



Licence Sciences et Techniques en Génie Industriel

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'Obtention du Diplôme de Licence Sciences et Techniques

SYSTEME DE FONCTIONNEMENT DE LA GRUE PORTUAIRE **TEREX GOTTWALD** ET SON PLAN DE MAINTENANCE

Stage effectué à :



SMA Société de Manutention d'Agadir filiale de Marsa Maroc

Lieu : Agadir

Référence : 1/21-LGI

Présenté par : AJDIRI RANIYA

Soutenu Le 09 Juillet 2021 devant le jury composé de:

Mr. TAHRI Driss (encadrant)

Mr. OUKHALI Rachid (encadrant société)

Mr. EL OUAZZANI Nabih (examineur)

Année Universitaire : 2020-2021

Remerciements

Tout d'abord, mes plus sincères remerciements vont à mes parents qui m'ont accompagné depuis ma naissance pas à pas, qui m'ont toujours présenté le soutien et l'aide nécessaires pour surmonter tous types d'obstacles, qui m'ont également encouragé dans la poursuite de mes études; ma mère m'a orienté vers cette filière « Génie Industriel » et mon père m'a permis de décrocher ce stage au sein de cette magnifique entreprise.

Donc tout ce que j'ai réalisé et ce que je réaliserai dans l'avenir est dédié à ces deux rares perles.

Je tiens à remercier particulièrement et chaleureusement toute l'équipe de SMA et généralement la Société MARSAMAROC pour leurs conseils, leurs renseignements, leur aide et tous les efforts qu'ils ont déployé pour me faire bénéficier du stage dans de très bonnes conditions et me transmettre le maximum d'informations pour enrichir mes connaissances.

Une spéciale gratitude à Monsieur RAFIA Mohammed, mon encadrant sur terrain, cette personne m'a guidé par ses explications, son expérience et même ses connaissances : Il m'a aussi orienté durant toute ma période de stage, sans oublier qu'il m'a permis d'obtenir tous les documents que j'ai demandé et il était toujours à l'écoute.

Je consacre le temps pour remercier cordialement Monsieur OUKHALI Rachid, mon deuxième encadrant pour ses directives, les informations qu'il m'a apporté, les documents et les fichiers qu'il m'a communiqué.

Les mots ne sont pas suffisants pour décrire ma reconnaissance envers mon professeur et encadrant pédagogique Monsieur TAHRI Driss pour son intérêt et sa collaboration envers ce projet, je le remercie sincèrement pour son encadrement, son aide, et ses ajouts qui ont apporté de la valeur à mon sujet.

Enfin, je tiens à remercier Monsieur EL OUZZANI Nabih pour avoir accepté d'examiner mon travail.

Ajdiri Raniya

Table des matières

Introduction générale.....	1
-----------------------------------	----------

CHAPITRE I :

I. Présentation de l'entreprise.....	2
1. Présentation	2
2. Fiche signalétique	2
3. Services	2
4. Organigramme	3
5. Type de charges	3
6. Parc d'équipements	4
6.1.Les engins roulants	4
6.1.1. REACH STACKER.....	4
6.1.2. Chariot cavalier NOELL	4
6.1.3. Chargeuse	5
6.1.4. Chariot élévateur	5
6.1.5. Tracteur	5
6.2.Les engins de levage	6
6.2.1. Grue portuaire	6
6.2.1.1.Grue sur rail	6
6.2.1.2.Grue mobile	6
i. FANTUZZI REGGIANE MHC 150	6
ii. LHM 18. LIEBHERR	7
iii. TEREX GOTTWALD	7

CHAPITRE II :

I. Présentation générale de la grue TEREX	8
Dimensions de la grue	9
Composantes de la grue	9
II. Organes de la grue	9
1. L'automate programmable industriel API	9

1.1.Nature des informations traitées par l'automate	9
1.2.Structure du système de traitement	10
1.2.1. Interface d'entrée	10
1.2.2. L'unité de traitement	10
1.2.3. Interface de sortie	10
2. Groupe électrogène Diesel	11
2.1.Batteries	11
2.2.Démarrreur	11
2.3.Moteur DIESEL	12
2.4.Filtre	13
2.5.Accouplement élastique	13
2.6.Alternateur à courant triphasé	13
3. Châssis/mécanisme de translation	14
3.1.Pneus	14
3.2.Accumulateur de pression	15
3.3.Moteur hydraulique	15
3.4.Réducteur planétaire	15
3.5.Essieux	16
3.6.Système de calage	17
3.6.1. Poutres de calage	17
3.6.2. Patins de calage	17
4. Salle superstructure/mécanisme de rotation	17
4.1.Pompe d'amorçage	18
4.2.Joint tournant électrique	18
4.3.Moteur de rotation	18
Structure	18
Fonctionnement	18
Bilan de puissance du moteur asynchrone	18
4.4.Réducteur de rotation	19
4.5.Couronne d'orientation	19
5. Système tour et flèche/mécanisme de levage	19
5.1.Moteur de levage	19
5.2.Réducteur de levage	19

5.3.Tambour de câble	20
5.4.Interrupteur pou mou de câble	20
5.5.Point d'appui tour/superstructure	21
5.6.Poulies à câble de la tête de tour	21
5.7.Flèche	21
5.8.Enrouleur de câble.....	21

CHAPITRE III :

I. Analyse de la situation de la grue mobile TEREX.....	22
1. Diagramme ishikawa L'automate programmable industriel API	22
II. Définition de la maintenece	23
1. Types de maintenance adoptés par l'entreprise.....	23
1.1.Maintenance préventive	23
1.2.Maintenance corrective	23
III. Actions correctives exécutés	23
1. Remplacement de la carte AVR de l'alternateur	23
2. Réparation de la partie rotative de la grue	23
3. Changement du câblage d'alimentation du CROC	24
4. Réparation du Croc de la grue Terex	24
IV. Actions préventives exécutés	24
1. Nettoyage de l'armoire électrique	24
2. Actions préventives sur spreader	25
3. Changement des filtres de la salle électrogène Diesel.....	25
V. Programme de maintenance préventive.....	25
1. Niveaux de maintenance	25
2. Plan de maintenance de la grue mobile TEREX GOTTWALD.....	26
Conclusion	27

Liste des tableaux

Tableau 1 : Fiche signalétique de l'entreprise	2
Tableau 2 : Niveaux de maintenance	26

Liste des figures

Figure 1 : Organigramme de l'entreprise.....	3
Figure 2: Reach stacker	4
Figure 3 : Chariot cavalier NOELL.....	4
Figure 4 : Chargeuses «KOMATSU» et «VOLVO».....	5
Figure 5 : Chariots élévateurs «DOSSAN» «NISSAN» «KALMAR».....	5
Figure 6 : Tracteurs « ATA » « GOOD SENSE » « MAFI ».....	6
Figure 7 : Grue sur rail TAKRAF.....	6
Figure 8: Mobile Fantuzzi Reggiane MHC 150	7
Figure 9 : LHM 180 LIEBHERR pendant la charge et décharge du ciment	7
Figure 10 : Grue portuaire mobile TEREX GOTTWALD	7
Figure 11 : Sélecteur du type d'alimentation.....	8
Figure 12 : Automate programmable industriel Siemens_.....	9
Figure 13 : Fonctionnement de l'automate.	10
Figure 14 : Batterie	11
Figure 15 : Démarreur	11
Figure 16 : Vue éclatée d'un démarreur électrique.....	11
Figure 17 : Moteur DIESEL	12
Figure 18 : Caractéristiques techniques du moteur DIESEL	12
Figure 19 : Force et pression uniforme pour un exemple de 4 cylindres.....	13
Figure 20 : Alternateur.....	13
Figure 21 : Noyau du rotor et lamelles (à gauche) Rotor et Stator de l'alternateur (à droite)	14
Figure 22 : Accumulateur de pression.....	15
Figure 23 : Moteur hydraulique de translation	15
Figure 24 : Composantes du réducteur	16

Figure 25 : Vérin hydraulique	16
Figure 26 : Système de calage.....	17
Figure 27 : Vue inclinée du moteur, du réducteur de rotation	19
Figure 28 : Pignon et couronne dentée.....	19
Figure 29 : Moteur (en rouge) et réducteur le levage	20
Figure 30 : Tambour de câble	20
Figure 31 : Interrupteur mou de câble.....	20
Figure 32 : Enrouleur de câble	21
Figure 33 : Diagramme Ishikawa.....	22
Figure 34: Croc et Spreader	24
Figure 35: Twist-lock.....	24
Figure 36 : Croc de la grue et vue inclinée de circulaire.....	24
Figure 37 : Spreader de la grue Terex (les flippers sont en rouge/vert et bleu)	25

Introduction générale

Le thème de ce projet de fin d'études concerne l'étude de la grue portuaire TEREX GOTTWALD, ses organes et son mode de fonctionnement. Ainsi l'élaboration d'un plan de maintenance pour cette dernière afin de garantir sa disponibilité et sa fiabilité tout au long de sa période d'utilisation au sein de l'entreprise.

Après une visite de tous les services, la période du stage est passée au service Technique de la Société de manutention d'Agadir et plus précisément au service de levage. On a remarqué qu'une grue est la plus utilisée lors de la manutention des marchandises, alors à force de cette utilisation le nombre de pannes augmente. Par conséquent, les employés du service ont consacré une attention particulière à cet engin en appliquant des travaux d'entretien en continu pour assurer sa disponibilité à n'importe quel moment.

Afin d'améliorer les performances de ce système, une recherche sur le fonctionnement de cette grue portuaire est demandée. Cela consiste à faire une analyse et une étude plus profonde de toutes les parties de ce système.

On commence ce rapport par une introduction du travail fait durant ce stage.

Après l'introduction, le rapport contient trois chapitres et se termine par une conclusion.

Chapitre I : Présentation de l'entreprise, l'organigramme, les services, les types de charges et d'engins.

Chapitre II : Description des organes et composants de la grue et l'analyse de son fonctionnement.

Chapitre III : Actions curatives, ainsi que plan de maintenance préventive pour augmenter la durée de vie et la disponibilité de la grue.

Chapitre I :

Aperçu global sur la
Société de Manutention
d'Agadir.

I. PRESENTATION DE L'ENTREPRISE :

1. Présentation :

Société de Manutention d'Agadir est un partenariat public-privé entre MARSAMAROC qui contrôle 51% et trois minoritaires privés : La Société Maritime d'Agadir « SOMATIME », la Compagnie Marocaine de Manutention et de le Consignation du Souss « MANUSOUSS », et la Société de Transit et de Consignation Maritime d'Agadir «INTERNAVI ».

Cette entreprise est chargée de l'exploitation du quai Nord du port d'Agadir.

2. Fiche signalétique :

Société Anonyme	Filiale MARSAMAROC
Raison Sociale	SMA « Société de Manutention d'Agadir »
Date de création	Juin 2016
Capital	34 000 000 DH
Actionnaires	MARSAMAROC 51% SOMATIME 16.34% MANUSOUSS 16.33% INTERNAVI 16.33%
Adresse	<ul style="list-style-type: none">• Marsa Maroc N° 175 Bd Zerktouni Casablanca• Boulevard Mohamed V, Immeuble Al Wataniya-Agadir
Directeur général	Mr. BALLAT Abderrahmane

Tableau 1 : Fiche signalétique de l'entreprise

3. Services :

La mission principale de SMA MARSAMaroc est le traitement dans les meilleures conditions de délai, de coût et de sécurité l'ensemble des navires et des marchandises transitant par le port d'Agadir. Ainsi, elle s'occupe de la manutention des marchandises en prenant à sa charge l'ensemble des opérations de chargement et de déchargement des navires marchands dans le port commercial.

On peut résumer ses services rendus par :

- Services aux navires : Le management.
- Services aux marchandises : Manutention, magasinage, transfert aux aires de stockage, pointage, pesage, chargement et déchargement des camions, location du matériel, emportage et dépotage des conteneurs et vrac.

4. Organigramme :

Ci-dessous les différentes sections de l'entreprise et leurs cellules :

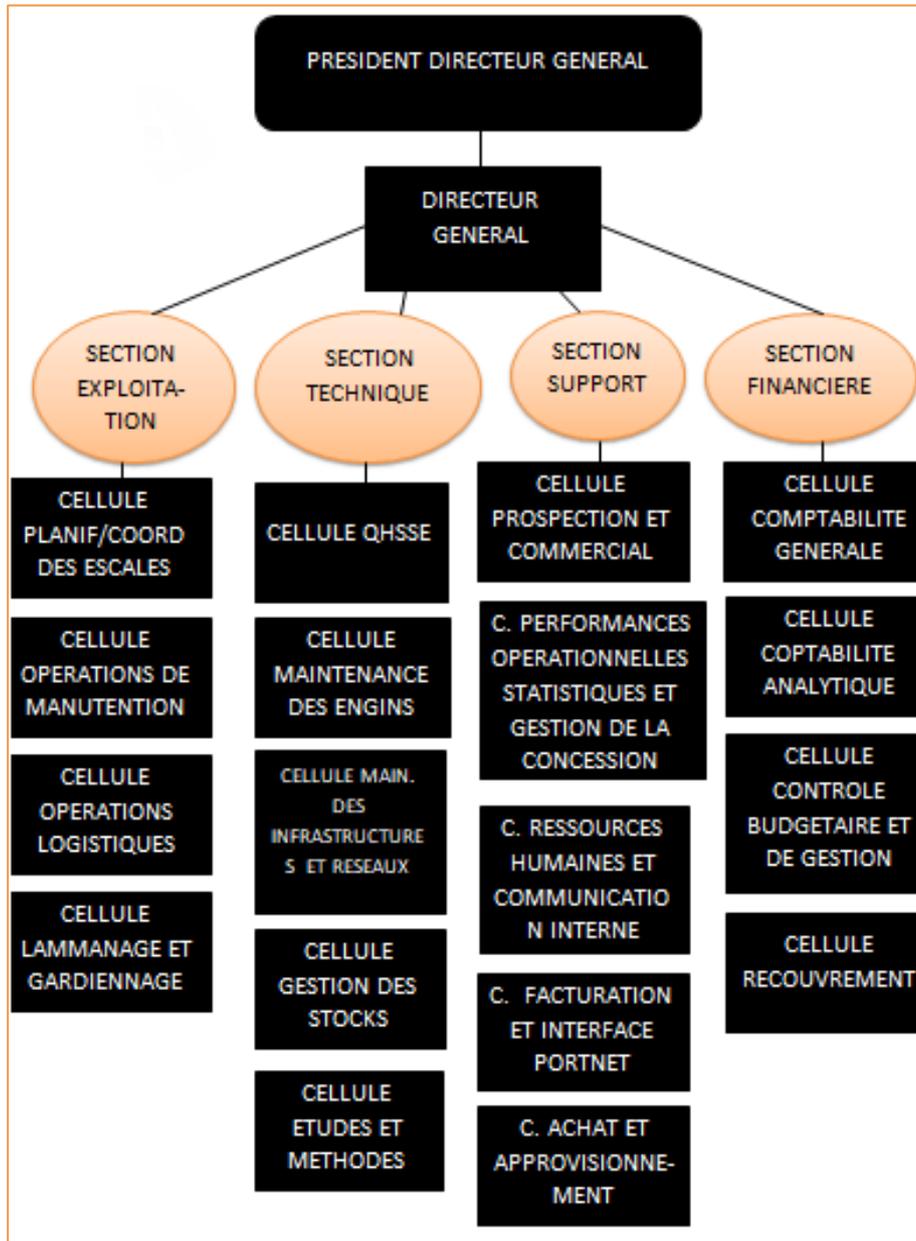


Figure 1 : Organigramme de l'entreprise

5. Type de charges :

Conteneurs :

C'est un caisson métallique parallélépipédique conçu pour le transport des marchandises. Ses dimensions sont normalisées au niveau international. Il est muni à tous les angles de pièces de

préhension permettant de le placer et de le transborder d'un véhicule à l'autre « Pièces de coin, Corner casting ou Twist-Lock ».

Vracs solides :

Dans le transport maritime, ils correspondent aux produits transportés directement dans la cale du navire ou dans les aménagements prévus à cet effet, généralement dans des VRAQUIERS « navires spécialisés pour chaque type de marchandise » ; Les matières remarquées dans le port sont : Le charbon, Le blé, ciment, roche calcaire, et cuivre.

6. Parc d'équipements :

Le transbordement des marchandises notamment les conteneurs maritimes demande l'utilisation de différents engins, chacun ayant une fonction bien particulière.

Le port d'Agadir a fortement investi pour doter le terminal d'équipements de qualité.

Les équipements de manutention sont classés en 3 catégories :

- ✚ Les engins roulants.
- ✚ Les engins de levage.
- ✚ Les accessoires de manutention.

6.1. Les engins roulants :

6.1.1. REACH STACKER :

C'est un engin utilisé pour empiler, charger ou décharger les conteneurs sur des courtes distances, il est de marque LRS 545 LIEBHERR (voir la figure 2).



Figure 2: Reach stacker

6.1.2. Chariot cavalier NOELL :

Également appelé chariot gerbeur ou portique automoteur, il manipule les conteneurs en les soulevant à l'aide d'un appareil spécial appelé « SPREADER » qui est un outil de préhension de marchandises. **Le chariot est mentionné dans la figure 3.**



Figure 3: Chariot cavalier NOELL

6.1.3. Chargeuse :

Elle est conçue pour charger et transporter les matériaux en vrac, elle est équipée d'un godet (outil de préhension situé en avant des chargeuses, utile pour transporter le vrac par exemple le sable...). L'entreprise dispose de plusieurs marques de ces chargeuses (voir figure).



Figure 4 : Chargeuses «KOMATSU» et «VOLVO»

6.1.4. Chariot élévateur :

Les chariots élévateurs disponibles dans l'entreprise sont cités ci-dessous dans la figure 5.



Figure 5 : Chariots élévateurs «DOSSAN» «NISSAN» «KALMAR»

6.1.5. Tracteur :

C'est un chariot de manutention à sellette (petit siège avec lequel le chauffeur peut soulever le remorque à partir de la cabine) élévatrice. Les tracteurs disponibles sont :



Figure 6: Tracteurs « ATA » « GOOD SENSE » « MAFI »

6.2. Les engins de levage :

6.2.1. Grue Portuaire :

Les grues portuaires sont des engins effectuant des opérations de manutention entre le navire et le quai pour charger/décharger les conteneurs, le vrac ou les colis lourds. Leur principe de fonctionnement consiste à limiter au maximum le levage des charges.

Il existe plusieurs types de grues portuaires, dont on cite celles disponibles à l'entreprise :

6.2.1.1. Grue sur rail :

De marque Takraf, elle se déplace parallèlement au quai au moyen des galets roulants sur des rails ; sa capacité est de 6 tonnes sur une portée maximale de 35 mètres. Elle fonctionne à 100% en électricité. Elle est montrée sur la figure 7.



Figure 7 : Grue sur rail

6.2.1.2. Grue mobile :

Leur châssis est occupé des pneus lui permettant de se déplacer aisément tout au long du quai bordant le port. En assurant une disponibilité et flexibilité d'utilisation. Les marques disponibles sont :

i. FANTUZZI REGGIANE MHC 150 :

Construite en 1999. Avec une capacité de levage de 100 t sur une portée de 20 m et 31 t sur une portée de 46 m. (voir figure 8 dans la page suivante)



Figure 8: Mobile Fantuzzi Reggiane MHC 150

ii. LHM 180 LIEBHERR :

Elle fonctionne en carburant et/ou électricité « 80% hydraulique et 20% électrique », mise en service en 2017 et équipée d'un moteur de 1700 tr/min en pesant 92 tonnes, cette grue est réputée par sa mobilité et sa flexibilité avec une capacité de levage de 64 t sur une portée de 35 m. Elle est présentée sur la figure 9.



Figure 9 : LHM 180 LIEBHERR pendant la charge et décharge du ciment

iii. TEREX GOTTWALD :

Elle fonctionne en carburant et/ou électricité «80% électrique et 20% hydraulique», construite en 2017 et équipée d'un moteur Diesel groupe électrogène de 1800 tr/min. En pesant 416 tonnes, cette grue est très robuste et conçue pour des applications hautes performances avec une capacité de 117t/11-20 m et 37.6t/51 m. (figure 10)



Figure 10 : Grue portuaire mobile TEREX GOTTWALD

Chapitre II :

Organes et composants
de la grue et son
système de
fonctionnement.

I. Présentation générale de la grue TEREX :

Cette grue portuaire fait partie de la famille des grues automotrices/mobiles, ce terme est réservé aux véhicules à traction électrique. Construite en 2017, elle se déplace sur des roues adaptées pour supporter la nature du sol du quai.

Terex se compose de quatre parties principales :

Le châssis : C'est la base de la grue, qui sert à son déplacement et à sa mise en place (par des patins de calage) pour le levage.

La salle superstructure : Sa plate-forme est montée sur le châssis, elle est en rotation par rapport à celui-ci, elle constitue la salle du moteur diesel qui désigne l'excitant principal de la grue. La salle électrique abrite les principaux appareillages destinés au pilotage, à la surveillance et à l'alimentation de la grue et la salle des machines qui comporte le groupe des pompes et les moteurs qui les actionnent.

La tour : Montée sur la salle superstructure par une liaison rigide. Elle comporte aussi la salle du grutier.

La flèche : Elle permet d'avoir le matériel de préhension. Elle est montée également sur la tour par un point d'articulation qui représente une liaison permettant la rotation entre la tour et la flèche.

En plus, la grue comporte plusieurs systèmes communs entre ces quatre niveaux (système électrique, système hydraulique, graissage centralisé...).

Cet engin peut fonctionner sur deux types d'alimentation selon le mode d'exploitation voulu :

- **Fonctionnement avec alternateur** : la grue peut effectuer tous les mouvements compte tenu la translation si le moteur Diesel est en marche, le rôle de l'alternateur se résume dans la conversion de l'énergie mécanique en énergie électrique sous forme d'un courant alternatif.
- **Branchement sur le réseau** : la grue est branchée à une alimentation extérieure (le réseau du port), dans ce cas le moteur Diesel et l'alternateur ne fonctionnent pas, tous les mouvements de la grue peuvent être effectués sauf que la translation est limitée à une distance de 100 m.



Figure 11 : Sélecteur du type d'alimentation

Pour bien comprendre le fonctionnement de la grue dans sa globalité je présente une fiche technique résumant les principales caractéristiques : (Voir ANNEXE 1)

Dimensions de la grue :

- **Longueur du châssis** : env. 18.3 m
- **Largeur du châssis (sans les patins de calage)** : env. 9.0 m
- **Base de calage** : 12.5 m x 4.5 m
- **Dimensions des patins de calage 4x** : 2.0 m x 4.5 m
- **Portée arrière superstructure** : 7.5 m
- **Hauteur du point d'articulation de la flèche** : env. 23.0 m

Composantes de la grue : VOIR ANNEXE 2

II. Organes de la grue :

La meilleure façon pour représenter la relation entre les organes de la grue est de la décrire par la technique Maître-Esclave, dont le maître est l'Automate Programmable Industriel «API» et l'esclave est le reste des organes de la grue.

1. API L'automate programmable industriel :

L'automate API est une machine électronique programmable et manipulée par un électromécanicien (plus exactement un automaticien). Elle est destinée à piloter, à contrôler et à faire fonctionner l'installation industrielle automatisée de la grue en traitant les informations selon un programme préétabli. Son fonctionnement est basé sur l'emploi d'un micro-processeur et des mémoires. Pour la grue Terex, l'API fait partie de la famille des automates modulaires, il est de marque SIEMENS (Voir figure 12) et dédié aux grandes applications. Il possède plusieurs ports de communication pour la flexibilité de communication soit avec les opérateurs de terrain ou les organes de supervision.



Figure 12 : Automate programmable industriel Siemens

1.1. Nature des informations traitées par l'automate :

Tout ou rien (TOR) : L'information ne peut prendre que 2 états vrai/faux ou 0/1, elle est délivrée par un détecteur, un bouton poussoir, fin de course...

Analogique : l'information est continue et peut prendre une valeur comprise dans une plage déterminée. C'est le type d'information délivrée par un capteur (pression, température...).

Numérique : l'information est contenue dans des mots sous forme binaire ou bien hexadécimale. C'est le type d'information délivrée par un ordinateur.

1.2. Structure du système de traitement :

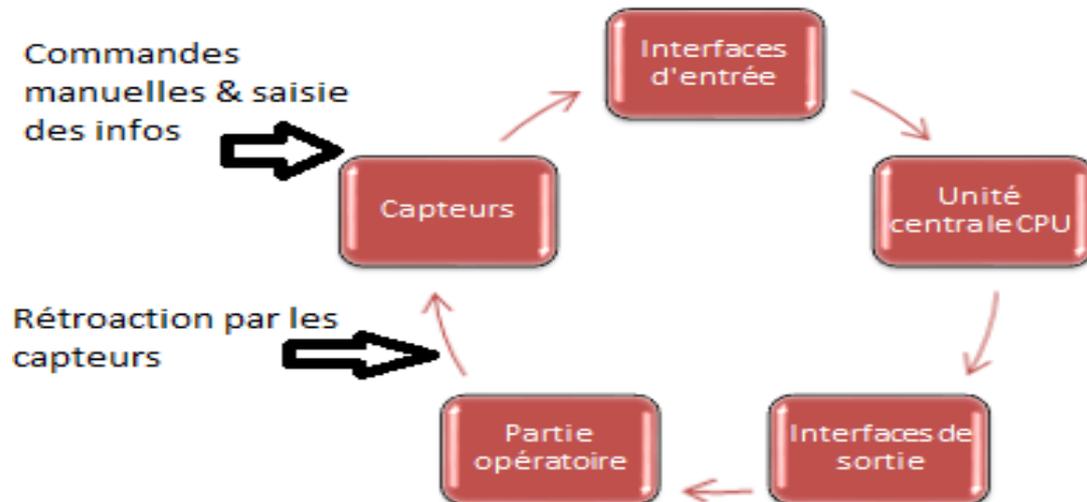


Figure 13 : Fonctionnement de l'automate.

1.2.1. Interface d'entrée :

Elle permet d'acquérir les informations des organes de commande et des capteurs.

Les organes de commande : Ils présentent les données saisies manuellement par l'opérateur.

Exemple : boutons poussoirs, sélecteur entre le mode automatique et manuel, coupe courant des batteries...

Les capteurs : C'est une rétroaction de la partie opérative c'est-à-dire sa réponse. Exemple : fins de course, détecteur de température et d'humidité...

1.2.2. L'unité de traitement :

Au niveau de l'unité centrale, les opérations d'exécution des tâches s'effectuent par le microprocesseur et de traitement logique et numérique selon un programme enregistré en mémoire.

1.2.3. L'interface de sortie :

Elle permet de commander les sorties telles que les actionneurs de machines, les moteurs en général de la partie opérative qui comporte tous les organes du système industriel ; et cela par le biais d'un contacteur qui protège la sortie de l'automate.

2. Groupe électrogène Diesel :

Le premier esclave du maître API est le groupe électrogène qui forme le point de marche de la grue :

Il se compose des batteries, du démarreur, du moteur Diesel et l'ensemble de ses filtres, de l'alternateur et enfin de l'accouplement élastique.

2.1. Batteries :

Le premier pas de démarrage se fait manuellement à travers le coupe courant situé dans la salle qui délivre le courant à un bloc de batteries installé à côté du moteur et qui se compose de 4 batteries individuelles interconnectées. Elles fournissent le courant de démarrage du moteur Diesel. (Voir figure 14)



Figure 14 : Batterie

Chaque batterie fournit : 12 V et 1400 A. L'ensemble des batteries nous donne :48 V et 5600 A.

2.2. Démarreur :

Un moteur électrique à courant continu, c'est un dispositif qui est destiné à activer le moteur Diesel qui fonctionnera ensuite d'une façon autonome. Voir figure 15



Figure 15: Démarreur



Figure 16 : Vue éclatée d'un démarreur électrique.

- 1- Carter : enveloppe qui protège/isole l'organe, fermée de façon étanche.
- 2- Pignons : disque d'acier avec dents, utilisé à la transmission mécanique.
- 3- Induit : la partie mobile par rapport à l'inducteur.
- 4- Inducteur : la partie fixe de la machine rotative.
- 5- Balais : créent la liaison électrique entre l'induit et l'inducteur.
- 6- Solénoïde : constitué d'un fil électrique en métal enroulé.

2.3. Moteur DIESEL : Voir Figure 17



Figure 17 : Moteur DIESEL

A l'instant où le démarreur reçoit le courant, le moteur à combustion interne aspire le carburant du réservoir journalier situé à côté. Il s'agit d'un moteur DIESEL à 12 cylindres, refroidi par eau.

Il transforme l'énergie chimique du carburant en énergie mécanique, son système de fonctionnement consiste à produire de l'air à haute température et pression en continu. Je présente ci-dessous les principales caractéristiques de ce moteur (voir figure 18).

Moteur diesel	
Marque	CUMMINS
Type	QST 30 G2
Exécution	12 cyl.V
Mode de combustion	Diesel
Refroidissement	eau
Puissance	895 kW/1800 tr/min

Figure 18 : Caractéristiques techniques du moteur DIESEL

Formé d'un Mécanisme à Manivelle Coulissante (piston, bielle, manivelle et cylindre) intégré dans un bloc-moteur sur lequel sont montés les soupapes d'échappement et d'entrée et l'injecteur du carburant.

➤ Ce moteur a un cycle de fonctionnement à 4 courses/temps :

- 1- Course d'aspiration : Lorsque le piston se déplace vers le bas, les soupapes d'admission s'ouvrent et l'air frais de l'extérieur est aspiré.
- 2- Course de compression : Les soupapes d'admission et d'échappement sont fermées et l'air dans le cylindre est comprimé, le piston agit sur l'air ainsi la température et la pression s'élève.

Le diesel est injecté dans cet air comprimé, le carburant s'évapore et subit une explosion spontanée non contrôlée, alors la température et la pression augmentent encore.

- 3- Course de travail : Le fluide à haute énergie pousse le piston vers le bas, l'air chaud agit sur le piston et l'énergie du fluide est convertie en énergie mécanique du piston. C'est la seule course où le piston absorbe l'énergie du fluide.
- 4- Course d'échappement : le piston se déplace ainsi vers le haut et les soupapes d'échappement s'ouvrent permettant le rejet de l'échappement à l'extérieur.

La conception structurelle du moteur est très robuste car il est sujet à plusieurs vibrations dues à la combustion irrégulière et soudaine, c'est pour ça ce moteur est à plusieurs cylindres (12) donc il fonctionne plus doucement car les 4 courses se produisent toutes à la fois et par conséquent on aura une meilleure uniformité de force et de pression. **La figure 19 explicite le phénomène**

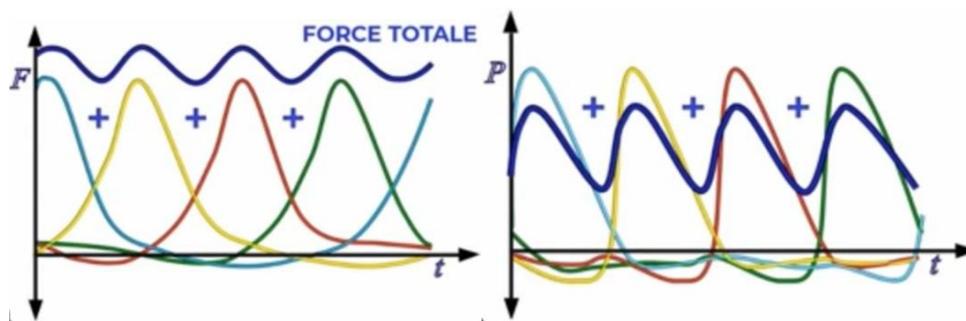


Figure19 : Force et pression uniforme pour un exemple de 4 cylindres

2.4. Filtre : La liste des filtres est détaillée sur ANNEXE 3

Le moteur DIESEL est équipé de 2 filtres d'huile, 3 filtres de carburant, 2 filtres d'air et 2 filtres d'eau. Leur action consiste à retenir, supprimer, modifier les éléments indésirables du flux traversant le moteur et à en laisser passer les éléments utiles.

2.5. Accouplement élastique :

Placé entre le moteur et l'alternateur, c'est un élément de liaison entre ces deux derniers, il permet de compenser les défauts d'alignement et de protéger la transmission de l'énergie mécanique issue du moteur et qui actionne l'alternateur.

2.6. Alternateur à courant triphasé :

Il transforme la puissance du moteur DIESEL en énergie électrique cela en produisant un courant alternatif à une fréquence déterminée. **La photo de l'alternateur est présentée sur la figure 20.**



Figure 20 : Alternateur

C'est un générateur synchrone à courant triphasé composée de 3 parties principales : les bobines du rotor, les bobines de l'enroulement inducteur et le régulateur de tension automatique AVR.

Fonctionnement :

Le rotor est à 4 pôles saillants, ses bobines sont alimentées par une source de courant continu montée sur l'alternateur « auto-excité ». Il produit un flux magnétique tournant autour de lui, ce flux conduit l'électricité dans l'enroulement inducteur qui est stationnaire ce qui génère une force électromotrice d'une fréquence calculée par la relation :

$f = P \cdot N / 120$ avec P le nombre de pôles du rotor, et N le nombre de tours par minute du rotor.

On a $N = 1800$ tr/min et $P = 4$ donc $f = 4 \cdot 1800 / 120 = 60$ Hz.

On remarque que la fréquence est synchronisée avec la vitesse du rotor « la puissance du moteur » d'où le type synchrone de l'alternateur.

Pour produire le courant alternatif triphasé, 2 stators sont placés autour du bobinage du premier stator, une extrémité de ces 3 est connectée en étoile et le courant triphasé est récupéré aux autres extrémités.

Le noyau polaire du rotor est équipé de lamelles isolées en acier qui réduisent les pertes d'énergie dues à la formation du courant de Foucault. (Voir figure 21)

Ainsi le rôle de l'AVR est de maintenir la tension de sortie à 440 V, en contrôlant le courant du champ.

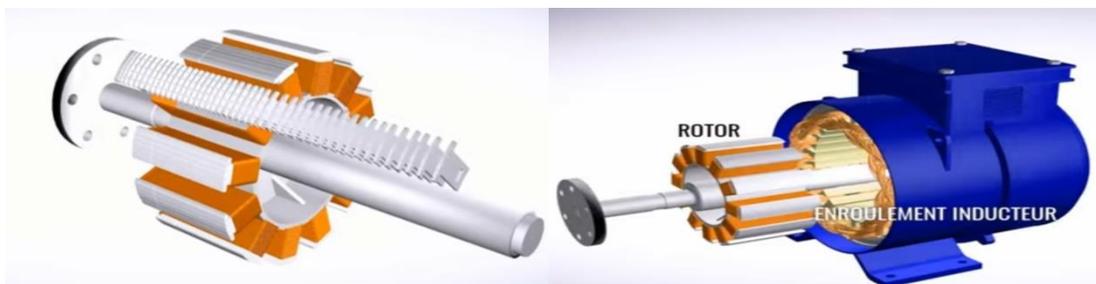


Figure 21 : Noyau du rotor et lamelles (à gauche) Rotor et Stator de l'alternateur (à droite)

3. Châssis/mécanisme de translation :

Pour que la grue fonctionne, elle doit se déplacer vers le lieu visé, et cela grâce à son système de translation qui est localisé dans son châssis qui se compose de :

Pneus, essieux, accumulateur de pression, moteur de translation, accouplement mécanique, réducteur planétaire de translation ainsi que le système de calage.

3.1. Pneus :

Le châssis est équipé de 28 pneus à structure diagonale et qui se composent de carcasses à nappes croisées. Ils sont conçus de façon rigide pour absorber tous les efforts découlant du service de la grue en translation. Ci-dessous les avantages et inconvénients de cette structure :

Avantages :

- Plus grande stabilité du véhicule.
- Très bonne résistance contre les endommagements.

Inconvénients :

- Pas très confortable à cause de la rigidité du pneu.
- Chauffage rapide du pneu.

Donc on remarque bien que ces caractéristiques font de cette structure la meilleure à adopter compte tenu des conditions d'utilisation, car ils sont résistants aux sollicitations du sol.

3.2. Accumulateur de pression : figure 22

Le chemin d'actionnement des roues, passe premièrement par l'accumulateur qui reçoit l'huile hydraulique de la pompe située dans la salle superstructure. Il est utilisé pour fournir un débit important de l'huile qui actionne le moteur de translation pendant un temps assez court. Son rôle se résume dans l'augmentation de pression du liquide « hydraulique », pour qu'il soit capable de donner la première excitation pour le fonctionnement du moteur hydraulique.

3.3. Moteur hydraulique :

Le châssis est équipé de 2 moteurs de translation placés sur les essieux moteurs (Voir figure 23), ils transforment l'énergie hydraulique qu'ils reçoivent de l'accumulateur en énergie mécanique. Il s'agit de moteurs à pistons axiaux qui fournissent un mouvement rotatif, caractérisés par un rendement mécanique très important.

La vitesse du moteur varie selon la charge. En effet, si la charge est lourde le couple transmis sera élevé donc la vitesse est lente et vice versa.



Figure 22 : Accumulateur de pression Figure 23 : Moteur hydraulique de translation

3.4. Réducteur planétaire :

L'entraînement de la roue se fait par l'intermédiaire de ses réducteurs situés dans les moyeux de ces roues motrices.

Le réducteur planétaire aussi appelé Train épicycloïdal est un mécanisme de variation de vitesse très efficace caractérisé par son rendement élevé. .

Structure :

Il se compose de 4 parties principales, les trois arbres qui sont la couronne, des roues dentées « planètes » placées autour de la roue centrale « soleil » et le support qui est en contact avec le moyeu de la roue. Comme cité dans la figure 24.

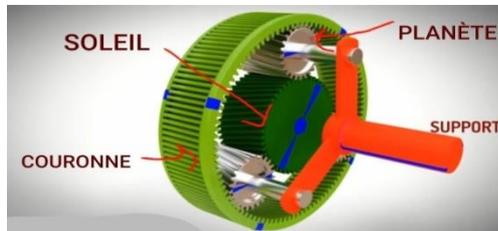


Figure 24 : Composantes du réducteur

Fonctionnement :

Lorsque 2 engrenages se déplacent (soleil et planète) ils doivent avoir la même vitesse au point de rencontre c'est-à-dire $V_a = V_b$ au point de rencontre.

Dans le cas présent, la couronne est immobile, le soleil tourne, et on remarque que les planètes sont en contact entre ces 2 arbres

Donc qu'est ce qui se passe aux planètes ?

Les planètes tournent aussi donc au point de contact avec la couronne, les vitesses de rotation et de révolution sont opposées alors la vitesse à ce point de contact est nulle $V=0$. Et au point de contact entre le soleil et les planètes les vitesses s'additionnent. La rotation des planètes entraîne le mouvement du support qui tourne ainsi entraînant les roues.

3.5. Essieux :

Le châssis comporte 2 types d'essieux : **essieux directionnels** et **essieux moteurs**. Ils sont reliés par plusieurs balanciers pour que les sollicitations issues de la grue se répartissent régulièrement sur les roues. Ils sont aussi équipés de vérins hydrauliques de direction (Voir figure 25) qui contrôlent le braquage de la grue.



Figure 25 : Vérin hydraulique

- Les essieux moteurs sont équipés chacun d'un différentiel qui est un système mécanique recevant le couple de transmission du moteur hydraulique à travers le réducteur et assurant la transmission et la répartition régulière du couple ainsi qu'une compensation de mouvement dans les virages.

- Les essieux directeurs sont équipés de freins de roue à lamelles humides « plaques sur les freins », il s'agit d'un vérin hydraulique par frein qui agit sous l'effet d'un ressort. Le frein se ferme lorsque le cylindre est alimenté en huile.

3.6. Système de calage : Figure 26



Figure 26 : Système de calage

3.6.1. Poutres de calage :

Quand la translation de la grue est terminée, elle doit être calée pour commencer les travaux de manutention. Le dispositif de calage se compose de 4 poutres, sortant horizontalement, des vérins verticaux, ainsi que des patins pour assurer la répartition des efforts.

3.6.2. Patins de calages :

La dimension et la forme de construction des patins de calage sont choisies en fonction de la stabilité du quai, de telle sorte que les sollicitations survenant pendant le service de la grue soient réparties au sol. Les tiges de piston de chacun des vérins de calage sont reliées par un axe au support du patin. Ces axes sont bloqués des 2 cotés par une clavette de sécurité.

Pour assurer la sécurité de la grue, elle ne fonctionne que si toutes les conditions de translation sont satisfaites :

Premièrement la charpente métallique du système de calage est conçue de façon à ce que la grue ne peut être calée que si les poutres sont entièrement sorties.

Ainsi, les vérins servent au calage au sol, accompagnés des interrupteurs de fin de course qui signalent à l'API que les coordonnées sont $(x=0, y=0)$ selon le repère de Freinet.

Dernièrement, la superstructure est brochée mécaniquement au châssis. Le brochage est fait selon le sens longitudinal, la position correcte est captée électriquement, si la position n'est pas correcte le brochage est bloqué automatiquement. Donc, le brochage mécanique est actionné par un vérin hydraulique et contrôlé et affiché par des fins de course.

4. Salle superstructure/mécanisme de rotation :

La salle superstructure comporte les 80% des organes de la grue, il présente aussi un point de liaison entre les niveaux, commençant par le châssis qui est lié à l'API par un joint tournant électrique, le moteur diesel également est lié au réservoir du châssis par une pompe placée à côté du joint. La salle superstructure comporte aussi le mécanisme de rotation de la grue :

La couronne, le réducteur, le moteur de rotation sont des composants indispensables pour effectuer ce mouvement.

4.1. Pompe d'amorçage :

Cette pompe est installée sur le sol, sous la couronne dentée dans local du joint tournant électrique. Elle est à commande électrique, et aspire le carburant du réservoir principal situé dans le châssis à travers un filtre pour l'amener au réservoir journalier dans la salle du moteur DIESEL.

4.2. Joint tournant électrique :

Ce joint est l'organe qui sert à transmettre l'énergie électrique et les signaux de la salle superstructure au châssis, il se trouve dans un capotage au milieu de la couronne de rotation

4.3. Moteur de rotation :

Le moteur de rotation transforme l'énergie électrique en mouvement de rotation. Il s'agit d'un moteur asynchrone triphasé, refroidi par un ventilateur incorporé. **Vue inclinée en figure 27 dans la page suivante (noir)**

- **Structure :**

Le moteur se constitue de 3 bobines déphasées physiquement et électriquement d'un angle de 120°. Elles sont alimentées par un réseau triphasé qui a 3 tensions de même valeur efficace et de même fréquence. Sans oublier le stator et rotor, les éléments indispensables de chaque moteur.

- **Fonctionnement :**

Les bobines créent un champ magnétique tournant et sous l'action de ce champ le rotor tourne. La vitesse de synchronisme est la vitesse du champ tournant tel que :

$N_s = f/P * 60$ en (tr/min) avec f en (Hz), et P le pair de pôles.

La vitesse du rotor est notée N_R en (tr/min) tel que pour le moteur asynchrone $N_R < N_s$.

- **Bilan de puissance du moteur asynchrone :**

- Le stator consomme une puissance absorbée P_A , quand le courant absorbé par le moteur passe par les bobines du stator, il laisse un échauffement P_{JS} (pertes joule stator).
- Une puissance est créée et transmise au rotor P_{TR} , des pertes joule au rotor se produisent qui sont traduites en échauffement P_{JR} , due à la création des courants de Foucault.
- Une puissance électromagnétique est créée poussant le moteur à tourner d'où se produisent aussi des pertes mécaniques dus aux frottements au niveau des roulements et du ventilateur. Enfin il en résulte de ce bilan la puissance utile pour le fonctionnement P_u .

4.4. Réducteur de rotation :

Il s'agit d'un réducteur planétaire en exécution verticale (situé au-dessus de la couronne), comportant un pignon sur son arbre, ce dernier s'engrène dans la denture intérieure de la couronne de rotation. **Vue inclinée en figure 27 (jaune)**

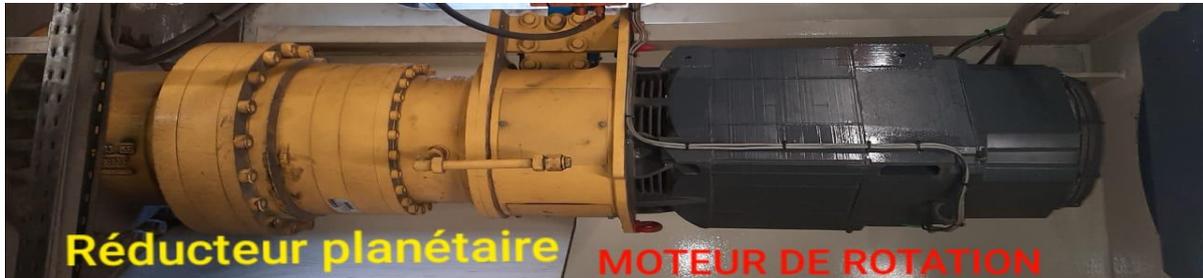


Figure 27 : Vue inclinée du moteur, du réducteur de rotation

PS : le réducteur jaune est en bas et actionne le moteur noir en haut ; le joint est en bleu.

4.5. Couronne d'orientation :

Il s'agit d'une couronne de rotation à denture intérieure à plusieurs rangées de rouleaux. La couronne dentée intérieure est fixée au châssis tandis que la couronne extérieure est reliée à la superstructure. Au milieu se trouve 3 rangées de rouleaux. **(Figure 28).**



Figure 28 : Pignon et couronne dentée

5. Système tour et flèche/ mécanisme de levage :

Afin de prendre le conteneur, on fait appel au mécanisme de levage pour commencer son travail. Ce mécanisme se compose d'un moteur de levage, un réducteur planétaire, l'accouplement mécanique, le tambour de câble accompagné d'un interrupteur de fin de course et d'un frein, du câble de préhension, d'un enrouleur et de la flèche.

5.1. Moteur de levage :

C'est un moteur asynchrone triphasé qui transforme l'énergie électrique en mouvement de rotation en la transportant au réducteur via l'accouplement, il est ainsi refroidi par un ventilateur qui lui est accolé. **Mentionné dans la figure 29 en rouge.**

5.2. Réducteur de levage :

Il démultiplie le nombre de tours de moteur pour l'amener à celui du tambour de câble. Il s'agit d'un réducteur à engrenage planétaire. Le graissage par barbotage assure un graissage parfait des roues dentées et des paliers.

PS : Graissage par barbotage : Système de barbotage dans lequel un organe en mouvement rapide (le réducteur) trempé (est mouillé) dans l'huile et projette celle-ci sur les autres organes à graisser, qui n'y trempent pas.

Le niveau et la température d'huile sont contrôlés par un système électrique, si le niveau est trop bas et/ou la température dépasse 80°C un message de défaut s'affiche donc il faut réduire la vitesse. **Voir la figure 29.**



Figure 29 : Moteur (en rouge) et réducteur le levage

5.3. Tambour de câble :

Le tambour de câble est relié au réducteur de levage par un accouplement. Sa fixation sur la plate-forme de la superstructure est assurée par des supports de paliers avec des paliers à roulements. **(Voir figure 30)**



Figure 30 : Tambour de câble

5.4. Interrupteur pour mou de câble :

Il s'agit d'un interrupteur de fin de course disposé parallèlement au tambour **(Voir figure 31)** en assurant sa fonction de garantie de sécurité il interrompt le mouvement de descente de la charge lorsque les câbles s'affaissent contre le tambour.



Figure 31 : Interrupteur mou de câble

5.5. Point d'appui tour/superstructure :

Le point d'appui entre la tour et la superstructure a été conçu comme une liaison rigide. Les assemblages boulonnés à l'intérieur et l'extérieur sont constitués de 58 boulons HR (haute résistance), qui garantissent la solidité indispensable.

5.6. Poulies à câble de la tête de tour :

Un jeu de poulies servant au guidage des câbles est monté sur la tête de tour. Le jeu de poulies comprend 4 poulies de câble pour les câbles de levage, ces poulies sont très solides et résistantes à l'usure, elles tournent sur des paliers à roulement.

5.7. Flèche :

La flèche est liée à la tour par un point d'articulation qui permet un mouvement entre la tour et la flèche. La flèche fonctionne comme un bras humain elle s'écarte pour prendre le matériel voulu avec une portée 117 t *(11-20 m) et 37.6 t * 51 m. Ajoutant qu'un jeu de 4 poulies est également monté sur la tête de flèche en contrepartie avec le jeu de poulies sur la tête de tour.

5.8. Enrouleur de câble :

Situé à la tête de la flèche, il possède un câble de raccord guidé jusqu'au mécanisme du crochet tournant et aux différents outils de préhension. Il est actionné par un moteur électrique et un réducteur, sa mission est de transmettre l'électricité aux outils de préhension (la benne ou le spreader). **Voir la figure 32 ci-dessous.**



Figure 32 : Enrouleur de câble

Chapitre III :

La maintenance de la
grue portuaire mobile
Terex Gottwald.

I. Analyse de la situation de la grue mobile TEREX :

Comme le système de fonctionnement de TEREX GOTTWALD est très complexe, elle reste sujet à plusieurs pannes répétitives. Alors une analyse de situation est imposée, le diagramme ci-dessous a permis de mettre en évidence les causes du problème et aussi de modéliser la problématique qui en découle.

1. Diagramme Ishikawa :

Ce diagramme a permis de rechercher et d'analyser efficacement les causes du problème afin d'élaborer un plan d'action sur mesure. Partant de l'effet identifié, on trouve les différentes causes qui seront réparties sur les 5 catégories de causes commençant par la lettre M.

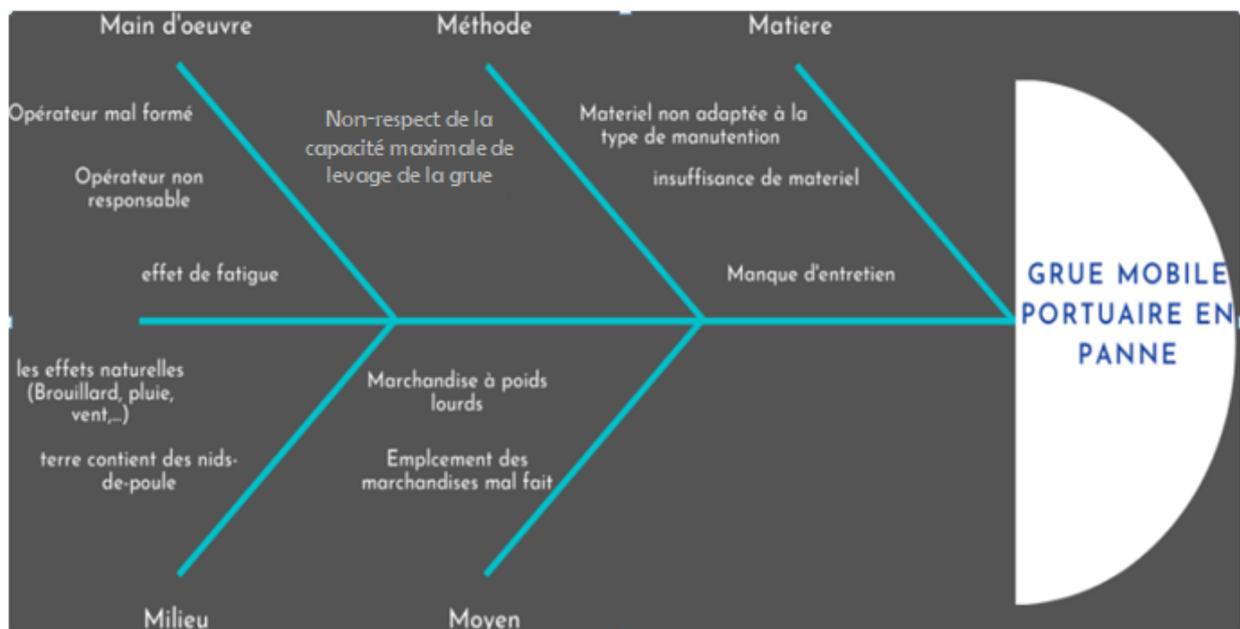


Figure 33 : Diagramme Ishikawa

Au vu de ces constats, on a décidé de mettre en place un ensemble de mesures et solutions sur lesquelles on va travailler pour résoudre cette carence qui a déjà causé suffisamment de dégâts.

Pour répondre au problème du diagramme, on procède pour les solutions comme suit :

- ✚ **Méthode** : Définir et adopter une bonne politique de maintenance + Gestion de la documentation + Partage des responsabilités + Établir les fiches de suivi de pannes.
- ✚ **Main d'oeuvre** : Organisation structurée du personnel de maintenance + Établir une stratégie de recrutement pour répondre à la demande en main d'œuvre qualifiée.
- ✚ **Machine** : Analyse des défaillances + Établir des plans et des gammes de maintenance préventive + Proposition d'une codification pour les grues et leurs constituants.
- ✚ **Milieu** : Réduction des contraintes qui diminuent la productivité.
- ✚ **Matière** : Mise en place d'un contrôle qualité pour le matériel.

II. Définition de la maintenance :

La maintenance est un ensemble d'actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé. Le maintien dans un bon état des équipements de production et particulièrement de manutention est un enjeu clé pour l'accomplissement de la mission de la SMA. En effet, la gestion du port d'Agadir nécessite l'application des opérations (dépannage, graissage, visite, réparation, vérification...) qui permettent de conserver le potentiel du matériel de manutention (spécifiquement la grue TEREX) pour assurer la continuité de la manutention ainsi que la sécurité d'opération.

1. Types de maintenance adoptés par l'entreprise :

1.1. Maintenance préventive :

Ce type de maintenance est effectué dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un matériel, il se compose de :

Maintenance systématique : Effectuée selon un échéancier établi suivant le temps ou le nombre d'unités d'usage.

Maintenance conditionnelle : Subordonnée à un type d'événement prédéterminé et révélateur de l'état de dégradation du matériel (information d'un capteur, mesure d'une usure...).

1.2. Maintenance corrective :

Effectuée après défaillance du matériel, elle se compose de :

Maintenance palliative : ou dépannage, c'est une intervention immédiate et rapide visant une remise en état provisoire du matériel.

Maintenance curative : ou réparation, c'est une remise en état définitive du matériel soit directement après défaillance, soit après un dépannage.

III. Actions correctives exécutées :

1. Remplacement de la carte AVR d'alternateur :

Pour mener à bien cette tâche, nous avons commencé par débrancher les câbles électriques, ensuite nous avons ouvert la plaque de l'alternateur afin d'accéder à la carte défectueuse pour la retirer et la remplacer par une autre neuve. Enfin, nous avons procédé à la réfection du bobinage avant de faire les derniers tests pour vérifier que la grue était de nouveau opérationnelle. La réparation de cette grue nous a pris une semaine.

2. Réparation de la partie rotative de la grue :

La partie qui permet à TEREX de faire des rotations était bloquée, au début nous avons vérifié l'engrenage de la couronne de la partie rotative, pensant que la panne vient de cela. Cependant, la cause venait du moteur électrique qui actionne la pompe hydraulique. Nous avons vérifié que

la pompe n'était pas endommagée par la panne et enfin nous avons remplacé le moteur électrique défectueux.

3. Changement du câblage de l'alimentation du CROC :

La grue alimente le Croc par le biais d'un câble électrique passant par l'enrouleur. Le croc alimente le Spreader (outil de préhension), ce dernier s'accroche au conteneur grâce à des Twist-lock et soulève les conteneurs. Dans cette intervention, le Spreader ne pouvait soulever qu'une seule taille de conteneurs, il ne pouvait pas s'adapter aux autres dimensions par conséquent il a fallu changer tous les câbles d'alimentation provenant de la grue et le problème est résolu.



Figure 34: Croc et Spreader

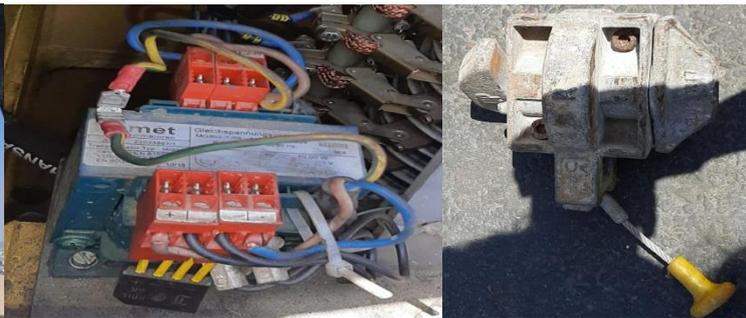


Figure 35: Twist-lock

4. Réparation du Croc de la grue Terex :

La réparation a commencé par l'ouverture d'un cache qui a permis de mettre à jour un circulaire d'alimentation électrique défaillant à cause de l'usure des charbons. Une fois la cause de panne détectée, nous avons changé les charbons avant de procéder à la vérification du moteur pour s'assurer de sa bonne marche.

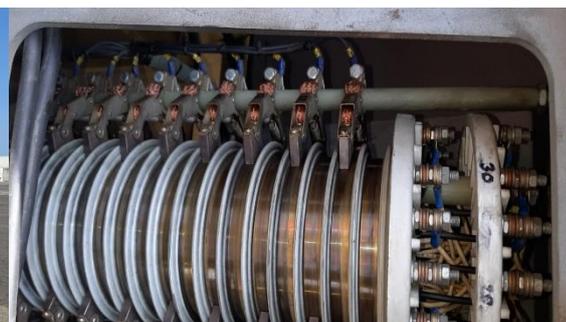


Figure 36 : Croc de la grue et vue inclinée de circulaire

IV. Actions préventives exécutées :

1. Nettoyage de l'armoire électrique :

En raison de l'existence de la poussière résultante des vrac (blé, charbon...), l'armoire électrique située au châssis risque de causer une panne qui fera arrêté la grue, pour cela il faut procéder par un soufflage pour la nettoyer tout en mettant la grue hors tension.

2. Actions préventives sur le Spreader : voir annexe 4

Pour garantir la disponibilité et l'utilisation saine du Spreader, on doit procéder à plusieurs actions lesquelles on cite : le vidange de la pyramide du Spreader, grattage et nettoyage du Spreader. Graissage et serrage des flippers (dispositif qui permet de fixer le conteneur), des twists et des chaînes, le vidange du réducteur du moteur télescopique, le nettoyage des capteurs, le serrage des flexibles (qui transportent l'huile), et enfin le contrôle de l'armoire électrique.



Figure 37 : Spreader de la grue Terex (les flippers sont en rouge/vert et bleu)

3. Changement des filtres de la salle électrogène Diesel :

Les filtres doivent être changés périodiquement et doivent être contrôlés de la part du personnel, et cela pour éviter le passage des matières inutiles aux composants de la salle et qui peuvent conduire à des pannes d'une grave intensité.

Puisque cette action est répétitive donc on m'a chargé de préparer une fiche contenant tous les filtres avec leur numéro de série pour faciliter cette intervention «Voir Annexe 3».

V. Programme de maintenance préventive :

Les coûts de maintenance constituent une partie non négligeable des pertes financières puisque la politique de maintenance adoptée chez SMA Marsa Maroc était plutôt corrective, sauf quelques actions préventives comme le graissage et le nettoyage. D'où vient l'importance de l'ordonnement des interventions préventives, c'est-à-dire l'élaboration des plans de maintenance préventive.

Avant d'effectuer ce travail, il fallait procéder par une recherche sur les 5 niveaux de maintenance.

1. Niveaux de maintenance :

NIVEAU	EXPLICATION
Niveau 1	Il s'agit d'actions basiques en préventif de type graissage, relevé de compteur, des réglages simples qui se font sur place par une personne qui peut être non qualifiée.

Niveau 2	Il s'agit toujours d'opérations de maintenance peu complexes, mais qui le sont davantage par rapport à celles du Niveau 1. Ce sont des actions de maintenance préventive ou des dépannages assurés en appliquant des procédures simples, par un technicien habilité.
Niveau 3	Pour les actions de maintenance de Niveau 3, on fait appel à des techniciens spécialisés. Ces derniers peuvent intervenir sur le lieu où se trouve la machine ou dans l'espace dédié au service de maintenance. Les procédures appliquées ici sont plus complexes et un diagnostic est généralement nécessaire avant toute intervention.
Niveau 4	Les techniciens chargés d'effectuer ces interventions doivent posséder une qualification spécifique. Ils agissent généralement en équipe et sous la supervision d'un responsable spécialisé. Ce sont des actions de grande importance en atelier spécialisé
Niveau 5	Actions complexes, chez le constructeur de l'équipement lourd. Nécessite de l'équipe de construction.

Tableau 2 : Niveaux de maintenance

2. Plan de maintenance de la grue portuaire mobile TEREX GOTTWALD :

Ce plan de maintenance organise toutes les tâches qui doivent s'effectuer avec leur périodicité (l'intervalle entre chaque action et sa suivante), tout en détaillant chaque système et mécanisme de la grue (cités dans le chapitre 2). En prenant en compte la classification des tâches selon le niveau de maintenance convenable. Pour garantir plus d'organisation dans le travail, pour améliorer et augmenter la durée de vie des différents composants de la grue pour ainsi réduire le nombre de pannes et les pertes qui s'ensuivent.

Vous pouvez consulter Le plan de maintenance rédigé dans « **Annexe 5** ».

- ❖ **POUR LA DOCUMENTATION TECHNIQUE**, des exemples de cartes de travail que j'ai réalisé durant mon stage sont cités dans l'annexe 6.

Conclusion

Ce stage m'a permis de découvrir l'importance de la maintenance qui n'est pas seulement électrique ou mécanique, elle a aussi un rôle économique ; une machine en arrêt implique de grosses pertes d'argent et de temps à la société et même à ses clients. Raison pour laquelle il faut accorder plus d'importance aux actions préventives à exécuter.

La nature du travail dans l'entreprise nécessite des machines robustes, mais également des techniciens qualifiés et compétents capables de détecter la source des problèmes et de les résoudre.

La grue portuaire TEREX GOTTWALD étant la plus utilisée dans les travaux de charge et décharge des marchandises. Afin d'assurer sa continuité de fonctionnement avec moins de pannes et d'arrêts, il a fallu lui accorder une attention particulière dans les actions de maintenance. Un plan de maintenance bien soigné et organisé est fortement demandé; mais avant de rédiger ce plan, il a fallu premièrement comprendre cette machine partie par partie, en détaillant chaque mécanisme pour arriver à comprendre cette grue portuaire dans sa globalité.

En essayant de présenter le maximum possible son système de fonctionnement, qui servira à l'élaboration de son plan de maintenance, j'ai fait appel à des connaissances acquises durant mon parcours scolaire, et des informations reçues du personnel sur place.

Mais la courte période de stage ne permet pas de faire une analyse profonde de ce système très complexe.

Par ailleurs, j'ai participé à différentes démarches de l'opération de la grue.

Bibliographie

1. MANUEL D'ENTRETIEN TEREX PORT SOLUTIONS DU CONSTRUCTEUR.
Pour le nom des composants.
2. https://fr.wikipedia.org/wiki/Wikip%C3%A9dia:Accueil_principal
3. <https://harmonicdrive.de/fr/glossaire/les-reducteurs-planetaires>
Chapitre II :
3.4 : Réducteur planétaire.
4. Pour les diffénitions de maintenance : Cours de Management de la Maintenance LST Génie Industriel de Mr CHAFI Anas.
Chapitre III :
II. Définition de la maintenance.

ANNEXE 1 : CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

Pour bien comprendre la grue dans sa globalité ci-dessous une fiche technique résumant les principales caractéristiques :

TYPE	Grue mobile
MARQUE	TEREX GOTTWALD
ANNEE DE CONSTRUCTION	2017
NOMBRE DE GRUES	2
CAPACITE DE LEVAGE	117 t * 11-20 m 37.6 t * 51 m
Portée (m)	
MAX	51 m
MIN	11 m
HAUTEUR DE LEVAGE (m)	
Au-dessus du quai à une portée de 11-40 m	47.0 m
Au-dessus du quai à une portée de 44 m	42.5 m
Au-dessus du quai à une portée de 48 m	36.0 m
Au-dessus du quai à une portée de 51 m	29.0 m
Au-dessous du quai	-12.0 m
ALIMENTATION DE LA GRUE	440 V / 60 Hz
CONSUMMATION DE COURANT MAXIMUM	63 A
TEMPERATURE DE TRAVAIL	
Max absolu (le jour)	45 °C
Min absolu (le jour)	-20 °C
Réservoir de carburant	
Volume réservoir principal	Env. 7000 L
Volume réservoir journalier	1000 L
POIDS	
Poids total de la grue, prête au service	Env. 442.5 t
Contrepoids fixe	Env. 115.3 t
Vitesse du mécanisme de levage	Pour 5 t → 0-120 m/min Pour 27 t → 0-72 m/min Pour 63 t → 0-38 m/min
Vitesse du mécanisme d'orientation	Service normal → 0-1.6 tr/min Service charge lourde 100t → 0-0.64tr/min
Vitesse du mécanisme de translation	0-80 m/min

Tableau 3 : Caractéristiques techniques de la grue

ANNEXE 2 : COMPOSANTES DE LA GRUE TEREX

+A Cabine de conduite

+C Salle de
moteur

+D Châssis

+La Salle
électrique

+M Salle des machines

+N Plate-forme
superstructure

+P Plate-forme
et charpente
métallique

+R Cabine de la
Tour

+S Accès

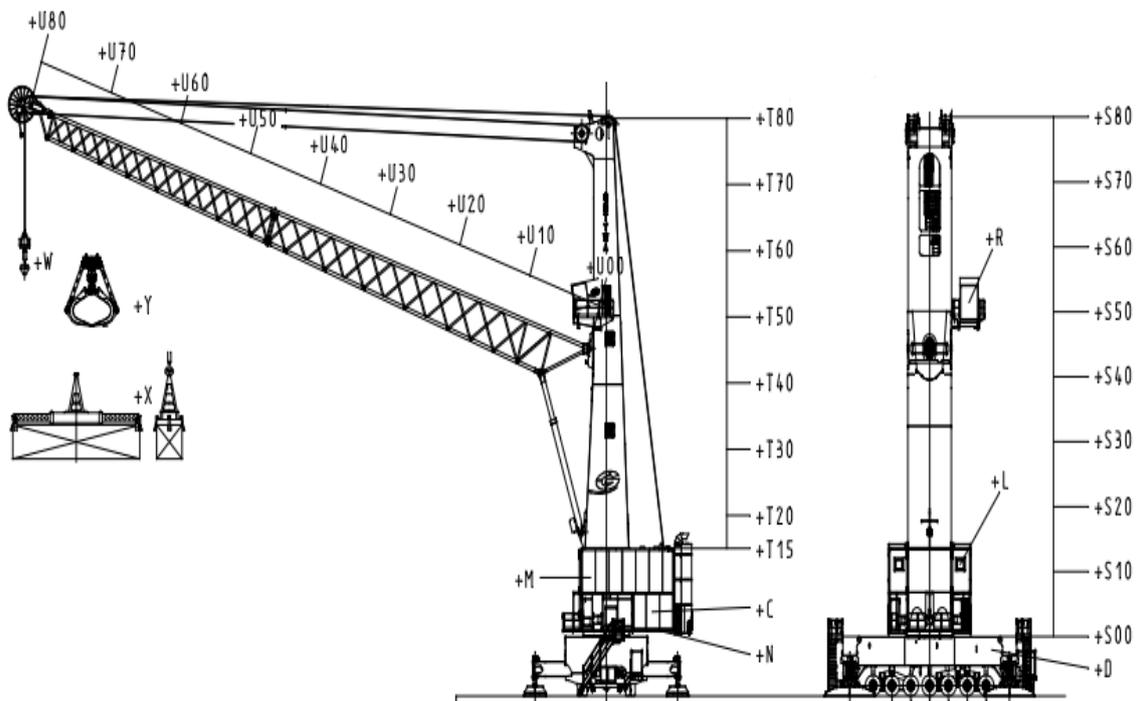
+T Tour

+U Flèche

+W Mécanisme
à crochet
tournant

+X Spreader

+Y Benne
motorisée



ANNEXE 3 : **FILTRES DU MOTEUR DIESEL**

Réalisé par : AJDIRI Raniya

Superviseur : Rafia Mohamed

RAPPORT 21/05/2021 :

TRAVAUX SUR GRUE MOBILE TEREX :

N° de série : **GRUE TEREX MM1GM11701**

Capacité : 117 tonnes*11-20 m

Marque : TEREX GOTTWALD

Compteurs :

1. Principales : 6711 h
2. Levage : 3931 h
3. Orientation : 5311 h
4. Translation : 215 h
5. Gasoil : 83%
6. Moteur DIESEL : 8395 h

Tâche : changement des filtres du moteur Diesel.

FILTRE :

- 2 filtres d'huile
- 3 filtres de carburant
- 2 filtres d'air
- 2 filtres d'eau

NUMERO DE SERIES :

FILTRE D'HUILE :



P559000

FILTRE DE CARBURANT :



P552216

FILTRE d'eau :



3100304

FILTRE DE CARBURANT :



0160MA020BN

FILTRE DE CARBURANT :



01830

FILTRE A AIR :



P524838

ANNEXE 4 : ACTIONS PREVENTIVES SUR SPREADER

RAPPORT 21/05/2021 :

Réalisé par : Ajdiri Raniya

Superviseur : Rafia Mohamed

TRAVAUX SUR SPREADER :

N° de série : 22128

Capacité : 41 tonnes

Marque : BROMMA

Compteur : 2125.61 h

Nbre de personnes : 4

Durée : 8 h « de 08h00 à 16h00 »

Tâches :

- Changement de la barrière de guidage télescopique
- Changement joint du réducteur de la pyramide
- Vidange du réducteur de la pyramide
- Vidange de tout le Spreader « HUILE CODE 37 »
- Grattage et nettoyage du Spreader
- Graissage des flippers
- Graissage des Twist-lock
- Graissage et nettoyage des chaînes
- Serrage/réglage des flippers
- Vidange du réducteur du moteur télescopique
- Nettoyage des capteurs
- Serrage/réglage de la chaîne du télescope
- Contrôle et nettoyage des lampes de signalisation
- Serrage des flexibles
- Nettoyage des Slaves
- Contrôle de l'armoire électrique

ANNEXE 5 : PLAN DE MAINTENANCE PREVENTIVE

NB : La périodicité mentionnée est relevée du manuel du constructeur sur le manuel con

SMA	PLAN DE MAINTENANCE PREVENTIVE Plan de maintenance: grue sur pneus Gottwald – Terex							
DOMAINE	ELEMENTS	VISITE DE CONTRÔLE	Périodicité	Niveau	En marche	En arrêt	Nom du technicien	OBSERVATIONS
Installation électrique	Coffrets électriques du châssis	contrôler bornes	2000H	3				
	Alimentation	Contrôler la sélection du type d'alimentation	2000H	3				
	Batteries	nettoyer bornes, vérifier l'état de charge	2000H	1				
	Interrupteur général des batteries	contrôler, nettoyer raccords	2000H	3				
	alternateur à courant triphase	nettoyer grilles d'aération	2000H	1				
	alternateur à courant triphase	graisser paliers	3000H	1				
	Alimentation extérieur et alimentation auxiliaire	Contrôler Alimentation en courant auxiliaire	2000H	3				
	joint tournant électrique	Contrôler joint tournant électrique	3000H	3				

	salle électrique superstructure	Contrôler les bornes	2000H	3				
	salle électrique superstructure	Nettoyer filtre climatiseur	3000H	1				
	Moteur des pompes hydraulique de la superstructure	Graisser et nettoyer les paliers	2000H	1				
	Carter du Moteur de levage	Nettoyer nappe filtrante	1000H	1				
	Moteur du mécanisme de levage	Graisser paliers	3000H	1				
	Carter du Moteur d'orientation	Nettoyer nappe filtrante	1000H	1				
	Brochage de la superstructure - châssis	Graisser brochage superstructure-châssis	2000H	1				
	Interrupteur pour mou de câble	Essai de fonctionnement	2000H	2				
	Armoire électrique dans la cabine de tour	Nettoyer armoire électrique de la cabine de tour	2000H	1				
	Armoire électrique dans la cabine de tour	Contrôler les bornes	2000H	3				
	Interrupteur de fin de course sur la flèche	Contrôler de fonctionnement	1000H	3				

	Enrouleur de câble sur la flèche	Contrôler fixations enrouler câble flèche, contrôler chauffage, vérifier balais	1000H	3				
	Enrouleur de câble sur la flèche	Vidange du réducteur	10 000H	4				
	Eclairage de chantier	Contrôler éclairage de chantier	2000H	2				
	Eclairage de chantier	Remplacer lampes, graisser paliers, nettoyer boîtier	2000H	2				
	Eclairage des accès	Essai de fonctionnement	2000H	1				
	Eclairage des accès	nettoyer boîtiers	2000H	1				
	Eclairage	essai de fonctionnement	2000H	1				
	Eclairage	nettoyer le boîtier	2000H	1				
	Anémomètre	Contrôler anémomètre	2000H	3				
	Protection contre les surcharges (C.E.C.)	vérifier valeurs du capteur de mesure et du capteur angulaire	2000H	3				

	Interphone	essai de fonctionnement	2000H	1				
	Bouton-poussoirs d'arrêt d'urgence	Essai de fonctionnement du bouton d'arrêt d'urgence	1000H	1				
	Chauffages d'arrêt	essai de fonctionnement	2000H	1				
	Caméra vidéo et écran	essai de fonctionnement	2000H	1				
	Caméra vidéo et écran	contrôler raccords de câble	2000H	3				
Installation hydraulique	Réservoir d'huile hydraulique de la superstructure	contrôle visuel, vérifier niveau et qualité	1000H	1				
	Réservoir d'huile hydraulique de la superstructure	changement de filtre	PLC	3				
	Réservoir d'huile hydraulique de la superstructure	effectuer vidange d'huile	4000H	4				
	Pompes hydrauliques de la superstructure	vérifier bruits de roulement	1000H	2				
	Pompes hydrauliques de la superstructure	contrôler l'accouplement	1000H	3				

	Pompes du système de freinage	contrôler les bruits de roulement	1000H	2				
	Vérin de variation de volée avec bloc de soupapes	rentrer tige de piston	1000H	3				
	Vérin de variation de volée avec bloc de soupapes	vérifier graissage paliers	2000H	1				
	Vérin de direction avec bloc de commande	rentrer tige de piston	1000H	3				
	Vérin de câlage	rentrer tige de piston	1000H	3				
	Vérin de poutre de calage	rentrer tige de piston	1000H	3				
	Accumulateur de pression du dispositif de freinage	essai de fonctionnement	1000H	1				
	Moteurs de translation	contrôler les bruits de roulement	1000H	3				
Groupe électrogène diesel	Moteur diesel	Vidange, changer filtre à huile et filtre à carburant	500H	4				
	Moteur diesel	Nettoyer filtre d'aération et récipient de récupération	500H	1				
	Moteur diesel	Changer filtre à eau	500H	3				

	Moteur diesel	Vérifier le préchauffage	500H	1				
	Radiateur	Nettoyer les lamelles et refroidissement	2000H	1				
	Radiateur	Changer le réfrigérant	4000H	3				
	Filtre d'aspiration d'air	Contrôler affichage	1000H	1				
	Filtre d'aspiration d'air	Remplacer filtre d'aspiration d'air	4000H	3				
	Système d'alimentation en carburant	Vérifier filtre	1000H	2				
	Système d'alimentation en carburant	Vider le filtre séparateur d'eau	1000H	3				
	Système d'alimentation en carburant	Vérifier filtre séparateur d'eau	3000H	3				
Mécanisme de translation	Jantes et pneumatiques	Contrôler les pneus	1000H	1				
	Suspension des essieux	Éliminer les éclats de peinture sur la suspension des essieux	2000H	2				
	Fusées d'essieu	Graisser fusées d'essieux	3000H	1				

	Différentiels sur les essieux	vérifier niveau d'huile	1000H	1				
	Différentiels sur les essieux	effectuer vidange d'huile	3000H	4				
	Réducteur des moyeux de roue	vérifier niveau d'huile	1000H	1				
	Réducteur des moyeux de roue	effectuer vidange d'huile	3000H	4				
	Freins de roue	vérifier garnitures de frein, essai de fonctionnement	1000H	2				
	Arbres emboîtés sur essieu moteur	Nettoyer zone arbres emboîtés	1000H	1				
	Arbres emboîtés sur essieu moteur	graisser joints à croisillon	3000H	2				
	Frein à lamelles	effectuer vidange d'huile	2000H	4				
Calage	Poutres de calage	Vérifier plaques de glissement des poutres de calage et les graisser si nécessaire	1000H	2				
	Patins de calage	Nettoyer + graisser articulations des patins de calage, boulons, bride de sécurité	2000H	1				

Mécanisme d'orientation	Reducteur d'orientation	contrôler niveau d'huile, vérifier filtre d'aération	1000H	3				
	Reducteur d'orientation	vidange d'huile	3000H	4				
	Frein d'orientation	Vérifier garnitures de frein	1000H	3				
	Pignon et couronne dentée	Nettoyer et graisser pignon et couronne dentée	2000H	1				
	Couronne d'orientation à rouleaux	vérifier bruits Mécanisme de roulement, graisser	2000H	2				
Mécanisme de levage	Réducteur de levage	Vérifier le niveau d'huile	PLC	1				
	Réducteur de levage	contrôler la soupape de purge d'air	2000H	3				
	Réducteur de levage	effectuer vidange d'huile	5000H	4				
	Frein de levage	vérifier garnitures de frein et les remplacer si nécessaire	1000H	2				
	Frein de levage	Nettoyer disque de frein	1000H	2				
	Tambour de câble	Vérifier fixation des crapauds de fixation des câbles	1000H	3				

	Tambour de câble	Graisser les paliers contrôler gorges rainurées	1000H	2				
	Accouplement	effectuer essai de fonctionnement	2000H	1				
	Joints à la sortie du câble	Remplacer joints à la sortie du câble si nécessaire	2000H	3				
Système tour et flèche	Point d'articulation tour / flèche	effectuer traitement anticorrosion	2000H	3				
	Poulie de câble en tête de tour	contrôler anti-dériveur de câble	2000H	3				
	Poulie de câble en tête de tour	graisser paliers	2000H	2				
	Poulet de câble à la tête de la flèche	Vérifier l'anti-dériveur de câble, graisser paliers	2000H	3				
	Point d'appui tour / superstructure	effectuer traitement anticorrosion	2000H	3				
	Bride de la flèche	vérification	1000H	2				
Graissage centralisé	Pompes à lubrifiant et réservoirs	Contrôler la réserve de lubrifiant + rajouter du lubrifiant	1000H	2				
	Réseau de conduites et points de graissage	Contrôler visuel réseau de conduites + points de graissage, contrôler	1000H	2				

		distribute						
	Réseau de conduites et points de graissage	Contrôler système de signalisation, effectuer, traitement anti corrosion	3000H	3				
Structure métallique	Peinture	Contrôle visuel de la peinture, réparation de dégâts	2000H	3				
	Charpente métallique	redresser déformations	3000H	3				
	Cabines de protection et capotages	Contrôler cabines de protection et capotages, graisser serrures	2000H	1				
	Accès et plates-formes	Contrôler et nettoyer accès / plates-formes	2000H	2				
Cabine de châssis	Pupitres de commande	Nettoyer les pupitres de commande	3000H	1				
	Essuie-glace	essai de fonctionnement	2000H	1				
	Chauffage	essai de fonctionnement	2000H	1				
	Chauffage	Nettoyer intérieur du chauffage	2000H	1				
Cabine de tour	Pupitres de commande	test d'éclairage	2000H	1				

	Pupitres de commande	Nettoyer pupitres de commande	2000H	1				
	Essuie-glace / Lave-glace	essai de fonctionnement, rajouter de l'eau	2000H	1				
	Chauffage	essai de fonctionnement	2000H	1				
	Chauffage	grille d'aération, nettoyer nappe filtrante	2000H	1				
	Siège	essai de fonctionnement	2000H	1				
	Climatiseur	nettoyer grille d'aération essai de fonctionnement	2000H	2				
	Réglage des données d'entretien	Données d'entretien	1000H	3				
Câblage et outils de préhension	Câblage	Graisser câblage si nécessaire	1000H	2				
	Câblage	Contrôler câblage, remplacer si nécessaire	1000H	3				

ANNEXE 6 : DOCUMENTATION TECHNIQUE AVEC **EXEMPLES** **DE CARTES DE TRAVAIL REALISEES**

Documentation technique :

La documentation technique de l'entreprise est utilisée pour identifier les machines. Elle est composée de dossiers techniques classés par machine. La documentation historique nous indique l'état de fonctionnement de la machine au fil du temps. Elle est composée d'enregistrements historiques de chaque machine.

1. Dossier machine :

Une maintenance efficace dépend d'une connaissance approfondie du matériel. Le fichier machine contient :

- ✚ Les fiches techniques de la machine.
- ✚ Consignes permanentes de sécurité.
- ✚ Notice de maintenance, d'entretien, de nettoyage...
- ✚ Liste des pièces de rechange.

2. Fichier historique :

Le fichier comprend toutes les informations relatives à la durée de vie de chaque machine :

- ✚ Modifications.
- ✚ Améliorations.
- ✚ Rapport d'expertise.

Pour une surveillance objective de l'équipement, il est recommandé d'utiliser des enregistrements historiques qui représentent le carnet de santé de l'équipement.

Dans cet égard, j'ai été aussi chargée d'effectuer des rapports de suivi et de rédiger des cartes de travail pour des différentes pannes qui ont eu lieu lors ma présence dans l'entreprise. **Ci-joint des exemples de cartes de travail réalisées :**



CARTE DE TRAVAIL

N°

Famille d'équipement concerné

REACH STACKER MM1S045002

Libellé tâche

CHANGEMENT DES PNEUS ARRIERE

Durée	2H	Périodicité	Nécessité de contrôle	Oui
-------	-----------	-------------	-----------------------	------------

Normes et règlements

Intitulé	Version	Date	Commentaires
		10/05/2021	

Objectifs

CHANGEMENT DES PNEUS ARRIERES

Mode opératoire

*Desserrer les 14 écrous
Lever la machine au moyen de deux chariots elevateur.
Degonfler le pneu
Démonter la valve
démonter les pneus usés de la jante
Monter les nouveau pneus sur la jante
Gonfler les pneus
Remonter les jantes sur le moyeu de la machine
Serrer des 14 écrous*

Outillages spécifiques

Moyens de manutention

cle pie 32 +bras de force	Chariot elevateur MM1EE0306
bras de force + grand cliquet + douille 32	Chariot elevateur MM1CE002001

Equipements de sécurité

Pièces de rechanges

--	--

Qualification personnel

Effectif

Agent non spécialisé	
----------------------	--

Gestion des versions de la carte de travail

Version	Date	Modifications	Auteur



CARTE DE TRAVAIL

N°

Famille d'équipement concerné

CHARIOT ELEVATEUR THERMIQUE DOOSAN MMET704

Libellé tâche

reparation des bornes de la batterie

Durée	1H	Périodicité	Nécessité de contrôle	Oui
-------	-----------	-------------	-----------------------	------------

Normes et règlements

Intitulé	Version	Date	Commentaires
		17/05/2021	

Objectifs

REPARATION ET NETTOYAGE DES BORNES DE LA BATTERIE

Mode opératoire

*Retirer le cache de la batterie.
Desserrer les cosses de la batterie.
Nettoyer les bornes de la batterie.
Faire fondre du plomb.
Ajouter le plomb fondu sur les borne de la batterie
Resserrer les cosses de la batterie
Démarrer la machine*

Outils spécifiques

Moyens de manutention

cles 10 plate	
pince	
brosse	

Equipements de sécurité

Pièces de rechanges

--	--

Qualification personnel

Effectif

Agent non spécialisé	
electricien	othmane
electricien	ayoub

Gestion des versions de la carte de travail

Version	Date	Modifications	Auteur



CARTE DE TRAVAIL

N°

Famille d'équipement concerné

LIEBHERR MM1GM0602

Libellé tâche

CHANGER LA POMPE A EAU

Durée	1H30min	Périodicité		Nécessité de contrôle	Oui
-------	----------------	-------------	--	-----------------------	------------

Normes et règlements

Intitulé	Version	Date	Commentaires
		09/06/2021	

Objectifs

RESOUDRE PROBLEME DE FUITE DU LIQUIDE DE REFROIDISSEMENT

Mode opératoire

*Ouvrir le cache moteur
Demontez la courroie de l'alternateur
démontez la pompe à eau
régler le problème de la fuite d'eau
Monter la pompe sur la grue LIEBHERR
Monter la courroie puis resserrage du tendeur.
Remettre le cache moteur
Mettre à niveau le liquide de refroidissement*

Outillages spécifiques

cliquet + douille 13/15/16

Moyens de manutention

chariot élévateur NISSAN 3TMM1ET00303

Equipements de sécurité

Pièces de rechanges

POMPE A EAU

Qualification personnel

Effectif

Agent non spécialisé

othman kharam

imad falaki

Gestion des versions de la carte de travail

Version	Date	Modifications	Auteur
---------	------	---------------	--------



CARTE DE TRAVAIL

N°

Famille d'équipement concerné

CAVALIER 1-2

Libellé tâche

CHANGER LES LAMPES

Durée	1H30min	Périodicité		Nécessité de contrôle	Oui
-------	----------------	-------------	--	-----------------------	------------

Normes et règlements

Intitulé	Version	Date	Commentaires
		06/06/2021	

Objectifs

CONTROLE DE L'ECLAIRAGE
CHANGEMENT DES LAMPES

Mode opératoire

*Demarrer la machine
contrôler l'éclairage
Enlever le cache des lampes
Contrôler des interrupteurs du circuit électrique
changer les Lampes défectueuses
Remettre le cache des lampes*

Outillages spécifiques

Moyens de manutention

Multimetre	
Pince	
Tournevis	

Equipements de sécurité

Pièces de rechanges

	Lampe

Qualification personnel

Effectif

Agent non spécialisé	
----------------------	--

Gestion des versions de la carte de travail

Version	Date	Modifications	Auteur
---------	------	---------------	--------



CARTE DE TRAVAIL

N°

Famille d'équipement concerné

GRUE MOBILE TEREX GOTTWALD

Libellé tâche

Changement de flexible

Durée	2H	Périodicité		Nécessité de contrôle	Oui
-------	-----------	-------------	--	-----------------------	------------

Normes et règlements

Intitulé	Version	Date	Commentaires
		18/06/2021	

Objectifs

Réparation du croque

Mode opératoire

*Ouvrir la plaque (4 vis)
Ouvrir les boulons de flexible
Réparer le flexible
Verifier le circulaire
Verifier les ressorts du circulaire
verifier les charbons du circulaire
Remetre le flexible
fixer le flexible
peindre la plaque
Fermer la plaque*

Outils spécifiques

cle de 30mm

clé de 24mm

Moyens de manutention

Equipements de sécurité

Pièces de rechanges

Qualification personnel

Agent non spécialisé

Effectif

Gestion des versions de la carte de travail

Version	Date	Modifications	Auteur
---------	------	---------------	--------



CARTE DE TRAVAIL

N°

Famille d'équipement concerné

GRUE SUR RAIL TAKRAF

Libellé tâche

Renovation de la grue

Durée		Périodicité		Nécessité de contrôle	
-------	--	-------------	--	-----------------------	--

Normes et règlements

Intitulé	Version	Date	Commentaires
		21/05/2021	

Objectifs

Rénovation/Peinture de la partie translation de la grue TAKRAF

Mode opératoire

*Gratage de la peinture au niveau de la partie de translation
Refaire les partie oxydé de l acier au niveau de la translation
Changer les caches du reducteur
Changer les caches des roues
Desserer les boulon retenant l échelle
Enlever l échelle
Dresser l échelle
Enlever les support de l échelle
Dresser le support de l echelle
Mettre 4 couche de peinture au niveau de la translation de 4mm*

Outillages spécifiques	Moyens de manutention
Equipements de sécurité	Pièces de rechanges
Qualification personnel	Effectif
3 Agents non spécialisés	

Gestion des versions de la carte de travail

Version	Date	Modifications	Auteur
---------	------	---------------	--------