



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



MEMOIRE

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

Filière : Electromécanique

Option : Maintenance Industrielle

Contribution à l'amélioration de la maintenance des groupes électrogènes à gaz – GEM SONATRACH

Par

FETNI Asma et GHENAIET Sarra

Devant le jury :

Dr. TALEB Monia	MCA	Président	Université Laarbi Tebessi - Tébessa
Dr. LOUAFI Messaoud	Pr	Encadrant	Université Laarbi Tebessi - Tébessa
Dr. ATTIA Moussa	MCB	Examineur	Université Laarbi Tebessi - Tébessa

Promotion 2022-2023



Année universitaire : 2022-2023

Tébessa le : 07/06/2023

Lettre de soutenabilité

Noms et prénoms des étudiantes :

1- FETNI Asma

2 - GHENAIET Sarra

Niveau : 2^{ème} Master

Option : Maintenance Industrielle

Thème Contribution à l'amélioration de la maintenance des groupes électrogènes à gaz
– GEM SONATRACH

Nom et prénom de l'encadreur : Pr. LOUAFI Messaoud

Chapitres réalisés	Signature de l'encadreur
Chapitre I	
Chapitre II	
Chapitre III	
Chapitre IV	
Chapitre V	



Année universitaire : 2022-2023

Tébessa le :

Fiche de critique

Noms et prénoms des étudiants :

1

2

Niveau : Option :

Thème :
.....
.....

Concernant la forme :
.....
.....

Concernant le fond :
.....
.....
.....

Décision :
.....
.....

Signature de l'enseignant-----

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

مؤسسة التعليم العالي : جامعة العربي التبسي - تبسة

تصريح شرفي
خاص بالالتزام بقواعد النزاهة العلمية لانجاز بحث

أنا الممضي أدناه،

السيد (ة) فتحي أسماء الصفة : طالب، أستاذ باحث، باحث دائم : طالب

الحامل لبطاقة التعريف الوطنية رقم : 120442440 و الصادرة بتاريخ 26-04-2021

المسجل بمعهد المبراهيم قسم الكهرميكانيك

و المكلف بانجاز أعمال بحث (مذكرة التخرج، مذكرة ماستر، مذكرة ماجستير، أطروحة دكتوراه)، عنوانها :

مذكرة ماجستير : Contribution à l'amélioration de la maintenance des groupes électrogènes à gaz

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

التاريخ: 2023/06/08
رقم 06
إمضاء المعني (ة) فتحي
الرقم المسجل

08 جوان 2023

جامعة العربي التبسي
مؤسسة التعليم العالي
جامعة العربي التبسي
مؤسسة التعليم العالي

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

مؤسسة التعليم العالي : جامعة العربي التبسي - تبسة

تصريح شرفي
خاص بالالتزام بقواعد النزاهة العلمية لانجاز بحث

أنا الممضي أدناه،

السيد (ة) **غياة سارة** الصفة : طالب
الحامل لبطاقة التعريف الوطنية رقم: 403314841 و الصادرة بتاريخ 2022-10-16
المسجل بمعهد المناجم قسم الكترول وميكانيك


و المكلف بانجاز أعمال بحث (مذكرة التخرج، مذكرة ماستر)، عنوانها :

Contribution à l'amélioration de la maintenance des groupes électrogènes à gaz

أصرح بشرفي أنني ألتزم بمراعاة المعايير العلمية و المنهجية و معايير الأخلاقيات المهنية و النزاهة الأكاديمية

المطلوبة في انجاز البحث المذكور أعلاه.

التاريخ: 2023-06-08

امضاء المعني (ة)


08 جوان 2023



مستند رقم: 179
رقم: 179
مستند رقم: 179
مستند رقم: 179



Remerciements



Ce mémoire est l'aboutissement d'un parcours accompli en dix-sept ans qu'on n'aurait pas pu la réaliser nous seules. On remercie Dieu le tout-puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de **Mr. LOUAFI Messaoud**, on le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel et pour sa patience, et leur disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.

Nos remerciements s'adressent également à tous nos professeurs de l'institut des mines pour leurs générosités et la grande patience dont ils ont su faire preuve malgré leurs charges académiques et professionnelles.

Nos remerciements s'adressent à tout le personnel administratif et ouvrier du GEM pour leur accueil chaleureux et l'ambiance de travail agréable et particulièrement un merci spécial pour le chef de département, les ingénieurs et les techniciens de département de maintenance et travaux neufs qui nous a beaucoup appris au cours de notre stage « **AZOUG Hemeni, SOLTANI Walid, LAIDOUDI Mourad, NECIB Aissa, MAHIDDINE Abdesettar** », et aussi « **BOUGEBRINE Abd Raouf, BAKHOUCHE Saloua, Jihen** »

Aussi on remercie le technicien « **AMARA Imad** » qui nous a accompagnés tout au long de cette expérience professionnelle avec beaucoup de patience et de pédagogie.

Un grand merci pour nos familles, surtout nos parents qui nous épaulent, soutiennent et suivent tout au long de ce projet.

Enfin un merci à nos chers amis qui ont toujours été présents et fidèles. Nos ténus remercient chaleureusement toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à l'accomplissement de ce cheminement.



Dédicace



Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail réalisé grâce à l'aide de Dieu à ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère.

- A ma grande mère « **Ourida** » dieu ce protège et à la mémoire de mon grand-père « **Ahmed RABIA** » reste en paix
- A l'homme, mon précieux offre du dieu, qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect mon cher père « **FETNI Moncef** » ;
- A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non âmes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse : mon adorable mère « **RABIA Djaouida** » ;
- A ma chère sœur « **Khaoula** » et son mari « **Hamza** » et ses enfants « **Nassim** et **Eline Zomorod** » qui n'ont pas cessée de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études ;
- A mon frère d'amour « **Mohamed** » pour l'amour qu'il me réserve ;
- A mes oncles adorés « **Djaafer** et **Sadek** » et ma tata « **Ghania** » ;
- A la mémoire de mon grand-père « **Mohamed** » et ma grande mère « **Eljiya** » restez en paix ;
- A tous les membres de ma famille et toute personne qui porte le nom « **FETNI** » et « **RABIA** » ;
Que Dieu les protège et leurs offre la chance et le bonheur.

- A mes oncles et mes tantes. Que Dieu leur donne une longue et joyeuse vie.
- A tous les cousins « **Sofian, Kamel, Massi...** » les cousines « **Mouna, Nour, Salma, Maram, Fadila, Ikram, Bouthaina, Choubaila, Dhiqra, Nesrine, Latifa** » ; les voisins et les amis « **Ayman, Mouez, Ali, Saif, Nizar, Raid** » que j'ai connus jusqu'à maintenant ;
- A mes chers copines que j'aime trop « **Djoughra, Yousra, Bouthaina** » qui m'ont aidé et supporté dans les moments difficile ;
- A mes chers « **Chams, Narimen, Lina, Oumnia, Widad, Ahlem, Soha, Aya** » ;
- Sans oublier mon binôme « **GHENAIET Sarra** » pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet ;
- A tous mes amis de promotion de 2^{ème} année Master en général et spécifiquement ma classe Maintenance Industriel « **Lina, Mounir, Oumaima, Khaled, Djoughra, Maroua, Sarra, Youcef, Slimane, Samir, Oumnia, Aymen, Haitham, Imene, Khedidja** » ;
Je vous aime tous et que Dieu vous protège, et je souhaite le succès dans la vie ;

- A la mémoire de ma chère cousine « **Mounera** » qui aurait bien voulu voir cet instant, être avec moi et me soutenir moralement et physiquement, ta mort inattendue et rapide laisse un grand vide parmi tous ceux qui t'ont aimé, tu me manque trop ; reposez en paix.

FETNI Asma



Dédicace



Louange à Allah, Maître des Mondes, et paix et salut soient sur celui qu'Allah a envoyé en miséricorde pour le monde entier, ainsi que sur sa Famille, ses Compagnons et ses Frères jusqu'au Jour de la Résurrection. Et après je dédie ce modeste travail :

- À la mémoire de ma grande mère **DOUAIFIA FATMA « Mama Zohra »** qui nous a quittés voilà six ans, puisse dieu le tout puissant l'avoir en sa sainte miséricorde, ton amour n'a cessé malgré ton absence. « Tu n'es plus là où tu étais, mais tu es partout là où je suis ».
- À ma chère mère **DOUAIFIA DALILA**, grâce à toi Mama j'ai appris le sens du travail et de responsabilité. Je voudrais te remercier pour ton amour, ta compréhension, ton soutien moral et physique qui a fait une lumière dans tout mon parcours, tes sacrifices que tu as déployés pour mon éducation. Je t'aime Mama et j'implore le tout-puissant pour qu'il t'accorde une bonne santé et une vie longue et heureuse. C'est grâce à toi Mama que ce succès est mérite.
- À mon oncle **ABID Rachid**, ma tante **DOUAIFIA Samira « ma deuxième mère »**, mon frère **ABID Habib** et mon unique sœur **ABID Wissal « Wissou »** qui m'ont soutenu inestimable à chacune des étapes de ce périple. Merci d'être toujours mes premiers supporteurs.
- À mon grand-père **DOUAIFIA Mouhamed** et son épouse **Rabiâa** et mon petit oncle **Yahia** que dieu leur donne une longue et joyeuse vie.
- À mes chères **GABA Ouala, AISSA Aya, HAMDI Chaima, FETNI Asma, BOUGUERRA Chams, SALEM Bouthaina, Zaineb, Sarra, Leila, Djihen, Lina, Oumnia**, merci pour tant d'attentions et de gentillesse et pour tous les moments de bonheur.
- À tous mes amis de promotion de 2^{ème} année Master en Maintenance Industrielle, merci pour les bons moments, je vous souhaite tous plus de succès.
- À toute la famille, les amis, les camarades, les voisins, tous ceux qui m'aiment et toute personne qui occupe une place dans mon cœur, merci pour votre amour et votre encouragement.
- À tous les enseignants qui ont participé à ma formation de 2005 à 2023.

GHENAIET Sarra

Sommaire

Remerciement	
Dédicace	
Sommaire	
Liste des figures...	I
Liste des tableaux.....	IV
Liste des abréviations...	V
Citation.....	VII
Résumé.....	VIII
Introduction générale.....	1
I PRESENTATION DE L'ENTREPRISE	4
I.1 INTRODUCTION	4
I.2 DESCRIPTION DE LA SONATRACH	4
I.3 ORGANISATION ET ACTIVITES SONATRACH	5
I.4 PRESENTATION DE LA DIRECTION DES GEM	10
I.5 CONCLUSION.....	29
II NOTIONS GENERALES SUR LA MAINTENANCE INDUSTRIELLE.....	31
II.1 INTRODUCTION	31
II.2 DEFINITION DE LA MAINTENANCE	31
II.3 LE ROLE DE LA MAINTENANCE	31
II.4 LES TYPES DE LA MAINTENANCE INDUSTRIELLE.....	31
II.5 LES OBJECTIFS DE LA MAINTENANCE	33
II.6 LES OPERATIONS DE LA MAINTENANCE	35
II.7 LES NIVEAUX DE LA MAINTENANCE	36
II.8 LES ECHELONS DE MAINTENANCE.....	37
II.9 POLITIQUES DE LA MAINTENANCE.....	38
II.10 LES TROIS FONCTIONS OPERATIONNELLES DE LA MAINTENANCE	39
II.11 LES FORMES ORGANISATIONNELLES DE LA MAINTENANCE	39
II.12 LES OUTILS DE LA MAINTENANCE	42
II.13 LA SURETE DE FONCTIONNEMENT	45
II.14 LES COUTS DE LA MAINTENANCE.....	46
II.15 CONCLUSION.....	47
III LA GESTION DE LA MAINTENANCE ASSISTEE PAR ORDINATEUR.....	49
III.1 INTRODUCTION.....	49
III.2 LA MAINTENANCE ET L'INFORMATIQUE	49
III.3 LES DEBUTS DE LA GMAO	49
III.4 DEFINITION DE LA GMAO	50

III.5	LES TYPES DE GMAO	50
III.6	QUELQUES PROGICIELS DE GMAO	51
III.7	LES CLASSES DE PROGICIELS DE GMAO	51
III.8	ANALYSE DES DIFFERENTS MODULES FONCTIONNELS D'UN PROGICIEL DE GMAO	52
III.9	DOMAINES A GERER.....	60
III.10	LES PRINCIPALES FONCTIONS DE LA GMAO	60
III.11	LES OBJECTIFS DE LA GMAO.....	60
III.12	LES FONCTIONNALITES DU SYSTEME GMAO	61
III.13	INSTALLATION D'UNE GMAO	61
III.14	LA REUSSITE D'UNE GMAO.....	62
III.15	ELABORATION D'UN PLAN GMAO	62
III.16	LES AVANTAGES ET INCONVENIENTS DE LA GMAO.....	63
III.17	LE PROGICIEL EMPACIX.....	64
III.18	CONCLUSION.....	67
IV	GENERALITES SUR LES GROUPES ELECTROGENES	69
IV.1	INTRODUCTION.....	69
IV.2	DEFINITION.....	69
IV.3	LES DIFFERENTES PARTIES D'UN GROUPE ELECTROGENE.....	70
IV.4	LES ACCESSOIRES DU GROUPE ELECTROGENE	78
IV.5	CARACTERISTIQUES TECHNIQUES D'UN GROUPE ELECTROGENE	80
IV.6	PROTECTIONS DU GROUPE ELECTROGENE	81
IV.7	ENTRETIEN ET MAINTENANCE DU GROUPE ELECTROGENE.....	82
IV.8	LES GROUPES ELECTROGENES A GAZ.....	83
IV.9	CONCLUSION	90
V	ETUDE DE CAS EMPACIX	92
V.1	INTRODUCTION.....	92
V.2	L'APPLICATION DE L'EMPACIX.....	92
V.3	LA MAINTENANCE CURATIVE DES GROUPES ELECTROGENE A GAZ CUMMINS 350 KVA	109
V.4	L'AMELIORATION DE LA MAINTENANCE INDUSTRIELLE.....	110
V.5	CONCLUSION.....	112
	Conclusion générale	113
	Abréviation.....	114

Liste des figures

Chapitre I : Présentation de l'entreprise

Figure I-1: Symbole de la SONATRACH	5
Figure I-2: Organigramme de SONATRACH	5
Figure I-3: Réseau de transport par canalisation	8
Figure I-4: Siège de la direction de la GEM	11
Figure I-5: Situation géographique des gazoducs Enrico Mattei	12
Figure I-6: Organigramme de la direction GEM	13
Figure I-7: Le Département Maintenance et Travaux Neufs	20
Figure I-8: Installations des gazoducs GEM Terminal Arrivée	23
Figure I-9: Gazoduc GO1	23
Figure I-10: Gazoducs GO1+GO2	24
Figure I-11: Gazoducs GO1+GO2 et SC2	24
Figure I-12: Gazoducs GO1+GO2+GO3 et SC2	25
Figure I-13: Système de protection cathodique	26

Chapitre III : Généralités sur la Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur

Figure III-1: Exemple de structure modulaire d'une GMAO	53
Figure III-2 : A propos de l'EMPACix	65

Chapitre IV : Généralités sur les groupes électrogènes

Figure IV-1: Processus de conversion d'énergie par un groupe électrogène	69
Figure IV-2: schématique d'un alternateur	71
Figure IV-3: Stator	71
Figure IV-4: Rotor	72
Figure IV-5: Principe de fonctionnement d'un rotor et un stator	72
Figure IV-6: Démarrage électrique : phase d'appel	73
Figure IV-7: Démarrage électrique : phase de maintien	74

Liste des figures

Figure IV-8: Circuit de refroidissement par eau	75
Figure IV-9 : circuit électrique de refroidissement	76
Figure IV-10: système de commande	78
Figure IV-11: Inverseur de source	80
Figure IV-12 : Le groupe électrogène CUMMINS 350GFBA	84
Figure IV-13 : Plaque signalétique de groupe électrogène CUMMINS 315GFBA	84
Figure IV-14 : Les composants électronique, vue latérale gauche	86
Figure IV-15 : Les composants électroniques, vue latérale droite	86
Figure IV-16 : Les composants électroniques, vue de dessus	87
Figure IV-17 : L'alternateur	87
Figure IV-18 : L'armoire de commande et contrôle	88
Figure IV-19 : Interface de télécommunication de l'armoire de commande et contrôle	89
Figure IV-20 : L'armoire INS	89
Figure IV-21 : Les dimensions de groupe électrogène à gaz CUMMINS 315GFBA	90

Chapitre V : Etude de cas EMPACix

Figure V-1: Fenêtre de connexion	93
Figure V-2: La page d'accueil	93
Figure V-3: Gestion du parc machine	94
Figure V-4: Equipement : Fiche technique	94
Figure V-5: Fiche technique du groupe électrogène a gaz CUMMINS	95
Figure V-6: Spécification technique du groupe électrogène a gaz CUMMINS	95
Figure V-7: Plan de maintenance préventive	96
Figure V-8: Gamme opératoire de maintenance préventive toutes les 250h	97
Figure V-9: Gamme opératoire de maintenance préventive toutes les 1000h	98
Figure V-10: Gamme opératoire de maintenance préventive toutes les 4000h	99
Figure V-11: Gamme opératoire de maintenance préventive toutes les 12000h	100
Figure V-12: Preparation demande d'intervention	101

Liste des figures

Figure V-13: Enregistrement	102
Figure V-14: Approbation DI	102
Figure V-15: Reponse et reception DI	103
Figure V-16: Préparation d'un bon de travail	104
Figure V-17: Bon de sortie magasin	105
Figure V-18: Préparation bon de travail personnel	105
Figure V-19: Préparation bon de travail outils	106
Figure V-20: Préparation bon de travail instructions	106
Figure V-21: Demande d'achat	107
Figure V-22: Ordre de travail	108
Figure V-23: Compte rendu technique	108
Figure V-24: Clôture technique	109

Liste des tableaux

Chapitre I : Présentation de l'entreprise

Tableau I-1: Composition du terminal arrivé Oued Safsaf GEM 27

Chapitre III : Généralités sur la Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur

Tableau III-1: Différents progiciels de gestion de la maintenance 51

Chapitre IV : Généralités sur les groupes électrogènes

Tableau IV-1: Fiche technique du moteur 85

Tableau IV-2 : Dimensions de groupe électrogène à gaz CUMMINS 315GFBA 90



Liste des abréviations



AFIM	Association Française Des Ingénieurs et Responsables de Maintenance
AFNOR	Association Française de la Normalisation
AMDEC	Analyse des Modes de Défaillance de leurs Effets et leur Criticité
AO	Association Informatique
AOA	Société Algéro-Omanienne
BAOSEM	Bulletin des Appels d'Offres du Secteur de l'Energie et des Mines
BSM	Bon Sortie Magasin
CAMM	Computer Aided Maintenance Management
CDHL	Centre de Dispatching d'Hydrocarbures Liquides
CEOT	Comité D'évaluation des Offres Techniques
CM³/An	Mètre Cube Contractuelle par An
CMMS	Computer Maintenance Management Système
CNDG	Centre National Dispatching Gaz
DA	Demande d'Approvisionnement
DAO	Dossier d'Appel d'Offres
DI	Demande d'Intervention
DPPEM	Direction de la Protection du Patrimoine Energétique et Minier
DT	Demande des Travaux
DTE	Demande de Travaux Externalisés
EMPACix	Maintenance Planning and Control, ix Système Unix (Systèmes d'Exploitation Multitâche et Multi-Utilisateur)
ENI	Ente Nazionale Idrocarburi (Société Italienne d'Hydrocarbures)
ERP	Enterprise Resource Planning
FIN	Finance
GEM	Gazoduc Enrico Mattei
GM	Gestion de la Maintenance
GMAO	Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur
GNL	Gaz Naturel Liquéfié
GO	Gazoduc
GPAO	Gestion de la Production Assistée par Ordinateur
GPL	Gaz de Pétrole Liquéfié
ICSS	Integrated Control and Safety System (Système de Contrôle et de Sécurité du Procèdes)

INS	Inverseur Normal Secours
LCC	Coût du Cycle de Vie
MBF	Maintenance Basée sur la Fiabilité
MO	Maitre d'Ouvrage
MTA	Moyenne des Temps d'Arrêt
MTBF	Mean Time Between Failure
MTTR	Mean Time To Restore
OESS	Oued El Saf
OT	Ordre des Travaux
OZ1, OZ2	Oléoduc Z1, Z2
PCCP	Power Command/Control Panel (Panneau de Contrôle et Commande)
PGI	Progiciel de Gestion Industriel
PK	Point Kilométrique
PME	Petites et Moyennes Entreprise
PMS	Power Management System
PSA	Peugeot Citroën Automobile
PSV	Pressure Safety Valve (Soupape De Sécurité)
RH	Ressources Humaine
SC	Station de Compression
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition (Système de Contrôle et d'Acquisition de Données)
SDF	Sûreté De Fonctionnement
SGRE	Système de Gestion du Réseau Electrique
SI	Système d'Information
TA	Terminal Arrivée
TPM	Total Productive Maintenance
TRS	Taux de Rendement Synthétique
TTR	Temps Technique de Réparation



CITATIONS



« Quand la maintenance tousse, c'est toute l'entreprise qui s'enrhume ».

Cuignet RENARD

« Il ne faut pas se fier aux choses qui ne peuvent arriver, car c'est justement celles-là qui arrivent ».

Pierre DOC

« Créer la qualité par la machine ».

Gérard NEYRET

Résumé :

Le développement industriel croissant contribue à l'économie, mais suite à la récession mondiale récente, les industries doivent augmenter leur production, améliorer la performance et la qualité de leurs produits, et optimiser leurs moyens de production et la maintenance pour réduire les coûts. La maintenance est cruciale pour assurer le bon fonctionnement des groupes électrogènes qui fournissent une alimentation continue en cas de coupure d'électricité. Autrefois gérée manuellement, la gestion de la maintenance assistée par ordinateur (GMAO) a été introduite dans les années 90 pour faciliter la maintenance. Dans ce mémoire, nous nous concentrons sur l'amélioration de la maintenance des groupes électrogènes à gaz à l'aide d'un logiciel GMAO appelé EMPACix. Le mémoire est organisé en cinq chapitres, couvrant l'entreprise, les notions de maintenance, la GMAO et EMPACix, les composants d'un groupe électrogène et l'étude de l'EMPACix. Des recommandations et des perspectives prometteuses seront fournies dans la conclusion, soulignant l'importance des progiciels de GMAO et des méthodes décrites pour améliorer la maintenance et les performances.

Mots clé : Industrie, Maintenance, Groupes électrogènes, GMAO (Gestion de la maintenance assistée par ordinateur), Amélioration, EMPACix, CUMMINS.

Abstract:

Increasing industrial development contributes to the economy, but following the recent global recession, industries need to increase production, improve the performance and quality of their products, and optimize their means of production and maintenance to reduce costs. Maintenance is crucial to ensure the proper functioning of generators that provide continuous power in the event of a power outage. Formerly managed manually, computerized maintenance management (GMAO) was introduced in the 90s to facilitate maintenance. In this thesis, we focus on improving the maintenance of gas generator sets using a GMAO software called EMPACix. The thesis is organized into five chapters, covering the company, maintenance concepts, GMAO and EMPACix, generator set components and the study of EMPACix. Promising recommendations and perspectives will be provided in the conclusion, highlighting the importance of GMAO packages and the methods described to improve maintenance and performance.

Key words: Industry, Maintenance, power generator, GMAO (Computer Aided Maintenance Management), improvement, EMPACix, CUMMINS.

ملخص:

تساهم زيادة التنمية الصناعية في الاقتصاد، ولكن بعد الركود العالمي الأخير، تحتاج الصناعات إلى زيادة الإنتاج وتحسين أداء وجودة منتجاتها وتحسين وسائل إنتاجها وصيانتها لتقليل التكاليف. الصيانة أمر بالغ الأهمية لضمان حسن سير المولدات التي توفر طاقة مستمرة في حالة انقطاع التيار الكهربائي. كانت تدار يدويا سابقا، وتم تقديم إدارة الصيانة المحوسبة (GMAO) في التسعينات لتسهيل الصيانة. في هذه الأطروحة نركز على تحسين صيانة مجموعات مولدات الغاز باستخدام برنامج GMAO يسمى EMPACix. تم تنظيم الأطروحة في خمسة فصول، تغطي الشركة، ومفاهيم الصيانة، GMAO و EMPACix، ومكونات مجموعة المولدات ودراسة برنامج EMPACix. سيتم تقديم توصيات ووجهات نظر واعدة في الختام، مع تسليط الضوء على أهمية برامج GMAO والأساليب الموضحة لتحسين الصيانة والأداء.

الكلمات المفتاحية: الصناعة ، الصيانة ، مولد الطاقة ، GMAO (إدارة الصيانة بمساعدة الكمبيوتر) ، التحسين ، EMPACix ، CUMMINS.



Introduction générale



Le monde industriel se développe de plus en plus, contribuant au développement économique du pays, mais en raison de la récession que le monde a connu ces dernières années, la plupart des industries ont besoin de doubler leur production, ce qui nécessite d'améliorer la performance et la qualité de leurs produits et d'optimiser leurs moyens de production et d'optimiser la maintenance et ses coûts. Par conséquent, les différentes fonctions de l'entreprise, en particulier la fonction de maintenance, sont obligées de mener des recherches continues et d'appliquer diverses méthodes pour améliorer la fiabilité de plusieurs organes de l'industrie.

Parmi ces organes on trouve les groupes électrogènes qui assurent le fonctionnement continu de l'industrie en cas de coupure du courant électrique parce que toute interruption ou perturbation dans la distribution de cette énergie entraîne des désordres qui peuvent devenir insupportables pour l'utilisateur.

Comme on connaît précédemment dans les années 80, la maintenance et le suivi des opérations étaient effectués avec des documents papier puis conservée dans le cahier d'intervention avec un bref aperçu des opérations réalisés. Et pour mieux gérer et faciliter la maintenance, ils ont créé la GMAO au début des années 90. La GMAO est l'un des plusieurs méthodes existant pour améliorer la maintenance et réduire les pannes.

Dans le cadre de ce mémoire, notre travail consiste à améliorer la maintenance d'un groupe électrogène à gaz à l'aide d'un logiciel GMAO. C'est pour cela on a choisi comme thème de ce mémoire :

« **Contribution à l'amélioration de la maintenance des groupes électrogènes à gaz** »

Pour mener à bien notre travail on a organisé notre mémoire en cinq chapitres :

Chapitre I : nous allons présenter l'entreprise dans laquelle nous avons effectué notre stage pratique.

Chapitre II : nous allons parler sur les notions générales de la maintenance.

Chapitre III : nous allons présenter des généralités sur la GMAO et le progiciel EMPACix.

Chapitre IV : nous donnons les notions de base d'un groupe électrogène en donnant ses différents constituants et le rôle de chacun pour sa bonne mise en marche.

Chapitre V : nous allons consacrer ce chapitre sur l'étude de l'EMPACix qui joue un grand rôle dans l'amélioration de la maintenance au sein de GEM.

Une conclusion finalisera le mémoire où des recommandations seront présentées visant des perspectives prometteuses.



Chapitre I : Présentation de l'entreprise



I Présentation de l'entreprise

I.1 Introduction

Ce chapitre traite la présentation de SONATRACH « Société de recherche, d'exploitation, de transport par canalisation, de transformation et de commercialisation des hydrocarbures et de leurs dérivées » en général et la direction Gazoducs Enrico MATTEI (GEM) –Tébessa, Wed El Saf SAF– en particulier où nous avons effectué notre stage pratique.

I.2 Description de la SONATRACH

SONATRACH est la compagnie nationale algérienne de recherche, d'exploitation, de transport par canalisation, de transformation et de commercialisation des hydrocarbures et de leurs dérivées. Elle a pour missions de valoriser de façon optimale les ressources nationales d'hydrocarbures et de créer des richesses au service du développement économique et social du pays.

Compagnie pétrolière intégrée, Sonatrach est un acteur majeur dans le domaine du pétrole et du gaz. Sonatrach est aujourd'hui la première compagnie d'hydrocarbures en Afrique et en Méditerranée. Elle exerce ses activités dans quatre principaux domaines l'Amont, l'Aval, le Transport par Canalisation et la Commercialisation.

Elle est présente dans plusieurs projets avec différents partenaires en Afrique, en Amérique Latine et en Europe. Depuis sa création, Sonatrach a réussi à acquérir une forte capacité d'intégrer les nouvelles technologies, à asseoir une présence prouvée et fiable sur les marchés internationaux des hydrocarbures liquides et gazeux et à capitaliser son expérience du partenariat avec les compagnies internationales de tailles et d'origines géographiques différentes.

Elle s'est également adaptée au nouvel environnement économique mondial en diversifiant ses activités, par conséquent, investit d'autres créneaux économiques notamment les mines, la génération électrique, l'eau, le transport aérien et maritime...etc.

Aujourd'hui, Sonatrach s'affirme non seulement comme un Groupe international à vocation pétrolière et gazière, mais comme une compagnie solidaire, responsable et citoyenne. Elle s'est engagée en faveur du développement économique, social et culturel des populations ; elle s'est fixée des priorités incontournables en matière de HSE et s'est impliquée résolument dans la protection de l'environnement et la préservation des écosystèmes. La société SONATRACH est symbolisée par le symbole suivant :



Figure I-1: Symbole de la SONATRACH

I.3 Organisation et Activités SONATRACH

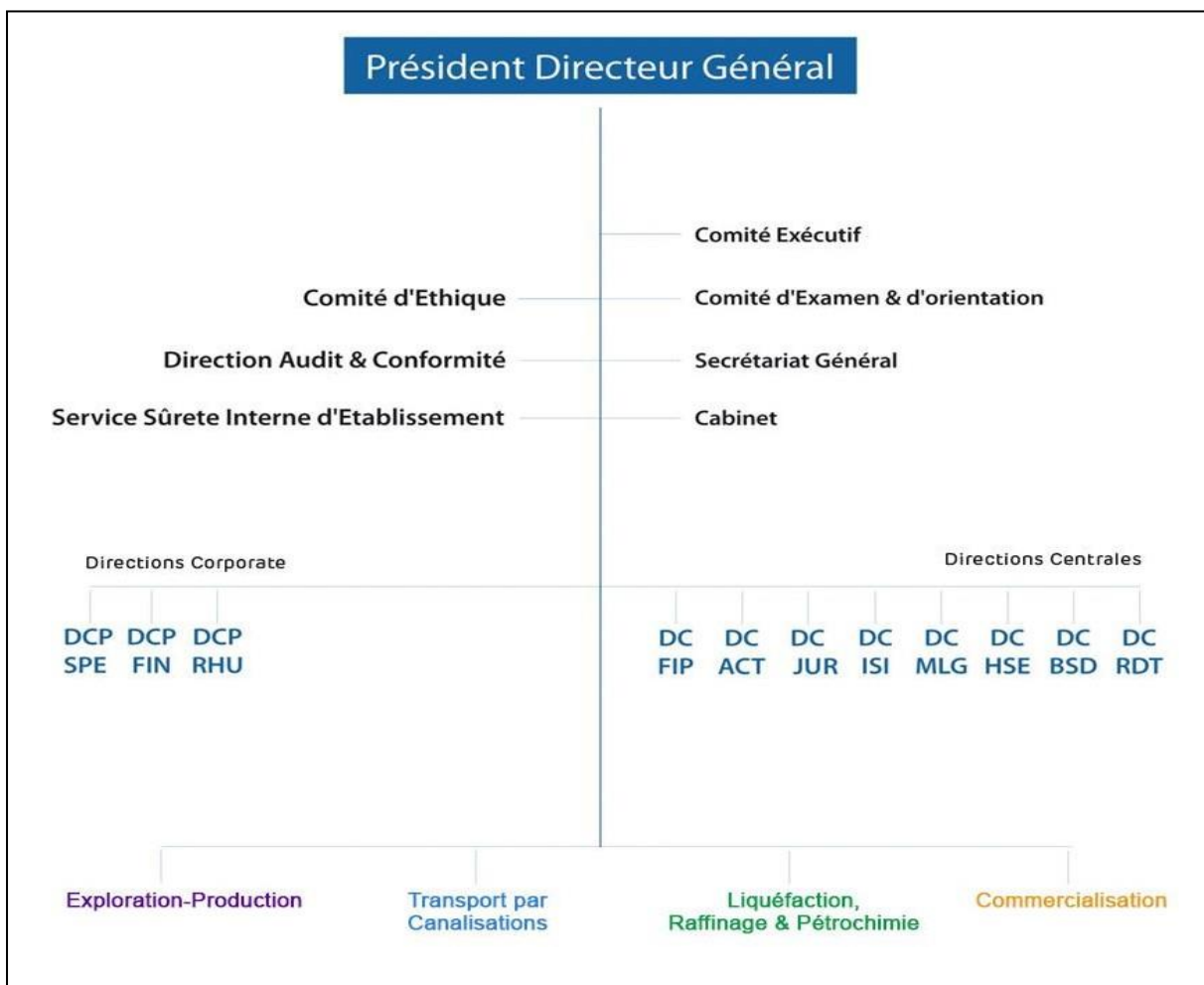


Figure I-2: Organigramme de SONATRACH

1. Directions Corporate (DCP)

- Stratégie, Planification & Économie (SPE)
- Finances (FIN)
- Ressources Humaines (RHU)

2. Directions Centrales

- Filiales & participations (FIP)
- Activités Centrales (ACT)
- Juridique (JUR)
- Informatique & Système d'Information (ISI)
- Marchés et Logistique (MLG)
- Santé, sécurité & environnement (HSE)
- Business Développement (BSD)
- Recherche & Développement (RDT)

I.3.1 Activité Exploration-Production (Amont)

L'Activité Amont recouvre les métiers de recherche, d'exploration, de développement et de production d'hydrocarbures. Sonatrach opère dans des gisements géants, dans différentes régions du Sahara algérien, tels que Hassi Messaoud, Hassi R'Mel, Hassi Berkine, Ourhoud, Tin Fouyé Tabankort, Rhourde Nous, In Salah et In Amenas, en effort propre ou en association avec des compagnies pétrolières étrangères.

Dans le but de remplir ses missions prioritaires, celles de développer les gisements découverts, d'améliorer le taux de récupération, de renforcer les capacités de production pétrolières et gazières, Sonatrach a initié et réalisé des projets de grandes envergures. Ces projets sont accomplis par Sonatrach seule ou en association avec ses partenaires.

Les bassins sédimentaires algériens couvrent plus de 1,5 million de kilomètres carrés avec une épaisseur dépassant 3000 mètres dans la plupart des cas.

I.3.2 Activité Transport par Canalisation

L'Activité Transport par Canalisations est un maillon important de la chaîne des hydrocarbures et ce, d'un point de vue historique, stratégique et opérationnel.

L'histoire de SONATRACH a débuté avec cette activité lorsqu'elle s'est lancée dès 1966 dans la construction du premier oléoduc algérien, l'OZ1, d'une longueur de 805 KM, reliant Haoud El Hamra à Arzew.

Depuis, le réseau de transport par canalisations n'a eu de cesse de se densifier et de se complexifier en fonction du développement des activités de l'Amont et de l'Aval pétrolier et gazier de SONATRACH, en national et en international.

Chapitre I : Présentation de l'entreprise

En 2015, les hydrocarbures (pétrole brut, condensat, GPL et gaz naturel) ont été transportés à travers un réseau de canalisations de près de 19 623 km (figure I-3).

Des centres de dispatching comptent parmi les installations névralgiques de SONATRACH car ils permettent de collecter, puis d'acheminer les hydrocarbures en provenance des zones de production vers leurs multiples destinations :

- Le Centre de Dispatching d'Hydrocarbures Liquides (CDHL) de Haoud El Hamra (Hassi Messaoud).

Le Centre National de Dispatching Gaz (CNDG) de Hassi R'mel, qui assure la collecte du gaz naturel provenant des sites de production et son acheminement par pipeline vers les centres de consommation (Sonelgaz, clients tiers et unités de Sonatrach), de transformation (complexes de liquéfaction) et d'exportation par gazoducs (PEDRO DURAN FARELL, ENRICO MATTEI et GZ4-MEDGAZ).

Parmi les autres infrastructures importantes :

- 22 Systèmes de Transport par Canalisations (21 en exploitation, 01 en cours de réalisation GR5) intégrant 82 stations de pompage et de compression dont 50 Stations de Pompage destinées aux hydrocarbures liquides.
- De nombreux postes de chargement à quai de pétrole brut, de condensat, de GNL et des produits pétroliers au niveau des trois ports pétroliers de chargement d'hydrocarbures Arzew, Bejaia et Skikda.

Les 03 ports sont équipés de 5 bouées de chargement de pétrole en haute mer, qui permettent les accostages de tankers de capacité allant de 80 000 à 320 000 TM.

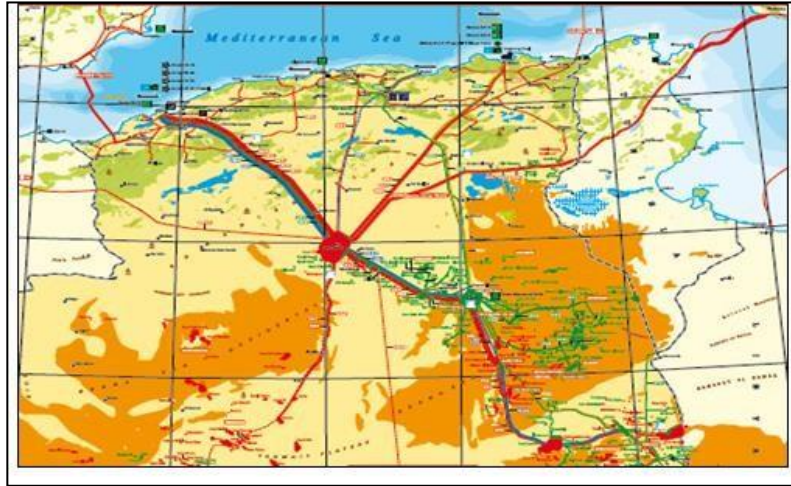


Figure I-3: Réseau de transport par canalisation

I.3.3 Activité Liquéfaction, Raffinage et Pétrochimie (Aval)

L'activité Aval a en charge le développement et l'exploitation des complexes de la Liquéfaction, le Raffinage, la Pétrochimie.

En 2015, la production totale de GNL totalise 26,8 millions de m³. Cette production s'appuie sur quatre (04) complexes de GNL, dont :

- Un (01) méga train à Skikda, le GL1K d'une capacité de 10 millions de m³ de GNL par an.
- Un (01) méga train à Arzew (GL3Z), d'une capacité de 10,5 millions m³ de GNL par an.

En matière de raffinage, une production de 29,3 millions de Tonnes en 2015 a été générée par cinq (05) raffineries de brut et une (01) raffinerie de condensat :

- La raffinerie d'Alger, avec une capacité de traitement de pétrole brut de 2,7 millions de Tonnes par an.
- La raffinerie de Skikda, avec une capacité de traitement de pétrole brut de 16,5 millions de Tonnes par an.
- La raffinerie d'Arzew, avec une capacité de traitement de pétrole brut de 3,75 millions de Tonnes par an.
- La raffinerie de Hassi Messaoud avec une capacité de traitement de pétrole brut de 1,1 millions de Tonnes par an.
- La raffinerie d'Adrar, avec une capacité de traitement de pétrole brut de 600 000 Tonnes par an.
- La raffinerie de condensat de Skikda, avec une capacité de traitement de cinq (05) millions de Tonnes par an.

Chapitre I : Présentation de l'entreprise

Dans la stratégie de redynamisation des activités de raffinage de pétrole, la pétrochimie y tient une place prépondérante. SONATRACH à travers le développement de ce segment de l'Aval, entend participer au développement d'un tissu industriel, créateur d'emplois et contribuant à la diversification de l'économie nationale.

Notre industrie pétrochimique exploite actuellement :

- Deux complexes pétrochimiques, l'un situé à Arzew (CP1Z) d'une capacité de 124000 Tonnes par an et l'autre à Skikda (CP2K) d'une capacité de 130 000 Tonnes par an ;
- Deux unités d'extraction d'hélium, l'unité Hélios et Helison à Skikda ;
- Quatre complexes pétrochimiques : AOA, Sorfert et Fertial à Arzew et Annaba.

I.3.4 Activité Commercialisation

L'Activité Commercialisation est en charge de l'élaboration et de la mise en œuvre de la stratégie de SONATRACH en matière de commercialisation des hydrocarbures sur le marché national et à l'international.

L'Activité Commercialisation couvre les domaines suivants :

- La commercialisation sur le marché national du gaz naturel, des GPL, des produits pétroliers et dérivés, des produits pétrochimiques et les gaz industriels ;
- La commercialisation sur le marché international du gaz naturel, du GNL, des GPL, du pétrole brut, des produits raffinés et dérivés, et du condensat ;
- Le transport maritime des hydrocarbures.

Ses principales missions consistent à :

- Veiller à la régularité de l'approvisionnement du marché national en hydrocarbures, y compris par le recours aux importations.
- Maximiser la valorisation des hydrocarbures destinés à l'exportation sur le marché international.

I.3.5 Filiales et Participations

Le Groupe Sonatrach dispose de 154 filiales et participations activant aussi bien au niveau national qu'à l'international. 105 sociétés prestent en Algérie et 49 autres à travers le monde, tel qu'au Pérou, en Angleterre, en Espagne, au Mali, au Niger, ...etc.

Les sociétés du Groupe Sonatrach interviennent dans des domaines variés, notamment :

Chapitre I : Présentation de l'entreprise

- La production et l'exploration d'hydrocarbures.
- Les services parapétroliers.
- La production et la commercialisation d'engrais et de fertilisants.
- La construction et l'engineering.
- Le dessalement d'eau de mer.
- Le transport aérien.
- Le trading (la commercialisation) ;
- Le shipping (le transport maritime) ;

Les principales filiales de Sonatrach sont :

- ENAFOR (Réalisation d'opérations de forage) ;
- ENAGEO (Réalisation des prospections géophysiques) ;
- ENSP (Réalisation de services aux puits) ;
- ENTP (Forage et Work over de puits hydrocarbures) ;
- ENGTP (Etudes et réalisation d'installations Industrielles) ;
- GCB (Génie Civil et Bâtiment) ;
- ENAC (Engineering, Construction & Pose de canalisations) ;
- SAFIR (Engineering et réalisation d'unités industrielles) ;
- NAFTAL, (Commercialisation et de Distribution des Produits Pétroliers) ;
- HYPROC SC (Shipping) ;
- Tassili Airlines (Transport aérien) ;
- Groupe ASMIDAL (production, commercialisation et développement des engrais, de l'ammoniac et des dérivés).

I.4 Présentation de la Direction des GEM

Les Gazoducs GEM (Gazoducs Enrico Mattei) sont installés en vue d'alimenter l'Europe en gaz naturel via la Tunisie et méditerranée et faisant partie d'un ouvrage transcontinentale d'une longueur de 5000 Km.

Aussi, les Gazoducs GEM alimentent en gaz naturel, sur le long de leur parcours, les localités des wilayas traversées

La mission essentielle assignée à notre Direction est de transporter le gaz naturel à partir du Centre National Dispatching Gaz (CNDG) Hassi R'Mel vers le Terminal Arrivée de Oued Safsaf, afin de le livrer aux clients étrangers.



Figure I-4: Siège de la direction de la GEM

I.4.1 Situation géographique des GEM (Terminal arrivé)

Le terminal arrivé est situé dans le territoire de la commune de Safsaf Elouesra, Dira d'OUM ALI Wilaya de Tébessa, plus exactement dans la région connue sous le nom de Oued Safsaf ; aux frontières algéro-tunisien. La commune de Safsaf Elouesra est située au sud-est de la wilaya de Tébessa.

Actuellement les Gazoducs sont nommés Par décret présidentiel du 14 novembre 1999, Enrico Mattei, c'est le nom d'un industriel et homme politique italien, fondateur et président de l'entreprise ENI. Il est né 1906 ; engagé aux côtés des causes justes pour la liberté et la paix dans le monde. Il a activement soutenu la lutte du peuple algérien, pour son l'indépendance nationale.



Figure I-5: Situation géographique des gazoducs Enrico Mattei

I.4.2 Missions et Activités assurées par la direction des GEM

La Direction des Gazoducs Enrico Mattei a pour missions essentielles :

- Assurer la réalisation du programme de transport gaz par canalisations d'une longueur de 1650 Km et une station de compression commune pour les gazoducs GO1, GO2 et GO3 reliant le CNDG Hassi R'Mel au Terminal Arrivée Oued Safsaf, dans les meilleures conditions d'exploitation, de sécurité et de protection de l'environnement.
- Piloter les opérations de transport du gaz.
- Maintenir les installations de la Direction en bon état de fonctionnement.
- Planifier, coordonner et contrôler toutes les activités fonctionnelles de la Direction.
- Etablir et présenter à la hiérarchie les plans et budgets inhérents aux activités de la Direction.
- Veiller sur le contrôle des coûts et le suivi des réalisations budgétaires.
- Veiller à l'application des réglementations en vigueur.
- Assurer le suivi et la coordination du dispositif de passation des marchés.
- Représenter la société auprès des autorités, institutions et autres tiers.
- Assurer la gestion administrative et comptable de la Direction.

I.4.3 Organisation de la Direction des GEM

La Direction des Gazoducs Enrico Mattei (GEM) est organisée comme suit : (figure I-6)

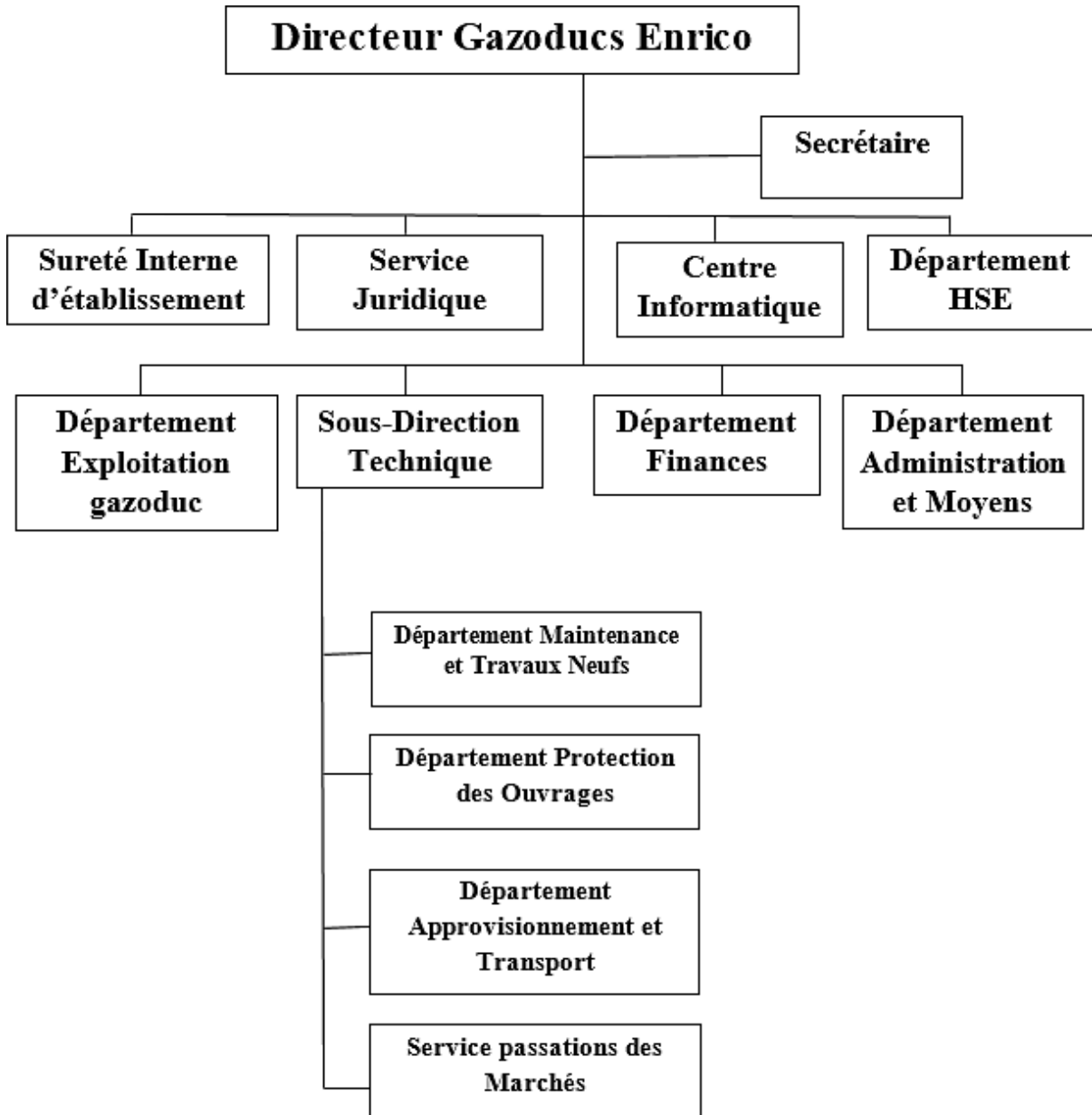


Figure I-6: Organigramme de la direction GEM

1. Le Département Exploitation Gazoducs

Le Département Exploitation Gazoducs a pour missions essentielles :

- Assurer l'exploitation du gazoduc et de la station de compression dans les meilleures conditions de sécurité, de protection de l'environnement et de rentabilité.
- Exécuter le plan de production (transport) gaz, assigné à la Direction.
- Veiller au respect des normes et procédures de fonctionnement des installations.
- Définir les régimes de fonctionnement des machines et mettre en œuvre le programme d'expédition.

Chapitre I : Présentation de l'entreprise

- Assurer l'interface entre les structures concernées pour réguler le trafic et optimiser le réseau de transport.
- Assurer la comptabilisation des quantités réceptionnées et expédiées.
- S'assurer du maintien en bon état de fonctionnement des systèmes de comptage et d'analyse du produit.
- Elaborer avec les structures de maintenance, le planning d'entretien et de réhabilitation des installations de transport.
- Veiller au respect des règles et des normes en matière d'hygiène et de sécurité.
- Elaborer les prévisions budgétaires de sa structure en matière d'investissement et de fonctionnement.
- Définir les besoins en personnel de sa structure et en assurer la formation.
- Assurer la gestion administrative de son personnel.

2. Le Département Finances

A pour missions essentielles :

- Piloter la campagne d'élaboration du budget de la Direction et en assurer le suivi de son exécution.
- Assurer et veiller à la tenue courante des comptes en comptabilité générale et analytique et l'établissement des bilans comptables et fiscaux de la Direction, conformément à la législation et réglementation en vigueur.
- Veiller à la bonne tenue et à la préservation des documents comptables dans le respect de la réglementation en vigueur.
- Etablir et suivre les paiements relatifs aux déclarations fiscales et parafiscales.
- Procéder au contrôle et à la vérification de toute facture (fournisseur - client), avant de les transmettre au service trésorerie pour paiement.
- Assurer la mise à jour et l'assainissement du fichier des amortissables.
- Veiller au bon déroulement de toutes les opérations de trésorerie et assurer la gestion et la mise à jour des registres réglementaires.
- Assurer la gestion comptable du patrimoine mobilier et immobilier de la Direction (inventaires, acquisition, cession, réforme, transfert ...).
- Assurer l'interface avec les structures de contrôle interne et externe et mettre en œuvre les recommandations formulées et veiller à la levée des réserves.
- Assurer une gestion rigoureuse des opérations bancaires.

Chapitre I : Présentation de l'entreprise

- Veiller au classement et conservation des garanties bancaires et surveiller les dates d'échéance.
- Assurer le reporting périodique à la Hiérarchie.
- Définir les besoins en personnel de sa structure et en assurer la formation.
- Assurer la gestion administrative de son personnel.

3. Le Département Administration et Moyens

A pour missions essentielles :

- Elaborer et exécuter les plans emploi et formation de la Direction.
- Veiller à l'application rigoureuse des procédures réglementaires contenues dans le manuel de gestion de la société et les textes législatifs y afférents.
- Assurer les prestations et les services de support aux structures de la Direction, en matière de restauration, de nettoyage, d'entretien bâtiments, des conditions de vie...etc.
- Assurer la gestion et le suivi des biens mobiliers et immobiliers de la Direction.
- Recruter, valoriser et développer les ressources humaines dans le cadre du budget et en conformité avec la politique définie par la société.
- Veiller à la gestion et à la mise à jour des dossiers administratifs.
- Assurer la rémunération du personnel dans le respect des textes réglementaires.
- Veiller à la réalisation des programmes en matière de médecine du travail, d'animation socioculturelle et sportive.
- Etablir les décisions administratives portant mouvement du personnel (promotions, mutations, détachements, mise en disponibilité, mise en retraite, primes et indemnités, etc.)
- Veiller à la tenue à jour des registres légaux prévus par la réglementation.
- Assurer et entretenir les relations avec les organismes sociaux (CNAS, CNR, Mutuelle, ...etc.) Ainsi que la Wilaya (Direction de la formation, ANEM ...).
- Veiller à l'établissement des déclarations sociales et fiscales, mensuelles et annuelles dans les délais impartis.
- Gérer les précontentieux internes et assurer les interfaces avec l'inspection du travail.
- Assister les structures de la Direction en matière d'application et d'interprétation de la réglementation.
- Suivre le fonctionnement des travaux des différentes commissions paritaires de la direction.
- Appliquer et faire appliquer les règles et consignes de sécurité.
- Assurer le reporting périodique à la Hiérarchie.
- Elaborer les prévisions budgétaires de sa structure.

Chapitre I : Présentation de l'entreprise

- Définir les besoins en personnel de sa structure et en assurer la formation.
- Assurer la gestion administrative de son personnel.

4. Le Département HSE

A pour missions essentielles :

- Assurer la protection et la sauvegarde du patrimoine humain et matériel ainsi que l'environnement par des actions d'évaluation et de prévention.
- Veiller au respect et à l'application des règles, procédures et directives en matière de santé, de sécurité et de la protection de l'environnement.
- Assurer l'animation de la fonction HSE au sein de la direction par des actions constantes de sensibilisation et de formation.
- Assurer le suivi de la mise en œuvre de la politique HSE au sein des différents sites de la Direction.
- Participer aux opérations d'audit opérationnel pour l'amélioration des techniques d'exploitation des installations de transport, de maintenance, de sécurité et de protection de l'environnement.
- Mettre en place un plan préventif des accidents et incidents.
- Assurer la diffusion des consignes de sécurité en matière de prévention, d'intervention et de surveillance conformément aux règles HSE.
- Assurer le suivi d'exécution des recommandations de la Commission d'Hygiène et de Sécurité.
- Contribuer à la réalisation des études de sécurité et la mise à niveau réglementaire des installations classées.
- Assurer le reporting journalier à la hiérarchie.
- Définir les besoins en personnel de sa structure et en assurer la formation.
- Assurer la gestion administrative de son personnel.

5. Le Service Juridique

A pour missions essentielles :

- Veiller au respect des textes réglementaires, des procédures et des instructions émanant de la Direction Générale de la société.
- Défendre les intérêts matériels et moraux de la Direction devant les juridictions compétentes.

Chapitre I : Présentation de l'entreprise

- Assister les structures dans l'élaboration des dossiers d'appels d'offres et l'exécution des contrats.
- Examiner et valider les projets de contrats conformément à la procédure et à la réglementation en vigueur.
- Assurer le traitement et le suivi des affaires contentieuses en collaboration avec les structures centrales concernées.
- Assurer la déclaration des sinistres et la gestion des assurances de la Direction en collaboration avec les structures centrales concernées.
- Représenter la direction auprès des institutions judiciaires, cabinet conseil.
- Assurer la gestion des contrats avec les avocats, les huissiers de justice et les experts judiciaires liés par des conventions avec la société.
- Assurer le reporting régulier à la hiérarchie.
- Définir les besoins en personnel de sa structure et en assurer la formation.
- Assurer la gestion administrative de son personnel.

6. Le Centre Informatique

A pour missions essentielles :

- Mettre en œuvre la politique informatique édictée par la société.
- Assurer la mise à disposition des équipements et accessoires informatiques nécessaires au fonctionnement des structures de la Direction.
- Veiller sur l'optimisation et la maintenance des systèmes informatiques, équipements et machines.
- Veiller à la tenue à jour du fichier relatif au suivi du parc informatique.
- Contribuer au développement des applications informatiques.
- Exploiter les systèmes informatiques et bases de données.
- Gérer et exploiter le système d'information (messagerie électronique et le réseau informatique).
- Implémenter les applications informatiques et en assurer leurs administrations (EXPLOITATION, GMAO, RH, FIN, etc....).
- Initier et assurer la formalisation des dossiers de réforme liés au matériel informatique.
- Etablir les DAO relatifs au domaine informatique.
- Suivre les projets informatiques en cours de réalisation.
- Assurer le reporting régulier à la hiérarchie.
- Définir les besoins en personnel de sa structure et en assurer la formation.

Chapitre I : Présentation de l'entreprise

- Assurer la gestion administrative de son personnel.

7. Sûreté Interne d'Établissement

Est chargée de :

- Assurer la protection et la sauvegarde des biens et des personnes relevant de la Direction.
- Evaluer les risques et menaces auxquels peut être exposé le patrimoine de la société.
- Elaborer les plans de sûreté interne des sites implantés dans son champ d'intervention et le suivi de leur mise en œuvre.
- Assurer la coordination, l'évaluation, l'inspection et le contrôle permanent des dispositifs.
- Assurer avec les services de sécurité, l'escorte des expatriés et des délégations en déplacement dans les sites de la Direction.
- Assurer la mise en œuvre et la gestion des contrats de prestation avec les sociétés de gardiennage.
- Gérer les moyens et les équipements spécifiques éventuels mis à sa disposition.
- Prendre les mesures adéquates devant concourir à la prévention, la préservation et le cas échéant à la défense du patrimoine par l'usage de tous les moyens appropriés contre tout acte malveillant.
- Faire le reporting quotidien à la hiérarchie et à la tutelle sur la situation sécuritaire des sites.
- Garantir l'interface avec les autorités et les services de sécurité.
- Veiller à l'application stricte de la réglementation en vigueur régissant la sûreté interne d'établissement.
- Définir les besoins en personnel de sa structure et en assurer la formation.
- Assurer la gestion administrative de son personnel.

8. La Sous-direction Technique

A pour missions essentielles :

- Veiller au maintien des installations de la Direction en état de fonctionnement optimal pour réaliser le plan de transport.
- Assurer la protection et la préservation de l'intégrité des ouvrages et installations de transport.
- Veiller à l'élaboration des programmes de maintenance, rénovation, réhabilitation des installations en collaboration avec les structures centrales habilitées.
- Assurer le suivi et la réalisation des projets d'investissement de la Direction.

Chapitre I : Présentation de l'entreprise

- Assurer le suivi des réalisations des plans annuels de maintenance, d'inspection, et de réhabilitation des ouvrages de transport.
- Planifier et suivre l'exécution du programme d'approvisionnement en pièces de rechange et suivre l'évolution des stocks pour le réapprovisionnement.
- Veiller à la disponibilité et à la maintenance du parc roulant de la Direction.
- Assurer le suivi et la gestion des contrats de prestation.
- Veiller au fonctionnement de la structure Passation des Marchés.
- Assurer les opérations d'inventaire des amortissables et des stocks ainsi que les opérations de réforme.
- Veiller à la mise en œuvre des contrôles réglementaires des équipements, des installations et du parc roulant.
- Veiller au strict respect des procédures et consignes en matière de HSE.
- Coordonner et consolider les prévisions budgétaires de sa structure.
- Assurer le reporting régulier à la hiérarchie.
- Définir les besoins en personnel de sa structure et en assurer la formation
- Assurer la gestion administrative de son personnel.

➤ **Le Département Maintenance et Travaux Neufs**

A pour missions essentielles :

- Assurer l'inspection, la maintenance, la réparation et la sécurité des installations ;
- Veiller au fonctionnement optimal des équipements et installations techniques ;
- Elaborer en collaboration avec le Département Exploitation, les plans et les programmes de contrôle réglementaire et de maintenance des installations ;
- Participer à l'élaboration et à l'actualisation des procédures et des exigences techniques en matière de maintenance des installations ;
- Elaborer les besoins en pièces de rechange, en fonction du programme de maintenance ;
- Assurer l'étude, la préparation des DAO et le suivi de la réalisation des projets d'investissements ;
- Veiller à la mise en œuvre de la GMAO au niveau des structures de la Direction ;
- Assurer la représentation de la Direction durant les phases d'Engineering et de réalisation de projets initiés par la Division Etudes et Développement ;
- Assurer le classement, la conservation du fonds documentaire et la communication de l'information technique ;
- Veiller au strict respect des procédures et consignes en matière de HSE ;

Chapitre I : Présentation de l'entreprise

- Coordonner les opérations de maintenance de niveaux 3 et 4 réalisées par les structures de maintenance internes ou externes ;
- Définir les prévisions budgétaires de la structure ;
- Assurer le reporting périodique à la hiérarchie ;
- Définir les besoins en personnel de sa structure et en assurer la formation

La Département de Maintenance et Travaux Neufs est organisée comme suit (figure I-7)

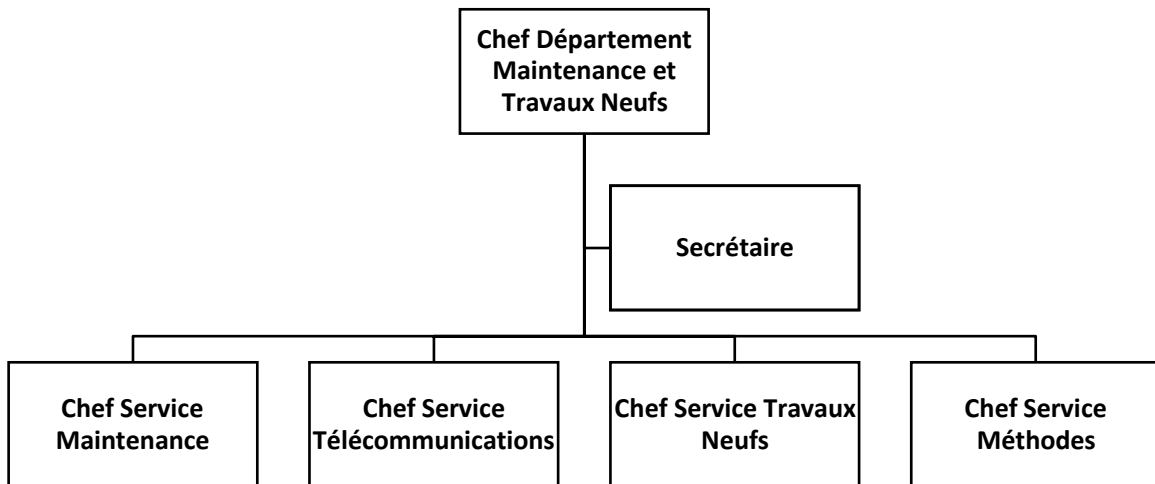


Figure I-7: Le Département Maintenance et Travaux Neufs

➤ Le Département Protection des Ouvrages

A pour missions essentielles :

- Maintenir les ouvrages de la Direction (lignes) en état de fonctionnement optimal pour réaliser le programme de transport ;
- Elaborer et mettre en œuvre le programme annuel de maintenance et de réhabilitation des canalisations ;
- Assurer la protection et la préservation de l'intégrité des ouvrages ;
- Réaliser en collaboration avec les structures Exploitation et HSE, les études diagnostics et interventions sur les ouvrages en intégrant les impératifs de fiabilité, de délais et de sécurité ;
- Assurer la levée des réserves formulées dans les rapports d'inspection ;
- Assurer le relevé et l'analyse des paramètres de protection cathodique et arrêter le plan d'action ;
- Elaborer et assurer le suivi du programme d'inspection par outil intelligent ;

Chapitre I : Présentation de l'entreprise

- Analyser les rapports d'inspection, relever les anomalies et programmer les actions correctives (réparation des revêtements, remplacement de tronçons, montage d'équipements spéciaux...);
- Veiller au maintien en bon état des moyens matériels de la structure ;
- Assurer la gestion technique et administrative des secteurs travaux de la Direction ;
- Veiller au respect des règles et consignes HSE ;
- Elaborer et veiller au respect des procédures d'intervention sur les ouvrages ;
- Coordonner les travaux d'entretien et de réhabilitation avec les autorités, les instances locales et les structures concernées ;
- Assurer le respect des procédures de travail en vigueur dans l'exécution des plans d'entretien et de réhabilitation ;
- Etablir les Dossiers d'Appel d'Offres relatifs à l'entretien et/ou la réhabilitation des ouvrages et en assurer l'exécution et le suivi des contrats ;
- Assurer le reporting périodique à la hiérarchie ;
- Elaborer les prévisions budgétaires de sa structure ;
- Définir les besoins en personnel de sa structure et en assurer la formation ;
- Assurer la gestion administrative de son personnel.

➤ **Le Département Approvisionnements et Transport**

A pour missions essentielles :

- Elaborer le plan annuel d'approvisionnement des pièces de rechange, consommables et biens d'équipements ;
- Suivre l'exécution du programme d'approvisionnement en pièces de rechange et suivre l'évolution des stocks pour le réapprovisionnement ;
- Piloter les opérations d'inventaires physiques des stocks et amortissables et veiller au respect des dispositions légales et réglementaires y afférentes ;
- Veiller à la disponibilité permanente des moyens de transport et de manutention au niveau de la direction ;
- Assurer le suivi des contrats de sous-traitance liés aux activités de la structure ; initier les dossiers de réforme du matériel roulant et biens amortissables ;
- Gérer les opérations de transfert inter magasins dans le cadre de cession ou d'échange entre les structures opérationnelles ;
- Veiller à la mise en œuvre de la GMAO au niveau de la structure ;

Chapitre I : Présentation de l'entreprise

- Elaborer les prévisions budgétaires de sa structure en matière d'investissement et de fonctionnement ;
- Définir les besoins en personnel de sa structure et en assurer la formation ;
- Assurer la gestion administrative de son personnel.

➤ **Le Service Passation des Marchés**

A pour missions essentielles :

- Veiller rigoureusement à l'application de la procédure de passation des marchés en vigueur, au sein de la société ;
- Préparer et introduire les dossiers de demande de visas de lancement et d'attribution aux commissions des marchés compétentes ;
- Inviter les structures concernées par les DAO pour procéder à la levée des réserves émises par les commissions compétentes ;
- Assurer la publication au BAOSEM des différents avis liés aux appels d'offres des DAO
- Assurer la mise en œuvre du processus de passation des marchés au niveau de la Direction ;
- Tenir à jour le registre des appels d'offres ;
- Assurer la tenue et la mise à jour de la banque de données passation des marchés au sein de la Direction ;
- Assurer le traitement des recours des soumissionnaires dans les délais requis ;
- Proposer à la structure contractante en concertation avec les structures concernées, la composante des membres CEOT, et des comités ad-hoc, pour les DAO et les consultations de fournisseurs ;
- Transmettre les copies originales des cautions bancaires de soumission au département Finances pour authentification auprès des banques ;
- Soumettre aux structures centrales, des recommandations et des propositions relatives à amélioration du processus de passation des marchés ;
- Assurer un reporting régulier à la hiérarchie ;
- Définir les besoins en personnel de sa structure et en assurer la formation ;
- Assurer la gestion administrative de son personnel.

I.4.4 Description des installations des gazoducs GEM

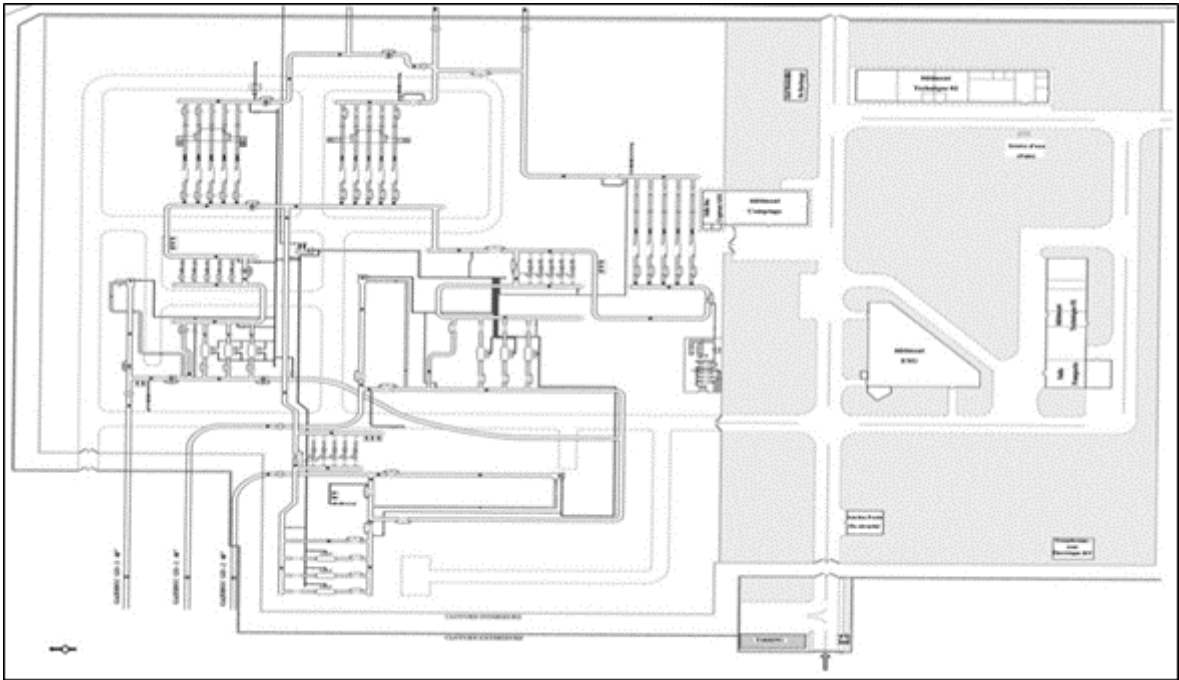


Figure I-8: Installations des gazoducs GEM Terminal Arrivée

➤ Le gazoduc GO1

Mis en service en mai 1983, est constitué d'une seule ligne :

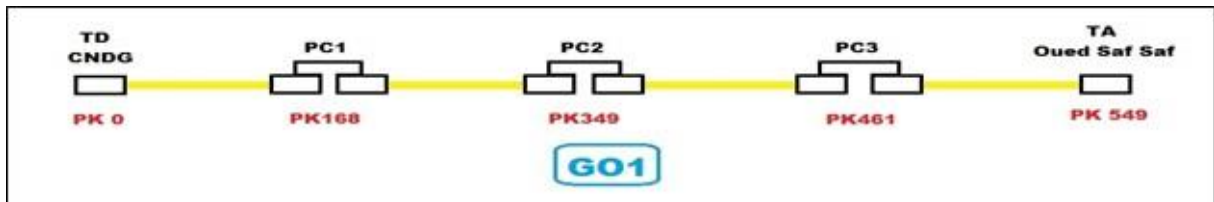


Figure I-9: Gazoduc GO1

- 01 Canalisation d'une longueur de 549 Km et d'un diamètre 48'' (121cm) ;
- 03 Postes de coupure ;
- 13 Postes de sectionnement ;
- 01 Terminal Départ à CNDG ;
- 01 Terminal Arrivée à OESS ;
- Capacité de transport : 8.84 Milliards cm^3/an .

➤ Extension du Gazoduc GO1 par la construction du GO2

Pour faire face à la demande d'augmentation de livraison du gaz naturel aux clients étrangers, une première extension par la réalisation d'une nouvelle ligne GO2 a été mise en service en juin 1987.

Chapitre I : Présentation de l'entreprise

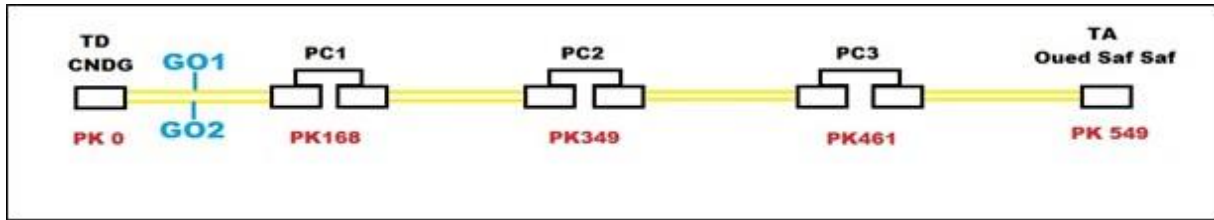


Figure I-10: Gazoducs GO1+GO2

- 01 Canalisation d'une longueur de 549 Km et d'un diamètre 48'' (121cm) ;
- 03 Postes de coupure ;
- 14 Postes de sectionnement ;
- Capacité de transport (GO1+GO2) : 17.68 Milliards cm^3/an .

➤ Extension du gazoduc GO1 et GO2 par la construction d'une station de compression

Une deuxième extension pour augmenter la capacité de transport a été réalisée par la construction en août 1995 d'une station de compression (pour assurer la pression de livraison) au niveau d'Ain Naga, wilaya de BISKRA.

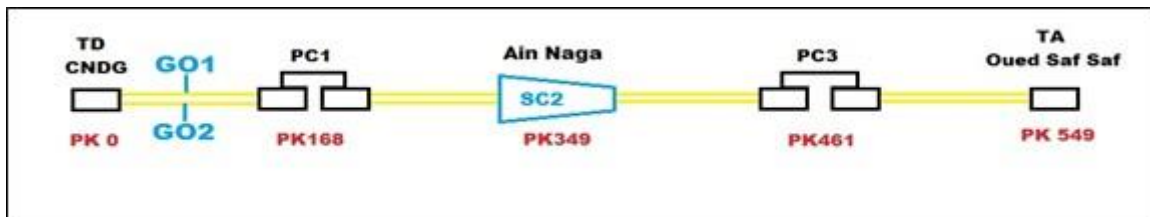


Figure I-11: Gazoducs GO1+GO2 et SC2

- 1 Station de compression au niveau du Poste de Coupure N°2 à Ain Naga (W. Biskra) ;
- 1 banc de comptage et 1 banc de régulation au Terminal Départ du GO2 du CNDG ;
- 1 banc de comptage, 1 banc de Filtration et 1 banc de régulation au Terminal Arrivée ;
- 1 banc de comptage, 1 banc de Filtration et 1 banc de régulation au Terminal Arrivée du GO2 de Oued Safsaf ;
- Capacité de transport (GO1+GO2+SC2) : 24.25 Milliards cm^3/an .

➤ Extension des gazoducs GO1 et GO2 et la station de compression par la construction du GO3

Réalisation de la dernière extension en deux phases par la construction du Gazoduc GO3, mis en service en deux étapes : Mars 2006 pour la looping PC1- PC3 et mars 2009 pour le GO3 intégral.

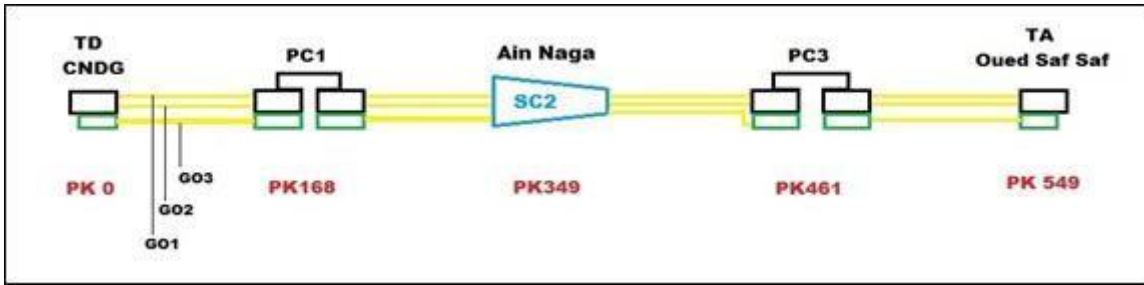


Figure I-12: Gazoducs GO1+GO2+GO3 et SC2

- 01 Canalisation d'une longueur de 549 KM et d'un diamètre de 48'' (121cm) ;
- 03 Postes de coupure ;
- 18 postes de sectionnement ;
- 01 Terminal Départ à CNDG ;
- 01 Terminal Arrivée à OESS ;
- 02 Aéroréfrigérants de gaz principal ;
- 01 Système télé supervision des ouvrages GEM (SCADA) ;
- Capacité de transport (GO1+GO2+GO3et SC2) : 33.7 Milliards cm^3/an .

1. Terminal départ de Hassi R'mel

Il se compose essentiellement pour chaque gazoduc d'un : banc de comptage, un système de réduction de pression, un système de vanne de sécurité et une gare de lancement des racleurs.

2. Postes de coupure

Les postes de coupure le long de gazoduc sont trois (3) situer aux PK suivantes :

- PC1 : PK168.345
- SC2 : PK 348.360
- PC3 : PK461.151

Chaque poste de coupure projeté pour l'installation future d'une station de compression, se compose essentiellement d'une gare de réception des racleurs, d'un groupe de filtrage de gaz et d'une gare de lancement des racleurs d'un (skid gaz) système de gaz combustible domestique, il faut noter en plus que seulement le PC2 (SC2) possède 2 soupapes de sécurité (PSV) (1 en fonction de 1 de réserve).

3. Vannes de ligne

Les postes de sectionnement le long du gazoduc sont aux nombres de (13) G01, (14) G02 et (18) G03 :

Chapitre I : Présentation de l'entreprise

Chaque poste de sectionnement se compose essentiellement d'une vanne à sphère 48" à passage intégral, d'un by-pass et d'un dispositif de décharge à l'atmosphère (évent). La vanne est pourvue d'un système de fonctionnement de type hydropneumatique doté d'un dispositif "line break" pour la fermeture automatique de la vanne en cas rupture de la ligne (fuite importante).

Le système de fonctionnement est équipé en outre d'un dispositif avec temporisateur qui après l'intervention du dispositif "line break" réouvre la vanne quand la pression de la ligne est supérieure à 40 bars.

4. Postes de purge

Les postes de purge le long du gazoduc sont aux nombres (7) et sont situés en amont et en aval de chacun des trois postes de coupure et en amont de terminal arrivée d'Oued Safsaf.

Chaque poste de purge se compose essentiellement d'un tronçon de tube de 48" ayant une longueur de 12 m et positionné à un niveau inférieur par rapport à la conduite principale, d'une ligne de purge située en amont du poste de coupure, permettent à l'opérateur de vérifier l'éventuelle présence d'eau ou gazoline et de programmer des opérations de ramonage la ligne, les postes de purge permettent la vérification et éventuelles récupérations des liquides (Gazoline, eau, huile.)

5. Système de protection cathodique

La protection cathodique (protection active) permet de protéger le gazoduc contre la corrosion. Elle complète la protection par revêtement (protection passive).

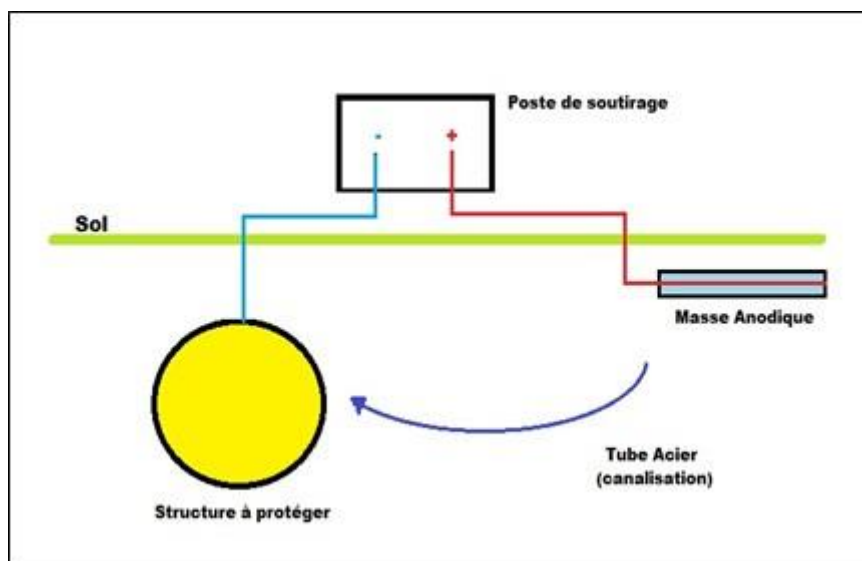


Figure I-13: Système de protection cathodique

6. Station de compression de gaz d'Ain-naga

Elle est chargée de faire circuler le gaz sous haute pression (HP), d'augmenter la pression en cours de route, afin de compenser les pertes de charge et les différences d'altitude, le débit Q étant fonction du diamètre de la ligne, la vitesse d'avancement du liquide.

7. Gare de lancement et réception des racleurs

La gare de lancement et réception sert à envoyer et recevoir des racleurs dans le gazoduc, pour le nettoyage périodique de la ligne.

8. Le terminal arrivé d'Oued Safsaf

La station de comptage au terminal d'arrivée Oued Safsaf est prévue pour l'exploitation de gazoduc et pour l'exportation de gaz. Le terminal d'arrivée de Oued Safsaf reçoit le gaz venant du terminal départ de Hassi R'mel par les trois gazoducs (GO2 /GO1/GO3), pourvoit à la régulation de pression et au comptage et ensuite il délivre le gaz vers la Tunisie et l'Italie.

Le terminal existant est composé, pour la gestion des gazoducs (GO1/GO2/GO3), d'un banc de filtrage, d'un banc de régulation de la pression, d'un banc de comptage, d'une salle de contrôle et des bâtiments administratifs et de service.

Tableau I-1: Composition du terminal arrivé Oued Safsaf GEM

DESIGNATION	GO1	GO2	GO3	GO1, GO2 et GO3
Filtres épurateurs de Gaz	03	03	03	
Soupapes de sécurité	03	03	03	
Gares racleurs	01	01	01	
Vannes réglantes	05	05	05	
Rampes de comptage	05	05	05	
Poste de protection Cathodique	01	01	01	
Skid gaz				01
Salle de comptage				01
Salle dispatching				01
Salle pompes anti incendie	01		01	02

9. Description générale du banc de comptage d'OESS

Le banc de comptage d'OESS est destiné à la détermination des quantités de gaz naturel livrées aux différents clients étrangers. Il est composé de 15 rampes de comptage de 24 pouces pour couvrir toute la gamme des débits prévus durant les différentes phases de transport.

En utilisant, actuellement deux systèmes de calcul :

- Système officiel ;
- Système réserve (Floboss).

10. Groupe de filtration

Le groupe filtration est constitué par trois filtres de type cyclone/cartouche avec un réservoir pour recueillir les liquides, et les poussières, la ligne de drainage de chaque filtre est reliée à un réservoir pour recueillir les liquides communs aux filtres.

11. Système de régulation de pression

Le système de régulation de pression est composé de cinq lignes de 18 pouces de diamètre qui sont équipées des vannes de réduction de 12 pouces, son but est de réduire et contrôler la pression de livraison du terminal arrivée.

12. Système SCADA

Le but du système SCADA est le télé-contrôle, la supervision et l'acquisition des données nécessaires à l'exploitation des Gazoducs GO1/2/3 à partir du centre SCADA dans la salle de contrôle du TA à Oued Safsaf.

13. Produit transporté (gaz naturel)

Le gaz naturel est un combustible gazeux de sources souterraines constitué d'un mélange complexe d'hydrocarbures, de Méthane principalement, mais aussi d'Ethane, de Propane et d'hydrocarbures supérieurs en quantités beaucoup plus faibles.

Le gaz naturel peut également en générale renfermer des gaz inertes, Tels que l'Azote, le dioxyde de carbone, Hélium plus des quantités très faibles d'éléments à l'état de trace. Il demeure à l'état gazeux dans les conditions de pression et de température normalement rencontrées en service. [01]

I.5 Conclusion

Au final on a vu dans ce chapitre une description générale de SONATRACH et ses activités, la direction GEM et ses activités et les différents départements qui se trouve dans la GEM. Dans le 2eme chapitre, on va parler sur les notions de la maintenance.



Chapitre II : Notions général sur la maintenance industrielle



II Notions générales sur la maintenance industrielle

II.1 Introduction

Toute société industrielle ou entreprise de production est obligatoirement amenée à réaliser des opérations de maintenance.

La fonction maintenance a pour but d'assurer la disponibilité optimale des installations de production et de leurs annexes, impliquant un minimum économique de temps d'arrêt. Jugée pendant longtemps comme une fonction secondaire entraînant une perte d'argent inévitable, la fonction maintenance est en général, assimilée à la fonction dépannage et réparation d'équipements soumis à usage et vieillissement.

II.2 Définition de la maintenance

D'après la norme AFNOR X60-000 (Association Française de la Normalisation) qui définit la maintenance par l'ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise. [02]

II.3 Le rôle de la maintenance

Le rôle de la maintenance c'est la maîtrise de la disponibilité opérationnelle des équipements afin qu'ils soient unis à la disposition de la production par ses actions, La maintenance mesure le bénéfice cumulé sur la durée de vie de l'équipement en :

- La réduction des coûts de maintenance.
- L'accroissement de la durée rentable de vie des équipements.
- Réduction des accidents et des risques concernant la sécurité des hommes et de l'environnement. [03]

II.4 Les types de la maintenance industrielle

D'après la norme AFNOR X60-000 on peut distinguer deux grands types de maintenance : la maintenance préventive et maintenance corrective. [02]

II.4.1 La maintenance préventive

D'après la norme AFNOR X60-000 (Association Française de la Normalisation) la maintenance préventive est une maintenance exécutée à des intervalles prédéterminés ou selon des critères prescrits et destinés à réduire la probabilité de défaillance ou la dégradation du fonctionnement d'un bien, elle est subdivisée en : [02]

14. La maintenance préventive conditionnelle

D'après la norme AFNOR X60-000 (Association Française de la Normalisation) la maintenance préventive conditionnelle est une maintenance préventive basée sur une surveillance du fonctionnement du bien et/ou des paramètres significatifs de ce fonctionnement et intégrant les actions qui en découlent.

Note : La surveillance du fonctionnement et des paramètres peut être exécutée selon un calendrier, ou à la demande, ou de façon continue. [02]

15. La maintenance préventive prévisionnelle

D'après la norme AFNOR X60-000 (Association Française de la Normalisation) la maintenance préventive prévisionnelle est une maintenance exécutée en suivant les prévisions extrapolées de l'analyse et de l'évaluation de paramètres significatifs de la dégradation du bien. [02]

16. La maintenance préventive systématique

D'après la norme AFNOR X60-000 (Association Française de la Normalisation) la maintenance préventive systématique est une maintenance exécutée à des intervalles de temps préétablis ou selon un nombre défini d'unités d'usage mais sans contrôle préalable de l'état du bien. [02]

II.4.2 La maintenance corrective

D'après la norme AFNOR X60-000 (Association Française de la Normalisation) la maintenance corrective est une maintenance exécutée après détection d'une panne et destinée à remettre un bien dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise. [02]

17. La maintenance corrective curative

Ce type de maintenance permet de restaurer définitivement le système après une panne. La réparation de ce système est une solution permanente. L'équipement réparé doit remplir les fonctions pour lesquelles il a été conçu. La réparation est un processus de maintenance curatif final qui peut être déterminé immédiatement après une panne ou après un dépannage, et donc ce type de maintenance rend le système indisponible. [04]

18. La maintenance corrective palliative

La maintenance palliative est de nature temporaire. Elle s'agit essentiellement d'opération qui doit être suivis de processus curatifs (réparations). Le dépannage est un processus de maintenance palliative destiné à remettre un système dans un état de fonctionnement temporaire

Chapitre II : Notions générales sur la maintenance industrielle

afin qu'il puisse fournir certaines fonctionnalités requises. Les réparations sont souvent de courte durée et peuvent être nombreuses et parce qu'elles se produisent si souvent ; sont aussi trop cher. [05]

II.4.3 La maintenance améliorative

La maintenance renforcée est un ensemble de mesures techniques, administratives et organisationnelles visant à améliorer la sûreté de fonctionnement d'un bien sans en modifier la fonction requise. [06]

II.5 Les objectifs de la maintenance

On peut distinguer plusieurs types d'objectifs de la fonction de maintenance : [07]

II.5.1 Les objectifs généraux

- Assurer la production prévue (quantité) : Il faut toujours faire un compromis entre les besoins de production et les arrêts à la maintenance avant les défaillances.
- Maintenir la qualité du produit fabriqué : Il faut les tolérances acceptables en qualité et les surveiller afin de rectifier les situations problématiques.
- Respecter les délais (temps) : Nous discutons ici des délais d'intervention et de production. Les programmes et échéanciers de production étant coordonnés entre la production et la maintenance, le service maintenance doit respecter ses prévisions d'intervention en maintenance préventive ou corrective.
- Rechercher les coûts optimaux (rentabilité) : élaborer des devis précis de réparation reposant sur les diagnostics en profondeur touchant la dégradation ou les défaillances et non les symptômes.
- Respect des Objectifs Humains (Sécurité) : La sécurité des conditions de travail doit être l'obsession du service maintenance. La maintenance est parfois un métier à plus haut risque, pour son personnel pendant l'intervention, que pour le reste du personnel après la fin des travaux si l'équipement ou l'environnement n'est pas remis en bon état pour la production.
- Protection de l'environnement : L'entretien doit être régulièrement utilisé ou soumis à la présence de matériaux contaminants soit pour l'environnement soit pour le personnel de l'entreprise. Les restrictions d'intervention doivent être respectées pour maintenir un environnement de travail sain.
- Respecter le cadre législatif (lois) : les activités de maintenance doivent respecter le cadre législatif à tous les niveaux.

Évidemment, L'objectif de rentabilité est le plus important car il permet l'atteinte des autres objectifs. La maintenance doit donc se donner comme objectif de rémunération à l'atteinte de la rentabilité et la compétitivité de l'entreprise, et garder un compromis entre les besoins techniques, humains économiques.

II.5.2 Les objectifs à la japonaise (les cinq zéros)

Selon l'approche japonaise, les objectifs opérationnels de l'entreprise visent à obtenir :

- **Les zéro pannes** : c'est l'affaire de la maintenance. Cet objectif est à la base de la politique de maintenance, assurant ainsi la continuité de la production et la sécurité des personnes et des biens.
- **Les zéro défauts** : Elle défie la gestion de la qualité ainsi que la maintenance car la qualité dépend largement de l'état des équipements de production. C'est encore plus vrai pour les parcs d'équipements automatisés et informatisés.
- **Les zéro stocks** : Nécessite un effort de maintenance supplémentaire par la gestion systématique des stocks utilisés dans la fonction maintenance (pièces de rechange, lubrifiants, etc.)
- **Les zéro délais** : Elle nécessite une maintenance et le respect des délais annoncés voire leur réduction afin d'augmenter la disponibilité des équipements de production nécessaires à la production.
- **Les zéro papiers** : Toucher la maintenance en appliquant des systèmes de GMAO et d'aide à la décision, ce qui réduit considérablement le flux de papier.

Bien sûr, on peut dire que de tels objectifs sont irréalistes, mais chacun devrait essayer de s'en rapprocher.

II.5.3 Les objectifs techniques

Les restrictions de production sont essentiellement liées à la disponibilité de l'équipement et à la sécurité humaine, ce qui est très lié à l'industrie du transport ou à l'équipement dangereux. Les objectifs techniques visent un taux maximum de disponibilité, un nombre minimal d'arrêts, un taux de fiabilité élevé, un MTBF haut, un MTTR (Mean Time To Restore) bas. [07]

II.5.4 Les objectifs financiers

L'objectif financier est d'atteindre ces objectifs techniques à un coût et avec une meilleure rentabilité, sur une période de plusieurs années, en tenant compte des coûts du cycle de vie. Pour minimiser ces coûts et prendre la bonne décision, tous les coûts d'équipement doivent être

pris en compte : devis, achat, installation, indisponibilité, sécurité, formation et élimination finale. [07]

II.6 Les opérations de la maintenance

Il existe des définitions normatives des différentes opérations de maintenance. [08]

II.6.1 Opérations de la maintenance préventive

- **Inspection** : contrôle de conformité effectué en mesurant, observant, testant ou étalonnant les caractéristiques importantes d'un article ; Permet d'identifier les anomalies et d'effectuer des réglages simples ne nécessitant aucun outillage spécifique, aucun arrêt de production ou d'équipement (pas de démontage)
- **Contrôle** : Vérification du respect des données préalables, suivie d'un jugement. Ce contrôle peut conduire à une action de maintenance corrective ou inclure une décision de rejet, d'acceptation ou de report.
- **Visite** : inspection détaillée et prédéterminée de tout (visite générale) ou d'une partie (visite restreinte) des différents éléments du bien pouvant inclure une maintenance de premier et deuxième niveau ; Elle peut également conduire à une maintenance corrective.
- **Test** : Comparaison des réponses du système avec un système de référence ou avec un phénomène physique important pour le bon fonctionnement.
- **Echange standard** : Remplacer une pièce ou un sous-ensemble défectueux par une pièce identique, neuve ou déjà réparée, conformément aux instructions du fabricant.
- **Révision** : Ensemble complet de contrôles et de procédures en place pour maintenir la disponibilité et la sécurité des actifs. La révision est souvent effectuée à des intervalles définis ou après un nombre défini d'opérations. La réparation nécessite le démantèlement total ou partiel de l'actif. Par conséquent, les termes audit et contrôle ne doivent pas être confondus. La réparation est une procédure de maintenance de niveau 4.

Les trois premières opérations sont encore appelées "opérations de surveillance". Elle caractérise parfaitement la phase d'apprentissage et est absolument indispensable si l'on veut maîtriser l'évolution de l'état réel d'origine. Nous acceptons donc de payer pour voir puis de bloquer. Elle est effectuée en continu ou à des intervalles prédéterminés ou non, calculés sur la durée ou sur la base du nombre d'unités d'utilisation. [08]

II.6.2 Opérations de la maintenance corrective

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

- Test : c'est à dire la comparaison des mesures avec une référence.
- Détection ou action de déceler l'apparition d'une défaillance.
- Localisation ou action conduisant à rechercher précisément les éléments auxquels la défaillance se manifeste.
- Diagnostic ou identification et analyse des causes de la défaillance.
- Dépannage, réparation ou remise en état (avec ou sans modification).
- Contrôle du bon fonctionnement après intervention.
- Amélioration éventuelle : c'est à dire éviter la réapparition de la panne.
- Historique ou mise en mémoire de l'intervention pour une exploitation ultérieure. [08]

II.7 Les niveaux de la maintenance

Les interventions de maintenance peuvent être classées par ordre croissant de complexité (selon norme X60-000 de 2002) : [09]

II.7.1 1^{er} niveau de maintenance

Actions simples indispensables à l'exploitation et s'effectuent sur des éléments facilement accessibles en toute sécurité à l'aide d'équipements d'assistance intégrés au bien. Ce type d'opération peut être réalisé par l'utilisateur du bien à l'aide des équipements de support intégrés au bien, le cas échéant, et à l'aide d'une notice d'utilisation.

II.7.2 2^{ème} niveau de maintenance

Actions nécessitant des procédures simples et/ou des équipements de soutien (intégrés au bien ou externes) faciles à utiliser ou à exécuter. Ce type d'action de maintenance est effectué par un personnel qualifié avec des procédures détaillées et des équipements de support spécifiés dans les instructions de maintenance. Un employé est qualifié lorsqu'il a reçu une formation lui permettant de travailler en toute sécurité sur un bien présentant certains dangers potentiels et qu'il est reconnu apte à effectuer le travail qui lui est confié compte tenu de ses connaissances et de ses compétences.

II.7.3 3^{ème} niveau de maintenance

Opérations nécessitant des procédures complexes et/ou des équipements de de soutien portatifs, ou à mettre en œuvre. Ce type d'entretien peut être effectué par un technicien qualifié,

Chapitre II : Notions générales sur la maintenance industrielle

en utilisant les procédures détaillées et l'équipement de soutien fournis dans les instructions d'entretien.

II.7.4 4^{ème} niveau de maintenance

Opérations dont les procédures impliquent la maîtrise d'une technique ou technologie particulière et/ou la mise en œuvre d'équipements de soutien spécialisés. Ce type d'opération de maintenance est effectué par un technicien ou une équipe spécialisée suivant toute consigne d'entretien générale ou spécifique.

II.7.5 5^{ème} niveau de maintenance

Opérations dont les procédures impliquent un savoir-faire, faisant appel à des techniques ou technologies particulières, des processus et/ou des équipements de soutien industriels.

Par définition, ce type d'opérations de maintenance (remise à neuf, reconstruction, etc.) est réalisé par le constructeur ou par un service ou société spécialisée avec des équipements de maintenance définis par le constructeur et donc proches de la fabrication du bien concerné.

II.8 Les échelons de maintenance

D'après la norme AFNOR X60-000 (Association Française de la Normalisation), il est important de ne pas confondre les niveaux de maintenance avec la notion d'échelon de maintenance qui spécifie l'endroit où les interventions sont effectuées. On définit généralement trois échelons qui sont :

II.8.1 La maintenance sur site

L'intervention est directement réalisée sur le matériel en place

II.8.2 La maintenance en atelier

Le matériel à réparer est transporté dans un endroit, sur site, approprié à l'intervention.

II.8.3 La maintenance chez le constructeur ou une société spécialisée

Le matériel est alors transporté pour que soient effectuées les opérations nécessitant des moyens spécifiques. Bien que les deux concepts de niveau et d'échelon de maintenance soient bien distincts, il existe souvent une corrélation entre le niveau et l'échelon. Les opérations de niveaux 1 à 3, par exemple, s'effectuant sur site, celles de niveau 4 en atelier, et celles de niveau 5 chez un spécialiste hors site (constructeur ou société spécialisée). [10]

II.9 Politiques de la maintenance

Politique de maintenance fixe et axée sur les objectifs définie par la direction. Les activités de maintenance ont un effet de levier sur la disponibilité des équipements pour produire des biens, la qualité des services ou des produits, les coûts d'exploitation et surtout les coûts de maintenance optimaux. [11]

Les contraintes à faire respecter et les objectifs à concerner généralement la sécurité des biens et des personnes, la préservation des équipements et leur durée de vie jusqu'à obsolescence, ainsi que la préservation de l'environnement. Ces exigences, performances et contraintes peuvent être en conflit, et les objectifs ne peuvent être que le résultat d'un compromis. C'est donc à partir de celui-ci que les activités de maintenance sont définies et prévues. [10]

La politique de maintenance conduit en particulier à faire des choix entre :

- Maintenance préventive et/ou corrective, systématique ou conditionnelle,
- Maintenance internalisée ou externalisée.

La politique de maintenance est la définition, au niveau de l'entreprise, des objectifs techniques et économiques liés à la gestion des équipements par le service maintenance. Dans le cadre de cette politique, la personne responsable du service d'entretien doit mettre en œuvre les moyens appropriés aux objectifs établis ; On parlera ensuite de stratégie à long et moyen terme et de tactique à court terme. La gestion de la maintenance considère principalement les aspects techniques, économiques et financiers des différentes méthodes pouvant être utilisées (correctives, préventives systématiques et préventives conditionnelles) afin d'améliorer la disponibilité des équipements. Elle est organisée en fonction du budget alloué au service ; d'analyser des observations, quantitatives ou non, calculées, enregistrées ou mesurées ; qui comprend des choix. Les objectifs ne peuvent être fixés qu'en concertation avec la Direction Technique et les Services Opérationnels. La mise en place d'une politique de maintenance est un investissement avec une attente de bénéfices. [10]

Dans cette politique, une attention doit être portée à la prévision des risques pour les études d'inspection (maintenance suivant diagnostic), réalisées à partir de relevés périodiques. Nous étudions la durée de vie des équipements sur plusieurs années. Ces études de fiabilité permettront de déterminer les probabilités de panne, et donc la consommation de pièces de rechange et charges diverses. Ce n'est qu'à partir de ces données que nous pouvons élaborer des prévisions et un budget de maintenance. Ainsi, la maintenance est effectuée pour examiner les :

Chapitre II : Notions générales sur la maintenance industrielle

- **Prévision à long terme** : liées à la politique de l'entreprise permettant l'ordonnement des charges, des stocks, des investissements en matériel.
- **Prévision à moyen terme** : souhaite maintenir le potentiel d'activité de l'entreprise afin que les équipements soient réparés à des moments qui perturbent le moins possible le programme d'exploitation.
- **Prévision à court terme** : Dans ce cas, le service tentera de réduire les temps d'arrêt des équipements et les coûts d'intervention. Sachant que la réduction et la fixation des coûts n'est possible que si les équipements et les interventions font l'objet d'une étude préalable, il est donc nécessaire de travailler et d'étudier les conditions opératoires, les possibilités et les conditions de l'intervention. [10]

II.10 Les trois fonctions opérationnelles de la maintenance

II.10.1 Méthode

La préparation est la tâche principale du service des méthodes. Pour la maintenance corrective, la préparation comprend l'anticipation des risques émergents, puis l'anticipation des problèmes qui ralentiront les travailleurs. Pour la maintenance préventive, il s'agit de définir un planning de maintenance des équipements, puis d'évaluer son coût et son efficacité pour les optimiser. Et autres activités normalement dévolues au service des méthodes :

- Propositions d'améliorations techniques et/ou organisationnelles,
- Assistance technique sur site - soutien aux intervenants sur site - aide au diagnostic. [12]

II.10.2 Ordonnement

La fonction d'ordonnement est le chef d'orchestre chargé de synchroniser l'action de maintenance. La tâche principale de l'ordonnement est de planifier l'optimisation des ressources en fonction des échéances et des chemins ainsi que de contrôler l'avancement des travaux. [11]

II.10.3 Réalisation des interventions

La fonction réalisation a pour objet d'utiliser les moyens à disposition, suivant les procédures imposées, dans les délais pour réaliser dans les règles de l'art, une tâche et remettre le matériel dans un état spécifié. La réalisation peut Nécessiter un diagnostic c'est-à-dire identifié la défaillance. [11]

II.11 Les formes organisationnelles de la maintenance

La fonction maintenance est représentée de différentes manières dans les entreprises. Les principaux modèles organisationnels sont : [13]

II.11.1 La maintenance centralisée

Elle s'agit d'une organisation de maintenance traditionnelle séparée et incluant tous les services d'ingénierie. Elle comprend une approche de service qui prend en charge la planification de la préparation, les équipes d'intervention d'ingénierie, les magasiniers.

Les avantages de ce type d'organisation sont :

Maîtrisez la fonctionnalité et maîtrisez la technique, en optimisant les efforts.

Cependant, on lui reproche parfois d'être fragmenté et éloigné des préoccupations de production.

II.11.2 La maintenance répartie décentralisée :

Dans ce modèle d'organisation, une partie de la maintenance rapprochée est intégrée aux équipes de production. Ainsi, il y a implication des acteurs de production dans la maintenance des outils de production

Dans ce cas, on peut noter un bon contrôle, une meilleure prévention des dégradations des équipements, une bonne coordination entre les services de maintenance et de production. [12]

II.11.3 Organisation mixte

C'est une organisation que nous voyons comme la coexistence des modèles ci-dessus. Les processus de dégradation s'améliorent de plus en plus. Cependant, cela nécessite une bonne définition du rôle de l'équipe.

L'expérience montre qu'une approche hybride, hiérarchiquement centralisée et géographiquement décentralisée, est préférable, proportions relatives de – décentralisation ajustées à la taille et à la nature de l'entreprise. [12]

19. La centralisation hiérarchique :

Permet :

- Une optimisation de l'emploi des moyens.
- Une meilleure maîtrise des coûts (budget, suivi et imputation).
- Une standardisation des procédures et moyens de communication.
- Un suivi homogène des moyens matériels et leurs défaillances.
- Le regroupement des investissements lourds de matériels d'entretien, en atelier central, à disposition des antennes sectorielles.

Chapitre II : Notions générales sur la maintenance industrielle

- Une meilleure gestion de tout le personnel concerné par la maintenance. [12]

20. La décentralisation géographique :

Permet :

- La délégation de responsabilité aux chefs d'équipes.
- L'amélioration des relations avec la production (contact permanent).
- L'avantage du travail en équipes polyvalentes.
- L'efficacité et rapidité des interventions sur du matériel bien connu. [12]

II.11.4 La sous-traitance

Faire la sous-traitance en véritable externalisation de la maintenance nécessite une parfaite maîtrise de toutes les étapes du processus : de la définition du service au contrôle en passant par l'établissement des relations contractuelles.

Il existe quatre formes de sous-traitance : [14]

1. Sous-traitance partielle

Le donneur d'ordre confie aux prestataires un travail bien défini car il n'a aucun moyen d'exécuter. Exemple : Révision d'un groupe électrogène.

2. Sous-traitance totale

Déléguer aux prestataires de services toutes les opérations de maintenance d'un équipement bien défini. Exemple : maintenance d'une machine spéciale.

3. Sous-traitance ponctuelle

Il s'agit d'un contrat de sous-traitance limité dans le temps et dans le contenu pour une ou plusieurs interventions. Exemple : réparation d'un matériel.

4. Sous-traitance continue

C'est un contrat de sous-traitance renouvelable ponctuellement et généralement par un contrat de maintenance.

Notons que la sous-traitance d'une partie de ses activités de maintenance pour une entreprise présente des avantages mais aussi des inconvénients.

- **Avantage** : peut réaliser un bénéfice significatif en réduisant le nombre de transactions dans l'entreprise.
- **Inconvénient** : risque de perte de la maîtrise technique, de mobilité du personnel. [13]

II.12 Les outils de la maintenance

Dans le service maintenance, la qualité de son personnel, la nature de ses matériels, la documentation et l'ordonnancement qui font l'objet d'interventions, jouent un rôle important dans l'efficacité du service. [15]

II.12.1 Le personnel de maintenance

En maintenance les tâches sont très précises d'où la nécessité d'avoir une main d'œuvre de qualité car les normes sont difficiles à définir. Pour obtenir des ressources humaines adéquates, il suffit :

- D'avoir une politique de besoins humains.
- De déterminer les structures (organigramme, hiérarchie, notion de spécialiste).
- De déterminer le niveau des effectifs.

Ainsi l'équipe de maintenance est composée par :

- Les responsables de maintenance qui ont pour fonctions de :
 - Mettre en place une gestion rigoureuse.
 - Coordonner des activités complexes.
 - Gérer les interfaces avec les autres services.
- Les techniciens et opérationnels de maintenance qui sont spécialistes ou polyvalents et sont répartis dans plusieurs secteurs que sont :
 - Personnel de réalisation.
 - Préparateurs.
 - Méthodes.
 - Gestionnaire. [14]

II.12.2 Le matériel

Cela n'a aucun sens d'investir dans de grandes installations sans les outils et matériaux nécessaires à la durée de vie de ses l'installation. Le concepteur est généralement une entreprise qui ne conçoit pas l'installation.

En général, il ne tient pas compte des conditions particulières et accorde trop peu d'attention à la maintenabilité du matériel et de ses moyens.

Pour les besoins matériels, nécessaires à un service maintenance, nous évoquerons trois points essentiels :

1. Equipements supports

Ils se traduisent par tous moyens supports tels que l'équipement d'usine (machines, outils...).

2. Pièces de rechange

La gestion des pièces de rechange est indissociable de la fonction de maintenance.

En effet, le problème des pièces de rechange préoccupe le plus les gestionnaires d'installation industrielle.

Pour cela, nous devons ajouter l'approvisionnement qui cause habituellement le problème, à savoir :

- L'identification et la codification des pièces de rechange sont difficiles par des problèmes de langue.
- La non-maîtrise dans l'expression des besoins ainsi que des services utilisateurs de maintenance.
- Les procédures d'achat et de dédouanement en cours créent des procédures très longues.

Très souvent, ce sont les pièces qui causent l'arrêt de l'installation et la fourniture de telles pièces s'intéressent aux fournisseurs. Parfois, beaucoup de pièces arrivent aux ports et sont dans de mauvaises conditions climatiques avant de pouvoir être dans des magasins qui, eux-mêmes sont souvent conçus de manière inadéquate. [14]

II.12.3 La documentation

L'atteinte des objectifs de maintenance est liée à la mise en place de ressources plus ou moins importantes.

Parmi ceux-ci, citons : la documentation qu'il faut distinguer comme suit : [16]

1. La documentions générale :

Elle se subdivise en documents techniques et en documents outillages et matériels.

2. La nomenclature des équipements

Pour faciliter la maintenance, les équipements et matériels de l'entreprise doivent être inventoriés, classés et systématisés pour former une nomenclature. Une telle nomenclature permet de classer et de générer la documentation historique et technique de différents matériaux. De plus, ces nomenclatures sont à la base du budget de maintenance, de la mise en place d'un programme de maintenance préventive, de la décharge d'un contact maintenance. (Voir la norme NF X 60-100) et d'une façon générale.

- La nomenclature est donc du type :
- Catégorie par famille.
- Type chez chaque constructeur.
 - Et sa présentation se décompose en deux partis :
- Liste des matériels par famille, catégorie, constructeur et type.
- Liste des matériels par atelier ou groupe de production (centre de frais).

3. La documentation du matériel

La documentation du matériel comprend :

- La documentation technique comprend les dossiers techniques, classés par machine : c'est l'identité du matériel.
- Le document d'historique comprend des fichiers techniques ou des tableaux d'historique pour chaque machine qui sont suivis par l'état de matériel. [15]

- **Le dossier technique :**

Ce dossier comprend tous les renseignements et documents qui concernent un même type de machine :

- Eléments d'identification : désignation du type, fabricant, caractéristiques, liste des machines du même type, fiche technique.
- Le répertoire des documents classés dans le dossier.
- La synthèse des modifications effectuées sur ces machines.
- Ce dossier est donc consulté lors de l'intervention ou lors de l'analyse de l'avis de l'expert.

- **Le dossier historique**

Ce dossier historique comprend tous les renseignements et documents concernant la vie de chaque machine.

L'affiche historique regroupe en elle-même les informations concernant les pannes (fréquence, importance, localisation) et les interventions de maintenance effectuées.

Les méthodes de maintenance dépendent de l'utilisation matérielle du type de matériel et elles découlent toutes des concepts de base :

- Maintenance préventive correspond à la volonté de planifier les travaux, elle-même se décompose en maintenance systématique et maintenance préventive conditionnelle.
- Maintenance corrective (dépannage ou réparation) correspond à une attitude de réponse plus ou moins aléatoire aux événements. Ainsi, chaque partie de l'équipement doit correspondre

à une optimisation dans le choix des méthodes de maintenance, qui dépend directement de la sienne et d'un commun accord entre les fonctions de maintenance et fabrication. [15]

II. 3La sûreté de fonctionnement

II.13.1 Définition

La sûreté de fonctionnement d'un système (Sdf) se définit comme la qualité du service rendu par un système, la qualité avec laquelle les utilisateurs de ce service peuvent accorder leur confiance au système fournissant ce service. [17]

II.13.2 Objectif de la sûreté de fonctionnement

L'objectif de la sûreté de fonctionnement : mesurer le service rendu par un système, afin que les utilisateurs fassent confiance à ce service. Cette confiance raisonnable est obtenue par une analyse quantitative des différents attributs du service rendu en mesurant à l'aide de paramètres probabilistes pertinents : fiabilité, maintenabilité, disponibilité, sécurité. [18]

II.13.3 Quelques définitions

1. La fiabilité

Selon la norme AFNOR Norme AFNOR X 06-005 La fiabilité c'est l'aptitude d'un produit à accomplir une fonction requise, dans des conditions données, pendant un temps donné. [19]

2. La maintenabilité

Selon la Norme AFNOR X 60-010 La maintenabilité c'est l'aptitude d'un produit à être maintenu ou rétabli, pendant un intervalle de temps donné, dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise, lorsque l'exploitation et la maintenance sont accomplies dans des conditions données, avec des procédures et des moyens prescrits. [18]

3. La disponibilité

Selon la Norme AFNOR X 60-010 la disponibilité c'est l'aptitude d'un bien, sous les aspects combinés de sa fiabilité, maintenabilité et de l'organisation de maintenance, à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions de temps déterminées. [18]

4. La sécurité

Selon la Norme AFNOR X 03-100 la sécurité c'est Propriété d'un produit de présenter, pour son environnement et pour lui-même, un risque, déterminé en fonction des dangers potentiels inhérents à sa réalisation et à sa mise en œuvre, qui ne soit pas supérieur à un risque convenu. [18]

II.14 Les coûts de la maintenance

Collecte le coût des interventions correctives et est nécessaire pour maintenir l'installation au niveau de disponibilité et de sécurité requise. Il comprend également l'ensemble des coûts logistiques nécessaires aux opérations de maintenance ainsi que les frais généraux imputables à l'existence d'une infrastructure de maintenance (hommes et équipements).

II.14.1 Les coûts directs

Nous appelons coûts de maintenance directs l'ensemble des coûts de réalisation des activités de maintenance (approvisionnements et frais administratifs compris). Les coûts directs regroupent :

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

II.14.2 Les coûts indirects

On appelle coûts de maintenance indirects l'ensemble des coûts dus à l'absence d'installation (renouvellement d'une campagne d'essais, personnel inutilisé, etc.) les coûts indirects de maintenance correspondent au coût d'arrêt d'expérimentation. [19]

II.15 Conclusion

Nous avons présenté, dans ce chapitre, des généralités sur la maintenance et quelques définitions sur la sûreté de fonctionnement.

La maintenance est donc un pan non négligeable pour toute société possédant un parc d'équipements. Elle peut être entièrement gérée par l'outil informatique GMAO, dont nous parlerons dans le chapitre suivant, qui prend en compte la gestion des équipements, service méthode, gestion de stock et de la fonction ordonnancement, le tout dans une base de données unique accessible par une interface graphique.



Chapitre III : Généralités sur la Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur



III Généralités sur la Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur

III.1 Introduction

La masse des informations quotidiennes disponibles dans un service maintenance implique des moyens de saisie, de stockage et de traitement que seul l'outil informatique permet. C'est l'objet des progiciels (logiciels à caractère professionnel) développés sous le nom de :

GMAO : Gestion de Maintenance Assistée par Ordinateur.

D'après l'AFIM, Dès l'apparition des premiers logiciels en 1982, la GMAO a connu des profondes mutations. Initialement considérée comme une simple base d'information permettant de recenser les équipements d'un site et les interventions de maintenance qui y étaient effectuées, elle a peu à peu élargi son champ d'applications à la gestion de toutes les activités de maintenance. Actuellement, n'importe quel logiciel du marché permet de décrire les équipements à maintenir, d'identifier et de planifier les interventions nécessaires, de réaliser des comptes rendus de travaux, de gérer les achats et les stocks de pièces de rechange. Les gains obtenus sont incontestables.

Donc, la GMAO joue un rôle très important pour automatiser un processus qui consiste à remplacer une méthode de travail traditionnelle par un ou plusieurs programmes de traitement des données. Ce chapitre sera consacré à la gestion de la maintenance assistée par ordinateur.

III.2 La maintenance et l'informatique

Tout naturellement, l'informatique devait s'impliquer dans le processus de maintenance, pour soutenir les activités administratives de la fonction et celles de sa gestion.

Le système d'information (SI) de gestion de la maintenance couvre la création, le suivi et le contrôle de toutes les informations nécessaires à la fonction : le système est utilisé pour la gestion de la fonction de maintenance, comme base de données documentaire, comme ensemble d'informations vivantes liées aux biens, le fondement des décisions sur les interventions courantes, comme les décisions plus stratégiques sur le remplacement ou le renouvellement.

[20]

III.3 Les débuts de la GMAO

L'informatisation de la maintenance est très souvent arrivée tardivement en entreprise : un des derniers pavés à informatiser après la comptabilité, la production, les achats. Nous avons d'abord développé et implanté les fonctionnalités dont nous avons besoin immédiatement : le plan de graissage, les achats et la gestion des stocks de pièces de rechange. Nous avons toujours

la description des machines que nous avons dû garder sous la forme d'un fichier Kardex. Le travail a été géré à l'aide d'une procédure de gestion des bons de travail, procédure plus ou moins suivie. Alors que la maintenance était reconnue comme une fonction fondamentale dans l'entreprise, cette procédure a été mise au point et informatisée, Cela a mené à l'informatisation du fichier des équipements.

On a alors voulu intégrer tous ces îlots automatisés. Beaucoup de progiciels sont apparus sur le marché, proposant de couvrir les fonctionnalités que le service voulait avoir. Il s'agit de la naissance de la GMAO (Gestion de Maintenance Assistée par Ordinateur) ; CMMS, Computer Maintenance Management System ; CAMM, Computer Aided Maintenance Management. Ces progiciels ont servi à traiter les événements dont la maintenance devait s'occuper quotidiennement : s'il s'agit de la panne et de son traitement, s'il s'agit de l'exécution de mesures de prévention, s'il s'agit de la gestion des stocks. [21]

III.4 Définition de la GMAO

En 1985 M. Gabriel et Y. Pimor Définissaient la gestion de la maintenance assistée par ordinateur en ces termes : « Un système informatique de gestion de la maintenance est un progiciel organisé autour d'une base de données qui permet la programmation et le suivi dans trois domaines techniques, budget et organisation, maintien de toutes les activités du département et des objets de cette activité (services, lignes, ateliers, machines, équipements, sous-ensembles, pièces, etc.) Terminaux provenant de bureaux techniques dispersés, d'ateliers, de magasins et de bureaux d'approvisionnement ». [22]

GM (gestion de la maintenance) : c'est avant tout la compétence de l'acquéreur utilisateur.

AO (assistance informatique) : c'est la compétence du vendeur (qui n'ignore pas la maintenance, mais ne connaît pas votre entreprise).

La gestion de la maintenance assistée par ordinateur (GMAO) Est un outil d'aide à la décision à court, moyen et long terme pour atteindre la meilleure sûreté de fonctionnement des équipements au meilleur coût global. [23]

Une GMAO investie est une « valise pleine d'informatique et vide de maintenance » Il s'agit de le compléter puis de le faire vivre dans une organisation préalablement éprouvée. [24]

III.5 Les types de GMAO

Les solutions de GMAO existent en :

Chapitre III : Généralités sur la Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur

- Monoposte.
- Multipostes client/serveur.
- Multi sites.
- Globales intégrées dans un PGI (Progiciel de Gestion Industriel).

Dans les trois derniers cas, il doit s'intégrer dans un existant : système d'exploitation (Windows, Unix, AS400, HP9000 ? ;), voire, s'il s'agit d'un logiciel dédié à la maintenance, à s'intégrer avec ceux existant en place :

- PGI.
- Logiciels de comptabilité.
- Logiciel de gestion du personnel.
- Logiciel de gestion clientèle. [25]

III.6 Quelques progiciels de GMAO

Soulignons la présence dans le Réseau Maintenance de L'AFIM de deux sociétés : Carl International et Data Stream.

Tableau III-1: Différents progiciels de gestion de la maintenance [25]

Progiciel	Editeur
CARL MASTER	CARL INTERNATIONAL
COSWIN 7i	SIVECO GROUP
DATASTREAM 7i	DATASTREAM
MAINTA OPEN SYSTEM	CETE APAVE ALSACIENNE
MAXIMOMRO SOFTWARE	MRO SOFTWARE
EMPACIX	GROUPE INDUS INTERNATIONAL

III.7 Les classes de progiciels de GMAO

Trois classes de progiciels de GMAO sont à distinguer : [25]

➤ **Classe I :**

Produits généralement construits autour de la base de données ACCESS. Ce sont des produits d'entrée de gamme destinés aux PME/PME (petites et moyennes usines) qui ont des budgets ou des besoins limités.

➤ **Classe II :**

Les produits dédiés client/serveur basés sur Oracle, Sybase... apportent une plus grande stabilité et capacité, notamment en termes d'indicateurs.

➤ **Classe III :**

Module gestion de maintenance dans un logiciel global de gestion industriel (PGI ou ERP).

III.8 Analyse des différents modules fonctionnels d'un progiciel de GMAO

Tous les progiciels de GMAO partagent une structure modulaire commune qui fournit les mêmes fonctionnalités. Cependant, selon les logiciels, les fonctions réalisées sont nommées, réparties et organisées différemment. Prenons l'exemple de Sir log, la première GMAO développée en France pour les PME (figure III-1). C'est dans les bureaux techniques (méthodes, ordonnancement, logistique et travaux neufs) cette gestion se fait principalement à travers le fonctionnement des 10 modules analysés. Le « cahier des charges » proposé pour chaque module n'a pas l'ambition d'être exhaustif (chaque service maintenance a ses propres critères), mais pour souligner certains points souvent négligés. Les modules analysés sont : [20]

- Gestion des équipements.
- Gestion du suivi opérationnel des équipements.
- Gestion des interventions en interne et en externe.
- Gestion du préventif.
- Gestion des stocks.
- Gestion des approvisionnements et des achats.
- Analyse des défaillances.
- Gestion du budget et suivi des dépenses.
- Gestion des ressources humaines.
- Tableaux de bord et statistiques.
- Autres modules et interfaçages possibles.

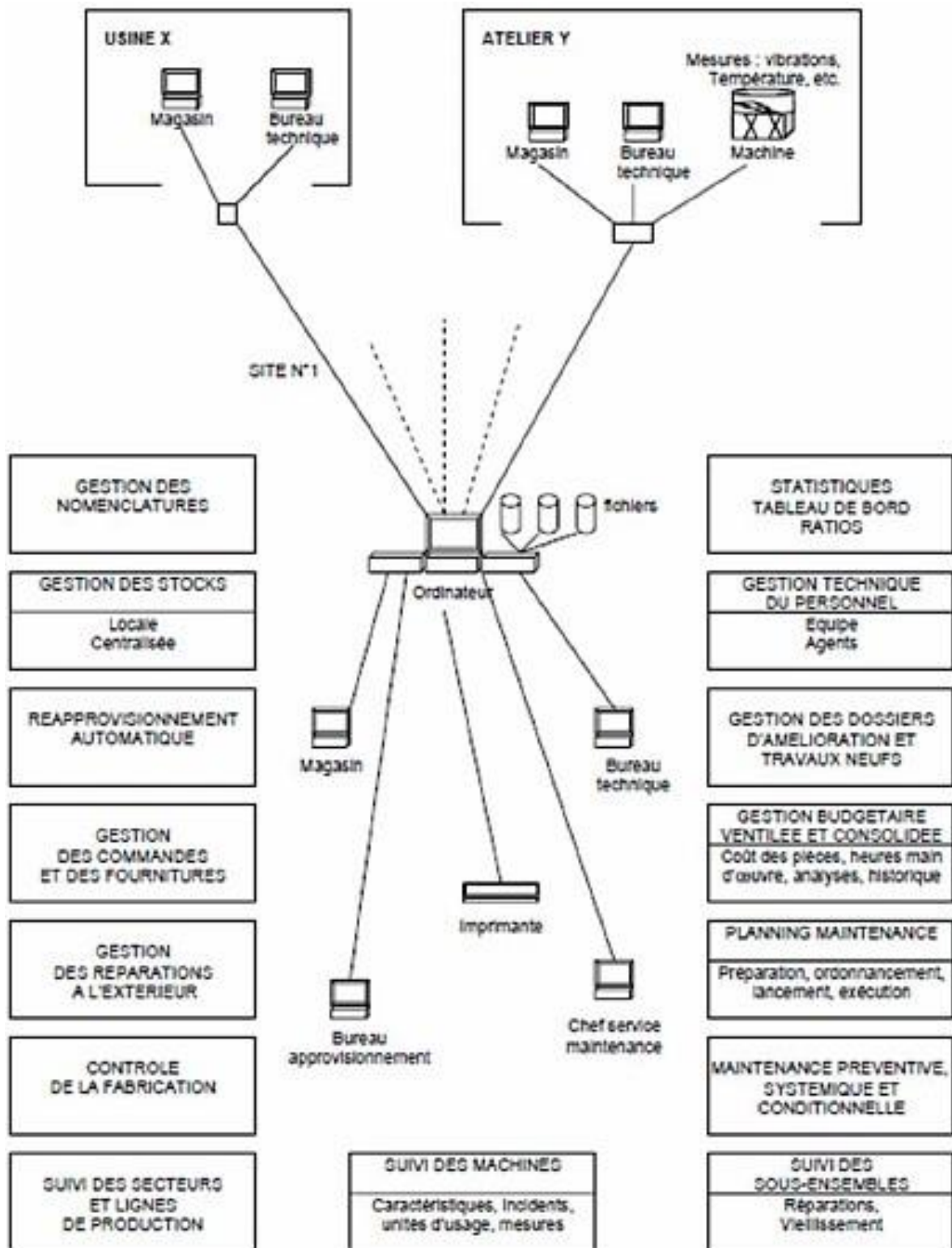


Figure III-14: Exemple de structure modulaire d'une GMAO

III.8.1 Module de « la gestion des équipements »

Il s'agit de décrire et d'encoder l'arborescence de toute l'étendue du parc que seront les équipements entretenus et caractérisés par le DTE et leur historique, puis leur propre fonctionnement panne. A partir du code spécifique à l'équipement, le module peut :

- Peut localiser et définir un sous-ensemble dans un arbre.
- Connaître l'indice critique fonctionnel de l'appareil, le temps d'usage relevé du compteur de l'appareil.
- Accéder rapidement au « plan de maintenance » de l'équipement.
- Ses spécifications techniques, historiques et commerciales sont disponibles sur DTE.
- Pour pouvoir localiser un ensemble mobile, recherchez le DTE et son historique (gestion multi site).
- Connaître la consommation d'énergie, de lubrifiants, etc.
- Connaître la liste des consommés de rechange.
- Connaître le code du responsable exploitation et maintenance de l'équipement.
- Accédez aux dessins et schémas liés à l'équipement inclus dans le logiciel de gestion de documents.

III.8.2 Module de « la gestion du suivi opérationnel des équipements »

Grâce au module de suivi des performances d'un problème, il s'agit de rechercher des indicateurs de fiabilité, de disponibilité et de taux de rendement agrégé TRS que le TPM est attendu ou efficace. Le choix des indicateurs prédétermine la nature des saisies nécessaires.

Celles-ci doivent pouvoir se faire "au pied de la machine" et en temps réel, ainsi que sur demande et compte rendu dans le cadre du suivi technique par l'indicateur de disponibilité

➤ Le module doit être capable d'assurer la gestion en affichant :

- Les graphes d'évolution des DI par périodes de suivi.
- Les graphes de Pareto se rattachant aux équipements par nature des arrêts.
- Le rappel des valeurs des indicateurs MTA (moyenne des temps d'arrêt) ou MTTR (mean time to repair ; en français TTR : temps technique de réparation) pour les dernières périodes.

➤ Dans le cadre d'un suivi par le TRS

Les modules doivent être capables, des données liées à la perte de performance, à la perte de qualité jusqu'à la perte de disponibilité, de calculer leurs trois tarifs de produits par période, de montrer leur évolution, de présenter l'affichage analytique des valeurs après sélection, pour diagnostic. Plus généralement, l'agent de méthode doit trouver à travers ce module tous les

facteurs qui lui permettent d'approfondir son analyse de la logistique, de la fiabilité, de la maintenabilité ou de la disponibilité.

III.8.3 Module de « la gestion des interventions »

Nous avons vu dans l'ordonnancement que certaines procédures existent selon la nature du travail. Pour de nombreux petits travaux, aucune DT n'est nécessaire pour attribuer des numéros, mais un relevé rapide de leur durée, de leur localisation et de leur nature. Il est nécessaire de créer une bibliothèque de différents éléments utiles liés aux clients, aux intervenants, aux différents états de l'intervention.

D'autre part, chaque équipement doit correspondre à une bibliothèque de code standard, liée à la défaillance de l'appareil, avec les conséquences souvent désignées comme la « cause » d'arrêt et à la cause identifiée.

➤ Pour les DT, demandes de travaux :

Le module doit permettre :

- La création d'un certain nombre de DT, OT, permettra de couvrir toutes les opérations connexes, les processus de sécurité spécifiques et DA ou BSM par exemple.
- L'horodatage de la demande, avec l'identité du demandeur et le champ, et l'urgence ou le délai spécifié.
- La possibilité de suivre l'état de la demande par le demandeur.

➤ Au niveau de la préparation de l'OT :

Le module doit permettre :

- L'insertion de gammes de maintenance préétablies ;
- Les réservations d'outillages, de moyens spéciaux, de pièces de rechanges, etc.
- L'affectation des ressources ;
- Le regroupement de la gamme de maintenance avec des plans, des pictogrammes et des schémas extraits d'un logiciel de gestion documentaire.
- L'insertion automatique de procédures de sécurité associées à certains équipements.
- Intégrez un groupe de travail au gestionnaire avec des graphiques Gantt et PERT.

➤ Pour les comptes rendus d'intervention :

Le module doit permettre :

- La saisie "facile et rapide" des paramètres décrit le caractère de l'intervention, même et surtout s'il s'agit d'une correction d'une micro- défaillance.

- L'utilisation de bornes libre-service par les dépanneurs, situées à proximité du site d'intervention, réduisant ainsi la distance et le temps d'accès à l'intervention.
- Pour décrire l'intervention à l'aide du code de la bibliothèque de l'équipement (localisation, cause, etc.).
- L'imputation des travaux à des comptes analytiques.
- De distinguer les durées d'intervention des durées d'indisponibilité.
- D'enrichir chronologiquement l'historique de l'équipement dès la clôture de l'OT.
- De connaître les consommations de pièces utilisées, éventuellement leurs valeurs.

➤ Pour la gestion des travaux externalisés :

Le module doit permettre la même gestion que le processus interne de préparation et de planification :

- Emission de DTE (demande de travaux externalisés) pour les prestations ponctuelles.
- Créez des contrats types simplement adaptés à chaque commande. (Clauses techniques, économiques et techniques, plan de sécurité).

III.8.4 Module de « la gestion du préventif »

Le module gèrera la maintenance systématique programmée des équipements, les dates prédéfinies sont déterminées à partir des relevés de compteur (ou d'une mesure dans le cas de la maintenance conditionnelle). L'activation sera automatique, en listant les activités hebdomadaires de la semaine. Chaque opération sera définie par sa gamme préventive. Le module devra également permettre un déclenchement " manuel ", par exemple par anticipation d'une opération préventive à la suite d'un arrêt fortuit.

III.8.5 Module de « la gestion des stocks »

Ce système est basé sur un fichier d'articles en stock comprenant la maintenance des équipements et les mouvements d'entrée/sortie de magasin.

Une fiche article doit comprendre :

- Le code article défini par l'organisation interne, son libellé et sa désignation technique.
- Le code article du ou des fournisseurs et le code fournisseur (et fabricant éventuellement).
- Le code du gisement en magasin.
- Les codes des articles de substitution, en cas de rupture.
- Le rattachement aux équipements possédant cet article.
- Le prix unitaire et le prix moyen pondéré automatiquement calculé.
- Les quantités en stock, commandées en attente.

Chapitre III : Généralités sur la Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur

- La méthode de réapprovisionnement et ses paramètres (stock de sécurité, stock maxi, etc.).
- Les dates des derniers mouvements.
- L'historique des consommations.
 - Les outils d'analyse du stock en nature et en valeurs sont :
- Classement des articles en magasin par valeur et taux de rotation.
- Valeur des stocks par nature et dans le temps (mois par mois).
- La liste des articles « dormants ».
- La liste des cas de ruptures de stock (demandes non satisfaites).
 - Il importe de vérifier certaines potentialités du module :
- Possibilité ou non de mettre à jour automatiquement les paramètres de consommation.
- La possibilité d'avoir le profil des consommations et le tracé de la courbe ABC en valeurs.
- Possibilités concernant les transactions en magasin : réception ou, à terme, retour au fournisseur en cas de non-conformité ; etc.
- L'édition de pièces réservées sur une préparation (numéro d'OT pour l'imputation).
- Présence d'écran d'inventaire incluant différents critères.
- Possibilité d'effectuer une recherche et une analyse multicritère.

III.8.6 Module de « la gestion des approvisionnements et des achats »

Caractéristiques de la fonction en maintenance : nombreux références et fournisseurs pour petite et courte quantité. Ce module doit activer, dans l'interface avec le logiciel du service « achat » pour un contrôle et une gestion aisée :

- Fichiers fournisseurs et fabricants avec leurs quantités associées.
- Lancer des appels d'offres pour les fournisseurs.
- Editez les commandes standards ou personnalisées et suivez les autorisations de dépenses.
- Le contrôle des factures.
- L'édition automatique des codifications internes et fournisseurs (transcodage).
- Suivre l'état de la commande.
- Le suivi des réceptions et des rejets en tout et en partie.
- Estimez la qualité des fournisseurs en obtenant des contrôles et en suivant les délais.
- L'édition automatique de lettres de relance pour les retards.

III.8.7 Module de « les analyses des défaillances »

La base de ce module est constituée des historiques fournis par chaque entrée BPT et OT classée par son code inductif. A partir d'un équipement donné, il doit permettre :

- La mise en place d'analyses quantitatives par graphe de Pareto, avec critères (MTTR, TA, durée d'arrêt) et plusieurs mises en familles (par cause, par localisation, par nature de défaillance, etc.) et sur plusieurs périodes d'analyse (hier, la semaine écoulée, les trois derniers mois, l'année, etc.)
- Puis analyser qualitativement les défaillances retenues comme prioritaires, éventuellement sous forme d'AMDEC.

La productivité de l'analyse de défaillances comme outil de rendre cette fonction de GMAO stratégique : il est de savoir par qui, quand, comment vont être organisées pour tester l'adéquation du logiciel au cahier des modules.

Ce module est la base de la MBF (maintenance basée sur la fiabilité).

III.8.8 Module de « budget et le suivi des dépenses »

Le gestionnaire d'analyses autorise uniquement l'analyse macro des comptes. Une analyse plus fine de la fonction maintenance doit pouvoir permettre une analyse détaillée grâce à la GMAO qui s'inscrit dans la continuité de l'évolution du coût de revient à l'activité dans un budget donné, certains éléments du cahier des charges sont précisés. C'est-à-dire le module permet-il :

- Créer un nouveau budget en modifiant des chapitres de l'ancien budget.
- Comparaison entre plusieurs exercices.
- Prise en compte du coût global de la prestation.
- Répartition en coûts directs et indirects (pertes de qualité, de production, etc.).
- Ventilez les coûts par équipement, par « client », par activité de maintenance, par origine de panne, par sous-ensemble commun à plusieurs appareils, etc.
- Comparaison entre prévision et réalité.
- Gérer en plusieurs devises : franc, euro, dollar, etc. ;
- Possibilité d'exporter les résultats comptables vers un logiciel comptable.
- Structure de la division budgétaire en sous-budgets consolidés.
- Le suivi des coûts pour établir le LCC (life cycle cost ; coût du cycle de vie) d'un équipement.

III.8.9 Module de « la gestion des ressources humaines »

Conçu spécifiquement pour la maintenance des services, ce module aide principalement à la planification. Il sera construit autour d'un « fichier-technicien » pouvant comprendre, pour chacun :

- La qualification, les habilitations, les diplômes, l'ancienneté dans son échelon actuel, les différentes affectations, l'affectation actuelle, etc.
- Les formations suivent, sollicitent et évaluent les compétences.
- Congés pris, réclamés et rétablis (données nécessaires à la programmation des travaux).
- Les temps de présence et d'absence (historique des arrêts de travail).
- Les coûts horaires pour chaque qualification (pour imputation des coûts d'intervention).

A noter l'intérêt, pour chaque technicien, accessible par GMAO, depuis la borne atelier, du sien par rapport aux congés de repos d'obtenir des informations de l'entreprise. C'est un facteur d'acceptation du système informatique.

III.8.10 Module de « les tableaux de bord et statistiques »

Tableau de bord lié au format de tous les indicateurs techniques, économiques et sociaux sélectionnés pour la gestion de la maintenance et du service. Certains sont livrés en « standard » avec le logiciel. Il faut vérifier s'ils peuvent être personnalisés rapidement (courbes, graphiques et autres visuels), ou développé avec un générateur de rapports externe au logiciel. Vérifiez également si l'extraction des données est simple.

Dans le cas du projet TPM, il est nécessaire d'examiner la fiche de l'indicateur TRS et de visualiser ses étapes de changement.

III.8.11 Modules complémentaires ou interfaçages utiles

La prise en compte des besoins internes et externes du service conduit à la recherche d'extensions par la communication, par l'achat de modules complémentaires ou par le développement de logiciels applicatifs spécifiques.

➤ Interfaçage requis ou non avec :

- Logiciel de comptabilité et de paie.
- Logiciel de gestion RH.
- Logiciel de gestion des achats et des approvisionnements.
- GPAO, ingénierie des réseaux.
- Logiciel de gestion de documents (GED).
- Outils multimédias.
- La supervision : saisie automatique des données "machine" par collecteur mobile, par code barre, par automate ou par capteurs.

➤ Autres fonctionnalités possibles :

- Lien vers un logiciel de gestion de projet.

- Badges de lecture.
- Saisie des images : scanner, hypertexte, etc.
- Analyse de défauts, génération d'AMDEC, etc.

Tous ces potentiels étant très évolutifs, il est important de ne pas retarder le démarrage du projet GMAO qui doit déboucher sur une phase opérationnelle économiquement significative pour lui-même.

III.9 Domaines à gérer

Domaines à gérer en maintenance : [28]

- Les activités du service
- Le matériel
- Les stocks de rechanges et l'approvisionnement
- Gestion budgétaire : répartition des coûts par équipement, type de maintenance.
- Les investissements
- Les ressources humaines

III. 0 Les principales fonctions de la GMAO

Les principales fonctions d'une GMAO selon le groupe PSA sont : [26]

- TRAITER un nombre important de données.
- METTRE A JOUR plans et documents.
- DECLANCHER et planifier les gammes et les travaux.
- CONNAITRE la répartition des couts.
- DISPOSER d'informations fiables et précises.
- DIFFUSER et ACCEDER à l'information.
- UTILISER rapidement les résultats d'analyses.

III.11 Les objectifs de la GMAO

L'objectif principal de la maintenance a longtemps été de réduire la durée d'immobilisation des équipements, De maîtriser un de paramètres ayant une influence directe sur la fiabilité des équipements, les coûts d'exploitation et la qualité des produits des services. Ils doivent ainsi à tout moment :

- Fluidifier la communication avec les services de soins grâce à un portail de demandes d'interventions sur les équipements.
- Réduire les coûts de pannes.

- Réduire les délais d'approvisionnement en matériel et en pièces
- Réduire les temps d'intervention.
- Suivi fiable de la maintenance préventive et réglementaire.
- Augmenter la disponibilité des équipements.
- Amélioration de la maîtrise des coûts et du suivi de la sous-traitance.
- Aide à la prise de décision et à l'innovation des équipements.
- Maîtriser les coûts d'installation et connaître l'impact financier de leurs décisions.
- Maîtriser les interventions, leurs délais et leurs coûts.
- Optimisation des ressources humaines et techniques.
- Optimiser les stocks de pièces détachées.
- Connaître les détails des paramètres techniques et conserver.
- Formaliser et valoriser les retours d'expériences notamment sur les incidents et leurs causes.

[27]

III.12 Les fonctionnalités du système GMAO

L'outil de GMAO se caractérise par quatre fonctionnalités standard : [27] [28]

- Gérer la maintenance, c'est-à-dire les interventions préventives et sur machine.
- Gestion du personnel de maintenance : planification, affectation des responsables de formation.
- Gestion des stocks de pièces détachées : contrôle en magasin, alerte seuil, réception pièces détachées.
- Gestion des achats : Edition des commandes, gestion des fournisseurs et de leur prix, facturation.

L'inventaire de l'offre commerciale de logiciels d'assistance à la maintenance et de GMAO met en évidence une gamme d'assistances à la maintenance et de progiciels différents pour tous les secteurs d'activité.

III.13 Installation d'une GMAO

Avant d'installer une GMAO, il est utile de se poser quelques questions : [25]

- Quelles sont les attentes de la production vis-à-vis du service de maintenance ?... Et de l'entreprise en général ?
- Quelles sont les difficultés internes aux services ?
- L'équipe de maintenance est-elle prête ? (Connaissances, compétences, état d'esprit).
- Quel est le budget alloué ?

- Est-il possible d'initier un module sous Excel ou Access.
- Les ressources disponibles sont-elles suffisantes ?

III.14 La réussite d'une GMAO

Afin d'aboutir au succès du projet, la mise en place d'une analyse des besoins nécessairement précise et détaillée en amont, une définition précise des objectifs, une préparation minutieuse et une cohésion de l'ensemble. En effet, une telle démarche doit se faire sous l'impulsion de la direction et la participation du personnel de l'entreprise. Ces prérequis permettront d'une part de faire une sélection adaptée des offres du marché et d'autre part de réfléchir aux organisations les plus intelligentes et les plus performantes. La décision d'investir dans un outil de GMAO soulève des questions sur les habitudes que différents services utilisent pour des raisons historiques différentes systèmes pour un même appareil selon leurs propres caractéristiques (achats, méthodes, travaux neufs, maintenance, conduite). La croissance de l'offre GMAO et le marché s'orientent vers les technologies nomades, cela se traduira par une nouvelle routine d'interrogation qui a été mise en place depuis la première installation. [30]

La mise en place d'une GMAO doit découler d'un besoin et pas seulement d'une envie d'avoir une GMAO répondant aux attentes ou aux standards des clients, sinon, sa mise en place peut être difficile et rapidement échouer. Il s'avère que face à des difficultés de nombreuses entreprises n'ont que partiellement utilisé les capacités de leur outil de GMAO car elles n'ont pas été en mesure d'accompagner et de promouvoir sa mise en œuvre. Le succès du système de GMAO sera assuré si :

- Le système construit doit être techniquement utilisable.
- La GMAO doit être utile à l'organisation.
- La GMAO doit être utile à l'utilisateur et donc réellement utilisée. [30]

III. 5 Elaboration d'un plan GMAO

Élaborez un plan dans ce domaine qui comprend la structuration des informations de service et la maintenance des systèmes organisationnels pour atteindre des objectifs fondamentalement différents.

➤ Créer un système de politique de maintenance :

- Définir la politique de maintenance.
- Programme de base de la maintenance.
- Gamme de maintenance.
- Fiches de maintenance.

- Créer un lien avec l'activation des interventions préventives :
- Diagnostic, recherche la source de la panne et peut-être de sa cause.
- Gérer les besoins en travaux de correction et d'amélioration.
- Déclenchement des interventions préventives.

➤ Créer des modules liés à l'exécution de tâches :

- Préparation des interventions.
- Planification des interventions et des ressources.
- Lancement.
- Suivre l'exécution des travaux.

➤ Créer une banque de données maintenance (historique).

La mise en place de tels systèmes implique deux étapes complémentaires :

- Une sur le site « production » :
 - Connaissance des réseaux d'informations.
 - Des données liées au matériel.
 - Des rapports d'intervention.
 - Connaissance des stocks pièces de rechange.
 - Connaissance des limites des interventions.
- Une au niveau de la direction ou de siège :
 - Connaissance des informations provenant des autres sites de production.
 - Des normes en vigueur dans la société.
 - Des objectifs liés à la maintenance, (amélioration de la disponibilité, extension de l'expérience pour s'autres unités).

Une stratégie informatique devrait en dériver en suggérant :

- Codification (nomenclature).
- Création de banques de données.
- Utilisation des moyens informatiques existants, acquisition de nouveaux.
- Suivi des résultats.

III.16 Les avantages et inconvénients de la GMAO

III.16.1 Les avantages

- Amélioration du contrôle des coûts.
- Optimiser le budget de maintenance.
- Optimisation des achats et de la gestion des stocks (réduction des coûts).
- Augmenter la disponibilité des équipements (diminution du manque produire).

- Améliorez et faciliter la planification de la maintenance.
- Capitaliser sur l'expérience (consultation facile et rapide de l'historique).
- Réduire le nombre, la fréquence et la gravité des pannes.
- Améliorer la qualité du service (répondre aux besoins et augmenter le taux de satisfaction).
- Augmentation de la productivité de la maintenance.
- Minimiser les interventions d'urgence.
- Réduire le temps d'intervention.

La GMAO permet de réduire les coûts de service et d'augmenter au maximum la fiabilité des équipements. [31]

III.16.2 Inconvénients (causes d'échecs)

- La cause première d'échec en exploitation des GMAO est contenue dans l'attente d'un investissement miracle. Il y aura échec :
 - Là où les besoins à satisfaire n'ont pas été identifiés ni approfondis.
 - Là où il n'y avait ni service méthodes, ni ordonnancements efficaces.
 - Là où il n'y avait pas d'organisation rationnelle de la maintenance.
 - Là où les gens ne sont pas motivés, ou pas compétents, ou mis devant le logiciel sans préparation.
 - Là où il n'y a pas de démarche consensuelle d'introduction de l'outil.
 - L'échec viendra aussi, le plus souvent, du fait du refus des parties concernées. Et s'il n'y avait pas une bonne organisation avant, l'investissement sera voué à l'échec après. La démarche de « Consommateur d'informatique », parce qu'un concurrent a acheté la GMAO ou parce qu'elle était proposée dans la revue et dans ou parce qu'elle était « à la mode », a échoué. [20]

III.17 Le progiciel EMPACIX

L'EMPACix est l'un des progiciels conçus dans le cadre de la GMAO utilisé au niveau du département de maintenance et travaux neufs au sein de la Direction des GEM.

III.17.1 Définition

L'EMPACix est un progiciel qui a été développé par le Groupe Indus International. Il est constitué principalement autour de trois processus principaux Travaux, Stock et Achat, les autres processus dépendent fortement du comportement des trois premiers.

Par ailleurs, ce progiciel permet de traiter les travaux neufs, la gestion des inspections (appareils soumis à contrôle périodique), la gestion des tournées et visites.

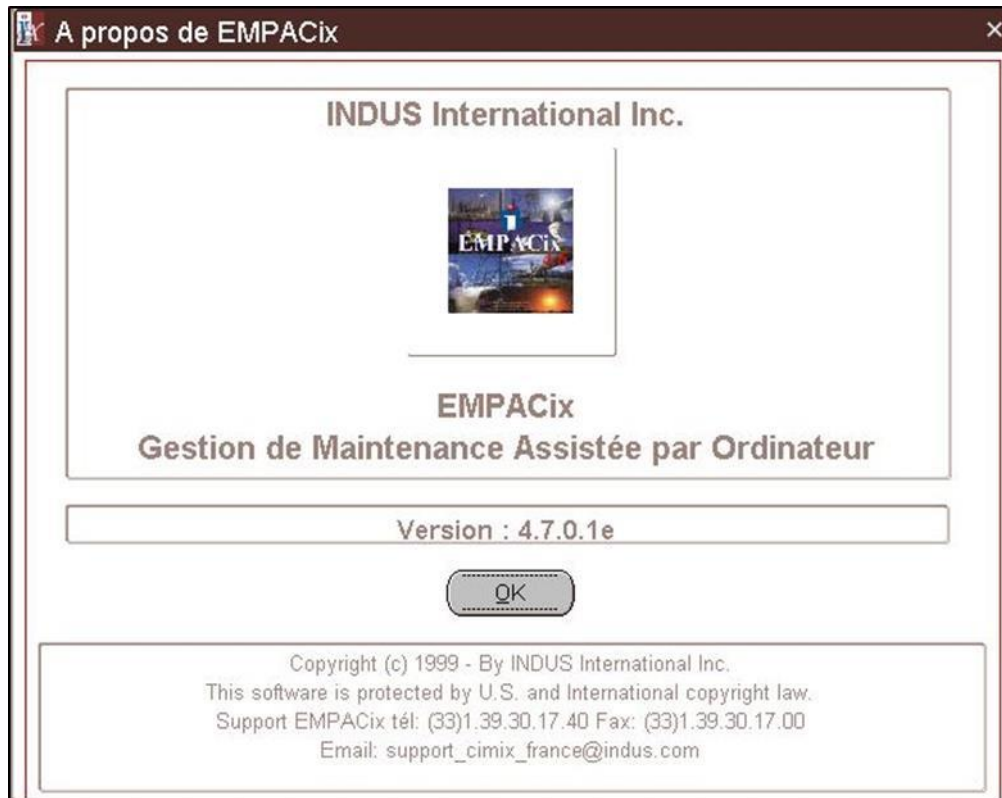


Figure III-2 : A propos de l'EMPACix

III.17.2 Les processus d'EMPACix

Les processus de l'EMPACix sont les suivants :

- Gestion des stocks (tenue et gestion de stock) : gestion des articles nécessaire à l'exécution des travaux de maintenance, et tous qui s'agit d'appris tel que tenues de travaux que ces articles soient stockés ou non.
- Gestion des achats (matériel et sous-traitance) : constitution et traitement des demandes d'achat. Préparation et suivi des commandes, expéditions, appels d'offres. Gestion contrats et des marchés.
- Gestion du parc machine : constitution et gestion de la nomenclature du parc machine (fonctions, équipements) de l'entreprise suivant les principes d'arborescences définis par l'utilisateur, documentation technique, consignes de sécurité, localisation...etc.
- Gestion des coûts (budget) : Préparation du budget maintenance de l'entreprise ventilé en personnel et matériel interne, personnel, matériel externe. Suivi des engagements des dépenses correspondantes.
- Gestion de la maintenance préventive : constitution et gestion des gammes d'opération standard et des plans de maintenance. Planification des travaux préventifs.

Chapitre III : Généralités sur la Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur

- Gestion des travaux (correctifs et travaux neufs) : constitution, préparation, planification et lancement des travaux, compte rendu et historique des interventions.
- Gestion des tournées et visites : constitution, préparation des bons de tournées.
- Gestion des inspections : Constitution et traitement des fiches de contrôles réglementaires du parc machine [32]

III.18 Conclusion

Enfin, la solution GMAO est un excellent outil pour améliorer les processus, gagner en productivité et éviter des incidentes qualités.

Dans ce chapitre, il était question des généralités sur la GMAO. En effet nous y avons fait connaitre ce que c'est un logiciel GMAO, ces différents modules, fonctions et ces objectifs. Le chapitre suivant sera consacré aux généralités des groupes électrogènes.



Chapitre IV : Généralités sur les groupes électrogènes



IV Généralités sur les groupes électrogènes

IV.1 Introduction

Depuis la découverte des forces électromagnétiques jusqu'à l'invention des systèmes de distribution de l'énergie électrique, les technologies ont évolué avec comme point central l'élaboration de machines de plus en plus complexes reposant sur l'utilisation du courant électrique. Maintenant que cette énergie est devenue un des vecteurs de croissance économique et industrielle les plus importants, il est primordial d'assurer sa production continue.

Les réseaux publics ne sont pas toujours capables de supporter les intensités électriques nécessaires au fonctionnement de la multitude d'entreprises reposant sur cette énergie pour la pérennité de leur activité. Pour pallier les éventuelles insuffisances et défaillances occasionnelles des réseaux publics, les groupes électrogènes constituant des sources d'énergie électrique mobiles, ont été développés et perfectionnés. Aujourd'hui ils deviennent essentiels et répondent à plusieurs enjeux selon leur utilisation.

IV.2 Définition

Un groupe électrogène est une machine qui utilise l'énergie conventionnelle pour produire de l'électricité, la figure ci-dessus est le processus de conversion d'énergie par le groupe électrogène. Leur taille et leur poids peuvent varier de quelques kilogrammes à plusieurs dizaines de tonnes. Il se compose d'un moteur thermique, d'un alternateur, d'une unité de contrôle et d'accessoires. Lorsque le groupe électrogène démarre, le moteur se met à tourner, il entraîne avec lui l'alternateur, constitué d'un rotor constitué d'enroulements entraînés par le moteur et d'un stator fixe constitué d'un ensemble de trois bobinages. L'induit et le circuit magnétique du stator. Lorsqu'il tourne, le rotor a généré un flux magnétique dans le stator, qui est converti en énergie électrique au niveau du stator. Il existe trois types de groupe électrogène : à gaz, à essence et diesel. [33]

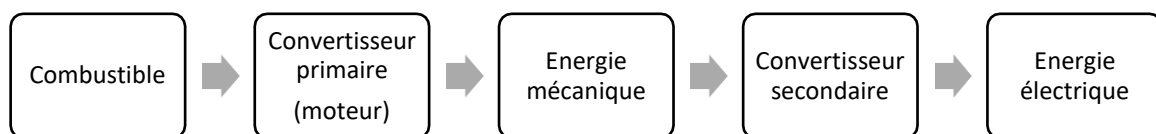


Figure IV-1: Processus de conversion d'énergie par un groupe électrogène

IV.3 Les différentes parties d'un groupe électrogène

IV.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 il en existe deux types :

- **Moteurs à combustion interne** : Le système est renouvelé à chaque cycle. Il est en contact avec une seule source de chaleur (l'atmosphère), c'est le cas des moteurs à essence et diesel.
- **Moteurs à combustion externe** : Le système (air) est recyclé, aucun renouvellement n'est nécessaire, besoin de deux sources de chaleur, Par exemple dans ce qui suit on retrouve la machine à vapeur, le moteur Stirling. [34]

5. Fonctionnement

Un moteur diesel fonctionne différemment d'un moteur à essence. Même si leurs principaux organes sont similaires et s'ils le même cycle à quatre temps.

Un moteur diesel est un moteur à explosion présentant des différences sensibles, en particulier dans la façon dont le mélange est enflammé et la manière dont la puissance délivrée est régulée. Dans un moteur à essence, le mélange carburé est enflammé par une étincelle électrique, par contre dans un moteur diesel, l'allumage est obtenu par une auto inflammation du gasoil à la suite de l'échauffement de l'air sous l'effet de compression. Un rapport volumétrique normal est de l'ordre 1/20 pour un moteur diesel (alors qu'il est de 1/10 pour un moteur à essence). Un tel taux de compression porte la température de l'air dans le cylindre à plus de 450°C. Cette température étant celle de l'auto inflammation du gasoil, celui-ci s'enflamme spontanément au contact de l'air sans qu'il y ait besoin d'une étincelle, et par conséquent, sans système d'allumage.

➤ Cycle à quatre temps

- **Temps d'admission** : Le piston descend, cela réduit la pression dans le cylindre. La soupape d'admission s'ouvre, l'air se mélange et descend du carburateur vers le cylindre.
- **Temps de compression** : Les soupapes d'admission et d'échappement sont fermées. Le piston monte, comprimant le mélange d'air du carburant, augmentant ainsi sa température.
- **Temps de compression détente** : Les bougies d'allumage enflamment un mélange d'air et de chaleur. L'explosion pousse le piston vers le bas.
- **Temps d'échappement** : Le piston monte, la soupape d'échappement s'ouvre et les gaz d'échappement sont évacués. [35]

IV.3.2 Alternateur

L'alternateur est composé d'un rotor qui entre en mouvement grâce au moteur. Il tourne autour d'un stator, qui contient un circuit magnétique. Ce mouvement crée un champ magnétique. Le stator transforme le flux magnétique en énergie électrique. [36]

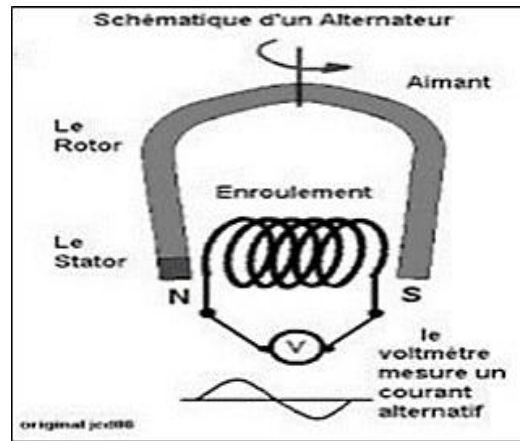


Figure IV-2: schématique d'un alternateur

6. Stator

Comprend des tôles magnétiques acier à faibles pertes, assemblées sous pression. Les tôles magnétiques sont bloquées axialement par un anneau soudé. Les bobines du stator sont insérées et bloquées dans les encoches puis imprégnées de vernis et polymérisées. L'inductance de l'excitateur est constituée d'un élément solide et d'une bobine. Le système d'excitation est fixé sur le palier arrière de la machine. La bobine est en fil de cuivre. [36]

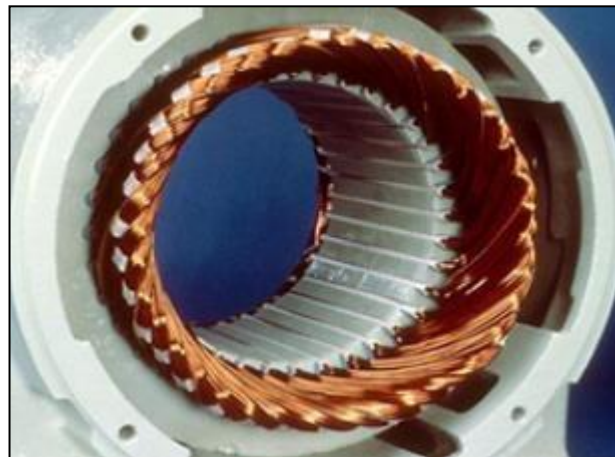


Figure IV-3: Stator

7. Rotor

La roue polaire comprend un paquet de tôles d'acier, découpées et frappées pour reproduire le profil des pôles saillants. L'empilage des tôles est terminé par des tôles de grande conductivité électrique. Il existe deux types de rotor : Rotor à pôle saillant et à pôle lisse. [36]



Figure IV-4: Rotor

8. Principe de fonctionnement

Le principe d'induction magnétique est généralement expérimenté en déplaçant un aimant permanent dans une bobine. Une tension est générée aux bornes de la bobine. Un alternateur fonctionne sur ce principe ; un électro-aimant, alimenté par un courant d'excitation, est en rotation à l'intérieur des trois bobines ; il produit donc trois tensions triphasées alternatives décalées de 120° . L'énergie produite par un alternateur est proportionnelle à la vitesse de rotation de l'électro-aimant et à la puissance qui elle-même est proportionnelle au courant d'excitation. [37]

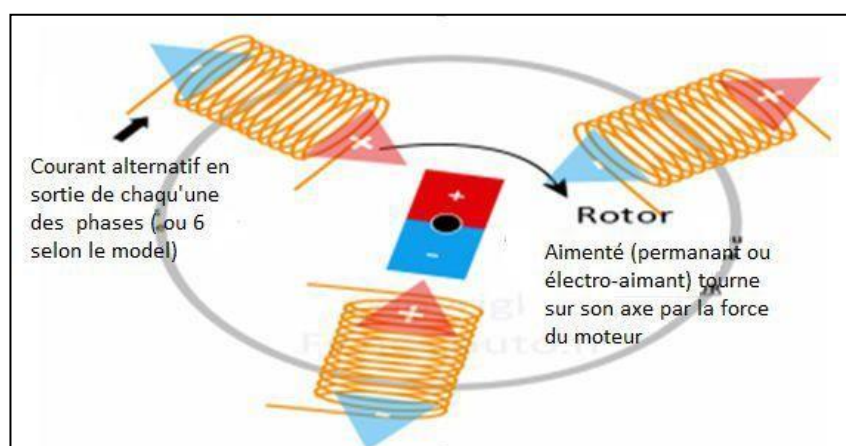


Figure IV-5: Principe de fonctionnement d'un rotor et un stator

IV.3.3 Le système de démarrage

Le circuit de démarrage du groupe électrogène doit avoir et assurer un démarrage fiable du moteur. Le système de démarrage du groupe électrogène peut être électrique ou pneumatique, dans certains cas, il est possible d'installer les deux systèmes de démarrage, pour des raisons de sécurité. [38]

9. Démarrage électrique

Le démarrage électrique est assuré par le démarreur. Les démarreurs ont tous le même principe de fonctionnement, seulement légèrement différent dans la construction. Généralement un démarreur est composé d'un moteur électrique, d'un solénoïde et d'un lanceur. La procédure de fonctionnement d'un démarreur se compose de trois phases principales :

➤ Phase d'appel

Les deux enroulements (4) et (5) sont alimentés. Ces derniers attirent le noyau (6) qui déplace le lanceur (13) à l'aide de la fourchette (17). Le pignon (14) s'engrène avec la couronne. [38]

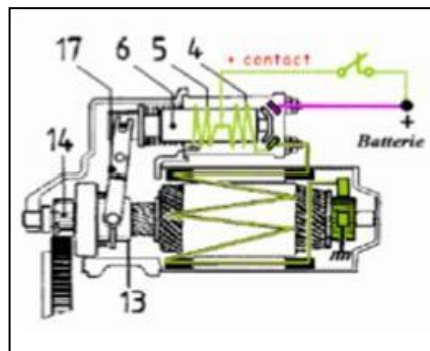


Figure IV-6: Démarrage électrique : phase d'appel

➤ Phase de maintien

Lorsque le contact est mis, toute la capacité de la batterie est disponible pour le boîtier de démarrage dès la mise sous tension, le bobinage d'appel (4) n'a plus d'action. Le noyau vient en appui contre les contacts. L'inducteur (12) et l'induit (11) sont alimentés l'induit tourne. L'enroulement d'appel (4) possède une charge positive à chacune de ses extrémités et est donc parcouru par aucun courant. L'enroulement de maintien (5) assure seulement le maintien du noyau plongeur dans sa position. [38]

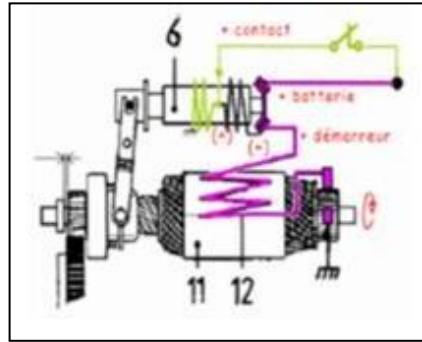


Figure IV-7: Démarrage électrique : phase de maintien

➤ Phase d'arrêt

Le pignon entraîne le moteur en rotation à une vitesse précise et celui-ci devient autonome. Une fois autonome, l'opérateur cesse l'action sur le contacteur coupant l'alimentation électrique de l'enroulement de maintien et la liaison aux bornes. [38]

IV.3.4 Système de refroidissement

Le moteur génère beaucoup de chaleur lorsqu'il tourne et doit être refroidi en permanence pour éviter tout dommage. Le système de refroidissement du moteur a pour fonction de :

- Dissiper le dégagement de chaleur.
- Maintenir la température des différents organes à un niveau de résistance mécanique suffisant.

Son rôle est donc essentiel pour la préservation du moteur. [39]

10. Le refroidissement par air

Les cylindres sont alimentés en externe avec des ailettes supplémentaires soit directement depuis la fonderie et sont orientés de manière à ce que l'air circule facilement entre eux, généralement dans les moteurs diesel le système est équipé d'un ventilateur ou d'une turbine.

➤ Facteurs favorisant le refroidissement :

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

➤ Avantage de ce système :

- Simplicité de construction.
- Pas d'entretien.
- Gain de poids. [39]

11. Le refroidissement par eau

La circulation d'air est remplacée par la circulation d'un fluide de refroidissement appelé fluide caloporteur entre les différentes parties du moteur et un échangeur de chaleur traversé par l'air va refroidir le liquide. Cet échangeur eau /air est appelé radiateur.

La circulation de ce liquide est accélérée grâce à la turbine d'une pompe à eau entraînée par une courroie (courroie de distribution ou courroie d'accessoire). [39]

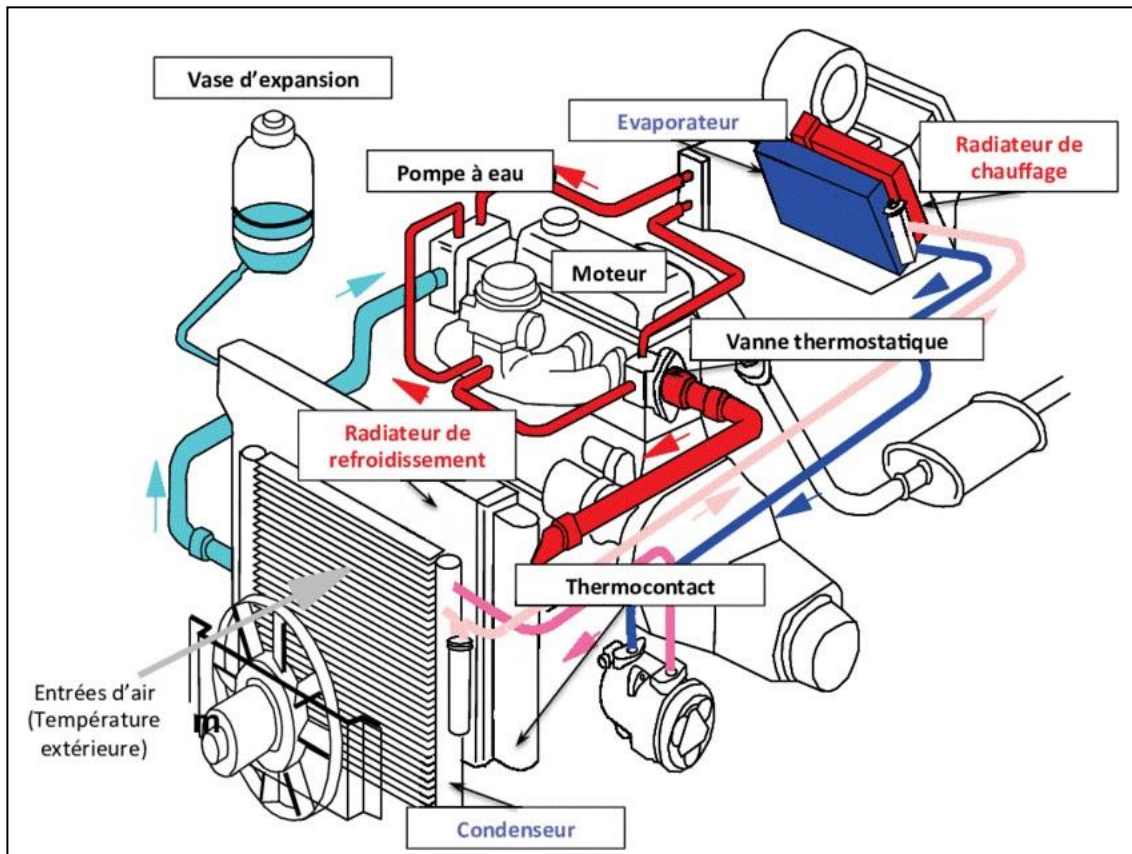


Figure IV-8: Circuit de refroidissement par eau

12. Principe de fonctionnement

Lorsque le moteur est froid, le thermostat se ferme, obligeant l'eau à circuler uniquement dans le moteur. L'eau s'écoulera à travers le cylindre et la culasse, puis retournera à la pompe à eau par un tuyau menant au bloc moteur. Lorsque le seuil de température est atteint, le tuyau d'eau s'ouvre, ce qui ouvre le tuyau de retour de la pompe à eau interne. L'eau sera amenée à circuler dans le radiateur, une petite quantité d'eau passera par le vase d'expansion pour compenser la différence de volume d'eau en température. Le liquide de refroidissement traverse les radiateurs pour être refroidi par l'air ambiant. En cas d'air de refroidissement insuffisant, la température de l'eau augmentera. Il faut donc faire appel à un circuit électrique auxiliaire qui est représenté sur la figure (IV-9). Lorsque la température est trop élevée, le contact thermique s'éteint et il

alimente le relais pour fermer son contact de puissance, ce qui se traduit par un gros contact qui alimente le moteur du ventilateur. Une fois l'eau refroidie, le thermostat s'ouvrira et retournera à la pompe à eau via une ligne du moteur. [40]

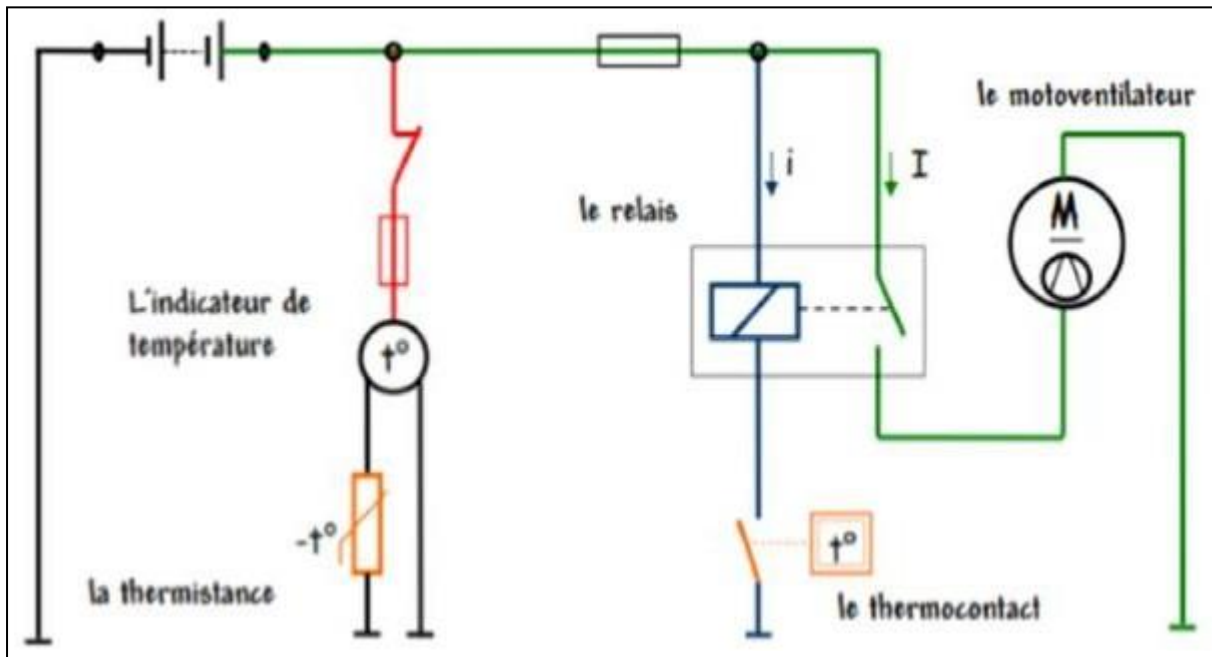


Figure IV-9: circuit électrique de refroidissement [38]

IV.3.5 Circuit de lubrification

Un moteur est constitué d'un tas de métal en mouvement. Le frottement les uns contre les autres crée de la chaleur générée par le frottement. Pour que les différents mécanismes fonctionnent longtemps dans le moteur, ils doivent être lubrifiés, c'est-à-dire qu'il doit y avoir un film d'huile lubrifiante entre les pièces. [34]

IV.3.6 Circuit d'alimentation en combustible

L'alimentation en carburant du groupe électrogène est garantie à partir d'un réservoir de stockage journalier alimenté à partir d'un réservoir dimensionné en fonction de l'application et de la capacité du groupe électrogène. Le remplissage journalier du réservoir, d'une capacité limitée aux 500 litres, s'il est installé dans le même local que le groupe, est généralement assuré automatiquement par une pompe de transfert pilotée par le niveau des contacts et boudins.

Le circuit de démarrage du groupe électrogène doit être ouvert et garantir que le moteur démarre fermement. Le système de démarrage du groupe électrogène peut être électrique ou pneumatique, Dans certains cas, les deux systèmes de démarrage sont possibles, pour des raisons de sécurité. [37]

IV.3.7 L'armoire de contrôle

Contient les commandes de démarrage et d'arrêt du groupe électrogène. La puissance d'un groupe électrogène se mesure en watts. Plus un groupe électrogène est puissant, plus son rendement sera élevé. Les appareils les plus modernes permettent d'adapter leur puissance selon la consommation réelle. [41]

IV.3.8 La partie commande

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

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

- Utilisation du générateur comme source d'alimentation principale dans le cas où le générateur est la seule source d'alimentation pour la charge. Il peut être contrôlé manuellement selon les besoins et est conçu pour un fonctionnement continu.
- Utilisation du groupe électrogène comme source d'appoint : dans le cas où le groupe électrogène permet de renforcer le réseau, la charge devient très importante, on parle alors de l'alternateur du groupe sur le réseau. Pour se faire certaines conditions doivent être remplies à savoir :
 - La tension générée par le groupe doit être égale à la tension du réseau.
 - La fréquence du groupe doit être égale à la fréquence du réseau.
 - L'ordre de succession des phases doit être la même.
 - Les deux systèmes doivent être en phase.

Le respect de ces conditions équivaut à synchroniser le groupe électrogène ; la synchronisation et le couplage du groupe électrogène se fait par un dispositif de commande composé de :

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

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

- Le démarrage manuel est effectué par l'opérateur, après avoir constaté le défaut du réseau, en donnant l'ordre de démarrer le groupe électrogène par interrupteur ou par bouton poussoir après déconnexion de la charge du réseau, Lorsque la tension revient à la normale, l'opérateur peut arrêter le générateur.

Chapitre IV : Généralités sur les groupes électrogènes

- Le démarrage automatique d'un groupe électrogène est effectué par un dispositif électronique ou électrique de commande appelé inverseur de source normale/ secours. Ce dispositif de commande est muni d'un module électronique qui détecte une défaillance sur le réseau qui peut être le manque ou la baisse de tension ou encore un déséquilibre et ensuite donne immédiatement l'ordre de démarrage du groupe qui provoque le basculement de l'utilisateur du réseau normal au réseau secours.

Transformateur du réseau :

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

IV.4 Les accessoires du groupe électrogène

IV.4.1 Système de contrôle et commande et détection des pannes

13. Système de contrôle et commande et identification

Pour commander et surveiller son fonctionnement, le groupe électrogène est équipé d'un système de commande/contrôle électronique (figure IV-10), spécialement conçu à cet effet. En fonction des besoins, divers coffrets peuvent être montés, en standard, sur le groupe. D'autres systèmes plus spécialisés peuvent être organisés pour des spécificités, auquel cas une documentation séparée sera fournie. Ces systèmes de contrôle se composent de trois éléments essentiels qui fonctionnent conjointement.

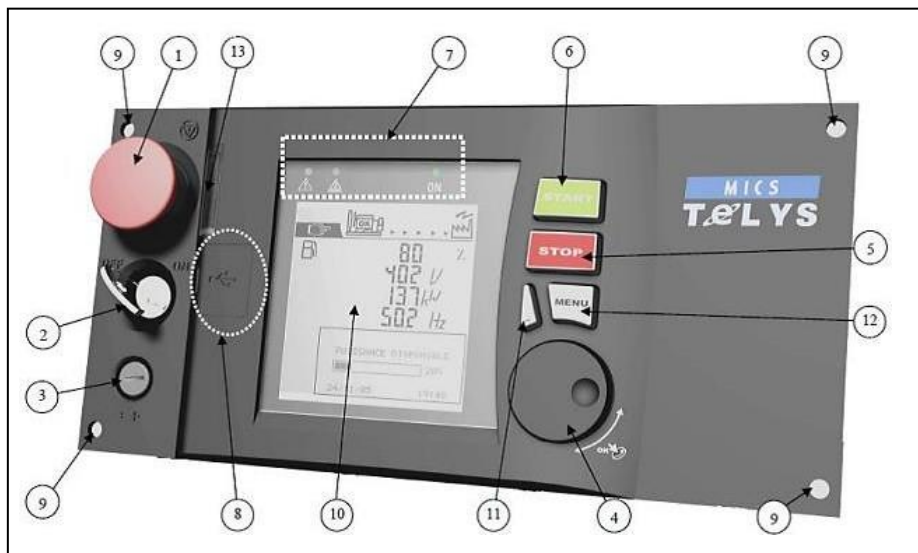


Figure IV-10: système de commande

- 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.

Chapitre IV : Généralités sur les groupes électrogènes

- 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. [42]

14. Coffret de commande

Il permet de démarrer et d'arrêter le générateur, de surveiller son fonctionnement et ses performances, et également d'automatiser le groupe électrogène en cas de problème grave. Afin d'éviter des dommages importants au niveau du moteur ou de l'alternateur. [37]

15. Coffret de contrôle

Il est utilisé pour surveiller en permanence le fonctionnement du groupe électrogène. Il détecte s'il y a une anomalie dans le fonctionnement du groupe électrogène et il est également utilisé pour surveiller la tension et le courant à la sortie de l'alternateur pour contrôler la fréquence du courant. [34]

IV.4.2 Tableau inverseur de source automatique

Il s'agit d'un appareil électrique installé dans un groupe électrogène pour un fonctionnement de secours. Sa fonction est de commuter l'alimentation de la charge du groupe électrogène lorsque le réseau d'alimentation est interrompu. [43] (Figure IV-11)

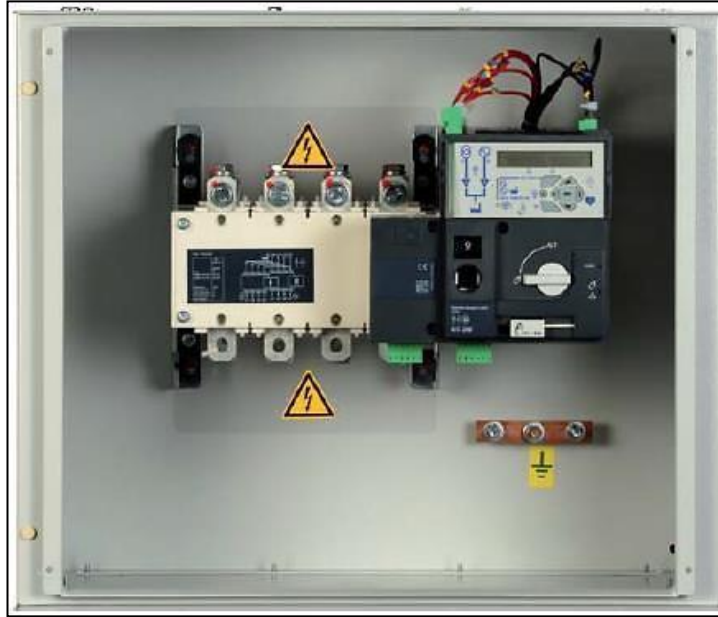


Figure IV-11: Inverseur de source

IV.4.3 Le synchronoscope

Il est généralement installé dans toutes les alimentations destinées à fonctionner en parallèle avec des groupes électrogènes, ou lorsque l'unité est couplée à un réseau. Sa fonction est de porter chaque phase du groupe avec chaque phase d'un ou plusieurs autres groupes ou du réseau prévu.

IV.4.4 La batterie

C'est un accumulateur dont le rôle est de fournir du courant continu au départ-moteur. Il sert aussi à alimenter quelques accessoires comme la moto ventilateur.

IV.4.5 Chargeur de batterie

Il s'agit d'un redresseur de courant alternatif de groupe électrogène, utilisé pour alimenter la batterie en courant redressé à la tension correcte.

IV.5 Caractéristiques techniques d'un groupe électrogène

IV.5.1 L'alternateur

Pièce essentielle du groupe électrogène, il est composé d'un rotor entraîné en rotation par un moteur thermique, par exemple, dont la puissance devra être le double de ce dernier. Exemple : un alternateur de 3 KW pour un moteur de 6 CV

IV.5.2 Type d'énergie

Le gasoil, est le type d'énergie le plus courant, suivi du fioul lourd, plus rare et principalement utilisé pour alimenter les gros groupes électrogènes. Le gaz quant à lui se fait très rare, demandé en Inde il est quasi introuvable en Europe du fait du coût élevé du gaz.

IV.5.3 Fréquence

La fréquence des groupes électrogènes se calcule en Hertz. Les machines que l'on trouve principalement en Europe sont des groupes de 50/60 Hertz, plus fréquemment utilisée dans cette zone géographique.

IV.5.4 Puissance

Le Kilowatt (kW) et le kilovolt ampères (KVA) sont les de deux unités utilisées pour mesurer la puissance d'un groupe électrogène. La mesure en KVA représente la puissance apparente d'un groupe électrogène.

IV.5.5 Options

Les groupes électrogènes peuvent être capotés et insonorisé pour qu'ils soient silencieux, ce sont souvent des appareils demandés par des hôpitaux ou autres organismes pour lesquels le calme toute son importance. Ils peuvent être équipés de cheminée pour les échappements, montés sur skids pour éviter le contact direct avec le sol dans certains endroits, munis d'une armoire électrique intégrée ou séparée et d'un démarreur automatique en cas de coupure électrique par exemple. Pour le marché des groupes électrogènes d'occasion, la densité rend les temps d'attente difficiles et les délais de livraison plus longs que jamais sur les nouveaux marchés, poussant les utilisateurs à se tourner vers du matériel d'occasion, qui a également son avantage : le prix plus attractif que celui du neuf...

IV.6 Protections du groupe électrogène

IV.6.1 Protection des alternateurs

Le fonctionnement en parallèle des groupes électrogènes entre eux le réseau implique la mise en place de protections à préserver l'intégrité des équipements. L'objet des protections est de limiter l'amplitude et la durée des contraintes électriques thermiques ou mécaniques produites par de façon à diminuer les conséquences et l'importance des avaries.

Le choix de protections doit être fait en fonction de critères liés à l'importance du réseau et de la centrale :

- Protection de surcharge de l'alternateur.

Chapitre IV : Généralités sur les groupes électrogènes

- Protection contre les courts-circuits.
- Protection thermique du bobinage stator réalisée à partir de sondes insérées dans le bobinage. [44]

IV.6.2 Protections du moteur

Les groupes électrogènes doivent également disposer de mesures de protection des moteurs thermiques. Il s'agit essentiellement :

- Du niveau et de la température de l'huile.
- Du niveau et de la température d'eau.
- De la température d'échappement. [44]

IV.7 Entretien et maintenance du groupe électrogène

Comme tout équipement électrique, un bon entretien assurera une plus longue durée de vie au groupe électrogène.

IV.7.1 Entretien

16. Huile Moteur

La jauge d'huile moteur est toujours disponible sur les moteurs 4 temps. Habituellement, cette jauge sert également de bouchon de remplissage. En général, le contrôle du niveau d'huile moteur provoque le refroidissement complet du moteur avant chaque démarrage. [35]

17. Filtre à air

Un filtre à air propre est indispensable pour le bon fonctionnement du moteur, il limite la consommation de carburant et la pollution du moteur.

- Le nettoyage du filtre à air est préconisé toutes les 50 heures de fonctionnement.
- Le remplacement du filtre à air chaque année est vivement conseillé. [35]

18. Bougie (moteur essence)

- Le nettoyage des bougies s'effectue toutes les 100 heures de fonctionnement.
- Le remplacement s'effectue toutes les 300 heures. [35]

19. Batterie (moteur à démarrage électrique)

Si la batterie en place est une batterie à liquide (et non au gel), un contrôle de niveau est requis régulièrement et éventuellement complément à l'eau distillée uniquement sans jamais dépasser repère du niveau maximum. [35]

Chapitre IV : Généralités sur les groupes électrogènes

IV.7.2 Maintenance

La maintenance répond à une réglementation stricte qu'il faut veiller à respecter. Il est recommandé de faire des essais de vérification : [35]

- **Tous les mois** : le groupe électrogène doit tourner pendant 30 minutes en charge à 50%, toutes les deux semaines, procédé aux contrôles demandés dans le guide d'entretien.
- **Tous les six mois** : nettoyer le pare étincelle et contrôler le tuyau de carburant. Il faut prévoir de le remplacer si celui-ci est endommagé.
- **Tous les ans** : régler les soupapes et nettoyer et purger le réservoir de carburant.
- **Tous les deux ans** : nettoyer la chambre de combustion.

Parfois, il arrive que le démarrage automatique du groupe électrogène ne soit pas nécessaire, par exemple pendant les temps de repos d'une entreprise ou pendant la nuit pour les installations domestiques. Par contre, il y a une zone où le courant est très rarement coupé, donc le groupe électrogène ne fonctionne pas pour des raisons de maintenance, il faut faire tourner le groupe électrogène au moins une fois par mois. [35]

IV.8 Les groupes électrogènes à gaz

Les groupes électrogènes à gaz ont les mêmes composants et même principe de fonctionnement avec tous les groupes électrogènes, seulement le carburant utilisé est le gaz.

Le groupe électrogène à gaz CUMMINS 315GFBA est l'un des groupes électrogènes utilisés au niveau du département de maintenance et travaux neufs au sein de la Direction des GEM. [45]

IV.8.1 Définition

Ce groupe électrogène de 350 KVA de la marque CUMMINS modèle 315GFBA est un groupe électrogène de secours. Grâce à ce groupe électrogène de secours, toute coupure d'électricité de SONELGAZ est immédiatement relayée par le démarrage et la production d'électricité du groupe pour alimenter le bloc de l'administration. Il peut fonctionner en mode automatique ou manuel selon le choix de l'opérateur.

Il est constitué d'un moteur à gaz, entraînant un alternateur et accompagné d'une armoire de commande et contrôle destinée à la conduite de son fonctionnement. En plus de l'armoire contrôle/commande, il y a une armoire INS (Inverseur Normal/Secours).

La maintenance de ce groupe électrogène est assurée par des ingénieurs et des techniciens qualifiés et expérimentés de GEM.

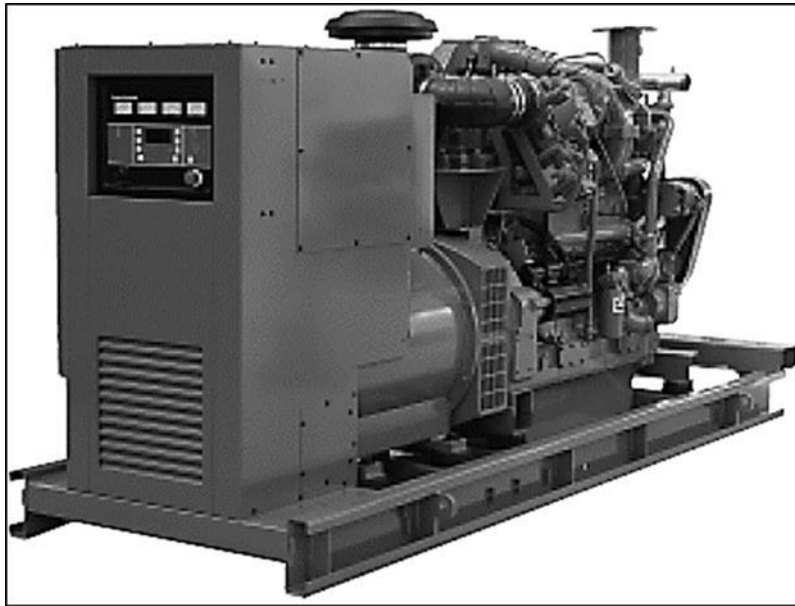


Figure IV-12 : Le groupe électrogène CUMMINS 350GFBA

IV.8.2 Caractéristiques


Model No.	315GFBA
Serial No.	H04K464990
IMPORTANT ! Model & Serial No: Required When Ordering Parts	
	Power Generation
Manston Park, Columbus Avenue, Ramsgate, Kent. England. CT12 5BF	
Made in the United Kingdom	
YEAR OF MANUFACTURE	2004
RATED POWER	CONT.
RATED (kW)	315
POWER FACTOR	0.8
RATED CURRENT (A)	598
VOLTAGE	380
FREQUENCY (Hz)	50
ROTATING SPEED (RPM)	1500
BATTERY VOLTS	24
CONTROL SYSTEM	PCS
SITE ALTITUDE BEFORE DERATE.	900mASL
SITE AMBIENT TEMP. BEFORE DERATE.	35°C

Figure IV-13 : Plaque signalétique de groupe électrogène CUMMINS 315GFBA [46]

IV.8.3 Les principales parties de groupe

a. Moteur

Chapitre IV : Généralités sur les groupes électrogènes

Ce groupe électrogène est constitué d'un moteur de marque CUMMINS modèle QSK19-G1. Tournant à une vitesse de 1500 tours par minute, il a été conçu pour fonctionner à une température ambiante de 35 °C. Son moteur est composé de six cylindres en ligne. [46]

➤ Identification du moteur

- Q → Famille quantique
- S → System
- K → Série de moteur
- 19 → Cylindrée (litres)
- G → Codes d'application

➤ Fiche technique du moteur

Tableau IV-1 : Fiche technique du moteur [46]

Alésage et course	159mm × 159mm
Cylindrée	18.9 litres
Pression efficace moyenne de freinage	12.4 bars
Rapport de compression	11 :1
Ordre d'allumage	1-5-3-6-2-4
Couple	1371 ft-lbs
Poids du moteur – Sec	1996 kg
Poids du moteur - Humide	2041 kg
Rotation vilebrequin (vue de l'avant du moteur)	Sens horaire

➤ Schéma du moteur

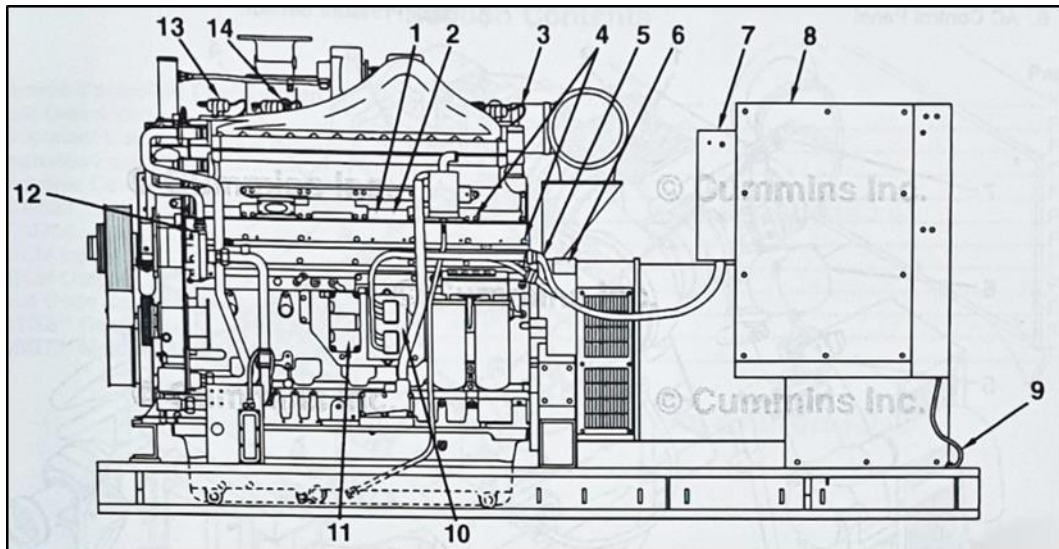


Figure IV-14 : Les composants électronique, vue latérale gauche [46]

- | | |
|--|--|
| 1. Capteur de pression du collecteur d'admission | 8. Panneau de commande CC |
| 2. Capteur de température du collecteur d'admission | 9. Tresse de masse |
| 3. Faisceau de câblage d'allumage | 10. Régulateur de vitesse |
| 4. Capteur de cliquetis | 11. Module de commande d'allumage |
| 5. Faisceau de câblage | 12. Capteur de position du moteur |
| 6. Capteur de régime moteur | 13. Bobinage d'allumage |
| 7. Panneau de commande AC | 14. Capteur d'oxygène chauffé |

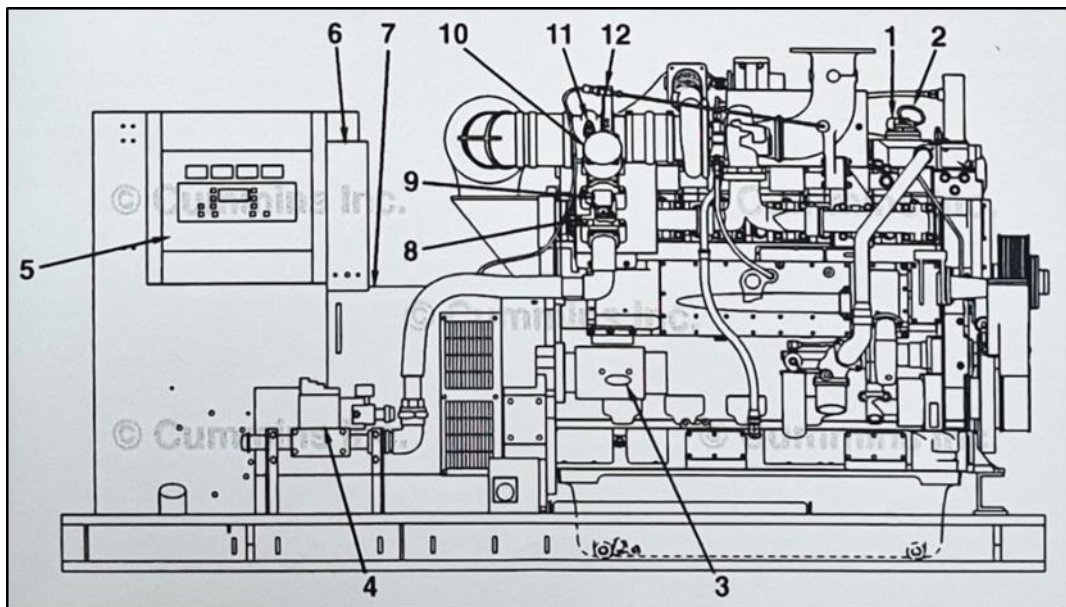


Figure IV-15 : Les composants électroniques, vue latérale droite

- | | |
|-----------------------------|-----------------------|
| 1. Bobine d'allumage | 7. Alternateur |
|-----------------------------|-----------------------|

Chapitre IV : Généralités sur les groupes électrogènes

- | | |
|---------------------------------------|---|
| 2. Fil de bougie | 8. Capteur de pression d'admission de carburant |
| 3. Démarreur | 9. Capteur de débit massique de gaz |
| 4. Vanne d'arrêt de carburant | 10. Soupape de commande |
| 5. Panneau de commande d'alimentation | 11. Capteur de pression de sortie carburant |
| 6. Panneau de commande AC | 12. Capteur de contre-pression |

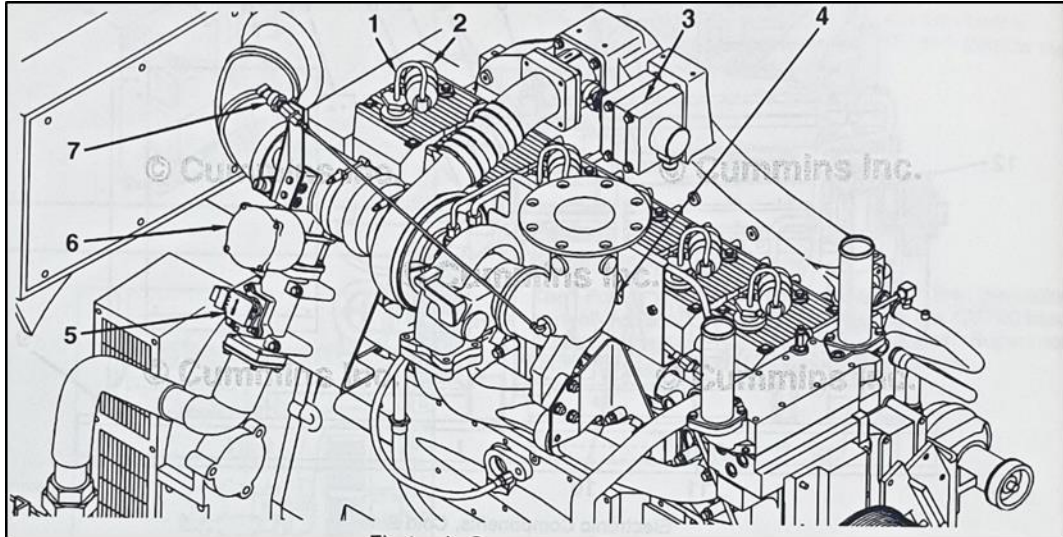


Figure IV-16 : Les composants électroniques, vue de dessus

- | | |
|------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Fil de bougie | 5. Capteur de débit massique de gaz |
| 2. Bobine d'allumage | 6. Soupape de commande de carburant |
| 3. Actionneur d'accélérateur | 7. Capteur de contre pression |
| 4. Capteur d'oxygène chauffé | |

b. Alternateur

L'alternateur de ce groupe électrogène est aussi de la marque CUMMINS de réf 3016627. Il produit un courant alternatif. Il est de type triphasé. [46]

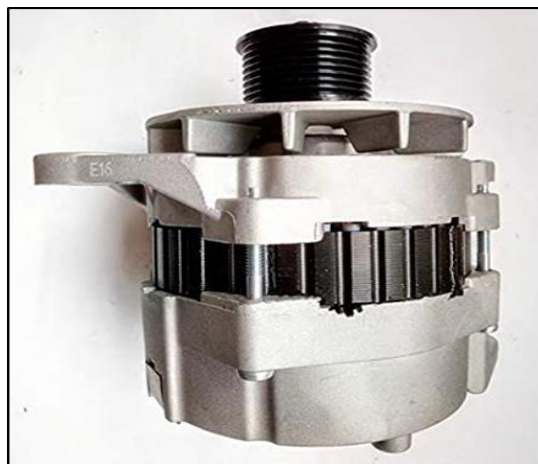


Figure IV-17 : L'alternateur

c. Armoire de commande et contrôle

Ce groupe électrogène a une armoire de commande et contrôle (Power Command Control PCCP) où vous pouvez lire toutes les informations telles que la température, la pression, le mode de fonctionnement du groupe, l'alarme, ... Elle est équipée avec une protection AmpSentry, qui protège électrique de l'alternateur et du système d'alimentation contre les effets de surintensité et sur/sous-tension et de sous-fréquence et de conditions de surcharge, et un régulateur de tension automatique intégré.

Les composants de l'armoire sont conçus pour résister aux niveaux de vibration typiques des groupes électrogènes. [46]



Figure IV-18 : L'armoire de commande et contrôle

Les boutons de l'interface de télécommunication sont des boutons de contacteur en option illustrés.



Figure IV-19 : Interface de télécommunication de l'armoire de commande et contrôle

d. Armoire INS

L'inverseur de source permet une inversion automatique ou manuelle des sources de l'installation (Normale-Secours). [46]



Figure IV-20 : L'armoire INS

IV.8.4 Dimensions de groupe électrogène

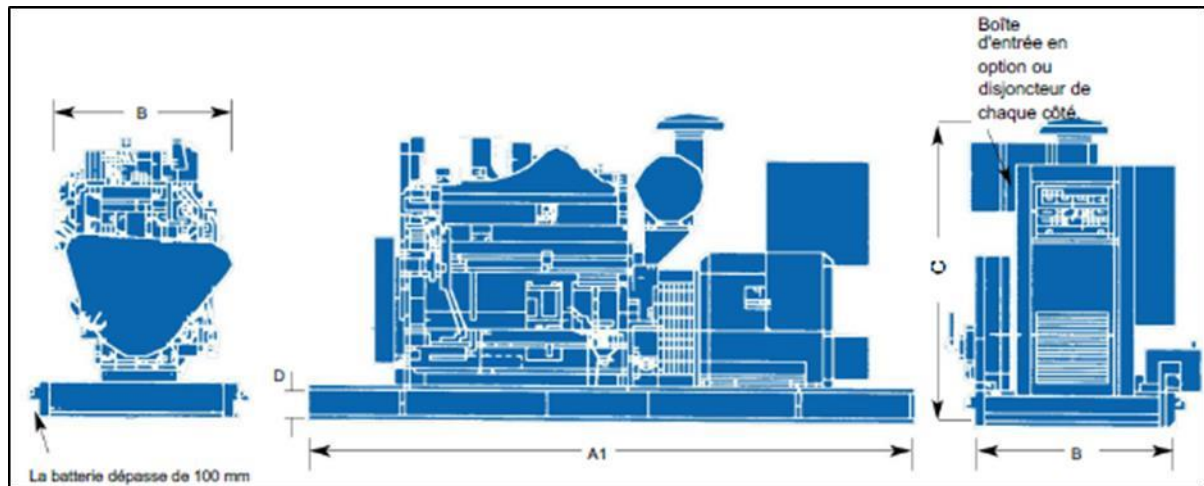


Figure IV-21 : Les dimensions de groupe électrogène à gaz CUMMINS 315GFBA [46]

Tableau IV-2: Dimensions de groupe électrogène à gaz CUMMINS 315GFBA [46]

A	B	C
3490mm	1266mm	1792mm

IV.9 Conclusion

Il est arrivé à la fin de notre chapitre qui avait pour objet d'identifier les différentes parties d'un groupe électrogène et leurs rôles et étudier en détail leur principe de fonctionnement. On peut donc dire que le groupe électrogène est un produit de la future.

Dans le chapitre suivant, on va appliquer la maintenance préventive sur les groupes électrogènes de type à gaz à l'aide d'un progiciel GMAO et après on va voir comment on peut améliorer la maintenance.



Chapitre V : Etude de cas EMPACix



V Etude de cas EMPACix

V.1 Introduction

Dans les années 80, la maintenance et le suivi des opérations était principalement réalisée sur des documents papier, chaque intervention de maintenance est consignée dans le cahier d'intervention et présente un très court résumé de l'action. La « maintenance papier » est généralement stockée dans une grande armoire de votre service de maintenance ; il est ainsi très difficile voire impossible de trouver ou de mettre en évidence une intervention. Finalement au début des années 90 ils ont créés les GMAO sous Excel sont très simples et permettent grâce aux tableurs d'effectuer un suivi des opérations de maintenance, qui déclenchent automatiquement des rapports de fermeture enregistrés dans des feuilles de calcul, et ils l'ont développé. Et pour mieux gérer, faciliter la maintenance la GMAO est la solution.

Dans les chapitres précédents nous avons étudié les principes de la maintenance industrielle, la GMAO et le fonctionnement des groupes électrogènes. Dans ce chapitre on va présenter les modules du progiciel EMPACix utilisées dans le département de maintenance et travaux neufs au sein duquel on a effectué notre stage fin d'étude, pour appliquer la maintenance sur les groupes électrogène à gaz CUMMINS 350 KVA.

Donc, on va centrer notre travail dans ce chapitre sur trois modules : gestion du parc, gestion de la maintenance préventive et gestion des travaux.

V.2 L'application de l'EMPACix

V.2.1 Accès et connexion

Pour accéder au progiciel EMPACix, il faut double-clique sur l'application située sur le bureau de l'ordinateur, une fenêtre apparaît dans laquelle on va saisir les informations de connexion (nom d'utilisateur, mot de passe, nom de département).

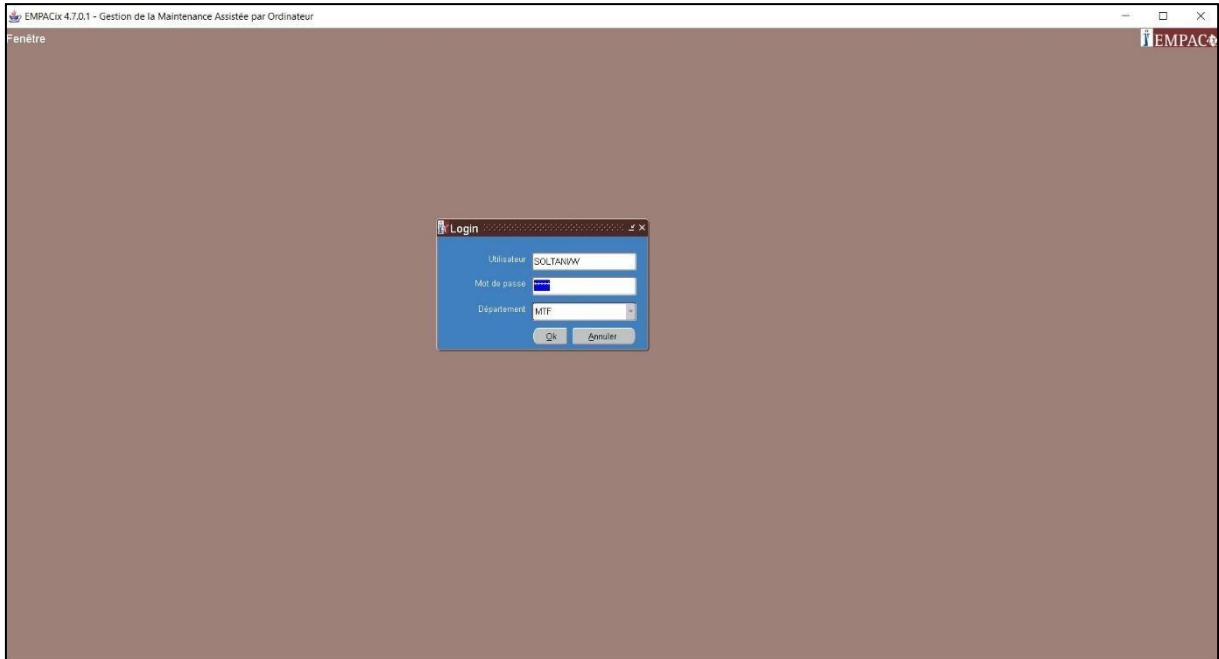


Figure V-1: Fenêtre de connexion

Après avoir entré les informations de connexion, la page d'accueil apparaît :

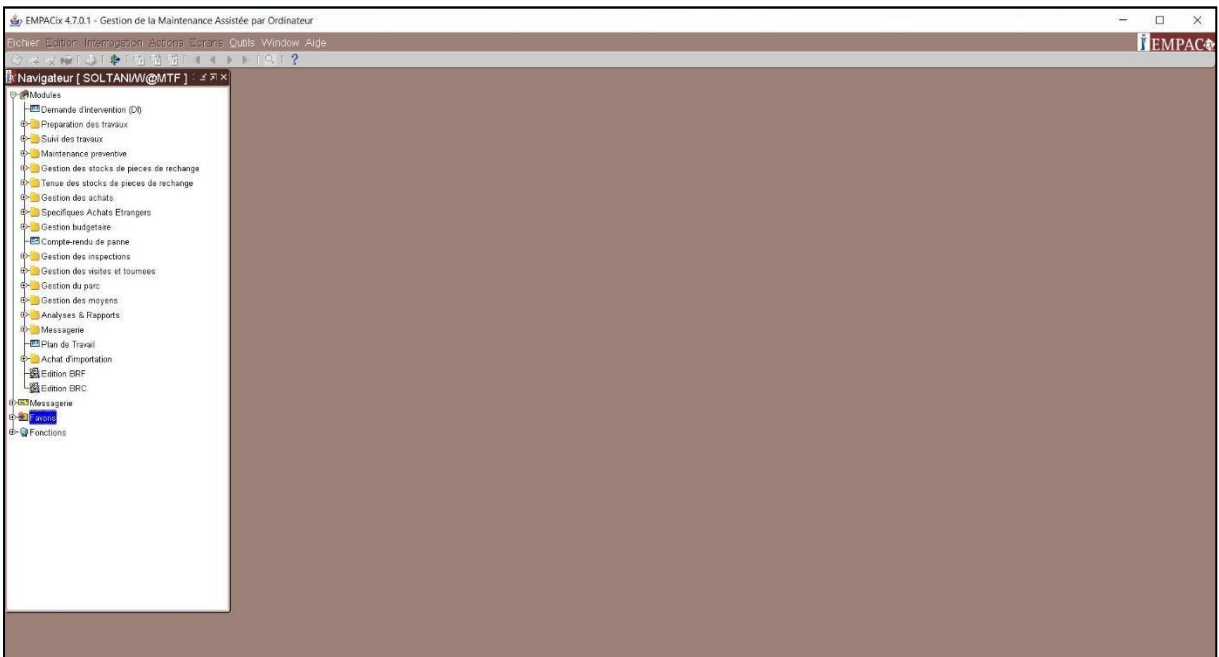


Figure V-2: La page d'accueil

V.2.2 Gestion du parc machine

Pour faciliter la maintenance, les équipements et matériels de l'entreprise doivent être identifiés, classés et codifiés pour créer une nomenclature technique. Une telle nomenclature permet de créer et de classer la documentation historique et technique des différents matériels.

Chapitre V : Etude de cas EMPACix

On trouve le module « gestion du parc machine » dans la liste du navigateur situé à la gauche de l'écran.

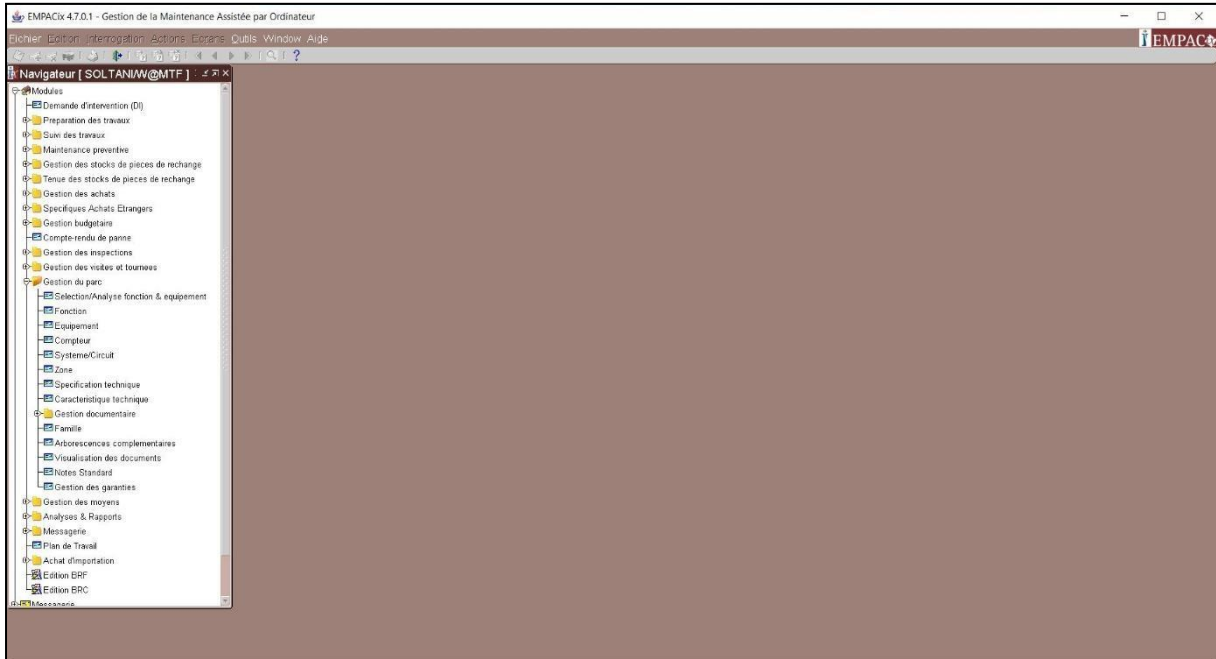


Figure V-3: Gestion du parc machine

En cliquant sur équipement, une autre fenêtre s'apparait :

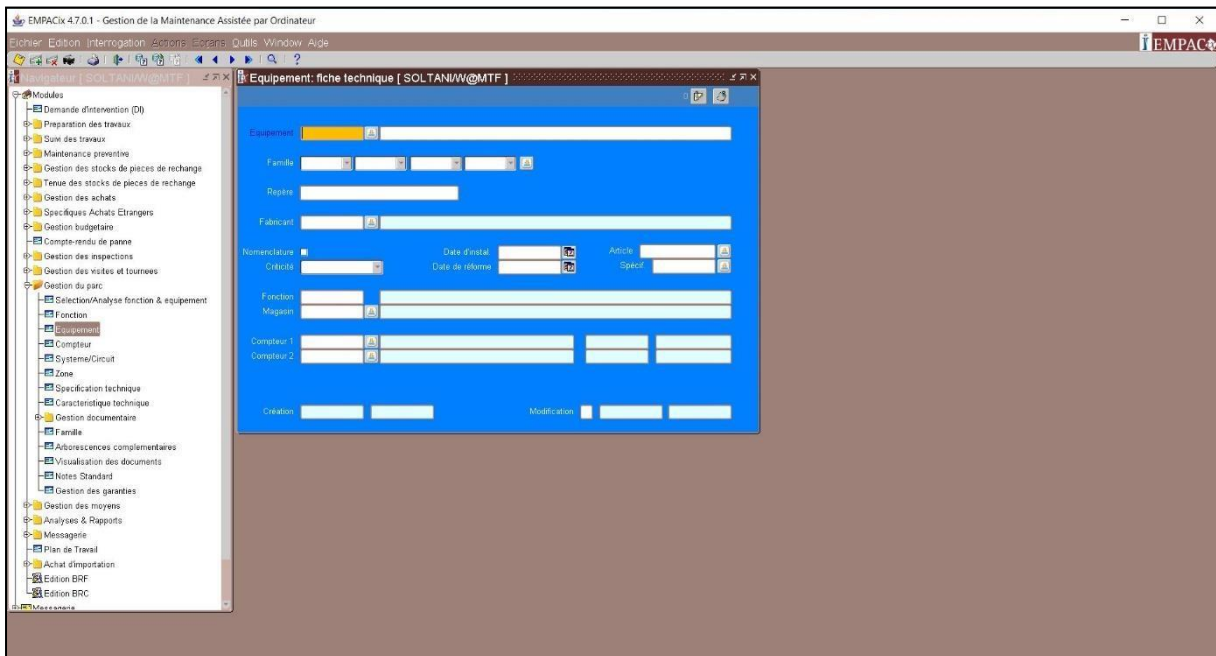


Figure V-4: Equipement : Fiche technique

En entrant l'équipement souhaité, toutes les autres infos s'apparaissent :

Equipement: fiche technique [SOLTANI/W@MTF]

Equipement: GEMGE50695 GROUPE ÉLECTROGÈNE. 350 KVA. CUMMINS -QSK19- T260 050 695.

Famille: GES - GR

Repère: GE CUMMINS QSK19 350KVA

Fabricant: CUMMUNS

Nomenclature: Date d'instal.: 01/07/2006 Article: Spécif.: GROUPELECG

Criticité: 3 Date de réforme: Fonction: GEMEGSCHC GROUPE DE SECOURS 350KVA CUMMUNS HOTEL ET COMM GEM

Magasin: Compteur 1: Compteur 2:

Création: 22/01/2012 SAOUD/A Modification: 06/06/2017 SOLTANI/W

Figure V-5: Fiche technique du groupe électrogène a gaz CUMMINS

Equipement: spécification technique [SOLTANI/W@MTF]

Equipement: GEMGE50695 GROUPE ÉLECTROGÈNE. 350 KVA. CUMMINS -QSK19- T260 050 695.

Spécif.: GROUPELECG GROUPE ELECTROGENE DE SECOURS

Num	Caractéristique	Valeur	T	Unité
1	MARQUE GROUPE ELECTROGENE DE SECOURS	CUMMINS	A	
2	TYPE GES	C. QSK 19	A	
3	N/S GES		A	
4	PUISSANCE GES	350	A	KVA
5	MARQUE MOTEUR	CUMMINS	A	
6	TYPE MOTEUR	GQTA19-G1	A	
7	N° SERIE MOTEUR	37211436	A	
8	MARQUE GÉNÉRATRICE	POWER GENERATION	A	
9	TYPE GÉNÉRATRICE	315 GFBA	A	
10	N° SERIE GÉNÉRATRICE	H04K464300	A	
11	CARBURANT	GAZ	A	
12	ANNEE MISE EN SERVICE	2006	A	

Figure V-6: Spécification technique du groupe électrogène a gaz CUMMINS

V.2.3 Gestion de la maintenance préventive

Les procédures du module PREVENTIF à l'EMPACIX sont les suivantes :

20. Plan de maintenance

L'application prévoit un plan de maintenance préventive qu'on effectue pour des périodes données. Ce plan permet de définir et d'assembler les éléments qui décrivent les travaux de maintenance préventive à effectuer.


Designation des opérations	Périodicité							Durée Standard	Corps de Métier	Structure en charge	Observations
	Périodicité calendaire										
	Quotidienne	Hebdomadaire	Mensuelle	Trimestrielle	Semestrielle	Annuelle	Périodicité particulière				
Equipements concernés (Repère sur plan):											
Contrôler le niveau du réservoir carburant (pour les moteurs diesel)	x								MEC	MNT	
Contrôler le niveau d'huile carter	x								MEC	MNT	
Contrôler le niveau d'eau de refroidissement	x								MEC	MNT	
Inspection visuelle du système de refroidissement	x								MEC	MNT	
Vérifier l'étanchéité des circuits : huile, combustible, refroidissement (Serrer les colliers de serrage)	x								MEC	MNT	
Purger les filtres du combustible	x								MEC	MNT	
Contrôler la connexion électrique et le niveau d'acides batteries	x								ELC	MNT	
Vérification Préchauffage circuit d'eau			x						ELC	MNT	
Vérification l'état des supports anti vibration moteur & alternateur					x				MEC	MNT	
Contrôler l'indicateur de colmatage			x						MEC	MNT	
Contrôler l'alternateur de charge, batteries et le démarreur			x						ELC	MNT	
Faire un test de démarrage à vide			x						ELC	MNT	
Faire un test de démarrage en charge									ELC	MNT	
Changement l'huile carter									MEC	MNT	500 Heures
Contrôler la tension courroie									MEC	MNT	500 Heures
Changement filtre a eau									MEC	MNT	500 Heures

Figure V-7: Plan de maintenance préventive

21. Gamme d'opérateur de maintenance préventive

La gamme d'opérations comprend de nombreuses opérations. Elle fixe des points précis à examiner, tels que les diverses mesures à prendre, des réglages à faire...etc.

➤ Gamme opératoire de maintenance préventive toutes les 250h


	<p><i>Direction des Gazoducs ENRICO MATTI</i> <i>Département Maintenance et Travaux Neuf</i></p>	<p>Page : 01</p>
	<p><i>Plan d'Entretien Parc Groupes Electrogène</i> <i>Cummins 315GFBA (350KVA)</i> <i>Toutes les 250 Heures – service (ou 3 mois)</i></p>	

TRAVAUX		Réalisation	
		No	An
VIDANGE	<p><i>Vidange : Huile Moteur.</i> <i>Remplacer : les deux filtres à huile Moteur. Réf : 3318853</i></p>		
Nettoyage	<p><i>Nettoyer le filtre à air. (Si.N)</i> <i>Nettoyer l'adaptateur de bougie d'allumage. Chiffon non pelucheux ou un coton-tige et d'alcool (250h)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Débrancher le fil de bougie d'allumage de la bobine d'allumage ✓ Retirer l'adaptateur de bougie d'allumage. 		
Contrôle, Inspection et Vérification	<p><i>Vérifier le niveau d'huile pour s'assurer que la mesure est correcte [entre L et H](2)</i> <i>Vérifier le niveau du réfrigérant et en ajouter... (1)</i> <i>Inspecter visuellement les ventilateurs de refroidissement.</i> <i>Vérifiez que le ventilateur pour s'assurer qu'il est bien monté.</i> <i>Vérifier l'état du réfrigérant ; la présence de rouille, mousse ou huile dans le réfrig.</i> <i>Vérifier l'étanchéité des circuits : huile, combustible, refroidissement pour voir s'il n'y pas de fuite, détériorations ou corrosions. Serrer les colliers de serrage.</i> <i>Inspecter la bougie de démarrage adaptateur pour la fusion et de fissures.</i> <i>Inspectez l'adaptateur de bougie d'allumage pour les fissures et les bougies d'report.</i> <i>Vérifier la tension des courroies.</i> <i>Vérifier Réglage des soupapes.</i> <i>Ouvrir les purges du circuit de refroidissement pour chasser l'air qu'il contient.</i> <i>Inspectez toutes les connexions de câbles et de harnais de câblage. (pour dommages).</i> <i>Contrôler la connexion électrique et le niveau d'acides batteries.</i> <i>Contrôler le serrage du collecteur d'échappement.</i> <i>Contrôler l'étanchéité du raccordement (filtre à air et le collecteur d'admission).</i> <i>Vérification réchauffage circuit d'eau.</i> <i>Vérification du serrage de la boulonnerie.</i> <i>Vérification de fixation du moteur sur son châssi.</i> <i>Vérification l'état des supports anti vibration moteur alternateur.</i> <i>Contrôler les fondations du moteur pour voir l'état du ciment et si les boulons de fixation ne sont pas desserrés.</i></p>		

(1) : Ne pas ajouter de liquide froid à un moteur chaud. Blocs-moteur peuvent être endommagés. Laisser le moteur refroidir en dessous de 50 ° C [120 ° F] avant d'ajouter du liquide de refroidissement.
 (2) : Couper le moteur pour une lecture précise. Attendez au moins 15 minutes après en coupant le moteur pour vérifier le niveau d'huile. Ce délai permet à l'huile de vidange dans le carter d'huile

Figure V-8: Gamme opératoire de maintenance préventive toutes les 250h

➤ Gamme opératoire de maintenance préventive toutes les 1000h


	<p>Direction des Gazoducs ENRICO MATTI Département Maintenance et Travaux Neuf</p> <p>Plan d'Entretien Parc Groupes Electrogène Tableau de vidange, d'entretien et de graissage Cummins QSK 19 Toutes les 1000 Heures – service ou 6 mois</p>	<p>Code : PEGE Version : 0/OESS Page : 2/6</p>
---	---	---

TRAVAUX ORGANE A ENTRETENIR		Réalisation	
		No	An
VID Graissage LUB	<p><i>Vidange</i> : Huile Moteur. <i>Remplacer</i> : les deux filtres à huile Moteur. Réf : 3318853</p>		
Nettoyage	<p><i>Nettoyer</i> : le filtre à air. (Si.N) <i>Nettoyer</i> : l'adaptateur de bougie d'allumage. <i>chiffon non pelucheux ou un coton-tige et d'alcool</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Débrancher le fil de bougie d'allumage de la bobine d'allumage ✓ Retirer l'adaptateur de bougie d'allumage. <p><i>Purger</i> : le circuit de refroidissement (Ouvrir les purger pour chasser l'air qu'il contient). <i>Nettoyer</i> : le bouchon de vidange. (CH.H.M) <i>Nettoyer</i> : et inspecter les câbles de batterie et des connexions (fissures ou corrosion). <i>Remplacer</i> : les terminaux brisés, les connexions, ou des câbles. (Si.N) <i>Nettoyer</i> : les connexions corrodent à l'aide d'une brosse méthanique.</p>		
Contrôle, Inspection et Vérification	<p><i>Vérifier</i> : le niveau d'huile pour s'assurer que la mesure est correcte [entre L et H] (2) <i>Vérifier</i> : le niveau du réfrigérant et en ajouter.. (1) <i>Inspecter</i> : visuellement les ventilateurs de refroidissement. <i>Vérifier</i> : que le ventilateur pour s'assurer qu'il est bien monté. <i>Vérifier</i> : l'état du réfrigérant ; la présence de rouille, mousse ou huile dans le réfrig <i>Vérifier</i> : l'étanchéité des circuits : huile, combustible, refroidissement pour voir s'il n'y pas de fuite, détériorations ou corrosions. Serrer les colliers de serrage. <i>Inspecter</i> : la bougie de démarrage adaptateur pour la fusion et de fissures. <i>Inspecter</i> : l'adaptateur de bougie d'allumage pour les fissures et les bougies d'report. <i>Vérifier</i> : la tension des courroies. <i>Vérifier</i> : Réglage des soupapes. <i>Inspecter</i> : l'écart de la bougie. réglé à 0,30 mm [0.012 dans]. Remplacer si nécessaire <i>Remplacer</i> : la batterie ; si la batterie n'est pas de maintenir une charge. <i>Inspecter</i> : toutes les connexions de câbles et de harnais de câblage. (pour dommages). <i>Contrôler</i> : la connexion électrique et le niveau d'acides batteries. <i>Contrôler</i> : le serrage du collecteur d'échappement. <i>Contrôler</i> : l'étanchéité du raccordement (filtre à air et le collecteur d'admission). <i>Vérification</i> : réchauffage circuit d'eau. <i>Vérification</i> : du serrage de la boulonnerie. <i>Vérification</i> : de fixation du moteur sur son châssi. <i>Vérification</i> : l'état des supports anti vibration moteur alternateur. <i>Contrôler</i> : les fondations du moteur pour voir l'état du ciment et si les boulons de fixation ne sont pas desserrés.</p>		

Le : Responsable de l'opération :

Figure V-9: Gamme opératoire de maintenance préventive toutes les 1000h

➤ Gamme opératoire de maintenance préventive toutes les 4000h

	<p><i>Direction des Gazoducs ENRICO MATTI</i> <i>Département Maintenance et Travaux Neuf</i></p> <p><i>Plan d'Entretien Parc Groupes Electrogène</i> <i>Tableau de vidange, d'entretien et de graissage</i> <i>Cummins QSK 19</i> <i>Toutes les 4000 Heures – service 2 ans</i></p>	<p><i>Code : PEGE</i> <i>Version : 1/OESS</i> <i>Page : 3/6</i></p>
---	---	---

TRAVAUX ORGANE A ENTRETENIR		Réalisation	
		No	An
VID Graissage LUB	<p><i>Vidange</i> : Huile Moteur. <i>Remplacer</i> : les deux filtres à huile Moteur. Réf : 3318853.</p>		
Nettoyage	<p><i>Remplacer</i> : les filtres à air. Réf / P : AF4553M. S : AF4554M <i>Nettoyez</i> : l'adaptateur de bougie d'allumage. <i>Chiffon non pelucheux ou un coton-tige et d'alcool</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Débrancher le fil de bougie d'allumage de la bobine d'allumage ✓ Retirer l'adaptateur de bougie d'allumage. <p><i>Purger</i> : le circuit de refroidissement (Ouvrer les purger pour chasser l'air qu'il contient). <i>Enlever</i> : le bouchon de vidange. <i>Enlever</i> : et inspecter les câbles de batterie et des connexions des fissures ou de corrosion. <i>Remplacer</i> : les terminaux brisés, les connexions, ou des câbles. (Sin) <i>Nettoyer</i> : les connexions corrodent à l'aide d'une brosse méthanique.</p>		
Contrôle, Inspection et Vérification	<p><i>Vérifier</i> : le niveau d'huile pour s'assurer que la mesure est correcte [entre L et H] (2) <i>Vérifier</i> : le niveau du réfrigérant et en ajouter... (1) <i>Inspecter</i> : visuellement les ventilateurs de refroidissement. <i>Vérifiez</i> : que le ventilateur pour s'assurer qu'il est bien monté. <i>Vérifier</i> : l'état du réfrigérant ; la présence de rouille, mousse ou huile dans le réfrig <i>Vérifier</i> : l'étanchéité des circuits : huile, combustible, refroidissement pour voir s'il n'y pas de fuite, détériorations ou corrosions. Serrer les colliers de serrage. <i>Inspecter</i> : la bougie de démarrage adaptateur pour la fusion et de fissures. <i>Inspectez</i> : l'adaptateur de bougie d'allumage pour les fissures et les bougies d'report. <i>Vérifier</i> : la tension des courroies. <i>Vérifier</i> : Réglage des soupapes. <i>Inspecter</i> : l'écart de la bougie. réglé à 0,30 mm. Remplacer si nécessaire <i>Remplacer</i> : la batterie ; si la batterie n'est pas de maintenir une charge. <i>Inspectez</i> : toutes les connexions de câbles et de harnais de câblage. (pour dommages). <i>Contrôler</i> : la connexion électrique et le niveau d'acides batteries. <i>Contrôler</i> : le serrage du collecteur d'échappement. <i>Contrôler</i> : l'étanchéité du raccordement (filtre à air et le collecteur d'admission). <i>Vérification</i> : réchauffage circuit d'eau. <i>Vérification</i> : du serrage de la boulonnerie. <i>Vérification</i> : de fixation du moteur sur son châssi. <i>Vérification</i> : l'état des supports anti vibration moteur alternateur. <i>Contrôler</i> : les fondations du moteur pour voir l'état du ciment et si les boulons de fixation ne sont pas desserrés.</p>		

Le : Responsable de l'opération :

Figure V-10: Gamme opératoire de maintenance préventive toutes les 4000h

➤ Gamme opératoire de maintenance préventive toutes les 12000h


	<p><i>Direction des Gazoducs ENRICO MATTI</i> <i>Département Maintenance et Travaux Neuf</i></p>	<p><i>Code : PEGE</i> <i>Version : 0/OESS</i> <i>Page : 4/6</i></p>					
	<p><i>Plan d'Entretien Parc Groupes Electrogène</i> <i>Tableau de vidange, d'entretien et de graissage</i> <i>Cummins QSK 19</i> <i>Toutes les 12000 Heures – service (ou 6 ans)</i></p>						
<p>TRAVAUX ORGANE A ENTRETENIR</p>		<p>Réalisation</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>An</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>		No	An		
No	An						
<p>VID Graissage LUB</p>	<p><i>Vidange</i> : Huile Moteur. <i>Remplacer</i> : les deux filtres à huile Moteur. Réf : 3318853. <i>Remplacer</i> : le filtre à liquide de refroidissement. Réf : 4058965. <i>Remplacer</i> : l'élément filtrant et le joint torique. Dans le filtre a carburant.GN. <i>Remplacer</i> : Sonde d'oxygène chauffante. (34±3.4 N.m) <i>Remplacer*</i> : (culasse) kit ressorts des soupapes N.P : 3163606. <i>Remplacer</i> : Courroie de transmission. Ventilateur si nécessaire (couple: 81N.m) <i>Remplacer</i> : Courroie, alternateur si nécessaire. <i>Inspecter</i> : pour la réutilisation : Fissures, Vitrage, Les larmes ou de coupures. <i>Remplacer*</i> : la pompe a eau, Thermostat du liquide de refroidissement.</p>						
<p>Nettoyage</p>	<p><i>Remplacer</i> : les filtres à air. Réf / P : AF4553M. S : AF4554M <i>Enlevé</i> : les écrous et boulons de la bride de la vanne de régulation et tout résidu de matériel ancien joint. Installez le régulateur de gaz, nouveau joint d'étanchéité, écrous et boulons. Serrer les écrous et boulons en diagonale. couple: (80 N.m) <i>Nettoyer</i> : l'adaptateur de bougie d'allumage. <i>Purger</i> : le circuit de refroidissement (Ouvrer les purger pour chasser l'air qu'il contient). <i>Enlevez</i> : le bouchon de vidange. <i>Enlever</i> : et Insep les câbles de batterie et des connexions des fissures ou de corrosion. <i>Remplacer</i> : les terminaux brisés, les connexions, ou des câbles. (Si.N) <i>Nettoyer</i> : les connexions corrodent à l'aide d'une brosse méchanique.</p>						
<p>Contrôle, Inspection et Vérification</p>	<p><i>Contrôler</i> : jeu axial et radial de Turbocompresseur * <i>Vérifier</i> : le niveau d'huile pour s'assurer que la mesure est correcte [entre L et H](2) <i>Vérifier</i> : le niveau du réfrigérant et en ajouter... (1) <i>Inspecter</i> : visuellement les ventilateurs de refroidissement.(bien monté) <i>Vérifier</i> : l'état du réfrigérant ; la présence de rouille, mousse ou huile dans le réfrig <i>Vérifier</i> : l'étanchéité des circuits : huile, combustible, refroidissement pour voir s'il n'y pas de fuite, détériorations ou corrosions. Serrer les colliers de serrage. <i>Inspecter</i> : la bougie de démarrage adaptateur pour la fusion et de fissures. <i>Inspecter</i> : l'adaptateur de bougie d'allumage pour les fissures et les bougies d'report. . <i>Vérifier</i> : Réglage des soupapes. <i>Inspecter</i> : l'écart de la bougie. réglé à 0,30 mm [0.012 dans]. Remplacer si nécessaire. (49 ; 54 N.m) <i>Remplacer</i> : le joint (bougie), Réf : 3072541. <i>Remplacer</i> : la batterie ; si la batterie n'est pas de maintenir une charge. <i>Inspecter</i> : toutes les connexions de câbles et de harnais de câblage. (pour dommages). <i>Contrôler</i> : la connexion électrique et le niveau d'acides batteries. <i>Contrôler</i> : le serrage du collecteur d'échappement. <i>Contrôler</i> : l'étanchéité du raccordement (filtre à air et le collecteur d'admission). <i>Vérification</i> : réchauffage circuit d'eau. <i>Vérification</i> : du serrage de la boulonnerie. <i>Vérification</i> : de fixation du moteur sur son châssi. <i>Vérification</i> : l'état des supports anti vibration moteur alternateur.</p>						
<p>(*) : Contactez un Cummins établissement de réparation agréé pour planifier cet entretien.</p>							
<p>Le :</p>		<p>Responsable de l'opération :</p>					

Figure V-11: Gamme opératoire de maintenance préventive toutes les 12000h

V.2.4 Gestion des travaux

La gestion des travaux consiste à suivre les étapes d'une intervention :

- Demande d'intervention ;
- Bon de travail ;
- Ordre de travail ;
- Compte rendu de bon de travail ;
- Clôture technique et administrative ;

22. Demande d'intervention DI

La demande d'intervention consiste à communiquer un besoin entre le demandeur et l'intervenant via le service des méthodes. Tout le personnel doit demander l'intervention de la maintenance concernant les biens à maintenir.

Ces demandes d'intervention sont prises par le service de maintenance puis validées par l'émetteur de la demande d'intervention pour être présent en compte dans le portefeuille de travaux de la maintenance.

➤ Création DI

The screenshot shows a software window titled "Preparation demande d'intervention (METHODE@MTF)". The interface includes several input fields and sections:

- Demande No** and **Etat** fields at the top.
- Libellé** field below the top row.
- Fonction/Equip.** and **Localisation** fields.
- Destinataire** field (pointed to by a red callout).
- Poste/Equipe** field.
- Urgence** dropdown menu (pointed to by a red callout).
- Garantie** field.
- Début prévu**, **Fin prévue**, **Arrêt machine**, and **Date de réception** date fields (pointed to by a red callout).
- Demande** text area (pointed to by a red callout).
- Réponse** text area.
- Création** and **Approbation** buttons.
- Mots clés** section with a table:

Type	Mot clé

Figure V-12: Preparation demande d'intervention

Il faut remplir les champs orangés et puis la sauvegarder.

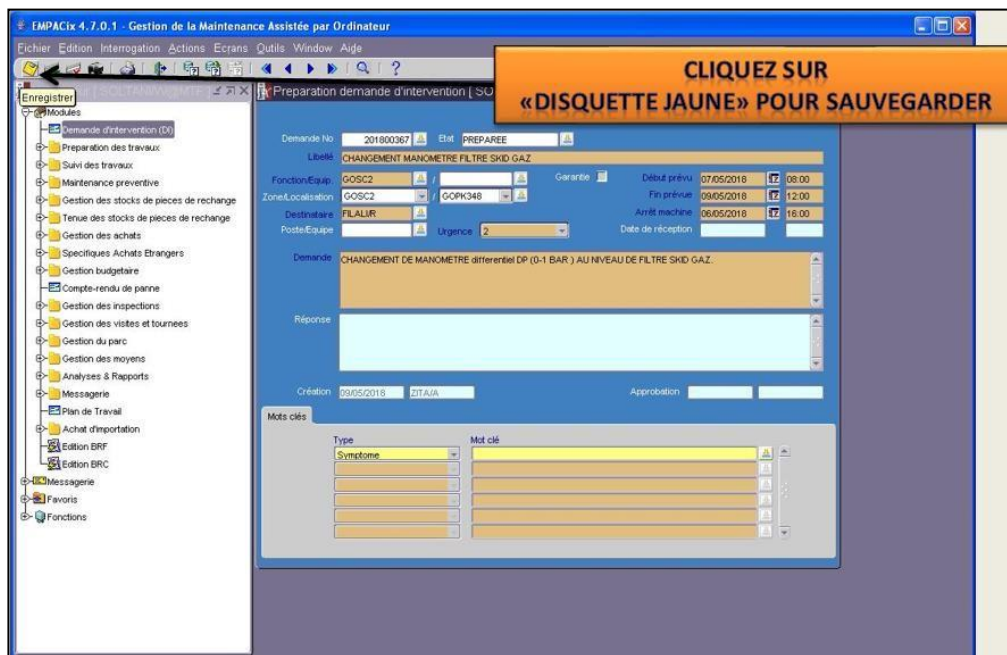


Figure V-13: Enregistrement

➤ Approbation DI

Après la création de DI par le demandeur, la demande sera consultée puis approuvée par le chef de département de service du demandeur.



Figure V-14: Approbation DI

➤ Réponse et réception DI

Après l'approbation de la demande d'intervention, le service méthodes répondra à celle-ci et la réceptionnera, par la suite, il va créer le bon de travail/ordre de travail. La demande d'intervention ne sera supprimée que lorsque tous les bons de travail auront été clôturés et mis en historique.

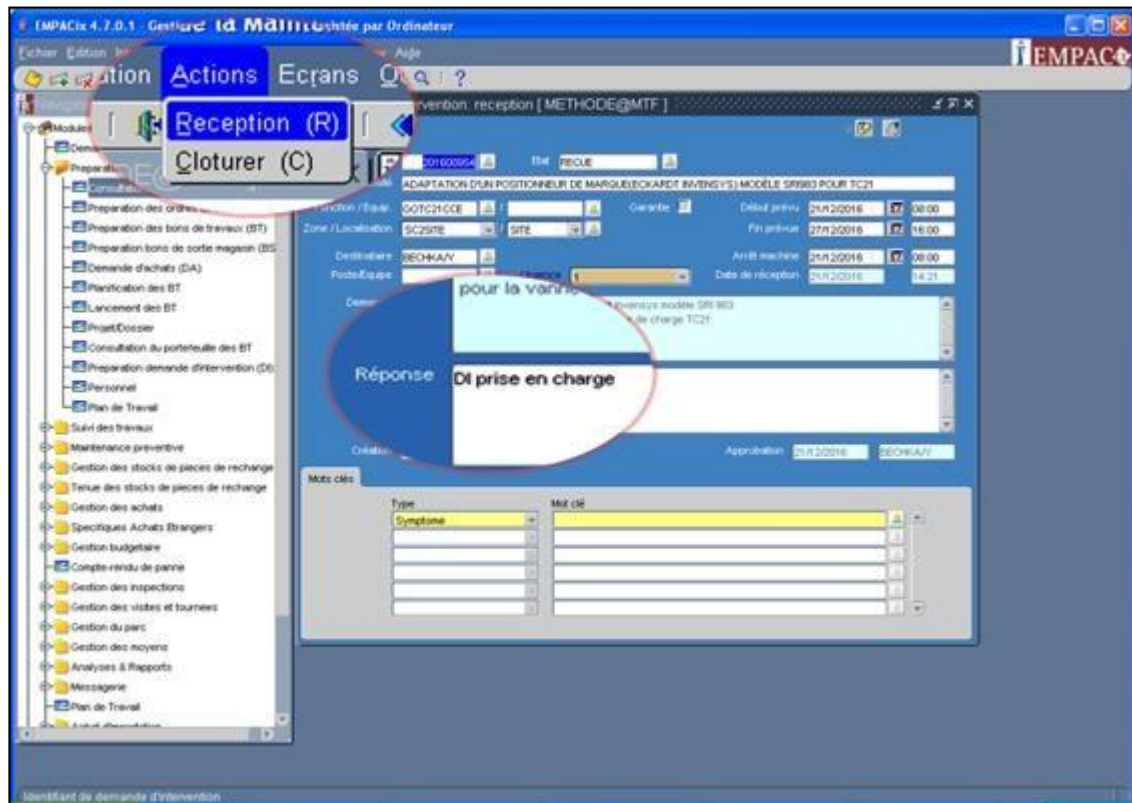


Figure V-15: Reponse et reception DI

23. Bon de travail BT

Un bon de travail est un document interne au service des méthodes, qui permet de définir et de rassembler les éléments décrivant l'opération à réaliser.

The screenshot shows a software window titled "Preparation d'un bon de travail [SOLTANI/W@MTF]". The interface is blue and contains the following fields and data:

- Bt:** 202300150
- PREPARE:** [User Icon]
- Libellé:** PLAN DE MAINTENANCE PREVENTIF GE 350 KVA DU MOIS MARS 2023
- Fonct/Equip:** GEMEGSCBA / T260050697
- Zone/Loca:** GEMBASTECH / BASETECH
- Garantie:** [Unchecked]
- Nature:** Preventif
- Urgence:** 2
- Intervention:**
 - Durée: [Empty]
 - Début: 01/03/2023 08:00
 - Fin: 31/03/2023 16:00
- Arrêt machine:**
 - Durée: [Empty]
 - Début: [Empty]
 - Fin: [Empty]
- Resp:** CHORFIA
- Equipe:** [Empty]
- Gamme:** G0-001-CUM
- Immo:** [Unchecked]
- Achat D.:** [Unchecked]
- Imputation:** 192008
- Estimation globale:** [Empty]
- Histons:** Entiere
- Taux FG:** [Empty]
- Total:** 33804.00
- Di:** [Empty]
- Ot:** [Empty]
- Phase:** [Empty]
- Bon vis:** [Empty]
- Pm:** [Empty]
- Création:** 19/03/2023
- SOLTANI/W:** [User Icon]
- Approbation:** [Empty]

Figure V-16: Préparation d'un bon de travail

Pour bien préparer un bon de travail, il faut préparer un bon de sortie magasin, bon de travail personnel, bon de travail outils, bon de travail instructions et une demande d'achat (des achats directs de matériel ou prestation).

➤ **Bon de sortie magasin BSM**

Le bon de sortie magasin permet de définir les articles consommables et réparables à sortir du magasin pour maintenir le bien.

➤ Bon de travail outils

Le bon de travail outils permet de définir les outils requis pour effectuer le travail.

Outil	Libellé	Nombre	Durée	Montant

Total

Figure V-19: Préparation bon de travail outils

➤ Bon de travail instructions

Le bon de travail instructions permet de définir les instructions ou les consignes de sécurité ou de fonctionnement à respecter.

Instruction

Figure V-20: Préparation bon de travail instructions

➤ Demande d'achat

La demande d'achat permet de définir les achats de matériel ou de prestations à consommer ou à utiliser

Type	Article	Famille	Fournisseur	Qté demandée	Prix unitaire	Montant	Immo	Solde

Figure V-21: Demande d'achat

24. Ordre de travail OT

L'ordre de travail informe l'utilisateur du bilan global des travaux que tout ou partie de ses bons de travail sont préparés, approuvés ou en historique.

Figure V-22: Ordre de travail

25. Compte rendu technique

Le compte rendu du bon de travaux permet d'enregistrer des données relatives à l'exécution des travaux en indiquant les moyens réellement utilisés, le travail réalisé et les indications sur les causes et solutions en cas de panne.

Figure V-23: Compte rendu technique

Le compte rendu est composé en plusieurs parties :

- **Les bons de sorties magasins BSM** : Les bons de sorties magasins qu'ont été préparés sur le BT sont automatiquement associés au compte rendu du BT dès la sortie des pièces par le magasinier.
- **Les feuilles d'heures FH** : Les feuilles d'heures sont ouvertes par semaine, elles sont identifiées par l'identifiant de l'utilisateur et le numéro de la semaine.
- **Les achats directs** : Les écrans de réceptions de matériel ou prestations sur commandes d'achat direct permettent de pointer les ressources ou prestations commandées

26. Clôture technique

La clôture technique constitue une étape importante de la vie du bon de travail. En général la clôture technique interdit de modifier quantitativement le compte rendu du bon de travail.



Figure 24: Clôture technique

V.3 La maintenance curative des groupes électrogène à gaz CUMMINS 350 KVA

En cas de maintenance corrective, cela reste à déterminer si on effectuera un des trois échelons de la maintenance : la maintenance sur site, la maintenance en atelier ou la maintenance chez le constructeur ou une société spécialisée.

Après qu'on détermine quel échelon de maintenance il faut effectuer, on fait la même procédure précédant sur EMPACix pour qu'on puisse intervenir sur le groupe électrogène à gaz CUMMINS 350 KVA ou toute autre machine.

Comme il s'agit d'un groupe électrogène de secours, il est rare qu'il tombe en panne, ce qui est souvent à cause de :

- Fuite de liquide de refroidissement au niveau de résistance de préchauffage circuit bloc moteur.
- Bouchon de radiateur est défectueux.

Pour réparer les problèmes ci-dessus, il faut faire :

- Un nettoyage du moteur
- Un changement du bouchon

- Une isolation de (220v) résistance de pré chauffage et faire un by-pass sur le circuit de chauffage bloc moteur.
- Un remplissage de liquide de refroidissement.
- Un test de fonctionnement et vérification des fuites.

V.4 L'amélioration de la maintenance industrielle

Pour améliorer la performance d'une entreprise, des outils d'amélioration continue ont mis en service afin de faciliter la démarche et d'assurer une amélioration lente mais durable. Il y'a plusieurs méthodes d'amélioration continue mais nous avons choisis seulement les méthodes qui ont en relation avec notre thème, ses méthodes sont : SMED, AMDEC, PDCA, Kaizen, 5S, Management Visuel, QRQC, DMAIC.

V.4.1 SMED

SMED (Single Minute Exchange of Die : changement d'outils en moins de 10 minutes) est une méthode d'organisation qui a été développé par Shingo Shingo pour TOYOTA. Il a pour objectifs de la réduction du gaspillage de matériaux, de produits et de temps. [47]

V.4.2 AMDEC

AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leurs Criticités) est une méthode de maintenance préventive visant à identifier les causes des pannes et des aléas et leurs gravites afin d'intervenir et d'éliminer les risques. [48]

V.4.3 PDCA

PDCA (plan, do, check, act) est une méthode composée de quatre étapes qui ont pour but de trouver la cause profonde d'un problème, de mettre en place les solutions, de surveiller et contrôler les résultats et d'intervenir pour maintenir l'efficacité des solutions. [48]

V.4.4 Kai Zen

Kaizen est une méthode qui se concentre sur l'implication des personnels pour améliorer la qualité des produits et la productivité. Le mot Kaizen est composé de deux mots japonais Kai (changement) et Zen (bon). [48]

V.4.5 5S

5S est une méthode d'organisation s'agir d'éliminer tout ce qui est inutile, de nettoyer, d'organiser, et de standardiser le rangement de pièces et des outils en fonction de leur fréquence d'utilisation. L'objectif consiste à améliorer l'efficacité du travail. Les 5S sont les initiales de cinq mots japonais : Seiri (trier), Seiton (classer), Seiso (nettoyer), Seiketsu (Standardiser) et Shitsuke (formaliser). [49]

V.4.6 Management Visuel

Management Visuel est une méthode qui vise à faciliter la transmission des informations et des objectifs entre Les employés service, détecter rapidement les problèmes, prendre les décisions nécessaires. Ces techniques doivent être simples à appliquer, pratiques au terrain et surtout possibles en temps réel. Un tableau doit être visualisé en quelques secondes et doit être compréhensible par tous. Afin de faciliter la lecture, des moyens de transmission d'information sont utilisés : les signes, les symboles, les graphiques, les couleurs ou les pictogrammes. [50]

V.4.7 QRQC

QRQC (Quick Response Quality Control) est une méthode qui a pour but de régler les défaillances techniques le plus vite possible dès leur apparition. [51]

V.4.8 DMAIC

DMAIC (Définition, Mesure, Analyse, Amélioration, Contrôle) est une méthode qui vise à trouver des solutions et à appliquer quotidiennement des pratiques visant à résoudre durablement et définitivement des problèmes complexes et concrets. [51]

V.4.9 Les avantages de l'amélioration continue de la maintenance

- Réduction des coûts, des erreurs et des temps d'arrêt ;
- Gestion plus précise des pièces de rechange ;
- Programmation plus efficace des activités, des opérateurs et des techniciens ;
- Amélioration de la qualité du produit ;
- Un boost sur le moral des équipes, puisque les travailleurs se sentent plus motivés et écoutés.

V.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons vu comment accéder et connecter au logiciel EMPACix et les modules les plus utilisés dans le département de maintenance et travaux neufs où on a effectué notre stage fin d'études. La collecte des données nous a permis d'avoir les informations nécessaires pour réaliser notre étude en collaboration avec l'équipe de travail, cela nous a permis de collecter énormément d'information sur les groupes électrogènes à gaz et sur le logiciel GMAO EMPACix, et nous avons pu proposer des méthodes d'amélioration continue de maintenance pour bien maintenir ce groupe électrogène.



Conclusion générale



La GMAO est devenue aujourd’hui un outil indispensable à toute entreprise pour se différencier, et cela, quels qu’en soient la taille (de 1 à plusieurs milliers d’utilisateurs) et le secteur (industrie, prestation immobilière ou service après-vente). Intégrer à votre système informatique un logiciel de GMAO web de dernière génération assurera la numérisation des bons d’intervention, des carnets d’entretien des équipements et, de manière plus globale, la digitalisation de l’ensemble des processus de maintenance de l’entreprise. A la clef : réduction drastique des coûts d’opération, amélioration de la gestion et de la qualité de la maintenance, des achats, optimisation des stocks, augmentation de l’efficacité des utilisateurs, de la sécurité des intervenants, de la productivité et de la satisfaction client.

En effet sans aucun doute, une solution de GMAO très performante qui nous aide à gérer nos actifs. Avec EMPACix, la société GEM est maintenant capable de planifier sereinement la maintenance préventive et de minimiser les opérations de maintenance curative.

Le logiciel a été rapidement accepté par les utilisateurs finaux parce qu’il est très convivial et offre des fonctionnalités puissantes telles que les notifications par email, le tableau de bord et des analyses standards adaptées. Sur le terrain, EMPACix a permis de gagner en efficacité grâce à une meilleure planification des travaux (incluant une planification automatisée de la maintenance préventive) et de renseigner facilement et rapidement les tâches effectuées, d’avoir une vision globale de l’activité avec des analyses techniques et financières et de permettre une forte traçabilité ce qui est primordial de par notre secteur.

En conclusion, ce mémoire met en évidence l’importance de la maintenance pour assurer le bon fonctionnement des groupes électrogènes à gaz. L’utilisation d’un logiciel GMAO tel que l’EMPACix permet d’améliorer la maintenance en automatisant les processus et en réduisant les pannes. Des recommandations seront présentées dans la conclusion, visant à proposer des perspectives prometteuses pour l’avenir de la maintenance industrielle.



Bibliographique



- [01] BADSI, A., AMARA, I. (2016). Etude d'une unité de compression mobile permettant la récupération du gaz naturel lors des interventions sur les gazoducs (Doctoral dissertation).
- [02] HARICHAUX, P. (2005). Normes de sécurité et prévention des accidents du sport en France. *Science & sports*, 20(2), 99-103.
- [03] BOULENGER, A. (2008). Aide-mémoire-Maintenance conditionnelle. Dunod.
- [04] GARCIA, E., GUYENNET, H., LAPAYRE, J. C., ZERHOUNI, N. (2004). A new industrial cooperative tele-maintenance platform. *Computers & Industrial Engineering*, 46(4), 851-864.
- [05] GOGUELIN, P. (1996). La prévention des risques professionnels.
- [06] MOKADEM, R., & MESSAOUD, F. (2017). Etude Des Différentes Méthodes Et Organisation De La Fonction Maintenance Au Niveau Spe Tiaret (Doctoral Dissertation, Université Ibn Khaldoun Tiaret).
- [07] Bouab, H., & Garn, M. (2022). Elaboration d'un plan de maintenance préventive PMP pour une installation solaire à grande dimensions (Doctoral dissertation, Université Ibn Khaldoun-Tiaret-).
- [08] Benaïcha, H. (2015). Analyse des stratégies de maintenance des systèmes de production industrielle (Doctoral dissertation, University of sciences and technology in Oran).
- [09] BELIL, F., & BELIEL, Y. (2021). Optimisation Des Paramètres De La Sûreté De Fonctionnement D'un Système Electromécanique (Doctoral Dissertation, University Of M'sila).
- [10] Halimi, D. (2014). Contribution à l'amélioration de la maintenance préventive des machines dynamiques dans l'industrie des hydrocarbures (Doctoral dissertation).
- [11] BOUDIAR, B., ZEGHDANI, H. (2016). Analyse des défauts du ventilateur DK1 Four1 N° 525 par l'application d'une méthode de maintenance Conditionnelle cas de Djebel Onk Bir El Ater (Doctoral dissertation).
- [12] CHETTOUH, A., & YAHIAOUI, I. (2021). Etude Des Défauts Des Roulements Et Leur Graissage (Doctoral dissertation).
- [13] Amichi, D., & Rahmani, R. (2019). Application de Quelques méthodes de recherche opérationnelle sur les circuits de production cas ENIEM (Doctoral dissertation, UMMTO).
- [14] Héng, J. (2023). *Pratique de la maintenance préventive-4e éd.* Dunod.
- [15] Francastel, J. C. (2009). *Ingénierie de la maintenance: De la conception à l'exploitation d'un bien*, Editeur (s): Dunod. L'Usine Nouvelle, Collection: Technique et ingénierie-Gestion industrielle.
- [16] Mabrouk, H. H. (2010, April). Introduction à la sécurité et à l'analyse des risques technologiques et humains. In 3ème Symposium International sur la Maintenance et la Maîtrise des Risques (p. 16p).
- [17] MAHIEDDINE, A., & RAHMANI, A. C. (2022). La Contribution De La Sûreté De Fonctionnement (Sdf) Dans La Maîtrise Du Risque Industriel.
- [18] Feugier, A. (2021). Modélisation, formalisation et mise en place d'une méthodologie de transformation à

- grande échelle de la fonction maintenance pour la rendre plus performante. Cas d'application à un grand service public d'assainissement et de traitement des eaux usées (Doctoral dissertation, Paris, HESAM).
- [19] Tomala, F., Senechal, O., & Tahon, C. (2001). Modèle de processus d'innovation. In 3ème MOSIM-Conférence Francophone de MODélisation et SIMulation" Conception, Analyse et Gestion des Systèmes Industriels.
- [20] Frédéric, M. (2011). Mettre en oeuvre une GMAO: maintenance industrielle, service après vente, maintenance immobilière. Dunod.
- [21] ADDOUN, H. (2015). La maintenance industrielle dans le cadre de l'ISO 9001 (Doctoral dissertation).
- [22] DENFAR, M., & ZERROUKI, S. A. (2021). L'étude et l'amélioration d'un système de gestion de la maintenance assisté par ordinateur (GMAO) (Doctoral dissertation, Université Ibn Khaldoun-Tiaret-).
- [23] Doumeings, G., Vallespir, B., & Chen, D. (1995). Methodologies for designing CIM systems: A survey. *Computers in industry*, 25(3), 263-280.
- [24] Monchy, F. (2000). maintenance, Méthodes et Organisation, dunod.
- [25] Le Provost, R., Hemery, M. (2004). Guide informatique.
- [26] DENFAR, M., & ZERROUKI, S. A. (2021). L'étude et l'amélioration d'un système de gestion de la maintenance assisté par ordinateur (GMAO) (Doctoral dissertation, Université Ibn Khaldoun Tiaret).
- [27] World Health Organization. (2012). Système de gestion de maintenance assistée par ordinateur.
- [28] Vasse, F., Zwingelstein, G. (2005). Le 19e panorama de la GMAO.
- [29] MOUMENI, C. (2006). Mise en place d'un système de gestion des documents au niveau des services de maintenance du mre (Magister, Université d'Annaba)
- [30] Frédéric, M. (2011). Mettre en oeuvre une GMAO: maintenance industrielle, service après vente, maintenance immobilière. Dunod.
- [31] LE CAZ, Y. (2005). GMAO: Identifier les objectifs et les enjeux. *Techniques de l'ingénieur. Maintenance*, (MT9460).
- [32] INDUS international. (1999). Manuel EMPACix.
- [33] SANYA, E. (2006). Connaissance et maintenance des groupes électrogènes. Document de cours, Institut Universitaire et des Technologies de Lokossa, Bénin.
- [34] SDMO. (2012). Manuel général et de sécurisé.
- [35] Messaoud, D., & Brahim, D. (2018). Conception et réalisation d'un système de démarrage automatique d'un groupe électrogène à base d'une carte Arduino (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).
- [36] SAI, S. E., & KRIDIS, A. (2022). Etude et simulation d'un système hybride (photovoltaïque/groupe électrogène) (Doctoral dissertation).
- [37] Ladjali, N. (2022). Etude AMDEC et mise en place d'un planning de maintenance préventive _ Application sur un groupe électrogène 300KVA Cas: l'entreprise nationale l'ENIEM (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou).
- [38] Chafa, A., & Aziz, Z. (2016). Etude d'un groupe électrogène par simulation numérique (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).
- [39] ZERGAT, B., GAROUI, M. I. (2021). es défauts et la maintenance dans la partie mécanique au sien de groupe électrogène John Deere Cd 6068 (Doctoral dissertation, Université de Ghardaia).
- [40] Profauto. (2016). Système de refroidissement.

- [41] KERRACHE, Z. (2017). étude d'une installation énergétique d'une locomotive de 2500 KW de puissance.
- [42] Cardinal, S. (2007). Compact, Interpact et Masterpact Inverseur de source.
- [43] Desbazeille, M. (2010). Diagnostic de groupes électrogènes diesel par analyse de la vitesse de rotation du vilebrequin (Doctoral dissertation, Université Jean Monnet Saint Etienne).
- [44] CUMMINS. (2020). Manuel Cummins groupe électrogène à gaz modèle 315GFBA.
- [45] EL KHAIRI, Y. (2011). SMED: SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE.
- [46] INRS. (2013). Lean manufacturing Quelle place pour la santé et la sécurité au Travail.
- [47] Lebrun, M. (2023). La méthode Kaizen : l'amélioration de la maintenance en continu.
- [48] Homann, C. (2010). Guide pratique des 5S et du management visuel : pour les managers et les encadrants. Editions Eyrolles.
- [49] Teczke, M., & Obora, H. Quick Response Quality Control – Concept of instant Analysis of the Company's Current Problems. KNOWLEDGE ECONOMY SOCIETY, 199.
- [50] Jalham, I. S., & AI-Ashhab, H. (2022). The Application of Lean Principles and DMAIC Approach to Improve Maintenance Performance In Jordanian Industry: Baraka Pack Jordan Company As a Case Study. Jordan Journal of Business Administration, 18(2).