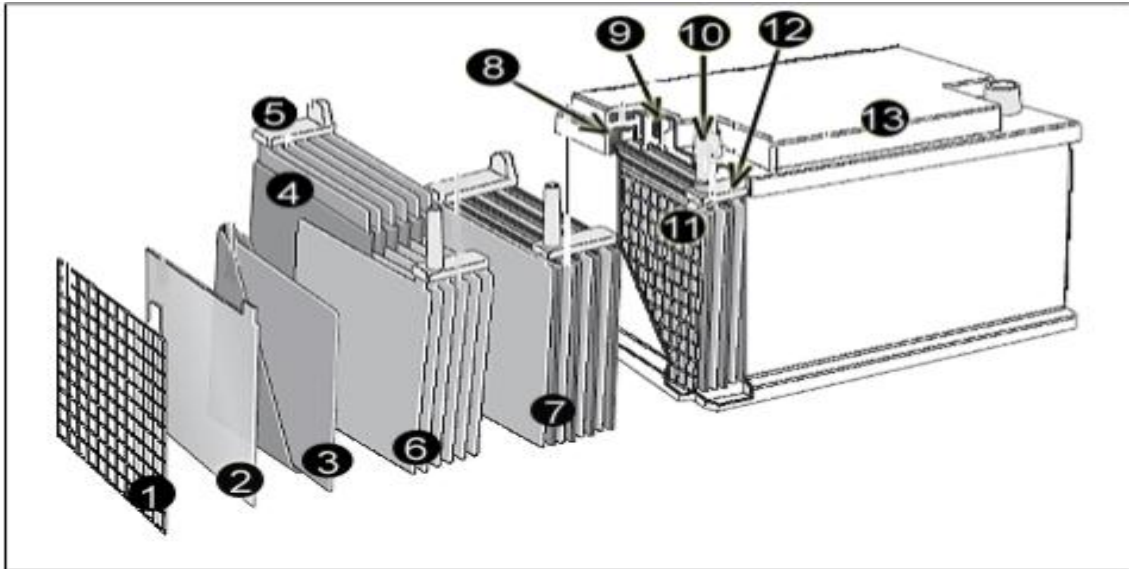


Figure I.6. Structure de la batterie [10]

Avec :

1. Grille réticulaire de soutien du matériau actif des plaques.
2. Plaque négative – anode (-).
3. Plaque positive – cathode (+) – insérée dans une enveloppe de séparation afin d'éviter les court-circuités latéraux et sur le fond.
4. Groupe de plaques positives avec l'enveloppe de séparation.
5. Fil pour relier les plaques en parallèle et les groupes de plaques en série entre elles pour obtenir la tension désirée de la batterie.
6. Série de plaques négatives.
7. Groupe de plaques négatives et positives.
8. Canal central de dissipation du gaz.
9. Bouchon de fermeture avec joint torique, ainsi l'humidité et la vapeur de l'acide ne vont pas vers le haut.
10. Passant du pôle étanche de l'électrolyte.
11. Cellule sans prismes (espace utilisé pour les sédiments).
12. Connexion intercellulaire réalisée avec le même matériau que le fil.
13. Poignée rabattable.

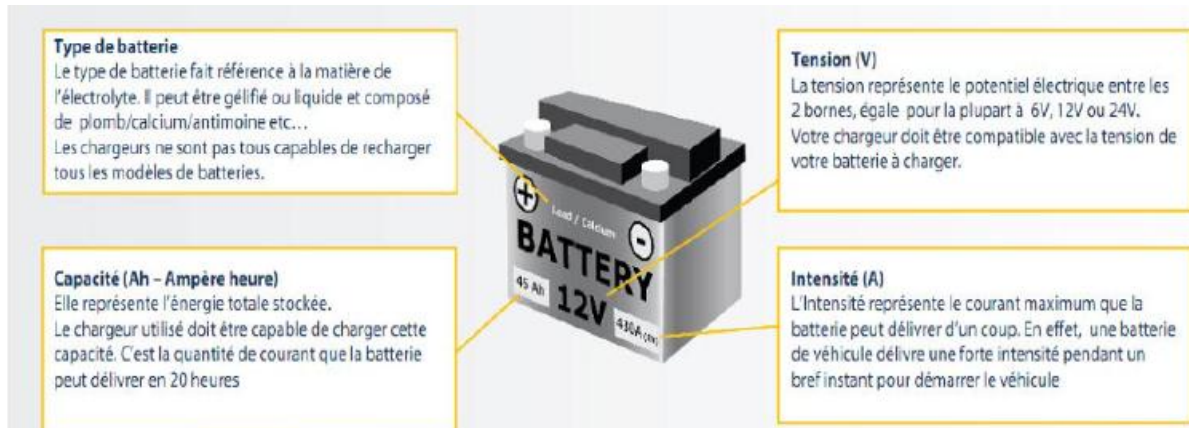


Figure. I.7. image des symboles affichés sur une batterie[12].

1.3.3 Alternateur

On nomme alternateurs, les générateurs de courant alternatif. La plupart sont des machines très puissantes en service dans les centrales thermiques ou hydrauliques. Les FEM alternatives sont produits par induction, c'est-à-dire par déplacement relatif d'un circuit induit par rapport à un circuit inducteur. Un courant continu passe dans les bobines de l'inducteur et aimante les pôles. Les lignes d'induction sortent par chaque pôle nord, traversent l'entrefer entre les pièces polaires et le stator, puis bifurquent à gauche et à droite pour passer dans les deux pôles sud voisins après avoir traversé une seconde fois l'entrefer. Actuellement, pour les alternateurs de grande puissance, l'induit est fixe et l'inducteur mobile. Deux formes sont adoptés : les alternateurs à pôles inducteurs saillants, dont la vitesse est relativement lente, sont entraînés par des turbines hydrauliques, des moteurs à gaz ou diesel ; les turbo-alternateurs à inducteurs lisses, sont accouplés à des turbines à vapeur ou hydrauliques tournant à grande vitesse. Certains alternateurs de petite puissance ont un inducteur fixe et un induit mobile, notamment ceux utilisés en bout d'arbre comme excitatrice. Un alternateur est composé d'un ensemble composé du stator et du rotor.[13]



Figure I.8. Un alternateur de groupe électrogène[14].

1.3.3.1 Le stator

C'est un circuit magnétique constitué par un empilage de tôles en forme de couronne, isolées les unes des autres pour limiter les courants de Foucault. L'ensemble des couronnes avec leur isolation est fortement serré, il constitue le circuit magnétique du stator. Dans sa partie intérieure, le circuit magnétique comporte des encoches uniformément réparties dans lesquelles vient se loger l'enroulement triphasé du stator. Le circuit magnétique du stator est en fer afin d'augmenter le champ magnétique engendré par le rotor, il supporte le bobinage du stator. Le bobinage d'un stator triphasé comprend trois bobines décalées l'une par rapport à l'autre de 120° . Les deux extrémités de l'enroulement aboutissent chacune à une borne à la plaque de bornes de la machine. Elles constituent l'entrée et la sortie de l'enroulement. Elles ne sont pas connectées ensemble : l'enroulement est ouvert. C'est à l'utilisateur de réaliser le couplage. Parce que l'induit est fixe, on peut isoler fortement ses conducteurs ; aussi, construit-on des alternateurs qui produisent des f.é.m. atteignant jusqu'à 15 000 volts.[13]

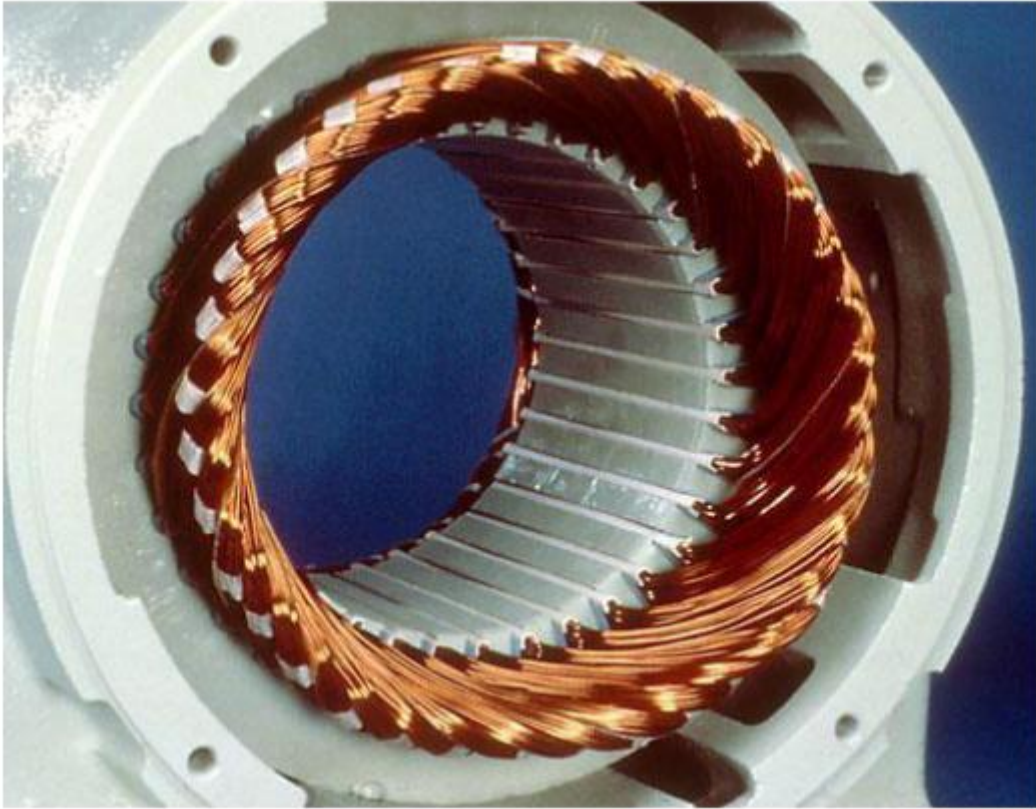


Figure I.9. Un stator[15]

1.3.3.2 Le rotor

Le rotor qui tourne à l'intérieur du stator immobile. Le rotor porte, dans les encoches disposées à sa périphérie, un enroulement parcouru par un courant continu. Le courant continu provient du système d'excitation, le rotor excité, en tournant, produit un champ tournant avec lui. Ce champ tournant engendre des forces électromotrices dans chacune des phases de l'enroulement du stator. Les pôles sont alternativement nord et sud ; leur nombre total ($2 \cdot p$) est toujours pair. Certains rotors n'ont que 4 pôles, il en est qui en possèdent plusieurs dizaines. Si les différentes phases du stator sont fermées sur un circuit extérieur, elles sont parcourues par des courants alternatifs. L'ensemble de ces courants produit un champ tournant dans le même sens et à la même vitesse que le rotor. Le champ du rotor est proportionnel au courant d'excitation ; le champ du stator est proportionnel au courant I dans les phases de l'enroulement du stator[13].



Figure I.10. Image d'un rotor [16].

a) Type de rotor

Il existe deux types : le rotor à pôle saillant et rotor à pôle lisse.

- **Rotor à pôle saillant**

L'alternateur avec rotor à pôle saillant est utilisé dans les applications 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 contraire entre deux pôles voisins. Ce type d'alternateur dont la puissance varie de 1 MVA à 250 MVA équipe la plupart des centrales hydrauliques, les groupe de secoure des administrations et des navires[5].

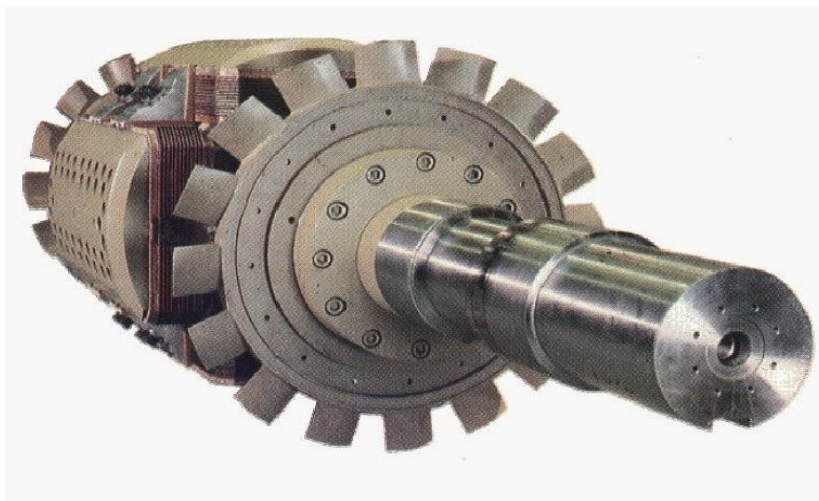


Figure I.11. rotor à pôle saillant[5].

- **Rotor à pole lisse**

Les rotors à pôle lisse comme celui apparaissant dans la Figure I.12, sont conçus pour les alternateurs tournant à hautes vitesses. Comme vous pouvez le constater sur la Figure I.12 suivante, leurs forme est cylindrique ; les bobines d'excitation s'insèrent 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 plus part des centrales thermiques classiques et nucléaires[13].

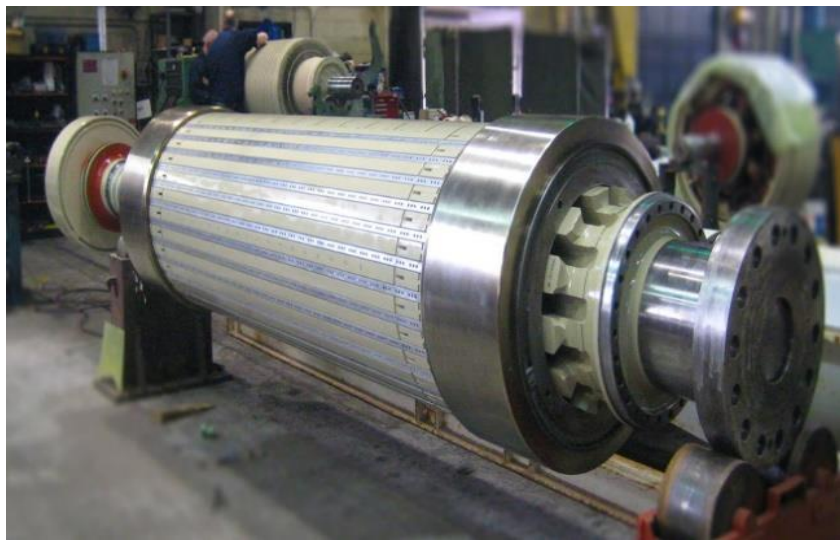


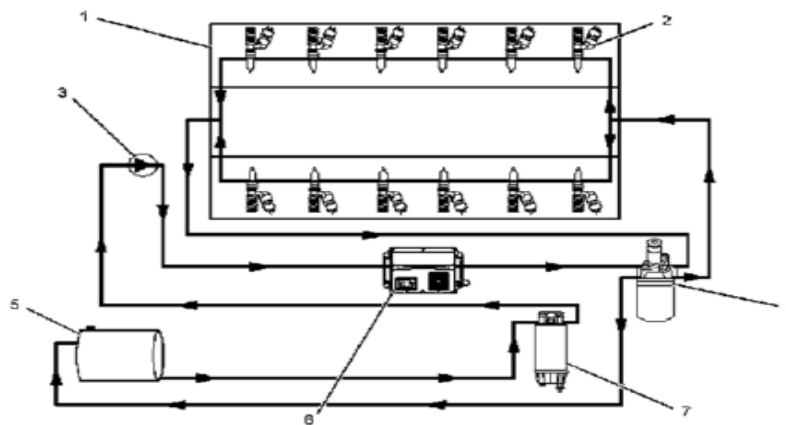
Figure I.12. rotor à pole lisse [5].

1.4 Equipement de base d'un groupe électrogène

Le groupe électrogène est doté d'un moteur thermique qui fonctionne à l'essence, au fioul (diesel), au GPL, au gaz naturel ou les biocarburants. Il tourne à une vitesse fixe par l'intermédiaire d'une dynamo (courant continu) ou d'un alternateur (courant alternatif). Cette installation convertit l'énergie en électricité. Pour le fonctionnement d'un groupe électrogène ou d'un alternateur, il est nécessaire de réguler la vitesse du moteur ainsi que la tension de l'alternateur. De plus, deux-là doivent être munis d'un ensemble de capteurs de sécurité. Ils sont aussi équipés d'un système de gestion de démarrage manuel ou automatique électrique ou grâce à de l'air comprimé (selon la puissance)[17].

1.4.1 Système d'alimentation en combustible

L'alimentation en combustible d'un groupe électrogène est assurée à partir d'un réservoir journalier alimenté depuis un réservoir de stockage principal dimensionné en fonction de l'application et de la puissance du groupe. Le remplissage du réservoir journalier, de capacité limitée à 500 litres, si elle est installée dans le même local que le groupe, elle est normalement assuré de façon automatique par une pompe de transfert commandée par des niveaux de contacts haut et bas. 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[5].



FigureI.13. Système d'alimentation combustible[18]

1. Culasse.
2. injecteur d'unité.
3. la pompe de transfert de carburant.
4. filtre à carburant secondaire et d'amorçage de la pompe.
5. Réservoir de carburant.
6. Module de commande électronique (ECM).
7. filtre à carburant primaire et séparateur d'eau [6].
8. Pompe d'injection

1.4.2 Systèmes de lubrification

Le circuit de lubrification permet d'abord d'assurer le graissage du moteur mais également d'assurer le refroidissement des pièces en mouvement (pistons). L'huile est refroidie dans un échangeur Huile/Eau. Pour permettre la prise en charge rapide du groupe, certains constructeurs prévoient la mise en œuvre d'un système de pré graissage pouvant être

cyclique ou permanent. Ce dispositif de pré graissage peut également être couplé avec un système de préchauffage de l'huile.

L'huile présente dans le carter est aspiré par la pompe à l'huile (entraîner par le moteur via une courroie), le lubrifiant passe alors par un filtre afin de retenir toute particule qui pourrait s'y trouver. Ensuite, des conduites/cavité dans le haut du moteur/cylindre/culasse permettent à l'huile d'être dirigé vers les endroits qui nécessitent d'être lubrifiés. Ces conduites sont internes à ces pièces et ne peuvent donc pas être vu de l'extérieur. Les principales pièces qui doivent être lubrifiés sont : le vilebrequin (ses enroulements), l'arbre à cames, les soupapes, l'éventuelle turbo (roulement de l'axe), les bielles et les pistons[19].

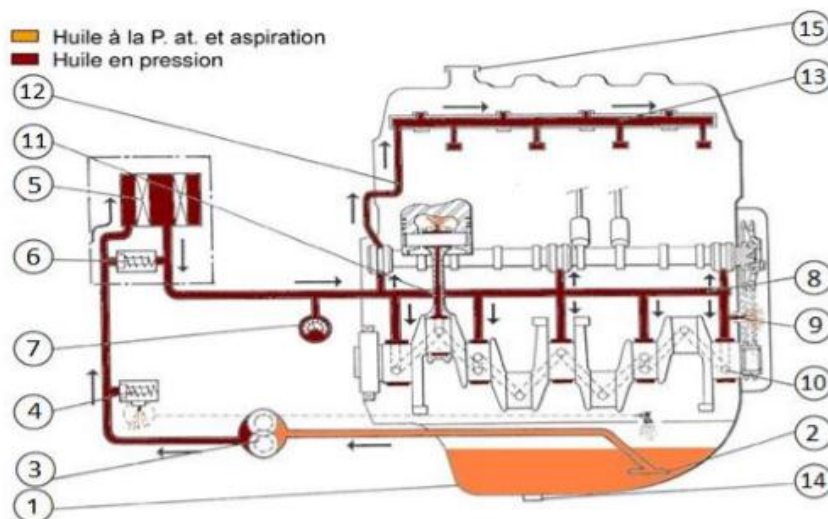


Figure I.14. Circuit de lubrification[19].

1. Carter inferieur d'huile.
2. Crépine d'aspiration.
3. Pompe à l'huile.
4. Clapet de décharge.
5. Filtre à l'huile.
6. Clapet de sécurité.
7. Manomètre de pression d'huile.
8. Rampe principale.
9. Gicleur graissage de chaine.
10. Conduite de graissage vilebrequin.
11. Graissage axe piston.
12. Montée d'huile à la culasse.
13. Rampe de culbuteurs.
14. Bouchon de vidange.
15. Bouchon de remplissage.

On distingue plusieurs modes de lubrification, on cite la lubrification continue et la lubrification ponctuelle :

a) Lubrification continue

Elle touche tous les mécanismes en mouvement, elle est constituée d'un système de conduites qui amène, par l'intermédiaire d'une pompe, le lubrifiant vers les divers organes à lubrifier. Le lubrifiant retourne au bac pour y être réfrigéré puis remonte en traversant un filtre qui retient les impuretés[6].

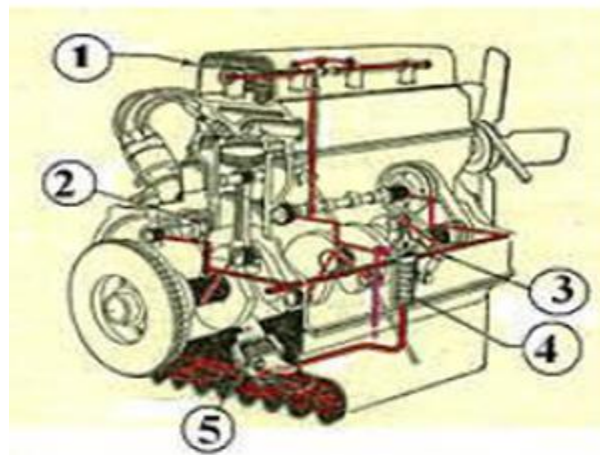


Figure I.15.Circuit de lubrification continu[18].

1. culbuteurs
2. Arbre a cames
3. Vilebrequin
4. Filtre
5. Pompe

b) Lubrification ponctuelle

Cette méthode consiste à mettre le lubrifiant avant le mouvement ou durant le mouvement .Cela peut se faire de manière manuelle, par exemple en déposant des gouttes d'huile avec une burette, en plaçant de la graisse avec les doigts (si celle-ci n'est pas toxique), ou bien en appliquant le lubrifiant avec un pinceau[6].

1.4.3 Système de refroidissement

Lors de son fonctionnement, le groupe électrogène consomme du carburant et produit de l'énergie. Les groupes électrogènes actuels ont un rendement souvent bien inférieur à 50% par rapport à la valeur calorifique du carburant. C'est-à-dire que lors de sa combustion, la moitié du carburant est convertie en énergie électrique tandis que l'autre est convertie en chaleur qui arrive jusqu'à l'ordre de 2000°C. Lors de sa transformation, le carburant chauffe le groupe et l'augmentation de température qui en résulte peut entraîner :

- Une surconsommation de carburant par le groupe.
- Une baisse de son rendement.
- La destruction du moteur si l'échauffement est excessif

Ainsi, l'installation d'un système de refroidissement pour le groupe électrogène est nécessaire, afin d'éviter l'échauffement du système. Le système de refroidissement comprend :

- Le radiateur
- La pompe qui entraine le liquide de refroidissement
- Le vase d'expansion
- Le thermostat
- Le ventilateur
- Le liquide de refroidissement (eau + additif)[5].

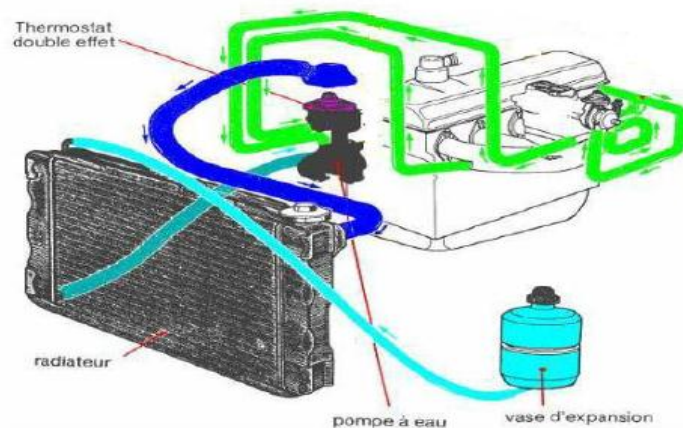


Figure I.16. Système de refroidissement d'un groupe électrogène[12].

1.4.4 Systèmes d'allumage de groupe électrogène

Le système de démarrage d'un groupe électrogène peut être soit démarrage direct (démarrage classique), démarrage électrique ou démarrage automatique, et dans certain cas, il est possible de démarrer le groupe avec deux types de démarrage pour des raisons de sécurité et de fiabilités.

a) Allumage direct

Le démarrage direct ou démarrage par lanceur du moteur du groupe électrogène est un système compact et léger qui ne nécessite aucune autre énergie que celle du bras qui l'actionne. Sur un groupe électrogène autonome, le démarrage par lanceur est la solution la plus évidente pour pouvoir l'utiliser sans aucune contrainte. Ce type de démarrage dépend de l'énergie et la puissance du groupe électrogène. Le lanceur est donc composé de :

- La poignée qui sert à saisir fermement le cardon.
- Le cardon enroulé autour de la poulie qui entraîne sa rotation.
- La poulie autour de laquelle est entouré le cardon.
- Les cliquets qui embrayent la poulie pour le lancement et la débrayent dès que le moteur est en route[6].

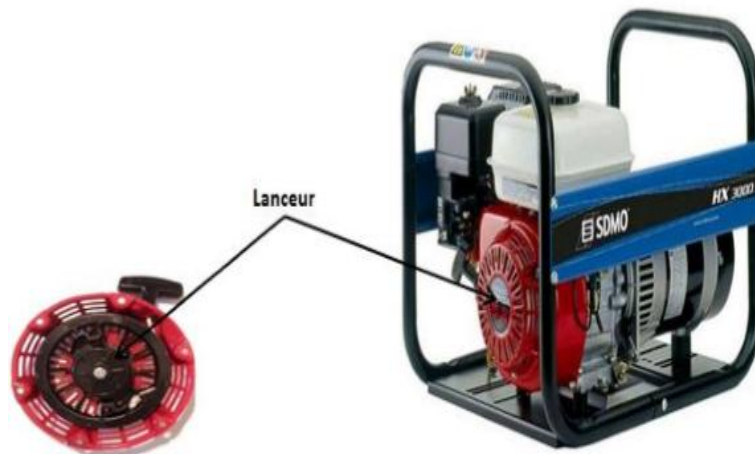


Figure I. 17. Lanceur groupe électrogène[20].

b) Démarrage électrique

Sur les groupes électrogènes de fortes puissances le démarrage manuel est quasiment impossible à cause du nombre de cylindres qui est vraiment important. C'est la raison pour laquelle on fait appel à un démarrage électrique. Le démarrage électrique est assuré par le démarreur. Les démarreurs ont pratiquement tous le même mode de fonctionnement, mais

leurs constructions diffèrent un peu les unes des autres, Généralement les démarreurs sont constitués d'un moteur électrique (moteur à courant continu), solénoïde et un lanceur[19].

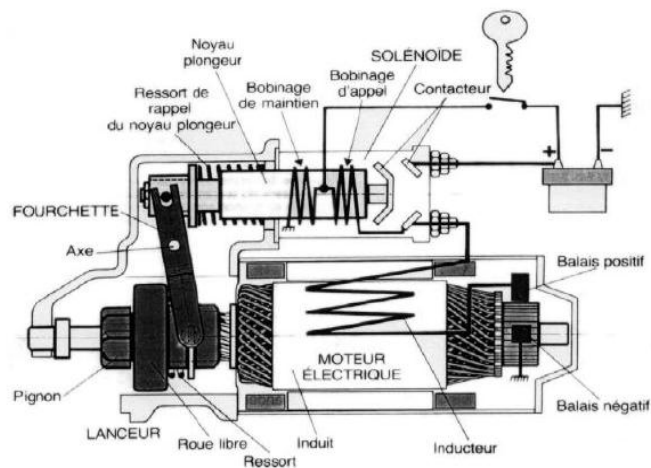


Figure I.18. Démarreur du moteur thermique[20].

c) Démarrage pneumatique

Il existe deux systèmes de démarrage pneumatique :

- Système pneumatique à turbine suivant le même principe que le démarreur électrique et fonctionnant avec une pression d'air 7 à 10 bar.
- Système de démarrage par injection d'air comprimé dans les cylindres sous une pression d'air comprise entre 20 et 30 bar, cet air comprimé assure la mise en rotation du groupe par action sur les pistons du moteur[19].

d) Démarrage automatique

Le démarrage automatique d'un groupe électrogène est d'abord un démarrage électrique, mais avec un dispositif supplémentaire qui est l'inverseur de source automatique. Ce dernier permet de détecter un défaut sur le réseau. Il démarre automatiquement le groupe, et assure la commutation sans intervention humaine. Il détecte également le retour du réseau et arrête le groupe automatiquement. Le démarrage automatique peut être adapté sur tout groupe électrogène à démarrage électrique. Sur le groupe maison, c'est un confort supplémentaire bien appréciable. Pour les hôpitaux, centres de traitement d'urgences et postes stratégiques, c'est une nécessité[19].

1.4.5 Systèmes de préchauffage

Les bougies de préchauffage sont obligatoires pour démarrer un moteur diesel. Elles permettent de chauffer la chambre de combustion au niveau de chaque cylindre pour enflammer le gasoil. Le démarrage à froid est difficile car la température d'auto inflammation du gasoil risque de ne pas être atteinte. Pour atteindre la température d'auto inflammation dans un cylindre dans ces conditions il faut une énergie minimale de 3 600 Joules délivrée par la bougie de préchauffage[21].

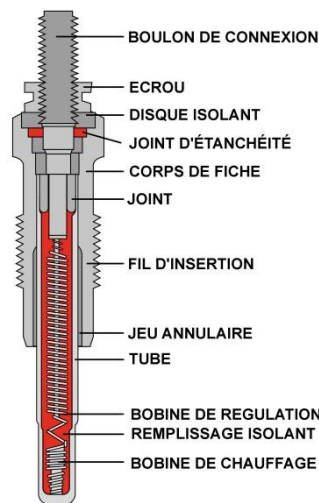


Figure I.19. Une bougie de préchauffage.[21]

1.5 Cartes de gestion du groupe électrogène

Le coffret de commande et de surveillance est un dispositif électronique. Ce dispositif est généralement équipé d'un voltmètre et un ampèremètre pour mesurer les grandeurs électriques, un dispositif pour mesurer la température du groupe et du liquide de refroidissement, un afficheur LCD et des LED pour signaler les anomalies dans le groupe, des boutons marche/arrêt, un bouton d'arrêt d'urgence et un sélecteur pour sélectionner le mode ou le type de démarrage. Le coffre de contrôle et de surveillance permet à l'utilisateur de contrôler les groupes électrogènes et visualiser les anomalies relatives à son fonctionnement et faire son entretien[6].

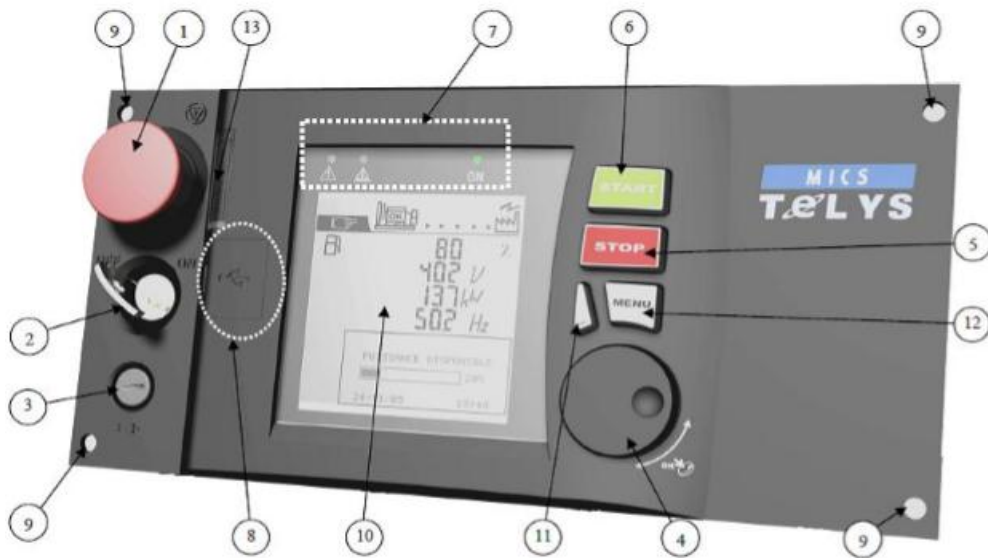


Figure I.20. La carte de gestion du groupe électrogène[15].

1. Bouton d'arrêt d'urgence permettant d'arrêter le groupe électrogène en cas de problème susceptible de mettre en danger la sécurité des personnes et des biens
2. Commutateur à clé de mise sous / hors tension du module
3. Fusible de protection de la carte électronique
4. Molette de défilement et de validation permettant le défilement des menus et des écrans avec validation par simple pression sur la molette
5. Bouton STOP permettant sur une impulsion d'arrêter le groupe électrogène
6. Bouton START permettant sur une impulsion de démarrer le groupe électrogène
7. LEDs de mise sous tension et de synthèse des alarmes et défauts
8. Emplacement des ports USB
9. Vis de fixation
10. Ecran LCD pour la visualisation des alarmes et défauts, états de fonctionnement, grandeurs électriques et mécaniques
11. Bouton ESC : retour à la sélection précédente et fonction RESET de défaut
12. Bouton MENU permettant l'accès aux menus
13. Eclairage du bouton d'arrêt d'urgence.

1.6 Protection des personnes et du matériel

Comme toutes les installations électriques, les groupes électrogènes nécessitent une protection, pour les utilisateurs et le matériel. Généralement les régimes de protections utilisés pour les groupes électrogènes sont : les régimes TT IT et TN avec un disjoncteur différentiel.

1.6.1 Les régimes TT

Le neutre de l'alternateur est relié à la terre et les masses des équipements sont raccordés à la terre. Dans une telle installation, il est nécessaire d'utiliser un dispositif différentiel pour assurer la coupure automatique de l'alimentation en cas d'apparition de défaut[19].

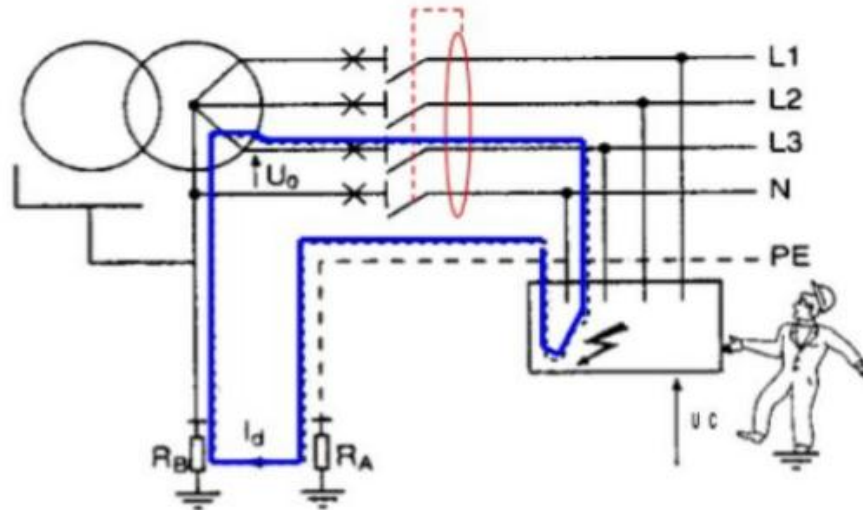


Figure I.21. Régime TT[20].

1.6.2 Le régime IT

Dans ce cas le neutre est isolé de la terre ou relié à la terre avec une impédance élevée, et les masses sont reliées à une prise de terre. Un premier défaut n'est pas dangereux, mais il doit être recherché et éliminé. Au deuxième défaut, il faut impérativement le circuit en défaut[19].

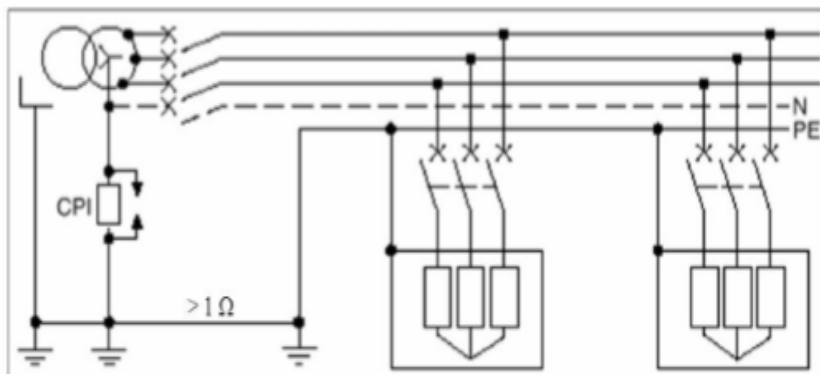


Figure I.22. Le régime IT[20].

1.6.3 Le régime TN

Il existe deux régimes TN :

- **Régime TNC** : le neutre N et le conducteur de protection PE sont confondu PEN sur le schéma. Ce régime est introduit pour des sections de câble inférieur à 10 mm^2 , en effet la tension entre les extrémités du conducteur de protection doit rester aussi faible que possible.
- **Régime TNS** : Le neutre N et le conducteur de protection PE sont séparés. Il faut des appareils tripolaire plus neutre, il est a noté que dans les deux cas du régime TN, la protection doit être assurée par coupure au premier défaut.[19]

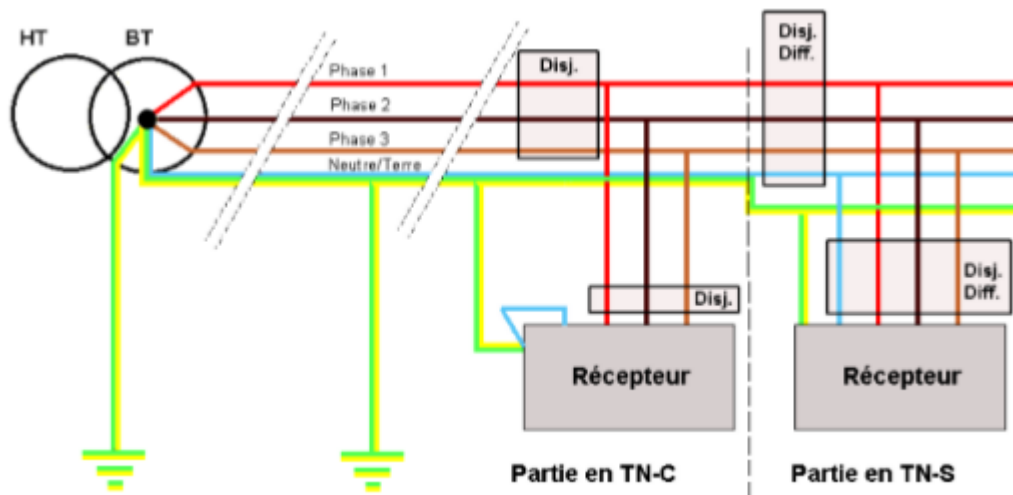


Figure I.23. Le régime TN (TN-C et TN-S)[20].

1.7 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons pu identifier les différentes parties d'un groupe électrogène et leurs rôles, nous avons pu acquérir des informations nécessaires pour pouvoir contribuer à sa conception et sa réparation en cas des défaillances. Dans ce qui suit, nous allons présenter le groupe électrogène 126 KVA que nous allons utiliser dans notre étude.

Chapitre 2:
Présentation des différents
composants d'un groupe
électrogène

2.1 Introduction

Les groupes électrogènes sont des dispositifs autonomes capables de produire de l'électricité lors d'une coupure. Dans l'industrie notamment, ils permettent d'assurer la continuité de la production. La majorité des groupes électrogènes se compose d'un moteur thermique qui entraîne un alternateur permettant ainsi de produire de l'énergie électrique[6].

2.2 Présentation générale de l'entreprise

L'entreprise ELECTRO-INDUSTRIE est spécialisée dans la fabrication et la commercialisation des transformateurs de distribution, moteurs électriques monophasés et triphasés, et groupe électrogène. L'usine est un leader en Algérie dans le domaine.



Figure II.1. Photo de l'entreprise[22].

2.2.1 Historique de l'entreprise

L'électro-industrie est issue de la réorganisation du secteur industriel opéré en Algérie entre 1980 et 2000 qui a conduit en 1999 à la restructuration de l'ancienne ENEL (Entreprise Nationale des industries Electrotechnique) en un certain nombre d'EPE/SPA, parmi lesquelles figure électro-industrie[22].

L'usine a été réalisée dans le cadre d'un contrat produit en main avec des partenaires allemands, en l'occurrence, SIEMENS pour le produit et FRITZWAENER pour l'engineering

et la construction, l'infrastructure est réalisée par l'entreprise algérienne ECOTEC, COSIDER et BATIMETAL[22].

- Entrée en production
 1. Secteur transformateur 1985.
 2. Secteur moteur / alternateur 1986.
 3. Ces produits sont fabriqués sous licence SIEMENS jusqu'en 1992.

- Évolution à 1998
 1. Extension des capacités de production de transformateur de 1500 à 5000 unités/an (1991)
 2. Développement de la gamme de moteurs monophasés
 3. Développement de moteurs destinés à la climatisation
 4. Extension verticale de la gamme de transformateurs (2000 kVa)
 5. Extension horizontale de la gamme du moteur en types et variantes.
 6. Elle se situe à 30Km du chef-lieu de la wilaya de Tizi-Ouzou et a 130Km de la capitale Alger.
 7. Le complexe du matériel électrique industrielle (MEI) occupe une surface totale de 45 hectares, dont 6 hectares bâtis[22].

2.2.2 Situation géographique de l'entreprise



Figure II.2. situation géographique de l'entreprise[22].

2.2.3 Les produits de l'entreprise

Le complexe du matériel électrique industriel (MEI) est unique sur l'échelle nationale, il produit par année le matériel suivant :

1. Une quantité de 5000 Transformateurs de 50 à 2000 kVa.
2. Une quantité de 50.000 Moteurs asynchrones triphasés de 0.18 à 400 KW[22].

2.2.4 Les structures de l'entreprise

a) Unité moteurs

L'unité moteurs est composée de deux bâtiments et assure les activités suivantes :

1. Injection aluminium ;
2. Découpage des tôles rotorique et statorique ;
3. Montage rotor ;
4. Bobinage ;
5. Imprégnation et montage ;
6. Peintre et contrôle[22].

b) Unité transformateurs

Elle est composée de deux bâtiments qui assurent les activités suivantes[22] :

1. Découpage, pliage et perçage des tôles
2. Ondulation et soudage des parois ondulées
3. Bobinage
4. Séchage et passage des bobines
5. Montage des parois actives
6. Séchage de la partie active sous vide
7. Traitement d'huile
8. Remplissage d'huile sous vide
9. Plateforme d'essai électrique
10. Montage accessoires externes
11. Peinture.

c) Unités prestation technique

Elle assure les activités suivantes :

1. Maintenance des équipements et installation du complexe
2. Garantir la qualité de la production
3. Veiller à la codification des produits utilisés dans le complexe
4. Contrôle de la conformité des matériaux
5. Etudes de proposition[22].

d) Service après-vente

Une structure après-vente dotée d'une longue expérience à l'écoute permanentes des attentes et préoccupation de la clientèle[22].

Ce service se distingue par son équipe très expérimentée et aussi performante afin de répondre à toutes les tâches d'information d'orientation, de réparation ou de remplacement des fournitures des matières et des pièces de rechange.[22]

2.2.5 Organisation de l'entreprise

L'organisation d'électro-industrie comprend des structures fonctionnelles et opérationnelles. Les ressources humaines d'électro-industrie constituent un facteur de réussite déterminant. L'entreprise organisée en structures fonctionnelles et opérationnelles garde une flexibilité importante pour répondre au mieux à la fluctuation de l'environnement. Les effectifs au nombre de 805 ont un taux d'encadrement de 15%[22].

2.3 Schéma bloc du groupe électrogène utilisé (126KVA)

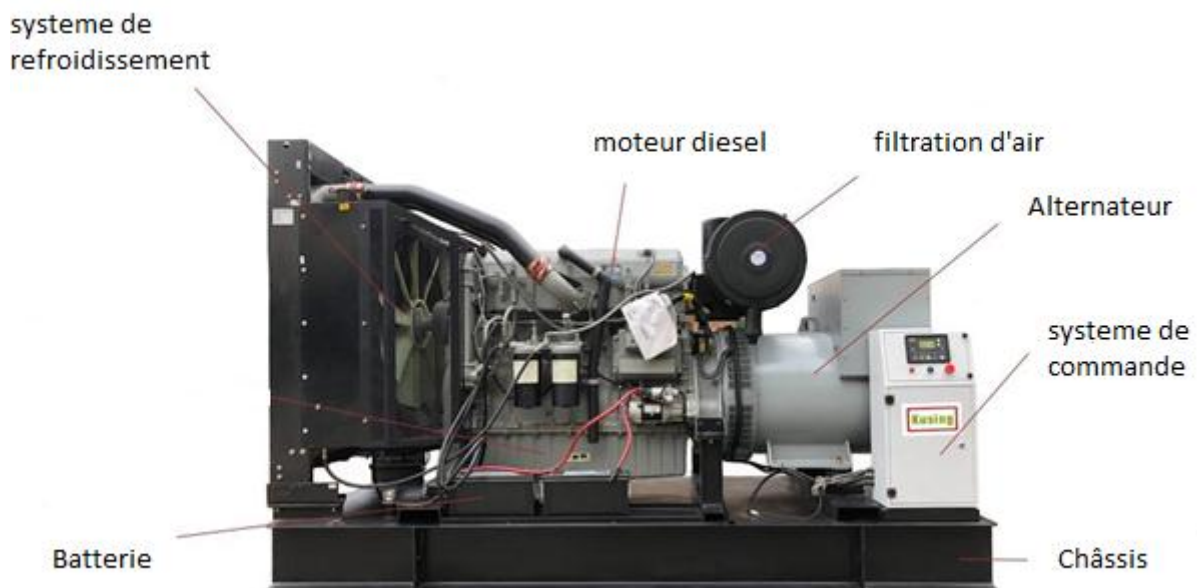


Figure II.3. Schéma bloc du groupe électrogène[23].

2.3.1 Moteur thermique

Les moteurs thermiques ont pour rôle de transformer l'énergie thermique en énergie mécanique. Ils sont appelés les moteurs à combustion interne[24].

2.3.2 Génératrice (Alternateur)

L'alternateur convertit une puissance mécanique, qu'il absorbe sous la forme d'une rotation, en puissance électrique, qu'il délivre sous forme alternative, et ce à travers un principe simple et avec des rendements extrêmement importants puisque proches de 100%[24].

2.3.3 Système de contrôle et commande

Pour commander et contrôler son fonctionnement, le groupe électrogène est équipé d'un système de contrôle et commande électronique. Il se compose de trois éléments essentiels qui fonctionnent conjointement[24].

2.3.4 Système de refroidissement

Lorsque les moteurs à combustion fonctionnent à pleine charge, ils génèrent des températures de plus de 2000 C° qui provoquent des inconvénients pour le système. Pour protéger les systèmes d'entraînement, il est nécessaire de faire appel à un système de refroidissement efficace[24].

2.3.5 Batterie

C'est un accumulateur électrique dont le rôle est d'alimenter le démarreur du moteur en courant continu. Il sert aussi à alimenter quelques accessoires comme le moto-ventilateur[24].

2.3.6 Système de filtration

Le filtre à air préserve le système de motorisation en retenant les particules présentes dans l'air. Cette filtration évite une usure prématurée des pièces et ainsi, assure la longévité du moteur [24].

2.3.7 Châssis

Il s'agit d'un châssis en acier avec système anti-vibration qui a un réservoir pour stocker le carburant, et peut ou non servir à élever le groupe électrogène à une certaine hauteur, en fonction du nombre de litres que le client souhaite dans le réservoir

2.4 L'Armoire Electrique

2.4.1 Définition

Les armoires électriques des groupes électrogènes jouent un rôle essentiel dans la connexion du GE dans l'entreprise afin de fournir une alimentation électrique temporaire (et même à long terme). Il est relié électriquement à un commutateur de transfert manuel ou à un commutateur de transfert automatique, elles sont conçues pour assurer la sécurité du personnel ainsi que des équipements matériels durant le fonctionnement du GE par la protection contre les court-circuit, Protection contre la rotation de phase à l'aides des boutons poussoirs de démarrages/arrêt et le boutons d'arrêt d'urgence mais aussi les contacteurs et les différents relais et capteurs qui le sont reliés.

Les armoires électriques permettent l'organisation des différentes connexions et câblage afin de faciliter la maintenance ou les modifications et ajouts appliqués aux GE puisqu'elles sont conçues d'une manière normalisée[22].



Figure II.4. Exemple d'une armoire électrique pour un groupe électrogène [25]

2.4.2 Les différents composants d'une armoire électrique

- a) **Un relais électromécanique** c'est un composant qui se comporte comme un interrupteur sauf que sa commande est actionnée par une bobine électrique. La bobine crée un champ magnétique qui attire une pièce métallique, qui entraîne la fermeture ou l'ouverture de contacts[26].



Figure II.5. Un relais électromécanique[27].

- b) **Le disjoncteur différentiel** est un appareil qui permet de couper l'électricité en cas de court-circuit ou de surintensité. Il en existe de plusieurs sortes et ils sont disposés sur le tableau électrique de l'installation. Quand le disjoncteur saute, il convient de rechercher le problème avant de le réarmer [26].



Figure II.6. Disjoncteur différentiel[28].

- c) **Le porte-fusible** est conçu pour héberger un fusible et être placé au sein du tableau pour protéger un équipement dédié ou une ligne d'équipements ou de prises

spécifiques. Le porte-fusible intervient donc lorsqu'une fuite de courant est détectée entre la phase et le neutre[26].



Figure II.7. Porte fusible[29]

- d) **Le fusible** est constitué d'un fil de plomb placé sur un support et intégré au circuit d'entrée du secteur. Le plomb est un métal qui s'échauffe facilement au passage du courant, en cas de surcharge, il fond rapidement et coupe l'arrivée du courant dans le secteur concerné. Le circuit est coupé, plus de danger[30].



Figure II.8. Fusible[30].

- e) **Les borniers** : élément essentiel de toute installation électrique, le bornier est un petit boîtier qui permet de relier l'installation avec les réseaux extérieurs au logement. Le bornier assure ainsi la continuité avec le disjoncteur de branchement (fournisseur d'électricité), mais aussi avec la barrette reliée à la terre.

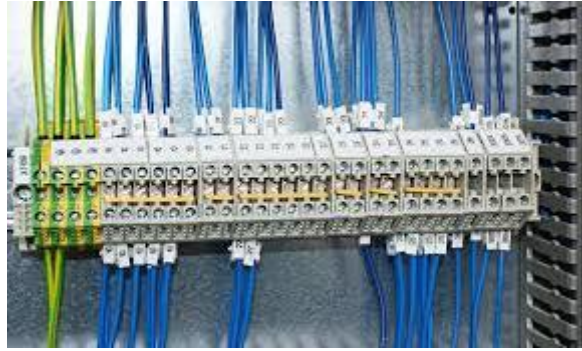


Figure II.9. Borniers [31].

Le chargeur de batterie est utilisé pour maintenir la charge de la batterie à la place du démarreur parce que y'as des moments où le groupe a marché pour une petite période[22].



Figure II.10. Chargeur de batterie[32].

f) Speed control

Les régulateurs de vitesse contrôlent en grande partie la répartition de la puissance entre les générateurs : les opérateurs ajustent la puissance du générateur en modifiant l'entrée de référence du régulateur[22].



Figure II.11. Speed control [25].

g) Module de commande

Il permet de démarrer et d'arrêter le groupe électrogène, en surveillant son fonctionnement et son rendement et aussi en arrêtant automatiquement le groupe électrogène en cas de survenue de situation critique. Afin d'éviter des dommages importants au niveau du moteur ou de l'alternateur[22].



Figure II.12. Module de commande[25].

h) L'enveloppe de l'armoire électrique

C'est la structure qui va contenir les équipements. Elle peut être en métal ou en plastique. Des systèmes de réglettes et de fixations, permettant d'accrocher les différents modules formant le contenu[22].



Figure II.13. L'enveloppe de l'armoire électrique[33]

i) La goulotte

Une goulotte électrique est une barre en PVC (ou en métal) utilisée pour faire passer de nombreux câbles électriques en toute sécurité le long d'un mur, sur un plan de travail ou un bureau[34].



Figure II.14. La goulotte[35]

j) La rail Omega

Le rail Omega est un rail métallique aux dimensions standardisées. Il mesure habituellement 35mm de large. Un rail à la norme DIN (Deutsche Institut für Normung, l'institut allemand de normalisation à l'origine de ce standard) ne conduit pas l'électricité, il sert uniquement de support aux installations industrielles pour monter tous types d'équipements électriques et électroniques de façon professionnelle et rationnelle[36].



Figure II.15 : La rail Omega[37].

2.5 Inverseur de source

Le système ATS (Automatic Transfert Système), également appelé inverseur de source automatique permet d'accéder à une seconde source d'énergie en cas de défaut de la source principale. En d'autres mots, l'inverseur électrique assure le bon fonctionnement de l'installation électrique en cas de problème sur le réseau principal. Très pratique donc, ce dispositif sécuritaire existe sous plusieurs formes. Quel que soit le type d'inverseur électrique en place, sa mission est toujours la même, en cas de coupure du réseau le groupe électrogène se met en marche et après avoir atteint son régime de fonctionnement le système ATS bascule automatiquement ce qui permet d'alimenter l'installation grâce à l'Energie issue du groupe électrogène. Une fois la source principale rétablie, l'ATS bascule toujours de façon automatique pour alimenter l'installation avec la source principale et le groupe électrogène s'éteint après un petit laps de temps appelé temps de refroidissement qui dure environ 5 minutes.

Les inverseurs des sources utilisées sur les groupes électrogènes peuvent aussi être commandés de manière manuelle. L'inverseur électrique est essentiellement utilisé dans des locaux qui ne peuvent pas se permettre d'être bloqués par un problème électrique ou de faire

face à une alimentation électrique défaillante. C'est notamment le cas des hôpitaux et des centres d'appels de secours, mais aussi des gendarmeries et des commissariats par exemple. Certains établissements publics, comme les musées, sont également concernés[22].



Figure II.16. Exemple d'un inverseur de source[22].

L'inverseur de source dispose de trois positions différentes :

Position 0 : position où une coupure intermédiaire est faite pour que les deux sources de courant ne soient jamais en contact.

Position 1 : le tableau électrique est alimenté par le réseau.

Position 2 : le tableau électrique est alimenté par le groupe électrogène.

2.6 Les différents capteurs dans un groupe électrogène

Les capteurs sont des éléments indispensables à la mesure de ces grandeurs physiques. Un capteur est un organe de prélèvement d'information qui élabore à partir d'une grandeur physique, une autre grandeur physique de nature différente (très souvent électrique)[38].

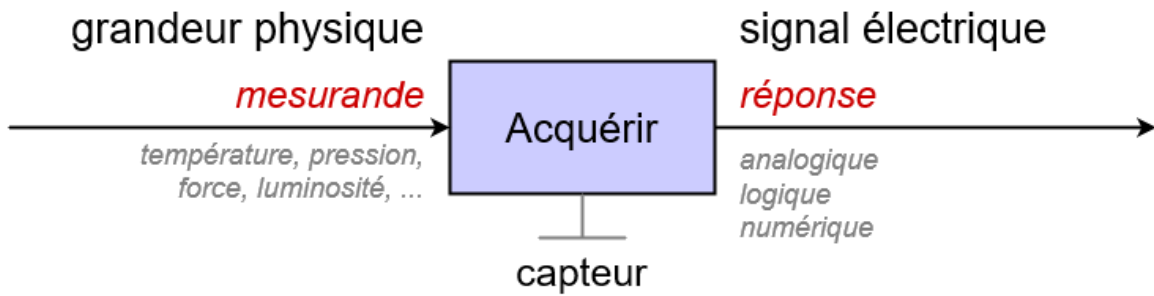


Figure II. 17. Schéma représentant le fonctionnement d'un capteur[38].

- a) **Les capteurs passifs** ne nécessitent pas de source d'énergie externe pour fonctionner. Ils s'appuient sur les phénomènes naturels ou les conditions ambiantes pour générer un signal[39].
- b) **Les capteurs actifs** quant à eux, nécessitent une source d'énergie externe pour fonctionner. Ils émettent activement un signal et mesurent sa réponse à l'environnement[39].

Parmi les différents types de capteurs dans un groupe on trouve :

2.6.1 Capteur niveau d'huile

Le capteur de niveau d'huile se situe au niveau du bocal d'huile moteur présent dans le groupe . Il est généralement encastré dans un boîtier vertical au fond du carter d'huile. Le carter d'huile est une enveloppe étanche (grâce au joint de carter d'huile) métallique argenté.



Figure II.18. Capteur niveau d'huile [40].

2.6.2 Les capteurs de température

Les capteurs de température sont des composants électriques et électroniques permettant en tant que tels de mesurer la température au moyen d'un signal électrique déterminé. Ils

peuvent envoyer ce signal directement ou indirectement en changeant de résistance. Ils sont également connus sous la désignation capteurs thermiques ou thermo capteurs.



Figure II.19. Capteur de température[41].

2.6.3 Capteur niveau gasoil

Le capteur de niveau de gasoil à flotteur est constitué d'un corps flottant avec un élément de commutation intégré et un câble de raccordement. Activé par une bille, l'élément de commutation se déclenche lorsqu'il passe en position verticale, quelle que soit la direction.



Figure II.20. capteur niveau gasoil [42].

2.7 Consignes générales d'utilisation

2.7.1 Contre les risques électriques

- Le raccordement à la terre doit être effectué conformément aux normes et au régime de neutre vendu.
- Lire attentivement la plaque d'identification du constructeur. Les valeurs de tension, puissance, courant et fréquence sont indiquées.
- Vérifier la concordance de ces valeurs avec l'utilisation à alimenter.
- Ne jamais toucher des câbles dénudés accidentellement ou des connexions débranchées.
- Ne jamais manipuler un groupe électrogène les mains ou les pieds humides.
- Maintenir les câbles électriques ainsi que les connexions en bon état. Utiliser un matériel en mauvais état peut provoquer des électrocutions ou des dommages à l'équipement.
- Toujours mettre le matériel, l'équipement ou l'installation hors tension (tension groupe, tension batterie et tension réseau) avant toute intervention.
- Les raccordements électriques doivent être réalisés suivant les normes et Ne pas utiliser de câbles défectueux, mal isolés ou raccordés de façon provisoire.
- Ne jamais intervertir les bornes positive et négative des batteries en les raccordant. Une inversion peut entraîner de graves dégâts sur l'équipement électrique. Respectez le schéma électrique fourni par le constructeur.
- Le groupe électrogène ne doit pas être connecté à d'autres sources de puissance, comme le réseau de distribution public. Dans les cas particuliers où la connexion aux réseaux électriques existants est prévue, elle doit être réalisée uniquement par un électricien qualifié, qui doit prendre en considération les différences de fonctionnement de l'équipement, suivant que l'on utilise le réseau de distribution public ou le groupe électrogène.
- La protection contre les chocs électriques est assurée par un ensemble d'équipements spécifiques. Si ces derniers doivent être remplacés, ils doivent l'être par des organes ayant des valeurs nominales et des caractéristiques identiques.
- Si des plaques de protection (obturateurs) doivent être démontées pour permettre un passage de câbles, la protection (obturation) doit être restaurée à l'issue de l'exécution des opérations.
- En raison de fortes contraintes mécaniques, n'utiliser que des câbles souples résistants, à gaine caoutchouc.[43]

2.7.2 Contre les risques d'incendie et explosions

- Veiller à ne pas faire d'étincelles ou de flammes et à ne pas fumer près des batteries car les gaz de l'électrolyte sont très inflammables (surtout lorsque la batterie est en cours de charge). Leur acide est également dangereux pour la peau et en particulier pour les yeux.
- Ne jamais recouvrir le groupe électrogène quelconque pendant son fonctionnement ou juste après son arrêt (attendre que le moteur refroidisse).

- Ne pas toucher les organes chauds tel que le tuyau d'échappement et ne pas y poser de matériaux combustibles.
- Eloigner tout produit inflammable ou explosif (essence, huile, chiffon, etc.) lors du fonctionnement de groupe.
- Une bonne ventilation est nécessaire pour la bonne marche du groupe électrogène. Sans cette ventilation, le moteur monterait très vite à une température excessive qui entraînerait des accidents ou des dommages au matériel et aux biens environnants.
- Ne pas enlever le bouchon du radiateur lorsque le moteur est chaud et que le liquide de refroidissement est sous pression en raison des risques de brûlures.
- Dépressuriser les circuits d'air, d'huile et de refroidissement avant de déposer ou déconnecter tous raccords, conduites ou éléments connectés.
- Attention à toute présence éventuelle de pression lorsque vous déconnecterez un dispositif d'un système sous pression.
- Ne pas rechercher les fuites de pression à la main. L'huile à haute pression peut provoquer des accidents corporels.
- Certaines huiles de conservation sont inflammables. De plus, certaines sont dangereuses à inhaler. Assurer une bonne ventilation.
- Utiliser un masque de protection.
- L'huile chaude entraîne des brûlures. Eviter le contact avec de l'huile chaude. S'assurer que le système n'est plus sous pression avant toute intervention.
- Ne jamais démarrer ou faire tourner le moteur avec le bouchon de remplissage d'huile enlevé, risque de rejet d'huile.
- Ne jamais revêtir le groupe électrogène d'une fine couche d'huile dans le but de le protéger de la rouille.
- Ne jamais faire le plein en huile ou en liquide de refroidissement lorsque le groupe électrogène est en fonctionnement ou lorsque le moteur est chaud.
- Un groupe électrogène ne peut fonctionner qu'en stationnaire et ne peut être installé sur un véhicule ou autre matériel mobile, sans qu'une étude prenant en compte les différentes spécificités d'utilisations du groupe, ait été effectuée[43].

2.7.3 Contre les risques toxiques

- Respecter les règlements locaux en vigueur concernant les groupes électrogènes ainsi que les règlements locaux concernant l'utilisation du carburant (essence, gasoil et gaz) avant d'utiliser votre groupe électrogène.
- Les pleins en carburant doivent être effectués moteur à l'arrêt (excepté pour les groupes disposant d'un système de remplissage automatique).
- Les gaz d'échappement du moteur sont toxiques : ne pas faire fonctionner le groupe électrogène dans des locaux non ventilés. Lorsqu'il est installé dans un local ventilé, les exigences supplémentaires pour la protection contre l'incendie et les explosions doivent être observées.
- Un échappement des gaz brûlés qui fuit, peut entraîner une augmentation du niveau sonore du groupe électrogène. Afin de vous assurer de son efficacité, examiner périodiquement l'échappement des gaz brûlés.
- Les canalisations doivent être remplacées dès que leur état l'exige.

- Attention les carburants et huiles sont dangereux à inhaler. Assurer une bonne ventilation et utiliser un masque de protection.
- Ne jamais exposer le matériel à des projections de liquide ou aux intempéries, ni le poser sur un sol mouillé.
- L'électrolyte des batteries est dangereux pour la peau et surtout les yeux. En cas de projections dans les yeux, rincer immédiatement à l'eau courante et/ou avec une solution d'acide borique diluée à 10%.
- Mettre des lunettes protectrices et des gants résistant aux bases fortes pour manipuler l'électrolyte.[43]

2.7.4 Contre Risque lié au bruit

Une exposition prolongée à un niveau de bruit supérieur à 80dB (A) peut engendrer des dommages auditifs permanents. Aussi, il est recommandé d'utiliser des protections auditives en cas de travail à proximité immédiate d'un groupe en fonctionnement.[43]

2.8 Conclusion

Nous avons abordé dans ce deuxième chapitre les différents blocs du groupe électrogène qu'on a utilisé dans la pratique au sein de l'électro-industriel. Puis nous avons défini les différents composants de l'armoire et de l'inverseur électriques et les différents capteurs utilisés dans le groupe. Dans la suite nous allons exposer les types de défauts et défaillances qu'on peut avoir dans ce groupe 126 KVA et nous allons proposer des solutions Pour la maintenance.

Chapitre3:

Montage et détection des défauts du groupe 126 kya

3.1 Introduction

La détection des défauts avant le démarrage d'un groupe électrogène est très importante pour assurer la sécurité et la fiabilité de l'alimentation électrique. Les défauts peuvent causer des pannes, des arrêts imprévus et des dommages coûteux aux groupes électrogènes et aux équipements connectés.

En détectant les défauts avant le démarrage, les techniciens peuvent les réparer ou les corriger avant qu'ils ne provoquent des problèmes. Cela peut également aider à prévenir les pannes coûteuses et à améliorer la durée de vie de groupe électrogène.

3.2 Présentation des différentes parties du groupe électrogène (126 KVA)

3.2.1 Le groupe électrogène

Le tableau ci-dessous représente la fiche technique représentant les caractéristiques du groupe électrogène 126 KVA :

Modèle de moteur	SDEC
Modèle d'alternateur	TIDE POWER
Table de commande	DPC 6020MKII
Type de châssis	Acier
Fréquence	50 HZ
Température de fonctionnement	45 °C
Vitesse de moteur	1500 tr/min
Capacité réservoir de carburant	200 L
Consommation de carburant continue	27.5 L/h
Consommation de carburant secours	33.9 L/h
Accouplement moteur générateur	Elastique
Construction	insonorisé
Poids	1900kg
Dimensions	2600*1000*2300mm
Normes	ISO 8528

Tableau III.1. Fiche technique du groupe électrogène 126KVA[44].



Figure III.1. Groupe électrogène 126 KVA[25].

3.2.2 Moteur thermique SDEC

Le tableau ci-dessous représente la fiche technique des caractéristiques du Moteur thermique SDEC :

Fabrication	SDEC
Nombre de cylindre / disposition	06 Cylindres en ligne
Cycle	04 temps
Admission d'air	TC
Type de refroidissement	EAU
Cylindrée	Mécanique
Injection	Pompe HP
Système électrique moteur	VCC12V
Dimensions	1679*789*1318
Poids	610 Kg
Capacité huile totale	17.2 l
Intervalle de vidange d'huile et remplacement du filtre à l'huile	250 h
Vitesse de moteur	1500 tr /min
Puissance brute de moteur continue	100 KW
Puissance brute de moteur secours	110 KW
Type de régulation de vitesse	Mécanique
Cylindrée	104*132

Tableau III.2. Fiche technique de moteur thermique[44].



Figure III.2. Moteur thermique SDEC[45].

3.2.3 L'alternateur

Le tableau ci dessous représente la fiche technique des caractéristiques de l'alternateur:

Fabrication	TIDE POWER
Puissance nominal	126 KVA
Modèle	286-4 pole
Marque	TIDE POWER
Nombre de pole	04 pole
Tension nominale triphasé	400/230V -50HZ
Liaison des bobines standard	Etoile sérié
Facteur de puissance	0.8
Degré de protection mécanique	TP 23
Système d'excitation	Auto excite
Régulation de tension	AVR

Tableau III.3. Fiche technique de l'alternateur[44].



Figure III.3. Alternateur 126 KVA[46].

3.3 Assemblage des parties de groupe électrogène

3.3.1 Couplage de moteur thermique avec la génératrice

L'assemblage des deux parties se fait par boulonnage des deux coté avec des boulons de diamètres 22 mm Il existe deux types de groupes les plus utilisés ; des groupes de 10 boulons et d'autre de 8 boulons seulement, cette opération se fait soit par une clé plate mixte ou avec une clé à molette.



Figure III.4. Coté génératrice, coté moteur [47].

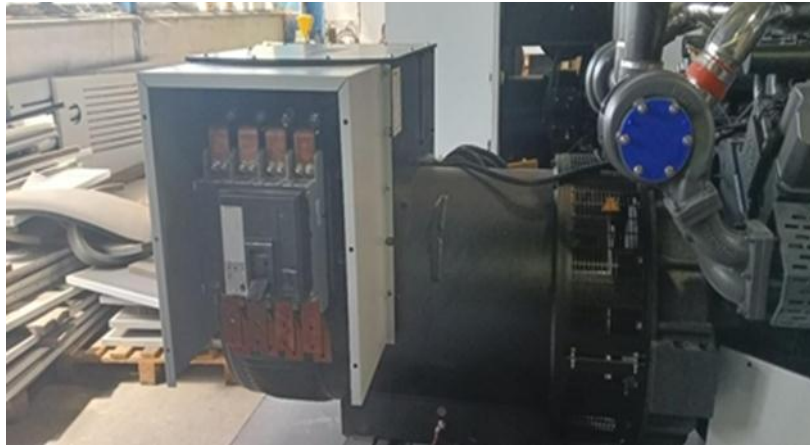


Figure III.5. Moteur assemblé avec une génératrice[22].

3.3.2 Alimentation des éléments du groupe électrogène

Après avoir complété le montage des parties principales du groupe (moteur thermique, alternateur, batterie, système de refroidissement, les filtres, armoire de commande). Nous allons faire le branchement de tous les éléments et les connections vers l'armoire pour le bon fonctionnement du groupe et éviter les erreurs de branchement, donc nous allons réaliser notre montage en suivant celui de la carte présentée dans la figure suivante :

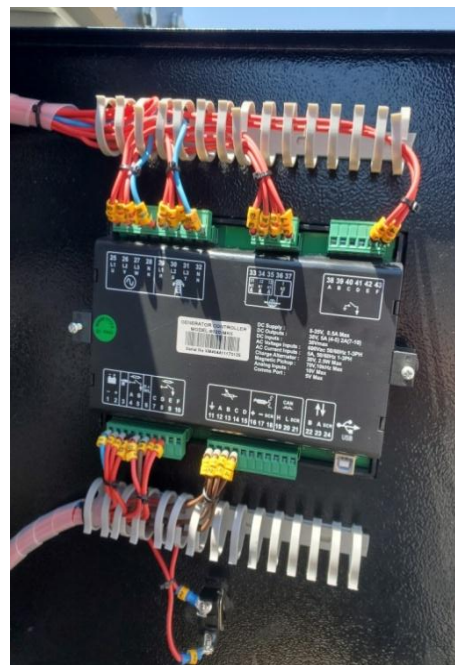


Figure III.6. Armoire électrique du groupe électrogène 126 KVA[25].

a) Câblage du groupe électrogène

Le tableau ci dessous représente le branchement du groupe électrogène au module de commande :

Câble n 1	- Batterie	
Câble n 2	+ Batterie	
Câble n 3	Alimentation bouton arrêt d'urgence	
Câble n 4	Alimentation de l'électrovanne	
Câble n 5	Alimentation de démarreur	
Câble n 6	Alimentation de l'alternateur	
Câble n 7	Ordre donner par l'inverseur pour d'émarge de groupe	
Câble n 8	Ordre donner par l'inverseur alimenter avec les réseaux	
Câble n 9	Contacte commandé	
Câble n 10	Contacte commandé	
Câble n 11	la masse	
Câble n 12	Mano pression d'huile	
Câble n 13	Mano de température	
Câble n 14	Mano de niveau de gasoil	
Câble n 15	Mano de flexible sonore	
Câble n 16	Capteur indication vitesse de rotation du moteur	
Câble n 17		
Câble n 18		
Câble n 19	UCM sauf pour les moteurs qui ont un microcontrôleur	
Câble n 20		
Câble n 21		
Câble n 22	DES NET	
Câble n 23		
Câble n 24		
Câble n 25	L1	
Câble n 26	L2 phases de groupes	
Câble n 27	L3	
Câble n 28	N neutre de groupe	
Câble n 29	L1	
Câble n 30		L2 phases de réseaux
Câble n 31		
Câble n 32	N neutre de réseaux	
Câble n 33	I1	
Câble n 34		I2 transformateur de courant
Câble n 35		
Câble n 36 et 37	Is2 Commine de génératrice	

Tableau III.4. Branchement de module de commande.

b) Câblage du Chargeur de batterie

Le tableau suivant montre le branchement du chargeur de batterie au module de commande :

Câble n 29	Phase de réseaux
Câble n 32	Neutre réseaux
Câble n 2	+ batterie
Câble n 1	- batterie

Tableau III.5. Branchement de chargeur de batterie.

c) Câblage du Speed contrôle

Le tableau suivant montre le branchement du speed contrôle au module de commande :

Câble n 1	- Batterie
Câble n 2	+ Batterie

Tableau III.6. Branchement de speed contrôle.

d) Câblage de la Pompe de préchauffage

Le tableau suivant montre le branchement de la pompe de préchauffage au module de commande :

Câble n 45	Phase de réseau
Câble n 32	Neutre de réseau

Tableau III.7 : Branchement de l'alimentation de pompe de préchauffage.



Figure III.7. Pompe de pris chauffage de groupe électrogène [47].



3.4 Les alarmes et les protections dans un groupe électrogène








Les différentes catégories d'alarmes signalées sur le module de commande sont :










- Les alarmes de danger.
- Les alarmes de problèmes électriques.
- Les alarmes d'arrêt de la machine[22].

3.4.1 Alarmes de danger

Le tableau si dessous représente les différents types des alarmes de danger :

Icône	Défaut	Description	Valeur
	EntréeAuxiliaire	Détection d'un défaut de la part d'une entrée auxiliaire, crée par l'utilisateur.	
	EntréeAnalogique	Détection d'un défaut de l'appart d'une entrée analogique, crée par l'utilisateur.	

	Échec d'arrêt	Indication que le moteur a continué de fonctionner lorsque le panneau de contrôle a reçu l'ordre de l'arrêter. Le problème peut également être dû à une chute de pression d'huile. Si le moteur est au repos, veuillez vérifier la connexion du capteur de pression d'huile	
	Échec de mise en charge	La tension de l'alternateur est trop faible.	
	Niveau bas réservoir	Le niveau de carburant est inférieur au niveau minimum de carburant (« Löw fuel level »).	15%
	Niveau haut reservoir	Le niveau de carburant est supérieur au niveau maximum («high fuel level »).	
	Batterie en sous-tension	La tension des batteries est tombée en dessous de la tension minimum des batteries (« Low volts »).	Batteries 12V: 8V Batterie24V
	Batterie en sur tension	La tension des batteries est montée au-dessus de la tension minimum des batteries (« High volts »).	Batteries 12V: 17V Batterie24V:
	Tension trop basse	La tension en sortie des générateurs est en dessous de la consigne.	Mono:Tri:341V

	Tension trop élevée	La tension en sortie de générateur est au-dessus de la consigne.	Mono:Tri:441V
	Fréquence trop basse	La fréquence en sortie de générateur est en dessous de la consigne.	45Hz
	Fréquence trop élevée	La fréquence en sortie de générateur est au-dessus de la consigne.	55Hz
	Erreur du calculateur électronique de la pompe à injection pilotée(ECU).	L'ECU du moteur a détecté un problème.	
	Echec de connexion au calculateur électronique de la pompe à injection pilotée(ECU).	Le module ne se connecte pas à l'ECU.	
	Sur intensité immédiate	Le courant mesuré a dépassé le courant maximal.	Dépend de l'ATS
	Sur intensité sur une plage de temps	Le courant mesuré a dépassé le courant maximal pour une plage de temps définie.	Dépend de l'ATS
	Maintenance de filtre à huile	Le filtre à huile doit être changé.	
	Maintenance de filtre à l'air	Le filtre à air doit être changé.	







	Maintenance filtre à gasoil	Le filtre à gasoil doit être changé.	
---	-----------------------------	--------------------------------------	--

Tableau III.8. alarmes de danger [22].

3.4.2 Alarmes indiqués par des problèmes électriques

Le tableau si dessous représente les différents types des alarmes indiqués par des problèmes électriques :

Icône	Défaut	Description	Valeur
	Entrée Auxiliaire	Détection d'un défaut de la part d'une entrée auxiliaire, crée par l'utilisateur.	
	Entrée Analogique	Détection d'un défaut de la part d'une entrée analogique, crée par l'utilisateur.	
	Niveau bas réservoir	Le niveau de carburant est inférieur au niveau minimum de carburant (« low fuel level »).	10%
	Niveau haut réservoir	Le niveau de carburant est supérieur au niveau maximum («high fuel level »).	Désactivé
	Surintensité sur une plage de temps	Le courant mesuré a dépassé le courant maximal pour une plage de temps définie.	Dépend de l'ATS

















	Surcharge(en kW)	La puissance mesurée à dépasser la puissance maximale.	105%
---	------------------	--	------

Tableau III.9. alarme de problème électrique [22].

3.4.3 Alarme d'arrêt immédiate du groupe électrogène

Le tableau si dessous représente les différents types d'alarmes d'arrêt immédiat du groupe électrogène :

Icône	Défaut	Description	Valeur
	Entrée Auxiliaire	Détection d'un défaut de la part d'une entrée auxiliaire, crée par l'utilisateur.	
	Entrée Analogique	Détection d'un défaut de la part d'une entrée analogique, crée par l'utilisateur.	
	Echec de démarrage	Le moteur ne s'est pas démarré après le nombre d'essai configuré (« number of start»)	3fois
	Pression d'huile trop basse	La pression d'huile a chuté sous la valeur configurée.	1,03Bar
	Température du moteur	La température du moteur a dépassé la température maximale configurée.	98°C
	Vitesse moteur trop lente	La vitesse de rotation du moteur est tombée sous la vitesse minimum configurée.	1260RPM

	Vitesse moteur trop rapide	La vitesse de rotation du moteur à excès de vitesse maximale configurée.	1710RPM
	Echec de mise en charge	La tension de l'alternateur est trop faible.	
	Niveau bas réservoir	Le niveau de carburant est inférieur au niveau minimum de carburant («low fuel level»).	Désactivé
	Niveau haut réservoir	Le niveau de carburant est supérieur au niveau maximum («High fuel Level »).	Désactivé
	Tension trop basse	La tension en sortie de générateur est an dessous de la consigne.	320V
	Tension trop élevée	La tension en sortie de générateur est au-dessus de la consigne.	481V
	Fréquence trop basse	La fréquence en sortie de générateur est an dessous de la consigne.	42Hz
	Fréquence trop élevée	La fréquence en sortie de générateur est au-dessus de la consigne.	57Hz
	Surintensité sur une plage de temps	Le courant mesuré a dépassé le courant maximal pour une plage de temps définie.	Dépend de l'ATS



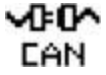

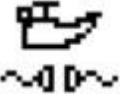




	Surcharge(en kW)	La puissance mesurée a dépassé la puissance maximale.	110%
	Erreur du calculateur électronique de la pompe à injection pilotée(ECU).	L'ECU du moteur a détecté un problème.	
	Echec de connexion au calculateur électronique de la pompe à injection pilotée(ECU).	Le module ne se connecte pas à l'ECU.	
	Arrêt d'urgence	Le bouton coup de poing d'arrêt d'urgence est amorcé.	
	Circuit huile ouvert	Le circuit d'huile a été détecté comme ouvert.	
	Circuit liquide de refroidissement ouvert	Le circuit de liquide de refroidissement a été détecté comme ouvert.	
	Maintenance filtre a Huile	Le filtre à huile doit être changé.	Désactivé
	Maintenance filtre à air	Le filtre à air doit être changé.	Désactivé
	Maintenance filtre à gasoil	Le filtre à gasoil doit être changé.	Désactivé

Tableau III.10. Alarme d'arrêt immédiate du groupe électrogène[22].

3.5 Les essais que nous avons fait sur le groupe électrogène et les défauts détectés :

3.5.1 Partie démarrage

a) Première étape

Avant de démarrer notre groupe nous avons fait une vérification générale de nos composants

1. Vérifier le niveau d'huile dans le cartière avec l'aide d'une Jorje celui-ci doit être situé entre les deux bornes [min, max].
2. Vérifier le niveau de gasoil et pompe quelques coups sur la pompe d'amorçage pour remplir le sécurit de gasoil vers la pompe d'injection.
3. Vérification de niveau d'eau de refroidissement dans le radiateur.
4. Faire une vérification générale pour le câblage et les composants de l'armoire.

b) Deuxième étape

1. Brancher une batterie de 24V pour l'allumage et alimentation de module de commande.
2. Remettre le module de commande au mode manuel et le réinitialise à zéro pour qu'il efface tous les défauts.
3. Clique sur le bouton de démarrage du module, groupe a trois tentatives pour s'allumer si le groupe a un défaut, il sera affiché sur le module de commande.
4. Après avoir démarré le groupe il faut attendre jusqu'à ce que le moteur atteindre 45 degrés pour qu'on puisse aspirer de l'électricité de la génératrice si non moteur va subir des chocs thermiques.

3.5.2 Partie test on essai

3.5.2.1 Présentation du bon d'essai

Dans cette partie nous allons essayer de notre groupe le 126kva en utilisent le bon d'essai. Le test du banc d'essai du générateur est un aspect important de l'entretien préventif. Le test du banc de charge est le processus de connexion d'un auxiliaire au système du

générateur. En effectuant des essais avec un banc d'essai, le banc de charge peut être progressivement augmenté jusqu'à 110 % de la capacité prévue. Le fait de faire fonctionner le générateur à 100 % de sa charge permet de s'assurer que tous les composants du système de refroidissement, qui est la cause la plus fréquente de défaillance, sont en bon état. [5]

Une autre condition, appelée empilage humide si un générateur est continuellement utilisé à moins de 30% de sa capacité, il n'atteint jamais sa température de fonctionnement, ce qui entraîne la formation des dépôts de carbone sur les injecteurs, les pistons, les anneaux, les turbos et le système d'échappement. Donc il faut que notre groupe donne un rendement entre ces deux pourcentages [30% et 80 %] .[5]

Les performances vérifiées avant l'essayage :

1. Détecter les problèmes de liquide de refroidissement.
2. Vérifier le fonctionnement du radiateur.
3. Identifier l'empilage humide.
4. Vérifier les performances du générateur.

3.5.2.2 Le protocole à suivre avant le branchement du banc d'essai

Contactez le service de contrôle de l'électricité pour faire inscrire votre générateur à un test de banc de charge qui permet de vérifier l'efficacité des alimentations de secours (groupes électrogènes, alimentations interruptibles ...) et peuvent être utilisés comme charges fictives pour les moteurs diesel. Ils représentent un moyen fiable et économique pour prolonger la durée de vie d'équipements extrêmement coûteux et importants[5].

3.5.2.3 Branchement de banc d'essai suivant toutes ces instructions

- Connecter les trois phases de sortie de groupe à celles de bon d'essai en respectant leur ordre
- Utiliser des câbles qui peuvent résister à la tension sortante du groupe
- Vérifier la tension sélectionnée sur la plaque de commutation de tension.
- Régler l'alimentation du circuit de commande de l'appareil d'essai de charge à l'aide du commutateur.
- S'assurer que le régulateur de courant de charge, le régulateur de précision et l'interrupteur de courant de charge sont mis en position [OFF].
- Ne mettre aucun obstacle devant les orifices de sortie et de prise d'air[48].

3.5.2.4 Operations au démarrage et après démarrage :

- Après avoir régler la tension de sortie et la fréquence du groupe électrogène aux valeurs prescrites, mettre le disjoncteur du groupe électrogène en position [ON].
- S'assurer que la tension prescrite est indiquée sur le voltmètre.
- Faire fonctionner le ventilateur de refroidissement en appuyant sur le bouton marche.
- Le courant de charge peut être augmenté en tournant le régulateur de courant de charge dans le sens des aiguilles d'une montre.
- En cas de courant compris dans la zone de faible courant effectuer le réglage en utilisant l'interrupteur de courant de charge et le régulateur de courant de charge de précision.
- Un courant compris dans la zone de faible courant (200A ou moins peut être mesure par la gamme inférieure de l'ampère mètre) en mettant la poignée du commutateur de courant en position gauche[48].

3.5.2.5 Arrêt (fin d'essai)

- Mettre le régulateur de courant de charge en position OFF en le tournant dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.
- Faire fonctionner seulement le ventilateur pendant 2 ou 3 minutes afin de refroidir l'intérieur, puis arrêter le ventilateur en appuyant sur le bouton d'arrêt[48].

3.5.2.6 Précautions a prendre pour l'utilisation

- Cet appareil est conçu à un facteur de puissance de 1.0 baret le groupe électrogène en général est conçu et fabriqué à un facteur de puissance de 0.8 bar, il est donc nécessaire de prendre cette différence de facteur de puissance en considération.
- En cas d'utilisations d'une autre source que le groupe électrogène pour l'alimentation du circuit de commandes se réfère manuellement.
- L'utilisations de l'appareil en enlevant les panneaux latéraux est dangereux (si les panneaux latéraux sont enlevés, le ventilateur ne fonctionne pas.)
- Etant muni relais de prévention contre la rotation inverse, le ventilateur ne fonctionne pas en cas de phase opposée même si le bouton de marche est enfoncé[48].



Figure III.8. Poste de contrôle du banc d'Essai[47].



Figure III.9. Système de refroidissement du banc d'essai [47].

3.5.3 Les défauts trouvés dans notre groupe :

En démarrant le groupe électrogène, les trois phases sorties de la génératrice nous affichent ces valeurs

- L1 = 10 KW
- L2 = 11 KW
- L3 = 9 KW

Sur notre module de commande ces valeurs sont affichées

- L1 = -1 KW
- L2 = 3 KW
- L3 = 0 KW

Donc il y a un problème ?

Après avoir fait une vérification générale pour notre installation nous avons détecté une erreur au niveau des transformateurs de courant (TC), les câbles 34 et 35 sont inversés, on a réglé le problème de phase en redémarrant le groupe et on obtient les mêmes valeurs et il nous a donné un rendement plus de 110%, donc notre groupe est fiable, mais il y en a d'autres défauts tels que :

3.5.3.1 Défaut d'augmentation de température



La température de notre groupe augmente rapidement donc il y a un problème, pour résoudre le problème il faut faire une vérification générale des Mano de température, le circuit de refroidissement, circuit d'évacuation de gaz des échappements, nous avons constaté que le problème est au niveau du Mano de température, le soucis et que les fiches sortantes dans se mano l'une touche l'autre donc il y'a un court-circuit c'est pour cela que notre groupe se coupe et s'éteint, la solution c'est donc de changer le Mano et redémarrer le groupe.

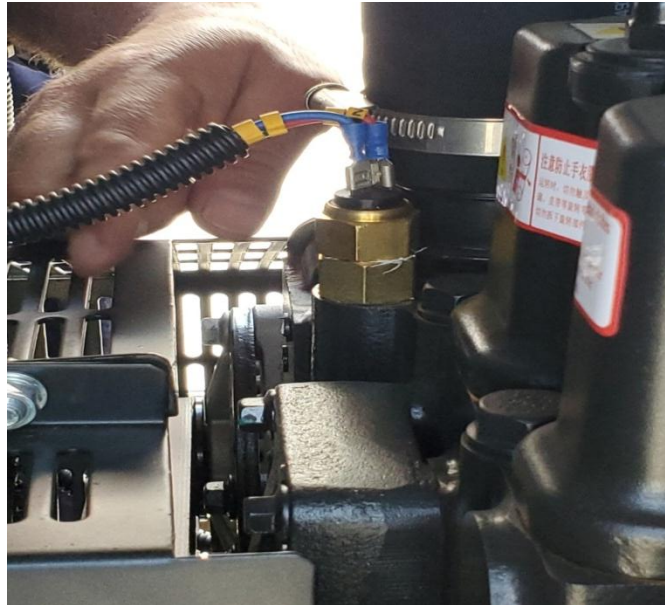


Figure III.10. Mano de temperatura [25].

3.5.3.2 Défaut de manque gasoil

Notre groupe nous a signalé une alarme que le gasoil est au niveau de 10 % après quelques secondes il a fait un arrêt immédiat, On débranche la batterie en raison de sécurité pour que le groupe ne va pas démarrer tout seul, nous avons entamé notre vérification pour le circuit de gasoil, le réservoir et le branchement sur le module de commande, On a trouvé le problème ou niveau du flotteur de gasoil après avoir changé le flotteur, notre groupe redémarre et marche normale .



Figure III.11.Floteur de gasoil[47].

3.5.3.3 Défaut de fuite d'huile ou manque d'huile

Le module de commande nous a affiché une alarme, la pression d'huile au-dessous de 1.76 bar donc il y a un problème soit au niveau de pompe de graissage, soit le circuit de lubrification, soit le capteur de pression d'huile, soit le câblage vers le module de commande, après une vérification générale de tous les composants qui concerne la lubrification. Nous avons trouvé un souci au niveau du capteur de pression d'huile ainsi le goujon de vidange qui cause une fuite d'huile, on change le capteur et le goujon mais le problème n'est pas encore réglé parce que le filetage du carter et foiré donc toujours une toute petite fuite pour régler notre problème on a pris un taraudage et en mais un nouveau filetage pour le carter et la fuite c'est réglé.

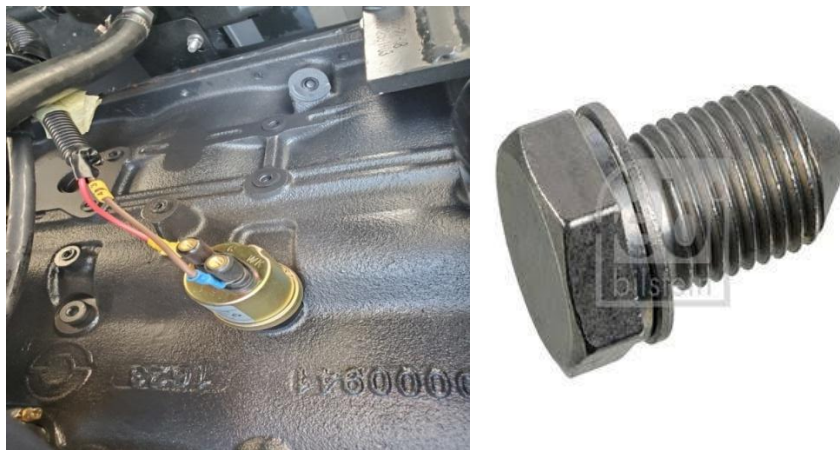


Figure III. 12 Capteur de pression d'huile[25]. Bouchon de carter[49].

3.5.3.4 Une masse ou niveau du bouton d'arrêt d'urgence

Après une vérification générale de notre groupe visuellement on a vérifié même toutes les coordonnées sur le module de commande, on a mis le groupe au mode manuel et on l'a démarré après trois tentatives de démarrage le groupe ne veut pas démarrer et il nous a signalé un problème ou niveau de bouton d'arrêt d'urgence, après une période de maintenance on a distingué que le bouton est bloqué, en démontant le bouton et le changé avec un autre, le défaut s'efface sur le module de commande.

3.6 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté le groupe électrogène qu'on a pris en considération dans notre étude ou sein de l'entreprise électro-industriel , en commençant par présenter les parties en fiche technique, puis les indications de câblage et les liaisons entre les différentes parties du groupe.

Ensuite présenter les alarmes affichées sur le module de commande et leurs significations, enfin nous allons effectuer des essais sur le groupe en utilisant un bon d'essai puis définir les défauts qui peuvent être détectés et présenter quelques solutions.

Un bon entretien d'un groupe électrogène nous assure un fonctionnement de ce dernier avec des meilleures performances, améliore son efficacité, évite les dégâts et en plus il optimise sa durée de vie.

Conclusion générale

Conclusion

Le groupe électrogène, dans toutes ses applications (secours ou production), présente des avantages liés à :

- un large éventail de puissance
- la rapidité de sa mise en œuvre
- sa capacité de fonctionner pendant de longues périodes

Ces avantages lui confèrent une position principale devant toutes les autres sources de remplacement. Il est donc permis d'affirmer que le groupe électrogène est toujours un produit d'avenir, d'autant plus que les performances du moteur diesel s'améliorent constamment dans les domaines du rendement, de fiabilité et de la pollution. L'étude que nous avons réalisée nous a permis d'identifier les différentes parties d'un groupe électrogène (électrique et mécanique), ainsi que les différents systèmes présents et leurs assemblages.

Des tests sur un banc d'essai de notre groupe une fois monté ont été réalisés, ce qui nous a permis de détecter les principaux défauts qui peuvent survenir dans un groupe électrogène, on a fini par proposer quelques solutions pour ces différents défauts.

La détection des défauts est une étape cruciale pour assurer le bon fonctionnement d'un groupe électrogène, en effet si l'un de ses composants est défectueux cela peut affecter l'ensemble et entraîner des pannes coûteuses. Elle permet de diagnostiquer rapidement et précisément les problèmes avant qu'ils ne deviennent plus graves, cela permet également de planifier les réparations ou les remplacements nécessaires ce qui évite les pannes imprévus et les temps d'arrêts non planifiés.

De plus, la détection des défauts contribue également à réduire les coûts d'exploitation en les identifiant avant qu'ils ne deviennent majeurs. Des inspections régulières et la détection précoce contribuent à prolonger la durée de vie du groupe électrogène et à minimiser les coûts de maintenance et de réparation.

En résumé, la détection des défauts est une étape essentielle pour assurer la fiabilité et la disponibilité continue d'un groupe électrogène. Cela permet de garantir la sécurité des personnes et des biens alimentés et de minimiser les coûts d'exploitation à long terme

Bibliographie

Bibliographies

- [1] le Monde, « Rudolf Diesel, l'inventeur malheureux du moteur de la polemique ». [En ligne]. Disponible sur: <https://lemonde.fr/m-voiture/article/2015/10/02/rudolf-diesel-l-intenteur-malheureux-du-moteur-de-la-polemique>
- [2] Mr Diesel, « Historique Du Moteur Diesel ». [En ligne]. Disponible sur: <https://www.dynamic-diesel.com>
- [3] Lindsay Brooke, *Ford model T*. 2010.
- [4] POWERNSUN, « History of generators and their classification ». [En ligne]. Disponible sur: <https://powernsun.com/blog/history-of-generators-and-their-classification>
- [5] youcef benkada et aisam merabet, « Maintenance ameliorative du groupe », mouhamed bougara, boumerdes, 2020.
- [6] Hakim KHOUF, « Etude et conception d'une carte de gestion d'un groupe électrogène à base d'un microcontrôleur », UMMTO, TIZI OUZOU, 2015.
- [7] JCB, « Groupes Électrogènes JCB Specifications Techniques ». [En ligne]. Disponible sur: <https://www.power-generateur.com>
- [8] Aymen KHadhraoui, « Fonction global d un moteur ». [En ligne]. Disponible sur: <https://fr.scribd.com/doc/49958350/constitution-du-moteur>
- [9] moteur a vapeur, 1918. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.pinterest.fr/pin/600175087836439379/>
- [10] « MANUEL D'ASSISTANCE – B A T T E R I E ». [En ligne]. Disponible sur: <https://fr.scribd.com/document/524454096/Nba-Batteries-Tubulaires#>
- [11] EUROSTAR, « batterie 12v ». [En ligne]. Disponible sur: <https://www.bing.com/images/search?>
- [12] Chafa Aliane et Aziz Zeroul, « Etude d'un groupe électrogène par simulation numérique », UMMTO, TIZI OUZOU, 2016.
- [13] Bapio BAYALA, « LA MACHINE SYNCHRONNE ».
- [14] « ALTERNATEUR ». [En ligne]. Disponible sur: <https://www.bing.com/images/>
- [15] youcef benkada et aisam merabet, « Maintenance ameliorative du groupe », mouhamed bougara, boumerdes, 2020.
- [16] « ROTOR ». [En ligne]. Disponible sur: <HTTPS://fr.demotor.net/moteurs-electriques/composants-d-un-moteur-electrique/rotor>
- [17] CHERIF CHIA et DJAMAL BOUMEDIENE ZILAL, « optimisation de la gestion d 'exploitation d'un groupe electrogene dans un site de telecommunications », Ecole Nationale polytechnique, Alger, 2021.
- [18] Hakim KHOUF, « Etude et conception d'une carte de gestion d'un groupe électrogène à base d'un microcontrôleur », UMMTO, TIZI OUZOU, 2015.
- [19] Brahim DJAROUM et Messaoud DJELLOUT, « Conception et réalisation d'un système de démarrage automatique d'un groupe électrogène à base d'une carte Arduino », UMMTO, tiziouzou, 2018.
- [20] Brahim DJAROUM et Messaoud DJELLOUT, « Conception et réalisation d'un système de démarrage automatique d'un groupe électrogène à base d'une carte Arduino », UMMTO, tiziouzou, 2018.
- [21] беру, « bougie de prechauffage ». [En ligne]. Disponible sur: beru@federalmogul.com
- [22] Aboutit Idir, Amir Massinissa, et Belahcene Karim, « Etude technologique d'un groupe électrogène », INSTITUT HADNI SAID, OUAD AISSI, 2023.
- [23] « kusing generateur », 2019. [En ligne]. Disponible sur: ksgenerateur.cpm
- [24] EMSA, « Manuel D'utilisation De Groupe EMSA », Turkey, 2007. [En ligne]. Disponible sur: www.emsa.gen.tr
- [25] « Photos prise a ENEL ». 15 mars 2023.

- [26] Schneider Electric, « Disjoncteur Differentiel ». [En ligne]. Disponible sur: mcours.com
- [27] DIXYS, « Relais Embrochable ». [En ligne]. Disponible sur: dixys.pro/epages/box1725
- [28] chelia, « disjoncteur ». [En ligne]. Disponible sur: cheliastore.com/product/interrupteur-differentiel-energical
- [29] « Porte Fusible Schneider ». [En ligne]. Disponible sur: https://www.achat-electrique.com/fr/3253-a9n15646-sectionneur-porte-fusible-schneider-25a-1-pn-pour-fusibles-10*38mm-schneider-acti9-st.html
- [30] Formation Energetique, « Les Fusibles », 2023. [En ligne]. Disponible sur: https://formation-energetique.fr/images/LPBatiment/Les_fusiblesPP.pdf
- [31] « Bornier électrique ». [En ligne]. Disponible sur: <https://www.travaux-electrique.fr/bornier-electrique-choisir-caracteristique-prix>
- [32] ORBIT ELECTRONIC, « BAC06A CHARGEUR DE BATTERIE 12V 6A ». [En ligne]. Disponible sur: https://www.orbit-dz.com/product/BAC06A_CHARGEUR_DE_BATTERIE_12V_6A
- [33] HOCINE HAMDI, « Cabler Une Armoire Electrique », 2018.
- [34] Legrand, « Goulottes DLP PVC et Accessoires de finition ». 25 janvier 2010. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.legrand.fr>
- [35] Legrand, « Goulottes DLP PVC et Accessoires de finition ». 25 janvier 2010. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.legrand.fr>
- [36] INDEX, « fiche technique INDEX a perfect fixing ». [En ligne]. Disponible sur: www.indexfix.com
- [37] Alger Lumière, « Profiles et Rails Omega ». 1966. [En ligne]. Disponible sur: <http://algerlumiere.com/fr/index.php/fr/>
- [38] Christian BISSIERES, « Acquisition d'une Grandeur PHysique », TS IRIS. [En ligne]. Disponible sur: <http://cbissprof.free.fr>
- [39] AMADJI Moussa, « Les Systemes Embarques en Automobile », Moustafa Ben Boulaid, batna, 2020.
- [40] Vroomly, « capteur niveau d'huile ». [En ligne]. Disponible sur: www.vroomly.com/amp/blog/capteur-de-niveau-huile-tout-ce-qui-faut-savoir/
- [41] WATERPROOF, « Capteur Temperature ». [En ligne]. Disponible sur: <https://2betrading.com/capteurs/1494-capteur-temperature-waterproof-ds18b20.html>
- [42] Kent, « Indication D'eau / Carburant ». [En ligne]. Disponible sur: <https://www.kent-tech.fr/produit/51956/jauge-de-niveau-a-flotteur-sae-12-24v-10-180-700-mm.html>
- [43] « Manuel d'utilisation et d'entretien des groupes électrogènes SDMO », 2010. [En ligne]. Disponible sur: http://www.sdmorentalpower.com/commonsdocuments/300/33516003701_0_1.pdf
- [44] « GROUPE ELECTROGENE DIESEL PUISSANCE 126 KVA ». 2018.
- [45] « moteur diesel pour groupe electrogene ». [En ligne]. Disponible sur: <http://shanghaidiesel.fr/2018/1-industrial-engines.html>
- [46] nidec, « tal 044 ». [En ligne]. Disponible sur: www.leroy-somer.com/epg
- [47] « Photos prise a ENEL ». 15 mars 2023.
- [48] « INSTRUCTION D'UTILISATION ». 2015. [En ligne]. Disponible sur: WWW.2gareni-industrie.com
- [49] partauto, « Vis-bouchon Carter ». [En ligne]. Disponible sur: <https://www.partauto.fr/bouchon-de-vidange-vis-de-carter-d-huile.html>